



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 SORGHO



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 • SORGHO GRAIN ET SEMENCE : DOSES PLAFONDS D'AZOTE SELON LA METHODE EX-LANUEDOC-ROUSSILLON | 6 |
| a. <i>Raisonnement</i> | 6 |
| b. <i>Exemple de calcul pour N</i> | 7 |
| 2 • SORGHO FOURRAGER : CALCUL DE LA DOSE D'AZOTE A APPORTER SELON LA METHODE EX-MIDI-PYRENEES | 7 |
| a. <i>Formule générale</i> | 8 |
| b. <i>« Besoins »</i> | 8 |
| c. <i>Fournitures</i> | 9 |
| d. <i>CAU</i> | 15 |
| e. <i>Exemple de calcul pour N</i> | 15 |
| DOSES DE P₂O₅ ET K₂O A APPORTER | 16 |
| 1 • FORMULE DE CALCUL | 16 |
| 2 • EXPORTATIONS ① | 17 |
| 3 • COEFFICIENT MULTIPLICATIF DES EXPORTATIONS ② | 18 |
| a. <i>Valeurs des teneurs-seuils Timp. et Trenf</i> | 18 |
| b. <i>Analyses de terre des parcelles de référence</i> | 18 |
| c. <i>Tableaux des coefficients multiplicatifs</i> | 19 |
| 4 • SUPPLEMENT LIE A L'EXPORTATION DES PAILLES DE LA CULTURE N-1 ③..... | 21 |
| a. <i>Comparaison des teneurs du sol en P₂O₅ et K₂O (issues de l'analyse de terre) à Timp.</i> | 21 |
| b. <i>Rendement de pailles de la culture N-1</i> | 21 |
| c. <i>Teneur en P₂O₅ et K₂O des résidus de pailles de la culture N-1</i> | 22 |
| 5 • PLAFOND DE DOSE A NE PAS DEPASSER | 22 |
| 6 • EXEMPLE DE CALCUL POUR P ₂ O ₅ ET K ₂ O..... | 22 |
| QUANTITE DE BOUES OU COMPOSTS DE BOUES A APPORTER | 24 |
| FERTILISATION COMPLEMENTAIRE POUR L'ANNEE N..... | 25 |
| EXEMPLES | 26 |
| 1 • RAPPELS..... | 26 |
| a. <i>Rappels des différents cas de figure des types d'apports en P₂O₅ et K₂O</i> | 26 |
| b. <i>Rappel des données de l'exemple</i> | 26 |
| 2 • DOSES PREVISIONNELLES A APPORTER PAR LES BOUES | 27 |
| 3 • QUANTITES DE PRODUIT ORGANIQUE A APPORTER EN FONCTION DE CHAQUE ELEMENT | 27 |
| 4 • QUANTITES FINALES RETENUES EN FONCTION DE L'ELEMENT LIMITANT | 28 |
| 5 • DOSES FINALEMENT APORTEES | 28 |
| 6 • FERTILISATION COMPLEMENTAIRE POUR L'ANNEE N | 28 |
| 7 • CONCLUSION | 28 |
| SCHEMA DE SYNTHESE DU RAISONNEMENT DE LA FERTILISATION DU SORGHO | 29 |
| LISTE BIBLIOGRAPHIQUE | 30 |
| ANNEXES..... | 31 |

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 : Dose plafond en azote pour la totalité de la culture du sorgho en territoire Languedoc-Roussillon..... | 7 |
| Tableau 6 : Exemples de calcul de dose à apporter avant semis de sorgho grain ou semence (année N)..... | 7 |
| Tableau 7 : Azote absorbé par unité de rendement prévisionnel..... | 8 |
| Tableau 8 : Azote restant dans le sol à la fermeture du bilan (Rf) pour le sorgho fourrager | 9 |
| Tableau 9 : Minéralisation nette de l'humus du sol (Mh)..... | 11 |
| Tableau 10 : Minéralisation nette due à un retournement de prairie (Mhp) pour le sorgho (en kg N /ha) | 12 |
| Tableau 11 : Minéralisation nette de résidus de récolte (Mr) | 12 |
| Tableau 12 : Minéralisation nette de résidus de cultures intermédiaires (MrCi) | 14 |
| Tableau 13 : Valeurs de CAU proposées par le COMIFER pour le Sud-Ouest..... | 15 |
| Tableau 14 : Exemple de calcul de dose à apporter avant semis de sorgho fourrager..... | 15 |
| Tableau 15 : Cas de figure des types d'apports en P ₂ O ₅ et K ₂ O | 16 |
| Tableau 16 : Teneur en P ₂ O ₅ et K ₂ O par unité de rendement | 17 |
| Tableau 17 : Exigence du sorgho 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 | 18 |
| Tableau 18 : Coefficients multiplicatifs des exportations pour K ₂ O appliqués à la récolte principale (sorgho) | 19 |
| Tableau 19 : Coefficients multiplicatifs des exportations pour P ₂ O ₅ Joret-Hébert appliqués à la récolte principale (sorgho)..... | 19 |
| Tableau 20 : Grille des coefficients multiplicatifs des exportations pour P ₂ O ₅ Dyer appliqués à la récolte principale (sorgho)..... | 20 |
| Tableau 21 : Grille des coefficients multiplicatifs des exportations pour P ₂ O ₅ Olsen appliqués à la récolte principale (sorgho)..... | 20 |
| Tableau 22 : Rendements des résidus de culture précédant le sorgho..... | 21 |
| Tableau 23 : Hypothèses de calcul sur sorgho grain | 22 |
| Tableau 24 : Exemple de calcul de doses de phosphore et de potasse efficaces (cas B) | 23 |
| Tableau 25 : Calcul de l'APL | 36 |
| Tableau 26 : Valeur de A, azote fourni à la culture précédente par la minéralisation..... | 37 |
| Tableau 27 : Minéralisation nette due à un retournement de prairie (Mhp) (en kg N/ha) | 37 |
| Tableau 28 : Minéralisation nette de résidus de cultures intermédiaires (MrCi) | 38 |
| Tableau 29 : Azote absorbé par unité de rendement par le précédent..... | 38 |
| Tableau 30. Estimation de Ri à partir de l'APL et du cumul de pluie hivernale dans le bilan azoté du sorgho fourrager | 40 |
| Tableau 31 : APL dans le cas d'un précédent légumineuses | 43 |
| Tableau 32 : Ri dans le cas d'un précédent prairie ou jachère | 44 |
| Tableau 33 : Ri dans le cas d'une culture intermédiaire | 45 |
| Tableau 34 : Exemples de calcul du Ri | 46 |

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 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 déconseillées hors zones vulnérables (CPBA) | Périodes d'épandage interdites en zones vulnérables |
|-----------------------------|---|----------------------------|-----------------------|---------------------------|--|---|---|
| Sorgho fourrager sec | | | | | | | |
| Sorgho grain sec ou irrigué | Composts de boues urbaines | Type I (C/N > 8) | Fin avril à début mai | Mi-septembre à mi-octobre | Compost boues sans faim d'azote : Si apport avant semis : pas plus d'1 mois entre apport et semis (fin mars à début mai) Compost boues avec faim d'azote : Si apport avant semis : pas plus de 2 mois entre apport et semis (fin février à début mai) | 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 15 janvier Si non précédée d'une CIPAN : du 1 ^{er} juillet au 15 janvier |
| Sorgho fourrager sec | Boues urbaines (liquides, pâteuses, solides et issues de lagunes) | Type II (C/N ≤ 8) | Fin avril à début mai | Mi-septembre à mi-octobre | Si apport avant semis : pas plus d'1 mois entre apport et semis (fin mars à début mai) | 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 |

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 1er janvier (exemple de cultures d'hiver : colza en septembre, blé en octobre-novembre et pois en décembre). Semée après le 1er janvier, on parle de culture de printemps*.

2. Rendements prévisionnels (ou objectifs de rendement)

a. Hors zone vulnérable*

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

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

Tableau 2 : Rendements prévisionnels ou objectifs de rendements

| Cultures | AUDE | | | GARD | | | HERAULT | LOZERE | | | | | PYRENEES ORIENTALES | | | | Unité |
|----------------------|------------|---------------|--------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------|---------------|------------------|----------|---------------------|---------------|----------|---------|-------|
| | Est Audois | Centre Audois | Ouest audois | Camargue | Vallée du Rhône - Vistre | Uzège - Sommières | Nord du Gard | Ensemble du département | Aubrac Margeride | Vallée du Lot | Causses Cévennes | Salanque | Perpignan | Bassin d'Elne | Cerdagne | | |
| Sorgho fourrager sec | | | 8 - 12 | 3 fauches : 4 - 10 | 3 fauches : 4 - 10 | 2 à 3 fauches : 4 - 10 | 2 à 3 fauches : 4 - 10 | 4 - 10 | 4 - 10 | 5 - 12 | | | | | | t MS/ha | |
| Sorgho grain irrigué | 70 | 60 - 75 | 70 - 100 | 70 - 100 | 70 - 100 | 70 - 100 | 70 - 100 | 60 - 100 | | | | | | | | q/ha | |
| Sorgho grain sec | | 35 - 60 | 60 - 100 | 60 - 100 | 60 - 100 | 35 - 70 | 35 - 70 | 40 - 80 | | | | | | | | q/ha | |
| Sorgho semence | | | 70 | 20 - 30 | 20 - 30 | | | | | | | | | | | 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 (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

| Cultures | AUDE | GARD | HERAULT | PYRENEES-ORIENTALES | Unités |
|----------------------|-------|-------|---------|---------------------|---------|
| Sorgho fourrager | 10 | 10 | 10 | 10 | t MS/ha |
| Sorgho grain irrigué | 80 | 75 | 80 | 75 | q/ha |
| Sorgho grain sec | 55 | 50 | 40 | 50 | q/ha |
| Sorgho semence | 25-50 | 25-50 | 25-50 | 25-50 | q/ha |

Source : Annexe 11 de l'arrêté préfectoral régional de Languedoc-Roussillon du 5 septembre 2012 n°120285 établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée en agriculture pour la région Languedoc-Roussillon.

Dose d'azote à apporter

1. Sorgho grain et semence : doses plafonds d'azote selon la méthode ex-Languedoc-Roussillon

a. Raisonnement

Le raisonnement de la dose totale d'azote prévisionnelle n'est pas réalisé à partir de bilan azoté (méthode COMIFER) mais sur la base de doses plafonds fournies par ARVALIS, fonction de trois critères (**Tableau 5**) :

- Type de sol : superficiel ou profond ;
- Type de conduite de la culture : irriguée ou en sec ;
- Conditions pluviométriques de l'automne/hiver (octobre à mars).

Cf. **Annexe 1**.

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

Préconisations du réseau des MESE d'Oc.

► En et hors zones vulnérables :

Utiliser ce référentiel pour calculer la dose d'azote, aussi bien en et hors zone vulnérable. Ces références ont été définies pour le **sorgho grain** (en sec ou irrigué) mais seront applicables pour le **sorgho semence**. Les critères de choix de la dose plafond seront le rendement prévisionnel et les conditions pluviométriques de l'automne/hiver.

► 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.

► Préconisation pour les dossiers réglementaires :

EPE, extension de périmètre et PPE : Prendre les doses plafonds les plus strictes, de la colonne « Hiver sec ».

Si le bureau d'études a accès aux données de pluviométrie avant les épandages, les prendre en compte pour choisir la dose plafond en azote.

BA : Prendre les doses plafonds selon la pluviométrie réelle. Si le bureau d'études n'a pas accès aux données de pluviométrie, prendre les doses les plus restrictives (Colonne « Hiver sec »).

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

| Mode de culture avec ou sans type de sol | Rendement prévisionnel q/ha | Dose plafond en N pour la totalité de la culture selon le type d'hiver kg N/ha | |
|--|-----------------------------|--|--|
| | | Hiver sec < 350 mm de pluviométrie d'octobre à mars | Hiver pluvieux ≥ 350 mm de pluviométrie d'octobre à mars |
| Culture sèche sol superficiel | < 50 | 30 | 50 |
| Culture sèche sol profond | 50 à 70 | 60 | 90 |
| Culture irriguée | > 70 | 100 | 130 |

Source : Annexe 7 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.

b. Exemple de calcul pour N

Tableau 6 : Exemples de calcul de dose à apporter avant semis de sorgho grain ou semence (année N)

| Rdt Rendement prévisionnel q/ha | Type d'hiver | Dose totale prévisionnelle Plafond Cf. Tableau 5 kg N/ha | D1 Dose prévisionnelle à apporter par les boues ou composts de boues kg N efficace/ha |
|---------------------------------|--|--|---|
| 55 | Hiver sec < 350 mm de pluviométrie d'octobre à mars | 60 | 60 |
| 80 | Hiver pluvieux ≥ 350 mm de pluviométrie d'octobre à mars | 130 | 50 |

2. Sorgho fourrager : calcul de la dose d'azote à apporter selon la méthode ex-Midi-Pyrénées

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

Le GREN Languedoc-Roussillon ne propose qu'une dose plafond (210 kg N/ha). Le GREN Midi-Pyrénées détaille le raisonnement de la dose selon la méthode du bilan azoté proposé par le COMIFER et adapté par ARVALIS. Ce raisonnement est basé sur l'équilibre entre les besoins de la plante et les apports qui peuvent être fournis par le sol au cours de la campagne culturale. C'est cette méthode qui sera vraisemblablement adoptée dans le futur GREN Occitanie et qui est expliquée dans ce paragraphe.

Cf. Annexe 1.

Préconisations du réseau des MESE d'Oc.

En attendant la fusion des GREN, utiliser le référentiel du GREN Midi-Pyrénées pour calculer la dose d'azote, aussi bien en et hors zone vulnérable. En zone vulnérable, respecter le plafond de 210 kg N/ha du GREN Languedoc-Roussillon.

a. Formule générale

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

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

Source : 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.

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 sorgho fourrager. En effet, le raisonnement conseillé par ARVALIS est à prendre en compte à partir de la date d'ouverture du bilan c'est-à-dire au semis. Utiliser toutefois cette formule générale pour le calcul de dose d'azote à apporter par les boues / composts de boues avant semis.

b. « Besoins »

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

1. Besoins de la culture (Pf)

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

Tableau 7 : Azote absorbé par unité de rendement prévisionnel

| Culture | Rendements (R) t MS/ha | Azote absorbé par unité de rendement prévisionnel ou besoin par unité de production (b) kg N/t MS |
|------------------|---------------------------|--|
| Sorgho fourrager | R < 10 | 16 |
| | 10 ≤ R ≤ 15 | 14 |
| | R > 15 | 12,5 |

Source : Annexe 3 de l'arrêté préfectoral régional de Midi-Pyrénées du 31 août 2015 n°20150831-311-278 établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Midi-Pyrénées, modifié par l'arrêté du 29 décembre 2015.

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

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

Elle dépend de la culture, du type de sol et de la profondeur d'enracinement.

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

Tableau 8 : Azote restant dans le sol à la fermeture du bilan (Rf) pour le sorgho fourrager

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

Source : Annexe 16 de l'arrêté préfectoral régional de Midi-Pyrénées du 31 août 2015 n°20150831-311-278 établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Midi-Pyrénées, modifié par l'arrêté du 29 décembre 2015.

c. Fournitures

FOURNITURES

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

1. Azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan (Ri)

- Ri** = quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan (au semis de la culture soit le 1^{er} mai par convenance)
- = appelé aussi **reliquat azoté initial** ou **reliquat sortie hiver** (kg N/ha).

Deux méthodes permettent de connaître la valeur du Ri :

- 1° - un calcul faisant intervenir le bilan azoté du précédent et un modèle agro-météorologique,
 - 2° - une mesure de reliquat d'azote minéral à l'ouverture du bilan.
- 1^{ère} méthode : le bilan azoté du précédent et le modèle agro-météorologique

Cf. **Annexe 3.**

- 2^{ème} méthode : Ri donné par une mesure de reliquat d'azote minéral

▪ 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 :

Si ouverture avant semis (dernière méthode ARVALIS) : du 15 mars au semis du sorgho (doit être réalisé avant tout apport d'azote minéral ou organique à la sortie de l'hiver).

***Nota Bene** : lorsque le Ri est mesuré, l'azote fourni par un produit organique apporté à l'automne est inclus dans le résultat de la mesure du reliquat.*

▪ Où prélever Ri ?

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

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

Préconisations du réseau des MESE d'Oc.

► En zone vulnérable

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

► Hors zone vulnérable

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

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

2. 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 sorgho pendant sa croissance après l'ouverture du bilan.

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

| Types de sol en Midi-Pyrénées | | Argile % | CaCO ₃ % | MO % | Cailloux % | Mh kg N/ha | |
|-------------------------------|---|-------------|------------------------|---------|---------------|--------------------------------|------------------------------------|
| N° de sol | Nom vernaculaire | | | | | Sorgho grain, fourrager sec | Sorgho grain, fourrager irrigué |
| 1 | Alluvions caillouteuses | 20 | 0 | 1,5 | 25 | 30 | 40 |
| 2 | Alluvions sableuses | 10 | 0 | 1,5 | 0 | 55 | 80 |
| 3 | Alluvions limoneuses à limono argileuses | 20 | 0 | 1,5 | 0 | 70 | 100 |
| 4 | Alluvions argilo-limoneuses à argileuses | 35 | 0 | 1,7 | 0 | 55 | 75 |
| 5 | Alluvions caillouteuses calcaires | 20 | 20 | 1,5 | 25 | 20 | 30 |
| 6 | Alluvions sableuses calcaires | 10 | 20 | 1,5 | 0 | 50 | 75 |
| 7 | Alluvions limoneuses à limono argileuses calcaires | 20 | 20 | 1,5 | 0 | 55 | 75 |
| 8 | Alluvions argilo-limoneuses à argileuses calcaires | 35 | 20 | 1,7 | 0 | 40 | 55 |
| 9 | Boulbène caillouteuse superficielle | 15 | 0 | 1,5 | 25 | 35 | 45 |
| 10 | Boulbène superficielle | 15 | 0 | 1,5 | 0 | 45 | 65 |
| 11 | Boulbène profonde | 15 | 0 | 1,5 | 0 | 55 | 80 |
| 12 | Boulbène moyenne | 15 | 0 | 1,5 | 0 | 55 | 80 |
| 13 | Argilo-calcaire superficiel (rendosols) | 30 | 20 | 1,5 | 0 | 20 | 30 |
| 14 | Argilo-calcaire profond (calcosols) | 33 | 10 | 1,7 | 0 | 30 | 45 |
| 15 | Argilo-calcaire moyen (calcosols) | 33 | 10 | 1,6 | 0 | 30 | 45 |
| 16 | Argilo-calciques (calcisols) | 35 | 0 | 2 | 0 | 40 | 60 |
| 17 | Argilo-acides (brunisol) | 30 | 0 | 2 | 5 | 45 | 65 |
| 18 | Sols des Causses | 30 | 10 | 2 | 30 | 20 | 20 |
| 19 | Ségala (sols acides limono-sableux à limono-argilo-sableux) à MO élevé | 20 | 0 | 3 | 20 | 70 | 110 |
| 20 | Argilo calcaires à cailloux | 30 | 25 | 1,5 | 25 | 20 | 30 |
| 21 | Argileux acides à cailloux | 30 | 0 | 1,5 | 25 | 25 | 40 |
| 22 | Ségala (sols acides limono-sableux à limono-argilo-sableux) à – MO faible | 20 | 0 | 1,8 | 20 | 40 | 65 |

Source : Tableau 9 de l'annexe 16 de l'arrêté préfectoral régional de Midi-Pyrénées du 31 août 2015 n°20150831-311-278 établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Midi-Pyrénées, modifié par l'arrêté du 29 décembre 2015.

3. Minéralisation nette due à un retournement de prairie (Mhp)

La minéralisation nette due à un retournement de prairie (Mhp) est prise en compte uniquement pour la 1^{ère} année après destruction de la prairie. Au-delà, celle-là est considérée comme nulle.

Tableau 10 : Minéralisation nette due à un retournement de prairie (Mhp) pour le sorgho (en kg N/ha)

| Type de production de prairies | Mode d'exploitation | Age de la prairie | | | |
|--------------------------------|---|-------------------|-----------|-----------|------------|
| | | < 18 mois | 2 - 3 ans | 4 - 5 ans | 6 - 10 ans |
| Graminées + légumineuses | Pâturage | | | | |
| | Pâturage + Fauche | 20 | 60 | 100 | 120 |
| | Fauche uniquement | | | | |
| Graminées pures | Pâturage (= pâturage intégral) | 20 | 60 | 100 | 120 |
| | Pâturage + Fauche | 14 | 42 | 70 | 84 |
| | Fauche uniquement (= fauche intégrale) | 8 | 24 | 40 | 48 |

Source : Annexe 3 de l'arrêté préfectoral régional de Midi-Pyrénées du 31 août 2015 n°20150831-311-278 établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Midi-Pyrénées, modifié par l'arrêté du 29 décembre 2015.

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

4. Minéralisation nette de résidus de récolte (Mr)

Tableau 11 : Minéralisation nette de résidus de récolte (Mr)

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

| Précédent | Mr kg N/ha |
|--|--|
| Ouverture du bilan en sortie d'hiver | |
| Sorgho grain | 0 |
| Tournesol | 0 |
| Triticale pailles enlevées | 0 |
| Triticale pailles restituées | -10 |
| Pois | 10 |
| Féverole | 20 |
| Lupin | 0 |
| Soja | 10 |
| Prairie | 0 |
| Culture intermédiaire | 0 |
| Luzerne (retournement fin été/début automne) : âge de la luzerne 2 ans | 30 |
| Luzerne (retournement fin été/début automne) : âge de la luzerne 3 ans | 20 |
| Luzerne (retournement printemps) | 0 (Préconisation du réseau des MESE d'Occ., en l'absence de références) |
| Betterave | 10 |
| Carotte | 0 |
| Endive | 0 |
| Pommes de terre | 10 |
| Cultures cynégétiques (mélange graminées/légumineuses ou graminées pures) | 0 (Préconisation du réseau des MESE d'Occ., en l'absence de références) |

Source : Tableau 4-c de l'annexe 16 de l'arrêté préfectoral régional de Midi-Pyrénées du 31 août 2015 n°20150831-311-278 établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Midi-Pyrénées, modifié par l'arrêté du 29 décembre 2015.

5. Minéralisation nette de résidus de culture intermédiaire (MrCi)

Tableau 12 : Minéralisation nette de résidus de cultures intermédiaires (MrCi)

| Type de culture intermédiaire | Production de la culture intermédiaire <i>t MS/ha</i> | Ouverture du bilan au semis du sorgho fourrager |
|-----------------------------------|--|---|
| | | Destruction avant semis du sorgho fourrager (novembre/décembre) <i>kg N/ha</i> |
| Crucifères (moutarde, radis ...) | ≤ 1 | 0 |
| | 2 (> 1 et < 3) | 5 |
| | ≥ 3 | 10 |
| Graminées de type seigle, avoine | ≤ 1 | 0 |
| | 2 (> 1 et < 3) | 0 |
| | ≥ 3 | 5 |
| Graminées de type ray-grass | ≤ 1 | 0 |
| | 2 (> 1 et < 3) | 5 |
| | ≥ 3 | 10 |
| Légumineuses | ≤ 1 | 5 |
| | 2 (> 1 et < 3) | 10 |
| | ≥ 3 | 20 |
| Hydrophyllacées (Phacélie) | ≤ 1 | 0 |
| | 2 (> 1 et < 3) | 0 |
| | ≥ 3 | 5 |
| Mélanges graminée/ légumineuses | ≤ 1 | 3 |
| | 2 (> 1 et < 3) | 5 |
| | ≥ 3 | 13 |
| Mélanges crucifères/ légumineuses | ≤ 1 | 3 |
| | 2 (> 1 et < 3) | 8 |
| | ≥ 3 | 15 |

Source : Annexe 3 de l'arrêté préfectoral régional de Midi-Pyrénées du 31 août 2015 n°20150831-311-278 établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Midi-Pyrénées, modifié par l'arrêté du 29 décembre 2015.

6. Azote apporté par l'eau d'irrigation (Nirr)

$$\text{Nirr (kg N/ha)} = [\text{Quantité d'eau d'irrigation prévue jusqu'à 3 semaines après floraison (mm)} \times \text{teneur en nitrate de l'eau (mg NO}_3\text{/l)}] / 443$$

Source : Annexe 3 de l'arrêté préfectoral régional de Midi-Pyrénées du 31 août 2015 n°20150831-311-278 établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Midi-Pyrénées, modifié par l'arrêté du 29 décembre 2015.

Préconisations du réseau des MESE d'Oc.

Prendre les valeurs par défaut suivantes :

Nirr = 0 kg N/ha de 0 à 100 mm d'eau d'irrigation,
 Nirr = 5 kg N/ha de 100 à 200 mm d'eau d'irrigation,
 Nirr = 10 kg N/ha au-delà de 200 mm d'eau d'irrigation.

d. CAU

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

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

Tableau 13 : Valeurs de CAU proposées par le COMIFER pour le Sud-Ouest

| Types de culture | Date d'apport d'azote | CAU |
|------------------|-----------------------|-----|
| Sorgho fourrager | Semis – 3 feuilles | 0,6 |
| | 4 - 12 feuilles | 0,8 |

Source : Annexe 3 de l'arrêté préfectoral régional de Midi-Pyrénées du 31 août 2015 n°20150831-311-278 établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Midi-Pyrénées, modifié par l'arrêté du 29 décembre 2015.

Préconisations du réseau des MESE d'Oc.

Dans les différents dossiers réglementaires (EPE, extension de périmètre, PPE et BA), les apports de boues ou de composts de boues sont effectués avant semis du sorgho fourrager. En conséquence et dans l'attente de nouvelles références, prendre un CAU de 0,6.

e. Exemple de calcul pour N

Tableau 14 : Exemple de calcul de dose à apporter avant semis de sorgho fourrager

| | Blé tendre pailles exportées (N-1) / Sorgho fourrager sec (N) Sol argilo-calcaire moyen |
|--|--|
| Pf = Rendement prévisionnel du sorgho fourrager (N) x Azote absorbé par unité de rendement prévisionnel | 10 x 14 = 140 |
| Rendement prévisionnel du sorgho fourrager (N) t MS/ha | 10 |
| b Azote absorbé par unité de rendement prévisionnel, Cf.. Tableau 7 kg N/t MS | 14 |
| Rf Azote restant dans le sol à la fermeture du bilan kg N/ha | 30 |
| Ri Azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan kg N/ha | 30 |
| Mh Minéralisation nette de l'humus du sol kg N/ha | 30 |
| Mhp Minéralisation nette due à un retournement de prairie kg N/ha | 0 |
| Mr Minéralisation nette des résidus de récolte kg N/ha | 0 |
| MrCi Minéralisation nette de résidus de culture intermédiaire kg N/ha | 0 |
| Nirr Azote apporté par l'eau d'irrigation kg N/ha | 0 |
| CAU | 0,6 |
| Dose totale prévisionnelle à apporter sur le cycle total de la culture [Pf + Rf – Ri – Mh – Mhp – Mr – MrCi – Nirr] / CAU kg N/ha | = (140 + 30 - 30 - 30 - 0 - 0 - 0 - 0) / 0,6 = 183,3 arrondi à 183 |
| 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'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 doses d'apport en P₂O₅ et K₂O (**Tableau 15**).

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 15 : 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 16 : 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 17**) ;
- 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 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 17**).

Tableau 17 : Exigence du sorgho 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. |
| Sorgho | Moyennement exigeante | 60 | 100 | 80 | 120 | 30 | 80 | Faiblement exigeante | 40 | 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 sorgho, de la teneur en P₂O₅ ou K₂O du bulletin d'analyse et selon le nombre d'années d'impatte dans les **Tableau 18**, **Tableau 19**, **Tableau 20** et **Tableau 21** (COMIFER, 2009 ; ARVALIS, 1995).

Exemple

Données utilisées dans l'exemple de calcul p. 20.

Tableau 18 : Coefficients multiplicatifs des exportations pour K₂O appliqués à la récolte principale (sorgho)

| 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. |
| Faiblement exigeantes | 0 (ou apport tous les ans) | 1,2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | |
| | 1 an (ou apport tous les 2 ans) | 1,2 | 1,1 | 1 | 1 | 0 | 0 | |
| | 2 ans ou + (ou apport > à tous les 3 ans) | 1,2 | 1,2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |

Tableau 19 : Coefficients multiplicatifs des exportations pour P₂O₅ Joret-Hébert appliqués à la récolte principale (sorgho)

| 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. |
| Moyennement exigeantes | 0 (ou apport tous les ans) | 1,6 | 1 | 1 | 1 | 0 | | |
| | 1 an (ou apport tous les 2 ans) | 1,8 | 1,2 | 1 | 1 | 0,8 | 0 | |
| | 2 ans ou + (ou apport > à tous les 3 ans) | 2 | 1,7 | 1,5 | 1,2 | 1 | 0,6 | 0 |

Tableau 20 : Grille des coefficients multiplicatifs des exportations pour P₂O₅ Dyer appliqués à la récolte principale (sorgho)

| 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. |
| Moyennement exigeantes | Sorgho grain | 0 (ou apport tous les ans) | 1,6 | 1 | 1 | 120 < Tba < 132 | 132 < Tba < 240 | 240 < Tba < 360 | Tba > 360 |
| | Sorgho fourrager | 1 an (ou apport tous les 2 ans) | 1,8 | 1,2 | 1 | 1 | 0,8 | 0 | 0 |
| | Sorgho semence | 2 ans ou + (ou apport > à tous les 3 ans) | 2 | 1,7 | 1,5 | 1,2 | 1 | 0,6 | 0 |

Tableau 21 : Grille des coefficients multiplicatifs des exportations pour P₂O₅ Olsen appliqués à la récolte principale (sorgho)

| 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. |
| Moyennement exigeantes | Sorgho grain | 0 (ou apport tous les ans) | 1,6 | 1 | 1 | 80 < Tba < 88 | 88 < Tba < 160 | 160 < Tba < 240 | Tba > 240 |
| | Sorgho fourrager | 1 an (ou apport tous les 2 ans) | 1,8 | 1,2 | 1 | 1 | 0,8 | 0 | 0 |
| | Sorgho semence | 2 ans ou + (ou apport > à tous les 3 ans) | 2 | 1,7 | 1,5 | 1,2 | 1 | 0,6 | 0 |

3. 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 17**.

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 sorgho.

Tableau 22 : Rendements des résidus de culture précédant le sorgho

| Départements concernés | Précédents | Devenir des résidus de cultures N-1 | Rendements des résidus de cultures N-1 t MB/ha |
|------------------------|---|-------------------------------------|---|
| 11 | Blé dur | Enfouis | - |
| 30 | Blé dur-tendre | Enfouis/ Exportés | 3,5 - 4,5 |
| | Orge | | 2,2 - 3,3 |
| | Prairies temporaires (graminées) ou artificielles (luzerne) | Enfouis | - |
| 34 | Maïs semence | Enfouis | - |
| | Blé dur (avant sorgho grain irrigué ou semence) | Enfouis / Exportés | Si blé dur en sec : RU* faible (coteaux) : 1,5 – 2,5 RU élevée (plaines) : 3 – 5 Si blé dur irrigué : RU* faible (coteaux) : 3 – 5 RU élevée (plaines) : 4 – 7 |
| | Blé dur (avant sorgho grain sec) | Enfouis / Exportés | 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 16.

4. 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.

5. Exemple de calcul pour P₂O₅ et K₂O

Tableau 23 : Hypothèses de calcul sur sorgho grain

| | |
|---|--|
| 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) / Sorgho grain (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 : 55 q/ha |
| Passé récent de fertilisation de la parcelle | Apport tous les 2 ans |
| Date de l'analyse de sol | 2015 |
| Résultats de l'analyse de sol (Tba) | <p>en P₂O₅ Joret-Hébert : 0,07 g/kg = 70 mg/kg</p> <p>en K₂O : 0,11 g/kg = 110 mg/kg</p> |
| 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 24 : 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 18 et Tableau 19 , cas d'un apport tous les 2 ans) | 1,2 | 1 |
| ④ Rendement prévisionnel q/ha | 55 | 55 |
| ⑤ Teneur en P ₂ O ₅ ou K ₂ O par unité de rendement <u>de grain</u> Sorgho kg P ₂ O ₅ ou K ₂ O/q | 0,7 | 0,35 |
| 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 <u>de 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 | = (1,2 x 55 x 0,7) + (3,5 x 1,7) | = (1 x 55 x 0,35) + (3,5 x 12,3) |
| | = 52,15 arrondi à 52 | = 62,3 arrondi à 62 |
| Doses prévisionnelles à apporter par les boues ou composts de boues D2 et D3 | D2 = 52 kg P ₂ O ₅ efficace/ha | D3 = 62 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) :

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

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 4 . 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 5 . 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 doit rester exceptionnel et doit être justifié.

b. Rappel des données de l'exemple

| Caractéristiques de la culture | | | |
|---|---|---|------------------|
| Rotation | Blé dur (N-1) / Sorgho grain (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 : 55 q/ha | | |
| Teneurs du sol | N | P ₂ O ₅ Joret-Hébert | K ₂ O |
| <i>En mg/kg</i> | - | 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 | P₂O₅ | K₂O | Matière sèche |
| <i>En kg total/t MB</i> | 13,6 | 8,8 | 0,83 | 19,9 % |
| <i>En kg total/t MS</i> | 68,4 | 44,1 | 4,1 | |
| Keq 1^{ère} année | N | P₂O₅ | K₂O | |
| Cas A : Apport tous les ans en respectant les doses d'apport en P₂O₅ et K₂O pour l'année N | 0,4 | 1 | 1 | |
| Cas B : Apport tous les 2 ans en respectant les doses d'apport en P₂O₅ et K₂O pour l'année N | 0,4 | 0,7 | 1 | |
| Cas C : Apport tous les 2 ans en respectant les doses d'apport en P₂O₅ et K₂O 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 | | P₂O₅ | K₂O |
|--|---|-------------------------------|---|---|
| <i>Exemple du sorgho grain avec un rendement de 55 q/ha</i> | Dose prévisionnelle à apporter sur le cycle total de la culture | Dose à apporter par les boues | Dose à apporter par les boues | Dose à apporter par les boues |
| Cas A : Apport tous les ans en respectant les doses d'apport en P₂O₅ et K₂O pour l'année N | 60 | D1 = 60 | $D2 = (1 \times 55 \times 0,7) + (3,5 \times 1,7) = 44$ | $D3 = (1 \times 55 \times 0,35) + (3,5 \times 12,3) = 62$ |
| Cas B : Apport tous les 2 ans en respectant les doses d'apport en P₂O₅ et K₂O pour l'année N | 60 | D1 = 60 | $D2 = (1,2 \times 55 \times 0,7) + (3,5 \times 1,7) = 52$ | $D3 = (1 \times 55 \times 0,35) + (3,5 \times 12,3) = 62$ |

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 | P₂O₅ | K₂O | N | P₂O₅ | K₂O |
|--|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| | 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 | $60 / (13,6 \times 0,4) = 11,0$ | $44 / (8,8 \times 1) = 5,0$ | $62 / (0,83 \times 1) = 74,7$ | $60 / (68,4 \times 0,4) = 2,2$ | $44 / (44,1 \times 1) = 1,0$ | $62 / (4,1 \times 1) = 15,1$ |
| Cas B : Apport tous les 2 ans en respectant les doses d'apport en P₂O₅ et K₂O pour l'année N | $60 / (13,6 \times 0,4) = 11,0$ | $52 / (8,8 \times 0,7) = 8,4$ | $62 / (0,83 \times 1) = 74,7$ | $60 / (68,4 \times 0,4) = 2,2$ | $52 / (44,1 \times 0,7) = 1,7$ | $62 / (4,1 \times 1) = 15,1$ |

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 P ₂ O ₅ et K ₂ O pour l'année N | 5,0 | 1,0 | P ₂ O ₅ |
| 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 | 8,4 | 1,7 | 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 P ₂ O ₅ et K ₂ O pour l'année N | $5 \times 13,6 \times 0,4 = 27$ | $5 \times 8,8 \times 1 = 44$ | $5 \times 0,83 \times 1 = 4$ |
| 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 | $8,4 \times 13,6 \times 0,4 = 46$ | $8,4 \times 8,8 \times 0,7 = 52$ | $8,4 \times 0,83 \times 1 = 7$ |

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 P ₂ O ₅ et K ₂ O pour l'année N | 60 - 27 = 33 | 44 - 44 = 0 | 62 - 4 = 58 |
| 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 - 46 = 14 | 52 - 52 = 0 | 62 - 7 = 55 |

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 sorgho

Légende

Paramètre N (orange)

Paramètre P₂O₅ et K₂O (bleu)

inter-culture / CIPAN / sol nu (vert)

b Besoin par unité de production

X Rendement prévisionnel

= Besoins de la culture

Rdt Reliquat N du sol à la fermeture du bilan

TH Type d'hiver: sec ou pluvieux (pluvio d'oct. N-1 à mars N)

Ri Reliquat N du sol en sortie d'hiver (ouverture bilan)

Mh Minéralisation nette de l'humus du sol

Mr Minéralisation nette de résidus de récolte

Mhp Minéralisation nette due à un retournement de prairie

Mrci Minéralisation nette de résidus de culture intermédiaire

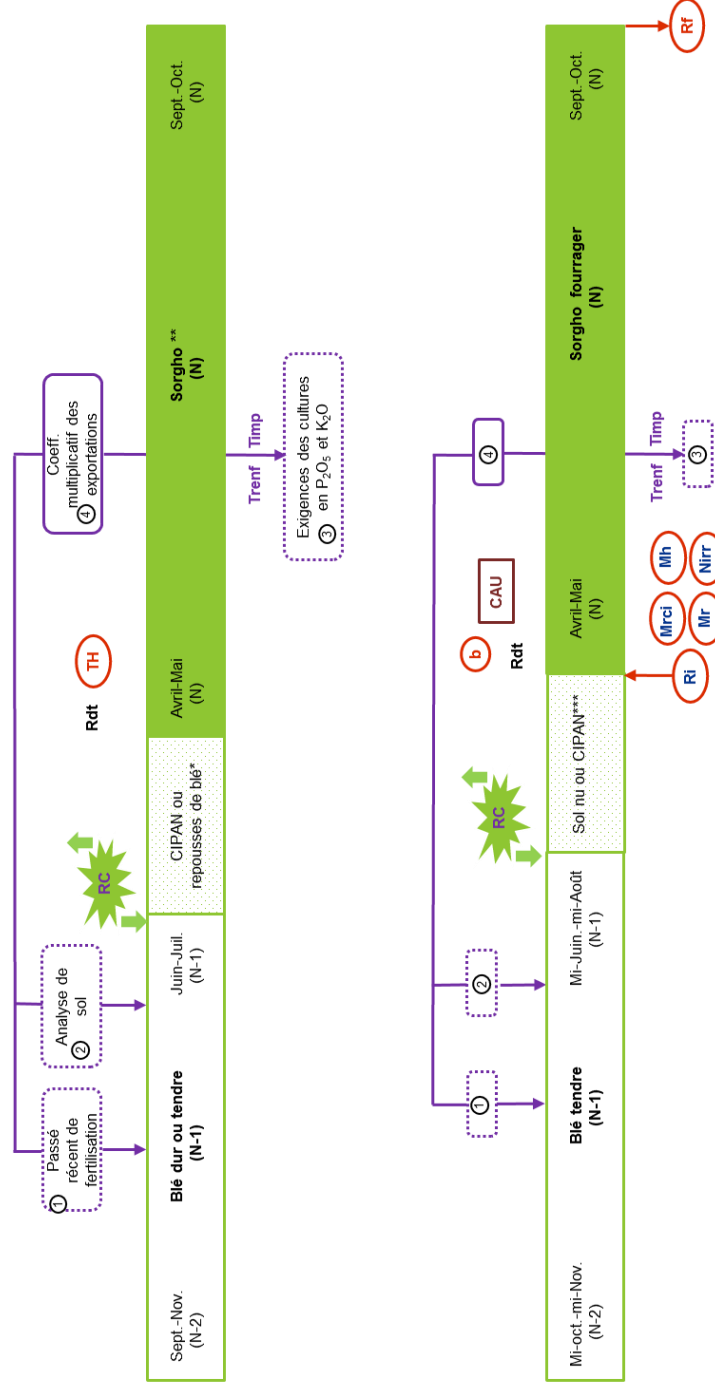
Nirr Azote apportée par l'eau d'irrigation

Trenf Teneur seuil renforcement

Timp Teneur seuil impasse

CAU Coefficient apparent d'utilisation de l'engrais minéral

RC Résidus de culture (entoués ou exportés)



| Mois | Février | Mars | avril | Mai |
|-----------------------------|---------|------|-------|-----|
| Sorgho fourrager sec | | | | |
| Sorgho grain sec ou irrigué | | | | |
| Sorgho semence | | | | |
| Sorgho fourrager sec | | | | |
| Sorgho grain sec ou irrigué | | | | |

Périodes d'apport préconisées

Février: Composts sans faim d'azote

Mars: Composts avec faim d'azote

avril: Boues

*. 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)
 **. semence ou grain
 ***. Règle relative aux inter-cultures selon la Directive Nitrates pour un précédent maïs: pas de couverture obligatoire si culture récoltée après le 1^{er} octobre N-1 ou implantation de CIPAN au moins 2 mois, destruction de CIPAN possible à partir du 1^{er} 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 | 32 |
| ANNEXE 2 | : LE BILAN AZOTE ET SES DIFFERENTS POSTES EN CULTURES ANNUELLES | 34 |
| ANNEXE 3 | : MODALITES DE CALCUL DE L'AZOTE MINERAL A L'OUVERTURE DU BILAN (RI) | 36 |
| ANNEXE 4 | : COEFFICIENT D'EQUIVALENCE ENGRAIS AZOTE MINERAL EFFICACE (KEQ N) | 47 |
| ANNEXE 5 | : COEFFICIENT D'EQUIVALENCE ENGRAIS P₂O₅ MINERAL EFFICACE (KEQ P₂O₅) | 50 |

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 |
| Mais | 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 Centre Français du Riz |
| Colza | Bilan azoté | Décembre-janvier Au plus tard au 31 janvier | Annexe 3 – Arrêté préfectoral régional LR du 5/09/2012 n°120285 |

| Cultures ou prairies | Méthode de calcul de la dose prévisionnelle d'azote | Période d'ouverture du bilan azoté | Références |
|----------------------|---|--|---|
| 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 • 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 :

| États 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.]

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

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

Avec :

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

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

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

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

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

Mh : Minéralisation nette de l'humus du sol

Mhp : Minéralisation nette due à un retournement de prairie

Mr : Minéralisation nette de résidus de récolte

MrCi : Minéralisation nette de résidus de culture intermédiaire

Nirr : Azote apporté par l'eau d'irrigation

CAU : Coefficient apparent d'utilisation de l'engrais

Xa : Equivalent engrais minéral efficace d'un produit organique

b. Sorgho fourrager : Écriture simplifiée du bilan

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

Avec :

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

Le paramètre Pi est comptabilisé dans le paramètre Ri calculé dans la méthode Sud-Ouest.

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

Annexe 3 : Modalités de calcul de l'azote minéral à l'ouverture du bilan (Ri)

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

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

- Cas 1 : précédent autre que légumineuses et prairies
- Cas 2 : légumineuses
- Cas 3 : prairie ou jachère
- Cas 4 : culture intermédiaire.

1 • Cas 1 : Précédent autre que légumineuses et prairies

Ri = APL - Lixiviation hivernale + Minéralisation hivernale de l'humus avant ouverture du bilan du sorgho fourrager.

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

a. Calcul de l'APL

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

Tableau 25 : Calcul de l'APL

| | Calcul des valeurs |
|--|---|
| ① A Azote fourni à la culture précédente par la minéralisation kg N/ha | Avec A : valeur annuelle publiée dans l'arrêté complémentaire au 1 ^{er} février de chaque année. Elle est valable pour toute la région ex-Midi-Pyrénées et par simplification dans l'attente de références pour le territoire Languedoc-Roussillon (préconisations du réseau des MESE d'Oc.). En l'absence de données, se reporter au Tableau 26. Pour information, la formule de calcul : A = 0,102 x somme (ETP* - P) + 0,073 x somme de T° - 170 Cette relation statistique a été établie et ne peut être utilisée qu'à partir des données météo de la station de Toulouse Blagnac. Elle est validée annuellement par un réseau régional de reliquat à l'entrée de l'hiver avant le début de la lixiviation hivernale. |
| ② Am Azote minéral apporté au précédent kg N/ha | D'après le cahier d'épandage de l'agriculteur |
| ③ Ao Apport d'azote organique au précédent kg N efficace/ha | Equivalent engrais minéral azote organique <u>apporté au précédent</u> = % N _{tot} x Q (quantité totale apportée d'après déclaration de l'agriculteur) x Keq N sur cycle de la culture précédente Keq N sur cycle de la culture précédente donné en Annexe 4 . |
| ④ Mhp Précédent Effet d'un retournement de prairie avant le précédent kg N/ha | Prendre la valeur Mhp du Tableau 27 . |
| ⑤ MrCi Précédent Contribution d'une culture intermédiaire avant le précédent kg N/ha | Prendre la valeur MrCi du Tableau 28 . |

| | |
|---|---|
| ⑥ Azote consommé par le précédent kg N/ha | N consommé par le précédent = rendement réalisé déclaré par l'agriculteur x N absorbé par unité de production Prendre les valeurs de N absorbé par unité de production du précédent dans le Tableau 29 |
| ⑦ Coefficient de correction d'un excès d'azote du bilan de la culture précédente | Pour intégrer les effets d'excès de bilan du précédent, la quantité d'azote disponible après la récolte du précédent doit être multipliée par les coefficients suivants : 1. Si précédent = céréales, prendre 0,27 2. Si précédent = maïs, sorgho, prendre 0,48 3. Si précédent = autres cultures que céréales, maïs et sorgho, prendre 0,4. <i>Source : Tableau 5 de l'annexe 16 de l'arrêté préfectoral régional de Midi-Pyrénées du 31 août 2015 n°20150831-311-278 établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Midi-Pyrénées, modifié par l'arrêté du 29 décembre 2015.</i> |
| ⑧ Azote organique apporté avant ouverture du bilan du précédent kg N/ha | Equivalent engrais minéral d'un produit organique apporté à l'automne = % N _{tot} x Q (quantité totale apportée) x Keq N Keq N du produit organique apporté <u>avant ouverture du bilan</u> du précédent donné en Annexe 4 . |
| APL Azote Potentiellement Lixivable kg N/ha | APL = [① + ② + ③ + ④ + ⑤] - ⑥ x ⑦ + ⑧ |

Tableau 26 : Valeur de A, azote fourni à la culture précédente par la minéralisation

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

Source : Annexe 2 de l'arrêté préfectoral régional de Languedoc-Roussillon du 5 septembre 2012 n°120285 établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée en agriculture.

Tableau 27 : Minéralisation nette due à un retournement de prairie (Mhp) (en kg N/ha)

| Type de production de prairies | Mode d'exploitation | Age de la prairie | | | |
|---------------------------------|--|-------------------|-----------|-----------|------------|
| | | < 18 mois | 2 - 3 ans | 4 - 5 ans | 6 - 10 ans |
| Graminées + légumineuses | Pâturage | 20 | 60 | 100 | 120 |
| | Pâturage + Fauche | 20 | 60 | 100 | 120 |
| | Fauche uniquement | 14 | 42 | 70 | 84 |
| Graminées pures | Pâturage (= pâturage intégral) | 8 | 24 | 40 | 48 |
| | Pâturage + Fauche | 14 | 42 | 70 | 84 |
| | Fauche uniquement (= fauche intégrale) | 8 | 24 | 40 | 48 |

Source : Annexe 3 de l'arrêté préfectoral régional de Midi-Pyrénées du 31 août 2015 n°20150831-311-278 établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Midi-Pyrénées, modifié par l'arrêté du 29 décembre 2015.

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

Tableau 28 : Minéralisation nette de résidus de cultures intermédiaires (MrCi)

| Type de culture intermédiaire | Production de la culture intermédiaire t MS/ha | Ouverture du bilan au semis du maïs Destruction avant semis du maïs (novembre/décembre) kg N/ha |
|-----------------------------------|---|--|
| Crucifères (moutarde, radis ...) | ≤ 1 | 0 |
| | 2 (> 1 et < 3) | 5 |
| | ≥ 3 | 10 |
| Graminées de type seigle, avoine | ≤ 1 | 0 |
| | 2 (> 1 et < 3) | 0 |
| | ≥ 3 | 5 |
| Graminées de type ray-grass | ≤ 1 | 0 |
| | 2 (> 1 et < 3) | 5 |
| | ≥ 3 | 10 |
| Légumineuses | ≤ 1 | 5 |
| | 2 (> 1 et < 3) | 10 |
| | ≥ 3 | 20 |
| Hydrophyllacées (Phacélie) | ≤ 1 | 0 |
| | 2 (> 1 et < 3) | 0 |
| | ≥ 3 | 5 |
| Mélanges graminée/ légumineuses | ≤ 1 | 3 |
| | 2 (> 1 et < 3) | 5 |
| | ≥ 3 | 13 |
| Mélanges crucifères/ légumineuses | ≤ 1 | 3 |
| | 2 (> 1 et < 3) | 8 |
| | ≥ 3 | 15 |

Source : Annexe 3 de l'arrêté préfectoral régional de Midi-Pyrénées du 31 août 2015 n°20150831-311-278 établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Midi-Pyrénées, modifié par l'arrêté du 29 décembre 2015.

Tableau 29 : Azote absorbé par unité de rendement par le précédent

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

| Précédent | Azote absorbé par unité de rendement du précédent kg N/q ou t MS |
|--|--|
| Ouverture du bilan en sortie d'hiver | |
| Orge (hiver ou printemps) pailles enlevées | 2,5 |
| Orge (hiver ou printemps) pailles restituées | 2,8 |
| Seigle pailles enlevées | 2,3 |
| Seigle pailles restituées | 2,6 |
| Sorgho ensilage | 13 |
| Sorgho grain | 2,8 |
| Tournesol | 4 |
| Triticale pailles enlevées | 2,6 |
| Triticale pailles restituées | 2,9 |
| Pois | 0 |
| Féverole | 0 |
| Lupin | 0 |
| Soja | 0 |
| Prairie | 0 |
| Culture intermédiaire | 0 |
| Luzerne (retournement fin été/début automne) : âge de la luzerne 2 ans | 0 |
| Luzerne (retournement fin été/début automne) : âge de la luzerne 3 ans | 0 |
| Luzerne (retournement printemps) | 0 |
| Betterave | 220 kg/ha |
| Carotte | 100 à 165 kg/ha (suivant cycle) |
| Endive | 90 à 185 kg/ha (suivant variété) |
| Pommes de terre | 100 à 250 kg/ha (suivant date plantation) |
| Cultures cynégétiques (mélange graminées/légumineuses ou graminées pures) | 3 (préconisation du réseau des MESE d'Occ., en l'absence de références) |

Source : Tableau 4-a de l'annexe 16 de l'arrêté préfectoral régional de Midi-Pyrénées du 31 août 2015 n°20150831-311-278 établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Midi-Pyrénées, modifié par l'arrêté du 29 décembre 2015.

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

Préconisations du réseau des MESE d'Occ.

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

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

- de l'APL calculé (en kg N/ha),
- du cumul de pluie hivernale entre le 01/10 et le 01/05 (en mm). (cf. **Tableau 30**).

Tableau 30. Estimation de Ri à partir de l'APL et du cumul de pluie hivernale dans le bilan azoté du sorgho fourrager

| Ri (Cultures d'été) en kg N/ha | APL = Azote Potentiellement Lixiviable (en kg N/ha) | Cumul de pluie entre le 01/10 et le 01/05 (en mm) | | | | | | | | |
|---|--|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
| Alluvions argilo-limoneuses à argileuses / Alluvions limoneuses à argilo- limoneuses : Sols N°3 et 4 | 0 | 45 | 45 | 45 | 45 | 42 | 40 | 36 | 31 | 25 |
| | 20 | 60 | 60 | 60 | 53 | 48 | 43 | 37 | 31 | 25 |
| | 40 | 76 | 76 | 76 | 62 | 54 | 47 | 38 | 31 | 25 |
| | 60 | 92 | 92 | 92 | 73 | 61 | 52 | 39 | 31 | 25 |
| | 80 | 107 | 107 | 107 | 86 | 69 | 56 | 40 | 31 | 25 |
| | 100 | 123 | 123 | 123 | 102 | 78 | 62 | 41 | 31 | 25 |
| | 120 | 138 | 138 | 138 | 120 | 88 | 67 | 42 | 31 | 25 |
| | 140 | 154 | 154 | 154 | 142 | 100 | 73 | 43 | 31 | 25 |
| Argilo-calcaïque : Sols N° 16 | 0 | 40 | 40 | 40 | 39 | 37 | 35 | 31 | 29 | 27 |
| | 20 | 56 | 56 | 56 | 48 | 43 | 39 | 32 | 29 | 27 |
| | 40 | 73 | 73 | 73 | 58 | 50 | 43 | 33 | 29 | 27 |
| | 60 | 89 | 89 | 89 | 71 | 57 | 47 | 34 | 29 | 27 |
| | 80 | 106 | 106 | 106 | 86 | 66 | 53 | 35 | 29 | 27 |
| | 100 | 122 | 122 | 122 | 105 | 77 | 58 | 36 | 29 | 27 |
| | 120 | 139 | 139 | 139 | 127 | 89 | 65 | 37 | 29 | 27 |
| | 140 | 155 | 155 | 155 | 154 | 103 | 72 | 38 | 29 | 27 |
| Boulbène superficielle / Boulbène moyenne : Sols N° 10 et 12 | 0 | 46 | 46 | 46 | 44 | 41 | 39 | 35 | 29 | 25 |
| | 20 | 62 | 62 | 62 | 51 | 46 | 41 | 35 | 29 | 25 |
| | 40 | 79 | 79 | 79 | 59 | 51 | 44 | 35 | 29 | 25 |
| | 60 | 96 | 96 | 96 | 68 | 56 | 47 | 36 | 29 | 25 |
| | 80 | 112 | 112 | 112 | 78 | 62 | 51 | 36 | 29 | 25 |
| | 100 | 129 | 129 | 129 | 90 | 69 | 54 | 36 | 29 | 25 |
| | 120 | 146 | 146 | 146 | 103 | 76 | 58 | 36 | 29 | 25 |
| | 140 | 162 | 162 | 162 | 119 | 84 | 62 | 37 | 29 | 25 |
| Boulbène profonde : Sol N°11 | 0 | 44 | 44 | 44 | 41 | 39 | 36 | 32 | 28 | 24 |
| | 20 | 59 | 59 | 59 | 47 | 42 | 38 | 32 | 28 | 24 |
| | 40 | 74 | 74 | 74 | 53 | 45 | 39 | 32 | 28 | 24 |
| | 60 | 89 | 89 | 89 | 60 | 49 | 41 | 32 | 28 | 24 |
| | 80 | 104 | 104 | 104 | 68 | 53 | 42 | 32 | 28 | 24 |
| | 100 | 120 | 120 | 120 | 77 | 57 | 44 | 32 | 28 | 24 |
| | 120 | 135 | 135 | 135 | 87 | 62 | 46 | 32 | 28 | 24 |
| | 140 | 150 | 150 | 150 | 98 | 67 | 47 | 32 | 28 | 24 |
| Argileux acides à cailloux / Argilo-acides Sols N° 17 et 21 | 0 | 34 | 34 | 34 | 34 | 34 | 32 | 29 | 27 | 25 |
| | 20 | 47 | 47 | 47 | 47 | 42 | 39 | 33 | 29 | 26 |
| | 40 | 65 | 65 | 65 | 65 | 53 | 47 | 38 | 31 | 27 |
| | 60 | 82 | 82 | 82 | 82 | 66 | 57 | 43 | 34 | 28 |
| | 80 | 99 | 99 | 99 | 99 | 83 | 68 | 49 | 37 | 29 |
| | 100 | 116 | 116 | 116 | 116 | 104 | 83 | 56 | 40 | 30 |
| | 120 | 133 | 133 | 133 | 133 | 130 | 100 | 64 | 44 | 31 |
| | 140 | 150 | 150 | 150 | 150 | 147 | 121 | 73 | 47 | 33 |

| Ri (Cultures d'été) en kg N/ha | APL = Azote Potentiellement Lixiviable (en kg N/ha) | Cumul de pluie entre le 01/10 et le 01/05 (en mm) | | | | | | | | |
|---|--|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
| Boulbène caillouteuse superficielle / Alluvions caillouteuses / Ségala à faible MO Sols N° 9, 1 et 22 | 0 | 37 | 33 | 30 | 27 | 25 | 23 | 20 | 18 | 16 |
| | 20 | 55 | 39 | 33 | 28 | 24 | 23 | 20 | 18 | 16 |
| | 40 | 72 | 47 | 36 | 29 | 24 | 23 | 20 | 18 | 16 |
| | 60 | 90 | 55 | 40 | 30 | 23 | 23 | 20 | 18 | 16 |
| | 80 | 108 | 66 | 44 | 31 | 23 | 23 | 20 | 18 | 16 |
| | 100 | 125 | 78 | 49 | 32 | 23 | 23 | 20 | 18 | 16 |
| | 120 | 143 | 92 | 54 | 33 | 22 | 22 | 20 | 18 | 16 |
| | 140 | 160 | 109 | 59 | 35 | 22 | 21 | 20 | 18 | 16 |
| Alluvions sableuses / Alluvions sableuses calcaires Sols N° 2 et 6 | 0 | 38 | 34 | 31 | 29 | 27 | 24 | 21 | 18 | 16 |
| | 20 | 47 | 39 | 34 | 30 | 27 | 24 | 21 | 18 | 16 |
| | 40 | 58 | 46 | 38 | 32 | 27 | 24 | 21 | 18 | 16 |
| | 60 | 72 | 53 | 42 | 34 | 28 | 24 | 21 | 18 | 16 |
| | 80 | 89 | 62 | 46 | 36 | 28 | 24 | 21 | 18 | 16 |
| | 100 | 110 | 72 | 51 | 38 | 29 | 24 | 21 | 18 | 16 |
| | 120 | 136 | 84 | 56 | 40 | 29 | 24 | 21 | 18 | 16 |
| | 140 | 168 | 98 | 62 | 42 | 30 | 24 | 21 | 18 | 16 |
| Ségala à MO élevé Sol N° 19 | 0 | 49 | 49 | 45 | 40 | 36 | 33 | 26 | 20 | 17 |
| | 20 | 66 | 66 | 51 | 44 | 38 | 33 | 26 | 20 | 17 |
| | 40 | 83 | 83 | 58 | 48 | 40 | 34 | 26 | 20 | 17 |
| | 60 | 100 | 100 | 67 | 52 | 42 | 34 | 26 | 20 | 17 |
| | 80 | 117 | 117 | 76 | 57 | 44 | 35 | 26 | 20 | 17 |
| | 100 | 134 | 134 | 86 | 62 | 46 | 35 | 26 | 20 | 17 |
| | 120 | 151 | 151 | 99 | 67 | 48 | 36 | 26 | 20 | 17 |
| | 140 | 168 | 168 | 112 | 73 | 51 | 36 | 26 | 20 | 17 |
| Argilo-calcaire profond Sol N° 14 | 0 | 32 | 32 | 32 | 31 | 30 | 28 | 24 | 21 | 19 |
| | 20 | 49 | 49 | 49 | 41 | 36 | 32 | 26 | 22 | 19 |
| | 40 | 66 | 66 | 66 | 51 | 43 | 37 | 28 | 23 | 19 |
| | 60 | 83 | 83 | 83 | 63 | 51 | 43 | 31 | 24 | 19 |
| | 80 | 100 | 100 | 100 | 78 | 61 | 49 | 34 | 25 | 19 |
| | 100 | 117 | 117 | 117 | 96 | 73 | 57 | 37 | 26 | 19 |
| | 120 | 134 | 134 | 134 | 119 | 87 | 66 | 41 | 27 | 19 |
| | 140 | 151 | 151 | 151 | 148 | 104 | 76 | 45 | 28 | 19 |
| Argilo-calcaire superficiel / Alluvions caillouteuses calcaires Sols N° 13 et 5 | 0 | 31 | 31 | 31 | 31 | 30 | 27 | 23 | 21 | 18 |
| | 20 | 48 | 48 | 48 | 48 | 37 | 32 | 26 | 22 | 18 |
| | 40 | 65 | 65 | 65 | 65 | 45 | 38 | 29 | 23 | 18 |
| | 60 | 82 | 82 | 82 | 82 | 56 | 45 | 32 | 24 | 18 |
| | 80 | 98 | 98 | 98 | 98 | 69 | 54 | 35 | 25 | 18 |
| | 100 | 115 | 115 | 115 | 115 | 84 | 64 | 39 | 26 | 18 |
| | 120 | 132 | 132 | 132 | 132 | 104 | 76 | 44 | 27 | 18 |
| | 140 | 148 | 148 | 148 | 148 | 128 | 90 | 48 | 29 | 18 |
| Argilo-calcaire moyen / Argilo- calcaire à cailloux Sols N° 15 et 20 | 0 | 30 | 30 | 30 | 30 | 27 | 25 | 21 | 19 | 17 |
| | 20 | 45 | 45 | 45 | 35 | 30 | 27 | 21 | 19 | 17 |

| Ri (Cultures d'été) en kg N/ha | APL = Azote Potentiellement Lixivable (en kg N/ha) | Cumul de pluie entre le 01/10 et le 01/05 (en mm) | | | | | | | | |
|--|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
| | 40 | 61 | 61 | 61 | 41 | 34 | 28 | 21 | 19 | 17 |
| | 60 | 77 | 77 | 77 | 48 | 37 | 30 | 21 | 19 | 17 |
| | 80 | 93 | 93 | 93 | 56 | 42 | 32 | 21 | 19 | 17 |
| | 100 | 109 | 109 | 109 | 65 | 47 | 34 | 21 | 19 | 17 |
| | 120 | 125 | 125 | 125 | 76 | 52 | 37 | 20 | 19 | 17 |
| | 140 | 140 | 140 | 140 | 89 | 58 | 39 | 20 | 19 | 17 |
| Alluvions argilo-limoneuses à argileuses calcaires / Alluvions limoneuses à limono argileuses calcaires Sols N° 7 et 8 | 0 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 26 | 23 | 21 | 19 |
| | 20 | 45 | 45 | 45 | 38 | 34 | 30 | 25 | 21 | 19 |
| | 40 | 62 | 62 | 62 | 48 | 41 | 35 | 27 | 21 | 19 |
| | 60 | 79 | 79 | 79 | 60 | 49 | 41 | 30 | 21 | 19 |
| | 80 | 95 | 95 | 95 | 76 | 59 | 47 | 32 | 21 | 19 |
| | 100 | 112 | 112 | 112 | 95 | 71 | 55 | 35 | 21 | 19 |
| | 120 | 129 | 129 | 129 | 119 | 86 | 64 | 38 | 21 | 19 |
| 140 | 146 | 146 | 146 | 136 | 103 | 74 | 42 | 21 | 19 | |
| Sols de Causses Sol N° 18 | 0 | 20 | 20 | 19 | 19 | 18 | 17 | 15 | 13 | 12 |
| | 20 | 27 | 24 | 21 | 20 | 18 | 17 | 15 | 13 | 12 |
| | 40 | 36 | 29 | 24 | 21 | 18 | 17 | 15 | 13 | 12 |
| | 60 | 47 | 35 | 27 | 22 | 18 | 17 | 15 | 13 | 12 |
| | 80 | 63 | 42 | 30 | 23 | 18 | 17 | 15 | 13 | 12 |
| | 100 | 83 | 51 | 34 | 24 | 18 | 17 | 15 | 13 | 12 |
| | 120 | 110 | 62 | 38 | 25 | 17 | 17 | 15 | 13 | 12 |
| | 140 | 146 | 75 | 43 | 27 | 17 | 17 | 15 | 13 | 12 |

Source : Tableaux 7 de l'annexe 16 de l'arrêté préfectoral régional de Midi-Pyrénées du 31 août 2015 n°20150831-311-278 établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Midi-Pyrénées, modifié par l'arrêté du 29 décembre 2015.

2 • Cas 2 : Précédent légumineuses

Ri = APL - Lixiviation hivernale + Minéralisation hivernale de l'humus avant ouverture du bilan du sorgho fourrager.

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

a. Calcul de l'APL

Tableau 31 : APL dans le cas d'un précédent légumineuses

| Type de précédent à base de légumineuses | APL kg N/ha | Valeur de A Azote fourni à la culture précédente par la minéralisation kg N/ha |
|--|---------------------|---|
| Pois | $30 + 0,5 \times A$ | <p>Avec A : valeur annuelle publiée dans l'arrêté complémentaire au 1^{er} février de chaque année. Elle est valable pour toute la région ex-Midi-Pyrénées et par simplification dans l'attente de références pour le territoire Languedoc-Roussillon (préconisations du réseau des MESE d'Oc.). En l'absence de données, se reporter au Tableau 26.</p> <p>Pour information, la formule de calcul : $A = 0,102 \times \text{somme (ETP}^* - P) + 0,073 \times \text{somme de T}^\circ - 170$ Cette relation statistique a été établie et ne peut être utilisée qu'à partir des données météo de la station de Toulouse Blagnac. Elle est validée annuellement par un réseau régional de reliquat à l'entrée de l'hiver avant le début de la lixiviation hivernale.</p> |
| Féverole Lupin | $20 + 0,4 \times A$ | |
| Soja | $20 + 0,3 \times A$ | |

Source : Tableau 4 de l'annexe 3 de l'arrêté préfectoral régional de Midi-Pyrénées du 31 août 2015 n°20150831-311-278 établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Midi-Pyrénées, modifié par l'arrêté du 29 décembre 2015.

b. Estimation de Ri à partir de l'APL et du cumul de pluie hivernale entre le 01/10 et le 01/05

Idem au cas A (cf. Tableau 30).

3 • Cas 3 : Précédent prairie ou jachère

Ri = APL - Lixiviation hivernale + Minéralisation hivernale de l'humus avant ouverture du bilan du sorgho fourrager.

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

Dans ce cas, on considère que la prairie est retournée au printemps, la lixiviation hivernale est donc nulle.

Le Ri est estimé directement dans le **Tableau 32**.

Tableau 32 : Ri dans le cas d'un précédent prairie ou jachère

| Précédent : prairie ou jachère | Formule du Ri kg N/ha | Valeurs de kp pour les prairies | | Ri simplifié kg N/ha | Valeur de A Azote fourni à la culture précédente par la minéralisation kg N/ha |
|----------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|----------|----------------------|---|
| Prairie de 1 à 2 ans | 25 x kp+ (0,3 x A) | Prairie toujours pâturée | kp = 1 | 25 + (0,3 x A) | <p>Avec A : valeur annuelle publiée dans l'arrêté complémentaire au 1^{er} février de chaque année. Elle est valable pour toute la région ex-Midi-Pyrénées et par simplification dans l'attente de références pour le territoire Languedoc-Roussillon (préconisations du réseau des MESE d'Occ.).</p> <p>En l'absence de données, se reporter au Tableau 26.</p> <p>Pour information, la formule de calcul : $A = 0,102 \times \text{somme (ETP}^* - P) + 0,073 \times \text{somme de T}^\circ - 170$ Cette relation statistique a été établie et ne peut être utilisée qu'à partir des données météo de la station de Toulouse Blagnac. Elle est validée annuellement par un réseau régional de reliquat à l'entrée de l'hiver avant le début de la lixiviation hivernale.</p> |
| | | Associations graminées + légumineuses | | | |
| | | Prairie fauchée et pâturée | kp = 0,7 | 17,5 + (0,3 x A) | |
| Prairie toujours fauchée | kp = 0,4 | 10 + (0,3 x A) | | | |
| Prairie de 3 à 6 ans | 75 x kp+ (0,3 x A) | Prairie toujours pâturée | kp = 1 | 75 + (0,3 x A) | |
| | | Associations graminées + légumineuses | | | |
| | | Prairie fauchée et pâturée | kp = 0,7 | 52,5 + (0,3 x A) | |
| Prairie toujours fauchée | kp = 0,4 | 30 + (0,3 x A) | | | |
| Prairie de plus de 6 ans | 100 x kp+ (0,3 x A) | Prairie toujours pâturée | kp = 1 | 100 + (0,3 x A) | |
| | | Associations graminées + légumineuses | | | |
| | | Prairie fauchée et pâturée | kp = 0,7 | 70 + (0,3 x A) | |
| Prairie toujours fauchée | kp = 0,4 | 40 + (0,3 x A) | | | |
| Jachère annuelle de graminées | 10 + (0,4 x A) | | | 10 + (0,4 x A) | |
| Jachère annuelle de légumineuses | 20 + (0,4 x A) | | | 20 + (0,4 x A) | |
| Jachère pluriannuelle | | | | | |

Source : Tableau 5 de l'annexe 3 de l'arrêté préfectoral régional de Midi-Pyrénées du 31 août 2015 n°20150831-311-278 établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Midi-Pyrénées, modifié par l'arrêté du 29 décembre 2015.

4 • Cas 4 : Précédent culture intermédiaire

Ri = APL - Lixiviation hivernale + Minéralisation hivernale de l'humus avant ouverture du bilan du sorgho fourrager.

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

Dans ce cas, on n'applique pas non plus de lixiviation hivernale, l'azote présent dans le sol après une culture intermédiaire est fonction du type de sol.

Ri est donné directement par le **Tableau 33**.

Tableau 33 : Ri dans le cas d'une culture intermédiaire

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

Source : Tableau 8 de l'annexe 16 de l'arrêté préfectoral régional de Midi-Pyrénées du 31 août 2015 n°20150831-311-278 établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Midi-Pyrénées, modifié par l'arrêté du 29 décembre 2015.

5 • Exemple de calculs du Ri

Tableau 34 : Exemples de calcul du Ri

| | Cas 1 | Cas 2 | Cas 3 | Cas 4 |
|--|---|--|---|----------------|
| Hypothèses | Sol argilo-calcaire profond. Pluviosité entre le 1er octobre et le 30 avril = 400 mm Conditions climatiques de l'année précédente : Année normale | | | |
| | Précédent Blé dur pailles exportées, rendement 50 q/ha avec un apport de 100 kg d'azote minéral. | Précédent : Pois | Prairie de 1 à 2 ans, fauchée et pâturée. | |
| APL Reliquat d'azote au 1er octobre kg N/ha | $APL = [(1) + (2) + (3) + ((4) \text{ ou } (5)) - (6)] / x (7) + (8)$ $APL = [100 + 100 + 0 + 0 \text{ ou } 0 - (3,7 \times 50)] \times 0,27 + 0$ APL = 4,05 | $APL = 30 + 0,5 \times 100$ APL = 80 | | |
| Ri kg N/ha | 33 | 78 | $Ri = 25 \times 0,7 + 0,3 \times 100$ Ri = 47,5 | Ri = 20 |

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

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

Une boue digérée = méthanisée au cours du 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 | 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 |
| Boues activées liquides urbaines (C/N = 4,9) | 0,37 | 0,25 | 0,4 | 0,35 | 0,35 | 0,45 | automne : 0,3 sortie hiver : 0,45 | 0,35 | 0,3 | 0,45 | 0,3 | 0,45 | 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 |
| 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 | 0,35 | 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 |
| 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 | 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 |

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 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 litiées à rhizophytes (C/N = 5,9) par manque de référence, le réseau des MESE d'Oc. positionne ici les boues issues des LSPR et FPR | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | |
| | 0,35 | 0,35 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,35 | 0,3 | 0,35 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | |
| | 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 | 0,15 | 0,15 | 0,25 | 0,25 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | |
| Boues lit bactérien disque biologique liquides (C/N = 7,5) Boues lit bactérien déshydratées chaulées (C/N = 5) Boues décanteur digesteur (C/N = 8,1) Boues de curage de lagunes urbaines (C/N = 6 à 11) | 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 | 0,15 | 0,15 | 0,25 | 0,25 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | |
| | 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 | 0,2 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,3 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | |

| Types de boues | | Coefficients d'équivalence engrais azote minéral efficace (Keq N) préconisés par le réseau des MESE d'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 |
| Boues physico-chimiques déshydratées (C/N = 5,5 à 17) | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| | 0,25 | 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 |
| Boues de Pérignan : Boues activées épaissies digérées déshydratées non chaulées (C/N = 5,5) | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| | 0,3 | 0,15 | 0,15 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| | 0,3 | 0,15 | 0,15 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| Boues digérées anaérobies 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 | 0,25 | 0,25 |
| | 0,3 | 0,15 | 0,15 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| Composts de boues avec support carboné de MATF | 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 5 : Coefficient d'équivalence engrais P₂O₅ minéral efficace (Keq P₂O₅)

| Types de boues urbaines ou composites de boues urbaines | Siccité* de la boue étudiée | Traitement | Apport tous les 2 à 3 ans | | | | Apport annuel | | |
|---|-----------------------------|--|--|--|---|---|---------------|---------|---|
| | | | Année 1 | | | | | Année 2 | |
| | | | Keq P ₂ O ₅ mini | Keq P ₂ O ₅ maxi | Keq P ₂ O ₅ moyen | Keq P ₂ O ₅ retenu par le réseau des MESE d'Oc. | | | |
| Boues biologiques | liquides | biologiques | 0,72 | 1 | 0,86 | 0,7 | 0,28 | 1 | |
| Boues biologiques | pâteuses (20 % MS) | biologiques | 0,72 | 1 | 0,86 | 0,7 | 0,28 | 1 | |
| Boues biologiques | pâteuses (30 % MS) | biologiques chaulées | 0,85 | | | 0,85 | 0,15 | 1 | |
| Boues biologiques | liquides ou pâteuses | biologiques de déphosphatation chaulées ou traitées aux sels de fer/chaux | 0,87 | 1 | 0,94 | 0,9 | 0,13 | 1 | |
| Boues biologiques | | biologiques traitées aux sels de fer ou aux sels de fer/chaux | 0,83 | 1 | 0,92 | 0,8 | 0,17 | 1 | |
| Boues biologiques | liquides ou pâteuses | biologiques digérées | 0,41 | 1 | 0,71 | 0,4 | 0,59 | 1 | |
| Boues biologiques | solides ou sèches | biologiques digérées conditionnées thermiquement | 0,37 | 0,75 | 0,56 | 0,4 | 0,63 | 1 | |
| Boues biologiques | | biologiques digérées traitées aux sels de fer ou aux sels de fer/chaux | 0,63 | 0,89 | 0,76 | 0,6 | 0,37 | 1 | |
| Boues physico-chimiques | | physico-chimiques traitées aux sels de fer ou aux sels de fer/chaux | 0,83 | 0,93 | 0,88 | 0,8 | 0,17 | 1 | |
| Boues physico-chimiques | pâteuses (30 % MS) | physico-chimiques chaulées | 0,85 | | | 0,85 | 0,15 | 1 | |
| Boues séchées | sèches | séchées | 0,85 | | | 0,85 | 0,15 | 1 | |
| Boues issues des lagunes, lits de séchage plantés de roseaux, filtres plantés de roseaux. | liquides à pâteuses | | Préconisations du réseau des MESE d'Oc., en l'absence de références. | | | | 0,7 | 0,3 | 1 |
| Autres types de boues | | | Préconisations du réseau des MESE d'Oc., en l'absence de références. | | | | 0,7 | 0,3 | 1 |
| Composts de boues | | compostés avec déchets verts ou sciures de bois | 0,55 | 0,91 | 0,73 | 0,55 | 0,45 | 1 | |

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



VOS CONTACTS

Chambre d'agriculture de l'Aude

Stéphanie Rubio

04 68 11 79 77

stephanie.rubio@aude.chambagri.fr

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 :

