

TRANSFORMER LA GESTION DE L'AZOTE

AGRICULTURE

DANS LE CADRE DE NOTRE
PLAN ROBUSTE POUR L'ECONOMIE FRANCAISE



Introduction

Principal facteur limitant de la croissance végétale, l'azote (N) joue un rôle clef dans les systèmes agricoles et alimentaires. S'il se trouve en abondance dans l'air (78 % du volume) sous forme de diazote (N_2), les plantes ne peuvent l'assimiler qu'à l'état minéral²⁷⁷. Les légumineuses²⁷⁸ font figure d'exception : elles sont capables d'établir des symbioses avec des bactéries du sol (*Rhizobium*)²⁷⁹ qui s'attachent ensuite à convertir l'azote de l'air en azote « réactif » mobilisable par la plante. Ce processus de « fixation symbiotique » des légumineuses **constitue la principale entrée naturelle d'azote dans les systèmes agricoles** [269].

L'autre voie d'incorporation repose sur la production et l'épandage d'engrais azotés de synthèse. Issus du procédé Haber-Bosch²⁸⁰, ils fournissent actuellement près de 80 % de l'azote utilisé actuellement. Cependant, leur production mobilise du gaz naturel, aussi bien en qualité de matière première lors du vaporeformage²⁸¹ que de combustible. Outre cette dépendance au gaz fossile, les engrais de synthèse sont aussi directement source d'importantes émissions de GES (7,7 MtCO₂e en 2022²⁸² [270]) comme de pollutions atmosphériques (ammoniac²⁸³, oxydes d'azote) et aquatiques (eutrophisation et pollution aux nitrates des cours d'eau).

A cela s'ajoutent divers apports liés au recyclage de l'azote²⁸⁴ (déjections animales, boues de stations d'épuration, composts, digestats...). Ces matières recyclées doivent toutefois passer par une phase naturelle de minéralisation (décomposition par les micro-organismes du sol) avant d'être disponibles pour les plantes.

Le recours généralisé aux engrais azotés de synthèse s'est progressivement imposé à partir de la seconde moitié du XX^e siècle. S'il a contribué à une hausse spectaculaire des rendements, il s'est également accompagné d'une déconnexion croissante entre les zones de grandes cultures et les territoires d'élevage. La gestion de l'azote apparaît ainsi étroitement liée à l'évolution des systèmes d'élevage²⁸⁵, à la place accordée aux légumineuses, ainsi qu'aux tensions sur la fertilisation²⁸⁶ parfois rencontrées en agriculture biologique, les engrais de synthèse y étant proscrits.

²⁷⁷ Sous forme de nitrates (NO_3^-) voire d'ammonium (NH_4^+)

²⁷⁸ L'analyse sera focalisée sur les légumineuses utilisées en contexte agricole, à savoir principalement les Faboïdées, qui regroupent les légumineuses à graines (lentille, féverole, soja...) et de prairies (luzerne, trèfle, vesce...), et les Mimosoïdées, qui comprennent certains arbres-légumineuses (acacias, robiniers...) présents dans les haies ou les dispositifs d'agroforesterie.

²⁷⁹ Les bactéries du sol du genre *Rhizobium* sont capables d'établir des symbioses avec les légumineuses en provoquant la formation d'excroissances racinaires (nodosités) dans lesquelles elles se logent. Outre les *Rhizobium*, ils existent également dans les sols des bactéries fixatrices d'azote dites « libres » capables de fixer et de rendre l'azote atmosphérique disponible à proximité des racines des végétaux (bactéries diazotrophes de type *Azotobacter* ou *Pseudomonas*).

²⁸⁰ Mis au point en 1909, le procédé Haber-Bosch permet de fixer l'azote de l'air en le faisant réagir avec de l'hydrogène.

²⁸¹ Procédé de production d'hydrogène à partir de méthane, en présence de vapeur d'eau, à haute température et sous haute pression.

²⁸² Il s'agit ici des émissions de GES liées à l'épandage des engrais azotés de synthèse

²⁸³ Les émissions d'ammoniac, principalement d'origine agricole (94 % des émissions totales), se transforment dans l'air en particules fines ($PM_{2.5}$), très nocives pour les poumons. C'est un enjeu sanitaire majeur puisque, d'après Santé Publique France, l'exposition aux particules fines causerait près de 40 000 décès prématurés chaque année [442]

²⁸⁴ La quasi-totalité de l'azote recyclé a initialement été incorporé soit par les légumineuses, soit par des engrais de synthèse

²⁸⁵ Voir notre Chapitre n°15 : Permettre le maintien et la transition vers des systèmes d'élevages résilients et bas carbone

²⁸⁶ Il existe en effet un lien entre le mouvement de spécialisation et le fait que les systèmes conduits en agriculture biologique puissent se retrouver en manque d'azote.

Les transformations cruciales à engager

Étendre les surfaces de légumineuses

L'extension des surfaces de légumineuses constitue un levier majeur et consensuel pour réduire la dépendance des systèmes agricoles aux engrais azotés de synthèse. Cela tient à leur pouvoir de fixation symbiotique, leur permettant d'être cultivées en l'absence d'apports azotés externes. Cette « indépendance » azotée se double d'un effet fertilisant exercé sur les cultures compagnes et suivantes²⁸⁷ ²⁸⁸. A ce titre, il est particulièrement intéressant de recourir à des cultures associées céréales – légumineuses, ou de faire précéder une culture de céréales par celle d'une légumineuse²⁸⁹, afin de réduire les besoins en fertilisation synthétique.

Les légumineuses fourragères (luzerne, trèfle, sainfoin...) présentent le potentiel de fixation symbiotique le plus élevé, compris **entre 150 et 200 kg d'azote réactif par ha et par an**, tandis que les légumineuses à graines (soja, lentille, pois chiche...) peuvent apporter **entre 50 et 130 kgN/ha/an**²⁹⁰. En cela, leur redéploiement à grande échelle permettrait d'importantes économies d'engrais azotés de synthèse, et par extension, une réduction des émissions de gaz à effet de serre (plus précisément de N₂O) et d'autres impacts environnementaux et sanitaires (baisse des émissions de NH₃ et de NO_x) qui leur sont associés. Le potentiel d'expansion des légumineuses est conséquent, puisqu'elles n'occupent aujourd'hui qu'une place modeste au sein des grandes cultures (0,58 Mha, soit 4 % des surfaces) et des prairies (1,7 Mha, soit 15 % des surfaces²⁹¹). Elles sont surtout représentées dans les systèmes conduits en agriculture biologique²⁹².

Outre l'azote, une réintroduction d'ampleur des légumineuses s'accompagnerait d'autres services éco-systémiques : amélioration de la santé des sols²⁹³, diversification du paysage cultivé, effet d'attraction sur les pollinisateurs, gains d'autonomie protéique pour les élevages, source de protéines alimentaires... Ces deux derniers points tiennent à l'un des atouts majeurs des légumineuses : leur richesse en protéines végétales²⁹⁴. Cette propriété les rend stratégiques, aussi bien pour l'alimentation humaine, en tant que substitut potentiel aux protéines carnées, que pour l'alimentation animale, en permettant de subvenir aux besoins des troupeaux avec des protéines locales. C'est un enjeu critique pour les élevages français, actuellement très dépendants d'importations de tourteaux de soja venus d'Amérique du Sud,

²⁸⁷ La culture compagne (ou culture associée) est une pratique agricole visant à planter sur une même parcelle, au moins deux espèces simultanément pendant une période significative de leur croissance. Les cultures suivantes, quant à elles, désignent les cultures implantées en succession d'une autre culture (par exemple un colza semé après un blé).

²⁸⁸ L'effet fertilisant de la légumineuse est plus faible pour une culture compagne (cultivée en même temps) que pour une culture suivante, dans la mesure où l'azote fixé reste majoritairement dans la légumineuse en développement et ne devient disponible pour les autres plantes qu'après sa destruction, sous l'action de la minéralisation de ses résidus (racines, nodules et feuilles). Il y a toutefois un phénomène de "complémentarité de niche" qui fait que la légumineuse cultivée en association avec une céréale s'appuiera massivement sur l'azote de l'air pour laisser la céréale puiser l'azote minéral disponible dans le sol.

²⁸⁹ La légumineuse précédant la céréale peut avoir été aussi bien introduite sous forme de couvert intermédiaire que d'une culture principale.

²⁹⁰ Ce potentiel différencié s'explique notamment par le caractère pérenne des légumineuses fourragères citées, cultivées et actives toute l'année. Cette croissance plus longue favorise une production accrue de biomasse, et par extension, une fixation d'azote plus importante.

²⁹¹ Il y a actuellement environ 300 000 ha de prairies artificielles avec légumineuses (culture monospécifique), l'équivalent de 600 000 ha de légumineuses au sein des prairies temporaires et l'équivalent d'environ 800 000 ha de légumineuses au sein de « surfaces toujours en herbe », soit environ 1,7 M d'équivalent en hectares de légumineuses [443]

²⁹² Cela s'explique par le fait que les systèmes bio refusent de recourir aux engrais de synthèse, ce qui suppose de miser fortement sur les légumineuses et les fertilisants organiques pour assurer la nutrition azotée des cultures.

²⁹³ Il est question ici notamment de la fertilité des sols et de leur capacité de rétention de l'eau et des nutriments essentiels (azote, phosphore...) plus élevée du fait du vaste système racinaire déployé par les légumineuses.

²⁹⁴ Les légumineuses comptent parmi les produits végétaux les plus protéinés (richesse protéique oscillant entre 18 et 42 %, soit 2 à 3 fois plus que pour les cultures céréalières).

ce qui soulève des questions de souveraineté comme de résilience climatique et environnementale, ce soja importé étant source de déforestation et d'émissions indirectes de GES (3,7 MtCO₂e en 2020).

Décarboner et optimiser l'utilisation des engrais azotés de synthèse

Si leur consommation doit être fortement réduite d'ici 2050, il paraît complexe de s'affranchir complètement des engrais azotés de synthèse²⁹⁵. Problème majeur : leur fabrication repose sur le gaz naturel et représente aujourd'hui une part essentielle des émissions indirectes de GES du secteur agricole (10 MtCO₂e en 2021 [271], soit 41 % des émissions indirectes du secteur). Dans ce contexte, certains industriels travaillent à de nouveaux procédés susceptibles de **décarboner leur production en produisant l'ammoniac à partir d'hydrogène décarboné**²⁹⁶ (électrolyse de l'eau via une électricité bas-carbone). D'autres envisagent de **poursuivre la fabrication d'ammoniac à partir de gaz naturel, voire à terme de biogaz** [272], **mais de capter le CO₂ émis par le procédé. En parallèle, une logique d'optimisation peut être poursuivie afin d'améliorer l'efficacité des apports en d'azote et la résilience des pratiques de fertilisation**. Plusieurs stratégies sont à l'œuvre, parmi lesquelles l'adoption de fertilisants minéraux moins émetteurs de GES, notamment les ammonitrates²⁹⁷, ou moins porteurs de molécules polluantes²⁹⁸, le recours à des outils d'aide à la décision (OAD) tels que N-tester ou l'optimisation des épandages d'azote, en visant un apport mieux ciblé permettant de maintenir le rendement avec moins d'engrais. Il y a notamment le principe des « 4R »²⁹⁹ : le bon engrais, à la bonne dose, au bon endroit et au bon moment. Le COMIFER (Comité Français d'étude et de développement de la fertilisation raisonnée) produit des références méthodologiques pour le pilotage de l'azote en la matière.

Accroître le recours aux couverts végétaux (CIPAN, CIVE, engrais vert...)

Les couverts végétaux renvoient à des plantes semées entre deux cultures principales dans l'optique de couvrir le sol et de répondre à d'autres objectifs variés : prévenir la pollution nitrique de l'eau, fournir une biomasse valorisable sous forme énergétique.... **Le déploiement de ces couverts constitue un autre levier agronomique précieux pour améliorer la gestion de l'azote**. Plusieurs modes d'implantation existent selon l'objectif visé.

D'une part, on retrouve les **CIPAN (cultures intermédiaires « pièges à nitrates »)**. Rendues obligatoires depuis 1991 par la *Directive Nitrates* dans les zones vulnérables, ces cultures visent à utiliser les excédents d'azote dans les sols en sortie d'hiver pour éviter qu'ils ne soient lixiviés³⁰⁰ et entraînent des pollutions des masses d'eau (rivières, nappes phréatiques...) aux nitrates³⁰¹. Cette directive s'applique aujourd'hui à l'essentiel des zones de grandes cultures (Bassin parisien, Hauts-de-France...) ³⁰². Si le potentiel de déploiement reste encore

²⁹⁵ La réduction du recours aux engrais azotés de synthèse est de l'ordre de 70 % dans le scénario de conciliation du Shift Project.

²⁹⁶ Voir Chantier n°12 : Massifier la production d'hydrogène bas-carbone

²⁹⁷ Si les émissions lors de la fabrication des engrais sont sensiblement équivalentes, on constate à l'épandage un facteur de l'ordre de 40 % entre émissions de l'ammonitrate 27 (5,18 kgCO₂e/kgN) et celles de l'urée (7,62 kgCO₂e/kgN), la solution azotée présentant une valeur intermédiaire (6.86 kgCO₂e/kg N)

²⁹⁸ Il y a notamment l'enjeu de la teneur en cadmium dans les engrais phosphatés de synthèse, source de pollution des sols, de l'eau voire de l'alimentation humaine.

²⁹⁹ Right source, right rate, right place, right time and right place

³⁰⁰ La lixiviation désigne un processus naturel par lequel une partie des nitrates du sol sous forme d'azote, sont entraînés par l'eau de pluie qui s'infiltre dans les sols, vers les nappes souterraines (nappes phréatiques) et les eaux en surfaces (rivières).

³⁰¹ Les nitrates sont une forme minérale de l'azote dont la présence excessive dans les masses d'eau altère leur qualité et peut les rendre impropres à la consommation (seuils de non-potabilité franchis)

³⁰² Cela concerne à titre d'exemple 19 % des surfaces agricoles dans les Hauts-de-France en 2017, et le chiffre s'élève à 26 % si on intègre les repousses laissées plus ou moins longtemps durant l'interculture : [444]

important³⁰³, la pratique n'est pas généralisable à toutes les rotations et rencontre des limites techniques. Celles-ci comprennent l'incertitude climatique (manque d'humidité à l'automne) ou le manque de maturité technique et de maîtrise de ces couverts par les agriculteurs. Différents axes de progrès sont ainsi identifiés par les experts consultés : précocifier les semis (de 2 à 4 semaines), engager des efforts de sélection variétale sur les couverts, mieux valoriser économiquement le carbone stocké...

D'autre part, des **CIVE (cultures intermédiaires à vocation énergétique)** peuvent également être déployées, mais cette fois en vue d'alimenter un méthaniseur pour la production de biogaz. Leur contribution à la fertilisation azotée des sols est indirecte et variable, selon leur composition, en particulier la part de légumineuses, et le niveau de restitution des digestats³⁰⁴.

D'autres logiques existent également en interculture, à l'image des **engrais verts**, principalement constitués de légumineuses, implantés pour réduire les besoins en azote de la culture suivante.

Par-delà l'azote, les externalités positives des couverts sont nombreuses : amélioration de la santé du sol (richesse en matière organique, meilleure rétention de l'eau et des nutriments essentiels), limitation du ruissellement, stimulation de la biodiversité, concurrence avec les mauvaises herbes, contribution au stockage de carbone... La manifestation de ces co-bénéfices dépend toutefois d'un facteur clef, à savoir le niveau de production de biomasse, caractérisé notamment par la densité et la hauteur du couvert.

Améliorer le recyclage de l'azote

Le recyclage de l'azote constitue une autre piste prometteuse pour réduire la dépendance aux engrais de synthèse. **Trois grands leviers se dégagent : le recyclage des déjections animales, des excréta humains et des digestats issus de la méthanisation.**

Dans le cas des **déjections animales**, un meilleur recyclage de l'azote passerait par la reconnexion, dans une certaine mesure, des productions végétales et animales. Cela revient à recréer un cycle dans lequel les effluents d'élevage sont utilisés pour alimenter les cultures en azote, en minimisant les pertes. Cette dynamique augmenterait par exemple la disponibilité en effluents organiques dans les territoires céréaliers, ou à l'inverse, réduirait les surplus déstabilisateurs³⁰⁵ dans les zones denses en activités d'élevage. Ce levier implique toutefois de fortes réorganisations spatiales de l'activité agricole et un large redéploiement du tissu de compétences et d'infrastructures associées à l'élevage (bâtiments, outils d'abattage, soins vétérinaires...)³⁰⁶.

Les **excréta humains**, notamment l'urine, renferment également un azote sous-exploité. Le système actuel de traitement des eaux usées ne revalorise actuellement que de très faibles quantités d'azote (environ 30 ktN/an), alors qu'une amélioration des infrastructures pourrait porter ce chiffre à 180 ktN par an, soit 10 % de la consommation actuelle d'azote

³⁰³ Puisque la pratique est déjà obligatoire, le gisement restant se concentre sur les situations aujourd'hui exemptées (sols argileux, faux semis), malgré des contraintes de productivité plus marquées sur ces créneaux

³⁰⁴ Les digestats sont les résidus du processus de méthanisation (l'autre produit étant le biogaz). Ils concentrent l'azote des cultures ayant été méthanisées, d'où l'enjeu à épandre ces digestats dans les parcelles d'origine pour maintenir leur équilibre azoté.

³⁰⁵ Les surplus d'effluents dans les territoires très denses en activités d'élevage causent de multiples pollutions climatiques et environnementales (émissions de GES, pollution de l'eau aux nitrates, eutrophisation des milieux aquatiques, pollution de l'air...)

³⁰⁶ Voir Chapitre n°15 : Permettre le maintien et la transition vers des systèmes d'élevages résilients et bas carbone

synthétique³⁰⁷. Une telle démarche serait toutefois très coûteuse, notamment en termes d'infrastructures, et poserait des questions d'acceptabilité sociale. En la matière, le programme de recherche-action OCAP, lancé en 2014, contribue à identifier et à qualifier des modalités alternatives de gestion des urines et des matières fécales, notamment à travers des dispositifs de séparation à la source [273].

Quant à la **méthanisation**, elle génère, en marge du biogaz, un **digestat** riche en azote (3 à 7 kg d'azote par tonne de matière traitée) et pourrait permettre d'ici 2050 de récupérer des quantités non négligeables d'azote exploitable, selon le niveau de croissance de la filière et le mode d'exploitation des ressources agricoles – lire le chapitre sur les bioénergies pour plus de détails sur la méthanisation.

Les légumineuses : activer un levier décisif

Un besoin d'équipements et d'infrastructures spécifiques

Si un consensus se dégage autour de la nécessité de faire croître les cultures de légumineuses, tant pour des raisons physiques (réduction des engrais de synthèse) que nutritionnelles (haute teneur en protéines des légumineuses³⁰⁸), **leur redéploiement se heurte à de sérieux verrous socio-techniques et infrastructurels liés à l'architecture actuelle des filières**.

L'un des défis majeurs réside dans l'adaptation des capacités de stockage. Il s'agit de disposer de silos adaptés à la conservation des légumineuses, voire équipés de trieurs optiques, lorsqu'elles ont été cultivées en association avec des céréales (exemple des associations lentille - blé tendre)³⁰⁹. Or une période décisive s'ouvre : le réseau national de silos, relativement vétuste en France (moyenne d'âge de 35 ans pour le parc national [274]), est en passe d'être renouvelé. Une **fenêtre d'opportunité** se présente ainsi pour faire en sorte que le réseau resculpté soit compatible avec une présence plus massive des légumineuses dans la biomasse produite. Si ce virage est manqué, l'infrastructure risquerait d'être figée pour plusieurs décennies dans un modèle conçu pour les grandes cultures dominantes (blé, maïs, colza...) sans plus permettre cette nécessaire diversification.

Outre le renouvellement des silos, l'extension des légumineuses appelle un déploiement plus massif d'autres infrastructures stratégiques : usines de trituration pour la valorisation du soja, installations de séchage et d'enrubannage pour les légumineuses de prairies (trèfle, luzerne...), unités dédiées au nettoyage, au tri et au calibrage des graines... Ce dernier cas est particulièrement important pour la maîtrise de la qualité des productions, notamment s'il est question d'alimenter les circuits courts³¹⁰.

Des efforts de sélection génétique à engager

De nombreux spécialistes appellent à renforcer sensiblement les investissements et les efforts de sélection sur les légumineuses. Ayant été marginalisées ces dernières décennies, il y a un fort enjeu à sélectionner des variétés plus résistantes aux stress biotiques

³⁰⁷ Calcul GRAFS

³⁰⁸ En moyenne, la teneur en protéines des légumineuses est comprise entre 18 et 42 %, soit 2 à 3 fois plus que pour les cultures céréalières.

³⁰⁹ Il y a un enjeu à effectuer un tri minutieux des récoltes pour que les céréales et les légumineuses ne se mélangent pas, au risque de voir les transformateurs en aval (meuniers par exemple) refuser de commercialiser une farine porteuse de résidus légumineux. Ces exigences découlent des problématiques de contamination croisée.

³¹⁰ Les circuits courts disposent en effet de marges de manœuvre limitées pour absorber l'hétérogénéité des récoltes, ce qui implique une maîtrise de la qualité des productions en amont et une traçabilité fine.

(maladies, parasites) et climatiques ainsi qu'à accroître la disponibilité³¹¹ de légumineuses adaptées à une diversité de contextes (cultures associées, couvert végétal³¹², sols secs...). Ces objectifs ne sont pas simples à concrétiser dans la mesure où les généticiens et les semenciers sont appelés ici à s'engager dans des démarches coûteuses et marquées par de longs délais de sélection et de massification des espèces (entre 5 et 10 ans pour les 2 phases³¹³), sans garantie sur le niveau de demande. A cela s'ajoute un manque de maturité des technologies de sélection à disposition, notamment la relative jeunesse des marqueurs moléculaires pour les sélectionneurs travaillant sur les légumineuses. Ces derniers disposent principalement d'outils dits phénotypiques, capables d'évaluer les performances au champ des différentes espèces (vigueur, rendement, qualité, résistance apparente aux stress...) mais sans permettre une identification fine des allèles d'intérêt agronomique. Ces obstacles matériels sont à lever pour permettre l'amélioration génétique de ces espèces et faciliter ainsi leur redéploiement dans des contextes pédoclimatiques³¹⁴ variés.

Un enjeu de planification territoriale dans la réintroduction des légumineuses

La réintroduction des légumineuses doit également s'inscrire dans une logique de planification territoriale et d'adaptation au changement climatique. En effet, les conditions pédoclimatiques actuelles et celles projetées en 2050, avec une forte incertitude associée, sont plus ou moins compatibles avec les différentes espèces de légumineuses. A titre d'exemple, le soja verrait d'ici 2050 son potentiel de rendement reculer dans le Sud-Ouest, et à l'inverse, s'accroître en Île-de-France et dans le Grand Est [275]. Il y a donc un intérêt à consolider la prospective sur l'évolution des pédoclimats en France afin d'identifier les légumineuses les plus adaptées à chaque contexte territorial.

Des savoir-faire spécifiques soulevant des besoins de formation

Le redéploiement des légumineuses appelle également celui des connaissances et des savoir-faire essentiels à leur gestion et à leur valorisation. En effet, la marginalisation de ces cultures au cours des décennies passées a contribué à une érosion de cette expertise, d'où un enjeu pour les agriculteurs à se refamiliariser avec ces cultures. Cela implique par exemple de connaître leur cycle de développement (rythme de croissance, étapes critiques, principales vulnérabilités...) et leur niveau de résilience sous différents pédoclimats ainsi que de maîtriser les techniques de fertilisation naturelle et d'association de cultures³¹⁵. En outre, les compétences requises diffèrent selon le mode de réimplantation retenu, les légumineuses pouvant être déployées sous forme de cultures principales, de couverts prairiaux³¹⁶, de cultures intermédiaires, voire de haies ou de dispositifs agroforestiers³¹⁷.

³¹¹ La disponibilité en semences de légumineuses à graines est déjà jugée limitée actuellement dans les grandes cultures bio (entretien avec David Gouache, ex directeur de la R&D chez Terres Inovia)

³¹² A titre d'exemple, l'essentiel des variétés de luzerne ont été sélectionnées pour la nutrition animale et pas prioritairement pour des qualités de couverture rapide de sol (couvert intermédiaire)

³¹³ D'après le GEVES (Groupement d'Etudes et de Contrôle des Variétés et Semences)

³¹⁴ Ensemble des conditions de température et d'humidité régnant dans les horizons d'un sol, y compris les proportions d'oxygène et de CO₂ dans la phase gazeuse

³¹⁵ Cela vaut à la fois pour les associations pratiquées en prairies (dans lesquelles les légumineuses sont mélangées le plus souvent à des graminées), pour celles déployées en grandes cultures (où les légumineuses sont généralement associées à des cultures céréalières) ainsi que pour les couverts intermédiaires intégrant des légumineuses.

³¹⁶ Il est question des légumineuses cultivées en prairies, en particulier les luzernes et les trèfles.

³¹⁷ La famille des légumineuses comprend également des arbres, à l'instar des albizias ou des robiniers faux-acacia, que l'on peut retrouver dans des haies ou des lignées d'arbres intra-parcellaires (constituant alors des dispositifs agroforestiers).

Les compétences à mobiliser doivent s'appuyer sur une approche globale et une évolution des formations. À la question « Quels sont les principaux freins qui vous empêchent d'adopter de nouvelles pratiques agricoles durables ? » posée dans le cadre de la *Grande Consultation des Agriculteurs* (GCA) du Shift Project, 22 % des agriculteurs invoquent des « connaissances/compétences insuffisantes ». La « formation et accompagnement technique » sont cités par un tiers (33 %) comme une condition pour engager ou accélérer la transition environnementale de sa ferme³¹⁸. **De nombreux agriculteurs mettent déjà en œuvre** certaines pratiques que l'on peut qualifier d' « agroécologiques » et/ou de meilleure gestion de l'azote sur leur ferme, qu'ils les nomment comme telles ou non : semis sous couvert, insertion d'intercultures, déploiement de légumineuses, recours à des outils d'aide à la décision (OAD) sur la fertilisation azotée... Pour cela, ils s'informent sur les meilleures pratiques, ce qui fonctionne dans leur territoire, etc. Cela passe souvent par de la **formation informelle** : lecture d'articles spécialisés, échanges avec des voisins (rencontres « bouts de champs » ou « tours de plaine »), visionnage de vidéos... mais aussi par des formations dédiées, bien que les actifs agricoles se forment peu par cette voie. La **formation initiale agricole** constitue par ailleurs un levier important de transformation des pratiques, mais tarde à intégrer ces nécessaires évolutions. Il s'agit également de travailler à une meilleure communication des résultats d'expérimentations et de recherche, issus des filières et des instituts techniques, pour l'incorporer au socle d'enseignement.

Un besoin de sécurisation des débouchés et d'équilibre économique

La filière a besoin de garanties sur la demande en aval pour décoller. Pour ce faire, il serait possible de mobiliser davantage la restauration collective publique (cantines scolaires, restauration médico-sociale...) et privée (restaurants d'entreprise...) afin de garantir des débouchés aux producteurs. Les collectivités peuvent aussi s'appuyer sur les Projets Alimentaires Territoriaux (PAT) afin de soutenir les productions locales.

Les acteurs de la filière consultés font par ailleurs remonter un enjeu d'évolution de la culture culinaire française, peu portée sur les légumineuses à graines (soja, lentilles, fèves...).

S'agissant des **légumineuses fourragères**, des débouchés importants pourraient être trouvés dans les élevages français, sous réserve d'une préservation des systèmes herbagers (prairies favorables à la présence de légumineuses telles que les trèfles ou la luzerne) ou d'une relocalisation de l'alimentation animale (possibilité par exemple de produire localement le soja consommé par les animaux d'élevage).

Par ailleurs, le niveau d'investissement et de soutien économique apporté aux filières de légumineuses françaises, aujourd'hui peu compétitives sur le marché mondial, paraît déterminant. A titre d'exemple, les lentilles françaises sont aujourd'hui concurrencées par les lentilles canadiennes, produites selon des standards environnementaux plus permissifs (glyphosate autorisé au Canada pour le séchage des lentilles), ce qui crée de fortes distorsions de concurrence. Ce facteur pèse autant, voire davantage que les contraintes agronomiques, infrastructurelles ou socio-techniques précédemment exposées.

³¹⁸ https://theshiftproject.org/app/uploads/2025/01/La-Grande-Consultation-des-agriculteurs_Rapport-GCA-Def.pdf

Conclusion

Si les engrais azotés de synthèse ont permis une hausse spectaculaire des rendements agricoles, leur usage généralisé nuit aussi bien aux objectifs de décarbonation, et de résilience que de souveraineté du secteur agricole. Réduire les émissions de GES, les pollutions environnementales et les dépendances critiques liées aux pratiques actuelles de fertilisation passera par la **relocalisation et la décarbonation de leur production**, mais également par une **réduction drastique de leur consommation**.

Au cœur de la révolution à mener, le redéploiement massif des légumineuses s'impose comme l'un des leviers les plus prometteurs, qu'il convient de considérer davantage. Principales sources d'azote naturelle, elles offrent une réponse triple aux défis actuels : elles réduisent la dépendance aux engrais azotés de synthèse, améliorent la santé des sols et renforcent la souveraineté protéique de la France. Cependant, leur déploiement à grande échelle suppose des transformations profondes de l'amont à l'aval. Celles-ci incluent tout d'abord l'**adaptation des infrastructures de stockage** et de tri des récoltes (réseau national de silos), le réseau actuel ayant été principalement pensé et sculpté pour le stockage de céréales. A cela s'ajoute un besoin d'**accélération de la sélection génétique** afin d'accroître la résilience des légumineuses aux aléas climatiques et biotiques. Il s'agit en outre d'assurer une **cohérence territoriale** dans leur redéploiement afin que les cultures réintroduites soient en phase avec la **diversité des pédoclimats actuels et ceux projetés d'ici 2050**. Enfin, il apparaît crucial de **former les agriculteurs aux spécificités de ces cultures** en termes de cycle de développement et de vulnérabilités biophysiques, ainsi que de travailler à la **sécurisation des débouchés** en aval, en particulier dans la restauration collective.

D'autres pistes d'amélioration de la gestion de l'azote sont à explorer, parmi lesquelles l'introduction de cultures sobres (chanvre, tournesol...), la décarbonation de la production d'engrais de synthèse, le recours généralisé aux couverts végétaux ou encore le recyclage de l'azote issu des matières résiduelles (effluents d'élevage, boues de station d'épuration...).

En outre, la réussite de cette transition est indissociable d'un travail de planification, tant à l'échelle des territoires que des filières. A titre d'exemple, il serait intéressant de mobiliser davantage la restauration collective publique et privée pour sécuriser des débouchés aux producteurs de légumineuses à graines. Dans le cas des légumineuses fourragères, l'enjeu réside plutôt dans l'évolution des systèmes d'élevage bovin vers davantage de

pâturage, dans la mesure où ces derniers verraient la part de légumineuses de prairies progresser dans la ration des vaches.

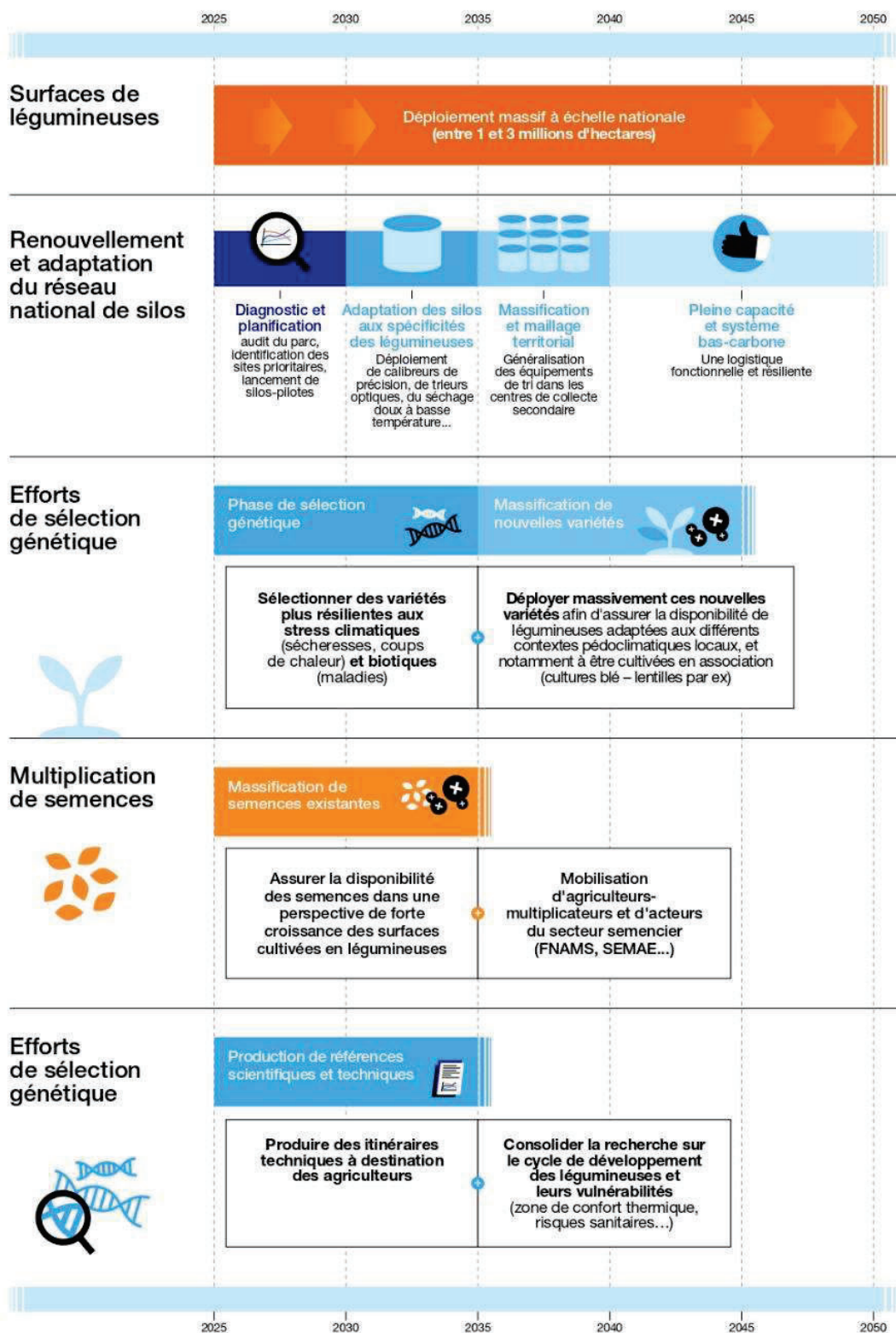


Figure 8 : Développement séquencé des légumineuses – The Shift Project