



ARRÊTÉ
établissant le référentiel régional de mise en œuvre
de l'équilibre de la fertilisation azotée
pour la région BOURGOGNE

LE PRÉFET DE LA RÉGION BOURGOGNE
Chevalier de la Légion d'honneur
Chevalier de l'ordre national du Mérite

VU le code de l'environnement, notamment ses articles R.211-80 et suivants ;

VU l'arrêté interministériel du 19 décembre 2011 relatif au programme d'actions national à mettre en œuvre dans les zones vulnérables afin de réduire la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole ;

VU l'arrêté interministériel du 23 octobre 2013 modifiant l'arrêté interministériel du 19 décembre 2011 relatif au programme d'actions national à mettre en œuvre dans les zones vulnérables afin de réduire la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole ;

VU l'arrêté interministériel du 20 décembre 2011 portant composition, organisation et fonctionnement du groupe régional d'expertise « nitrates » pour le programme d'actions à mettre en œuvre dans les zones vulnérables afin de réduire la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole ;

VU l'arrêté préfectoral du 3 mai 2012 portant création du groupe régional d'expertise « nitrates » pour la région Bourgogne ;

VU l'arrêté préfectoral du 24 juin 2014 établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Bourgogne ;

VU les propositions du groupe régional d'expertise « nitrates » en date du 18 décembre 2014 ;

SUR proposition de la directrice régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement et du directeur régional de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt,

ARRÊTE

Article 1 – Objet et champ d'application

Le présent arrêté définit le référentiel régional mentionné au b du 1° du III de l'annexe I de l'arrêté du 19 décembre 2011 relatif au programme d'actions national à mettre en œuvre dans les zones vulnérables afin de réduire la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole.

Pour chaque flot cultural localisé en zone vulnérable, la dose des fertilisants azotés épandus est déterminée a priori à partir de l'équilibre entre les besoins prévisibles en azote des cultures et les apports et sources d'azote de toute nature. Le calcul s'appuie sur la méthode du bilan d'azote minéral du sol détaillé dans la publication la plus récente du Comité français d'études et de développement de la fertilisation raisonnée (COMIFER.)

La mise en œuvre opérationnelle de la méthode du bilan prévisionnel nécessite pour chaque culture et pour les prairies :

- de fixer une écriture applicable de la méthode et les règles s'appliquant au calcul des différents postes
- de paramétrer les différents termes de la formule éventuellement à partir de valeurs par défaut.

Le référentiel s'applique à toutes les cultures figurant au tableau de l'annexe 1 du présent arrêté qui récapitule également la méthode à utiliser : méthode du bilan prévisionnel de masse, dose plafond ou dose pivot.

Article 2 – Méthode du bilan de masse

1° - Pour les cultures qui relèvent de l'application du bilan prévisionnel et qui figurent comme telles à la colonne « méthode de calcul » du tableau-annexe 1 du présent arrêté, l'écriture opérationnelle retenue correspond à l'équation [3] du guide COMIFER soit :

$$Pf = Pi + Ri + Mh + Mhp + Mr + MrCi + Nirr + X + Xa - L - Rf$$

Les termes des équations sont présentés et précisés à l'annexe 2.

Pour le maïs et le sorgho, la méthode prenant en compte le Coefficient Apparent d'Utilisation (CAU) de l'azote est utilisée. Le calcul de la dose X pour le maïs, selon la méthode CAU est détaillé dans la fiche culture qui figure en annexe 3 de cet arrêté. La méthode CAU prend en compte les fournitures globales du sol (PO) sous la forme suivante :

$$Pf = PO + Mhp + MrCi + Nirr + (X+Xa) \times CAU$$

Pour les prairies à base de graminées, la méthode CAU retenue est également détaillée dans la fiche culture qui figure en annexe 4 jointe.

Glossaire :

Pf	Quantité d'azote absorbé par la culture à la fermeture du bilan
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
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
Xa	Effet direct de l'engrais de ferme en équivalence engrais ou « équivalent engrais minéral efficace » lié à l'apport d'un Produit Résiduaire Organique (PRO)
Nirr	Azote apporté par l'eau d'irrigation
L	Pertes d'azote par lixiviation du nitrate pendant la période d'ouverture du bilan et dont la valeur sera égale à 0 dans le calcul de l'équation
Rf	Quantité d'azote minéral dans le sol à la fermeture du bilan
X	Apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse
CAU	Coefficient apparent d'utilisation de l'engrais
PO	Fournitures globales du sol (Mh, Mr,...)

2° - Conformément au c) du 1° du III de l'annexe I de l'arrêté du 19 décembre 2011 susvisé, dès lors que l'application des référentiels établis en annexe du présent arrêté requiert la fixation d'un objectif de rendement, celui-ci est égal à la moyenne des rendements réalisés sur l'exploitation pour la culture ou la prairie considérée, pour des conditions comparables de sol, au cours des cinq dernières années, en excluant la valeur maximale et la valeur minimale. Les cinq dernières années s'entendent comme les cinq dernières campagnes culturales successives, sans interruption.

Lorsque les références disponibles sur l'exploitation sont insuffisantes pour les dissocier par type de sol (moins de cinq valeurs pour une condition de sol et de culture), le rendement moyen sur l'exploitation au cours des cinq dernières années, également calculé en excluant la valeur maximale et la valeur minimale, est utilisé en lieu et place de ces références.

S'il manque une référence pour une des cinq dernières années, il est possible de remonter à la sixième année, et de procéder à la moyenne selon les mêmes règles (exclusion des extrêmes).

Dans tous les cas, l'agriculteur devra être à même de justifier de la pertinence des valeurs de rendement qu'il aura utilisées et présenter les documents correspondants.

Lorsque les références disponibles sur l'exploitation sont insuffisantes pour effectuer le calcul selon le paragraphe précédent, les valeurs par défaut figurant dans l'annexe 2 du présent arrêté sont utilisées en lieu et place de ces références.

3° - Les coefficients d'équivalence engrais minéral pour les principaux fertilisants azotés organiques figurent en annexe 2 précitée.

4° - La quantité d'azote issue des apports atmosphériques est négligée en faisant l'hypothèse que les apports atmosphériques et les pertes gazeuses sont de même amplitude et se compensent dans la formule.

Article 3 – Dose plafond / dose pivot

Définition d'une **dose plafond** : une dose plafond est une dose que l'on ne peut en aucun cas dépasser. Elle laisse le libre choix d'épandre des doses plus faibles.

Définition d'une **dose pivot** : Une dose pivot est une dose à partir de laquelle on peut faire des ajustements en plus ou en moins. Elle exige donc des règles d'ajustement, dose X diminuée ou augmentée de Y sous certaines conditions (climat, variété, sol ...). Une dose pivot s'accompagne de règles d'ajustement.

Les cultures relevant d'une dose plafond ou d'une dose pivot sont mentionnées au tableau de l'annexe 1 de cet arrêté (colonne Méthode de calcul).

Article 4 – Cultures orphelines et nouvelles cultures

Pour les cultures non mentionnées à l'article 2 et à l'article 3 et qui ne comportent pas de méthode de calcul au tableau de l'annexe 1 jointe, la dose totale d'azote prévisionnelle est plafonnée à 210 kg N / ha.

Cette disposition s'applique également à toute nouvelle culture implantée en zone vulnérable.

Article 5 - Analyses de sol

En application du c) du 1° du III de l'annexe I de l'arrêté du 19 décembre 2011 susvisé, toute personne exploitant plus de 3 hectares en zone vulnérable est tenue de réaliser, chaque année, une analyse de sol sur un îlot cultural au moins pour une des trois principales cultures exploitées en zone vulnérable. L'analyse porte, selon l'écriture opérationnelle de la méthode retenue, sur le reliquat azoté en sortie hiver ou sur le taux de matière organique. Elle doit être réalisée par un laboratoire agréé.

L'obligation de réalisation d'analyse de sol ne s'applique pas aux personnes exploitant uniquement des prairies en zone vulnérable.

Article 6 – Méthodes

Conformément à l'arrêté du 19 décembre 2011, le calcul, pour chaque îlot cultural localisé en zone vulnérable, de la dose prévisionnelle selon les règles du présent arrêté et de ses annexes est obligatoire pour tout apport de fertilisant azoté. Ce calcul de la dose prévisionnelle doit être effectué au plus tard avant le premier apport réalisé en sortie d'hiver ou avant le deuxième apport réalisé en sortie d'hiver en cas de fractionnement des doses de printemps.

1° - Le détail du calcul de la dose n'est pas exigé :

- pour les cultures intermédiaires pièges à nitrates (CIPAN),
- pour les cultures dérobées ne recevant pas d'apport de fertilisant azoté de type III,
- et pour les cultures recevant une quantité d'azote totale inférieure à 50 kg par hectare.

2° - Les valeurs de fourniture d'azote par les sols figurant à l'annexe 2 du présent arrêté peuvent être adaptées au niveau de chaque exploitation à condition que la valeur utilisée soit justifiée par une analyse correspondant à l'îlot cultural considéré ou à un îlot présentant des caractéristiques comparables de sol et d'histoire culturale.

3° - La valeur de fourniture d'azote par l'eau d'irrigation figurant dans l'annexe 2 du présent arrêté peut être adaptée au niveau de chaque exploitation à condition que la valeur utilisée soit justifiée par une analyse effectuée sur la ressource en eau pour l'année en cours.

4° - Les valeurs de fourniture d'azote par les fertilisants organiques figurant dans l'annexe 2 du présent arrêté peuvent être adaptées au niveau de chaque exploitation à condition que la valeur utilisée soit justifiée par une ou des analyses représentatives et récentes (moins de 4 ans et conditions équivalentes de production) du fertilisant organique épandu. Pour les systèmes de production dans lesquels la composition du fertilisant organique produit est variable au cours du temps, plusieurs analyses sont indispensables pour caractériser le fertilisant organique épandu.

5° - La teneur en azote minéral et la valeur en azote disponible des fertilisants azotés épandus doivent être connues par l'utilisateur.

6° - Pour les cultures relevant de l'article 3 ou de l'article 4 du présent arrêté, la dose totale prévisionnelle ne peut être supérieure à la dose plafond fixée par l'arrêté qu'à condition que l'exploitant utilise un outil de raisonnement de la fertilisation.

L'outil utilisé doit être conforme à la méthode du bilan prévisionnel telle que développée par le COMIFER. Lorsque le paramétrage de l'outil requiert la réalisation de mesures ou d'analyses propres à l'exploitation, ces mesures et/ou analyses doivent être tenues à disposition de l'administration.

Article 7 – Outils de pilotage

Conformément aux 2° et 3° du III de l'annexe I de l'arrêté du 19 décembre 2011 susvisé, il est recommandé d'ajuster la dose totale prévisionnelle précédemment calculée au cours du cycle de la culture en fonction de l'état de nutrition azotée mesurée par un outil de pilotage. Il est également possible d'adapter la dose totale prévisionnelle calculée en cas d'apport d'engrais minéral tel que l'urée et la solution azotée.

Tout apport d'azote réalisé supérieur à la dose prévisionnelle totale calculée selon les règles énoncées dans le présent arrêté doit être dûment justifié par l'utilisation d'un outil de raisonnement dynamique ou de pilotage de la fertilisation, ou par une quantité d'azote exportée par la culture supérieure au prévisionnel ou, dans le cas d'un accident cultural intervenu postérieurement au calcul de la dose prévisionnelle, par la description détaillée, dans le cahier d'enregistrement, des événements survenus, comprenant notamment leur nature et leur date. Les ajustements de dose doivent être justifiés pour chaque îlot cultural où ils sont mis en œuvre.

Article 8 – Actualisation du référentiel

Compte-tenu de l'évolution des connaissances et références techniques indiquées en annexes, le référentiel régional de mise en œuvre de la fertilisation pourra être actualisé, après consultation du GREN.

Article 9 – Date d'application

Les dispositions du présent arrêté entrent en vigueur au 1^{er} février 2015.

Article 10 – Abrogation

L'arrêté préfectoral du 24 juin 2014, établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Bourgogne, est abrogé à compter de cette même date.

Article 11 – Article d'exécution

Les préfets des départements de la Côte d'Or, de la Nièvre, de la Saône et Loire et de l'Yonne et leurs services, la directrice régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement, le directeur régional de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt, ainsi que les agents visés à l'article L 216-3 du code de l'environnement sont chargés chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté qui sera publié au recueil des actes administratifs de la préfecture de région Bourgogne.

À Dijon, le

19 JAN, 2015



Eric DELZANT

Annexes

Annexe 1 - Méthodes de calcul des besoins en azote minéral retenues pour les cultures présentes sur les zones vulnérables Bourgogne.....	7
Annexe 2 – Méthode du bilan prévisionnel.....	9
Annexe 3 – Méthode du bilan CAU pour le maïs et le sorgho.....	31
Annexe 4 – Méthode du bilan CAU pour les prairies à base de graminées.....	36
Annexe 5 – Méthode dose Plafond.....	40
Annexe 6 – Méthode de détermination de la biomasse du colza.....	43
Annexe 7 – Types de sol caractérisés pour la région Bourgogne.....	45

Annexe 1 - Méthodes de calcul des besoins en azote minéral retenues pour les cultures présentes sur les zones vulnérables Bourgogne

s : donnée non communiquée car couverte par le secret statistique

SAU en ha par culture présente en zones vulnérables 2012 (Agreste - Recensement agricole 2010)			Méthode de calcul	
Occupation du sol	Surface en ha	Dont surface irriguée en ha		
CEREALES				
Blé tendre	267 338	1 227	Bilan / besoins proportionnels aux rendements	Page 9
Blé dur	1 198	64	Bilan / besoins proportionnels aux rendements	Page 9
Orge d'hiver, escourgeon	123 169	244	Bilan / besoins proportionnels aux rendements	Page 9
Orge de printemps	29 856	600	Bilan / besoins proportionnels aux rendements	Page 9
Avoine	5 739	s	Bilan / besoins proportionnels aux rendements	Page 9
Triticale	9 576	s	Bilan / besoins proportionnels aux rendements	Page 9
Seigle	1 176		Bilan / besoins proportionnels aux rendements	Page 9
Mais grain et semence	29 589	5 736	Bilan / méthode CAU	Page 31
Sorgho grain	268		Bilan / méthode CAU	Page 31
Autres cultures hiver (mélanges)	666		Dose plafond / culture orpheline	Page 42
Autres cultures printemps (mélanges)	547		Dose plafond / culture orpheline	Page 42
OLEAGINEUX				
Colza hiver	155 638	130	Bilan / besoins proportionnels aux rendements	Page 9
Colza printemps	247	s	Bilan / besoins proportionnels aux rendements	Page 9
Tournesol	22 481	184	Dose plafond	Page 40
Soja	4 108	378	Dose plafond	Page 40
Lin oléagineux	492	s	Bilan / besoins proportionnels aux rendements	Page 9
Moutarde	5 544	90	Bilan / besoins proportionnels aux rendements	Page 9
Autres oléagineux			Dose plafond / culture orpheline	Page 42
PROTEAGINEUX				
Pois protéagineux	12 245	325	Pas de besoin en fertilisation azotée	
Féverole et vesce	2 607	69	Pas de besoin en fertilisation azotée	
Lupins doux	57		Pas de besoin en fertilisation azotée	
PLANTES A FIBRES				
Lin textile	S		Dose plafond / culture orpheline	Page 42
Chanvre	292		Bilan / besoins proportionnels aux rendements	Page 9
Autres plantes textiles	9		Dose plafond / culture orpheline	Page 42
PLANTES INDUSTRIELLES				
Betterave industrielle	1 359	318	Bilan / besoins forfaitaires	Page 13
Tabac	s		Bilan / besoins proportionnels aux rendements	Page 7
Plantes à parfum, aromatiques, médicinales et condimentaires	318	1	Dose plafond / culture orpheline	Page 42
<i>dont Cassis bourgeon</i>			Dose plafond	Page 40
Semences grainières	581	42	Bilan / besoins forfaitaires	Page 13
Racine endive	s		Dose plafond / culture orpheline	Page 42
Autre Cultures Industrielles	83		Dose plafond / culture orpheline	Page 42

SAU en ha par culture présente en zones vulnérables 2012 (Agreste - Recensement agricole 2010)			Méthode de calcul	
Occupation du sol	Surface en ha	Dont surface irriguée en ha		
CULTURES FOURRAGERES ET PRAIRIES				
Mais fourrage et ensilage	16 656	571	Bilan / méthode CAU	Page 31
Plantes sarclées fourragères y c betterave four.	82	s	Dose plafond / culture orpheline	Page 42
Légumineuses fourragères	89		Pas de besoin en fertilisation azotée	
Autres fourrages annuels	392		Dose plafond / culture orpheline	Page 42
Prairies temporaires (y compris prairies artificielles)	59 339	77	Bilan / méthode CAU	Page 36
Prairies permanentes	242 300	s	Bilan / méthode CAU	Page 36
LEGUME, POMMES DE TERRE ET FLEURS				
Lentille, pois chiche, fève	645		Pas de besoin en fertilisation azotée	
Autres légumes secs	1		Dose plafond / culture orpheline	Page 42
Légumes frais, fraises, melons sous serre	41	40	Dose plafond / culture orpheline	Page 42
Légumes frais en plein air (y compris maraîchage)	267	185	Bilan / besoins forfaitaires	Page 13
Légumes de plein champ transformation <i>dont oignons, carotte, haricot</i>	1 828	1 620	Dose plafond / culture orpheline Bilan / besoins forfaitaires	Page 42 Page 13
Pommes de terre	685	553	Bilan / besoins forfaitaires	Page 13
Fleurs en plein air ou sous abri bas	61	33	Dose plafond / culture orpheline	Page 42
Fleurs sous serre ou sous abri haut	39	37	Dose plafond / culture orpheline	Page 42
CULTURES PERMANENTES (VIGNES, ARBRES ET ARBUSTES)				
Vignes raisin de cuve	19 761	s	Dose plafond	Page 40
Vigne Pépinière viticole	12	6	Dose plafond / culture orpheline	Page 42
Vigne mère porte-greffe	6		Dose plafond / culture orpheline	Page 42
Abricotier	s		Dose plafond / culture orpheline	Page 42
Cerisier et griottier	346	s	Dose plafond	Page 40
Pêcher, nectarinier, pavie	17	s	Dose plafond / culture orpheline	Page 42
Prunier (y compris mirabellier et quetschier)	38		Dose plafond / culture orpheline	Page 42
Autres fruits à noyau	6		Dose plafond / culture orpheline	Page 42
Pommier	187	59	Dose plafond / culture orpheline	Page 42
Poirier	57	7	Dose plafond / culture orpheline	Page 42
Kiwi	s		Dose plafond / culture orpheline	Page 42
Autres fruits à pépins	12		Dose plafond / culture orpheline	Page 42
Framboisier	19		Dose plafond / culture orpheline	Page 42
Groseillier	5		Dose plafond / culture orpheline	Page 42
Cassissier	364		Dose plafond	Page 40
Myrtilles	s		Dose plafond / culture orpheline	Page 42
Autres petits fruits	3		Dose plafond / culture orpheline	Page 42
Châtaignier	40		Dose plafond / culture orpheline	Page 42
Noyer	21		Dose plafond / culture orpheline	Page 42
Noisetier	5		Dose plafond / culture orpheline	Page 42
Arbres de Noël	13		Dose plafond	Page 40
Pépinière, ornementale, fruitière, forestière	320	31	Dose plafond / culture orpheline	Page 42
Culture à vocation énergétique	344		Dose plafond	Page 40
Autres (jonc, mûrier, osier, arbres truffiers..)	66		Dose plafond / culture orpheline	Page 42

Annexe 2 – Méthode du bilan prévisionnel

Principes généraux de calcul des besoins en fertilisation en azote minéral de synthèse des cultures qui relèvent de l'application du bilan prévisionnel

Pour les cultures qui relèvent de l'application du bilan prévisionnel des besoins en azote et qui figurent comme telles à la colonne « méthode de calcul » du tableau-annexe 1 du présent arrêté, l'écriture opérationnelle retenue correspond à l'équation [3] du guide Comifer soit :

$$Pf = Pi + Ri + Mh + Mhp + Mr + MrCi + Nirr + X + Xa - L - Rf$$

Le calcul de la dose X d'apport d'azote sous forme d'engrais minéral est le résultat de la formule retenue ci-dessus et dont les termes sont explicités dans la suite de cet arrêté :

$$X = Pf - Pi - Ri - Mh - Mhp - Mr - MrCi - Nirr - Xa + L + Rf$$

Dont les modalités de calcul peuvent être présentées sous la forme suivante :

BESOINS		FOURNITURES	
Pf	Azote absorbé par la culture à la fermeture du bilan = rendement x besoins de la plante (Pf = y x b)	Pi	Azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan
Rf	Azote minéral dans le sol à la fermeture du bilan	Ri	Azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan
L	Pertes d'azote par lixiviation du nitrate pendant la période d'ouverture du bilan	Mh	Minéralisation de l'humus du sol
		Mhp	Minéralisation supplémentaire due aux retournements de prairies
		Mr	Minéralisation des résidus de culture du précédent
		MrCi	Minéralisation des résidus de culture intermédiaire
		Xa	Fourniture d'azote par les produits organiques
		Nirr	Azote apporté par l'eau d'irrigation
Total des besoins = Pf + Rf + L		Total des fournitures = Pi + Ri + Mh + Mhp + Mr + MrCi + Xa + Nirr	
Calcul de la dose X d'apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse :			
X = besoins – fournitures			

Deux exemples d'utilisation de cette grille sont présentés en fin de la présente annexe 2, pages 29 & 30

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

Étant donné que l'importance des besoins en azote conditionne la nécessité ou pas de compléter les fournitures du sol par un apport d'engrais, la détermination de ce poste pèse très lourd dans le calcul de la dose totale d'azote à apporter.

Selon la nature de la culture concernée, on se situe dans l'un ou l'autre des deux cas suivants pour déterminer les besoins en azote de la culture :

- **Prise en compte d'un objectif de rendement**, éventuellement révisé en cours de culture, assorti d'un besoin par unité de production. C'est le cas des cultures pour lesquelles l'absorption d'azote est proportionnelle au rendement (*ci-après*) ;

- **Utilisation directe d'un besoin d'azote par unité de surface**. C'est le cas des cultures pour lesquelles la connaissance des potentialités du milieu a permis d'établir leurs besoins prévisionnels, que ce soit par des valeurs moyennes de production, ou par l'utilisation de modèles de croissance liés à des caractéristiques du cycle de culture (*page 13*).

Remarque : Les légumineuses fixent de façon symbiotique l'azote atmosphérique. Aussi, elles ne nécessitent aucun apport d'engrais minéral azoté, à l'exception de certaines espèces (haricots verts et grains, pois potager, soja, luzerne) pour lesquelles un apport précoce ou tardif d'azote est toléré pour pallier soit le démarrage trop tardif, soit l'arrêt trop précoce de la fixation symbiotique (*voir page 38*).

Cultures avec un objectif de rendement

Dans le cas général, la quantité d'azote prévisionnelle absorbée par les cultures ou par les prairies se décompose en un objectif de rendement multiplié par un besoin en azote par unité de production.

$Pf = b \times y$ <p>avec $b =$ besoin par unité de production $y =$ objectif de rendement</p>
--

y = objectif de rendement

y moyenne des rendements :

L'objectif de rendement (**y**) est calculé comme la moyenne des rendements réalisés sur l'exploitation pour la culture ou la prairie considérée et, si possible, pour des conditions comparables de sol au cours des cinq dernières années en excluant la valeur maximale et la valeur minimale¹.

→ Cultures concernées en Bourgogne : avoine, blé tendre, blé dur, orge, triticale, seigle, colza, lin oléagineux, maïs, sorgho, chanvre, moutarde, tabac.

→ Prairies concernées en Bourgogne : prairies permanentes et temporaires.

y valeur par défaut :

Pour certains cas particuliers de culture ou de prairie ou lorsque les références disponibles sur l'exploitation sont insuffisantes pour calculer un objectif de rendement selon les règles précédentes, la quantité d'azote prévisionnelle absorbée par les cultures et les prairies est calculée à partir d'une valeur par défaut d'objectif de rendement.

Pour la Bourgogne, les valeurs par défaut d'objectif de rendement ont été définies par type de sol pour les grandes cultures et les prairies (*voir types de sol en annexe 7*).

Le tableau suivant présente les valeurs de rendements retenues.

¹ Se référer à l'article 2 du présent arrêté

Rendements de référence Bourgogne des grandes cultures par type de sols (rendement y)

Nom	Limons argileux profonds		Limons profonds		Argilo-calcaire superficiels	Argilo-calcaire moyens et craie Yonne	Argilo-calcaire profonds et terre argileuse calcaire	Argilo-limoneux décarbonatés	Argiles à silex	Alluvions argileuses et terre humifère	Limons sableux, hydromorphe	Limons sableux, sain	Sable	Terre argileuse ou argilo-sableuse, hydromorphe
	MO < 2 %	MO > 2 %	MO < 2 %	MO > 2 %										
Culture	Rendements potentiels moyens à la norme d'humidité (qx/ha ou tMS/ha)													
Blé tendre	85	85	85	85	60	68	75	75	67	85	73	73	60	75
Blé dur	76	76	76	76	51	59	66	66	58	76	64	64	51	66
Orge H	78	78	78	78	58	66	75	75	65	78	70	70	60	70
Orge P	72	72	64	64	50	55	64	64	63	67	58	60	45	55
Triticale	84	84	82	82	65	68	71	71	67	89	71	73	50	60
Avoine	68	68	68	68	43	51	58	58	50	68	56	56	43	58
Seigle	64	64	64	64	33	47	54	54	46	64	52	52	33	54
Maïs grain	104	104	105	105	70	75	82	82	73	110	97	100	70	85
Maïs ensilage	19	19	20	20	12	13	15	15	13	20	18	19	12	15
Sorgho	54	54	55	55			32	32	23	60	47	50	20	35
Colza	41	41	40	40	30	34	36	36	37	38	37	38	28	38
Moutarde	20	20	17	17	12	18	20	18	16	20	16	18	15	15
Lin oléagineux	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Chanvre	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Tabac	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Prairies permanentes	7,7	9,1	7,8	9,3	5,1	6	7,4	6,9	6,1	6,8	8	8,2	6,1	8,6
Prairies temporaires	8,8	10,7	8,9	10,7	6,5	7	9,2	8,7	6,8	8,4	9,7	9,9	6,6	10,4

Les types de sol caractérisés pour la région Bourgogne sont décrits en annexe 7

Besoin d'azote des principales cultures (coefficient b)

Culture	Besoin (b) (en kg N/unité de production)	Variétés	Unité de production	Source
Avoine	2,2		q	Arvalis, 2012
Blé améliorant	3.7	Manital, Renan		
Les autres variétés améliorantes non référencées ici sont positionnées par défaut en b = 3,9	3.9	Antonius, Esperia, Galibier, MV Suba, Quality	q	Arvalis, 2014
	4.1	Bologna, Bussard, Claro, Courtot, Figaro, Levis, Logia, Lona, Nara, Qualital, Quebon, Runal, Sagittorio, Tamaro		
Blé tendre	2,8	Accroc, Adhoc, Ambition, Amundsen, Andalou, Aramis, Arlequin, Armada, Belepi, Bermude, Cellule, Diderot, Expert, Fairplay, Glasgow, Hekto, Hybery, Hymack, Hyscore, Hystar, Hysun, Hyteck, Hyxtra, Istabraq, JB Diego, Laurier, Lear, Lyric, Mandragor, Oakley, Odysée, Pakito, Parador, Perfector, Pierrot, Prevert, Ronsard, Royssac, Scipion, Scor, Selekt, Sobbel, Sobred, Sokal, Sponsor, Stadium, Sy Moisson, Terroir, Tobak, Trapez, Trémie, Valdo, Viscount, Zephyr		
Le classement est provisoire pour les variétés entre parenthèses	3,0	Adequat, Aldric, Aligator, Alixan, Altigo, Altria, Amador, Andino, Apache, Aprilio, Arezzo, Aristote, Arkeos, As de coeur, Ascott, Attitude, Aurele, Autan, Bagou, Barok, Bastide, Bergamo, Boisseau, Boregar, Boston, Brentano, Campero, Catalan, Celestin, Centenaire, Charger, Chevron, Compil, Cordiale, Dialog, Diamento, Dinosor, Epidoc, Ephoros, Equilibre, Euclide, Flaubert, Fluor, Folklor, Forblanc, Galopain, Garantius, Garcia, Goncourt, Grapeli, Hausmann, Hybred, Hyfi, Hyxo, Hyxpress, Illico, Innov, Isengrain, Kalystar, Karillon, Marcelin, Matheo, Maxwell, (Minotor), Nirvana, Nucleo, Orcas, Oregrain, Orvantis, Oxebo, Paledor, Pepidor, Perceval, Phare, Plainedor, Pr22r20, Pr22r28, Pr22R58, Premio, Razzano, Richepain, Rochfort, Rodrigo, Rosario, Rubisko, Rustic, Sankara, Seyrac, Sirtaki, Sogood, Solehio, Sollario, Sweet, Swinggy, Thalys, Toisondor, Uski, Waximum	q	Arvalis, 2014
Les autres variétés non référencées ici et non améliorantes sont positionnées par défaut en b = 3,0	3,2	Accor, Adagio, Aerobic, Allez y, Altamira, Ambello, Amerigo, Athlon, Attlas, Aubusson, Avantage, Azimut, Azzerti, Camp-Rémy, Calabro, Calcio, Calisol, Caphorn, CCB Ingenio, Cézanne, Chevalier, Croisade, Exelcior, Exotic, Farandole, Frelon, Galactic, Graindor, Instinct, Interet, Iridium, Isidor, Kalango, Koreli, Limes, Lukullus, Manager, Mendel, Mercato, Miroir, Musik, Nogal, Nuage, Oratorio, Paindor, Pueblo, Racine, Recital, Ressor, Saint Ex, Samurai, Scenario, Soissons, Solveig, Sophytra, Sorrial, Sy Alteo, Sy Tolbiac, Valodor, (Zinal)		
	3,5	Antonius, Arfort, Courtot, Bagatelle 007, Bologna, Bussard, Energo, Esperia, Figaro, Fiorina, Florence Aurore, Furio, Galibier, Hyno-rista, Lennox, Levis, Logia, Lona, Ludwig, Monopole, Nara, Pireneo, Qualital, Quality, Quebon, Renan, Runal, Saturnus, Sebasto, Segor, Siala, Somme, Stefanus, Tamaro, Tiepolo, Togano, Trofeo, Turelli, Valbona		
Blé dur	3.7	Pescadou - Biensur - Joyau - Luminur- Pictur- Plussur - (Qualidou) - Sy Banco		
	3.9	Karur- Cultur- Fabulis- Miradoux- Lloyd- Janeiro- (Babylone)- Nemesis- Sy Cysco	q	Arvalis, 2013
	4.1	Alexis- Aventur- Floridou - Sculptur- Tablur		
Colza	7,0		q	Cetiom 2014
Moutarde	6,5		q	CA 21
Chanvre	15		T de paille et chènevis	Cetiom 2012
Lin oléagineux	4,5		q	Cetiom 2012
Maïs grain	b = 2,3 si objectif de rendement inférieur ou égal à 100 q b = 2,2 si objectif de rendement entre 100 et 120 q b = 2,1 si objectif de rendement supérieur ou égal à 120 q		q	Arvalis, 2012
Maïs ensilage	b = 14 si objectif de rendement inférieur ou égal à 14 t b = 13 si objectif de rendement entre 14 et 18 t b = 12 si objectif de rendement supérieur ou égal à 18 t		T de MS	Arvalis, 2012
Orge	2,5		q	Arvalis, 2013
Seigle	2,3		q	Arvalis, 2012
Sorgho fourrage	13		T de MS	Arvalis, 2012
Sorgho grain	2,4		q	Arvalis, 2012
Triticale	2,6		q	Arvalis, 2012

Ce tableau fait l'objet d'une mise à jour annuelle pour le classement des variétés de blé tendre et de blé dur.

Cultures avec besoin en azote forfaitaire

Pour ce type de culture, il n'y a pas de relation directe entre le niveau de production et la quantité d'azote absorbé par la plante à la récolte → cultures concernées en Bourgogne : Betterave industrielle, Pomme de terre, Oignons, Légumes d'industrie, Légumes frais, Semences grainières.

Cultures	Besoins (en kg N/ha)	Variétés	Source
Betterave industrielle	220		ITB, 2012
Légumes d'industries	160	Haricot extrafins ou très fins	UNILET, 2012
	180	Haricot gros calibre	
	190	Flageolet ou haricot blanc sec	
	110	Jeune carotte (type Amsterdam)	
	200	Grosse carotte (type Flakkee)	
	185	Épinard	
	260	Scorsonère/Salsifis	
	230	Brocoli	
	190	Oignons d'industrie	Chambre d'agriculture 21
Légumes frais	Détail ci-après		
Pomme de Terre	Détail ci-après		
Semences grainières		Voir fiche culture COMIFER (http://www.comifer.asso.fr/)	COMIFER

Pomme de Terre

Les besoins sont estimés forfaitairement par hectare en fonction de la date de plantation et de la date de défanage. Valeurs exprimées en kg N/ha.

Date de plantation	Date de défanage ou de récolte en vert								
	1 au 10/7	11 au 20/7	21 au 31/7	1 au 10/8	11 au 20/8	21 au 31/8	1 au 10/9	11 au 20/9	21 au 30/9
Du 11 au 20/03	185	200	215	220	225	230	240	240	240
Du 21 au 31/03	180	195	215	220	230	235	235	240	245
Du 01 au 10/04	175	195	210	215	220	230	235	235	240
Du 11 au 20/04	170	185	205	215	220	225	230	235	240
Du 21 au 30/04	165	185	200	210	215	225	230	235	240
Du 01 au 10/05	160	175	195	205	210	220	225	230	235
Du 11 au 20/05	140	155	180	195	205	215	220	225	230
Du 21 au 31/05	110	140	165	180	195	205	215	220	225

Source : Arvalis Institut du Végétal 2012

Légumes frais

Besoins d'azote des légumes frais

CULTURES	MOBILISATIONS ² (kgN/ha)	RENDEMENT (t/ha sauf mention spécifique)
artichaut camus 1er année (région nord)	120	8
artichaut camus 2ème année (région nord)	150	10-12
artichaut camus 3ème année (région nord)	150-180	10-12
artichaut (région sud)	250 (140-400)	16 (10-25)
asperge 1er pousse (20000 plantes/ha)	108	Feuilles + tiges
asperge 2ème pousse (20000 plantes/ha)	124	Feuilles + tiges
asperge 3ème pousse et suivantes (20000 plantes/ha)	125	8-10 (turions + feuilles + tiges)
aubergine plein champ	150-210	25-30
aubergine sous abri en sol	220	120
carotte cycle cultural d'été	130-165	60-80 (commercial)
carotte cycle cultural de printemps	100-130	65-75 (commercial)
carotte cycle cultural primeur	110	60 (commercial)
céleri rave ¹	160-260 (densité 30 000 à 50 000 /ha)	50-80
chicorée géante maraîchère - récolte octobre	89	51
chicorée fine maraîchère - printemps	152	69
chicorée fine maraîchère - été-automne	122-124	72-73
chicorée fine maraîchère - abri-printemps	94	55
chicorée frisée - été	130	54
chicorée frisée - automne	145	48
chou fleur d'été	320-340	24000 plants/ha
chou fleur d'automne	210-250	12000 à 14000 plants/ha
chou fleur d'hiver	250-300	11000 à 12000 plants/ha
concombre	330 - 500	210 - 300 kg/ha
courgette sous abri	200-300	60-100
endive	Sensible : 90-110 Tolérante : 125-155 Préférante : 150-185	35-40
fraise saison ex Elsanta	115	31 t fruits. 6,5 t matière sèche
fraise précoce ex gariguette	180	30 t fruits. 11 t matière sèche
fraise remontante ex Selva	250	55 t fruits. 17 t matière sèche
laitue	80-90	400-450 g/plante
mâche	50-70	5 à 10
melon sous abri	90-120	20-40
melon plein champs irrigué	60-100	20-30
Oignon frais	120-150	70-90
poireau	160-255 selon créneau de production	50-80 selon créneau de production
poivron sous abri en sol	180-300	60-110
pomme de terre primeur	150-175	35-50
radis	50-60	17
tomate industrie	120-180	80-120
tomate plein champ	150	60
tomate serre en sol non chauffée	320	150
tomate serre en sol chauffé	420	200

Source : Fertilisation Agronomie CTIFL, 2012

(1) sources : CTIFL, PLN, CA Bretagne, 2012 - (2) sources : CTIFL, ISAB, CA Bretagne, 2012

² Mobilisation ou besoin : Ce terme définit les quantités d'azote prélevé par une culture nécessaires et suffisantes pour optimiser la production en termes de rendement et de qualité (par exemple pour l'endive, les valeurs présentées dans ce tableau ne prennent pas en compte les 30 U de reliquat post-récolte).

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

En général, il y a une liaison étroite entre Pi et la quantité de biomasse végétale produite à l'ouverture du bilan.

Pi dépend donc de l'état de croissance du peuplement au moment où le calcul de la dose d'engrais azoté est effectué. Pour les cultures d'hiver, il s'agit de l'azote absorbé en automne qui peut représenter des quantités non négligeables d'azote et doit venir, au moins en partie, en déduction du besoin d'azote total Pf pour le calcul de la dose de fertilisant.

Quantité d'azote absorbé par les céréales d'hiver à l'ouverture du bilan

Données à prendre en compte :

Nombre de talles	Moins de 3 feuilles	3 premières feuilles du maître brin	Maître brin +				
			1 talle	2 talles	3 talles	4 talles	5 talles
Pi (Kg N/ha)	10	10	15	20	25	30	35

- 10 kg N/ha pour les trois premières feuilles du maître brin, augmentés de 5 kg N/ha par talle supplémentaire.
- En cas de fort tallage, la valeur prise en compte est plafonnée à 50 kg N/ha.

Source ARVALIS-Institut du végétal, 2012

Quantité d'azote absorbé par le colza à l'ouverture du bilan

Le principe des méthodes proposées est basé sur une estimation de la biomasse fraîche que l'on convertit en quantité d'azote prélevé par la culture.

L'époque d'ouverture du bilan se situe à la fin de l'hiver juste avant la reprise d'une croissance active (sortie hiver). C'est généralement à ce moment que doit être mesurée la quantité d'azote absorbé par la culture. Toutefois, dans les situations où les froids hivernaux risquent de conduire à de fortes chutes de feuilles vertes consécutives au gel, il est conseillé de réaliser aussi une estimation de la quantité d'azote absorbé par la culture à l'automne, avant les premiers froids (entrée hiver). En effet, une partie (estimée à 50 %) de l'azote restitué au sol par l'intermédiaire de ces feuilles vertes gelées peut être absorbée par la culture en place au printemps. Ce « recyclage » de l'azote des feuilles vertes gelées pendant l'hiver est donc pris en compte pour le calcul du Pi

La quantité d'azote absorbée par la culture à l'entrée (NabsEH) et à la sortie de l'hiver (NabsSH) est obtenue en utilisant les rapports suivants :

$$\rightarrow \text{NabsEh (kgN/ha)} = \text{poids frais en kg/m}^2 \times 50$$

$$\rightarrow \text{NabsSh (kgN/ha)} = \text{poids frais en kg/m}^2 \times 65$$

La quantité d'azote absorbée à l'ouverture du bilan (Pi) est alors égale à :

- Disponibilité de la quantité d'azote absorbée par la culture à l'entrée et à la sortie de l'hiver :

- Si $\text{NabsEH} > \text{NabsSH}$, $\text{Pi} = \text{NabsSH} + (0.5 \times (\text{NabsEH} - \text{NabsSH}) / 1.35)$
- Sinon, $\text{Pi} = \text{NabsSh}$

- Disponibilité de la quantité d'azote absorbée par la culture à la sortie de l'hiver seulement :

- $\text{Pi} = \text{NabsSh}$

Source : CETIOM, 2014

Il existe une relation entre la biomasse aérienne du colza et la quantité d'azote absorbée. Trois méthodes peuvent être utilisées (Source Cetiom) :

. La méthode par pesée

La procédure à suivre pour réaliser un prélèvement et une mesure représentative (de poids frais) est expliquée en annexe 6 de ce rapport.

. La méthode visuelle

L'observation des parcelles à la sortie d'hiver et un référentiel de photos permettent d'estimer le poids frais du colza. Toutefois, cette méthode est moins précise que la méthode par pesée, et elle est fortement déconseillée au-delà de 1 kg de biomasse par m².

Cette méthode est présentée en annexe 6

. La méthode satellitaire

Elle permet une estimation de l'azote absorbé par le biais de la télédétection. Elle est précise et facile à mettre en œuvre mais soumise aux contraintes logistiques de l'utilisation d'images satellitaires.

Autres cultures

Pour les autres cultures, par défaut $P_i = 0$

Ri : Quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan

Ce terme (Ri) est souvent désigné par « reliquat azoté ». Si le bilan est ouvert à la fin de l'hiver, il prend souvent le nom de « reliquat sortie hiver ».

Pour déterminer la valeur de Ri, les résultats des analyses personnelles doivent être utilisés. Dans ce cas, la **fraction nitrrique** du reliquat est à prendre en compte sur la profondeur d'enracinement maximale de la culture (en proportion à moduler en fonction de la densité d'enracinement pour certaines cultures affichant des profils d'enracinement très hétérogènes). La **fraction ammoniacale** à retenir est celle du premier horizon.

Si les teneurs en azote ammoniacal apparaissent anormalement élevées (supérieures à 50kgN/ha pour le premier horizon), leur prise en compte doit être validée par un événement explicatif : apport organique récent, retournement récent de prairie, anoxie du sol. Pour les teneurs élevées non explicables, il est conseillé de retenir la teneur en azote ammoniacal obtenue dans des situations comparables.

Les valeurs proposées dans le tableau ci-après peuvent être utilisées par défaut. Il s'agit d'une synthèse des données régionales moyennes en Bourgogne effectuée sur les campagnes 2010 à 2014.

Valeurs Ri (15 janvier / Fin février) retenues (sur la base d'une moyenne interannuelle) en kg N/ha

Sols limoneux : (sources : chambres d'agriculture à partir de données régionales)

Cultures en place	Culture précédente ou CIPAN	Profondeur du sol		
		Superficiel (≤ 30 cm)	Moyennement Profond (≤ 60 cm)	Profond (≥ 60 cm)
Céréales d'hiver	Colza, pois, légumes	10	20	25
	Tournesol	5	10	15
	Céréales, maïs, soja	5	15	20
	Betteraves	Sans objet	15	20
	Luzerne	15	25	35
Colza	Céréales	5	10	15
Cultures de printemps	Sans CIPAN	15	30	45
	Avec CIPAN	10	20	30

Sols sableux : (sources : chambres d'agriculture à partir de données régionales)

Cultures en place	Culture précédente ou CIPAN	Profondeur du sol		
		Superficiel (≤ 30 cm)	Moyennement Profond (≤ 60 cm)	Profond (≥ 60 cm)
Céréales d'hiver	Colza, pois, légumes	10	20	25
	Tournesol	5	10	15
	Céréales, maïs, soja	5	15	20
	Betteraves	Sans objet	15	20
	Luzerne	15	25	35
Colza	Céréales	5	10	15
Cultures de printemps	Sans CIPAN	15	30	45
	Avec CIPAN	10	20	30

Sols argileux : (sources : chambres d'agriculture à partir de données régionales)

Cultures en place	Culture précédente ou CIPAN	Profondeur du sol		
		Superficiel (≤ 30 cm)	Moyennement Profond (≤ 60 cm)	Profond (≥ 60 cm)
Céréales d'hiver	Colza, pois, légumes	15	30	40
	Tournesol	10	20	30
	Céréales, maïs, soja	10	25	35
	Betteraves	Sans objet	25	35
	Luzerne	20	40	50
Colza	Céréales	10	20	25
Cultures de printemps	Sans CIPAN	20	40	60
	Avec CIPAN	15	30	45

Pour être valables, tous les termes du bilan doivent être calculés/mesurés/évalués à la même date. Ainsi, la date de prélèvement pour analyse et donc de mesure du reliquat (Ri) est aussi la date d'ouverture du bilan.

Dans la situation où la charge en cailloux est importante, la valeur du reliquat peut être diminuée de ce pourcentage de cailloux.

Exemple : le reliquat azoté pour une culture de blé ayant pour précédent un colza sur un sol argileux moyennement profond ayant une charge en cailloux de 20% sera de $35 - (0,20 \times 35)$ soit 28 kg N/ha.

Mh : Minéralisation nette de l'humus du sol

Le terme Mh dépend du stock d'azote organique humifié du sol dont une partie se minéralise à une vitesse qui dépend des conditions climatiques (température et humidité du sol) et des caractéristiques du sol (*voir annexe 7*).

Pour la Bourgogne, les valeurs calculées sont précisées dans le tableau suivant

Type de sol	Autres noms usuels	Localisation fréquente	Poste Minéralisation de l'humus		
			Cultures d'hiver et de printemps (céréales à paille, colza, moutarde...)	Culture légumière (oignon, pdT, ...) chanvre	Betteraves
Limons argileux profonds MO inférieure à 2 %	Aubues blanches, limon gras, brunisol, planosol	Sénonais, Plaine dijonnaise, Bourgogne nivernaise, Plateaux de Bourgogne, Centre nivernais, Plateau nivernais	20	30	70
Limons argileux profonds MO supérieurs à 2 %	Aubues blanches, limon gras, brunisol, planosol	Sénonais, Plaine dijonnaise, Bourgogne nivernaise, Plateaux de Bourgogne, Centre nivernais, Plateau nivernais	25	40	70
Limons profonds MO inférieure à 2 %	Limons blancs, terre douces, luvisol limoneux...	Gâtinais, Puisaye, Centre nivernais, Sologne bourbonnaise, Bresse, Val de Saône, Auxois, Pays d'Othe, Plateau nivernais	25	50	70
Limons profonds MO supérieure à 2 %	Limons blancs, terre douces, luvisol limoneux...	Gâtinais, Puisaye, Centre nivernais, Sologne bourbonnaise, Bresse, Val de Saône, Auxois, Pays d'Othe, Plateau nivernais	35	70	70
Argilo-calcaires superficiels	Petite terre à cailloux, G1, rendosol...	Plateaux de Bourgogne, Bourgogne nivernaise, Sénonais, Plateaux nivernais	10	20	40
Argilo-calcaires moyens et craie Yonne	Petites aubue, G2, calcosol moyennement profond...	Plateaux de Bourgogne, Bourgogne nivernaise, Sénonais, Amogne	15	30	50
Argilo-calcaires profonds et terre argileuse calcaire	Aubues rouges, G3, calcosol argileux...	Plateaux de Bourgogne, Centre nivernais, Auxois	20	30	50
Argilo-limoneux décarbonatés	Calcisol argileux	Centre nivernais, Auxois, secteur neversois, Entre Loire et Allier, Amogne	30	50	70
Argiles à silex		Pays d'Othe, Puisaye, Gâtinais, Plateau nivernais	15	30	50
Alluvions argileuses et terre humifère	Fluviosol argileux...	Vallées	35	60	90
Limons sableux, hydromorphe		Sologne bourbonnaise, Bresse, Puisaye, Plaine dijonnaise	25	50	70
Limons sableux, sain	Brunisol sablo-limono-argileux, alocrisol...	Sologne bourbonnaise, Bresse, Puisaye	25	30	50
Sables		Val de Loire et d'Allier, Morvan, Sologne bourbonnaise, Val de Saône	25	30	40
Terre argileuse ou argilo-sableuse, hydromorphe	Brunisol argileux, pélosol, rédoxisol...	Sologne bourbonnaise, Bresse, Puisaye, Champagne humide, Auxerrois, Val de Saône	15	30	50

Source : groupe de travail spécifique Gren Bourgogne

Pour prendre en compte les apports organiques sur le long terme (résidus de récolte, effluents d'élevage...) et leur arrière effet, il faut multiplier les chiffres Mh par les coefficients ci-dessous :

Fréquence des apports organiques exogènes et types de produits							
	Jamais	5-10 ans		3-4 ans		1-2 ans	
		A	BC	A	BC	A	BC
Résidus de récolte		A	BC	A	BC	A	BC
Enlevés - brûlés	0,80	0,95	0,90	1,00	0,95	1,05	1,00
Restitués 1 an sur 2	0,90	1,00	0,95	1,05	1,00	1,10	1,02
Restitués tous les ans	1,00	1,05	1,00	1,10	1,02	1,20	1,05

Source : Comifer

Types de produits : A = fumiers et composts (décomposition lente)
B et C = autres, ainsi que les fumiers de volaille (décomposition rapide)

Dans le cas où plusieurs types de produits sont apportés (des A et des BC), alors on privilégie les types A.

Mhp : Minéralisation nette supplémentaire due aux retournements de prairies

La destruction de prairies s'accompagne d'une minéralisation intense d'azote provenant des « résidus des plantes » (> 2 mm) et de « matières particulaires » (0,2 à 2 mm) qui représenteraient 80 % de l'azote du système sol-plante à la destruction des couverts (soit beaucoup plus que le compartiment représenté par les résidus de prairie). Cet effet correspond dans le bilan d'azote au terme Mhp dont la valeur dépend de la conduite et de l'âge de la prairie au moment de sa destruction. Voir les tableaux a et b ci-dessous.

Tableaux a et b : Effets azote prairie sur le supplément de minéralisation (en kg N/ha)

a - Destruction de printemps			Age de la prairie				
			< 18 mois	18 mois à 3 ans	4-5 ans	6-10 ans	> 10 ans
Rang de la culture post destruction	1	maïs	25	65	105	125	145
	2	maïs ou blé	5	5	30	40	45
	3	maïs ou blé	5	5	5	5	5
b - Destruction d'automne			Age de la prairie				
			< 18 mois	18 mois à 3 ans	4-5 ans	6-10 ans	> 10 ans
Rang de la culture post destruction	1	blé	15	35	55	65	75
	2	maïs ou blé	5	5	5	5	5
	3	maïs ou blé	5	5	5	5	5

Les valeurs représentent le supplément de minéralisation pour la période d'établissement du bilan azoté prévisionnel de chaque culture (semis – récolte pour le maïs, 15 février – récolte pour le blé).

Source : à partir des données Comifer complétées par la prise en compte de la minéralisation du sol (+ 5 par rapport aux données Comifer)

Attention : les valeurs mentionnées dans les tableaux a et b sont à diviser par 2 pour le mode d'exploitation d'une prairie de ray-grass pur en fauche intégrale.

Mr : minéralisation des résidus de culture du précédent

Mr est le poste qui permet de prendre en compte le supplément de minéralisation lié à la décomposition des résidus de culture du précédent cultural (racines, tiges, feuilles). Les valeurs négatives correspondent aux résidus ayant un rapport C/N élevé qui entraînent une organisation importante de l'azote minéral du sol.

Les tableaux suivants fournissent des valeurs standard de ce poste selon la date d'ouverture du bilan.

Nature du précédent	Mr (kg N/ha)	
	Date d'ouverture du bilan (date de mesure du reliquat azoté)	
	Sortie Hiver	Avril*
Betterave	20	10
Carotte	10	0
Céréales pailles enfouies	-20	-10
Céréales pailles enlevées ou brûlées	0	0
Colza	20	10
Moutarde ³	10	0
Oignons d'industrie ³	20	10
Endive	10	0
Féverole	30	20
Luzerne (retournement fin été / début automne) : année n+1	40	30
Luzerne (retournement fin été / début automne) : année n+2	20	20
Luzerne (retournement printemps)	Pas de données	
Maïs fourrage	0	0
Maïs grain	-10	0
Pois protéagineux	20	10
Prairie	0	0
Pois, Haricots de conserve	20	10
Pomme de terre	20	10
Tournesol	-10	0
Ray-Grass dérobé	-10	0
Soja	20	10
Jachère	Voir tableau suivant	

* Date d'ouverture du bilan dans certains cas pour des cultures d'été (Maïs, Pomme de Terre...)

Source ARVALIS- Institut du végétal, INRA, 2012

Cas d'une culture précédée d'une jachère

Type de jachère (espèce dominante)	Âge	Période de destruction / Culture suivante		
		Fin été / hiver	Fin été / printemps	Fin hiver / printemps
Graminée	Moins de 1 an	10	5	10
	Plus de 1 an	20	15	20
Légumineuse	Moins de 1 an	20	15	20
	Plus de 1 an	40	30	40
Graminée + légumineuse	Moins de 1 an	15	10	15
	Plus de 1 an	30	25	30

Source : d'après la Brochure Calcul de la fertilisation azotée des cultures annuelles, COMIFER, 1996, modifié par l'INRA et ARVALIS.

Cas d'une culture précédée d'une culture légumière dans la même année

Culture légumière précédente	Mr (kgN/ha)
Brocoli	55
Jeune carotte	20
Grosse carotte	20
Céleri-branche	70
Épinard	25
Haricot et Flageolet	35 à 40 selon le développement végétatif
Pois de conserve	40 à 65
Salsifis/Scorsonère	30

Source: UNILET, 2012

MrCi : minéralisation des résidus de culture intermédiaire

La minéralisation des résidus de cultures intermédiaires (CI) est rapide et est quasi-achevée au bout d'une période allant de quelques semaines à quelques mois. Cette vitesse de minéralisation est d'autant plus élevée que le résidu est riche en azote. Il est donc nécessaire de prendre en compte le niveau de croissance (qui joue sur la quantité d'azote absorbé et la teneur en azote de la biomasse végétale à décomposer), ainsi que le délai séparant la date de destruction de la date d'ouverture du bilan prévisionnel. En effet, si ce délai est important (cas d'une destruction précoce) la décomposition de la culture intermédiaire sera déjà très avancée à la date d'ouverture du bilan : le supplément de minéralisation MrCi sera donc plus faible. Bien évidemment ceci sera compensé par un accroissement plus sensible de la quantité d'azote minéral présent dans le sol à la même date (Ri), objet d'un autre poste du bilan prévisionnel.

Les critères retenus pour estimer la contribution des cultures intermédiaires à la nutrition azotée de la culture suivante sont : l'espèce (graminées, crucifères,...), le niveau de croissance, la date de destruction, la date d'ouverture du bilan.

en kg N/ha	Niveau de Croissance Production de la CI (t MS/ha)	Ouverture du bilan en sortie hiver		Ouverture du bilan en Avril *	
		Date de destruction de la CI		Date de destruction de la CI	
		Novembre à décembre	Janvier et au-delà	Novembre à décembre	Janvier et au-delà
Crucifères (moutarde, radis...) Graminées de type Ray-Grass	<= 1	5	10	0	5
	2 (> 1 et < 3)	10	15	5	10
	>= 3	15	20	10	15
Graminées de type seigle, avoine... Hydrophyllacées (Phacélie)	<= 1	0	5	0	0
	2 (> 1 et < 3)	5	10	0	5
	>= 3	10	15	5	10
Légumineuses ⁴	<= 1	10	20	5	10
	2 (> 1 et < 3)	20	30	10	20
	>= 3	30	40	20	30
Mélanges (à base de légumineuses)	<= 1	8	15	3	8
	2 (> 1 et < 3)	15	23	8	15
	>= 3	23	30	15	23

* Date d'ouverture du bilan dans certains cas pour des cultures d'été (Maïs, Pomme de Terre)

Source Brochure "Cultures Intermédiaires - Impacts et Conduite", ARVALIS/CETIOM/ITB/ITL, août 2011 (chapitre 17)

⁴ Il est rappelé l'interdiction d'utiliser des légumineuses pures en Cipan

Xa : Prise en compte de l'effet direct des engrais organiques de l'année

Compte-tenu de la forte variabilité des valeurs observées autour des compositions moyennes des produits, il est toujours préférable de disposer de mesures réalisées sur le produit épandu.

Les valeurs de fourniture d'azote par les fertilisants organiques figurant ci-après, peuvent donc être adaptées au niveau de chaque exploitation à condition que la valeur utilisée soit justifiée par une ou des analyses représentatives et récentes (moins de 4 ans et conditions équivalentes de production) du fertilisant organique épandu. Pour les systèmes de production dans lesquels la composition du fertilisant organique produit est variable au cours du temps, plusieurs analyses sont indispensables pour caractériser le fertilisant organique épandu.

Le calcul de Xa s'opère à l'aide de l'équation suivante :

$$\mathbf{Xa = Npro \times Q \times Keq}$$

Avec Npro : teneur en azote total du produit (en kg d'azote par unité de volume ou de masse)

Q : volume ou masse de produit épandu à l'hectare

Keq : coefficient d'équivalence engrais minéral efficace

Pour ces produits, le calcul de l'effet direct est toujours envisagé en tant que contribution restant à venir à partir de la date d'ouverture du bilan. En effet, à la date d'ouverture, une partie de l'azote du produit résiduaire apporté par le PRO avant l'ouverture du bilan peut se retrouver dans le reliquat d'azote minéral, dans l'azote absorbé par la culture, dans l'azote absorbé par la CIPAN ou être perdue par lixiviation ou pertes gazeuses.

Teneur en azote par type d'effluents

Références de composition des effluents par type et espèce animale

(en kg par tonne de produit brut pour les solides et par m³ de produit brut pour les liquides)

Matière organique	Type	Observations	Npro	Références
Fumier bovin lait stabulation paillée	A		5,5	CA71
Fumier bovin lait étable entravée	A		5	CA71
Fumier bovin allaitant étable entravée	A		4,4	CA71
Fumier bovin allaitant stabulation paillée	A		4,7	
Fumier mou bovin allaitant aire raclée	A		5,1	IE ⁵ 2001
Fumier bovin taurillon stabulation paillée	A		6,1	CA Bourgogne
Compost de fumier vache allaitante	A		6,8	CA71
Fumier porcs	B	litière accumulée	7,2	IE 2001
		aire raclée	9,1	
Compost fumier de porc litière accumulée	B		7,6	IE 2001
Compost fumier de porc litière raclée	B		11	IE 2001
Fumier cheval	A		8,2	CA71+89+58
Fumier veaux	A		7,4	CA 58
Fumier ovins	A		6,7	CA71+89
Fumier caprins	A		6,1	CA71+21+58
Fumier volailles poulets	B	sortie bâtiment	29	IE 2001
		en conditions sèches	26	IE 2001
		en condition humide ou de fermentation	22	IE 2001
Fumier volailles pintades	B	sortie bâtiment	32	IE 2001
		en conditions sèches	29	IE 2001
		en condition humide ou de fermentation	24	IE 2001
Compost volailles	B		19	CA89
Lisier bovin allaitant dilué	B		2,7	IE 2001
Lisier bovin lait	B		4	IE 2001
Lisier bovin taurillon	B		5,2	IE 2001
Lisier bovin veau de boucherie	B		1,5	IE 2001
Purins de bovins	B	purs	3	IE 2001
		dilués	1,6	
Lisier porcs engraissement	C		5,8	ITP
Lisier porcs mixte	C		3,5	
Compost de lisier porcs sur paille	C		6,7	ITP
Fientes poulets de chair	C		18	Corpen
Fientes dindes	C		27	Corpen
Fientes et lisiers poules pondeuses	C	10 % MS	6,8	IE 2001
		Humide : 25 % MS	15	
		si préséchées sur tapis 40 %MS	22	
		séchées en fosse profonde : 80 % MS	30	
		fientes séchées en hangar (80 % MS)	40	
Lisier de canards	C	10 % MS	4,4	IE 2001
		10 à 15 % MS	5,9	
		> 15 % MS	8,6	
Lisier lapins	C	20 à 25 % MS	7,5	ITAVI
Vinasses de betteraves			4,2	Arvalis
Écumes de sucrerie			3,4	CA89

Types de produits : A = fumiers et composts (décomposition lente)
 B et C = autres, ainsi que les fumiers de volaille (décomposition rapide)
 Dans le cas où plusieurs types de produits sont apportés (des A et des BC), alors on privilégie les types A.

5 IE = Institut de l'élevage

Coefficient d'équivalence engrais pour les principaux effluents d'élevage (Keq)

Cultures d'automne (céréales, colza...)

Exemples de types PRO	Type	Périodes d'apport	
		Apports automne	Apports printemps
Compost de fumier de bovins et de porcs	A/B	0,05	0,10
Fumier de bovins pailleux et décomposés	A	0,10	0,15
Fumiers de porcs, fumiers de volailles,	B	0,10	0,20
Lisier de porcs et de volailles, lisier de bovins	C	0,15	0,45

Cultures de printemps précoces : céréales de printemps...

Exemples de types PRO	Type	Périodes d'apport	
		Apports automne	Apports printemps
Compost de fumier de bovins et de porcs	A/B	0,10	0,10
Fumier de bovins (pailleux et décomposés)	A	0,20	0,30
Fumiers de porcs, fumiers de volailles	B	0,15	0,30
Lisier de porcs et de volailles, lisier de bovins	C	0,10	0,5

Cultures de printemps tardives : maïs, tournesol...

Exemples de types PRO	Type	Périodes d'apport	
		Apports automne	Apports printemps
Compost de fumier de bovins et de porcs	A/B	0,15	0,20
Fumier de bovins (pailleux et décomposés)	A	0,20	0,30
Fumiers de porcs, fumiers de volailles	B	0,15	0,45
Lisier de porcs et de volailles, lisier de bovins	C	0,10	0,60

Prairies

Exemples de types PRO	Type	Périodes d'apport	
		Apports automne	Apports printemps
Compost de fumier de bovins	A	0,15	0,05
Compost de fumier de porcs	B	0,20	0,20
Fumier de bovins	A	0,20	0,05
Fumier de porcs	B	0,40	0,40
Lisier de bovins	B	0,40*	0,50
Lisier de porcs et de volailles	C	0,40*	0,60

*des apports à cette période peuvent présenter des risques de lixiviation. Il faudra veiller à ajuster la quantité d'azote « efficace » apportée à la capacité d'absorption de la prairie à cette période.

Sources : Institut de l'Elevage, ITP, Comifer

CIPAN et cultures dérobées

La valeur du coefficient d'équivalence engrais (Keq) à retenir est le suivant :

- Effluents de type A (fumiers et compost) : Keq = 0,15
- Effluents de type B ou C (fumiers de volailles et autres effluents d'élevage) : Keq = 0,20

Vignes :

La valeur du coefficient d'équivalence engrais (Keq) à retenir est le suivant :

- Effluents de type I : Keq = 0
- Effluents de type II : Keq = 0,50

Pour les autres produits organiques, la disponibilité pour les cultures peut être différente d'un produit à l'autre. Il est recommandé de suivre les préconisations disponibles dans les plans d'épandage.

Il est très souhaitable que les teneurs en azote minéral et la valeur en azote disponible soient données par le fabricant ou le fournisseur de produits organiques.

La disponibilité en azote d'un produit organique peut être notamment obtenue à partir de tests d'incubation en conditions contrôlées (Norme NFU XP U 168).

Nirr : azote apporté par l'eau d'irrigation

L'eau d'irrigation est une source à part entière d'azote pour la culture. Les apports d'azote par l'eau d'irrigation sont généralement loin d'être négligeables, surtout pour les cultures fortement dépendantes de cette technique.

La valeur de fourniture d'azote par l'eau d'irrigation peut être adaptée au niveau de chaque exploitation à condition que la valeur utilisée soit justifiée par une analyse effectuée sur la ressource en eau pour l'année en cours. Dans ce cas la quantité d'azote apporté par l'eau d'irrigation est calculée de la façon suivante :

Nirr = teneur en azote de l'eau d'irrigation x quantité d'eau apportée

En l'absence d'analyse, les valeurs suivantes sont à retenir pour la Bourgogne :

- 0 kg N/ha en dessous 100 mm
- 5 kg N/ha entre 100 mm et 200 mm
- 10 kg N/ha au-delà de 200 mm

Lorsque l'eau d'irrigation est chargée d'une matière organique (exemple, résidus d'industrie légumière) cette matière fertilisante est à prendre en compte. La valeur en azote doit être donnée par le fournisseur.

L : pertes par lixiviation du nitrate

Dans les situations de grandes cultures, la quasi-totalité des pertes par lixiviation du nitrate s'opère avant l'ouverture du bilan prévisionnel, pendant la période d'interculture où le sol est nu. Ce constat agronomique conduit à l'implantation de cultures intermédiaires.

Le terme L, quantité d'azote lixiviée entre l'ouverture et la fermeture du bilan, est retenu dans l'équation de la méthode du bilan Bourgogne, mais l'objectif d'une fertilisation maîtrisée est qu'il tende vers zéro.

Par conséquent, la valeur retenue dans la formule est nulle : **L = 0**.

Rf : quantité d'azote minéral dans le sol à la fermeture du bilan

Le terme Rf correspond à la quantité d'azote minéral présente dans le sol à la fermeture du bilan. En situation de non dépassement de l'optimum technique de fertilisation azotée (principe sous-jacent du bilan prévisionnel), il a été démontré que le terme Rf était indépendant de la dose d'azote appliquée. Les valeurs de ce poste sont généralement modulées en fonction de la culture, du type de sol et de la profondeur d'enracinement.

Valeurs de Rf en kg N/ha

Profondeur du sol	Sol léger Argile < 15% Limon < 45% CaCO ₃ < 10 %	Sol limoneux 15 % < Argile < 30 % Limon > 45 % CaCO ₃ < 10 %	Sol argileux Argile > 30 % et sol de craie
	Sable Limon sableux hydromorphes et sains	Limons argileux profonds Limons profonds	Argilo-calcaires superficiels, Argilo-calcaires moyens et craie Yonne, Argilo-calcaires profonds et terre argileuse calcaire, Argilo-limoneux décarbonatés, Argiles à silex, Alluvions argileuses et terre humifère Terre argileuse ou argilo-sableuse hydromorphe
Sol superficiel (0 à 30 cm)	5	10	15
Moyennement profond (0 à 60 cm)	10	15	20
Profond (0 à 90 cm)	15	20	30
Très profond (0 à 120 cm)	20	30	40

Source : COMIFER

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

Le calcul prévisionnel de la dose d'apport d'azote sous forme d'engrais minéral est le résultat de la formule retenue pour l'écriture opérationnelle du bilan prévisionnel dont les termes ont été explicités dans ce document :

$$X = Pf - Pi - Ri - Mh - Mhp - Mr - MrCi - Nirr - Xa + L + Rf$$

Exemples de calcul de la dose d'azote

Pour illustrer le calcul de la dose d'azote, deux exemples sont donnés en pages 29 & 30.

Cas d'un calcul nul ou négatif

Le calcul prévisionnel de la dose totale d'engrais à apporter est entaché de trois incertitudes :

- Incertitude sur les besoins réels en azote du couvert (difficulté de prévoir la production qui sera réellement atteinte)
- Incertitude sur la détermination des différents termes du bilan (approximations, hypothèses sur les postes de minéralisation)
- Incertitude sur la période de minéralisation de l'azote organique contenu dans l'humus du sol, les résidus de culture et les apports de produits organiques (fonction des conditions climatiques).

En conséquence :

- lorsque le calcul de la dose prévisionnelle indique un résultat compris entre 0 et 30 kg N/ha, il est conseillé d'apporter une dose forfaitaire de 30 kg N/ha pour toutes les cultures car il est difficile d'épandre une dose plus faible avec précision.
- lorsque le calcul de la dose prévisionnelle indique un résultat négatif (situations très particulières et rares), aucun engrais minéral azoté ne doit être apporté.

Volatilisation

Le calcul de la dose prévisionnelle d'azote, qui se place dans la configuration potentielle d'efficacité maximale de l'engrais azoté ne doit pas tenir compte de la volatilisation ammoniacale des engrais minéraux. La prise en compte de cette perte, potentiellement très variable, n'intervient pas a priori dans le calcul prévisionnel de l'apport total mais fait l'objet d'une analyse de risque à chaque apport pour :

1. Eviter ou réduire la perte ammoniacale par des pratiques adaptées

D'une manière générale, toutes les pratiques culturales qui tendent à maximiser l'efficacité de l'azote apporté (maximisation du coefficient d'utilisation de l'azote) doivent être privilégiées avant de recourir à une majoration de dose. Une liste de ces pratiques est disponible sur le site du COMIFER (<http://www.comifer.asso.fr/>)

2. Utiliser une grille d'évaluation du risque avant chaque apport d'azote.

Lorsqu'un engrais à base uréique et/ou ammoniacale tel que l'urée et la solution azotée est apporté en plein en cours de culture sans possibilité d'enfouissement/incorporation ou infiltration, une grille d'évaluation du risque de perte d'efficacité permet d'ajuster l'apport prévu en appliquant une majoration de 0 à 15% à cet apport. Cette grille, disponible sur le site Internet du COMIFER (<http://www.comifer.asso.fr/>) est utilisable avant chaque apport.

Dans les cas d'apport en plein en cours de culture, sans possibilité d'enfouissement/incorporation ou infiltration, d'un engrais à base uréique et/ou ammoniacale tel que l'urée et la solution azotée, cette grille sera considérée comme un « outil de pilotage de la fertilisation » au sens du 3° du III de l'annexe I de l'arrêté du 19 décembre 2011 (et de l'article 7 du présent arrêté) et peut donc être utilisée pour justifier d'un apport supérieur à la dose prévisionnelle calculée (dans la limite de la majoration de dose que la grille indique). L'agriculteur devra alors produire la grille d'évaluation de l'apport ayant fait l'objet d'une majoration et les justificatifs prouvant qu'il s'agissait d'un apport en plein en cours de culture sans possibilité d'enfouissement/incorporation ou infiltration.»

Exemple de calcul de la dose X sur blé tendre (en kg N/ha)

Situation fictive reprenant l'ensemble des postes du bilan azoté :

Données :

- Rendement : moyenne des rendements des 5 dernières années (en enlevant la meilleure année et la plus mauvaise année) : 83 q/ha
- Variété : APACHE
- Sol : Limon profond à 1,8 % de MO
- Précédent : Colza
- Paille exportées tous les ans
- Retournement prairie il y a 2 ans à l'automne (âge de la prairie : 4 ans)
- Culture intermédiaire : Mélange de légumineuses et crucifères, 0,5 tMS/ha
- Effluents d'élevage : lisier de porc 20m³ engraissement tous les 2 ans apporté à l'automne
- Irrigation : 50 mm

Calculs :

BESOINS				FOURNITURES			
Pf	Besoins de la culture	Rendement moyen $y \times b$	$83 \times 3 = 249$	Pi	Quantité d'azote absorbé à l'ouverture du bilan	Blé à 3 talles à l'ouverture du bilan	$10 + (5 \times 3) = 25$
Rf	N après récolte	Sol limoneux profond	20	Ri	RSH	Sol limoneux profond en précédent colza	25
L	Pertes d'azote par lixiviation du nitrate pendant la période d'ouverture du bilan		0	Mh	Minéralisation de l'humus sous la culture	Sol limoneux à 1,8 % de MO x coefficient effet long terme des effluents (lisier de porc tous les 2 ans : catégorie BC et pailles exportées tous les ans)	$25 \times 1 = 25$
				Mhp	Minéralisation supplémentaire due aux retournements de prairie	Prairie détruite à l'automne il y a 2 ans, âge de la prairie : 4 ans	5
				Mr	Minéralisation des résidus de culture du précédent	Effet précédent colza	20
				MrCi	Minéralisation des résidus de culture intermédiaire	Culture intermédiaire mélange légumineuse – crucifères, détruite précocement à 0,5 tMS/ha. Ouverture du bilan sortie hiver	8
				Xa	Fourniture d'azote par les produits organiques	Quantité d'azote contenu dans le lisier de porc engraissement x 20m ³ x coefficient d'équivalence engrais pour un apport d'automne	$5,8 \times 20 \times 0,15 = 17,4$
				Nirr	Azote provenant de l'irrigation	50 mm d'irrigation	0
Total des besoins : 269 kg N/ha				Total des fournitures : 125,4 kg N/ha			
Calcul de la dose X d'apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse (besoins - fournitures)							
$X = 269 - 125,4 = 144 \text{ kg N/ha}$							

Exemple de calcul de la dose X sur blé tendre (en kg N/ha)

Situation plaine céréalière

Données :

- Rendement : moyenne des rendements des 5 dernières années (en enlevant la meilleure année et la plus mauvaise année) : 83 q/ha
- Variété : APACHE
- Sol : Limon profond à 1,8 % de MO
- Précédent : Colza
- Pailles exportées un an sur deux
- Pas d'effet prairie à prendre en compte
- Pas de culture intermédiaire
- Pas d'effluents d'élevage
- Pas d'irrigation

Calculs :

BESOINS				FOURNITURES			
Pf	Besoins de la culture	Rendement moyen $y \times b$	$83 \times 3 = 249$	Pi	Quantité d'azote absorbé à l'ouverture du bilan	Blé à 3 talles à l'ouverture du bilan	$10 + (5 \times 3) = 25$
Rf	N après récolte	Sol limoneux profond	20	Ri	RSH	Sol limoneux profond en précédent colza	25
L	Pertes d'azote par lixiviation du nitrate pendant la période d'ouverture du bilan		0	Mh	Minéralisation de l'humus sous la culture	Sol limoneux à 1,8 % de MO x coefficient effet long terme des pailles exportées un an sur deux	$25 \times 0,9 = 22,5$
				Mhp	Minéralisation supplémentaire due aux retournements de prairie	Pas d'effet	0
				Mr	Minéralisation des résidus de culture du précédent	Effet précédent colza	20
				MrCi	Minéralisation des résidus de culture intermédiaire	Pas de culture intermédiaire	0
				XA	Fourniture d'azote par les produits organiques	Pas de produit organique	0
				Nirr	Azote provenant de l'irrigation	Pas d'irrigation	0
Total des besoins : 269 kg N/ha				Total des fournitures : 92,5 kg N/ha			
Calcul de la dose X d'apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse (besoins - fournitures)							
$X = 269 - 92,5 = 176,5 \text{ kg N/ha}$							

Annexe 3 – Méthode du bilan CAU pour le maïs et le sorgho

Maïs grain, Maïs fourrage, Sorgho grain, Sorgho fourrager

Le maïs et le sorgho sont deux cultures dont le calcul de la dose azotée se réalise à travers la méthode CAU (Coefficient Apparent d'Utilisation de l'engrais). Cette méthode met en relation les besoins de la plante et la fourniture globale du sol. Les apports minéraux viennent garantir l'alimentation de la plante à la hauteur de ces besoins en prenant en compte un facteur d'efficacité de la consommation d'azote, qui est en moyenne de 72 % sur le cycle de la culture.

Équation du bilan

L'équation utilisée pour définir la dose X à amener est la suivante :

$$X = \left(\frac{Pf - P0 - Mhp - MrCi - Nirr}{CAU} \right) - Xa$$

Où : $Pf = b \times y$

Coefficient Apparent d'Utilisation (CAU)

Le Coefficient Apparent d'Utilisation (CAU) est de 72 % sur l'ensemble du cycle.

La valeur à utiliser dans l'équation est donc 0,72.

Calcul des besoins de la culture (Pf)

Les besoins de la culture sont calculés comme suit : $Pf = b \times y$

Avec **b** : besoin d'azote par unité de production
y : objectif de rendement

- b : besoin d'azote par unité de production (kg N/q).

Il varie entre 2,1 et 2,3 kg/q selon l'objectif de rendement fixé en maïs grain et entre 12 et 14 kg/t MS pour le maïs fourrage.

Culture	Unité de production	Besoin unitaire (kg N/unité de production)
Maïs doux	t d'épis verts vêtus /ha	b = 10
Maïs doux	t d'épis verts nus (sans les spathes) /ha	b = 12
Maïs fourrage	t MS /ha	b = 14 si ObjRdt <= 14 t b = 13 entre 14 et 18 t b = 12 si ObjRdt >= 18 t
Maïs grain	q (normes hum.) /ha	b = 2.3 si ObjRdt <= 100 q b = 2.2 entre 100 et 120 q b = 2.1 si ObjRdt >= 120 q
Maïs semences	q (normes hum.) de <u>femelles</u> /ha	Selon l'objectif de rendement et la disposition de semis (voir ci dessous)
Sorgho grain	q (normes hum.) /ha	b = 2.4
Sorgho fourrage	t MS /ha	b = 13

Maïs semence

Pour cette culture, le besoin total Pf s'exprime ainsi :

Pf = (Pf femelle) / c.o.f. (avec c.o.f. = Coefficient d'occupation par les femelles)

- Pf femelle

Rdt à 15% H ₂ O femelle (qx/ha)	Pf semences femelle KgN/ha	Rdt à 15% H ₂ O femelle (qx/ha)	Pf semences femelle KgN/ha
[0-10[	70	[40-45[	135
[10-15[	85	[45-50[	140
[15-20[	95	[50-55[	145
[20-25[	105	[55-60[	150
[25-30[	115	[60-70[	155
[30-35[	125	[70-..]	165
[35-40[	130		

- c.o.f. : coefficient d'occupation par les femelles

Dispositif de semis	6x3	6x2	4x2 normal	4x2 réduit	4x3	2x1x2x2 réduit	2x2	Inter planting	Semences de base
Coefficient d'occupation par les femelles	0,75	0,77	0,69	0,71	0,67	0,63	0,57	1,00	1,00

- y : objectif de rendement (q/ha)

Ce n'est pas le rendement maximum obtenu sur la parcelle, mais la moyenne atteinte les 5 dernières années en enlevant la meilleure et la plus mauvaise.

En l'absence de données disponibles sur l'exploitation il faut se reporter aux rendements de référence mentionnés dans le tableau page 11.

Besoins de la culture	= Pf
	= besoin unitaire (b) x objectif de rendement (y) = <input type="text"/> ①

Fourniture globale du sol (P0)

Les fournitures du sol peuvent être évaluées globalement sur une parcelle à partir d'une zone témoin non fertilisée en azote. Sur cette zone, on estime que l'azote absorbé par la culture (plante entière, racines comprises) représente ce que le sol fournit naturellement.

Type de sol	Fournitures globale kgN/ha sans apports organiques
Limons argileux profonds (MO<2%)	80
Limons argileux profonds (MO>2%)	80
Limons profonds (MO < 2%)	85
Limons profonds (MO >2%)	75
Argilo-calcaire superficiels	30
Argilo-calcaire moyens et craie Yonne	60
Argilo-calcaire profonds et terre argileuse calcaire	70
Argilo-limoneux décarbonatés	70
Argiles à silex	55
Alluvions argileuses et terre humifère	90
Limons sableux hydromorphes	85
Limon sableux sain	50
Sable et gravier	45
Terre argileuse hydromorphe	70

Pour prendre en compte les apports organiques sur le long terme et leur arrière effet, il faut multiplier les chiffres précédents par les coefficients ci-dessous :

	Fréquence des apports organiques exogènes et type de produit						
	Jamais	5-10 ans		3-4 ans		1-2 ans	
		A	BC	A	BC	A	BC
Résidus de récolte							
Enlevés - brûlés	0,80	0,95	0,90	1,00	0,95	1,05	1,00
Restitués 1 an sur 2	0,90	1,00	0,95	1,05	1,00	1,10	1,02
Restitués tous les ans	1,00	1,05	1,00	1,10	1,02	1,20	1,05

Types de produits : A = fumiers et composts (décomposition lente) ; B et C = autres, ainsi que les fumiers de volaille (décomposition rapide). Dans le cas où plusieurs types de produits sont apportés (des A et des BC), alors on privilégie les types A.

Fourniture globale du sol (P0)
=
Fourniture globale sans apport organique x coefficient apport organique
=
<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/> ②

Minéralisation nette due à un retournement de prairie (Mhp)

L'effet des retournements de prairie doit pris en compte dans les 3 premières années.

a - Destruction de printemps			Age de la prairie				
			< 18 mois	18 mois à 3 ans	4-5 ans	6-10 ans	> 10 ans
Rang de la culture post destruction	1	maïs	25	65	105	125	145
	2	maïs ou blé	5	5	30	40	45
	3	maïs ou blé	5	5	5	5	5

b - Destruction d'automne			Age de la prairie				
			< 18 mois	18 mois à 3 ans	4-5 ans	6-10 ans	> 10 ans
Rang de la culture post destruction	1	maïs	15	35	55	65	75
	2	maïs ou blé	5	5	5	5	5
	3	maïs ou blé	5	5	5	5	5

Tableaux a et b : Effets azote prairie sur le supplément de minéralisation (en kg N/ha)

Les valeurs représentent le supplément de minéralisation pour la période d'établissement du bilan azoté prévisionnel de chaque culture (semis – récolte pour le maïs, 15 février – récolte pour le blé).

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

Minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire (MrCi)

Une minéralisation utile pour la culture est à prendre en compte selon le couvert, sa production et la date de destruction :

	Niveau de Croissance Production de la CI (tMS/ha)	Ouverture du bilan en Avril *	
		Date de destruction de la CI	
		Novembre à décembre	Janvier et au-delà
. Crucifères (moutarde, radis...) . Graminées de type Ray-Grass	<= 1	0	5
	2 (> 1 et < 3)	5	10
	>= 3	10	15
. Graminées de type seigle, avoine... . Hydrophyllacées (Phacélie)	<= 1	0	0
	2 (> 1 et < 3)	0	5
	>= 3	5	10
. Légumineuses	<= 1	5	10
	2 (> 1 et < 3)	10	20
	>= 3	20	30
Mélanges (à base de légumineuses)	<= 1	3	8
	2 (> 1 et < 3)	8	15
	>= 3	15	23

Date d'ouverture du bilan dans certains cas pour des cultures d'été (Maïs, Pomme de Terre)

Minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire (MrCi) = ④

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

La valeur de fourniture d'azote par l'eau d'irrigation peut être adaptée au niveau de chaque exploitation à condition que la valeur utilisée soit justifiée par une analyse effectuée sur la ressource en eau pour l'année en cours. Dans ce cas la quantité d'azote apporté par l'eau d'irrigation est calculée de la façon suivante :

Nirr = teneur en azote de l'eau d'irrigation x quantité d'eau apportée

En l'absence d'analyse, les valeurs suivantes sont à retenir pour la Bourgogne :

Irrigation	Quantité d'azote à prendre en compte
Inférieur à 100 mm	0 kgN/ha
Entre 100 et 200 mm	5 kgN/ha
Supérieur à 200 mm	10 kgN/ha

Azote apporté par l'eau d'irrigation (Nirr) = ⑤

Prise en compte de l'effet direct des engrais organique de l'année (Xa)

Les valeurs de fourniture d'azote par les fertilisants organiques peuvent être adaptées au niveau de chaque exploitation à condition que la valeur utilisée soit justifiée par une ou des analyses représentatives et récentes (moins de 4 ans et conditions équivalentes de production) du fertilisant organique épandu. Pour les systèmes de production dans lesquels la composition du fertilisant organique produit est variable au cours du temps, plusieurs analyses sont indispensables pour caractériser le fertilisant organique épandu.

En l'absence d'analyse, se reporter aux teneurs en azote moyenne figurant en annexe 2 page 23 et suivantes

Le calcul de Xa s'opère à l'aide de l'équation suivante :

$$Xa = Npro \times Q \times Keq$$

Avec Npro : teneur en azote total du produit (en kg d'azote par unité de volume ou de masse)

Q : volume ou masse de produit épandu à l'hectare

Keq : coefficient d'équivalence engrais minéral efficace (voir les tableaux figurant en annexe 2 page 23 et suivantes)

$$Xa = Npro \times Keq \times Q = \text{} ⑥$$

Calcul de l'apport minéral en engrais de synthèse (X)

$$\text{Rappel de l'équation retenue : } X = \left(\frac{Pf - P0 - Mhp - MrCi - Nirr}{CAU} \right) - Xa$$

Soit à partir des postes précédemment établis :

$$X = \left(\frac{\text{} ① - \text{} ② - \text{} ③ - \text{} ④ - \text{} ⑤}{0,72} \right) - Xa ⑥$$

Cas d'un calcul nul ou négatif :

- lorsque le calcul de la dose prévisionnelle indique un résultat compris entre 0 et 30 kg N/ha, il est conseillé d'apporter une dose forfaitaire de 30 kg N/ha pour toutes les cultures car il est difficile d'épandre une dose plus faible avec précision.
- lorsque le calcul de la dose prévisionnelle indique un résultat négatif (situations très particulières et rares), aucun engrais minéral azoté ne doit être apporté.

Annexe 4 – Méthode du bilan CAU pour les prairies à base de graminées

Naturelles ou temporaires

Source : *chambres d'agriculture de Bourgogne*

Les besoins en azote de la prairie sont effectifs au printemps et à l'automne lorsque toutes les conditions favorables à la pousse de l'herbe sont réunies : température, humidité, éléments nutritifs disponibles.

La méthode permet d'équilibrer les apports (fournitures du sol, contribution par les légumineuses, déjections au pâturage...) par rapport aux besoins annuels de la prairie, qu'elle soit naturelle ou temporaire.

Décider d'une fumure azotée de la prairie, c'est prendre en compte :

- le mode d'exploitation de la prairie,
- le niveau d'intensification relié au potentiel et à l'objectif de rendement,
- le niveau de chargement de l'exploitation (UGB/ha SFP) et le chargement au pâturage au printemps (ares/UGB),
- le type de sol qui influence les fournitures d'azote par le sol.

La méthode de raisonnement retenue prend en compte un facteur d'efficacité de la consommation d'azote qui est en moyenne de 60%.

EQUATION DU BILAN

L'équation utilisée pour définir la dose X à apporter est la suivante:

BESOINS DE LA PRAIRIE		FOURNITURES DU MILIEU	
Pf	Azote absorbé par la prairie à la fermeture du bilan = rendement (y) x quantité d'azote exportée en fonction du mode d'exploitation (Nexp)	P0	Fournitures globales d'azote minéral du sol = Azote fourni par le sol (N ₀) + Azote fourni par les restitutions au pâturage (N _{rest}) + Azote fourni par les légumineuses (Fs)
		Xa	Fourniture d'azote par les produits organiques
Calcul de la dose X d'apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse (besoins - fournitures)			
Equation utilisée : $X = \left(\frac{Pf - P0}{CAU} \right) - Xa$			

Coefficient Apparent d'Utilisation (CAU)

Le coefficient apparent d'utilisation est de 60% sur l'ensemble du cycle et pour tous les types de sols et de prairies.

La valeur à utiliser dans l'équation est 0,60.

1- Calcul des besoins de la prairie (Pf)

Les besoins de la prairies sont calculés comme suit : **Pf = y x Nexp**

avec : **y = objectif de rendement**

Nexp = Quantité d'azote exporté par tonne de MS.

Nexp: Quantité d'azote exportée par tonne de MS d'herbe produite (Kg N/TMS). Cette valeur varie selon le mode d'utilisation de la prairie :

EXPORTATIONS PRAIRIES Nexp (Kg N/TMS)		
Pâture seule	Extensive	25
	Intensive	30
Fauche et pâture	Avec déprimage	28
	Sans déprimage	22
Fauche seule (1 à plusieurs coupes)	Ensilage ou enrubannage	25
	Foin classique	22
	Foin tardif	20

y = objectif de rendement (TMS/ha)

Cet objectif correspond à la moyenne des rendements atteints sur la parcelle les 5 dernières années en excluant la valeur maximale et la valeur minimale. En l'absence de données disponibles sur l'exploitation il faut se reporter aux rendements de référence mentionnés dans le tableau page 11.

Besoins de la prairie	= Pf
	= Quantité d'azote exporté (Nexp) x objectif de rendement (y) = <input type="text"/> ①

2- Calcul des fournitures globales d'azote du sol (P0)

Les fournitures d'azote du sol sont calculés comme suit : **P0 = N0 + Nrest + Fs**

avec : N0 = Fournitures d'azote par le sol

Nrest = Azote fourni par les restitutions au pâturage

Fs = Azote fourni par les légumineuses

N0 : Fournitures d'azote par le sol en Kg N/ha

(varie en fonction du type de sol et l'apport régulier ou non de matières organiques).

Type de sol	Sans apport régulier de matières organiques(kg N/ha)	Avec épandages réguliers de matières organiques (kg N/ha)
Limons argileux profonds MO < 2 %	90	110
Limons argileux profonds MO > 2 %	90	110
Limons profonds MO < 2 %	80	100
Limons profonds MO > 2 %	80	100
Argilo-calcaires superficiels	40	50
Argilo-calcaires moyens et craies Yonne	50	70
Argilo-calcaires profonds et terre argileuse calcaire	90	110
Argilo-limoneux décarbonés	90	110
Argiles à silex	90	110
Alluvions argileuses et terre humifère	100	120
Limons sableux hydromorphes	80	100
Limons sableux sains	50	70
Sable	40	50
Terre argileuse ou argilo-sableuse, hydromorphe	80	100

Nrest : Fournitures d'azote par les restitutions au pâturage (Kg N/ha)

Ce poste dépend du mode d'exploitation de la prairie :

RESTITUTION AU PATURAGE (Kg N/TMS)	
pâturage extensif	25
pâturage intensif	30
Fauche et pâturage sans déprimage	10
Fauche et pâturage avec déprimage	15
Prairie fauchée	0

Fs : Azote fourni par les légumineuses (Kg N/ha).

Ce poste dépend de la proportion de légumineuse dans la flore de la prairie.

Présence de légumineuses dans la prairie	Azote fourni par les légumineuses * (kg N/TMS)
Sans légumineuse	0
Peu de légumineuses	15
Beaucoup de légumineuses	50

* Valeur de Fs pour une production de 5/6 T MS/ha

$$\begin{aligned} & \text{Fourniture globale d'azote du sol (P0)} \\ & = \\ & \text{Azote fourni par le sol (N0) + Azote fourni par les restitutions au pâturage} \\ & \quad \text{(Nrest) + Azote fourni par les légumineuses (Fs)} \\ & = \\ & \boxed{} \text{ 2} \end{aligned}$$

3 - Prise en compte de l'effet direct des engrais organique de l'année (Xa)

Les valeurs de fourniture d'azote par les fertilisants organiques peuvent être adaptées au niveau de chaque exploitation à condition que la valeur utilisée soit justifiée par une ou des analyses représentatives et récentes (moins de 4 ans et conditions équivalentes de production) du fertilisant organique épandu. Pour les systèmes de production dans lesquels la composition du fertilisant organique produit est variable au cours du temps, plusieurs analyses sont indispensables pour caractériser le fertilisant organique épandu.

En l'absence d'analyse, se reporter aux teneurs en azote moyenne figurant en annexe 2 page 23 et suivantes

Le calcul de Xa s'opère à l'aide de l'équation suivante :

$$Xa = Npro \times Q \times Keq$$

Avec Npro : teneur en azote total du produit (en kg d'azote par unité de volume ou de masse)

Q : volume ou masse de produit épandu à l'hectare

Keq : coefficient d'équivalence engrais minéral efficace (voir les tableaux figurant en annexe 2 page 23 et suivantes)

$$\begin{aligned} & \text{Effet direct des engrais organiques de l'année (Xa)} \\ & = \\ & \text{Teneur en azote total du produit (Npro) x Quantité effluent épandu (Q) x Coefficient d'équivalence (Keq)} \\ & = \\ & \boxed{} \text{ 3} \end{aligned}$$

Calcul de la dose d'azote minéral à apporter (X)

$$X = (Pf - P0) / CAU - Xa$$

Soit à partir des postes précédemment établis:

$$X = \left(\frac{\boxed{\text{1}} - \boxed{\text{2}}}{0,6} \right) - \boxed{\text{3}}$$

Cas d'un calcul nul ou négatif :

- lorsque le calcul de la dose prévisionnelle indique un résultat compris entre 0 et 30 kg N/ha, il est conseillé d'apporter une dose forfaitaire de 30 kg N/ha pour toutes les cultures car il est difficile d'épandre une dose plus faible avec précision.
- lorsque le calcul de la dose prévisionnelle indique un résultat négatif (situations très particulières et rares), aucun engrais minéral azoté ne doit être apporté.

Exemple de calcul.

J'ai une prairie permanente sur laquelle je fais une fauche en plus de la pâture avec déprimage. C'est un limon sableux sain sur lequel lorsque le calcul de la dose prévisionnelle indique un résultat nul (situations très particulières et rares), aucun engrais ne doit être apporté. L'objectif de rendement calculé à partir de la moyenne des 5 dernières années (en enlevant la meilleure et la plus mauvaise année) est de 5 tonnes de matière sèche par hectare. Cette parcelle reçoit des fumiers régulièrement, environ tous les deux ans. A l'automne dernier, un épandage de 20 T/ha de fumier de bovin allaitant (issu de stabulation) a été réalisé. Elle comporte peu de légumineuses.

1- BESOINS DE LA PRAIRIE				2 -FOURNITURES DU MILIEU			
Besoins de la prairie	Rendement moyen y	5		P0	Fourniture d'azote minéral par le sol (N0)	Limon sableux sain avec apport régulier de matières organiques	70
	Mode d'exploitation	Fauche et pâture avec déprimage			Restitutions au pâturage (Nrest)	Fauche et pâture avec déprimage	15
	Quantité d'azote exporté Nexp	28			Contribution des légumineuses (Fs)	Peu de légumineuse	15
Total des besoins de la prairie Pf 5 x 28 = 140kg N/ha				Total des fournitures du sol P0 70 + 15 + 15 = 100 kg N/ha			
				Xa	Fourniture d'azote par les produits organiques	20 T/ha de fumier de bovin allaitant à l'automne précédent 4,7 x 20 x 0,2 = 19	
3 -Calcul de la dose X d'apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse (besoins - fournitures)							
$X = \left(\frac{140 - 100}{0,6} \right) - 19 = 48 \text{ kg N/ha}$							

Annexe 5 – Méthode dose Plafond

Rappel : une dose plafond est une dose que l'on ne peut en aucun cas dépasser. Elle laisse le libre choix d'épandre des doses plus faibles.

Tournesol

L'apport d'azote efficace est plafonné à 60 kg /ha.

Source : Cetiom

Soja

1 / Cas général : pas de fertilisation azotée minérale

En tant que légumineuse et si la nodulation est satisfaisante (cas général), le soja ne demande pas de fertilisation azotée minérale.

2 / Cas particulier : échec de nodulation

En cas d'échec de la nodulation, un apport d'azote en végétation peut être nécessaire afin de ne pas limiter le rendement et la teneur en protéines, critère qualitatif important en soja.

Juste avant le début de la floraison (stade R1), soit à la mi-juin pour un semis à date normale (mi-avril), si la végétation de la parcelle présente globalement un aspect jaunâtre et si plus de 30 % des pieds ne portent pas de nodosités*, un apport d'azote est exceptionnellement recommandé.

Apporter alors, en un ou de préférence deux apports, 120 kg N minéral/ha d'azote (dose plafond) entre le stade R1 (début floraison) et le stade R3 (premières gousses). Chaque apport sera réalisé si possible juste avant une pluie ou bien une irrigation pour une meilleure utilisation par la plante de l'engrais minéral.

*Vérifier la présence de nodosités en prélevant 20 pieds de soja au hasard dans une zone de la parcelle et en observant ces nodosités sur le système racinaire.

Source : Cetiom

Pois potager

1 / Cas général : pas de fertilisation azotée minérale

Aucun apport d'azote n'est nécessaire sur pois potager.

2 / Cas particulier

Toutefois, certaines situations particulières justifient une fertilisation :

- Conditions de levées difficiles (semis précoces, terres froides,...)
- Variétés courtes (il faut valoriser l'élongation des entre-nœuds pour la récolte machine)
- Parasitisme conduisant à une absence de nodulation (maladies telluriques, larves de sitones...)
- **Dans ces situations, l'apport est plafonné à 50 kg N minéral/ha.**

source Unilet

Luzerne

L'apport d'azote est possible dans la limite de 40 kg N efficace/ha.

Vigne

Dans le cas général, les apports sur vigne en place sont plafonnés à **30 kg N/ha efficace**, hors écorce.

Ce plafond est fixé à **50 kg N/ha efficace (dont 30 kg N/ha en minéral maximum)**, hors écorce pour :

- les productions liées à l'appellation Crémant de Bourgogne,
- les vignes enherbées,
- les vignes en manque de vigueur (carence en azote constatée)

Pour rappel, l'azote efficace est égal à la somme de l'azote apporté par un fertilisant azoté sous forme minérale (poste X de l'équation en page 2 de l'arrêté) et de l'azote sous forme organique minéralisable pendant le temps de présence de la culture (poste Xa de l'équation en page 2 de l'arrêté).

Source : Guide technique Viticulture Durable de Bourgogne, Chambre d'Agriculture Bourgogne & Confédération des Associations Viticoles de Bourgogne, 2006.

Cerisiers

1 / Arbres très vigoureux (ex : Burlat)

A partir de la 3^e année, modérer l'azote sinon se référer aux doses préconisées pour associations peu vigoureuses

⇒ **doses plafonds conseillées**

80 kg N/ha sur la période avril à juillet (pleine pousse)

Puis 30 kg N/ha en septembre (reconstitution des réserves après récolte=> entre l'arrêt total de la pousse et la chute des feuilles)

2 / Associations peu vigoureuses

⇒ **doses plafonds conseillées**

100 kg N/ha sur la période mai à juillet (pleine pousse)

Puis 40 kg N/ha de fin août à début septembre (reconstitution des réserves après récolte => entre l'arrêt total de la pousse et la chute des feuilles)

Source : Cerise, les variétés et leur conduite, CTIFL, 1997

Cassis

▪ Cassis bourgeons

La dose totale d'azote à apporter en production de bourgeons est la suivante :

- en sol profond, bien pourvu en matière organique et ayant une bonne capacité de minéralisation, la dose maximale à apporter sera de 90 kg N/ha/an.
- en sol superficiel, faiblement pourvu en matière organique, et ayant une faible capacité de minéralisation, la dose maximale à apporter sera de 130 kg N/ha/an.

▪ Cassis fruits

La dose totale d'azote à apporter en production de fruits sera fixée en fonction du potentiel de rendement et du type de sol. La dose maximale à ne pas dépasser est de 100 kg N/ha/an.

Source : chambre d'agriculture 21

Miscanthus - Switchgrass

▪ Miscanthus

- Pendant 2 ans après plantation, pas d'apport de fertilisation.
- Les années suivantes apport au maximum de 4,9 kg N par tonne de matière sèche jusqu'à un apport maximum de 60 kg N/ha/an dans le cas d'une exportation en vert. Dans le cas d'une récolte en sec la dose maximale d'apport sera de 30 kg N/ha/an.

Source :

- *Cadoux et al., 2012. Nutrient requirements of Miscanthus x giganteus : conclusions from a review of published studies. Biomass and Bioenergy, 38, 14-22.*
- *Strullu et al., 2011. Biomass production and nitrogen accumulation and remobilisation by Miscanthus x giganteus as influenced by nitrogen stocks in belowground organs. Field Crops Research, 121, 381-391.*

▪ Switchgrass

- Apport au maximum de 50 kg N par hectare tous les 2 ans.

Source : *Bourgogne Pellets*

Sapins de Noël

▪ Apports d'azote préconisés

- En fonction des références connues à ce jour (et qui peuvent évoluer), les préconisations se font en fonction de l'âge de la plantation :
- jusque 4 ans, maximum de 30 kg N/ha/an
- jusque 8 ans, maximum de 40 kg N/ha/an

Source : *association française du sapin de Noël naturel*

Cultures orphelines et nouvelles cultures

Les cultures dites orphelines, sont les cultures pour lesquelles les données sont insuffisantes concernant les besoins en fertilisation azotée.

La liste de ces cultures est précisée en annexe 1 du présent arrêté.

Dans l'attente de références complémentaires, une **dose plafond de 210 kg N/ha** est appliquée à ces cultures.

Cette disposition s'applique également à toute nouvelle culture implantée en zone vulnérable et ne figurant pas dans le tableau de l'annexe 1.

Annexe 6 – Méthode de détermination de la biomasse du colza

Le poids de matière fraîche aérienne peut être estimé par une méthode de pesée ou par une méthode visuelle selon une grille photographique établie par le CETIOM.

La méthode par pesée est à privilégier car plus précise.

Méthode par pesée

La procédure à suivre pour réaliser un bon prélèvement et une bonne mesure est la suivante (Réglette azote colza, CETIOM, 2014) :

- délimiter 2 à 4 placettes de 1 m² chacune, représentatives de la parcelle (attention, bien prendre en compte la largeur de l'entre-rang),

- prélever les plantes, lorsque la végétation est ressuyée (en absence de rosée ou de pluie). Prélever de préférence à l'entrée et à la sortie d'hiver. Dans les régions froides, faire la pesée entrée d'hiver avant la destruction des feuilles par le gel. A la sortie d'hiver, prélever juste avant la reprise de croissance : courant janvier dans le Sud, et courant février dans le Nord.

- couper les plantes au niveau du collet, au ras du sol, et les débarrasser des éventuelles mottes de terre et des débris végétaux (pailles, feuilles mortes)

- peser les plantes fraîchement coupées sur chaque placette sans séchage et calculer le poids moyen de matière fraîche par m² à l'entrée et à la sortie de l'hiver (MVEH et MVSH)

- calculer la quantité d'azote absorbé dans la culture à l'entrée (NabsEH) et à la sortie de l'hiver (NabsSH) :

- o $NabsEH \text{ (kgN/ha)} = MVEH \text{ (kg/m}^2) \times 50$

- o $NabsSH = MVSH \times 65$

La quantité d'azote absorbée à l'ouverture du bilan (Pi) est alors égale à :

- o Disponibilité de NabsEH et NabsSH :

- Si $NabsEH > NabsSH$, $Pi = NabsSH + (0.5 \times (NabsEH - NabsSH) / 1.35)$

- Sinon, $Pi = NabsSH$

- o Disponibilité de NabsSH seulement : $Pi = NabsSH$

Parcelles hétérogènes

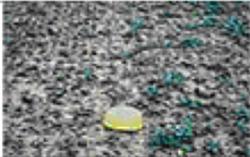
Si la parcelle comprend plusieurs zones avec des densités ou des niveaux de croissance très différents, il convient de réaliser la même opération sur chacune de ces zones (2 à 4 placettes par zone).

Méthode visuelle

L'observation des parcelles à la sortie d'hiver et les photos suivantes permettent d'estimer le poids de matière fraîche aérienne du colza. Toutefois, cette méthode est moins précise que la méthode par pesée, notamment au-delà d'1 kg/m².

Pour calculer la quantité d'azote absorbée par le colza, on multiplie alors le poids frais par 65 d'où :

$$Pi = \text{poids frais en kg/m}^2 \times 65$$

Méthode visuelle	Correspondance méthode par pesée (poids frais en kg/m ²)
	0,2
	0,4
	1,0
	1,4
	2,0

Annexe 7 – Types de sol caractérisés pour la région Bourgogne

Nom	Limons argileux profonds		Limons profonds		Argilo-calcaire superficiels	Argilo-calcaire moyens et craie Yonne	Argilo-calcaire profonds et terre argileuse calcaire	Argilo-limoneux décarbonatés	Argiles à silex	Alluvions argileuses et terre humifère	Limons sableux, hydromorphe	Limons sableux, sain	Sable	Terre argileuse ou argilo-sableuse, hydromorphe
	Aubues blanches, limon gras, brunisol, ...	Aubues blanches, limon gras, brunisol, ...	Limons blancs, terre douces, luvisol limoneux, ...	Limons blancs, terre douces, luvisol limoneux, ...										
Autre noms	Aubues blanches, limon gras, brunisol, ...	Aubues blanches, limon gras, brunisol, ...	Limons blancs, terre douces, luvisol limoneux, ...	Limons blancs, terre douces, luvisol limoneux, ...	Petite terre à cailloux, G1, rendosol, ...	Petites aubue, G2, calcosol moyennement profond, ...	Aubues rouges, G3, calcosol argileux, ...	Calcosol argileux		Fluvisol argileux, ...		Bunisol sablo-limono-argileux, alocrisol, ...		Brunisol argileux, pélosol, réodosol, ...
% Argile	27 %	27 %	12 %	12 %	35 %	35 %	35 %	30 %	35 %	32 %	12 %	15 %	8 %	45 %
% CaCO3	0	0	0	0	20	30	40	0	0	0	0	0	0	0
% MO	Inférieur à 2 %	Supérieur à 2 %	Inférieur à 2 %	Supérieur à 2 %	3	3	3	3	2	3,5	1,7	2	1,5	2,5
Hydromorphie	Sol sain	Sol sain	Moyenne à forte	Moyenne à forte	Sol sain	Sol sain	Sol sain	Sol sain	Sol sain	Sol à nappe	Moyenne à forte	Sol sain	Sol sain	Hydromorphe
Charge en cailloux	0	0	0	0	40 %	25 %	0 à 20 %	5 %	35 %	0	0	10 %	15 %	0
Profondeur d'enracinement	jusqu'à 120cm	jusqu'à 120cm	jusqu'à 100cm	jusqu'à 100cm	< 25cm	25-50cm	50-80cm	60-90 cm	60cm	jusqu'à 120cm	jusqu'à 100cm	60-90 cm	30-50 cm	
Réserve Utile	jusqu'à 150mm	jusqu'à 150mm	jusqu'à 150mm	jusqu'à 150mm	< 50mm	50-80mm	80-120mm	80-120 mm	30-70mm	jusqu'à 150mm	50-100mm	70-110 mm	40-70mm	
Localisation fréquente	Sénonais, Plaine dijonnaise, Bourgogne nivernaise, Plateaux de Bourgogne, Centre nivernais, Plateau nivernais	Sénonais, Plaine dijonnaise, Bourgogne nivernaise, Plateaux de Bourgogne, Centre nivernais, Plateau nivernais	Gâtinais, Puisaye, Centre Nivernais, Sologne bourbonnaise, Bresse, Val de Saône, Auxois, Pays d'Othe, Plateau nivernais	Gâtinais, Puisaye, Centre Nivernais, Sologne bourbonnaise, Bresse, Val de Saône, Auxois, Pays d'Othe, Plateau nivernais	Plateaux de Bourgogne, Bourgogne nivernaise, Sénonais, Plateaux nivernais	Plateaux de Bourgogne, Bourgogne nivernaise, Sénonais, Amogne	Plateaux de Bourgogne, Centre nivernais, Auxois	Centre Nivernais, Auxois, Secteur neversois, Entre Loire et Allier, Amogne	Pays d'Othe, Puisaye, Gâtinais, Plateau nivernais	Vallées	Sologne bourbonnaise, Bresse, Puisaye, Plaine dijonnaise	Sologne bourbonnaise, Bresse, Puisaye	Val de Loire et d'Allier, Morvan, Sologne bourbonnaise, Val de Saône	Sologne bourbonnaise, Bresse, Puisaye, Champagne humide, Auxerrois, Val de Saône