Décembre 2017
volume n°7 / numéro n°2
www.agronomie.asso.fr

# Agronomie
## environnement & sociétés

La revue de l'association française d'agronomie

# Les ateliers Terrain,
## Pour une démarche participative en agronomie clinique

Association Française d'Agronomie

La revue de l'association française d'agronomie //volume 7 numéro 2 - décembre 2017

# Intérêts agronomiques des associations productions animales Productions végétales : réflexions à partir d'une étude de cas de polyculture élevage dans l'Ouest de la France

**Jean BOIFFIN[1] - Benoit DROUIN[2]**
**Adeline MICHEL[3] - Thierry PAPILLON[4]**

*[1]INRA Angers - 42 Rue Georges Morel - 49071 Beaucouzé Cedex 1 - Courriel : jean.boiffin@inra.fr*
*[2]GAEC de la Pie - Ferme de Tout Joly - 72140 Rouez*
*[3]Cerfrance Normandie Maine - Le Magellan - 32 Rue du Quadrant 14123 Fleury-sur-Orne - Courriel : amichel@nm.cerfrance.fr*
*[4]LEGTA de Laval - 321, route de Saint-Nazaire - 53000 Laval Courriel : thierry.papillon@educagri.fr*

En France, les tendances à la spécialisation et à l'intensification des exploitations agricoles sont observées depuis les années 60. Elles se traduisent par une régression particulièrement marquée du nombre d'exploitations comportant un atelier élevage, qu'elles soient spécialisées ou non[1]. De ce fait, les liens entre productions végétales et productions animales se distendent, du double point de vue de la structure des exploitations et de la proximité géographique. Cette évolution a des conséquences agronomiques et environnementales importantes : retournement de prairies, simplification des systèmes de culture, disparition des flux de matières entre surfaces cultivées, prairies et ateliers d'élevage, uniformisation des paysages. Elle rend nécessaire une analyse des impacts des associations productions animales - productions végétales : en quoi consistent-ils, quelles sont les pratiques agricoles qui les influencent, sous quelles conditions ces impacts se traduisent-ils par des bénéfices, et finalement comment ces bénéfices peuvent-ils être maintenus voire recréés ?

L'atelier Terrain organisé par l'Afa le 7 juin 2017 se proposait d'amorcer cette analyse de façon exploratoire, en s'appuyant sur un cas particulièrement révélateur, tout en sachant que les formes d'association productions animales-productions végétales sont très diverses et plus ou moins étroites. La situation choisie est un système de polyculture-élevage comportant deux types d'élevage (bovin laitier et avicole), adhérent à la coopérative Les Fermiers de Loué et dont l'ensemble des productions est en Agriculture Biologique (AB). Conformément à la règle des ateliers Terrain, le temps fort de la démarche a consisté en une visite collective alternant tours de plaine et discussions. Cette visite a été préparée grâce à cinq réunions de travail (dont deux sur l'exploitation) et une recherche bibliographique limitée aux références couramment accessibles. Sur cette base et compte tenu du temps imparti, les animateurs ont choisi de focaliser les débats sur trois grands thèmes agronomiques jugés de premier ordre :

- L'autonomie alimentaire des élevages : de quelle façon et à quel degré est-elle assurée et quels en sont les atouts, limites, risques et conditions de succès ?
- Les systèmes de culture : comment permettent-ils de gérer deux aspects cruciaux en AB : la flore adventice et la nutrition azotée des cultures ?
- Les circuits et flux de matières : comment sont-ils influencés par la structure du système étudié et dans quelle mesure permettent-ils d'assurer l'entretien à moyen-long terme de la fertilité des sols et la gestion de l'environnement ?

## La ferme de Tout Joly : un système de production axé sur l'autonomie et la recherche de haute valeur ajoutée des produits[2]

Le GAEC de la Pie, fondé en 2003, se compose de 3 associés à plein temps auquel s'ajoute une UTH de main d'œuvre extérieure. Avec son troupeau de 75 vaches laitières (VL), il produit 350 000 L de lait/an livrés à la coopérative Biolait ou valorisés directement par l'atelier de fabrication de fromages et yaourts du GAEC. 46 500 poulets de chair sont livrés à la coopérative Les Fermiers de Loué.
La SAU est de 125 ha (dont 104 de terres labourables) répartis en quatre îlots dont un îlot de 60 ha autour de la ferme. La SFP totale est de 88,5 ha : 80 ha de prairies avec 57 ha de prairies permanentes (PP), 23 ha de prairies temporaires et 8,5 ha de maïs ensilage. L'objectif visé est l'autonomie alimentaire totale pour l'atelier lait qui repose sur le pâturage des prairies, un stockage annuel équivalent à 2 tonnes de matière sèche de fourrages grossiers par VL, et la production des concentrés sur la ferme. Le reste de la SAU (45 ha) est dédié aux cultures (maïs grain, féverole, épeautre, mélange triticale-féverole, blé, avoine) qui sont autoconsommées ou vendues à la coopérative Les Fermiers de Loué sous contrat « Grains de Terroir » (*cf.* ci-dessous).
Le système de culture mis en place sur les 86 Ha non dédiés aux PP repose sur une rotation type de 8 à 9 ans avec 3 à 4 ans de prairies suivis de 5 à 6 séquences de cultures annuelles (Fig 1). Chaque séquence correspond à une sole de 8,5 ha. La 4ème séquence de culture est subdivisée en épeautre (2,5 à 3 ha) et mélange triticale-féverole (5,5 à 6 ha), la 5ème entre triticale, qui succède préférentiellement à l'épeautre et blé au mélange. Dans une variante de 2 ha, de l'avoine s'insère entre le mélange et le blé[3]. La conduite des cultures répond au cahier de charges de l'AB et à l'objectif d'autonomie visé par les agriculteurs.
La coopérative Les Fermiers de Loué produit 30 millions de volailles de chair et 300 millions d'œufs par an exclusivement sous signes de qualités Labels rouges, IGP et AB. Son territoire comprend la Sarthe et la Mayenne et quelques communes des départements limitrophes. Son usine d'aliments ALIFEL lui permet de maîtriser la qualité des 350 000 tonnes d'aliments produits par an à destination des

[1] De 2010 à 2013, leur nombre a diminué d'environ 35000, soit 12,5% (Agreste, 2013).

[2] Pour plus de détails, se référer à la note de cadrage de l'atelier accessible sur le site de l'Afa, rubrique ateliers Terrain.
[3] Cette variante n'étant pas affectée à une parcelle particulière, on ne l'a pas considérée comme un système de culture distinct.

volailles. L'approvisionnement en céréales de l'usine est assuré à 100% par les céréales produites (hors AB) sur l'aire de collecte de la coopérative. Par contractualisation, les adhérents doivent leur livrer l'équivalent de 50% du volume de céréales consommé par leurs volailles. En AB, la coopérative a mis en place des contrats Grains de Terroirs garantissant pour 5 ans un prix d'achat des céréales pour l'agriculteur et un tonnage par hectare à livrer pour la coopérative. Ces contrats permettent de couvrir 50% des approvisionnements pour les aliments AB de l'usine.

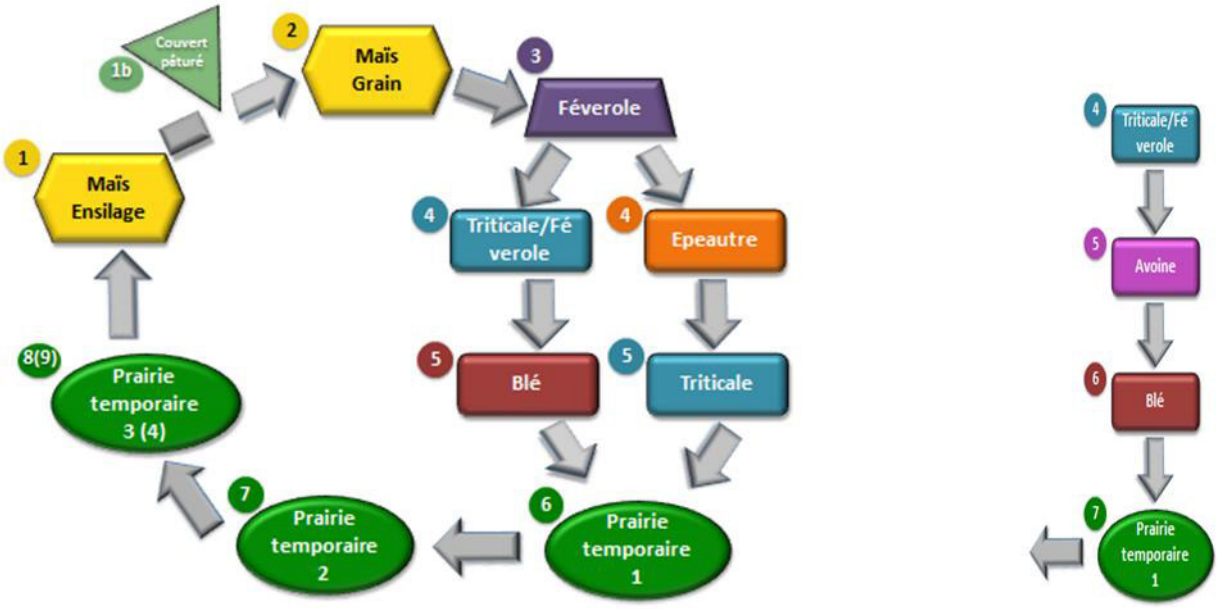


*Figure 1 : une rotation sur 8 à 9 ans et sa variante avec de l'avoine*

## Alimentation du troupeau laitier : comment concilier autonomie et robustesse ?

Sur la ferme de Tout-Joly, le système fourrager et plus globalement le mode d'association entre productions végétales et troupeau laitier, répondent à un principe d'autonomie totale (aucun achat d'aliment ni de paille à l'extérieur), qui va bien au-delà du cahier des charges AB pour la production laitière (au moins 60% de la ration annuelle produits sur l'exploitation).

En application de ce principe, la production laitière s'ajuste aux ressources alimentaires produites sur l'exploitation et à leurs fluctuations. Selon l'agriculteur, les niveaux moyens de production atteints par son troupeau seraient plus élevés dans le cadre d'une exploitation plus intensive, et ce n'est donc pas le potentiel génétique qui limite la quantité de lait produite. La question qui se pose alors est celle de la robustesse, autrement dit de la capacité de l'élevage à maintenir un niveau de production conforme aux objectifs de vente de produits laitiers, face aux perturbations qui peuvent affecter le système fourrager (Sauvant et Martin, 2010). Ces perturbations sont notamment dues ici au déficit hydrique subi par les prairies et cultures fourragères, plus ou moins intense selon les années.

A défaut d'une analyse approfondie, l'atelier nous a permis d'échanger sur différentes modalités de sécurisation de l'alimentation que nous avons pu identifier :

- Un niveau de chargement relativement faible (1,12 UGB/ Ha de SFP[4]), qui, en année moyenne, permet de constituer un niveau assez important de stocks pour le « creux » d'hiver ou d'été ;
- Une valorisation maximale de la pousse de l'herbe, en interdisant le gaspillage et en optimisant la combinaison fauche-pâture : les parcs pâturés sont de surface moyenne relativement faible, ce qui permet de différencier et adapter assez finement leur conduite. En leur sein, le pâturage est rationné avec conduite au fil avec des chargements instantanés importants. Le planning de pâturage est contrôlé de façon à la fois minutieuse et très flexible, de façon à pouvoir « débrayer » un parc et l'orienter vers la fauche si la pousse de l'herbe est importante et permet de constituer des surplus. Sur presque toutes les prairies, une fauche précoce avec enrubannage permet à la fois de valoriser le début de pousse de l'herbe, et d'étaler le pic de production tout en réintégrant rapidement la parcelle dans le planning de pâture. Enfin, la pâture hivernale aussi tardive que possible constitue une adaptation aux conditions climatiques locales (hiver doux) et à ses conséquences sur la pousse de l'herbe, qui est restreinte avant tout par le déficit hydrique estival ;
- Une contribution régulière significative des cultures annuelles à l'alimentation du troupeau laitier : à la sole de maïs ensilage (8,5 Ha) intégrée à la SFP, s'ajoutent 8,5 Ha de couvert dérobé pâturé, sans oublier les 7,5 Ha minimum de céréales dédiés à la production d'aliments concentrés ;
- Enfin, la possibilité d'aiguillages optionnels en cours d'année pour orienter vers le troupeau laitier des ressources alimentaires supplémentaires si les niveaux de stocks apparaissent trop bas pour faire face au creux estival : décision prise fin mai d'ensiler le mélange triticale-féverole (6 Ha) au lieu de le moissonner, et utilisation éventuelle comme concentrés des surplus de céréales et féverole par rapport au contrat « Grains de Terroir ».

[4] Par rapport aux données de l'Observatoire Inosys de l'Idele, cette valeur est très proche de celle des systèmes Bio en Pays de la Loire (1,15 pour la moyenne 2010-2014-2015), et nettement inférieure à celle des systèmes de production laitière conventionnels (1,4 à 1,6 en moyenne selon les variantes). Pour l'OTEX 45 (bovins lait, en majorité conventionnels) en Mayenne-Sarthe, le Cerfrance indique une moyenne de 1,7.

À travers ces quatre principales modalités, on voit que la robustesse de l'atelier de production laitière relève de deux grandes composantes (Urruty *et al.*, 2016) : la *résistance* plutôt liée à des aspects structurels (système fourrager, chargement) et la *flexibilité*, plutôt liée à l'adaptation en temps réel aux aléas, et mettant en œuvre une forte technicité dans la conduite de l'herbe et la gestion des stocks. Il est enfin à noter que ces différents mécanismes de sécurisation ne suffisent pas à empêcher les chutes de production en année très défavorable : en 2016, la production laitière a fortement diminué. Il y aurait donc intérêt à aller plus loin dans l'analyse agronomique du système fourrager et à mener une réflexion sur les moyens d'accroître encore sa robustesse, notamment dans la perspective du changement climatique.

## L'association productions végétales-productions animales et son impact sur les systèmes de culture

### *Une gestion des adventices inscrite au cœur du système de culture et omniprésente dans les itinéraires techniques*

L'inclusion d'une prairie temporaire de 3 ou 4 ans dans la rotation, l'alternance entre cultures de printemps et d'hiver, l'insertion de couverts végétaux très denses et exploités au stade végétatif, le désherbage mécanique, la pratique systématique du faux-semis et du labour sont autant de leviers utilisés dans ce système de culture pour aboutir au contrôle de la flore adventice.

L'effet dépressif de la prairie sur les adventices annuelles résulte en premier lieu de la coupe au stade végétatif. Fréquente et régulière (tous les 25 ou 35 jours au pâturage), elle empêche l'accomplissement complet du cycle des adventices. Comme nous avons pu l'observer lors des tours de plaine de préparation de la visite, cet effet est particulièrement marqué lors de la première année qui suit le semis de la prairie : au cours de son implantation celle-ci est tout d'abord envahie d'adventices (notamment chénopodes), qui sont fauchées avant grenaison lors de la première coupe. Dès la fin du printemps, une très forte dominance du couvert prairial s'installe et les adventices typiques des cultures annuelles disparaissent. Le chargement instantané au pâturage est très élevé (1 are par vache), ce qui limite les refus des plantes à cycle plus précoce (dactyle). Le broyage des refus en période de forte pousse contribue aussi à limiter la flore adventice propre à la prairie. Enfin le non-retournement du sol pendant au moins trois ans, favorise l'épuisement de la capacité germinative des semences enfouies et donc la diminution du stock de graines adventices.

Dans le système de culture observé ici, il existe deux périodes de semis. Si l'on considère une durée moyenne de la rotation de 8 ans, les semis d'automne (céréales, protéagineux, prairies temporaires et cultures intermédiaires) représentent les 2/3 des implantations. Les semis de printemps concernent exclusivement le maïs soit 1/3 des implantations. Trois implantations d'automne sont consécutives (séquences 3, 4, 5). Cet enchaînement peut permettre un développement et une spécialisation de la flore adventice d'hiver. Le labour et les faux semis systématiques, les dates de semis tardives, postérieures au premier novembre, contrebalancent ce risque de salissement. Par ailleurs, à l'échelle de la rotation, ces trois semis d'automne sont suivis d'au moins quatre années de prairies et deux années de maïs, ce qui permet de contrôler les adventices d'automne.

La gestion des adventices passe aussi par l'insertion dans la rotation de cultures assurant une couverture rapide et dense du sol, créant ainsi une situation défavorable au développement de la flore adventice. C'est notamment le cas du couvert végétal trèfle incarnat/avoine entre les deux maïs au début de la rotation, ainsi que de l'association triticale-féverole en 4ème séquence.

La pratique du faux-semis (déchaumage précoce) est quasi-systématique. Elle permet de stimuler la levée des adventices pendant l'interculture, puis de les détruire pour réduire le stock de graines et donc les infestations dans les cultures suivantes. Cette pratique est particulièrement efficace sur brome, vulpin, ray-grass, cependant un seul faux-semis est rarement suffisant. Ensuite, un labour systématique permet de détruire les adventices encore présentes, ainsi qu'un enfouissement profond des graines produites. Pour des semences fragiles (brome, vulpin, ray-grass, gaillet), un séjour en profondeur d'un an permet de fortement réduire leur stock. Les semences survivantes peuvent cependant être remises en surface lors du labour suivant.

En culture, le désherbage mécanique des céréales repose principalement sur l'utilisation de la herse étrille, et occasionnellement de la houe rotative. Le désherbage du maïs fait surtout intervenir la bineuse[5], avec un passage de houe rotative lorsque les jeunes pieds de maïs sont enracinés.

### *La gestion de l'azote à l'échelle de la culture et de la succession culturale*

C'est habituellement un point crucial en AB : l'exclusion des engrais de synthèse comme source d'azote peut éventuellement limiter la disponibilité en azote minéral pour les cultures. De surcroît cette disponibilité est aussi plus difficile à ajuster aux besoins des plantes qu'en mode conventionnel, puisqu'elle est conditionnée par la minéralisation de l'azote organique apporté, dépendante du climat. Dans le cas de la succession pratiquée ici, les principales entrées d'azote sont d'une part la fixation symbiotique par les légumineuses présentes dans la prairie temporaire et le couvert intermédiaire après maïs, ainsi que par la féverole en culture pure ou dans le mélange triticale-féverole ; d'autre part les apports de produits résiduaires organiques (PRO) : fumiers de volailles et bovins, et accessoirement de lisier bovin. Les disponibilités en azote minéral pour chaque culture annuelle de la rotation résultent de la minéralisation de l'azote contenu soit dans les matières organiques du sol, soit dans les PRO, soit dans les résidus des cultures précédentes. Cette disponibilité dépend donc de la position de la culture dans la succession, de la répartition des apports de PRO au sein de celle-ci, ainsi que de la position de son cycle et des périodes d'absorption intense par rapport à la minéralisation, encore

[5] Une bineuse a été achetée en CUMA et un chauffeur est spécialisé dans cette tâche.

importante en été et début d'automne si le sol n'est pas trop sec.

Dans le cas des légumineuses (ici principalement la féverole) la fixation d'azote s'ajuste en complément aux fournitures d'azote minéral par le sol. En première approche, si cette fixation n'est pas perturbée, le rendement de ces cultures n'est donc pas limité par la disponibilité en azote. Il est en revanche possible que l'azote soit limitant pour les cultures non-fixatrices. Pour tester cette éventualité, deux estimations ont été comparées : d'une part, celle des quantités d'azote théoriquement disponibles pour chaque culture, d'autre part celle d'azote théoriquement absorbée par chaque culture, compte tenu du rendement moyen obtenu. Cette confrontation a été réalisée selon la méthode du bilan prévisionnel et en utilisant les références fournies pour la mettre en œuvre (COMIFER, 2013). Les résultats sont résumés dans le Tableau 1.

| **Poste de fourniture ou prélèvement**[6] | **Culture** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Maïs-ensilage** | **Maïs-grain** | **Epeautre** | **Triticale** | **Blé** | **Avoine** | **Blé** |
| Reliquat entrée bilan | 40 | 30 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Minéralisation humus | 65 | 65 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 |
| Minéralisation prairie | 80 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Minéralisation résidus précédent | 0 | 13 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Minéralisation PRO[7] | 36 | 158 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Autres fournitures ou pertes | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Reliquat final | - 20 | - 20 | - 20 | - 20 | - 20 | - 20 | - 20 |
| **Total disponible** (valeurs arrondies) | **200** | **260** | **90** | **60** | **60** | **60** | **60** |
| **Total absorbé**[8] (valeurs arrondies) | **150** | **140** | **75** | **75** | **70** | **70** | **70** |

***Tableau 1 : Comparaison des quantités d'azote minéral (Kg N/Ha) disponible et absorbé, dans le cas des cultures non-fixatrices, estimées selon la méthode du bilan prévisionnel (COMIFER, 2013).***

Pour les deux premières séquences de la succession (maïs ensilage puis grain), on note à la fois des valeurs élevées des estimations de fournitures et d'absorption totale, et un net excès d'azote disponible. On peut donc supposer que l'azote n'a pas été facteur limitant des rendements, ces derniers étant alors principalement limités par le déficit hydrique (pas d'irrigation sur maïs), et d'ailleurs relativement élevés s'agissant d'un mode de culture AB. Pour ces séquences, les valeurs élevées des postes de fournitures sont imputables à la proximité du précédent prairial (surtout pour la séquence 1), mais aussi aux apports de fumier et lisier (surtout pour la séquence 2). Il y a donc un excès d'apport d'azote sur le début de la rotation.

Pour l'épeautre, on a à nouveau un excès d'azote disponible, mais d'ampleur beaucoup plus faible. Les valeurs relativement élevées de fournitures sont particulièrement liées à l'effet du précédent féverole. Pour cette 4ème séquence qui succède à un précédent légumineuse, l'apport de fumier (qui engendre un apport de près de 10 kg N /ha) est discutable, sans pour autant engendrer un déséquilibre aussi marqué que pour les séquences 1 et 2.

Pour la fin de la rotation (céréales à paille en séquences 5 et 6), la situation est contrastée par rapport au début : faibles valeurs des disponibilités et de l'absorption, écarts assez faibles entre elles. On peut alors supposer que l'azote est facteur limitant des rendements, ce qui est corroboré par le fait que les niveaux de rendement obtenus pour les céréales sur l'exploitation, sont relativement faibles par rapport aux moyennes régionales (où les modes de culture conventionnels avec apport d'azote minéral ont un poids prédominant), alors que pour la féverole (culture fixatrice non fertilisée en mode conventionnel), ce décalage est réduit voire inexistant.

On peut donc conclure à un déséquilibre des apports de PRO qui pourraient être mieux ajustés aux variations des autres postes et à la structure de la rotation. Une modification de la répartition de ces apports est à envisager pour :

- Atténuer les excès de bilan en début de rotation qui constituent à la fois un gaspillage préjudiciable et une source de pollution importante (émissions gazeuses et lixiviation des nitrates), tout particulièrement pendant la période de drainage qui suit la deuxième culture de maïs ;
- Accroître les rendements des céréales en fin de rotation, sans pour autant se placer en situation d'excès.

Pour cela, on pourrait réserver les apports de fumier et de lisier aux 2 ou 3 dernières séquences de la rotation, surtout ceux de volaille qui sont beaucoup plus riches en azote, et peut-être également avant prairie temporaire s'il s'avérait que l'azote était également limitant de la production d'herbe, au moins sur les premières années de prairies temporaires.

Cette proposition serait donc à affiner grâce à une étude complémentaire de la gestion de l'azote sur les prairies (et plus globalement de la fertilité minérale car les fumiers sont également la seule modalité d'apport contrôlé de P et K). Une telle étude donnerait des éléments pour arbitrer la répartition des fumiers et lisiers entre prairies permanentes et sole cultivée, et au sein de cette dernière entre cultures et prairies temporaires. Quoi qu'il en soit, la nécessité d'un rééquilibrage des apports entre début et fin de rotation restera valable.

[6] Estimations à partir du document COMIFER 2013 et de ses annexes, ainsi que des informations sur les successions culturales et pratiques de fertilisation fournies dans le document d'appui à la visite d'exploitation. NB : L'indication des chiffres à l'unité près vise uniquement à ne pas ajouter d'imprécisions dues aux arrondis.

[7] PRO : produits résiduaires organiques. Il s'agit ici d'apports de fumiers de volaille épandus avant les cultures de maïs (ensilage et grain) et de bovin (10 à 12 T/ Ha avant chaque culture sauf la féverole), complétés par un apport de lisier bovin (environ 20m3 Ha avant Maïs-grain).

[8] Estimations à partir des rendements moyens indiqués par l'agriculteur, des coefficients de « besoin », issus du document COMIFER et de références expérimentales supplémentaires (notamment témoins non fertilisés d'essais de réponse à l'azote).

## Circuits de matières et gestion de la fertilité : évaluation des flux de N, P, K

De façon générale, l'un des bénéfices les plus notables de l'association entre productions végétales et élevage est le recyclage d'une partie importante des éléments minéraux contenus dans l'alimentation animale à travers la gestion et la répartition des effluents d'élevage. Ce recyclage et son impact sur la fertilité des terres prennent une importance cruciale, lorsque le recours aux achats d'intrants est limité, comme c'est le cas ici, non seulement pour le cahier des charges AB, mais aussi et de façon encore plus stricte, par la recherche d'autonomie. Dans le cadre de l'atelier, nous avons cherché à apprécier si, comment et dans quelle mesure le principe d'autonomie était compatible avec l'entretien voire l'amélioration de la fertilité des sols.
Dans ce but, une première approche (Fig. 2) a consisté à réaliser un inventaire qualitatif des flux de matière qui entrent et sortent de l'exploitation, ainsi que des transferts qui ont lieu en son sein, en distinguant schématiquement quatre grands « blocs » : l'atelier laitier (bâtiments et stockages d'effluents), l'atelier volailles (parcours exclus), les prairies permanentes (parcours volailles inclus) et la sole cultivée, incluant les prairies temporaires et les cultures annuelles.

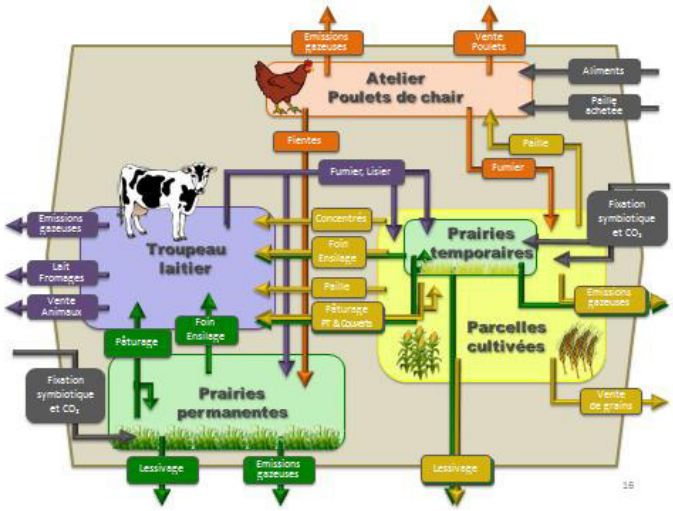


***Figure 2 : Représentation schématique des flux de matière à l'échelle de l'exploitation, dans le cas de la ferme de Tout-Joly***

Remarque : le recyclage au pâturage est symbolisé par une bifurcation (flèches de retour en sens opposé de la flèche principale).

Les principales « sorties » de l'exploitation sont les ventes de produits animaux et de grains (dans le cadre du contrat « Grains de terroir »), les émissions gazeuses (surtout sous forme $NH_3$ à partir des effluents d'élevage, secondairement sous forme $N_2$ via la dénitrification à partir des sols[9]), et le lessivage qui affecte essentiellement l'azote (sous forme nitrique) et le potassium. Les principales entrées sont les aliments pour les volailles et la fixation symbiotique de l'azote par les légumineuses présentes dans les prairies et couverts cultivés ; ainsi que les achats de paille de façon quasi-marginale.

[9] Les émissions de $N_2O$ seraient très importantes à étudier du point de vue environnemental, mais elles sont négligeables du point de vue du bilan

Nous nous sommes efforcés de quantifier ces différents postes à l'aide des données de ventes et achats fournies par l'agriculteur (cf. document d'appui à la visite), ainsi que des référentiels classiques relatifs à la composition des produits (références CORPEN présentées sur de nombreux sites des chambres d'agriculture, références COMIFER pour les exportations des cultures). Pour les pertes gazeuses et le lessivage, les estimations sont plus laborieuses et font appel à des référentiels moins courants, (*cf.* notamment Giovanni et Dulphy, 2008 ; Peyraud *et al.*, 2012 ; ITAVI, 2013). Dans tous les cas, de nombreuses conventions et approximations interviennent et l'interprétation des valeurs obtenues (Tableau 2) ne doit porter que sur les ordres de grandeur.

Concernant les différents postes d'estimation, on note :

- Au niveau des sorties, l'importance considérable des pertes d'azote par voie gazeuse, ainsi qu'à un degré moindre par lessivage. Pour l'azote et le potassium, ces pertes incontrôlées sont du même ordre que les exportations pour les ventes de produits ;
- Au niveau des entrées, l'importance de la fixation symbiotique et des achats d'aliments pour les volailles. Les entrées par cette dernière voie représentent environ cinq fois les sorties par les livraisons de grains. On peut donc dire que l'exploitation est « importatrice nette » pour les 4/5èmes de son approvisionnement en fertilisants pour P et K, et pour seulement 40% en ce qui concerne l'azote grâce à la fixation ;
- Au niveau du solde global, un bilan proche de l'équilibre : sous réserve des approximations et incertitudes dans les estimations, cela signifie qu'en moyenne les niveaux de richesse des sols de l'exploitation sont à peu près stables. Ainsi, l'importation nette d'éléments minéraux par les aliments volaille que l'on vient d'évoquer est une condition nécessaire d'entretien de la fertilité, qui permet de compenser les exportations non seulement de l'atelier avicole, mais aussi de l'atelier laitier et des productions végétales.

| Nature des postes | N | P | K |
|---|---|---|---|
| Poulets (47.000) | 3309 | 496 | 186 |
| Lait (375.000 l) | 2063 | 356 | 581 |
| Veaux (25) | 30 | 9 | 5 |
| Vaches de réformes (13) | 209 | 61 | 36 |
| Total produits animaux | 5611 | 922 | 808 |
| Ventes grains (100 T) | 1800 | 375 | 546 |
| Pertes gazeuses | 5695 | 0 | 0 |
| Lessivage | 3225 | 0 | 1200 |
| TOTAL PERTES | 8920 | 0 | 1200 |
| **TOTAL SORTIES (moyenne /Ha SAU)** | **16331 (131)** | **1297 (10)** | **2554 (20)** |
| Aliments poulets (300 T) | 9000 | 1830 | 2370 |
| Paille (25 T) | 150 | 28 | 250 |
| Fixation N atmosphérique | 8500 | 0 | 0 |
| **TOTAL ENTREES (moyenne /Ha SAU)** | **17650 (141)** | **1858 (15)** | **2620 (21)** |
| **SOLDE (Moyenne /Ha SAU)** | **1319 (11)** | **553 (4)** | **66 (0,5)** |

*Tableau 2 : Estimation du bilan annuel des éléments minéraux au niveau de l'exploitation (Kg d'élément[10])*

Pour clore cette rubrique consacrée à la gestion de la fertilité, il convient d'insister sur la nécessité de poursuivre l'analyse. En premier lieu, même si le bilan global au niveau de l'exploitation est équilibré, il n'est pas certain que ce soit le cas pour chacun des « blocs » qui la composent. Ainsi, le bloc cultivé (prairies temporaires et cultures annuelles) reçoit la majorité des effluents d'élevage (100% du fumier de volaille et plus des 3/4 du fumier bovin selon nos estimations). Inversement le bloc des prairies permanentes ne reçoit qu'environ 1/4 du fumier bovin alors qu'il constitue les 2/3 de la SFP et contribue à l'alimentation du troupeau laitier (donc aux exportations minérales par les ventes d'animaux et produits laitiers) pour nettement plus de la moitié des minéraux ingérés. Au sein des prairies permanentes, il y aurait d'ailleurs des subdivisions à considérer : une partie d'entre elles sont inondables et exploitées en régime de fauche prépondérante. Par ailleurs, les 6,4 Ha de parcours qui entourent les bâtiments volailles reçoivent un apport non négligeable par les fientes et sont exploités eux aussi de façon différenciée puisque la pâture ne peut avoir lieu en présence des poulets. Au total, il conviendrait de s'assurer que le bloc des prairies permanentes n'est pas en cours d'appauvrissement en moyenne, et de façon plus prononcée sur certaines parties.

En second lieu, l'étude des bilans entrées-sorties ne préjuge pas du caractère plus ou moins satisfaisant des niveaux de fertilité minérale actuels ; ni de l'éventuelle nécessité d'améliorer ce niveau sur tout ou partie des différents blocs et sous-blocs à considérer. De ce point de vue, il serait certainement utile de réaliser quelques analyses de terre, qui pourraient être réparties selon un plan d'échantillonnage raisonné en fonction des blocs et sous-blocs identifiés. De même, une analyse de la composition des fumiers serait d'une grande aide pour raisonner une éventuelle modification de leur répartition.

## Discussion – Synthèse

Le cas de la ferme de Tout-Joly est révélateur de plusieurs des bénéfices agronomiques potentiels des associations entre productions végétales et élevage, mais aussi des conditions à remplir pour que ces bénéfices soient effectifs, et des limites qui en résultent quant à l'extension possible de cette association.

Telle qu'elle est structurée et mise en œuvre sur cette exploitation, la combinaison entre ateliers de production végétale, laitière et avicole, permet à l'ensemble du système de production de fonctionner de façon relativement autonome et économe, avec en particulier pas ou très peu d'achats d'intrants à destination directe des productions végétales et de l'atelier laitier. La limitation des charges qui en résulte contribue à la recherche de valeur ajoutée des produits. Cet intérêt économique vaut non seulement dans le contexte particulier de l'exploitation étudiée et de son mode de commercialisation, mais aussi de façon beaucoup plus large, y compris pour des systèmes conventionnels, comme l'ont montré les analyses de groupe présentées par le Cerfrance dans le cadre de la visite.

[10] NB : L'indication des chiffres à l'unité près vise uniquement à ne pas ajouter d'imprécisions dues aux arrondis.

Ce caractère économe a aussi un grand intérêt environnemental, puisqu'il se traduit par l'absence d'épandage de pesticides et d'émissions de gaz à effet de serre liées à la fabrication et à l'épandage des engrais de synthèse.
Le succès économique, social et environnemental obtenu à Tout-Joly est évidemment fortement lié au choix d'écouler des produits laitiers et avicoles sous signes de qualité et sur des segments de marché particulièrement rémunérateurs. Mais il résulte aussi des atouts agronomiques que lui confère l'étroite imbrication des différents ateliers.
Un premier point-clé de cette imbrication est le fait que, tout en ayant une orientation herbagère, le système fourrager de l'exploitation comporte des prairies temporaires qui entrent en rotation avec les cultures annuelles. Nous avons pu identifier de nombreux impacts positifs qui résultent de cette présence dans la rotation de prairies temporaires de longue durée, ainsi que de couverts mixtes comportant des légumineuses : limitation des adventices, apport « gratuit » d'azote atmosphérique, réduction des fuites de nitrates, entretien d'un haut niveau de teneur en matières organiques, amélioration de la structure du sol, limitation de la battance et de l'érosion.
Un deuxième point-clé majeur est le circuit de transformation et recyclage extrêmement ramifié et flexible qui s'applique aux éléments minéraux inclus dans l'alimentation animale, permettant de les utiliser pour entretenir la fertilité des terres de l'exploitation. Même si nous avons vu que ce circuit présentait des imperfections, avec de possibles déséquilibres entre différentes parties de l'exploitation, ou entre les différentes cultures de la sole cultivée, il permet potentiellement d'assurer l'entretien de la fertilité sur l'ensemble de l'exploitation, de façon très économe, et en maîtrisant la plupart des impacts environnementaux majeurs - à une réserve près concernant les émissions de $NH_3$ et la pollution atmosphérique qui en résulte.

L'analyse que nous avons pu amorcer dans le cadre de l'atelier nous a aussi permis d'identifier un certain nombre de points qui restent à approfondir pour préciser le diagnostic, proposer des améliorations réalistes, ou enfin mieux cerner dans quelles limites ces conclusions positives sont transposables. Ainsi nous avons déjà mentionné la répartition des effluents d'élevage au sein de l'exploitation et au cours de la succession sur la sole cultivée. Nous avons également noté qu'en fait l'autonomie n'est pas totale, puisque l'exploitation n'est pas autosuffisante du point de vue de l'alimentation des volailles. C'est d'ailleurs grâce à l'importation de P et K par les achats d'aliments volaille que sont assurés l'équilibre des bilans minéraux et l'entretien de la fertilité. Cela amène à poser la question de l'autonomie - et de l'association entre productions végétales et animales qui la rendrait possible - à une échelle plus vaste que celle de la seule exploitation (Moraine *et al*., 2014). Si on considère la coopérative Les Fermiers de Loué, on observe que la totalité des céréales et une part importante des protéines nécessaires à la production des aliments sont produites au sein de son aire de collecte et ne constituent d'ailleurs qu'une faible part (de l'ordre de 10%) de la production végétale de cette aire. Il y a donc quasi-autonomie à l'échelle du territoire. Cependant ce diagnostic ne s'applique pas au secteur AB de la coopérative, car dans ce cas le cahier des charges implique l'achat de tourteaux de soja dans des régions très éloignées (Europe de l'Est, Amérique du Sud). Paradoxalement, il y a donc ici une part de contradiction entre AB et autonomie, liée aux contraintes spécifiques de formulation des aliments pour volailles.
En élargissant encore la réflexion, on est amené à s'interroger sur la convergence entre un fort degré d'association entre productions végétales et animales, et une alimentation durable des territoires auxquels cette synergie s'appliquerait. Nous nous bornerons sur ce point à un constat simple : la ferme de Tout-Joly et les coopératives auxquelles elle livre ses produits ne contribuent qu'à une partie (riche en protéines animales) du régime alimentaire qui serait à recommander pour la population des aires d'activité de ces coopératives. L'autre partie de ce régime correspond nécessairement à une occupation des terres à forte prédominance végétale, dont on voit mal comment elle pourrait entrer en forte interaction avec des productions animales. Il ne faut donc pas avoir une vision trop dogmatique et exclusive de la synergie productions végétales-élevage ; mais plutôt chercher à identifier les régions et groupes d'exploitation où il est pertinent de mettre en œuvre cette synergie, voire de l'étendre.

## Conclusion

La préparation et la mise en œuvre de cet atelier Terrain ont été très enrichissantes. Cela tient d'abord à la rencontre de différents points de vue et expériences professionnelles qui ont pu échanger sur un cas concret, mais aussi à la démarche agronomique construite en commun à partir de ce cas. Cette démarche est centrée sur le repérage et la formulation d'un ensemble de questions, qui bien sûr mériteraient une analyse beaucoup plus approfondie grâce à la mise en œuvre de méthodes et outils appropriés. Dans le cadre de contraintes qui lui est propre, l'atelier Terrain ne permet de faire ni un inventaire complet des problèmes, ni un diagnostic précis, et encore moins des recommandations définitives. Malgré tout, il correspond à une étape essentielle dans le métier d'agronome : celle du pré-diagnostic et de la problématisation. Dès cette étape, l'observation sur le terrain, le travail collectif et les échanges interprofessionnels sont de grands facteurs de succès.
Cette démarche, ici au service de l'organisation d'une journée d'échanges, peut être largement réutilisée dans d'autres cadres. Dans une optique de conseil comme celui pratiqué par les Cerfrance, qui vise une identification des stratégies et règles de décision mises en œuvre par les agriculteurs, cette démarche peut mettre en exergue les cohérences et écarts entre les objectifs visés et le système mis en place pour les atteindre. Elle permet alors non seulement d'aboutir à une meilleure connaissance des clients mais surtout à la détection de leurs projets.
Enfin l'intérêt de cette approche concerne au plus haut point l'enseignement agricole : qu'ils exercent des activités de production, de conseil, de contrôle ou d'animation, les futurs professionnels doivent acquérir des compétences s'appuyant sur une approche pluridisciplinaire et systémique. L'approche participative et interprofessionnelle de cet atelier Terrain peut constituer, pour les enseignants, un préalable pour construire des progressions pédagogiques,

rendant possible la réalisation, par les étudiants, de diagnostics sur le fonctionnement des systèmes de production[11].

## Références bibliographiques :


Agreste, 2013. Enquête structures. http://agreste.agriculture.gouv.fr/enquetes/structure-des-exploitations-964/enquete-structure-2013/.

Comifer, Groupe Azote, 2013. Calcul de la fertilisation azotée. Guide méthodologique pour l'établissement des prescriptions locales. Cultures annuelles et prairies. Editions COMIFER, Paris, 159 p. et annexes. www.comifer.asso.fr.

Giovanni, R. et Dulphy J.-P., 2008. Présentation de références Corpen simplifiées pour l'évaluation des rejets et des pressions d'azote et de phosphore des troupeaux bovins. Fourrages (195), p. 357-372.

Idele. Observatoire INOSYS-Réseaux d'élevage : http://idele.fr/reseaux-et-partenariats/inosys-reseaux-delevage.html.

ITAVI, 2013. Estimation des rejets d'azote - phosphore - potassium - calcium - cuivre - et zinc par les élevages avicoles, juin 2013. Mise à jour des références CORPEN-Volailles de 2006.

Moraine M., Duru M., Nicholas P., Leterme P., and Therond O., 2014. Farming system design for innovative crop-livestock integration in Europe. *Animal*, 8 : 8 p. 1204-1218. doi:10.1017/S175173111400118.

Peyraud J.-L., Cellier P., Donnars C., Réchauchère O. (éditeurs), 2012. Les flux d'azote liés aux élevages, réduire les pertes, rétablir les équilibres. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, Inra (France), 68 p.

Sauvant D., Perez J.M., 2010. Robustesse, rusticité, flexibilité… les nouveaux critères de qualité des animaux et des systèmes d'élevage. *Inra Productions Animales*, 23 (1), p. 5-10.

Urruty N., Tailliez-Lefebvre D., Huyghe C., 2016. Stability, robustness, vulnerability and resilience of agricultural systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, Agron. Sustain. Dev. 36: 15. Doi :10.1007/s13593-015-0347-5.


[11] Ces dernières années, les référentiels de formation ont évolué dans ce sens : pour le BTSA ACSE (Analyse, Conduite et Stratégie de l'Exploitation), trois modules ont été réécrits depuis 2014. Il s'agit des modules 57 : fonctionnement d'un agrosystème ; 58 : conduite des systèmes biotechniques ; 59 : construction d'un système biotechnique innovant. Les objectifs de ces modules impliquent une démarche didactique s'appuyant sur une interdisciplinarité forte