



**aGRICULTURES  
& TERRITOIRES**  
CHAMBRE D'AGRICULTURE  
BOURGOGNE-FRANCHE-COMTÉ

# **DIRECTIVE NITRATES**

## **RAISONNEMENT DE LA FERTILISATION AZOTÉE**





## Table des matières

I - RAISONNEMENT DE LA FERTILISATION AZOTEE : .....	4
1 - BESOINS DE LA CULTURE .....	6
2 - FOURNITURES.....	10
3 - FERTILISATION AZOTEE.....	21
II - FERTILISATION AZOTEE POUR LE MAÏS : .....	29
III - FERTILISATION AZOTEE POUR LES PRAIRIES A BASE DE GRAMINEES : .....	35
IV – FERTILISATION AZOTEE DES CULTURES AVEC DOSE PLAFOND : .....	40
Tournesol.....	40
Soja .....	40
Pois potager et pois chiche.....	40
Luzerne .....	41
Vigne.....	41
Cerisiers .....	41
Cassis .....	41
Miscanthus - Switchgrass .....	42
Sapins de Noël .....	42
Cultures orphelines et nouvelles cultures.....	42
V – FERTILISATION AZOTEE DES MELANGES DE CULTURES ANNUELLES TYPE METEIL : .....	43
VI – FERTILISATION AZOTEE DES CULTURES DEROBEEES : .....	44
Annexe 1 – Réactualisation de la valeur du RSH selon la lame d’eau drainante.....	47
Annexe 2 – Types de sols caractérisés pour les départements bourguignons et francs-comtois.....	52
Annexe 3 – Rendements de référence par défaut (en cas d’absence de références sur l’exploitation) par type de sol bourguignon et franc-comtois.....	53
Annexe 4 – Besoins des cultures en azote forfaitaire.....	56
Annexe 5 – Détermination de la situation culturale des parcelles situées en France Comté.....	61

## PREAMBULE

Depuis 2012, la révision de la Directive Nitrates a conduit à la création d'un Groupe Régional d'Expertise Nitrates (GREN) dans chaque région. Ce groupe est composé d'experts issus des services de l'Etat, des Chambres d'Agriculture, des Instituts Techniques, des coopératives et négoce, des établissements de recherche et d'enseignement de la région ainsi que d'un représentant des Agences de l'Eau. Le GREN a eu pour mission d'élaborer un cadre de référence régional pour le raisonnement de la fertilisation azotée à partir du document de référence national issu des travaux du COMIFER.

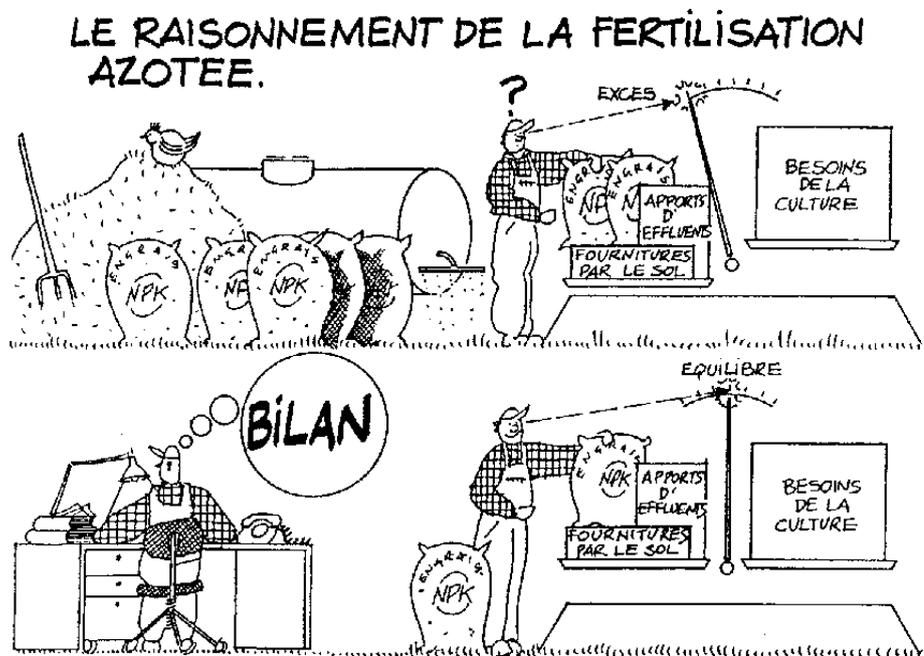
## I - RAISONNEMENT DE LA FERTILISATION AZOTEE :

La bonne gestion économique de l'exploitation ainsi que la protection de l'environnement (lutte contre le lessivage des nitrates) passent par un bon ajustement de la fertilisation azotée. Ce document regroupe les références nécessaires pour conduire de façon raisonnée la fertilisation azotée des cultures.

La dose des fertilisants épandus sur chaque îlot cultural localisé en zone vulnérable est limitée en se fondant sur l'équilibre entre les besoins prévisibles en azote des cultures et les apports et sources d'azote de toute nature.

Le calcul de la dose prévisionnelle d'azote à apporter par les fertilisants s'appuie sur la méthode du bilan.

### La méthode du bilan : vers un juste équilibre des besoins et de l'offre



Cette méthode s'applique à la plupart des cultures, elle prend en compte les besoins en azote des cultures et les restitutions d'azote par le sol.

Dose conseillée = Besoins de la culture – Fournitures

Pour paramétrer cette méthode, ont été pris en compte par ordre de priorité :

- les références régionales quand elles existent,
- les références nationales,
- les estimations empiriques (si les connaissances précises n'existaient pas) à dire d'expert pour être exhaustif dans le conseil.

### Calcul de la dose totale :

La méthode dite du "bilan" pour le calcul de la dose d'engrais totale à apporter peut être présentée ainsi :

Besoins de la culture (A)	Fournitures (B)
Besoin de la plante (1) : .....	Reliquat d'azote sortie hiver (4) : .....
x	+ Minéralisation de l'humus du sol (5): .....
Objectif de rendement (2) : .....	(y compris Arrière-effet des MO)
+	+ Effet du précédent (6) : .....
	+ Effet des cultures intermédiaires (7) : .....
	+ Effet du retournement de prairie (8) : .....
Azote restant dans le sol après la récolte (3) : .....	+ Azote absorbé pendant l'hiver (9) : .....
	+ Azote apporté par l'eau d'irrigation (10) : .....
TOTAL A : .....	TOTAL B : .....
Fertilisation azotée prévisionnelle = Apport azote minéral et organique (en unités ou kg d'azote/ha) = Besoins (A) - Fournitures (B) = .....	

Concernant l'équation de ce bilan, l'hypothèse est faite que les apports atmosphériques sont de même amplitude que les pertes gazeuses (volatilisation de l'ammoniac et de la dénitrification). Il est donc important de limiter autant que faire se peut les émissions vers l'air, que ce soit pour utiliser au mieux l'azote apporté ou pour réduire les impacts négatifs de l'ammoniac et du protoxyde d'azote.

# 1 - BESOINS DE LA CULTURE

Les plantes absorbent l'azote en fonction de leurs besoins et de sa disponibilité dans le sol.

L'objectif du raisonnement de la fertilisation azotée est d'apporter la quantité d'azote nécessaire à l'obtention du potentiel de rendement et ceci sans négliger la qualité de la production dans une situation donnée.

**Besoins culture = (besoins de la plante \* objectif de rendement) + azote restant après récolte**

## LES BESOINS (B) DE LA PLANTE (1) :

C'est la quantité d'azote dont la plante a besoin pour constituer ses feuilles, racines et grains. Elle s'exprime en kg d'azote par quintal de grain produit pour les cultures dont l'absorption d'azote est proportionnelle au rendement.

Culture	Besoin (b) (en kg N/unité de production)	Variétés	Unité de producti on	Source	
Avoine	2,2		q	Arvalis, 2012	
Blé améliorant  <i>Les autres variétés améliorantes non référencées ici sont positionnées par défaut en b = 3,9</i>	3.7	Manital, Renan	Mise en réserve conseillée pour la fin de montaison	q	Arvalis, 2019
	3.9	Alessio, Antonius, CH Nara, Esperia, Forcali, Galibier, Izalco CS, Lennox, MV Kolo, MV Suba, Quality, Rebelde	40		
	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	60		
Blé dur	3,7	Atoudur, Biensur, Gibus, Joyau, Pescadou, Pictur, Plussur, Qualidou, RGT Fabionur, RGT Izalmur, RGT Voilur, RGT Aventadur, Santur, Sy Banco	40	q	Arvalis, 2019
	3,9	Anvergur, Karur, Casteldoux, Cultur, Fabulis, Miradoux, Lloyd, Luminur, Janeiro, Nemesis, Pastadou, Platone, SY Cysco, Toscadou	60		
	4,1	Alexis, Aventur, Babylone, Daurur, Floridou, Haristide, Heraklion, LG Boris, Nobilis, Relief, RGT Musclur, Sculptur, Tablur	80		
Colza	7		q	Cetiom 2014	
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 à 100 q b = 2,2 si objectif de rendement entre 100 et 120 q b = 2,1 si objectif de rendement supérieur à 120 q		q	Arvalis, 2012	
Maïs ensilage	b = 14 si objectif de rendement inférieur à 14 t b = 13 si objectif de rendement entre 14 et 18 t b = 12 si objectif de rendement supérieur à 18 t		T de MS	Arvalis, 2012	
Orges	2,5		q	Arvalis, 2013	
Epeautre	2		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	

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

### 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 bq-b vers la fin de montaison où l'apport d'azote sera le plus efficace sur l'augmentation de la teneur en protéines.

CLASSES DE b	VARIETES	CLASSES DE bq11.5%	Modalités de fractionnement à respecter en utilisant bq11.5%	
			bc11.5%	Mise en réserve minimale conseillée pour la fin de montaison
2.8	ADDICT, ADVISOR, AIGLE, ANNECY, ARMADA, ATOUPIC, AYMERIC, <b>CAMPESINO</b> , CHEVIGNON, CONCRET, COSTELLO, DIDEROT, ESPART, FAIRPLAY, GEDSER, GRANAMAX, HYBELLO, HYBIZA, HYCLICK, HYGUARDO, HYKING, HYPOD, HYPODROM, HYPOLITE, HYTECK, HYWIN, <b>HYXPERIA</b> , KUNDERA, LITHIUM, LYRIK, MANDRAGOR, MEETING, MODERN, MOGADOR, MONTECRISTO CS, MORTIMER, MUTIC, POPEYE, <b>RGT DISTINGO</b> , RGT MONDIO, RGT TEXACO, RGT VOLUPTO, SALVADOR, SANREMO, SEPIA, STADIUM, <b>SU ASTRAGON</b> , TENTATION, ZEPHYR	3	0.2	60 kg N (40*+20)
	JOHNSON, ODYSSEE, REFLECTION, SOBRED, TORP	3.2	0.4	70 kg N (40*+30)
3	ADRIATIC, <b>AMBOISE</b> , <b>ANDROMEDE</b> CS, APANAGE, APLOMB, APOSTEL, BONIFACIO, CALABRO, CALCIO, CALISOL, CALUMET, CELLULE, COMILFO, CONEXION, DESCARTES, DIAMENTO, DISTINXION, ETANA, FANTOMAS, FILON, FOXYL, GIMMICK, GOTIK, HYFI, HYNVICUS, HYXPRESS, JAIDOR, KWS DAKOTANA, <b>KWS TONNERRE</b> , LAVOISIER, LG ABRAHAM, LG ABSALON, LG ALTAMONT, LG ANDROID, <b>LG AURIGA</b> , LIPARI, LUMINON, MAUPASSANT, MEMORY, <b>OBIWAN</b> , OREGRAIN, <b>ORTOLAN</b> , PASTORAL, PATRAS, PIBRAC, PILLER, PUEBLO, RECIPROC, RGT AMPIEZZO, RGT CASTELNO, <b>RGT CONEKTO</b> , RGT CYCLO, RGT CYSTEO, RGT GOLDENO, RGT KILIMANJARO, RGT PRODUCTO, RGT TEKNO, RGT VELASKO, RGT VENEZIO, RUBISKO, SCENARIO, SILVERIO, SOLINDO CS, SOLOGNAC, SOLVEIG, SOPHIE CS, <b>SORBET</b> CS, SOTHYS CS, STROMBOLI, <b>SY ADORATION</b> , <b>SY PASSION</b> , SY TOLBIAC, SYLLON, TARASCON, UNIK, VYCKOR	3	0	40* kg N
	ALBATOR, ASCOTT, ATTRAKTION, AUCLAND, BELEPI, BERGAMO, COLLECTOR, COMPLICE, CREEK, DONJON, FAUSTUS, FRUCTIDOR, GALLIXE, GRAPELJ, HYDROCK, HYXTRA, IONESCO, KWS EXTASE, KYLIAN, LAURIER, LEANDRE, MACARON, MAORI, MATHEO, MILOR, NEMO, <b>PORRHUS</b> , <b>PROVIDENCE</b> , RGT CELESTO, RGT CESARIO, RGT LIBRAVO, RGT SACRAMENTO, RGT PULKO, RONSARD, SHERLOCK, STEREO, SWEET, SY MATTIS, SY MOISSON, SYSTEM, TENOR, TERROIR, THALYS, TOBAK, TRIOMPH, VALDO, WAXIMUM	3.2	0.2	60 kg N (40*+20)
3.2	BIENFAIT, CECYBON, CENTURION, <b>CUBITUS</b> , FALADO, LAZARO, LG ARMSTRONG, LG ASCONA, ORLOGE, RGT FORZANO, <b>RGT LEXIO</b> , RGT TALISKO, SOVERDO CS	3.2	0	40* kg N

Les variétés introduites pour 2020 dans le classement sont **en gras**,  
Et celles modifiées depuis l'an dernier sont **en rouge**.

\*: la mise en réserve minimale de 40 kg N pourra être réduite en cas de faible potentiel

25 novembre 2019

### OBJECTIF DE RENDEMENT (2) :

C'est le rendement qui peut raisonnablement être atteint ; il est déterminé en fonction de la plante (variété, date de semis, densité de peuplement...), de la parcelle (aptitude du sol, réserve en eau...) et de l'itinéraire technique.

**Il est calculé à partir de l'historique de rendement sur l'exploitation en retenant la moyenne des 3 rendements obtenus au cours des 5 dernières campagnes successives sur la parcelle ou une parcelle équivalente au plan agronomique après avoir exclu la valeur maximale et la valeur minimale.**

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 3 du présent arrêté sont utilisées en lieu et place de ces références.

Pour certaines cultures, il n'y a pas de relation directe entre le niveau de production et la quantité d'azote absorbée par la plante à la récolte. On utilise donc une valeur de besoin d'azote par unité de surface.

→ Cultures concernées en Bourgogne : Betterave sucrière, Pomme de terre, Oignons, Légumes d'industrie, Légumes frais, Porte-graine

Cultures	Besoins (en kg N/ha)	Variétés	Source
Betterave sucrière	220		ITB, 2012
	160	Haricot extrafins ou très fins	
Légumes d'industries	180	Haricot gros calibre	UNILET, 2012
	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	
Pomme de Terre		Voir Annexe 4	
Légumes frais	190	Voir Annexe 4	
Porte-graine		Voir fiches culture COMIFER ( <a href="http://www.comifer.asso.fr">http://www.comifer.asso.fr</a> )	COMIFER

### AZOTE RESTANT APRES RECOLTE (3) :

C'est la quantité d'azote qui reste dans le sol et qui n'a pu être utilisée par la culture (influence de l'état de l'enracinement de la culture et du climat).

Il doit être le plus faible possible pour limiter les risques de lessivage : il peut varier de 10 à 40 unités selon l'état et la profondeur du sol.

#### Valeurs en kg N/ha

Profondeur du sol	Sol léger	Sol limoneux	Sol argileux
	Argile < 15 % Limons < 45% CaCO <sub>3</sub> < 10%	15 % < Argile < 30 % Limons > 45% CaCO <sub>3</sub> < 10%	Argile. > 30 % et sols 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 de l'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
	Correspondance type de sols Franche Comté (COMIFER)		
	2/6	3/8/11	4/5/7/10/12
<b>Sol superficiel (0 à 30 cm)</b>	5	10	15
<b>Moyennement profond(0 à 60 cm)</b>	10	15	20
<b>Profond (0 à 90 cm)</b>	15	20	30
<b>Très profond (0 à 120 cm)</b>	20	30	40

Source Comifer

## 2 - FOURNITURES

Elles peuvent être très variables selon les sols et les apports organiques.

**FOURNITURES =**

**RELIQUATS + MINÉRALISATION DE L'HUMUS DU SOL (DONT L'ARRIÈRE-EFFET DES APPORTS ORGANIQUES) + RESIDUS DU PRÉCÉDENT + EFFET DES CULTURES INTERMÉDIAIRES + EFFET DES RETOURNEMENTS DE PRAIRIE + AZOTE ABSORBÉ PENDANT L'HIVER + AZOTE APPORTÉ PAR L'EAU D'IRRIGATION**

### LE RELIQUAT D'AZOTE SORTIE HIVER (4) :

Il est très variable d'une année sur l'autre car il est fonction du type de sol, du passé cultural de la parcelle, de la pluviométrie et de la température hivernale ainsi que du bilan de l'azote sur le précédent. Ce reliquat peut être mesuré par prélèvement d'échantillons de sol et analysé à la fin de l'hiver ou estimé à partir de références agronomiques locales. Il doit être réalisé sur la profondeur du sol exploitable par les racines.

La **fraction nitrique** du reliquat est à prendre en compte sur la profondeur d'enracinement maximale de la culture. 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.

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.

### Valeurs RSH (15 janvier / Fin février) retenues (base d'une moyenne interannuelle) en kg N/ha

**SOLS ARGILEUX :** Argilo-calcaires superficiels, Argilo-calcaires moyens et craie de l'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  
Types de sols Comifer : 4/5/7/10/12

Cultures en place	Culture précédente ou CIPAN	Profondeur du sol		
		Superficiel	Moyennement Profond	Profond
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

**SOLS LIMONEUX** : Limons argileux profonds, Limons profonds  
Types de sols Comifer : 3/8/11

Cultures en place	Culture précédente ou CIPAN	Profondeur du sol		
		Superficiel	Moyennement Profond	Profond
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** : Sable, Limons sableux hydromorphes et sains  
Types de sols Comifer : 2/6

Cultures en place	Culture précédente ou CIPAN	Profondeur du sol		
		Superficiel	Moyennement Profond	Profond
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

Source Chambres d'agriculture à partir de données régionales – validées par le GREN – novembre 2019

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 (RSH) est aussi la date d'ouverture du bilan.

→ Dans les situations 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 (unités).

## **PERTE PAR LIXIVIATION DES NITRATES : Réévaluation du RSH en fonction de la pluviométrie**

Il peut se passer un certain laps de temps entre la mesure du reliquat sortie hiver (RSH) et son utilisation par la culture. Pour les céréales, le stade épi 1 cm correspond au stade clé d'absorption de l'azote et intervient généralement 2 mois après le prélèvement de sol. Certaines années, des précipitations importantes après la période de prélèvement du reliquat azoté en sortie d'hiver (mesuré fin janvier/début février) peuvent engendrer une évolution de ce reliquat. En effet, la lixiviation de l'azote nitrique du sol au-delà de la profondeur maximale d'enracinement de la culture, réduit le stock d'azote minéral disponible pour cette dernière. Ce phénomène dépend du type de sol et de la lame drainante (quantité d'eau qui passe sous la profondeur exploitée par les racines).

Or, le stock d'azote minéral à la date d'ouverture du bilan (ou reliquat azoté sortie d'hiver, RSH) permet de calculer la dose d'azote à épandre. Si la mesure du RSH est intervenue avant des séquences de pluies intenses, une réactualisation de la valeur s'impose au stade « épi 1 cm » pour les céréales, par exemple. De ce fait la dose X se trouve augmentée de la partie du RSH lixiviée (terme L).

Le détail de ce calcul est précisé en Annexe 1.

## **LA MINÉRALISATION DE L'HUMUS DU SOL (5) :**

Dépend du taux de matière organique, du pH, du taux d'argile, de la structure du sol et de l'activité biologique. Les valeurs ont été calculées pour un certain nombre de types de sols.

La valeur de la minéralisation de l'humus dépend également de l'enfouissement des résidus de récolte et de l'apport régulier de matière organique.

Un épandage libère de l'azote rapidement (effet direct) et les années suivantes (arrière-effet). L'arrière-effet n'est à prendre en compte que dans les cas d'apports réguliers.

Pour prendre en compte les apports organiques sur le long terme (résidus de récolte, effluents d'élevage...) et leur arrière effet, on corrige la valeur Mh du tableau en la multipliant par les coefficients ci-dessous :

Fréquence des apports organiques exogènes et types de produits							
	Jamais	5-10 ans		3-4 ans		1-2 ans	
Résidus de récolte		A	BC	A	BC	A	BC
Exportés - 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.

<b>Minéralisation de l'humus du sol (5)</b> = Minéralisation de l'humus x arrière effet des apports organiques
---

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

Type de sol	Autres noms usuels	Localisation fréquente	Poste Minéralisation de l'humus			
			Cultures d'hiver et de printemps (céréales à paille, colza, moutarde...)	Culture légumière (oignon, pdt, ...)	Betteraves fourragères Betteraves sucrières	Chanvre
Limons argileux profonds MO inférieure à 2%	Aubues blanches, limon gras, brunisol, planosol	Sénonais, Plaine dijonnaise, Bourgogne nivernaise, Plateaux de Bourgogne, Centre nivernais, Plateau nivernais	20	30	70	30
Limons argileux profonds MO supérieurs à 2%	Aubues blanches, limon gras, brunisol, planosol	Sénonais, Plaine dijonnaise, Bourgogne nivernaise, Plateaux de Bourgogne, Centre nivernais, Plateau nivernais	25	40	70	40
Limons profonds MO inférieure à 2%	Limons blancs, terre douces, luvisol limoneux...	Gâtinais, Puisaye, Centre, Nivernais, Sologne bourbonnaise, Bresse, Val de Saône, Auxois, Pays d'Othe, Plateau nivernais, Plaine	25	50	70	50
Limons profonds MO supérieure à 2%	Limons blancs, terre douces, luvisol limoneux...	Gâtinais, Puisaye, Centre, Nivernais, Sologne bourbonnaise, Bresse, Val de Saône, Auxois, Pays d'Othe, Plateau nivernais	35	70	70	65
Argilo-calcaire superficiels	Petite terre à cailloux, G1, rendosol...	Plateaux de Bourgogne, Bourgogne nivernaise, Sénonais, Plateaux nivernais, Côte viticole	10	20	40	15
Argilo-calcaire moyens et craie Yonne	Petites aubue, G2, calcosol moyennement profond...	Plateaux de Bourgogne, Bourgogne nivernaise, Sénonais, Amogne, Côte viticole	15	30	50	20
Argilo-calcaire profonds et terre argileuse calcaire	Aubues rouges, G3, calcosol argileux...	Plateaux de Bourgogne, Centre nivernais, Auxois, Plaine	20	30	50	20
Argilo-limoneux décarbonatés	Calcisol argileux	Centre Nivernais, Auxois, Secteur neversois, Entre Loire et Allier, Amogne, Côte viticole, Plaine	30	50	70	50
Argiles à silex		Pays d'Othe, Puisaye, Gâtinais, Plateau nivernais	15	30	50	20
Alluvions argileuses et terre humifère	Fluvisol argileux...	Vallées	35	60	90	60
Limons sableux, hydromorphe		Sologne bourbonnaise, Bresse, Puisaye, Plaine dijonnaise	25	50	70	50
Limons sableux, sain	Brunisol sablo-limono-argileux, alocrisol...	Sologne bourbonnaise, Bresse, Puisaye	25	30	50	50
Sable		Val de Loire et d'Allier, Morvan, Sologne bourbonnaise, Val de Saône	25	30	40	50
Terre argileuse ou argilo-sableuse, hydromorphe	Brunisol argileux, pélosol, rédoxisol...	Sologne bourbonnaise, Bresse, Puisaye, Champagne humide, Auxerrois, Val de Saône, Morvan, Auxois, Côte viticole	15	30	50	30

Pour les départements Frانس 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, ...)	Betteraves 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

### L'EFFET DU PRECEDENT (6) :

Correspond à l'azote libéré ou réorganisé provenant des résidus de récolte du précédent. Les valeurs retenues pour une culture normalement fertilisée sont les suivantes :

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	10	0
Oignons d'industrie	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	

.../...

Nature du précédent	Mr (kg N/ha)	
	Date d'ouverture du bilan (date de mesure du reliquat azoté)	
	Sortie Hiver	Avril*
Maïs fourrage	0	0
Maïs grain	- 10	0
Pois protéagineux	20	10
Prairie	0	0
Pois, Haricots de conserve	20	10
Pomme de terre	20	10
Tournesol	-10	0
Ray-Grass dérobé	-10	0
Soja	20	10
Jachère	Voir tableau suivant	
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

Pour les jachères :

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 Comifer

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

## L'EFFET DES CULTURES INTERMÉDIAIRES (7) :

Il faut ajouter éventuellement l'effet d'une culture intermédiaire piège à nitrates (CIPAN) qui varie selon les critères suivants : l'espèce, le niveau de croissance, la date de destruction et la date d'ouverture du bilan.

### Dose d'azote fournie par la culture intermédiaire à la culture suivante (kg N/ha)

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

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

Source Comifer

## L'ARRIÈRE EFFET DES PRAIRIES (8) :

La destruction de prairies s'accompagne d'une minéralisation intense d'azote qui dépend de la conduite et de l'âge de la prairie au moment de sa destruction.

a - Destruction de printemps			Age de la prairie				
			< 18 mois	2-3 ans	4-5 ans	6-10 ans	> 10 ans
Rang 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

<sup>1</sup> Il est rappelé l'interdiction d'utiliser des légumineuses pures en Cipan

b - Destruction d'automne			Age de la prairie				
			< 18 mois	2-3 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

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

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

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

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

### L'AZOTE ABSORBE PENDANT L'HIVER (9) :

En général, il y a une liaison étroite entre l'azote absorbé par la plante et la quantité de biomasse produite à l'ouverture du bilan.

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

Données à prendre en compte :

\* 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 2012

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

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

Source : CETIOM, 2014

Le principe des méthodes proposées est basé sur une estimation plus ou moins précise 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. Toute fois 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 gelées 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/m<sup>2</sup> x 50
- NabsSh (kgN/ha) = poids frais en kg/m<sup>2</sup> 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

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

### *La 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 m<sup>2</sup> 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.
- 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 m<sup>2</sup> à l'entrée et à la sortie de l'hiver
- calculer la quantité d'azote absorbé dans la culture à l'entrée (NabsEH) et à la sortie de l'hiver (NabsSH) :
  - o NabsEH (kgN/ha) = poids frais en kg/m<sup>2</sup> x 50
  - o NabsSH = poids frais en kg/m<sup>2</sup> x 65

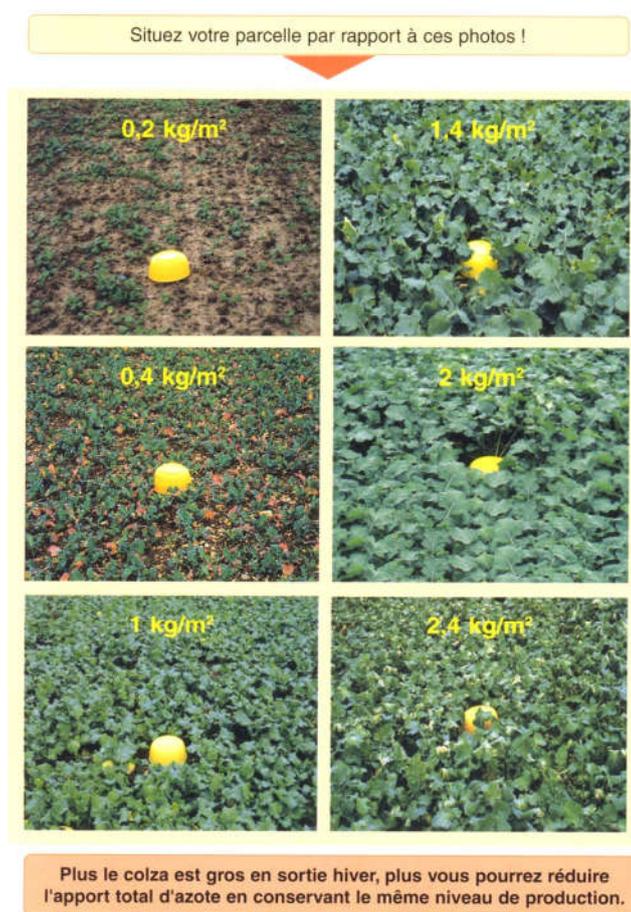
La quantité d'azote absorbée à l'ouverture du bilan (Pi) peut être calculée selon la méthode décrite au début du paragraphe.

### 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).

### 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 m<sup>2</sup>.



### 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, l'azote absorbé pendant l'hiver est égal à 0.

## L'AZOTE APORTE PAR L'EAU D'IRRIGATION (10) :

L'eau d'irrigation est une source à part entière d'azote pour la culture. Les apports d'azote par l'eau d'irrigation peuvent être importants si celle-ci est chargée en nitrates et si les cultures sont fortement arrosées.

Pour la Bourgogne, les valeurs suivantes sont à retenir :

- 0 kg N/ha en dessous de 100 mm
- 5 kg N/ha au-delà de 100 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.*

### 3 - FERTILISATION AZOTEE

---

Le bilan des fournitures et des besoins de la culture nous donne la dose totale d'azote à apporter à la culture.

#### APPORTS ORGANIQUES :

La valeur fertilisante des produits dépend de la quantité, la composition du produit apporté et le coefficient d'équivalence-engrais qui rend compte globalement des pertes et de la disponibilité pour la culture sur laquelle il a été épandu.

- **Quantité épandue :**

Elle peut être évaluée par estimation selon les caractéristiques de l'élevage ou par pesée ;

- **Composition :**

Elle peut être estimée par les teneurs moyennes (cf. tableaux page 21 à 23) ou connue en réalisant une analyse du produit épandu; dans ce cas, la valeur utilisée doit être 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.

- **Coefficient d'équivalence-engrais :**

Un épandage libère de l'azote rapidement l'année de l'épandage (effet direct) et les années suivantes (arrière-effet). L'arrière-effet est comptabilisé dans les fournitures du sol. En ce qui concerne la fertilisation azotée, on ne prend en compte que l'effet direct.

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 d'azote. En effet, à la date d'ouverture du bilan, une partie de l'azote du produit résiduaire apporté par les apports organiques 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.

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**  
(Kg par tonne de produit brut pour les solides et par m<sup>3</sup> 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 :

### **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, lisiers 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, lisiers 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'Élevage, ITP, Comifer

▪ **Culture dérobée/CIPAN :**

La valeur du coefficient d'équivalence engrais à retenir est :

- Effluents de type A (fumiers, composts) :  $Keq = 0,15$
- 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 :

- 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 :**

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 les 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).

Exemple :

Soit un apport à l'automne avant un blé de 20 t/ha de fumier de bovin lait en stabulation paillée.  
Effet direct :  $20 * 5,5 * 0,10 = 11$  unités

Ces 11 unités seront notées comme fertilisation azotée organique.

L'effet indirect (arrière effet) sera comptabilisé dans les fournitures du sol.

## APPORTS D'ENGRAIS MINÉRAUX :

**Il est obligatoire de fractionner la dose totale en deux apports minimum lorsque la dose totale dépasse 60 kg N/ha (sauf cas particuliers : 6<sup>ème</sup> PAR BFC).**

### *Cas d'un calcul nul ou négatif :*

Le calcul de 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).

Lorsque le calcul de la dose prévisionnelle indique un résultat compris entre 0 et 30 kg N/ha, il est conseillé d'apporter une dose forfaitaire de 30 kg N/ha pour toutes les cultures car il est difficile d'épandre une dose plus faible avec précision.

Lorsque le calcul de la dose prévisionnelle indique un résultat négatif (situations très particulières et rares), aucun engrais minéral azoté ne doit être apporté.

### *Volatilisation :*

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

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

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

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

Lorsqu'un engrais à base uréique et/ou ammoniacale tel que l'urée et la solution azotée est apporté en plein en cours de culture sans possibilité d'enfouissement/incorporation ou infiltration, une grille d'évaluation du risque de perte d'efficacité permet d'ajuster l'apport prévu

en appliquant une majoration de 0 à 15 % à cet apport. Cette grille, disponible sur le site Internet du COMIFER (<http://www.comifer.asso.fr/>) est utilisable avant chaque apport.

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

L'agriculteur devra alors produire la grille d'évaluation de l'apport ayant fait l'objet d'une majoration et les justificatifs prouvant qu'il s'agissait d'un apport en plein en cours de culture sans possibilité d'enfouissement/incorporation ou infiltration.»

## Grille d'évaluation du risque de volatilisation ammoniacale pour chaque apport

(cas d'apport en plein sur végétation)

Date d'apport :				
Parcelle				
Culture				
			Note	Votre situation
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			

## Dépassement de la dose prévisionnelle :

**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.**

## II - FERTILISATION AZOTEE POUR LE MAÏS :

### Maïs grain - Maïs fourrage - Sorgho grain - Sorgho fourrager

### 1 - BESOINS DES CULTURES

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 70 % sur le cycle de la culture.

#### EQUATION DU BILAN

Besoins de la culture (A)	Fournitures (B)
Besoin de la plante b (1) : .....	Minéralisation de l'humus du sol (3): .....
x	(+ Arrière-effet des MO)
Objectif de rendement (2) : .....	+ Effet de retournement de prairie (4) : .....
(t MS/ha ou qx/ha)	+ Effet des cultures intermédiaires (5) : .....
	+ Azote apporté par l'eau d'irrigation (6) : .....
TOTAL A : .....	TOTAL B : .....
Fertilisation azotée prévisionnelle = Apport azote minéral et organique (en unités ou kg d'azote/ha) = [Besoins (Total A) - Fournitures (Total B)]/0,72 = .....	

#### Coefficient Apparent d'Utilisation (CAU)

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

**Coefficient Apparent d'Utilisation = 0,72**

#### Besoins de la plante (1) :

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

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

Culture	Unité de production	Besoin unitaire (kg N/unité de production)
Maïs doux	t d'épis verts vêtus /ha	b = 10
Maïs doux	t d'épis verts nus (sans les spathes) /ha	b = 12
Maïs fourrage	t MS /ha	b = 14 si ObjRdt <=14 t b = 13 entre 14 et 18 t b = 12 si ObjRdt > 18 t

Maïs grain	q (normes hum.) /ha	b = 2.3 si ObjRdt <100 q b = 2.2 entre 100 et 120 q b = 2.1 si ObjRdt > 120 q
Maïs semences	q (normes hum.) de <u>femelles</u> /ha	Selon l'objectif de rendement et la disposition de semis (voir ci-dessous)
Sorgho grain	q (normes hum.) /ha	b = 2,4
Sorgho fourrage	t MS /ha	b = 13

### Maïs semence

Pour cette culture, le besoin s'exprime ainsi :

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

### Besoin femelle

Rdt à 15%H2O femelle (qx/ha)	Besoin semences femelle (KgN/ha)
[0-10[	70
[10-15[	85
[15-20[	95
[20-25[	105
[25-30[	115
[30-35[	125
[35-40[	130
[40-45[	135
[45-50[	140
[50-55[	145
[55-60[	150
[60-70[	155
[70-..]	165

### 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

### Objectif de rendement (q/ha) (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.

Besoins de la culture  
 =  
 Besoins de la plante x objectif de rendement  
 =  
 ②

### Minéralisation de l'humus du sol (3)

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 globales kg N/ha sans apports organiques
Limons argileux profonds (MO<2%)	80
Limons argileux profonds (MO>2%)	80
Limons battants drainés	85
Limons battants hydromorphes (de Bresse)	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	85
Limon sableux sain	50
Sable et gravier	45
Terre argileuse hydromorphe	70

Type de sol COMIFER pour la Franche-Comté	Fournitures globale kg N/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	
Résidus de récolte		A	BC	A	BC	A	BC
Exportés tous les ans	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.

$$\begin{aligned} & \text{Minéralisation de l'humus du sol} \\ & = \\ & \text{Fourniture globale sans apport organique} \times \text{coefficient apport organique} \\ & = \\ & \boxed{\phantom{00000}} \text{ ③} \end{aligned}$$

### Minéralisation due à un retournement de prairie (4)

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

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

a - Destruction de printemps			Age de la prairie				
			< 18 mois	2-3 ans	4-5 ans	6-10 ans	> 10 ans
Rang 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	2-3 ans	4-5 ans	6-10 ans	> 10 ans
Rang de la culture post destruction	1	maïs	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

$$\text{Minéralisation nette due à un retournement de prairie} = \boxed{\phantom{00000}} \text{ ④}$$

## Minéralisation des résidus de culture intermédiaire (5)

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

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

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

Minéralisation nette des résidus de culture intermédiaire =  5

## Azote apporté par l'eau d'irrigation (6)

L'azote contenu dans l'eau d'irrigation est prise en compte selon le tableau suivant :

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

Un calcul plus précis est possible si la teneur en nitrates de l'eau est connue.

Azote apporté par l'eau d'irrigation =  6

### Azote de la fraction minérale d'un engrais organique (effet direct)

Cela revient à estimer l'effet direct des apports organiques récents. Cette évaluation nécessite de disposer :

- de la quantité de produit organique : en tonne ou m<sup>3</sup>,
- de la teneur en azote du produit à partir de la table du référentiel ou mieux d'analyses,
- de coefficient d'équivalence du produit qui permet de transposer l'effluent en équivalent « engrais » (ammonitrate).

La valeur de ce poste est donnée par le calcul suivant :

$$\text{Effet Direct Apports organiques} = \text{Teneur (kgN/t)} \times \text{Keq} \times \text{Q effluent épandu (t/ha)}$$

Les coefficients d'équivalence et les teneurs en azote moyenne observées sont définis dans la partie « Méthode du bilan prévisionnel » - pages 20 à 25

$$\text{Effet Direct Apports organiques} = \text{Teneur} \times \text{Keq} \times \text{quantité épandue} = \boxed{\phantom{000}} \text{ 7}$$

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

Rappel de l'équation retenue :

Soit à partir des postes précédemment établis :

$$X = \left( \frac{\boxed{\phantom{000}} \text{ 2} - \boxed{\phantom{000}} \text{ 3} - \boxed{\phantom{000}} \text{ 4} - \boxed{\phantom{000}} \text{ 5} - \boxed{\phantom{000}} \text{ 6}}{0,72} \right) - \boxed{\phantom{000}} \text{ 7}$$

### III - FERTILISATION AZOTEE POUR LES PRAIRIES A BASE DE GRAMINEES :

#### Naturelles ou temporaires

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
Azote absorbé par la prairie à la fermeture du bilan = rendement x quantité d'azote exportée en fonction du mode d'exploitation	Fournitures globales d'azote minéral du sol =  Azote fourni par le sol + Azote fourni par les restitutions au pâturage + Azote fourni par les légumineuses
<b>Calcul de la dose X d'apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse (besoins - fournitures)</b>	
Equation utilisée : $X = (\text{Besoin} - \text{Fournitures}) / \text{CAU} - X_a$	

#### 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

Les besoins de la prairie sont calculés comme suit: **Besoins = Obj de rdt x N exporté**  
 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 (Kg N/TMS)		
Pâturage seule	Extensive	25
	Intensive	30
Fauçage et pâturage	Avec déprimage	28
	Sans déprimage	22
Fauçage seule (1 à plusieurs coupes)	Ensilage ou enrubannage	25
	Foin classique	22
	Foin tardif	20

### 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 (tableaux Annexe 3).

$$\text{Besoins de la prairie} = \text{Quantité d'azote exporté} \times \text{objectif de rendement} = \text{①}$$

## 2- CALCUL DES FOURNITURES GLOBALES D'AZOTE DU SOL

Les fournitures d'azote du sol sont calculées en tenant compte : des fournitures d'azote par le sol, de l'azote fourni par les restitutions au pâturage et de l'azote fourni par les légumineuses.

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

Type de sol	N° 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		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 plateaux	8	70	90
Argilo-calcaires de vallée	12	70	90

### 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

### 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 pour une production de 5 à 6 t MS/ha

**Fourniture globale d'azote du sol =  
Azote fourni par le sol + Azote fourni par les restitutions au pâturage  
+ Azote fourni par les légumineuses = ②**

## 3 - PRISE EN COMPTE DE L'EFFET DIRECT DES ENGRAIS ORGANIQUE DE L'ANNEE

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 page 18.

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

Les coefficients d'équivalence et les teneurs en azote moyenne observées sont définis dans la partie « Méthode du bilan prévisionnel » - pages 20 à 25.

**Effet direct des engrais organiques de l'année =**  
**Teneur en azote total du produit x Quantité effluent épandu x Coefficient d'équivalence = ③**

### Calcul de la dose d'azote minéral à apporter X

$X = (\text{Besoins-Fournitures du milieu})/\text{CAU} - \text{Apports organiques}$

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

Soit à partir des postes précédemment établis :

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	5	Fourniture d'azote minéral par le sol	Limon sableux sain avec apport régulier de matières organiques	70
	Mode d'exploitation	Fauche et pâturage avec déprimage	Restitutions au pâturage	Fauche et pâturage avec déprimage	15
	Quantité d'azote exporté	28	Contribution des légumineuses	Peu de légumineuse	15
Total des besoins de la prairie 5 x 28 = 140kg N/h			Total des fournitures du sol 70 + 15 + 15 = 100 kg N/ha		
			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)					
$X = \left( \frac{140 - 100}{0,6} \right) - 19 = 48 \text{ kg N/ha}$					

## IV – FERTILISATION AZOTEE DES CULTURES AVEC 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.**

### 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.

### 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.

## Luzerne

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

## Vigne

Dans le cas général, ce plafond est établi 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 et de l'azote sous forme organique minéralisable pendant le temps de présence de la culture.

Le coefficient équivalence engrais (Keq) pour les vignes est :

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

## Cerisiers

1 / Arbres très vigoureux (ex : Burlat)

A partir de la 3<sup>e</sup> 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).

## Cassis

1 / 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.

## 2 / 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.

## Miscanthus - Switchgrass

### 1 / 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.

### 2 / Switchgrass

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

## 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.

## Cultures orphelines et nouvelles cultures

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

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 de l'arrêté du GREN.

## **V – FERTILISATION AZOTEE DES MELANGES DE CULTURES ANNUELLES TYPE METEIL :**

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 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.

- **Cas d'un mélange** contenant plusieurs céréales non fixatrices : Lorsque plusieurs céréales sont mélangées, pour être récoltées immatures, le besoin retenu est 21 kg N/t MS (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 cultures 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 cultures comportant des protéagineux (pois protéagineux, féverole, lupin), s'il est observé en sortie d'hiver une densité de protéagineux inférieure à 5 pieds/m<sup>2</sup>, 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 (pour les autres postes de l'équation se reporter au début du document) :**

Culture	Besoin en kgN/q	Objectif rendement	Besoin total kg N/ha
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
<b>Culture récoltée en fourrage</b>			
Mélanges céréales immatures	21	8 TMS/ha	168
Mélange 50% céréales/50% pois	21	8*0,5	4*21 = 84

## VI – FERTILISATION AZOTEE DES CULTURES DEROBEEES :

Définition: C'est une culture intermédiaire qui est semée et récoltée ou pâturée entre deux cultures principales. Les Cultures Intermédiaires à Vocation Énergétique (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 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.

### • 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**

Objectif de rendement = 8 t MS /ha  
Besoin d'azote par unité de production = 14 kg N / tMS  
Besoins totaux = 8\*14 = 112 kg N /ha

#### ➤ **Fourniture globale du sol**

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

Fournitures du sol = 30 kg N /ha

➤ **Dose X**

$X = (\text{Besoins de la culture} - \text{Fourniture du sol}) / \text{CAU} = (112-30) / 0,72 = 114 \text{ kg N/ha}$

Règles de fractionnement sur maïs : 2 apports minimum, plafonné à 80 kgN/ha s'il est effectué avant le 1<sup>er</sup> 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 kg N 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 de 21 kg N/t MS.

BESOINS			FOURNITURES		
Besoins de la culture	Rendement moyen	8 x 21 = 168	Quantité d'azote absorbé à l'ouverture du bilan	Seigle à 3 talles à l'ouverture du bilan	10+(5x3) = 25
N après récolte	Sol limons argileux profond jusqu'à 90 cm (MO < 2%)	20	RSH	Sol limons argileux profond en précédent céréales (pas de lessivage du RSH)	20
			Minéralisation de l'humus du sol 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 x 1,05 = 21
			Minéralisation supplémentaire due aux retournements de prairie	Pas de prairies dans la rotation	0
			Minéralisation des résidus de culture du précédent	Effet précédent céréales à paille	- 20
			Minéralisation des résidus de culture intermédiaire	Pas de culture intermédiaire	0
			Fourniture d'azote par les produits organiques	Apport de digestat brut à l'automne	0,65 x 6 x 10 = 39
			Azote provenant de l'irrigation	Pas d'irrigation	0
<b>Total des besoins : 188 kg N/ha</b>			<b>Total des fournitures : 85 kg N/ha</b>		
<b>Calcul de la dose X d'apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse (besoins - fournitures)</b>					
<b>X = 188 - 85 = 103 kg N/ha</b>					

Règles de fractionnement des céréales à paille : 2 apports minimum, entre le 1<sup>er</sup> et le 15 février plafonné à 50 kg/ha, du 1<sup>er</sup> février au 1<sup>er</sup> 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. 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  $b = 8 \times 0,9 \times 21 = 151$  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 1 – Réactualisation de la valeur du RSH selon la lame d'eau drainante**

Il peut se passer un certain laps de temps entre la mesure du reliquat sortie hiver (RSH) et son utilisation par la culture. Pour les céréales, le stade épi 1 cm correspond au stade clé d'absorption de l'azote et intervient généralement 2 mois après le prélèvement de sol. Des précipitations importantes après la période de prélèvement du reliquat azoté en sortie d'hiver (mesuré fin janvier/début février) peuvent engendrer une évolution de ce reliquat. En effet, la lixiviation de l'azote nitrique du sol au-delà de la profondeur maximale d'enracinement de la culture, réduit le stock d'azote minéral disponible pour cette dernière. Ce phénomène dépend du type de sol et de la lame drainante (quantité d'eau qui passe sous la profondeur exploitée par les racines).

Or, le stock d'azote minéral à la date d'ouverture du bilan (ou reliquat azoté sortie d'hiver, RSH) permet de calculer la dose d'azote à épandre. Si la mesure du RSH est intervenue avant des séquences de pluies intenses, une réactualisation de la valeur s'impose au stade « épi 1 cm » pour les céréales, par exemple. De ce fait la dose X se trouve augmentée de la partie du RSH lixiviée (terme L).

### **1) Comment ajuster la valeur du poste Ri (RSH) en fonction des précipitations après le prélèvement d'échantillons de sol ?**

#### ***Estimer la lame drainante***

En première approximation, la lame drainante peut correspondre au cumul des pluies sur une période donnée (entre la mesure de RSH et le stade épi 1 cm des céréales, par ex) si le sol est à la capacité au champ au départ, et si les conditions d'évapotranspiration sont peu intenses (souvent le cas en période hivernale avec de faibles ETP).

#### ***Des abaques pour estimer les pertes***

L'azote du sol disponible pour les cultures peut être estimé par modélisation. A défaut de pouvoir utiliser un modèle, des abaques sont mis à disposition par le Comifer (cf tableaux par type de sol ci-dessous). Ces abaques ont été calculés à partir du modèle de lixiviation LIXIM (INRA, Mary et al.1999). Ils permettent d'estimer de façon simplifiée la lixiviation d'azote minéral en % de la quantité initiale pour quatre grands types de sols. Ces abaques sont définis en l'absence de prélèvement d'azote par un couvert.

#### ***Révision du RSH***

La valeur de reliquat valorisable (RSH) à retenir pour le calcul de la dose X sera ajustée en fonction de la lame d'eau drainée depuis la date de prélèvement de terre jusqu'au stade clé de la culture (épi 1 cm pour les céréales), de la parcelle, du type de sol et de sa profondeur (la profondeur retenue doit être identique à celle du reliquat considéré).

#### **Procédure d'utilisation des abaques :**

- (1) Choisir l'abaque en fonction du type de sol et de la profondeur du reliquat mesuré ou estimé
- (2) Estimer la lame drainante sur la période considérée
- (3) Lire le pourcentage de N-NO<sub>3</sub> lixivié au-delà de la profondeur de sol considérée par couche sur l'abaque
- (4) Multiplier le pourcentage de N-NO<sub>3</sub> lixivié lu sur l'abaque par la valeur du reliquat. On obtient la quantité perdue par lixiviation. La somme de ces quantités perdues de chaque horizon constitue la perte en azote sous forme nitrique au-delà de la profondeur considérée.

Pour des sols inférieurs à 90 cm, la manière de procéder est la même sauf que le calcul se fera sur deux couches pour les sols à 60 cm de profondeur ou une couche pour les sols superficiels.

## UN EXEMPLE CONCRET !

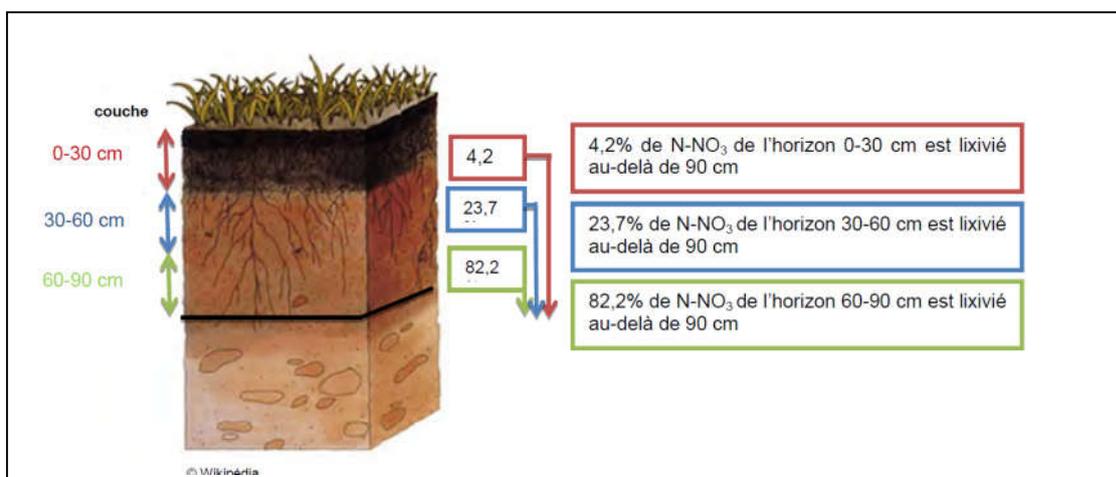
1/ Je suis sur un limon profond (90 cm) et j'ai effectué des prélèvements sur trois horizons de sol le 14 janvier.

2/ L'analyse de terre indique 50 kg d'azote (N-NO<sub>3</sub>+N-NH<sub>4</sub>) dans l'horizon 0-30 cm, 20 kg d'azote nitrique (N-NO<sub>3</sub>) dans l'horizon 30-60 cm et 30 kg d'azote nitrique dans l'horizon 60-90 cm. Ceci fait un total de 100 kg N de reliquat.

3/ Entre le 15 janvier et le 20 mars (stade épi 1 cm), il a plu 107 mm. Je considère que mes sols étaient à la capacité au champ au moment du prélèvement ; ce cumul de pluie correspond donc à la lame drainante.

A partir de ces informations, les abaques du Comifer permettent de mesurer le pourcentage de perte d'azote par lixiviation pour chaque horizon (cf tables d'ajustement du terme L).

Pour un sol de limon profond, une lame drainante de 100 mm provoque la perte définitive de 4,2 % de l'azote présent dans l'horizon 0-30 cm, 23,7 % de l'azote de l'horizon 30-60 et 82,2 % de l'azote de l'horizon 60-90 (cf tableau 3).



Reliquat azoté réalisé le 14 janvier en Limon profond		% perte d'azote (pluie: 107 mm)	Quantité d'azote perdu (L) (kgN/ha)	RSH à considérer pour le calcul du PPF
<b>0-30 cm</b>	50 kg N minéral total	4,2 %	50*4,2%=2,1	47,9
<b>30-60 cm</b>	20 kg N nitrates	23,7 %	20*23,7%=4,7	15,3
<b>60-90 cm</b>	30 kg N nitrates	82,2 %	30*82,2%=24,7	5,3
<b>TOTAL</b>	100		31,5	<b>68,5</b>

Dans notre cas d'étude, cela correspond à 2,1 kg N perdus de l'horizon 0-30 (ils partent directement sous la profondeur de sol exploitable par les racines), 4,7 kg pour l'horizon 30-60 et 24,7 kg pour l'horizon 60-90.

Au final, au 20 mars, on peut considérer que la fourniture en azote du sol est réduite de 31,5 kg/ha depuis la mesure du reliquat le 14 janvier. Le stock d'azote minéral du sol (RSH modifié) à prendre en compte pour le calcul de la dose totale est donc de 68,5 kg N-NO<sub>3</sub>.

Si l'outil de calcul du PPF prend en compte ce terme L, l'exploitant renseignera directement les pertes calculées sans modifier la valeur du RSH. Dans le cas contraire, l'exploitant modifiera le RSH en tenant compte des pertes. Dans tous les cas, il devra être en mesure d'expliquer la nouvelle valeur de RSH (RSH initial et détail du calcul de ce terme L).

## Tables d'ajustement du terme L en fonction de la lame drainante

**Tableau 1 à 9 :** Pourcentage de l'azote par couche de sol perdu par lixiviation en dessous de différentes profondeurs (30, 60 ou 90 cm), en fonction de la lame drainante et pour des cumuls de pluie croissants.

Source : COMIFER 2002 par simulation à partir du modèle LIXIM (INRA, Mary et al, 1999)

### SOLS LIMONEUX

Limons argileux profonds, Limons profonds, Sols n°3, n°8 et n°11 pour FC

Tab 1 Sol limoneux					
Taux de lixiviation au-delà de 30 cm					
Lame drainante (mm)	50	100	150	200	250
<b>Couche 60-90 cm</b>	54,1	82,2	94,1	98,3	99,6
Valeur d'humidité à la capacité au champ (HCC) retenue pour ce type de sol : 20% (identique pour toutes les couches)					

Tab 2 Sol limoneux					
Taux de lixiviation au-delà de 60 cm					
Lame drainante (mm)	50	100	150	200	250
<b>Couche 0-30 cm</b>	1,5	23,7	51,2	73,3	87,2
<b>Couche 30-60 cm</b>	54,1	82,2	94,1	98,3	99,6
Valeur d'humidité à la capacité au champ (HCC) retenue pour ce type de sol : 20% (identique pour toutes les couches)					

Tab 3 Sol limoneux					
Taux de lixiviation au-delà de 90 cm					
Lame drainante (mm)	50	100	150	200	250
<b>Couche 0-30 cm</b>	0	4,2	16,1	34,2	53,9
<b>Couche 30-60 cm</b>	1,5	23,7	51,2	73,3	87,2
<b>Couche 60-90 cm</b>	54,1	82,2	94,1	98,3	99,6
Valeur d'humidité à la capacité au champ (HCC) retenue pour ce type de sol : 20% (identique pour toutes les couches)					

## SOLS ARGILEUX

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, Sols n°4, n°5, n°7, n°10 et n°12 pour FC

Tab 4 Sol argileux					
Taux de lixiviation au-delà de 30 cm					
Lame drainante (mm)	50	100	150	200	250
Couche 0-30 cm	31,7	58,7	77,8	89,3	95,3
Valeur d'humidité à la capacité au champ (HCC) retenue pour ce type de sol : 35% (identique pour toutes les couches)					

Tab 5 Sol argileux					
Taux de lixiviation au-delà de 60 cm					
Lame drainante (mm)	50	100	150	200	250
Couche 0-30 cm	0	4,6	15,9	32,3	50,1
Couche 30-60 cm	31,7	58,7	77,8	89,3	95,3
Valeur d'humidité à la capacité au champ (HCC) retenue pour ce type de sol : 35% (identique pour toutes les couches)					

Tab 6 Sol argileux					
Taux de lixiviation au-delà de 90 cm					
Lame drainante (mm)	50	100	150	200	250
Couche 0-30 cm	0	0,2	1,5	4,8	11,4
Couche 30-60 cm	0	4,6	15,9	32,3	50,1
Couche 60-90 cm	31,7	58,7	77,8	89,3	95,3

## SOLS SABLEUX

Sables, Limons sableux hydromorphes et sains, Sols n°2 et n°6 pour FC

Sol sableux					
Taux de lixiviation au-delà de 30 cm					
Lame drainante (mm)	50	100	150	200	250
Couche 0-30 cm	84,9	97,2	99,6	99,9	100
Valeur d'humidité à la capacité au champ (HCC) retenue pour ce type de sol : 10% (identique pour toutes les couches)					

Sol sableux					
Taux de lixiviation au-delà de 60 cm					
Lame drainante (mm)	50	100	150	200	250
Couche 0-30 cm	23,9	68,5	89,6	97,1	99,3
Couche 30-60 cm	84,9	97,2	99,6	99,9	100
Valeur d'humidité à la capacité au champ (HCC) retenue pour ce type de sol : 10% (identique pour toutes les couches)					

Sol sableux					
Taux de lixiviation au-delà de 90 cm					
Lame drainante (mm)	50	100	150	200	250
Couche 0-30 cm	2,3	32,9	64,2	84,3	94,1
Couche 30-60 cm	23,9	68,5	89,6	97,1	99,3
Couche 60-90 cm	84,9	97,2	99,6	99,9	100
Valeur d'humidité à la capacité au champ (HCC) retenue pour ce type de sol : 10% (identique pour toutes les couches)					

## Annexe 2 : 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
	Aubues blanches, limon gras, brunisol, ...	Aubues blanches, limon gras, brunisol, ...	Limons blancs, terre douces, luvisol limoneux, ...	Limons blancs, terre douces, luvisol limoneux, ...										
Autre noms	Aubues blanches, limon gras, brunisol, ...	Aubues blanches, limon gras, brunisol, ...	Limons blancs, terre douces, luvisol limoneux, ...	Limons blancs, terre douces, luvisol limoneux, ...	Petite terre à cailloux, G1, rendosol, ...	Petites aubue, G2, calcosol moyennement profond, ...	Aubues rouges, G3, calcosol argileux, ...	Calcosol argileux	Sols argileux sur argiles rouges à silex, Calcosol argileux	Fluvisol argileux, ...	Brunisol limono-sablo-argileux (terrains blancs de Bresse)	Bunisol sablo-limono-argileux, alocrisol, ...	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 2 : Types de sols caractérisés pour les départements francs-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, néoluvisols	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 <sub>3</sub>	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

### Annexe 3 – Rendements de référence par défaut (en cas d'absence de références sur l'exploitation) par type de sol bourguignon

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 2

**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 5 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

## Annexe 4 – Besoins des cultures en azote forfaitaire

### 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 <sup>2</sup> (kgN/ha)	RENDEMENT (t/ha sauf mention spécifique)
artichaut camus 1er année (région nord)	120	8
artichaut camus 2ème année (région nord)	150	10-12
artichaut camus 3ème année (région nord)	150-180	10-12
artichaut (région sud)	250 (140-400)	16 (10-25)
asperge 1er pousse (20000 plantes/ha)	108	Feuilles + tiges
asperge 2ème pousse (20000 plantes/ha)	124	Feuilles + tiges
asperge 3ème pousse et suivantes (20000 plantes/ha)	125	8-10 (turions + feuilles + tiges)
aubergine plein champ	150-210	25-30
aubergine sous abri en sol	220	120
carotte cycle cultural d'été	130-165	60-80 (commercial)
carotte cycle cultural de printemps	100-130	65-75 (commercial)
carotte cycle cultural primeur	110	60 (commercial)
céleri rave <sup>1</sup>	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

<sup>2</sup> 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	MOBILISATIONS <sup>2</sup> (kgN/ha)	RENDEMENT (t/ha sauf mention spécifique)
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 gariguetta	180	30 t fruits. 11 t matière sèche
fraise remontante ex Selva	250	55 t fruits. 17 t matière sèche
Laitue	80-90	400-450 g/plante
Mâche	50-70	5 à 10
melon sous abri	90-120	20-40
melon plein champs irrigué	60-100	20-30
Oignon frais	120-150	70-90
Poireau	160-255 selon créneau de production	50-80 selon créneau de production
poivron sous abri en sol	180-300	60-110
pomme de terre primeur	150-175	35-50
Radis	50-60	17
tomate industrie	120-180	80-120
tomate plein champ	150	60
tomate serre en sol non chauffée	320	150
tomate serre en sol chauffé	420	200

Source : Fertilisation Agronomie CTIFL, 2012

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

## 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)
Chenopodiacees	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	
Chenopodiacees	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)

## Annexe 5 – 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	LÉUILLEY	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	NEUVELLE-LÈS-CROMARY	2
70384	NEUVELLE-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-LONGEVELLE	2
70523	VARS	1
70525	VAUONCOURT-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 loin d'être négligeable (épaisseur, acidité, matière glacières et forment les paysages typiques de la montagne jurassienne : 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 sur fonction des possibilités ou non de mécanisation. 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 collines glaciaires résultent du dépôt d'anciens glaciers et forment les paysages typiques de la montagne jurassienne : 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 sur fonction des possibilités ou non de mécanisation. 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 Versants qualifient des étendus à pentes fortes : les sols très différents malgré la homogénéité apparente du relief: ils peuvent être très diversifiés et les conditions de sol sont extrêmement diversifiées. Les versants qualifient des étendus à pentes fortes : les sols très différents malgré la homogénéité apparente du relief: ils peuvent être très diversifiés et les conditions de sol sont extrêmement diversifiées.

Les couleurs de ces sols sont en partie et variées sous la couche labourées sont autant d'indicateurs des contraintes des sols Fortement Hydromorphes de Plateau.

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

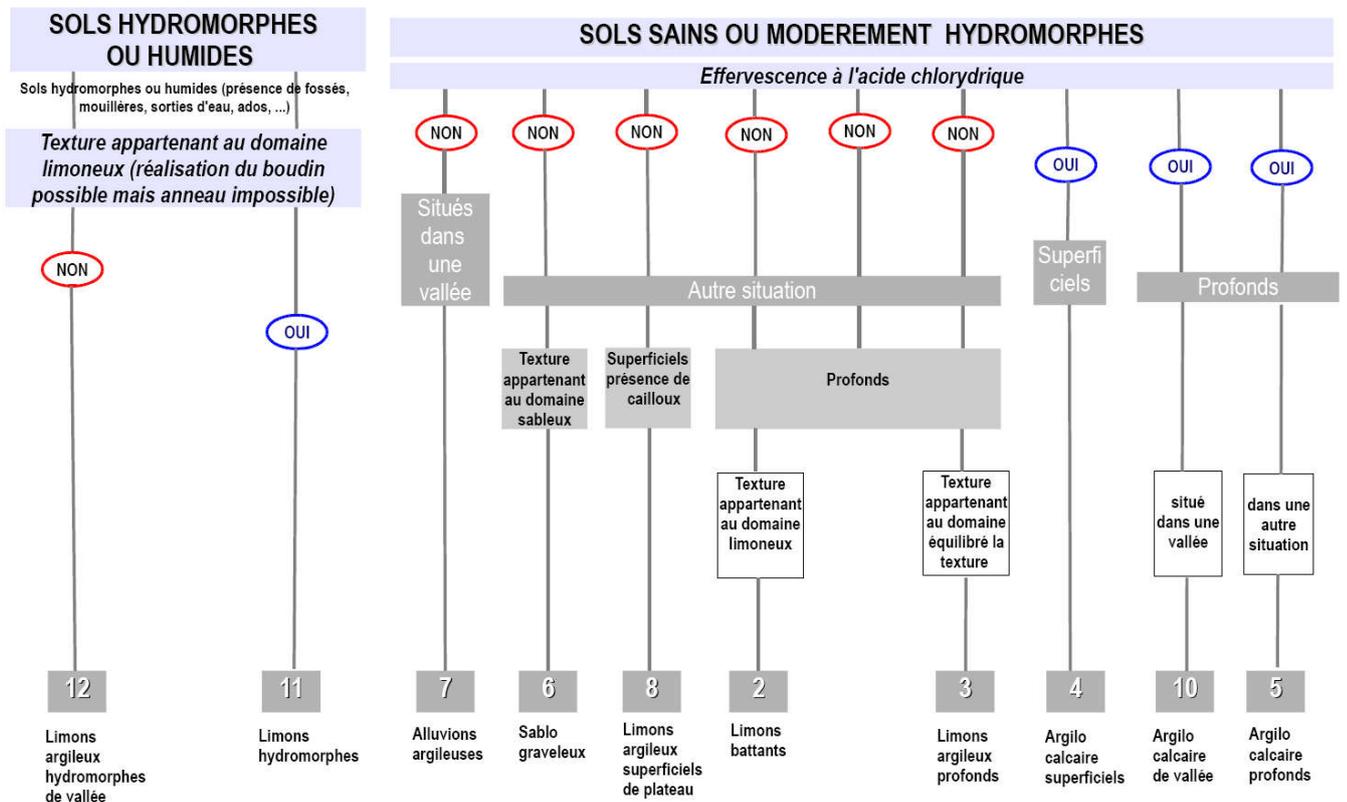
Les types de sols caractérisés pour les départements Franc-Comtois figurent en annexe 2

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

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

Sols Comifer \ Situations climatiques		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







Avec la contribution financière  
du compte d'affectation spéciale  
«développement agricole et rural»