



PREFET DE LA REGION BOURGOGNE-FRANCHE-COMTE

Direction régionale de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt

Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement

Arrêté n° 19. 518 BAG

établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Bourgogne Franche-Comté

Le Préfet de la région Bourgogne-Franche-Comté

Préfet de la Côte-d'Or

Officier de la Légion d'honneur

Officier 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 11 octobre 2016 modifiant 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 ;

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 interministériel du 5 mai 2017 modifiant l'arrêté 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 n°18354 BAG du 9 juillet 2018 portant création du groupe régional d'expertise « nitrates » pour la région Bourgogne Franche-Comté ;

VU l'arrêté préfectoral du 19 janvier 2015 établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Bourgogne modifié par l'arrêté préfectoral DRAAF/SREA 2019-02 du 13 mars 2019 ;

VU l'arrêté préfectoral n°2015-301-439 du 28 octobre 2015 établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Franche-Comté modifié par l'arrêté préfectoral DRAAF/SREA 2019-03 du 13 mars 2019 ;

VU les propositions du groupe régional d'expertise « nitrates » ;

SUR proposition du directeur régional 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 11 octobre 2016 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 îlot 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 ou dose plafond.

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 (P0) sous la forme suivante :

$$Pf = P0 + Mhp + MrCi + Nirr + (X+Xa) \times CAU$$

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
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
P0	Fournitures globales du sol (Mh, Mr,...)

2° - Conformément au c) du 1° du III de l'annexe I de l'arrêté du 11 octobre 2016 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. Ce rendement pourra être obtenu en calculant la moyenne pondérée des rendements en fonction du potentiel agronomique des parcelles. 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).

En cas de déclaration de calamités agricoles, de catastrophe naturelle (arrêté préfectoral catastrophe naturelle ou cas de force majeure), de déclaration de dégâts (gel, grêle, sécheresse, excès d'eau) auprès des assurances, de déclaration de dégâts de gibier auprès de la fédération départementale des chasseurs, il est possible d'exclure l'année considérée et de la remplacer par l'année n-6.

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 – Définitions

Une dose plafond est une dose, exprimée en azote efficace, que l'on ne peut en aucun cas dépasser. Elle laisse le libre choix d'épandre des doses plus faibles. Les cultures relevant d'une dose plafond sont mentionnées au tableau de l'annexe 1 de cet arrêté (colonne Méthode de calcul).

L'azote efficace correspond à la somme de l'azote présent dans un fertilisant azoté sous forme minérale et sous forme organique minéralisable pendant la période d'ouverture du bilan.

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 11 octobre 2016 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. En application du programme d'actions régional nitrates, toute personne exploitant plus de 100 hectares de céréales à paille en zone vulnérable devra réaliser une analyse de reliquat azoté en sortie d'hiver sur au moins 2 îlots culturaux exploités en zone vulnérable.

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 11 octobre 2016, 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 d'azote minéral 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 (reliquat sortie hiver ou de teneur en matières organiques) correspondant à l'îlot cultural considéré ou à un îlot présentant des caractéristiques comparables de sol et d'historique cultural.

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 permettront de caractériser le fertilisant organique épandu.

Article 7 – Outils de pilotage

Conformément aux 2° et 3° du III de l'annexe I de l'arrêté du 11 octobre 2016 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 (voir page 38 la prise en compte de la volatilisation).

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 le lendemain de sa publication au recueil des actes administratifs de la préfecture de région de Bourgogne Franche-Comté.

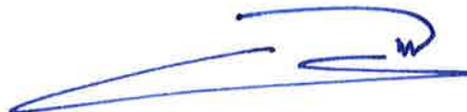
Article 10 – Abrogation

L'arrêté préfectoral du 19 janvier 2015 modifié, établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Bourgogne, et l'arrêté préfectoral n°2015-301-439 du 28 octobre 2015 établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Franche-Comté sont abrogés à compter de cette même date.

Article 11 – Article d'exécution

Les préfets des départements de la Côte d'Or, du Doubs, du Jura, de la Nièvre, de la Haute-Saône, de la Saône et Loire, de l'Yonne et du Territoire de Belfort et leurs services, le directeur régional 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 de Bourgogne Franche-Comté.

Dijon, le 20 NOV. 2019



Liste des annexes

Annexe 1 : Méthode de calcul des besoins en azote par culture	6
Annexe 2 : Méthode du bilan prévisionnel.....	8
Annexe 3 : Méthode du bilan CAU pour le maïs et le sorgho	41
Annexe 4 : Méthode du bilan CAU pour les prairies	47
Annexe 5 : Méthode dose plafond	52
Annexe 6 : Méthode de détermination de la biomasse du colza	55
Annexe 7 : Méthode du bilan prévisionnel pour la fertilisation des mélanges de cultures annuelles type méteils.....	57
Annexe 8 : Méthode du bilan prévisionnel pour la fertilisation des cultures intermédiaires à vocation énergétiques	58
Annexe 9 : Détermination de la situation culturale des parcelles situées en Franche-Comté.....	61
Annexe 10 : Prise en compte de la volatilisation ammoniacale	72
Annexe 11 : Types de sols pour les départements bourguignons	74
Annexe 12 : Types de sols pour les départements Franc-Comtois	75

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

Occupation du sol	Méthode de calcul	
CEREALES		
Blé tendre	Bilan / besoins proportionnels aux rendements	Page 8
Blé dur	Bilan / besoins proportionnels aux rendements	Page 8
Orge d'hiver, escourgeon	Bilan / besoins proportionnels aux rendements	Page 8
Orge de printemps	Bilan / besoins proportionnels aux rendements	Page 8
Avoine	Bilan / besoins proportionnels aux rendements	Page 8
Triticale	Bilan / besoins proportionnels aux rendements	Page 8
Seigle	Bilan / besoins proportionnels aux rendements	Page 8
Mais grain et semence	Bilan / méthode CAU	Page 41
Sorgho grain	Bilan / méthode CAU	Page 41
Autres cultures hiver (mélanges)	Bilan / méthode CAU	Page 57
Autres cultures printemps (mélanges)	Bilan / méthode CAU	Page 57
OLEAGINEUX		
Colza hiver	Bilan / besoins proportionnels aux rendements	Page 8
Colza printemps	Bilan / besoins proportionnels aux rendements	Page 8
Tournesol	Dose plafond	Page 52
Soja	Dose plafond	Page 52
Lin oléagineux	Bilan / besoins proportionnels aux rendements	Page 8
Moutarde	Bilan / besoins proportionnels aux rendements	Page 8
Autres oléagineux	Dose plafond / culture orpheline	Page 54
PROTEAGINEUX		
Pois protéagineux	Pas de besoin en fertilisation azotée	
Protéagineux fourragers	Pas de besoin en fertilisation azotée	
Féverole et vesce	Pas de besoin en fertilisation azotée	
Lupins doux	Pas de besoin en fertilisation azotée	
PLANTES A FIBRES		
Lin textile	Dose plafond / culture orpheline	Page 54
Chanvre	Bilan / besoins proportionnels aux rendements	Page 8
Autres plantes textiles	Dose plafond / culture orpheline	Page 54
PLANTES INDUSTRIELLES		
Betterave industrielle	Bilan / besoins forfaitaires	Page 15
Miscanthus	Dose plafond	Page 54
Plantes à parfum, aromatiques, médicinales et condimentaires dont Cassis bourgeon	Dose plafond / culture orpheline	Page 54
	Dose plafond	Page 53
Semences grainières	Bilan / besoins forfaitaires	Page 15
Racine endive	Dose plafond / culture orpheline	Page 54
Cultures intermédiaires à vocation énergétique (CIVE)	Bilan / besoins proportionnels aux rendements	Page 58
Autre Cultures Industrielles	Dose plafond / culture orpheline	Page 54

Occupation du sol	Méthode de calcul	
CULTURES FOURRAGERES ET PRAIRIES		
Mais fourrage et ensilage	Bilan / méthode CAU	Page 41
Sorgho fourrager	Bilan / méthode CAU	Page 41
Méteil	Bilan / besoins proportionnels aux rendements	Page 57
Plantes sarclées fourragères y c betterave four.	Bilan / besoins forfaitaires	Page 15
Luzerne	Dose plafond	Page 52
Légumineuses fourragères (hors luzerne)	Pas de besoin en fertilisation azotée	
Autres fourrages annuels	Dose plafond / culture orpheline	Page 54
Prairies temporaires (y compris prairies artificielles)	Bilan / méthode CAU	Page 47
Prairies permanentes	Bilan / méthode CAU	Page 47
LEGUMES, POMMES DE TERRE ET FLEURS		
Lentille, fève	Pas de besoin en fertilisation azotée	
Pois chiche, pois potager	Dose plafond	Page 52
Autres légumes secs	Dose plafond / culture orpheline	Page 54
Légumes frais, fraises, melons sous serre	Dose plafond / culture orpheline	Page 54
Cultures porte-graines	Besoins forfaitaires et dose plafond	Pages 18 et 54
Légumes frais en plein air (y compris maraîchage)	Bilan / besoins forfaitaires	Page 17
Légumes de plein champ transformation dont oignons, carotte, haricot	Dose plafond / culture orpheline Bilan / besoins forfaitaires	Page 54 Page 17
Pommes de terre	Bilan / besoins forfaitaires	Page 15
Fleurs en plein air ou sous abri bas	Dose plafond / culture orpheline	Page 54
Fleurs sous serre ou sous abri haut	Dose plafond / culture orpheline	Page 54
CULTURES PERMANENTES (VIGNES, ARBRES ET ARBUSTES)		
Vignes raisin de cuve	Dose plafond	Page 53
Vigne Pépinière viticole	Dose plafond / culture orpheline	Page 53
Vigne mère porte-greffe	Dose plafond / culture orpheline	Page 53
Abricotier	Dose plafond / culture orpheline	Page 54
Cerisier et griottier	Dose plafond	Page 53
Pêcher, nectarinier, pavie	Dose plafond / culture orpheline	Page 54
Prunier (y compris mirabellier et quetschier)	Dose plafond / culture orpheline	Page 54
Autres fruits à noyau	Dose plafond / culture orpheline	Page 54
Pommier	Dose plafond / culture orpheline	Page 54
Poirier	Dose plafond / culture orpheline	Page 54
Kiwi	Dose plafond / culture orpheline	Page 54
Autres fruits à pépins	Dose plafond / culture orpheline	Page 54
Framboisier	Dose plafond / culture orpheline	Page 54
Groseillier	Dose plafond / culture orpheline	Page 54
Cassissier	Dose plafond	Page 53
Myrtilles	Dose plafond / culture orpheline	Page 54
Autres petits fruits	Dose plafond / culture orpheline	Page 54
Châtaignier	Dose plafond / culture orpheline	Page 54
Noyer	Dose plafond / culture orpheline	Page 54
Noisetier	Dose plafond / culture orpheline	Page 54
Arbres de Noël	Dose plafond	Page 54
Pépinière, ornementale, fruitière, forestière	Dose plafond / culture orpheline	Page 54
Autres (jonc, mûrier, osier, arbres truffiers..)	Dose plafond / culture orpheline	Page 54

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 :

$$P_f = P_i + R_i + M_h + M_{hp} + M_r + M_{rCi} + N_{irr} + X + X_a - L - R_f$$

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 :

$$X = P_f - P_i - R_i - M_h - M_{hp} - M_r - M_{rCi} - N_{irr} - X_a + L + R_f$$

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

BESOINS		FOURNITURES	
P_f	Azote absorbé par la culture à la fermeture du bilan = $P_f = y \times b$	P_i	Azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan
R_f	Azote minéral dans le sol à la fermeture du bilan	R_i	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	M_h	Minéralisation de l'humus du sol
		M_{hp}	Minéralisation supplémentaire due aux retournements de prairies
		M_r	Minéralisation des résidus de culture du précédent
		M_{rCi}	Minéralisation des résidus de culture intermédiaire
		X_a	Fourniture d'azote par les produits organiques
		N_{irr}	Azote apporté par l'eau d'irrigation
Total des besoins = P_f + R_f + L		Total des fournitures = P_i + R_i + M_h + M_{hp} + M_r + M_{rCi} + X_a + N_{irr}	
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 39 et 40

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**, 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 15*).

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, pois chiche, soja, luzerne) pour lesquelles un apport précoce ou tardif d'azote est toléré (*voir page 52*).

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.

$$Pf = b \times y$$

avec b = besoin par unité de production

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 : avoine, blé tendre, blé dur, orge, triticale, seigle, colza, lin oléagineux, maïs, sorgho, chanvre, moutarde, méteil, cultures intermédiaires à vocation énergétique.

→ Prairies concernées : 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.

Les valeurs par défaut d'objectif de rendement ont été définies par type de sol (pour les parcelles situées dans l'ex Bourgogne) et par situation culturale (pour les parcelles situées dans l'ex Franche Comté) pour les grandes cultures et les prairies (*voir types de sol en annexes 11 et 12*).

Le tableau suivant présente les valeurs de rendements retenues.

¹ Se référer à l'article 2 du présent arrêté

Rendements de référence par défaut (en cas d'absence de références sur l'exploitation) par type de sol Bourguignon (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 hiver q/ha	85	85	85	85	60	68	75	75	67	85	73	73	60	75
Blé tendre printemps q/ha	75	75	75	75	50	58	65	65	57	75	63	63	50	65
Blé dur q/ha	76	76	76	76	51	59	66	66	58	76	64	64	51	66
Orge Hiver q/ha	78	78	78	78	58	66	75	75	65	78	70	70	60	70
Orge Printemps q/ha	72	72	64	64	50	55	64	64	63	67	58	60	45	55
Triticale q/ha	84	84	82	82	65	68	71	71	67	89	71	73	50	60
Avoine hiver q/ha	68	68	68	68	43	51	58	58	50	68	56	56	43	58
Avoine printemps q/ha	63	63	63	63	38	46	53	53	45	63	51	51	38	53
Seigle q/ha	75	75	75	75	50	58	65	65	57	75	63	63	50	65
Seigle fourrager t MS/ha	10	10	10	10	6	8	9	9	8	10	8	8	6	8
Epeautre q/ha	50	50	50	50	35	40	45	45	40	50	40	40	35	45
Maïs grain q/ha	104	104	105	105	70	75	82	82	73	110	97	100	70	85
Maïs ensilage tMS/ha	19	19	20	20	12	13	15	15	13	20	18	19	12	15
Sorgho Fourrager tMS/ha	15	15	16	16	10	10	12	12	10	16	14	15	10	12
Sorgho grain q/ha	94	94	95	95	60	65	72	72	63	100	87	90	60	75
Méteil tMS/ha	12	12	12	12	8	10	11	11	10	12	10	10	8	10
Colza q/ha	41	41	40	40	30	34	36	36	37	38	37	38	28	38
Moutarde q/ha	20	20	17	17	12	18	20	18	16	20	16	18	15	15
Lin oléagineux q/ha	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24

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)													
Chanvre paille en q/ha	80	80	80	80	50	70	70	60	60	80	70	60	60	70
Chanvre chènevis en q/ha	11	11	11	11	9	10	11	10	9	11	9	9	8	11
Prairies permanentes tMS/ha	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 tMS/ha	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

Pour l'orge de printemps semée en automne, retenir le rendement de référence de l'orge d'hiver.

Les types de sol caractérisés pour les départements Bourguignons sont décrits en annexe 11

**Rendements de référence par défaut (en cas d'absence de références sur l'exploitation)
par situation culturale de Franche-Comté : (rendement y)**

Établir la situation culturale de la parcelle en se reportant à l'annexe 9 puis lire l'objectif de rendement dans le tableau suivant :

Situation culturale	A	B	C	D	E
Culture					
Blé tendre hiver q/ha	85	80	75	70	65
Blé tendre printemps q/ha	75	70	65	60	55
Blé dur q/ha	80	75	70	65	60
Orge Hiver q/ha	80	75	70	65	60
Orge Printemps q/ha	70	65	60	55	50
Triticale q/ha	85	80	75	70	65
Avoine hiver q/ha	65	60	55	55	50
Avoine printemps q/ha	60	55	50	50	50
Epeautre q/ha	50	45	40	35	30
Seigle q/ha	75	70	65	60	55
Seigle fourrager tMS/ha	10	9	8	7	6
Maïs grain q/ha	110	105	90	85	80
Maïs ensilage tMS/ha	20	17	15	14	14
Sorgho Fourrager tMS/ha	16	15	14	13	13
Sorgho grain q/ha	100	95	80	75	70
Méteil tMS/ha	12	11	10	9	8
Colza q/ha	42	40	37	35	31
Moutarde q/ha	15	15	15	15	15
Lin oléagineux q/ha	21	21	21	21	21
Chanvre paille en q/ha	80	80	75	70	60
Chanvre chènevis en q/ha	11	11	10	10	9
Prairies permanentes tMS/ha	9,3	8,2	7,2	6,1	5,1
Prairies temporaires tMS/ha	10,7	9,7	8,7	7,5	6,5

Pour l'orge de printemps semée en automne, retenir le rendement de référence de l'orge d'hiver

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 Les autres variétés améliorantes non référencées ici sont positionnées par défaut en b = 3,9	3.7	Manital, Renan	q	Arvalis, 2018
	3.9	Alessio, Antonius, CH Nara, Esperia, Forcali, Galibier, Izalco CS, Lennox, MV Kolo, MV Suba, Quality, Rebelde		
	4.1	Activus, Adesso, Amicus, Bologna, Bussard, CH Claro, Courtot, Figaro, Geo, Ghayta, Guadalete, Levis, Logia, Lona, Metropolis, MV Mente, Qualital, Quebon, Runal, Sagittario, Skerzzo, Tamaro, Ubicus		
Blé dur	3.7	Atoudur, Biensur, Gibus, Joyau, Pescadou, Pictur, Plussur, Qualidou, RGT Fabionur, RGT Izalmur, RGT Voilur, SY Banco	q	Arvalis, 2018
	3.9	Anvergur, Karur, Casteldoux, Cultur, Fabulis, Miradoux, Lloyd, Luminur, Janeiro, Nemesis, Pastadou, SY Cysco, Toscadou		
	4.1	Alexis, Aventur, Babylone, Daurur, Floridou, Haristide, Heraklion, LG Boris, Nobilis, Relief, RGT Musclur, Sculptur, Tablur		
Colza	7,0		q	Cetiom2014
Moutarde	6,5		q	CA 21
Chanvre	15		T de paille et chènevis	Cetiom2012
Lin oléagineux	4,5		q	Cetiom2012
Maïs grain	b = 2,3 si objectif de rendement inférieur ou égal à 100 q		q	Arvalis, 2012
	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			
Maïs ensilage	b = 14 si objectif de rendement inférieur ou égal à 14 t		T de MS	Arvalis, 2012
	b = 13 si objectif de rendement entre 14 et 18 t			
	b = 12 si objectif de rendement supérieur ou égal à 18 t			
Orge	2,5		q	Arvalis, 2013
Epeautre	2,0		q	Arvalis
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

Cas particulier du blé tendre :

Pour le blé tendre, le besoin en azote à prendre en compte est le suivant :

- si l'objectif de production est uniquement d'optimiser le rendement, alors c'est le besoin unitaire b associé à la variété qui doit être pris en compte

- si l'objectif associe un rendement optimal et une teneur en protéines d'au moins 11,5 %, alors c'est le besoin unitaire bq qui doit être pris en compte. Dans ce cas, il est conseillé de reporter la dose d'azote correspondant à la différence des 2 doses calculées, d'une part avec bq et d'autre part avec b, vers la fin de montaison où l'apport d'azote sera le plus efficace sur l'augmentation de la teneur en protéines.

Variétés de blé tendre	Besoin (b)	Besoin (bq)
	en kg N/q	en kg N/q
Adhoc, Advisor, Aigle, Ambition, Ami, Annecy, Apollo, Armada, Artaban, Audi, Basmati, Bermude, Carnaval, Chevignon, Concret, Costello, Diderot, Gedser, Granamax, Hybello, Hybery, Hybiza, Hyclick, Hyking, Hypodrom, Lear, Lithium, Lyrik, Montecristo Cs, Mortimer, Mutic, RGT-Volupto, Rossini, Sanremo, Sepia, Sokal, Trapez	2,8	3,0
Glasgow, Johnson		3,2
Adriatic, Alhambra, Ilez Y, Apache, Apanage, Apostel, Aprilio, Arezzo, Aubusson, Bagou, Baroudeur, Bonifacio, Boregar, Brentano, Buenno, Calabro, Calisol, Calumet, Cellule, Chevalier, Comilfo, Compil, Descartes, Diamento, Ephoros, Etana, Euclide, Fantomas, Filon, Fluor, Forby, Foxyl, Goncourt, Haven, Hyfi, Hynvictus, Illico, Interet, Jaidor, Kalystar, Kws Dakotana, LG Absalon, LG Altamont, LG Android, Lipari, Luminon, Maupassant, Musik, Numeric, OEdipe, Oregrain, Paledor, Paroli, Pastoral, Pibrac, Pilier, RGT Cyclo, RGT Cysteo, RGT Goldenno, RGT Kilimanjaro, RGT Tekno, RGT Velasko, RGT Venezia, Rochfort, Rubisko, Rustic, Samourai, Scenario, Silverio, Solehio, Solindo CS, Sophie CS, Sothys CS, Sponsor, Starway, Stromboli, Syllon, Tarascon, Unik, Vyckor	3,0	3,0
Accroc, Albator, Alixan, Amboise, Andalou, Arkeos, Ascott, Attraktion, Auckland, Barok, Belepi, Bergamo, Chevron, Collector, Complice, Creek, Expert, Faustus, Fructidor, Grapeli, Hydrock, Hyxtra, Ionesco, Kws Extase, Laurier, Leandre, Macaron, Maori, Matheo, Nemo, Oxebo, RGT Cesario, RGT Libravo, RGT Pulko, RGT Sacramento, Ronsard, Stereo, Sy Mattis, Sy Moisson, System, Tenor, Terroir, Triumph		3,2
Altamira, Atlass, Bienfait, Camp Remy, Centurion, Exelcior, Exotic, Falado, Fortal, Gascogne, Graindor, Hastings, Hendrix, Lazaro, LG Armstrong, LG Ascona, Marksman, Nogal, Orloge, Potenzial, RGT Forzano, RGT Talisko, Soissons, Soverdo CS, Zinal	3,2	3,2

Source : Arvalis – Institut du végétal, décembre 2018

Les autres variétés non référencées ici et non améliorantes sont positionnées par défaut en b = 3,0

Ces valeurs font l'objet d'une mise à jour annuelle pour les besoins en azote des variétés de blé tendre, blé améliorant et de blé dur. Dans ce cas, il est possible de se référer aux publications d'Arvalis les plus récentes (en ligne sur le site du COMIFER <http://www.comifer.asso.fr/index.php/fr/bilan-azote/postes-du-bilan-previsionnel/besoins-proportionnels-au-rendement-cas-general.html>).

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 : Betterave industrielle, Pomme de terre, Oignons, Légumes d'industrie, Légumes frais, Semences grainières.

Cultures	Besoins (en kg N/ha)	Variétés	Source
Betterave industrielle, betterave fourragère	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

Pommes de terre (source ARVALIS 2017) :

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.

- Pommes de terre de consommation :

Date de plantation	Date de défanage ou de récolte en vert								
	01/07-10/07	11/07-20/07	21/07-31/07	01/08-10/08	11/08-20/08	21/08-31/08	01/09-10/09	11/09-20/09	21/09-30/09
21/03-31/03	215	230	245	250	260	260	265	270	275
01/04-10/04	205	225	235	250	255	265	265	270	275
11/04-20/04	200	215	235	245	255	260	265	265	270
21/04-30/04	195	210	225	240	245	250	260	265	270
01/05-10/05	175	195	215	235	240	250	255	260	265
11/05-20/05	150	180	200	215	230	240	245	255	260
21/05-31/05	125	160	185	210	220	230	240	245	250
01/06-10/06	60	125	160	190	210	215	230	235	240

- Pommes de terre chair ferme :

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
21/03-31/03	165	180	190	195	200	200	205	210	215
01/04-10/04	160	175	185	195	200	205	210	210	215
11/04-20/04	155	170	185	190	195	200	205	205	210
21/04-30-04	150	165	175	185	190	195	200	205	210
01/05-10/05	140	150	165	180	185	195	200	200	205
11/05-20/05	120	140	155	165	175	185	190	200	200
21/05-31/05	100	125	145	165	170	180	185	190	195
01/06-10/06	45	95	125	150	160	170	175	185	190

- Pommes de terre grenaille :

Date de plantation	Date de défanage ou de récolte en vert								
	20/06-30/06	01/07-10/07	11/07-20/07	21/07-31/07	01/08-10/08	11/08-20/08	21/08-31/08	01/09-10/09	11/09-20/09
21/03-31/03	110	120	125	135	140	145	145	150	155
01/04-10/04	105	115	125	130	140	145	150	150	155
11/04-20/04	100	110	120	130	135	140	145	150	150
21/04-30-04	95	105	115	125	135	135	140	145	150
01/05-10/05	85	100	115	115	130	135	140	145	145
11/05-20/05	65	85	100	110	120	125	135	140	145
21/05-31/05	30	65	90	100	115	120	130	135	135
01/06-10/06	5	25	70	85	105	115	120	125	130

- Pommes de terre industrie et féculé :

Date de plantation	Date de défanage ou de récolte en vert								
	11/08-20/08	21/08-31/08	01/09-10/09	11/09-20/09	21/09-30/09	01/10-10/10	11/10-20/10	21/10-31/10	11/08-20/08
01/04-10/04	270	275	280	285	285	290	290	295	270
11/04-20/04	265	275	280	285	290	290	290	295	265
21/04-30-04	260	270	270	280	285	285	290	290	260
01/05-10/05	250	260	270	275	280	280	285	285	250
11/05-20/05	240	250	260	265	270	275	280	285	240
21/05-31/05	225	245	250	260	265	270	275	275	225
01/06-10/06	210	225	240	245	255	260	265	265	210
11/06-20/06	195	210	220	235	250	250	255	260	195

Source : Arvalis Institut du Végétal 2017

Légumes frais

Besoins d'azote des légumes frais

CULTURES	MOBILISATIONS ²	RENDEMENT
	(kgN/ha)	(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) CTIFL, PLN, CA Bretagne, 2012 - (2) sources : CTIFL, ISAB, CA Bretagne, 2012

² Mobilisation ou besoin : quantité d'azote prélevé par une culture nécessaire et suffisante pour optimiser la production en terme de rendement et de qualité (pour l'endive les valeurs ne prennent pas en compte les 30 U de reliquat post récolte)

Cultures porte-graines à petites graines (source FNAMS 2019)

Fourragères porte-graine

Famille botanique	Espèce	Besoin en azote (kg/ha)	Dose plafond (kg/ha)
Poacées	Ray-grass anglais	170	
	Ray-grass d'Italie	120 (hors précoupe de printemps)	
	Fétuque élevée	160	
	Fétuque rouge	150	
	Dactyle	190	
	Ray-grass hybride	120 (hors précoupe de printemps)	
	Avoine rude	150	
	Fétuque ovine	150	
	Fétuque des prés	160	
	Brome	160	
	Pâturin des prés		80
	Fléole des prés	160	
Brassicacées	Chou fourrager		125
	Radis fourrager	150	

Betterave sucrière porte graine

Famille botanique	Espèce	Besoin en azote (kg/ha)
Chenopodiacées	Betterave sucrière	280

Potagères porte-graine

Famille botanique	Espèce	Besoin en azote (kg/ha)	Dose plafond (kg/ha)
Alliacées	Oignon plantation automne	150	
	Oignon plantation printemps	110	
	Poireau	140	
	Echalote	150	
	Ciboule/ciboulette		90
Apiacées	Carotte (type nantaise)	140	
	Persil	140	
	Aneth	140	
	Coriandre	140	
	Fenouil	140	
	Panais	140	
	Céleri	140	
Astéracées	Chicorée Witloof (semis direct)	160	
	Chicorée à feuille	160	
	Laitue	130	
	Cardon	140	
	Chicorée, scarole frisée	160	
Brassicacées	Radis type rond rouge	150	
	Choux		125
	Navet	150	
	Cresson alénois	110	
	Roquette	150	
Chenopodiacées	Betterave rouge	200	
	Epinard	120	
	Poirée	280	
Cucurbitacées	Courge-Courgette	200	
	Concombre		120
	Cornichon		120
	Melon		120
	Citrouille-Patisson		120
Valérianacée	Mâche	110	

Cultures porte-graine à grosses graines (source FNAMS 2019)

Les cultures porte-graines dites à grosses graines réalisent un cycle de production similaire aux cultures de consommation et ne présentent donc pas de spécificités vis-à-vis de la fertilisation azotée.

Céréales porte-graine	
Céréales à paille sauf blé hybride	Se reporter aux références céréales visées ci-dessus
Blé hybride	Pour calculer le besoin en azote de la culture en production de semences, la référence de rendement à utiliser est le rendement de la lignée mâle
Potagères porte-graine à grosse graine	
Haricot	(190 kg/ha)
Pois	(270 kg/ha)

Pi : Quantité d'azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan (sortie d'hiver)

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 :

→ **NabsEh (kgN/ha) = poids frais en kg/m² x 50**

→ **NabsSh (kgN/ha) = poids frais en kg/m² x 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 NabsEH > NabsSH, **Pi = NabsSH + (0.5 x (NabsEH – NabsSH) / 1.35)**

Sinon, **Pi = NabsSh**

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

Pi = 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 Terres Inovia) :

. 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

. Les méthodes par prise de photos (satellite, drones, appareil piéton,...)

Ces méthodes permettent une estimation de l'azote absorbé par le biais de l'analyse de photos prises par satellite, drones, appareil piéton,... Ces méthodes sont précises et faciles à mettre en œuvre mais soumises aux contraintes logistiques de prise des photos.

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 nitrique** 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 (fraction ammoniacale supérieure à 2 fois la fraction nitrique), 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.

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 $30 - (0,20 \times 30)$ soit 24 kg N/ha.

Les résultats des analyses personnelles peuvent être utilisés pour les autres parcelles de l'exploitation dont les conditions de sol, de fertilisation et de précédent cultural sont comparables. A défaut, les valeurs proposées dans les tableaux ci-après ou celles issues des synthèses effectuées par les structures régionales pour la campagne culturale en cours peuvent être utilisées.

Les valeurs proposées dans le tableau ci-après peuvent être utilisées par défaut.

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

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 annexes 11 et 12).

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 de produits résiduels organiques et types de produits							
	Jamais	5-10 ans		3-4 ans		1-2 ans	
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.

Pour les départements Bourguignons, les valeurs calculées de Mh sont précisées dans le tableau suivant :

Type de sol	Cultures d'hiver et de printemps (céréales à paille, colza, moutarde...)	Culture légumière (oignon, pdT, ...)	Betteraves fourragères Betteraves sucrières	Chanvre
Limons argileux profonds MO inférieure à 2 %	20	30	70	30
Limons argileux profonds MO supérieurs à 2 %	25	40	70	40
Limons profonds MO inférieure à 2 %	25	50	70	50
Limons profonds MO supérieure à 2 %	35	70	70	65
Argilo-calcaires superficiels	10	20	40	15
Argilo-calcaires moyens et craie Yonne	15	30	50	20
Argilo-calcaires profonds et terre argileuse calcaire	20	30	50	20
Argilo-limoneux décarbonatés	30	50	70	50
Argiles à silex	15	30	50	20
Alluvions argileuses et terre humifère	35	60	90	60
Limons sableux, hydromorphe	25	50	70	50
Limons sableux, sain	25	30	50	50
Sables	25	30	40	50
Terre argileuse ou argilo-sableuse, hydromorphe	15	30	50	30

Pour les départements Franc-Comtois, les valeurs calculées de Mh sont précisées dans le tableau suivant :

Numéro de sol COMIFER	Type de sol	Cultures d'hiver et de printemps (céréales à paille, colza, moutarde...),	Culture légumière (oignon, pdT, ...)	Betterave fourragères Betteraves sucrières	Chanvre
2	Limons battants	25	45	85	45
3	Limons argileux profonds (MO>2%)	25	40	70	65
4	Argilo-calcaires superficiels	10	20	40	15
5	Argilo-calcaires profonds	20	30	50	20
6	Sablo graveleux (sables)	25	30	40	50
7	Alluvions argileuses (Alluvions argileuses et terre humifère)	35	60	90	60
8	Limons argileux superficiels de plateaux	20	35	70	30
10	Argilo calcaires de vallée	20	30	55	25
11	Limons hydromorphes (limons profonds MO<2%)	25	50	70	50
12	Limons argileux hydromorphes de vallée (Terre argileuse ou argilo-sableuse, hydromorphe)	15	30	50	30

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. Les valeurs des tableaux a et b ci-dessous représentent le supplément de minéralisation (en kgN/ha) pour la période d'établissement du bilan azoté de chaque culture (semis – récolte pour le maïs, 15 février – récolte pour le blé).

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
Année de la culture post destruction	1	Maïs	20	60	100	120	140
	2	maïs ou blé	0	0	25	35	40
	3	maïs ou blé	0	0	0	0	0

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	10	30	50	60	70
	2	maïs ou blé	0	0	0	0	0
	3	maïs ou blé	0	0	0	0	0

Les valeurs mentionnées dans les tableaux a et b sont à multiplier par les valeurs suivantes selon la proportion de fauches dans le mode d'exploitation d'une prairie de ray-grass anglais (RGA) pur.

Effet du mode d'exploitation	Prairie RGA pur	Prairie Association RGA-TB
Pâturage intégrale	1,0	1,0
Fauche + pâturage	0,7	1,0
Fauche intégrale	0,4	1,0

Source : COMIFER

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 ⁴	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 / sorgho fourrage	0	0
Maïs grain / sorgho 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	
Autres cultures	0	

* 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.

³ Source chambre d'agriculture 21

⁴ Source chambre d'agriculture 21

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

Ce poste n'est pris en compte que pour les intercultures longues.

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
		<= 1	2 (> 1 et < 3)	>= 3	<= 1	2 (> 1 et < 3)	>= 3
Crucifères (moutarde, radis...)	<= 1	5	10	0	5
	2 (> 1 et < 3)	10	15	5	10
	>= 3	15	20	10	15
Graminées de type Ray-Grass	<= 1	0	5	0	0
	2 (> 1 et < 3)	5	10	0	5
	>= 3	10	15	5	10
Graminées de type seigle, avoine... Hydrophyllacées (Phacélie)	<= 1	10	20	5	10
	2 (> 1 et < 3)	20	30	10	20
	>= 3	30	40	20	30
Légumineuses ⁵	<= 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)

⁵ Il est rappelé l'interdiction d'utiliser des légumineuses pures en CIPAN en zone vulnérable
Annexes à l'arrêté préfectoral établissant le référentiel régional de Bourgogne Franche-Comté page 29

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 X_a s'opère à l'aide de l'équation suivante :

$$X_a = N_{pro} \times Q \times K_{eq}$$

Avec :

N_{pro} : 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

K_{eq} : 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 (Npro)

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.

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)

BOVINS

Matière organique	Type	Observations	Npro	Source
Compost de fumier de bovins	A	litière accumulée	6,5	COMIFER
Compost élevage laitier	A	(23%MS)	6,1	CA70
Fumier bovin lait stabulation paillée	A		5,5	CA71
Fumier bovin lait étable entravée	A		5	CA71
Fumier vaches laitières – plate-forme	A	(18%MS)	5,2	CA70
Fumier vaches laitières – bout de champ	A	(21%MS)	6,3	CA70
Fumier bovin allaitant étable entravée	A		4,4	CA71
Fumier bovin allaitant stabulation paillée	A		4,7	CA71
Fumier mou bovin allaitant aire raclée	A		5,1	IE 2001
Fumier vaches allaitantes	A	(25%MS)	6,5	CA70
Fumier bovin taurillon stabulation paillée	A	(21%MS)	6,1	CA BFC
Fumier génisses	A	(20%MS)	5,6	CA70
Fumier veaux	A		7,4	CA 58
Lisier vaches laitières	B	fosse caillebotis (9,4%MS)	3,7	CA70
Lisier vaches laitières	B	fosse non couverte (6%MS)	2,1	CA70
Lisier dilué vaches laitières	B	fosse non couverte (3%MS)	1,2	CA70
Lisier bovin allaitant dilué	B		2,7	IE 2001
Lisier bovin taurillon en système couvert	B		5,2	IE 2001
Lisier bovin veau de boucherie	B		1,5	IE 2001
Purins de bovins	B	Purs	3	IE 2001
	B	dilués	0,4	IE 2001

AUTRES RUMINANTS

Matière organique	Type	Observations	Npro	Source
Fumier cheval	A		8	COMIFER
Composts de fumiers d'ovins	A		11,5	IE 2001
Fumier ovins	A		6,7	IE 2001
Fumier caprins	A		6,1	IE 2001

PORCINS

Matière organique	Type	Observations	Npro	Source
Compost de fumier de porc	A	à base de sciure	8,7	ITP 2005
Compost de fumier de porc	A	à base de paille	13,3	ITP 2005
Compost de lisier sur paille	A	paille et lisier (1 pour 12 en masse) méthode Isater	6,7	ITP 2005
Fumier de porc stocké 3 à 6 mois	B		11,3	ITP 2005
Fumier de porc	B	porcs charcutiers sur sciure	7,5	ITP 2005
Fumier de porc	B	porcs charcutiers sur paille	9,4	ITP 2005
Lisier porc engraissement	C	sous caillebotis	5,8	ITP 2005
Lisier porc mixte	C	fosse de stockage extérieur	3,5	ITP 2005
Lisier truies gestantes	C	sous caillebotis	2,2	ITP 2005
Lisier truies allaitantes	C	sous caillebotis	2,8	ITP 2005
Lisier de porcelets (sevrage 25/30kg)	C	sous caillebotis	5,2	ITP 2005
Lisier dilué porc nais./engrais	C	3%MS	2,9	ITP 1997
Lisier dilué porc engraissement	C	2% MS	2,2	ITP 1997

VOLAILLES

Matière organique	Type	Observations	Npro	Source
Compost de fientes de volailles avec litière	B	jusqu'à 10 mois	23	Comifer
Fumier poulets chair	B	sortie bâtiment	29	IE 2001
	B	en conditions sèches	26	IE 2001
	B	en condition humide ou de fermentation	22	IE 2001
Fumier poulets label	B	sortie bâtiment	20	IE 2001
	B	en conditions sèches	18	IE 2001
	B	en condition humide ou de fermentation	15	IE 2001
Fumiers dinde	B	à la sortie du bâtiment	27	IE 2001
	B	après stockage en conditions: sèches	25	IE 2001
	B	très humides ou favorables à la fermentation	21	IE 2001
Fumiers pintade	B	sortie bâtiment	32	IE 2001
	B	en conditions sèches	29	IE 2001
	B	en condition humide ou de fermentation	24	IE 2001
Fientes et lisiers poules pondeuses	C	10% MS	6,8	IE 2001
	C	humide : 25% MS	15	IE 2001
	C	si préséchées sur tapis 40%MS	22	IE 2001
	C	séchées en fosse profonde : 80% MS	30	IE 2001
	C	fientes séchées en hangar (80% MS)	40	IE 2001
Lisier de canard	C	10% MS	4,4	IE 2001
	C	10 à 15% MS	5,9	IE 2001
	C	> 15% MS	8,6	IE 2001

AUTRES

Matière organique	Type	Observations	Npro	Source
Lisier de lapin	C	20 à 25% de MS	7,5	ITAVI
Vinasse de betterave			4,2	Arvalis
Ecumes de sucreries			3,4	CA89

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	0,50

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
- Digestats de méthanisation : 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 boues d'épuration et de laiterie

Effet direct = effet de l'apport de l'année :

Type de boues	Epandage hivernal	Epandage printanier
Boues épaisses > 12% MS	0,3	0,45
Boues liquides < 12% MS	0,4	0,6

Source : chambre d'agriculture 70

Les effets indirects sont considérés comme nuls.

- Pour les digestats de méthanisation agricole

Produit	Culture concernée	Apport de printemps	Apport d'automne
Digestat brut	De printemps (type maïs) apport en surface	0,50	0,20
	De printemps (type maïs) injection	0,90	0,20
	D'automne (colza)	0,80	0,20
	D'automne (blé)	0,65	0,20
Fraction liquide après séparation de phase	De printemps (type maïs)	0,70	0,20
Fraction sèche après séparation de phase	De printemps (type maïs)	0,30	0,20

Source : COMIFER et ARVALIS

Pour les produits organiques autres que effluents d'élevage, 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 fortement 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 :

$Nirr = \text{teneur en azote de l'eau d'irrigation} \times \text{quantité d'eau apportée}$

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

→ 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. 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.

L : Perte 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, mais l'objectif d'une fertilisation maîtrisée est qu'il tende vers zéro. Par conséquent, dans le cas général, la valeur retenue dans la formule est nulle : $L = 0$.

Cependant, dans les cas où de forts épisodes pluvieux (>50 mm de précipitations cumulées) surviennent entre la mesure du reliquat et le stade épi 1 cm, l'utilisation d'un outil de simulation peut être mise en œuvre pour estimer les pertes par lixiviation L d'une partie de Ri (cf. tables d'ajustement en annexe de la brochure fertilisation du COMIFER disponible en téléchargement <https://comifer.asso.fr/fr/publications.html>). Dans ce cas, l'exploitant devra être en mesure d'expliquer le calcul de ce terme L et de justifier le niveau de précipitation enregistré.

Si l'outil de calcul du plan prévisionnel de fumure ne prend pas en compte le terme L, la valeur du reliquat sortie hiver (poste Ri) valorisable à retenir pour le calcul de la dose X pourra être revue à la baisse. La nouvelle valeur de reliquat sera obtenue en soustrayant ce terme L au reliquat azoté mesuré ou estimé à la date d'ouverture du bilan prévisionnel.

Dans tous les cas, l'exploitant devra pouvoir justifier ces réajustements (valeur initiale du reliquat, calcul de la quantité d'azote lessivée, valeur du reliquat retenu après correction).

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 (récolte de la culture). 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% CaCO3 < 10 %	Sol limoneux 15 % < Argile < 30 % Limon > 45 % CaCO3 < 10 %	Sol argileux Argile > 30 % et sol de craie
	Correspondance type de sols Bourgogne		
	Sable Limons 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
	Numéro type de sol COMIFER (voir page 70)		
	2/6	3/8/11	4/5/7/10/12
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 39 & 40.

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/>) et en annexe 10.

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, figurant en annexe 10 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 11 octobre 2016 (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 : situation climatique 1 en Franche-Comté

- Rendement : moyenne des rendements des 5 dernières années (en enlevant la meilleure année et la plus mauvaise année) : 83 q/ha
- Variété : LG ABSALON
- Sol : argilo-calcaires profonds (n°5)
- 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 : Repousses colza
- Effluents d'élevage : lisier de vache laitière fosse non couverte 30m³ apporté à l'automne
- 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 argilo calcaire profond	30	Ri	RSH	Sol argilo-calcaire profond en précédent colza	40
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 argilo calcaire x coefficient effet long terme des effluents (lisier de bovins tous les 2 ans : catégorie BC et pailles exportées tous les ans)	$20 \times 1 = 20$
				Mhp	Minéralisation supplémentaire due aux retournements de prairie	Prairie détruite à l'automne il y a 2 ans, âge de la prairie : 4 ans	0
				Mr	Minéralisation des résidus de culture du précédent	Effet précédent colza	20
				MrCi	Minéralisation des résidus de culture intermédiaire	Culture intermédiaire repousse colza – Ouverture du bilan sortie hiver	Non pris en compte car interculture courte
				Xa	Fourniture d'azote par les produits organiques	Quantité d'azote contenu dans le lisier x 30m ³ x coefficient d'équivalence engrais pour un apport d'automne	$2,1 \times 30 \times 0,15 = 9,45$
				Nirr	Azote provenant de l'irrigation	50 mm d'irrigation	0
Total des besoins : 279 kgN/ha				Total des fournitures : 114,5 kg N/ha			

Calcul de la dose X d'apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse (besoins - fournitures)

$$X = 279 - 114,5 = 164,5 \text{ kg N/ha}$$

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

Situation plaine céréalière Bourgogne

Données :

- Rendement : moyenne des rendements des 5 dernières années (en enlevant la meilleure année et la plus mauvaise année) : 83 q/ha
- Variété : LG ABSALON
- 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
- 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 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.

Equation du bilan :

L'équation utilisée pour définir la dose X à apporter 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 femelles /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) (voir page 9 et article 2)

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 pages 10 et 11.

Besoin de la culture (Pf) = besoin unitaire (b) x objectif de rendement (y) = **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 Bourgogne	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

Type de sol COMIFER pour la Franche-Comté (voir p 70)	Fournitures globale kgN/ha sans apports organiques
2 Limons battants	85
3 Limons argileux profonds	80
4 Argilo-calcaires superficiels	30
5 Argilo-calcaires profonds	70
6 Sols sablo-graveleux	45
7 Alluvions argileuses	90
8 Limons argileux superficiels de plateaux	60
10 Argileux calcaires de vallées	60
11 Limons hydromorphes	75
12 Limons argileux hydromorphes de vallées	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 coef apport organique 2

Minéralisation nette due à un retournement de prairie : Mhp (voir page 26)

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. Les valeurs des tableaux a et b ci-dessous représentent le supplément de minéralisation (en kgN/ha) pour la période d'établissement du bilan azoté de chaque culture (semis – récolte pour le maïs, 15 février – récolte pour le blé).

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	1	maïs	20	60	100	120	140
	2	maïs ou blé	0	0	25	35	40
post destruction	3	maïs ou blé	0	0	0	0	0

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	1	blé	10	30	50	60	70
	2	maïs ou blé	0	0	0	0	0
post destruction	3	maïs ou blé	0	0	0	0	0

Les valeurs mentionnées dans les tableaux a et b sont à multiplier par les valeurs suivantes selon la proportion de fauches dans le mode d'exploitation d'une prairie de ray-grass anglais (RGA) pur.

Effet du mode d'exploitation	Prairie RGA pur	Prairie Association RGA-TB
Pâture intégrale	1,0	1,0
Fauche + pâture	0,7	1,0
Fauche intégrale	0,4	1,0

Source : COMIFER

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

Minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire : MrCi (voir page 29)

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

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

$Nirr = \text{teneur en azote de l'eau d'irrigation} \times \text{quantité d'eau apportée}$

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

Irrigation (cumul total)	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 31 et suivantes

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

$$Xa = N_{pro} \times Q \times Keq$$

Avec N_{pro} : 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 34 et suivantes)

$$Xa = N_{pro} \times Keq \times Q = \boxed{} \text{ ⑥}$$

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 :

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

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.

Volatilisation : voir page 38 et en annexe 10

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 éviter ou réduire la perte ammoniacale par des pratiques adaptées et pour utiliser une grille d'évaluation du risque avant chaque apport.

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'efficience 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	P0	Fournitures globales d'azote minéral du sol =
	=		Azote fourni par le sol (N ₀)
	rendement (y)		+ Azote fourni par les restitutions au pâturage (N _{rest})
x	quantité d'azote exportée en fonction du mode d'exploitation (N _{exp})	+ 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)

$$\text{Equation utilisée : } X = \left(\frac{\text{Pf} - \text{P0}}{\text{CAU}} \right) - \text{Xa}$$

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 prairie sont calculés comme suit : $Pf = y \times N_{exp}$

avec : $y =$ objectif de rendement

$N_{exp} =$ 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 les tableaux pages 11 et 12.

Besoin de la prairie (Pf) = Quantité d'azote exporté (Nexp) x objectif de rendement (y) =

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

Les fournitures d'azote du sol sont calculées comme suit : $P0 = N0 + N_{rest} + F_s$

avec : $N0 =$ Fournitures d'azote par le sol

$N_{rest} =$ Azote fourni par les restitutions au pâturage

$F_s =$ 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	N° de sol COMIFER	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 %	3	90	110
Limons profonds MO < 2 %	11	80	100
Limons profonds MO > 2 %		80	100
Argilo-calcaires superficiels	4	40	50
Argilo-calcaires moyens et craies Yonne		50	70
Argilo-calcaires profonds et terre argileuse calcaire	5	90	110
Argilo-limoneux décarbonés		90	110
Argiles à silex		90	110
Alluvions argileuses et terre humifère	7	100	120
Limons sableux hydromorphes		80	100
Limons sableux sains		50	70
Sable	6	40	50
Terre argileuse ou argilo-sableuse, hydromorphe	12	80	100
Limons battants	2	90	110
Limons argileux superficiels de plateau	8	70	90
Argilo calcaires de vallée	10	70	90

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

Fourniture globale du sol (P0) =

Azote fourni par le sol(N0) + azote fourni par les restitutions au pâturage (Nrest) + azote fourni par les légumineuses (Fs)

= 

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 31 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 34 et suivantes)

Effet direct des engrais organiques de l'année (Xa) = Npro x Keq x Q = ③

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

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

Soit à partir des postes précédemment établis:

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

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				Total des fournitures du sol P0			
5 x 28 = 140kg N/ha				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 : Terres Inovia

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 et pois chiche

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 :

- Non mise en place ou mise en place insuffisante de la nodulation
- Absence d'inoculum
- 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 et Terres Inovia

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) :

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

$$o \text{ NabsSH = MVSH x 65}$$

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

o Disponibilité de NabsEH et NabsSH :

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

$$♣ \text{ Sinon, } \mathbf{Pi = NabsSH}$$

o Disponibilité de NabsSH seulement : $\mathbf{Pi = NabsSH}$

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 :

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

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

Annexe 7: Méthode du bilan prévisionnel pour la fertilisation azotée des mélanges de cultures annuelles type méteils

Mélanges de cultures annuelles type méteil = espèces fixatrices d'azote + espèces non fixatrices d'azote.

Le raisonnement de la fertilisation azotée est basé sur la méthode du bilan détaillée dans le présent arrêté (voir annexe 2) avec les spécificités suivantes :

- La différence réside dans les besoins de la plante (b). Le b retenu est celui des espèces non fixatrices calculé à la proportion de « semis plantes non fixatrices d'azote/plantes fixatrices d'azote ». L'objectif de rendement retenu est l'objectif de rendement moyen des espèces non fixatrices présentes dans l'association de culture (sur la base des rendements visés en culture pure), avec une pondération au prorata de la densité relative au semis des espèces non fixatrices (voir exemple ci-dessous).

- **Cas d'un mélange** contenant plusieurs céréales non fixatrices : Lorsque plusieurs céréales sont mélangées, pour être récoltées immatures, le besoin retenu est 21 kgN/tMS (source ARVALIS).

- L'estimation des fournitures est raisonnée selon la méthode du bilan proposée dans le présent arrêté sans autre adaptation.

- **Plafonnement** : La dose d'azote apportée sur une association céréales-légumineuses ne pourra en aucun cas dépasser la dose raisonnée pour la culture en pure de la plante non fixatrice présentant les besoins les plus élevés (besoins par unité de rendement * objectifs de rendement).

Ajustement de la dose sortie-hiver :

Dans le cas d'une modification du peuplement sortie hiver, la dose pourra être ajustée dans les situations suivantes :

- Concernant des associations de culture comportant des légumineuses fourragères (pois fourrager, vesce, ...), si une disparition complète des légumineuses est observée en sortie d'hiver, alors la dose sera calculée comme pour une céréale pure (ou un mélange de céréales sans espèce fixatrice partenaire).

- Concernant des associations de culture comportant des protéagineux (pois protéagineux, féverole, lupin), s'il est observé en sortie d'hiver une densité de protéagineux inférieure à 5 pieds/m², alors la dose sera calculée comme pour une céréale pure (ou un mélange de céréales sans plante fixatrice partenaire).

- S'il est observé en sortie d'hiver une disparition complète des plantes non fixatrices, alors aucune fertilisation azotée ne pourra être apportée.

Dans le cas où la fertilisation est nécessaire, les besoins des céréales (poste Pf) retenus sont les besoins déjà référencés en annexe 2 de ce présent arrêté.

Exemple de calcul du besoin total Pf (pour les autres postes de l'équation se reporter à l'annexe 2) :

Culture	Besoin en kgN/q	Objectif rendement	Besoin total kg N/ha (poste Pf)
Blé 100% variété Arezzo	3	66 q/ha	3 x 66 = 198
Mélange : 50% blé 50% pois	3	66 x 0,5 = 33	3 x 33 = 99
Culture récoltée en fourrage			
Mélanges céréales immatures	21	8 TMS/ha	168
Mélange céréales/50% pois	21	8*0,5	4*21 = 84

Annexe 8 : Méthode du bilan prévisionnel pour la fertilisation des cultures dérobées

Définition : C'est une culture intermédiaire qui est semée et récoltée ou pâturée entre deux cultures principales. Les Cultures Intermédiaires à Vocation Energétique (CIVE) sont considérées comme des cultures dérobées. Il est possible de faire des cultures dérobées d'été (orge de printemps, sorgho, maïs...) semées en début d'été, après une culture d'hiver récoltée tôt (orge d'hiver, colza...) et des cultures dérobées d'hiver, en implantant à l'automne une espèce (céréale, seule ou en association avec des légumineuses...) avant une culture principale d'été.

La fertilisation de type I (fumiers de ruminants, fumiers porcins, équins et compost d'effluents d'élevage) et type II (fumiers de volailles, déjections animales sans litière, digestats bruts de méthanisation) est autorisée dans la limite de 70 kg d'azote efficace par ha (type I + type II).

Les fertilisants azotés de type III sont autorisés à l'implantation de la culture en fonction de ses besoins avec obligation de faire un plan prévisionnel de fertilisation. Des apports sont également possibles en sortie d'hiver (après le 15 février) pour les cultures avec des faibles besoins à l'automne (ex seigle fourrager).

L'objectif de rendement (y) est calculé comme la moyenne des rendements réalisés sur l'exploitation pour la culture dérobée considérée et, si possible, pour des conditions comparables de sol au cours des cinq dernières années en excluant la valeur maximale et la valeur minimale (cf. article 2).

• Fertilisation des CIVE d'été (récolte à l'automne) ou des cultures dérobées avant une culture implantée à l'automne

Les périodes d'interdiction d'épandage qui s'appliquent sont celles de la ligne « culture implantées à l'automne ou en fin d'été » du programme d'actions national du programme d'actions national à savoir :

- Type I : épandage interdit du 15/11 au 15/01
- Type II : épandage interdit du 1/10 au 31/01
- Type III : épandage interdit du 1/07 au 31/01

Dans le cas d'utilisation de fertilisants azotés de type III, il faut faire un plan prévisionnel de fertilisation.

Ex : CIVE d'été = Maïs fourrage implanté après une orge d'hiver, en limons argileux profonds (MO<2%) sans apport de matière organique et sans irrigation.

➤ **Besoins de la culture**

y = objectif de rendement = 8 t MS /ha

b = besoin d'azote par unité de production = 14 kg N / tMS

Pf = b x y = 112 kg N /ha

➤ **Fourniture globale du sol (P0)**

Utiliser le tableau ci-dessous :

Type de sol	Fournitures globale kg/ha sans apports organiques : Semis DEROBE
Limons argileux profonds (MO<2%)	30
Limons argileux profonds (MO>2%)	40
Limons battants drainés	40
Limons battants hydromorphes (de Bresse)	50
Argilo-calcaire superficiels	15
Argilo-calcaire moyens et craie Yonne	20
Argilo-calcaire profonds et terre argileuse calcaire	20
Argilo-limoneux décarbonatés	50
Argiles à silex	20
Alluvions argileuses et terre humifère	55
Limons sableux	50
Limon sableux sain	45
Sable et gravier	50
Terre argileuse hydromorphe	30
Limons argileux superficiel de plateaux	35
Argilo-calcaire de vallée	30

P0 = 30 kg N /ha

➤ Dose X

$X = (P_f - P_0) / CAU = (112-30) / 0.72 = 114 \text{ kg N/ha}$

Règles de fractionnement sur maïs : 2 apports minimum, plafonné à 80 kgN/ha s'il est effectué avant le 1^{er} juin puis chaque apport suivant est plafonné à 120 kg N/ha

- ✓ Pour le sorgho, c'est la même méthode de calcul que pour le maïs mais le besoin d'azote par unité de production est égal à 13 t MS/ha pour un sorgho fourrager.
- ✓ Pour le tournesol, il ne faut pas dépasser la dose plafond de 60 kg N efficace/ha.
- ✓ Dans le cas de mélange d'espèces ou de tout autre cas non référencé, il faudra tenir compte d'une dose plafond totale (type I+II+III) de 80 kgN efficace /ha.

• Fertilisation des CIVE d'hiver (récoltées au printemps) ou des cultures dérobées avant une culture implantée au printemps

Les périodes d'interdiction d'épandage qui s'appliquent sont celles de la ligne « cultures implantées au printemps précédées par une CIPAN ou une dérobée ou un couvert végétal en interculture »:

- Type I (fumiers compacts non susceptibles d'écoulements) : épandage interdit de 20 jours avant la destruction de la CIPAN ou de la récolte de la dérobée et jusqu'au 15/01
- Autres types I : épandage interdit du 01/07 à 15 jours avant l'implantation de la CIPAN ou de la dérobée et de 20 jours avant la destruction de la CIPAN ou de la récolte de la dérobée et jusqu'au 15/01
- Type II : épandage interdit du 01/07 à 15 jours avant l'implantation de la CIPAN ou de la dérobée et de 20 jours avant la destruction de la CIPAN ou de la récolte de la dérobée et jusqu'au 31/01 (15/02 pour le 70 et le 90)
- Type III : épandage interdit du 1/07 au 15/02, un apport à l'implantation de la dérobée est autorisé sous réserve du calcul de la dose prévisionnelle

Dans le cas d'utilisation fertilisants azotés de type III, il faut faire un plan prévisionnel de fertilisation.

- Ex : CIVE hiver = Seigle fourrager après une céréale à paille (paille enfouie), limons argileux profonds (MO<2%) avec apport de digestats brut tous les 3-4 ans à l'automne avant le 15/10 à la dose de 10 t/ha, pailles restituées 1 an sur 2, sans irrigation. Lorsque les céréales sont récoltées immatures, le besoin retenu est 21 kgN/tMS.

BESOINS				FOURNITURES			
Pf	Besoins de la culture	Rendement moyen $y \times b$	$8 \times 21 = 168$	Pi	Quantité d'azote absorbé à l'ouverture du bilan	Seigle à 3 talles à l'ouverture du bilan	$10 + (5 \times 3) = 25$
Rf	N après récolte	Sol limons argileux profond jusqu'à 90 cm (MO < 2%)	20	Ri	RSH	Sol limons argileux profond en précédent céréales	20
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 limons argileux x coefficient effet long terme des effluents (digestats brut de méthanisation tous les 3-4 ans : catégorie A et pailles restituées 1 an sur 2)	$20 \times 1.05 = 21$
				Mhp	Minéralisation supplémentaire due aux retournements de prairie	Pas de prairies dans la rotation	0
				Mr	Minéralisation des résidus de culture du précédent	Effet précédent céréales à paille	- 20
				MrCi	Minéralisation des résidus de culture intermédiaire	Pas de culture intermédiaire	0
				Xa	Fourniture d'azote par les produits organiques	Apport de digestat brut à l'automne	$0.65 \times 6 \times 10 = 39$
				Nirr	Azote provenant de l'irrigation	Pas d'irrigation	0
Total des besoins : 188 kg N/ha				Total des fournitures : 85 kg N/ha			
Calcul de la dose X d'apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse (besoins - fournitures)							
$X = 188 - 85 = 103 \text{ kg N/ha}$							

Règles de fractionnement des céréales à paille : 2 apports minimum, entre le 1^{er} et le 15 février plafonné à 50 kg/ha, du 1^{er} février au 1^{er} mars plafonné à 80 kg/ha et les apports suivants sont plafonnés à 120 kgN/ha.

- ✓ Pour un mélange de graminées, la méthode est la même en prenant en compte le besoin des céréales récoltées immatures à 21 kg N/tMS.
- ✓ Pour un mélange de graminées et de légumineuses, il faut recalculer les besoins de la plante (b). Le b retenu est celui des espèces non fixatrices calculé à la proportion de « semis plantes non fixatrices d'azote / plantes fixatrices d'azote ». L'objectif de rendement retenu est l'objectif de rendement moyen des espèces non fixatrices présentes dans l'association de culture (sur la base des rendements visés en culture pure) ; avec une pondération au prorata de la densité relative au semis des espèces non fixatrices en comparaison des densités recommandées en cultures pures.
Exemple : Seigle 90% + Vesce 10%, le besoin du mélange est de $b = 8 \times 0.9 \times 21 = 151 \text{ kg N / ha}$, si l'on considère le même exemple que précédemment, la dose X à apporter sera alors de 81 kg N / ha au lieu de 103 kg N /ha en seigle pur.
- ✓ Dans le cas de mélange d'espèces ou de tout autre cas non référencé (ex : implantation de seigle sous luzerne), il faudra tenir compte d'une dose plafond totale (type I+II+III) de 80 kgN efficace /ha.

Annexe 9 : détermination de la situation culturelle des parcelles situées en Franche-Comté

La situation culturelle d'une parcelle est déterminée par :

- sa situation climatique,
- son type de sol dominant.

1- La situation climatique

Par convention, toutes les communes situées en zone vulnérable sont rattachées à une situation climatique 1, 2 ou 3 de la carte des situations climatiques de Franche-Comté.

Le tableau ci-dessous mentionne le rattachement de chaque commune en zone vulnérable à une situation climatique unique.

- **Département du Doubs :**

Code INSEE	Nom de commune	Situation climatique
25374	MERCEY LE GRAND	3

- **Département du Jura :**

Code INSEE	Nom de commune	Situation climatique
39008	AMANGE	3
39011	ANNOIRE	2
39029	AUMUR	2
39031	AUXANGE	3
39074	BRANS	3
39099	CHAMPDIVERS	2
39138	CHEMIN	2
39246	GENDREY	3
39252	GEVRY	2
39284	LAVANGEOT	3
39285	LAVANS LES DOLE	3
39299	LONGWY SUR LE DOUBS	2
39302	LOUVATANGE	3

39308	MALANGE	3
39338	MOLAY	2
39392	OFFLANGES	3
39396	ORCHAMPS	3
39398	OUGNEY	3
39412	PESEUX	2
39414	LE PETIT MERCEY	3
39464	ROMAIN	3
39465	ROMANGE	3
39476	SAINT AUBIN	2
39490	SAINT LOUP	2
39499	SALIGNEY	3
39513	SERMANGE	3
39514	SERRE LES MOULIERES	3
39526	TAVAUX	2
39528	THERVAY	3
39584	VRIANGE	3

- **Département de la Haute-Saône :**

Code INSEE	Nom de commune	Situation climatique
70002	ABONCOURT-GESINCOURT	2
70003	ACHEY	1
70009	AISEY-ET-RICHECOURT	1
70018	ANCIER	2
70022	ANGIREY	2
70024	APREMONT	2
70025	ARBECEY	1
70026	ARC-LES-GRAY	1
70027	ARGILLIERES	1
70030	ARSANS	2
70032	ATTRICOURT	1
70035	AUGICOURT	1

70036	AULX-LÈS-CROMARY	3
70037	AUTET	1
70039	AUTOREILLE	2
70041	AUTREY-LES-GRAY	1
70043	AUVET-ET-LA-CHAPELOTTE	1
70045	AVRIGNEY-VIREY	2
70048	BARD-LES-PESMES	3
70049	BARGES	1
70054	BATTRANS	2
70057	BAY	3
70058	BEAUJEU-SAINT-VALLIER-PIERREJUX-ET-QUITTEUR	2
70060	BEAUMOTTE-LES-PIN	3
70074	BLONDEFONTAINE	1
70075	BONBOILLON	2
70076	BONNEVENT-VELLOREILLE	2
70078	BOUGEY	1
70080	BOUHANS-ET-FEURG	1
70084	BOULOT	3
70085	BOULT	2
70086	BOURBÉVELLE	1
70088	BOURGUIGNON-LÈS-LA-CHARITÉ	2
70089	BOURGUIGNON-LÈS-MOREY	1
70092	BRESILLEY	3
70099	BROTTE-LÈS-RAY	1
70100	BROYE-LES-LOUPS-ET-VERFONTAINE	1
70101	BROYE-AUBIGNEY-MONTSEUGNY	3
70102	BRUSSEY	3
70104	BUCEY-LÈS-GY	2
70107	BUSSIÈRES	3
70118	CHAMBORNAY-LÈS-BELLEVAUX	3
70119	CHAMBORNAY-LÈS-PIN	3
70122	CHAMPLITTE	1
70124	CHAMPTONNAY	2
70125	CHAMPVANS	2

70126	CHANCEY	3
70129	LA CHAPELLE-SAINT-QUILLAIN	2
70130	CHARCENNE	2
70132	CHARGEY-LÈS-GRAY	1
70135	CHARMES-SAINT-VALBERT	1
70142	CHAUMERCENNE	3
70143	CHAUVIREY-LE-CHÂTEL	1
70144	CHAUVIREY-LE-VIEIL	1
70145	CHAUX-LA-LOTIÈRE	2
70150	CHENEVREY-ET-MOROGNE	3
70151	CHEVIGNEY	3
70152	CHOYE	2
70153	CINTREY	1
70154	CIREY	2
70156	CITEY	2
70165	COMBEAUFONTAINE	1
70169	CONFRACOURT	1
70174	CORDONNET	2
70175	CORNOT	1
70181	COURCUIRE	2
70183	COURTESOULT-ET-GATEY	1
70185	CRESANCEY	2
70189	CROMARY	3
70192	CUGNEY	2
70193	CULT	3
70198	DAMPIERRE-SUR-SALON	1
70201	DELAIN	1
70204	DENÈVRE	1
70211	ÉCUELLE	1
70218	ESMOULINS	2
70220	ESSERTENNE-ET-CECEY	2
70224	ÉTUZ	3
70225	FAHY-LÈS-AUTREY	1
70230	FÉDRY	2

70231	FERRIÈRES-LÈS-RAY	2
70232	FERRIÈRES-LÈS-SCEY	2
70237	FLEUREY-LÈS-LAVONCOURT	1
70239	FONDREMAND	2
70247	FOUVENT-SAINT-ANDOCHE	1
70251	FRANCOURT	1
70252	FRAMONT	1
70253	FRASNE-LE-CHÂTEAU	2
70255	FRESNE-SAINT-MAMÈS	2
70257	FRETIGNEY-ET-VELLOREILLE	2
70265	GERMIGNEY	2
70267	GEVIGNEY-ET-MERCEY	2
70268	GÉZIER-ET-FONTENELAY	3
70272	GOURGEON	1
70274	GRANDECOURT	1
70275	GRANDVELLE-ET-LE-PERRENOT	2
70279	GRAY	2
70280	GRAY-LA-VILLE	2
70282	GY	2
70286	HUGIER	3
70288	HYET	2
70289	IGNY	2
70291	JONVELLE	1
70292	JUSSEY	1
70293	LAMBREY	2
70297	LARRET	1
70298	LAVIGNEY	1
70299	LAVONCOURT	1
70301	LIEFFRANS	2
70302	LIEUCOURT	2
70305	LŒUILLEY	1
70324	MAILLEY-ET-CHAZELOT	2
70325	MAIZIÈRES	2
70327	MALANS	3

70329	MALVILLERS	1
70331	MANTOCHE	2
70334	MARNAY	3
70337	MELIN	1
70340	MEMBREY	1
70342	MERCEY-SUR-SAÔNE	2
70350	MOLAY	1
70353	MONTAGNEY	3
70355	MONTARLOT-LÈS-RIOZ	2
70356	MONTBOILLON	2
70362	MONTIGNY-LÈS-CHERLIEU	1
70366	VILLERS-CHEMIN-ET-MONT-LÈS-ÉTRELLES	2
70368	MONTOT	1
70369	MONT-SAINT-LÉGER	1
70371	MONTUREUX-ET-PRANTIGNY	1
70373	LA ROCHE-MOREY	1
70374	MOTÉY-BESUCHE	3
70375	MOTÉY-SUR-SAÔNE	2
70376	NANTILLY	1
70383	NEUVILLE-LÈS-CROMARY	2
70384	NEUVILLE-LÈS-LA-CHARITÉ	2
70389	NOIRON	2
70392	OIGNEY	1
70393	OISELAY-ET-GRACHAUX	2
70394	ONAY	2
70400	OUGE	1
70401	OVANCHES	2
70402	OYRIÈRES	1
70406	PERCEY-LE-GRAND	1
70408	PESMES	3
70409	PIERRECOURT	1
70410	PIN	3
70418	LA ROMAINE (LE PONT-DE-PLANCHES)	2
70421	PORT-SUR-SAÔNE	2

70422	POYANS	1
70423	PREIGNEY	1
70430	LA QUARTE	1
70431	QUENOCHÉ	2
70438	RAY-SUR-SAÔNE	1
70440	RECOLOGNE	2
70441	RECOLOGNE-LÈS-RIOZ	2
70442	RENAUCOURT	1
70443	LA GRANDE-RÉSIE	3
70444	LA RÉSIE-SAINT-MARTIN	3
70446	RIGNY	2
70447	RIOZ	2
70448	ROCHE-ET-RAUCOURT	1
70450	LA ROCHELLE	1
70454	ROSIÈRES-SUR-MANCE	1
70457	RUPT-SUR-SAÔNE	2
70461	SAINT-BROING	2
70463	SAINT-GAND	2
70466	SAINT-LOUP-NANTOUARD	2
70468	SAINT-MARCEL	1
70471	SAINTE-REINE	2
70479	SAUVIGNEY-LÈS-GRAY	2
70480	SAUVIGNEY-LÈS-PESMES	3
70481	SAVOYEUX	2
70482	SCEY-SUR-SAÔNE-ET-SAINT-ALBIN	1
70486	SEMMADON	1
70491	SEVEUX	2
70492	SOING-CUBRY-CHARENTENAY	2
70493	SORANS-LÈS-BREUREY	2
70494	SORNAY	3
70499	THEULEY	1
70502	TINCEY-ET-PONTREBEAU	1
70503	TRAITIÉFONTAINE	2
70505	LE TREMBLOIS	2

70507	TRÉSILLEY	2
70509	TROMAREY	2
70510	VADANS	3
70511	VAITE	1
70514	VALAY	3
70520	VANNE	2
70521	VANTOUX-ET-LONGEVILLE	2
70523	VARS	1
70525	VAUCONCOURT-NERVEZAIN	1
70527	VAUX-LE-MONCELOT	2
70528	VELESMES-ÉCHEVANNE	2
70529	VELET	2
70531	VELLECLAIRE	2
70533	VELLEFREY-ET-VELLEFRANGE	2
70539	VELLEXON-QUEUTREY-ET-VAUDEY	2
70540	VELLOREILLE-LÈS-CHOYE	2
70542	VENÈRE	2
70546	VEREUX	1
70554	VILLARS-LE-PAUTEL	1
70557	VILLEFRANCON	2
70560	VILLERS-BOUTON	2
70568	VILLERS-VAUDEY	1
70572	VITREY-SUR-MANCE	1
70574	VOLON	1
70578	VREGILLE	3
70582	VY-LÈS-RUPT	2

- **Département du Territoire de Belfort :**

Code INSEE	Nom de commune	Situation climatique
90030	CROIX	3
90033	DELLE	3
90063	LEBETAIN	3

90090	SAINT DIZIER L'EVEQUE	3
90105	VILLARS LE SEC	3

2- Le type de sol dominant

2.1 Typologie des sols de Franche-Comté

PAYSAGE DE PLATEAU	PAYSAGE DE COLLINES ET TERRASSES GLACIAIRES	PAYSAGE DE VALLEE	PAYSAGE DE VERSANT
APP : Aéré Profond de Plateau	ASTG : Aéré Superficiel de Terrasse Glaciaire	APV : Aéré Profond de Vallée	V : Versants
limoneux – limono-argileux – sablo-argilo-limoneux – argileux – argilo-limoneux calcaire – argilo-limoneux	argilo-calcaire	limono-argileux – sablo-argilo-limoneux – sablo-limoneux – limono-argileux-calcaire – argilo-calcaire – argilo-limoneux – sableux – limono-argilo-sableux	argilo-calcaire – argilo-limoneux calcaire – limono-argileux
ASP : Aéré Superficiel de Plateau	ASCG : Aéré Superficiel de Collines Glaciaires	ASV : Aéré Superficiel de Vallée	
argilo-limoneux – limono-argileux – limono-argileux – sableux – sableux – argileux – argilo-limoneux calcaire – argileux calcaire	sablo-argilo-limoneux – limono-argileux – argileux – argilo-limoneux calcaire – limono-argilo-calcaire	sablo-argilo-limoneux – limono-argileux calcaire – limono-argilo-sableux – calcaire	
MHP : Modérément Hydromorphe de Plateau	MHCG : Modérément Hydromorphe de Colline Glaciaire	MHV : Modérément Hydromorphe de Vallée	
limoneux – limono-argileux – argilo-limoneux – limono-argileux calcaire – limono-argilo-calcaire – argileux	argileux	limono-argileux – limoneux – sablo-argilo-limoneux – limono-sableux	
FHP : Fortement Hydromorphe de Plateau	FHCG : Fortement Hydromorphe de Collines Glaciaires	FHV : Fortement Hydromorphe de Vallée	
limoneux – limono-sablo-argileux – limono-argileux – limono-argilo-sableux – argilo-limoneux – argilo-limono-sableux	argileux	argileux – argilo-limoneux – sablo-argilo-limoneux – limoneux – limono-argileux – argilo-calcaire	

Les sols Aérés Superficiels de Plateau dont la variation est bien d'être négligeable (épaisseur, acidité, matière organique, ...) sont juxtaposés aux sols aérés profonds (montagnes jurassiennes) et forment les paysages typiques de la région. Les collines glaciaires résultent du dépôt d'anciens reliefs arrondis que recouvrent aérés ou hydromorphes, sableux ou argileux, profonds d'utilisation agricole de ces secteurs pentus, sont bien situés dans les creux. Relief en dôme aplatis, réseau des pâturages, tourbières et lacs, des sols aérés ou superficiels; leur utilisation doit intégrer les risques liés à l'exploitation des nappes d'eau hydrographique dense et couleur très claire des superficiels de collines glaciaires de couleurs foncées et d'inondation et l'exploitation des nappes d'eau classiques « terres blanches humides ». Les couleurs claires en surface et bariolées sous la couche labourées sont autant d'indicateurs des contrastes des sols Fortement Hydromorphes de Plateau.

Source : Guide la fertilisation en Franche-Comté – Chambres d'agriculture de Franche-Comté – Mars 2003

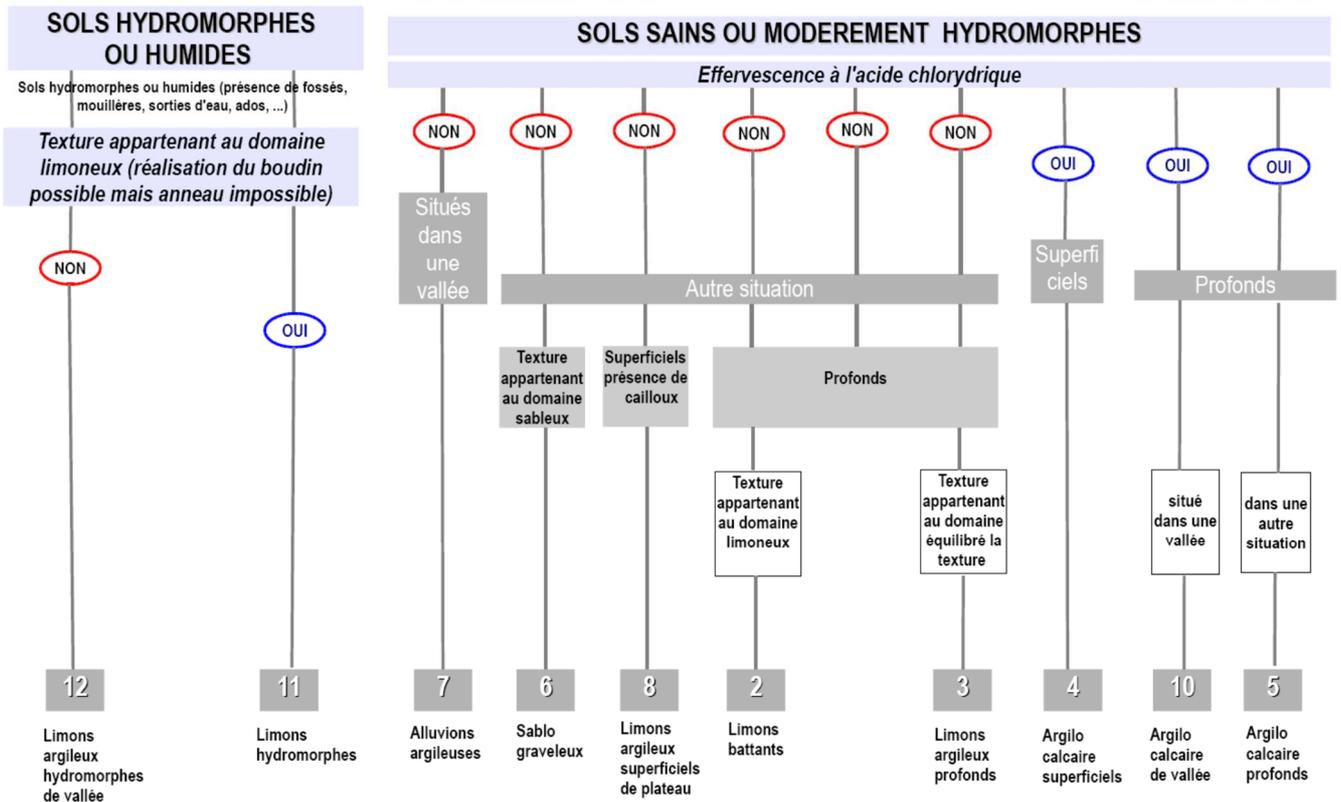
Les types de sols caractérisés pour les départements Franc-Comtois figurent en annexe 12

2.2 Correspondance entre la typologie fran c-comtoise et la typologie COMIFER

TYPE DE SOL FRANCHE-COMTE	SOLS COMIFER	TYPE DE SOL FRANCHE-COMTE	SOLS COMIFER
1. Catégorie APP : Aéré Profond de Plateau		7. Catégorie V : Versant	
limoneux	2- limons battants	argilo-calcaire	5- argilo-calcaire profonds
limono-argileux	3- limons argileux profonds	argilo-limoneux-calcaire	5- argilo-calcaire profonds
sablo-argilo-limoneux	2- limons battants	limono-argileux	3- limons argileux profonds
argileux	3- limons argileux profonds	8. Catégorie MHP : Modérément Hydromorphe de Plateau	
argilo-limoneux calcaire	5- argilo-calcaire profonds	limoneux	2- limons battants
argilo-limoneux	3- limons argileux profonds	limono-argileux	3- limons argileux profonds
2. Catégorie APV : Aéré Profond de Vallée		argilo-limoneux	3- limons argileux profonds
limono-argileux	3- limons argileux profonds	limono-argileux calcaire	5- argilo-calcaire profonds
sablo-argilo-limoneux	2- limons battants	limono-argilo-calcaire	3- limons argileux profonds
sablo-limoneux	2- limons battants	argileux	3- limons argileux profonds
limono-argileux-calcaire	10- argileux calcaire de vallée	9. Catégorie MHCG : Modérément Hydromorphe de Colline Glaciaire	
argilo-calcaire	10- argileux calcaire de vallée	Argileux	
argilo-limoneux	7- alluvions argileuses	10. Catégorie MHV : Modérément Hydromorphe de Vallée	
sableux	6- sols sablo-graveleux	limono-argileux	3- limons argileux profonds
limono-argilo-sableux	2- limons battants	limoneux	2- limons battants
3. Catégorie ASV : Aéré Superficiel de Vallée		sablo-argilo-limoneux	2- limons battants
sablo-argilo-limoneux	6- sols sablo-graveleux	limono-sableux	2- limons battants
limono-argileux-calcaire	4- argilo-calcaire superficiel	11. Catégorie FHP : Fortement Hydromorphe de Plateau	
limono-argilo-sableux	4- argilo-calcaire superficiel	limoneux	11- limons hydromorphes
calcaire		limono-sablo-argileux	11- limons hydromorphes
4. Catégorie ASTG : Aéré Superficiel de Terrasse Glaciaire		limono-argileux	12- limons argileux hydromorphes de vallée
argilo-calcaire	4- argilo-calcaire superficiel	limono-argilo-sableux	12- limons argileux hydromorphes de vallée
5. Catégorie ASP : Aéré Superficiel de Plateau		argilo-limoneux	12- limons argileux hydromorphes de vallée
argilo-limoneux	8- limono-argileux superficiel de plateau	argilo-limono-sableux	12- limons argileux hydromorphes de vallée
limono-argileux	8- limono-argileux superficiel de plateau	12. Catégorie FHCG : Fortement Hydromorphe de Colline Glaciaire	
limono-argileux-sableux	8- limono-argileux superficiel de plateau	argileux	
sableux	6- sols sablo-graveleux	13. Catégorie FHV : Fortement Hydromorphe de Vallée	
argileux	8- limono-argileux superficiel de plateau	argileux	12- limons argileux hydromorphes de vallée
argilo-limoneux calcaire	4- argilo-calcaire superficiel	argilo-limoneux	12- limons argileux hydromorphes de vallée
argileux-calcaire	4- argilo-calcaire superficiel	sablo-argilo-limoneux	11- limons hydromorphes
6. Catégorie ASCG : Aéré Superficiel de Collines Glaciaires		limoneux	11- limons hydromorphes
sablo-argilo-limoneux	6- sols sablo-graveleux	limono-argileux	12- limons argileux hydromorphes de vallée
limono-argileux	8- limono-argileux superficiel de plateau	argilo-calcaire	12- limons argileux hydromorphes de vallée
argileux	8- limono-argileux superficiel de plateau		

Source : Guide la fertilisation en Franche-Comté – Chambres d’agriculture de Franche-Comté – Mars 2003

2.3 Reconnaissance des types de sols COMIFER



3- La situation culturale

Elle résulte du croisement de la situation climatique et du type de sol COMIFER (tableau ci-dessous).

Situation culturale en fonction de la situation climatique et du type de sol

S ituations climatiques Sols COMIFER		1	2	3
		2	Limons battants	C
3	Limons argileux profonds	C	A	B
4	Argilo-calcaire superficiel	E	D	D
5	Argilo-calcaire profond	C	A	B
6	Sablo-graveleux	E	D	E
7	Alluvions argileuses	C	A	B
8	Limon argileux superficiel de plateau	E	D	D
10	Argilo-calcaire de vallée	C	A	B
11	Limons hydromorphe	E	D	E
12	Limons argileux hydromorphe de vallée	D	C	D

A : sols de basse altitude, à texture équilibrée, sans déficit hydrique et à réchauffement rapide.

B : sols de basse altitude, à texture du domaine limoneux ou argileux, délicat ou difficile à travailler, sans ou très peu de déficit hydrique et à réchauffement rapide.

C : sols de basse altitude, à texture équilibrée ou à texture difficile mais avec un profil non dégradé, sans ou très peu de déficit hydrique à réchauffement moyen.

D : sols de basse altitude, à texture du domaine limoneux ou argileux, délicat ou difficile à travailler, sans déficit hydrique à réchauffement moyen.

E : sols de basse altitude, à texture équilibrée ou sableuse ou à texture difficile mais avec un travail du sol maîtrisé, déficit hydrique moyen, réchauffement rapide à moyen.

Source : Guide la fertilisation en Franche-Comté – Chambres d’agriculture de Franche-Comté – Mars 2003

Annexe 10 : Volatilisation ammoniacale

Ces données sont issues du site du COMIFER (<http://www.comifer.asso.fr/>)

a. Éviter ou réduire la perte ammoniacale par des pratiques adaptées

1) Sur culture de printemps en pré-semis ou au semis/plantation : incorporer les engrais à base uréique et ammoniacale et ne pas anticiper l'apport d'azote de plus de 15 jours avant l'implantation (afin de limiter également l'organisation microbienne)

2) Sur culture de printemps type Maïs, Sorgho, Tournesol (fort écartement inter-rang) avec apport en végétation : incorporer l'azote en profondeur (10-15 cm fertiliseur à coutre type « Magendie ») ou à défaut par un binage/désherbinage superficiel (moindre efficacité)

3) Pour les apports en végétation sur cultures d'hiver ou céréales de printemps, épandre peu avant un épisode pluvieux prévu ou déclencher une irrigation de 10 à 15 mm après épandage quand c'est possible. Dans les limites du réalisable (organisation de chantier, stade de passage), différer un apport plutôt que de risquer de perdre jusqu'à 20-30% de l'azote apporté. Avec la solution azotée, épandre de préférence en soirée afin d'éviter les conditions très favorables à la volatilisation de la journée et de limiter les brûlures du feuillage.

4) En sol à pH élevé > 7.5, quand c'est possible, éviter le recours aux engrais les plus sensibles à la volatilisation risquant une pénalisation du rendement et de la qualité.

5) Eviter les apports en conditions ventées et par températures élevées

(le vent nuit également à la précision de l'épandage).

b- Grille d'évaluation du risque de volatilisation ammoniacale pour chaque apport (cas d'apport en plein sur végétation)

Date d'apport :			Note	Votre situation
Parcelle				
Culture				
SOL	pH	pH < 7	0	
		7 < pH < 7.5	2	
		pH > 7.5	3	
CEC	< 12 meq/100g terre	2		
	> 12 meq/100g terre	0		
CLIMAT	Pluviométrie prévue à 3 jours	< 10 mm/3 jours	4	
		> 10 mm/3 jours	0	
	Vitesse du vent	≤ 3 Beaufort (0-19km/h)	0	
		> 3 Beaufort (> 19km/h)	2	
	Température jour de l'apport	< 6°C	0	
		[6-13]°c	3	
> 13°C		6		
* somme de la colonne			NOTE globale	
			* =	0

Majoration de l'apport d'après l'évaluation du risque de volatilisation

NOTE globale	< 4	[4-8]	[9-13]	> 13
Solution azotée & urée, toutes cultures sauf urée sur céréales à paille d'hiver	0%	5%	10%	15%
Urée solide sur céréales à paille d'hiver	En attente			

Annexe 11 : Types de sols caractérisés pour les départements bourguignons

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
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 aubues, G2, calcosol moyennement profond, ...	Aubues rouges, G3, calcosol argileux, ...	Calcisol argileux	Sols argileux sur argiles rouges à silex, Calcisol argileux	Fluvisol argileux, ...	Brunisol limono-sablo-argileux (terrains blancs de Bresse)	Bunisol sablo-limono-argileux, aloccisol, ...	Sable maraîcher, Brunisol sableux	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	30 à 70cm
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	Forte à très forte (>80mm)
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

Annexe 12 : Types de sols caractérisés pour les départements Franc-Comtois

Numéro de sol COMIFER	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12
Type de sol	Limons battants	Limons argileux profonds	Argilo calcaires superficiels	Argilo calcaires profonds	Sablo graveleux	Alluvions argileuses	Limons argileux superficiels de plateaux	Argilo calcaires de vallée	Limons hydromorphes	Limons argileux hydromorphe de vallée
Autres noms	Terres blanches, luvisols, terres profondes limoneuses, limons à silex	Terres profonds, bonnes terres, brunisols, néoluvissols	Argilo calcaires superficiels, calcosols, calcisols, rendosols	Terres rouges, rougets, brunisols, calcisols	Sables, brunisols	Alluvions argileuses, argiles lourdes de vallée, terres noires, brunisols fluviatiques	Sols superficiels de plateaux calcaires, calcisols, rendisols, brunisols	Sols sablonneux terres franches inondables, calcosols fluviatiques	Terres blanches hydromorphes, herbues, luvisols dégradés, redoxisols	Redoxisols reductibles fluviatiques
% d'argiles	Médiane 21% Bornes 10 à 27	Médiane 27% Bornes 17 à 37	Médiane 33,5% Bornes 27 à 40	Médiane 32% Bornes 27 à 45	Inférieur à 20% Médiane à 9%	Médiane 35% Bornes 32,5 à 77	Médiane 33,5% Bornes 27 à 40	Médiane 36% Bornes 27 à 40	Médiane 16% Bornes 9 à 25	Médiane 43% Bornes 15 à 61
% de CaCO ₃	Traces à 0	Traces à 0	Traces à 40%	Traces à 40%	0	0 à traces	0 à traces	Médiane 31% Bornes 20 à 40	0	0
% MO	Médiane 2,1% Bornes 1,4 à 6	Médiane 2,8% Bornes 1,7 à 8,5	Médiane 4,5% Bornes 3,5 à 15	Médiane 3,4% Bornes 2,7 à 7	Médiane 1,3% Bornes 0,8 à 6,6	Médiane 3,7% Bornes 2,5 à 8	Médiane 3,5% Bornes 4,5 à 15	Médiane 3,1% Bornes 2,1 à 8,4	Médiane 2,8% Bornes 1,3 à 6,6	Médiane 4,3% Bornes 4 à 20
Hydromorphologie	Sains à moyenne	Sains	Sains	Sains	Sains à moyenne	Sains à moyenne	Sains	Sains à moyenne	Forte	Forte
Charge en cailloux	0 ou silex	0	Moins de 5% à plus de 50%	Moins de 5%	0	0	0	<5%	<5%	0
Profondeur d'enracinement	60 à 90 cm sauf silex (35cm)	>60 cm	<35 cm	>60 cm	>60 cm	>60 cm	<35 cm	>60 cm	<60 cm	<60 cm
Réserve utile	>120 mm sauf silex (90 mm)	>120 mm	Médiane 70 mm Bornes 20mm à 90 mm	>120mm	50 à 100 mm	>120 mm	<70 mm	>120 mm	<90 mm	<80 mm