

BR1 – Système céréalier en élevage de volailles en Bretagne
--

Intitulé du cas-type	Système céréalier en élevage de volailles en Bretagne – BR1
Localisation	Bignan (56)
Type de sol	Limon sablo-argileux
Type de climat	Série climatique 1998-2016
Rotation	Maïs-Blé-Féverole- Blé-Colza-Triticale
Pratiqué ou prototype	Pratiqué
N° Cas-types comparables	BR2, BR3 et BR4
Contact	Anne Guézengar – Equipe sol-fertilisation – Chambres d’Agriculture de Bretagne

I. Contexte

a. Localisation et présentation générale du SdC

i. Contexte agricole et enjeux de l’azote (et autres) dans cette situation

La Bretagne est avant tout une région d’élevage (sept exploitations sur dix ont une activité d’élevage), à orientations dominantes bovins laits (30%), puis porcs et volailles (10% chacun). En 2015, 38% de la SAU bretonne et 20% des exploitations sont orientées en grandes cultures (blé tendre 48% de la SAU en grandes cultures, le maïs 21%, l’orge 15% et le colza 6%) (Agreste Bretagne, 2017). La Bretagne est classée Zone Vulnérable vis-à-vis des nitrates depuis 1994. Cependant, la qualité de l’eau s’est améliorée du fait de l’évolution des pratiques agricoles (réduction de la concentration en nitrates de 28% entre 1995 et 2015 et de 5% entre 2012 et 2015), mais elle reste un enjeu local car quelques stations de suivi de la qualité de l’eau dépassent encore les 50 mg NO₃/L réglementaires. Un cours d’eau est caractérisé sain en dessous de 20mg de nitrates par litre. Même si les cours d’eau bretons sont passés en dessous des 50mg/L réglementaires, il y a encore un travail à mener pour abaisser les teneurs en nitrates sous les 20mg/L. De plus, suite au développement massif des algues vertes fin des années 2000 sur certaines côtes de Bretagne, l’État a lancé un plan national de lutte contre les marées vertes, visant une réduction drastique des fuites d’azotes dans les baies concernées. Les rotations maïs-blé représentent la grande majorité de l’assolement et de ce fait une grande quantité de soja est importée pour satisfaire les besoins en protéine des animaux. La Région met en œuvre un plan protéine pour tendre vers plus d’autonomie des élevages.

ii. Système de culture présenté

Le système de culture étudié (SdC) est localisé dans le Morbihan en Bretagne, zone précoce, à bon potentiel. Le SdC est lié à un élevage de volailles avec production de fumier composté autant pour la valorisation des effluents d’élevage que potentiellement pour l’alimentation du cheptel. Ce SdC a été construit dans un objectif Ecophyto 1, de réduction de 50% des produits phytosanitaires, sans dégrader la lixiviation des nitrates, la charge de travail et la marge de l’agriculteur. La rotation maïs-blé majoritaire en élevage hors sol a été allongée pour mener une rotation sur six ans maïs grain-blé-féverole de printemps-blé-colza-triticale. L’objectif est de maximiser la couverture automnale des sols (étouffement des adventices et diminution des fuites d’azote). Le compost de fumier de volailles est le seul produit résiduaire organique valorisé, et ce à la quantité maximale permise en respectant l’équilibre en N et P à la parcelle. La fertilisation azotée est complétée par de l’azote minéral. L’azote minéral apporté sur blé est réduit de 20% sous l’équilibre de fertilisation dans le souci de limiter les traitements phytosanitaires. Le système tend le plus possible vers le sans labour sans se l’interdire.

Ce cas type est issu du site expérimental breton de Kerguéhenec (56 – Bignan – Station expérimentale d’agronomie des Chambres d’agriculture de Bretagne).

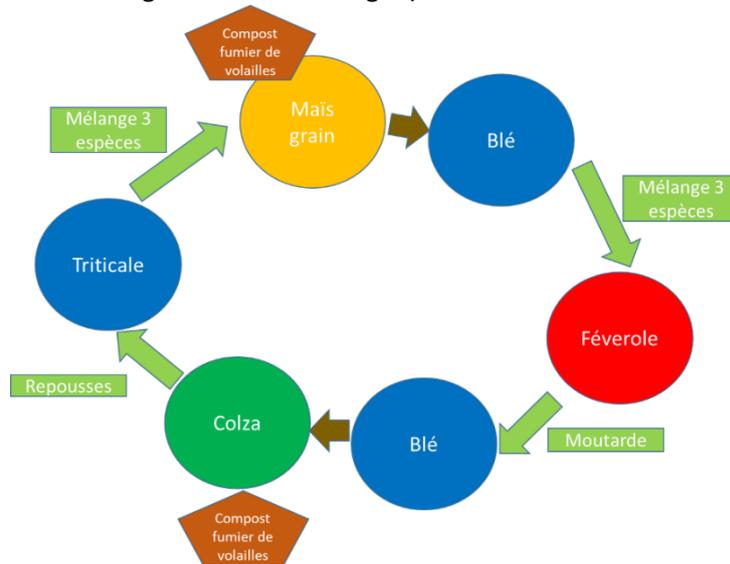


Figure 1 : rotation des cultures

b. Climat

Le climat breton est de type océanique. Le gradient littoral / terres peut cependant être important. A Bignan, dans le Morbihan, le cumul pluviométrique annuel moyen est de 1003mm. L’automne et l’hiver sont les périodes les plus pluvieuses, Les moyennes mensuelles de cumul pluviométrique sont de 108mm à 127mm entre octobre et janvier. Les températures sont assez élevées en octobre avec une moyenne de 12.8°C et elles sont comprises entre 6.3 et 8.9°C sur la période de novembre à janvier. La période de février à mai est toujours assez arrosée avec une pluviométrie mensuelle comprise entre 69 et 88 mm et des températures moyennes mensuelles s’adoucissant progressivement au fil de la saison de 6.4 à 13.3°C. Le mois de septembre est assez semblable à celui de mai avec 70 mm cumulé de pluie et 15.6°C. La période chaude et relativement plus sèche se concentre de juin à août avec une pluviométrie de 47 à 57 mm et des températures de 16 à 18°C. L’ETP annuelle est de 712mm.

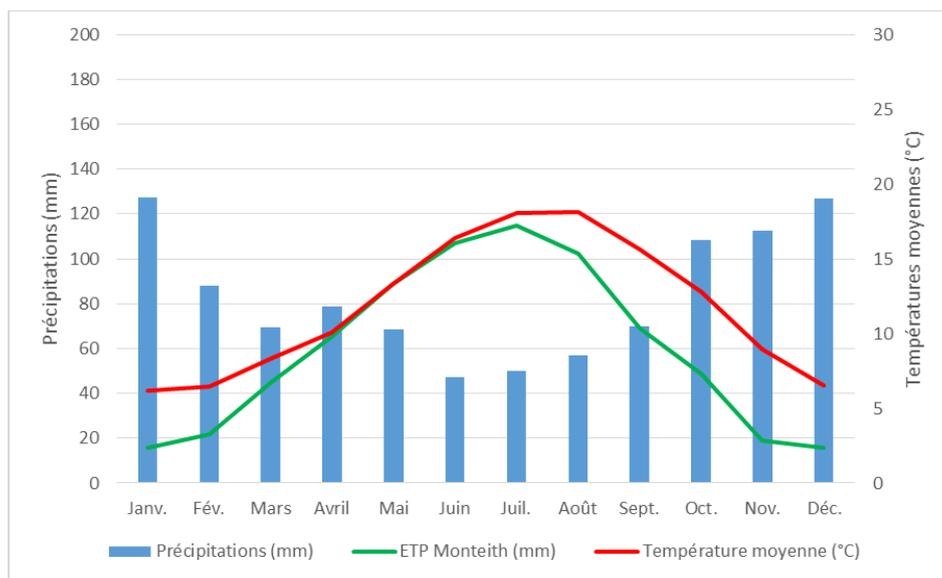


Figure 2 : Données climatiques moyennes (1998-2016) de la station météorologique de Bignan

c. Sol sur lequel est « testé » le SdC

Le sol est un limon sablo-argileux à pH entretenu pour la région. Le taux de matière organique est typique de la région. Le tableau 1 présente les caractéristiques du sol retenues pour les simulations réalisées pour ce cas-type.

Tableau 1 : principales caractéristiques du sol

Profondeur (cm)	Argile (%)	Limons (%)	Sables (%)	Densité apparente	Cailloux (%)	Norg (%)	MO (%)	C/N	pH _{eau}
0-30	19,3	45,8	35,1	1,2	5	0,2	3,5	10,3	6,4
30-60	17,4	51,9	31	1,3	5				
60-80	17,4	51,9	31	1,3	5				

II. Le système de culture

Tableau 2 : itinéraire technique de chaque culture et couverts végétaux de la rotation

Culture	Implantation et travail du sol	Stratégie de fertilisation	Récolte (date, destruction et gestion des couverts) et niveau de rendement
Maïs grain	Première décade de mai après travail du sol à 15cm par outil à dent.	12.5t de compost de fumier de volailles à 23kgN/t dont 2.5kgN-NH4+/t à 47.5%MS apporté dernière décade d'avril.	Première quinzaine de novembre. Rendement autour de 99 q/ha
Blé tendre d'hiver	Semis vers le 10/11 avec travail superficiel du sol à 10 cm.	Fertilisation minérale de 140 uN/ha sous forme d'ammonitrate en 2 apports de 100 uN fin mars et 40 uN première décade de mai.	Récolte fin juillet/ début août. Rendement de 84 q/ha.
CIPAN longue	Semis d'un mélange avoine- phacélie-radis ou moutarde- phacélie-radis à la mi-août.		Développement fort du couvert restitué au sol mi-mars.
Féverole	Semis mi-mars. Après labour à 25 cm.		Récolte fin août/début septembre. Rendement de 41 q/ha
CIPAN courte	Semis de moutarde début septembre.		Destruction début novembre.
Blé	Semis vers le 10/11 avec travail superficiel du sol à 10 cm.	Fertilisation minérale de 110 uN/ha sous forme d'ammonitrate en 2 apports de 70 uN fin mars et 40 uN première décade de mai.	Récolte fin juillet/ début août. Rendement de 92 q/ha.
Colza	Semis fin août/début septembre avec ou sans labour selon l'état du sol et le salissement (environ 1 fois/2), sinon travail superficiel à 5-10cm.	8t de compost de fumier de volailles à 23kgN/t dont 2.5kgN-NH4+/t à 47.5%MS apporté première décade d'août. Fertilisation minérale de 20uN/ha en moyenne (de 0 à 95uN selon besoin en sortie hiver) sous forme d'ammonitrate apporté mi-mars.	Récolte dernière décade de juillet. Rendement moyen de 33q/ha.
CIPAN courte	Semis de moutarde mi-août.		Destruction fin octobre/début novembre.
Triticale	Première décade de novembre.	Fertilisation minérale de 105 uN/ha sous forme d'ammonitrate en 2 apports de 75 uN fin mars et 30 uN première décade de mai.	Récolte de fin juillet/début août pour un rendement de 80q/ha.
CIPAN Longue	Semis d'un mélange avoine- phacélie-radis ou moutarde- phacélie-radis à la mi-août.		Développement fort du couvert restitué au sol mi-mars.

Ce système de culture (non irrigué) vise à valoriser au mieux les Produits Résiduaux Organiques (PRO) disponibles sur la ferme tout en respectant l'équilibre phosphore à la parcelle. Le maïs et le colza reçoivent du compost de fumier de volailles au semis. La fertilisation du colza est complétée en N minéral sous forme d'ammonitrate au printemps. Les blés sont exclusivement fertilisés à base d'ammonitrate. Le fumier de volailles est enfoui dès que possible après épandage pour éviter la volatilisation, en général dans les 24h.

Imaginé pour répondre à l'exigence de diminution de 50% de l'IFT dans le cadre d'Ecophyto 1, ce SdC avait aussi pour objectif de ne pas dégrader les résultats sur l'azote par rapport à un système classique maïs-blé en élevage de porcs. La succession choisie vise à diversifier les périodes d'implantation des cultures pour une meilleure maîtrise des adventices. La diminution de l'IFT peut être permise par une multiplication des travaux du sol en pratiquant 2 à 3 faux semis avant l'implantation des cultures. Cette technique n'a pas été retenue avant culture d'hiver car elle maintient le sol nu avant la période à risque. Elle est pratiquée avant maïs.

Pour répondre à l'enjeu azote, le choix a été fait de couvrir le sol dès que possible à l'automne sans perturber la succession des cultures principales. Deux leviers principaux ont été utilisés. En interculture longue, entre blé d'hiver et féverole de printemps et entre triticales et maïs grain, le couvert est semé le plus tôt possible, souvent autour du 15 août. Les mélanges sont privilégiés pour la qualité de couverture du sol sur de longue période et la diversité des systèmes racinaires.

Un couvert court de moutarde a été inséré entre féverole et blé et entre colza et triticales afin de diminuer le reliquat d'azote dans le sol au début drainage. Le choix s'est porté sur la moutarde en raison de son développement rapide et de l'existence de variétés très précoces qui peuvent finir leur cycle d'absorption avant destruction fin octobre. Egalement, le coût de la semence étant parmi les plus faibles de l'offre, il convenait de l'utiliser pour promulguer cette pratique pas ou peu développée au départ de la mise en œuvre de ce SdC.

Les rendements obtenus sont bons et correspondent au potentiel habituel de la parcelle.

III. Résultats attendus en termes de pertes d'azote

Ce système de culture est conduit en zone vulnérable. L'enjeu azote est fort dans la région. La maximisation de la couverture automnale des sols répond tant à une problématique de réduction des herbicides qu'à celle de la pollution aux nitrates. Vis-à-vis des fuites de nitrate, le SdC a pour objectif d'obtenir de meilleurs résultats que la rotation de référence Maïs-Blé-CIPAN. La majorité des bassins versants visent dans leur plan d'action une baisse de 20% des flux par rapport à 2010. Un seuil localement acceptable, simulé dans les mêmes conditions pédoclimatiques serait donc -20% de 57 kgN/ha/an soit 46 kgN/ha/an.

Dans le cadre du projet AgroecoSyst'N des seuils de performances azotées ont été fixés vis-à-vis de la qualité de l'eau (potabilité) et de l'air (Tableau 3).

Tableau 3 : Seuils de satisfaction des pertes en nitrates et en ammoniac du système de culture

Seuils de pertes	Volatilisation d'ammoniac : > 10 % des apports (kg N pour 100 kg N apportés)	Volatilisation d'ammoniac : 5 % à 10 % des apports (kg N pour 100 kg N apportés)	Volatilisation d'ammoniac : < 5 % des apports (kg N pour 100 kg N apportés)
Lixiviation de nitrate : < 5 kgN/100 mm de lame d'eau drainante		Haute performance azotée (HPN)	Haute performance azotée (HPN)
Lixiviation de nitrate : 5 à 10 kgN/100 mm de lame d'eau drainante			Haute performance azotée (HPN)
Lixiviation de nitrate : > 10 kgN/100 mm de lame d'eau drainante			

 **Haute performance azotée (HPN)**

 Performance azotée partielle

 Basse performance azotée

IV. Présentation des simulations réalisées avec Syst'N®

Les données utilisées pour simuler les performances azotées de ce système de culture sont issues des données expérimentales acquises de 2012 à 2017 dans le cadre d'une expérimentation « systèmes de cultures » à la station expérimentale de Kerguéhenec (Bignan 56).

Des mesures de rendements et biomasses des cultures et couverts végétaux sont réalisées chaque année ainsi que des mesures de la concentration en azote dans les cultures à la récolte et dans les couverts végétaux à l'automne. La composition des effluents épandus a été réalisée à chaque épandage. Des suivis réguliers de reliquats azotés (0-90 cm) sont réalisés à différentes périodes de l'année (récolte, début drainage et sortie hiver), un suivi renforcé a été mené en 2015-2016 avec des mesures de reliquats toutes les trois semaines entre mi-octobre et fin février.

Les mélanges de couvert n'étant pas paramétrés dans Syst'N, les simulations ont été réalisées avec des couverts de moutarde en interculture du blé et de la féverole.

Lors de l'élaboration de ce cas type, le paramétrage de la féverole n'était pas encore validé pour intégrer la culture dans Syst'N. Les simulations ont été réalisées avec un pois. Le bon démarrage de la végétation du pois a nécessité un apport de 30 uN. En pratique, la féverole ne reçoit aucun engrais.

Les simulations présentées ont été réalisées avec les données climatiques de la période 1998-2016 de la station météorologique de Kerguéhenec sur le site expérimental.

V. Evaluation des pertes d'azote

a. Présentation des résultats moyens du système de culture :

Tableau 4 : Flux moyens d'azote total simulés à l'échelle du champ cultivé, calculés sur l'ensemble de la succession, ramenés à l'année.

a	Entrées d'azote (kgN/ha/an)	a1 : Apport: fertilisation minérale	68
		a2 : Apport: fertilisation organique	83
		a3 : Fixation biologique d'azote	29
b	Sorties d'azote (kgN/ha/an)	b1 : Exportation par les récoltes	146
		b2 : Exportation par les résidus de cultures exportés de la parcelle	63
c	Minéralisation de l'azote du sol et des résidus de culture (kgN/ha/an)		180
d	Pertes d'azote moyennes annuelles (kgN/ha/an)	d1 : Protoxyde d'azote (N ₂ O)	0.2
		d2 : Ammoniac (NH ₃)	5
		d3 : Nitrate lessivé (NO ₃ ⁻)	46
		d4 : Nitrate ruisselé (NO ₃ ⁻)	0
e	Lame d'eau drainante annuelle (mm d'eau/an)		401

Les entrées moyennes d'azote à l'échelle du système de culture sont de 180 kgN/ha/an. Les entrées issues des engrais organiques représentent 83 kgN/ha/an et celles issues des engrais minéraux représentent 23 kgN/ha/an. La fixation symbiotique participe pour 29 kg/ha/an aux entrées d'azote. Les cultures intermédiaires restituées piègent en moyenne 64 kgN/ha/an.

Les sorties moyennes d'azote à l'échelle du système de culture sont de 146 kg/ha/an issues de l'exportation des grains et de 63kg/ha/an issues des pailles des blés et du triticale.

Les pertes moyennes à l'échelle du système de culture sont de 46 N kg/ha/an lixiviés, les pertes par volatilisation représentent 5 kgN/ha/an.

A partir des flux simulés et présentés dans le Tableau 4 nous sommes en mesure de calculer des indicateurs de performances azoté de cette situation culturale (Tableau 5).

Tableau 5 : Indicateurs retenus pour évaluer les performances azotées de la situation culturale.

a-b	Bilan apparent : Entrées – Sorties par exportation (kgN/ha/an)	-29
a - (b+d)	Variation du stock d'azote total dans le sol (kgN/ha/an)	-80
(d3*100)/e	Pertes d'azote par lixiviation pour 100 mm de lame d'eau drainante (kgN/100 mm)	11.5
(d3*100*4.43)/e	Pertes de nitrates par lixiviation pour 100 mm de lame d'eau drainante (kgNO ₃ ⁻ /100 mm) ou concentration moyenne en nitrate (NO ₃ ⁻) sous le profil (mgNO ₃ ⁻ /l)	51
d2/(a1+a2)	Pertes d'azote sous forme d'ammoniac (NH ₃) en % des apports totaux	3.3

NB : 1 kg N = 4.43 kg NO₃ -

La concentration moyenne en nitrates dans la lame d'eau drainante de 401 mm est de 51 mgNO₃⁻/L. Les pertes d'azote (lixivié et volatilisé) représentent 34% des entrées moyennes annuelles d'azote par les engrais de ferme et minéraux. Les pertes d'azote par lixiviation pour 100 mm d'eau drainée sont de 11.5 kgN/ha/100mm.

b. Dynamiques et pertes azote : sorties graphiques Syst’N®

• **Pertes moyennes d’azote par lixiviation**

La Figure 3 présente les dynamiques des pertes d’azote par lixiviation de 1999 à 2015. Chaque culture est simulée sur 3 années de la série climatique. Les pertes les plus importantes sont recensées sous la culture de blé après maïs grain plus de 70 kgN/ha perdus pendant la période automnale (dépassant les 90 kgN/ha certaines années climatiques). Les céréales d’hiver précédées d’un couvert court s’en sortent mieux. Sous blé de colza avec couvert court de moutarde, le lessivage est de 42 kgN/ha. Pour le blé de féverole avec couvert court de moutarde, le lessivage atteint 76 kgN/ha. Dans cette succession le couvert semé plus tardivement qu’entre colza-triticales et la présence de résidus de féverole riches en azote peuvent expliquer cet écart moyen de 34 kgN/ha. Les couverts long entre céréales d’hiver et cultures de printemps jouent bien leur rôle, le lessivage sous couvert est de 16 kgN/ha et de 17 kgN/ha pour les successions triticales-maïs et blé-féverole de printemps. Sous colza, les pertes moyennes s’élèvent à 31 kgN/ha, ce résultat est supérieur à celui des couverts longs sans doute pour deux raisons principales, le semis plus tardif d’une semaine à 10 jours par rapport aux couverts longs entraîne une moindre absorption au début de drainage et l’apport d’azote au semis favorise un niveau supérieur d’azote disponible dans le sol au début de drainage.

N.B. : l’ensemble des Figures présentées ci-après sont disponibles au téléchargement sous format image (png) pour une meilleure lisibilité et plus grande facilité d’utilisation de ces Figures pour le conseil ou la formation.

- Des couverts longs très efficaces mais soumis aux aléas des débuts de drainage très précoces

La Figure 4 ci-dessous illustre la variabilité des pertes d'azote par lixiviation sous une interculture longue de moutarde entre un triticale et un maïs grain. Ces figures illustrent l'importance du reliquat d'azote minéral du sol à la récolte du triticale, des conditions de développement du couvert (pluviométrie et température) et de la lame d'eau drainante au cours de l'automne/hiver.

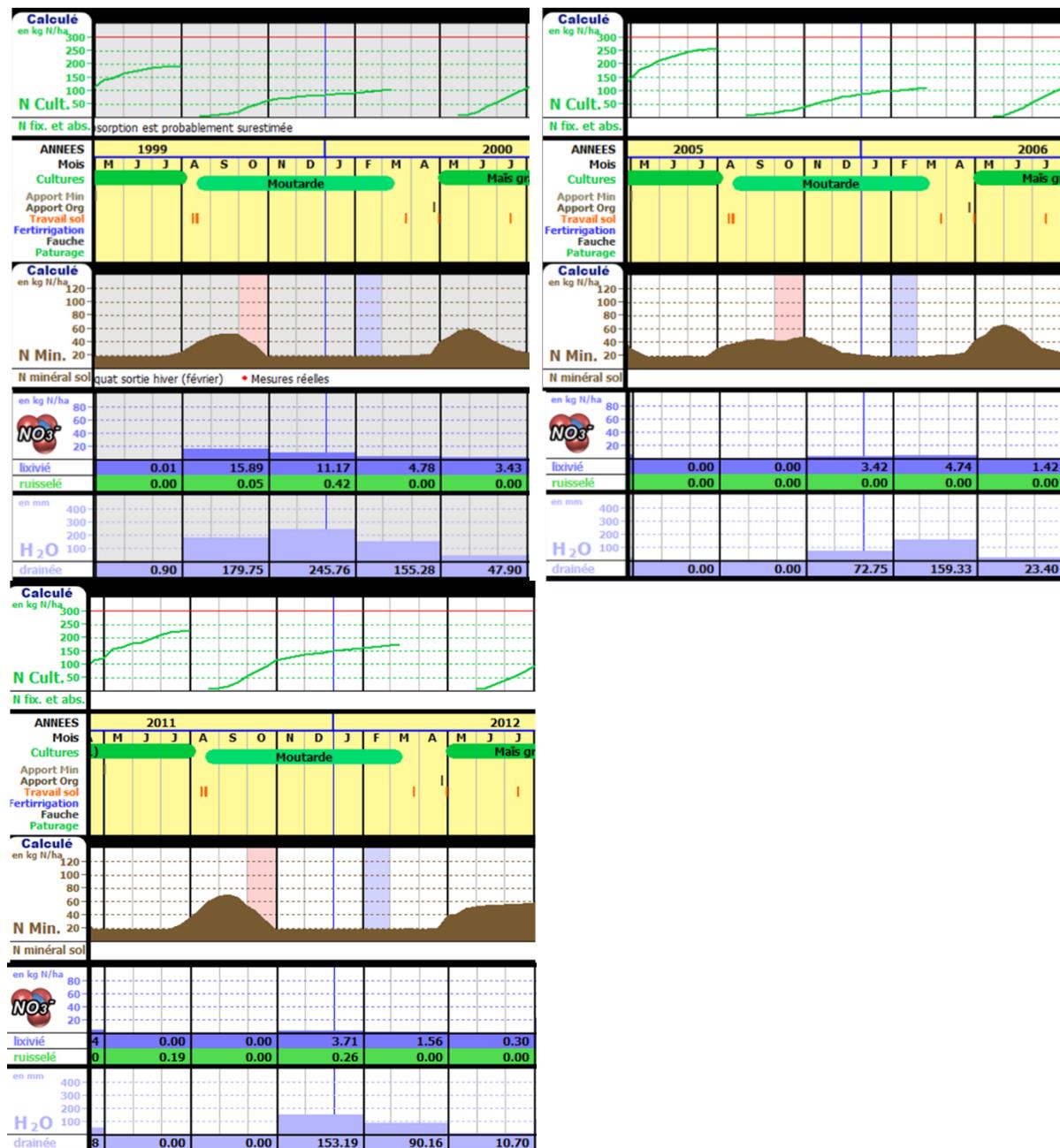


Figure 4 : Extrait des pertes d'azote par lixiviation sous couvert long de moutarde entre triticale et maïs grain les hivers 1999/2000, 2005/2006 et 2011/2012

Le début drainage 1999 est précoce et démarre très fortement. Le mois d'octobre cumule une lame d'eau drainante de 179 mm. Le couvert a déjà absorbé 50kgN mais le reliquat d'azote dans le sol est toujours de 50kg lorsque le drainage débute. Il en résulte un lessivage de 32kg sur l'hiver. En 2005/2006 et 2011/2012 le début de drainage est plus tardif (courant novembre), des conditions de début d'automne plus sèches en 2005/2006 ont entraîné un moindre développement du couvert qu'en

2011/2012 et une moindre minéralisation, le reliquat début de drainage est ainsi de 30kg et 50 kgN ont été absorbés par le couvert au début drainage année-là. Le lessivage sur l'hiver est alors faible, seulement 10 kg. L'année 2011/2012 est en encore différente, la fin de l'été est humide, puis l'automne est sec, la minéralisation est ainsi importante et le développement des couverts aussi. Le couvert joue son rôle à plein, piégeant 100kgN avant le drainage, le lessivage n'est que de 6 kgN cette année-là.

(kgN/ha)	1999/2000	2005/2006	2011/2012
Début de drainage	Octobre	Mi-Novembre	Fin Novembre
Reliquat début drainage	50	30	20
Azote absorbé par la moutarde au début de drainage	50	50	100
Lixiviation	32	10	6

Tableau 5 : Facteurs explicatifs de la variabilité du lessivage sous moutarde entre les cultures de triticales et de maïs

- **Pertes moyenne d'azote par volatilisation**

La figure 5 présente les dynamiques des pertes d'azote par volatilisation de 1999 à 2015. Chaque culture est simulée sur 3 années de la série climatique.

Les pertes d'azote par volatilisation représentent 5kgN soit 3.3% des apports totaux d'azote. Il y a peu de variabilité d'une rotation à l'autre. Pour une même culture, recevant la même fertilisation, on remarque une variabilité de presque rien à 4 kgN. La variabilité la plus forte est observée sur blé, c'est la culture qui reçoit le plus d'azote minéral d'où une augmentation du risque de volatilisation de l'azote épandu en sortie hiver et début de printemps. Les conditions climatiques de ces périodes peuvent être très changeantes, passant de journée très chaude à un temps pluvieux rapidement. La volatilisation sur triticale, blé de maïs et blé de féverole représente 5.7%, 5.6% et 4.6% respectivement des apports totaux. La volatilisation issue de l'apport de compost sur maïs représente 1.3% de l'azote total apporté mais 12% de l'azote ammoniacal potentiellement volatilisable. L'ordre de grandeur de la volatilisation est identique pour l'apport de compost sur colza (1.6% de l'azote total et 14.8% de l'N-NH4). Les pertes sont donc élevées sur ces apports organiques au regard de la fraction « réactive » du produit. De plus, le procédé de compostage est émetteur d'ammoniac en amont de l'épandage au champ.

Cas-type BR1 – Système céréalier en élevage de volailles en Bretagne

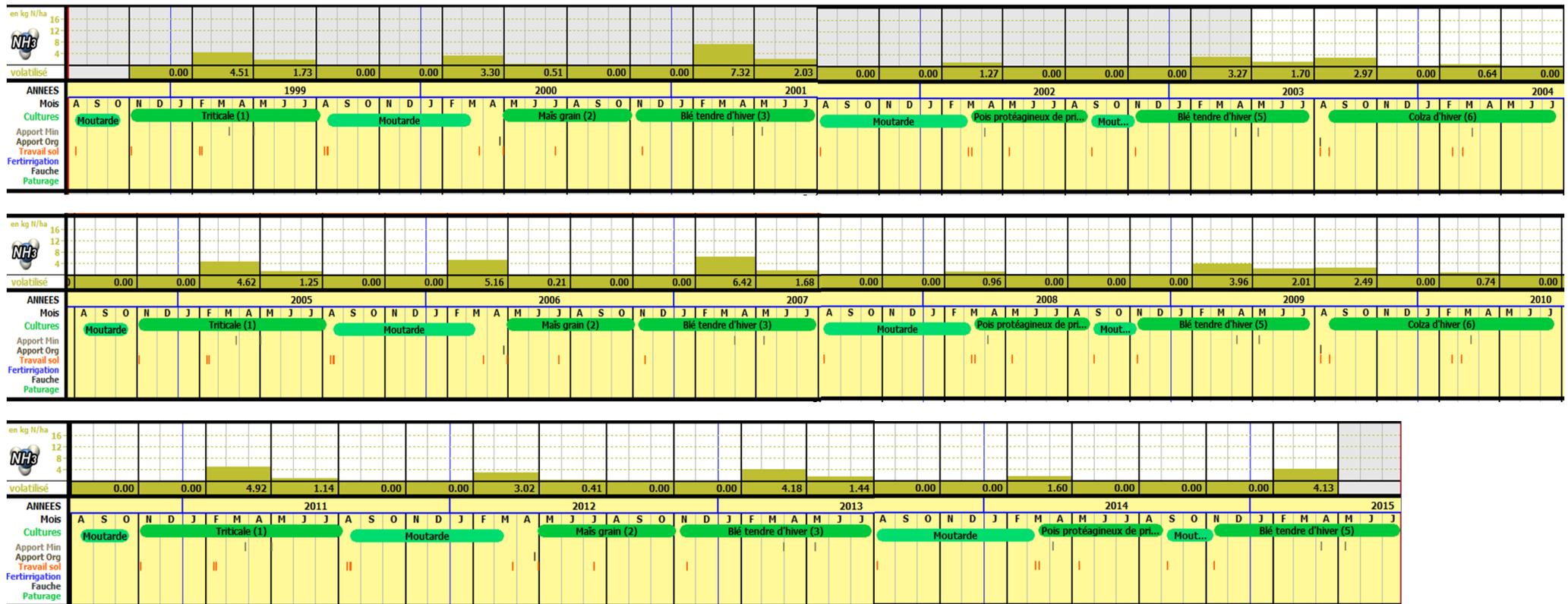


Figure 5 : Dynamique des pertes d'azote par volatilisation simulées de 2010 à 2018.

VI. Discussion des résultats – diagnostic sur les performances azotées et les pertes

Le premier objectif de ce système est de ne pas dégrader le lessivage par rapport à une rotation de référence maïs-blé avec compost de fumier de volailles, soit obtenir un lessivage inférieur ou égal à 57kgN/ha. Le second plus ambitieux, est de permettre d’abaisser les flux d’au moins 20% à l’échelle d’un bassin versant par rapport à cette situation de référence, soit obtenir un lessivage inférieur ou égal à 46 kgN/ha. Avec un lessivage moyen de 46 kgN/ha, le premier objectif est atteint. Les résultats sont à la limite acceptable du second objectif et semblent insuffisants dans une vision à long terme. En effet, la baisse de 20% des flux est un objectif intermédiaire des bassins versants dont la finalité est d’obtenir une concentration des eaux de surface autour de 20mg/L.

Ce bon résultat, au regard du premier objectif, s’explique par l’introduction de couverts courts 2 années /3 là où dans le système de référence l’interculture maïs-blé empêche d’y insérer un couvert. Le système n’augmente pas la fréquence de présence de couvert ou de culture semés l’été favorisant le piégeage efficace de l’azote à l’automne (2 couverts long semé en été et un colza) par rapport à la rotation de référence. C’est sans doute la raison pour laquelle il n’atteint pas le second objectif contrairement à la rotation maïs-blé-colza-blé (voir les cas-types BR2-BR3-BR4) qui dans son contexte pédoclimatique faisait beaucoup mieux que la rotation de référence grâce à la présence de 3 couverts efficaces sur 4 ans de culture.

Tableau 6 : Seuils de satisfaction des pertes en nitrates et en ammoniac du cas-type BR1

	Volatilisation d’ammoniac >10% des apports (kgN pour 100kgN apportés)	Volatilisation d’ammoniac : 5 à 10% des apports (kgN pour 100kgN apportés)	Volatilisation d’ammoniac < 5 % des apports (kgN pour 100kgN apportés)
Lixiviation de nitrate < 5 kgN /100 mm de lame d’eau drainante			
Lixiviation de nitrate < 5 à 10 kgN /100 mm de lame d’eau drainante			
Lixiviation de nitrate > 10 kgN /100 mm de lame d’eau drainante			11.5 kgN lixivié / 100 mm de lame drainante et 3.3% de l’azote total apporté volatilisé

 **Haute performance azotée (HPN)**

 Performance azotée partielle

 Basse performance azotée

Le système est qualifié de « performance azotée partielle » selon les critères communs au projet. A très basses performances sur le volet lixiviation (>10 kgN/100 mm d’eau drainée), il a de hautes performances sur le volet volatilisation. Une amélioration moyenne de 6kgN lixiviés/ha/an est nécessaire pour améliorer les performances sur la lixiviation, elle doit être de 26 kgN/ha/an pour atteindre la meilleure classe sur l’indicateur de lixiviation. L’implantation précoce des couverts longs est déjà autant que possible soignée mais les conditions climatiques ou de charge de travail ne permettent pas toujours d’intervenir très précocement. Les apports sur colza sont très peu minéraux, ils impactent donc peu la lixiviation sous colza. Les résidus de féveroles entraînent un apport riche en azote à l’automne, ceci est en partie compensé par l’introduction de couvert court. On pourrait imaginer d’exporter les résidus de féveroles pour améliorer les résultats du lessivage l’hiver suivant la récolte sous le blé.

VII. Conclusion

La maximisation de la couverture des sols à l'automne par la diversification des cultures (introduction de colza et de féverole) et par l'introduction de couverts d'interculture de courte durée (2-3 mois) permet de réduire les pertes d'azote par lessivage par rapport à la rotation de référence maïs grain – blé. Les progrès permis par ces leviers sont insuffisants pour que ce système de culture dans ce contexte climatiques puisse être qualifié de HPN.