

Agriculture & Environnement

Des pratiques clefs pour la préservation du climat, des sols et de l'air, et les économies d'énergie



FICHE N°4



Introduire des cultures intermédiaires

POUR PROTÉGER LE MILIEU ET MIEUX VALORISER L'AZOTE

- Bilan technique et environnemental
- État des lieux en France
- Principaux impacts environnementaux
- Le choix des agriculteurs
- Pour mémoire

■ L'ESSENTIEL

Introduire des cultures intermédiaires dans la rotation permet de réduire les pertes de nitrate vers les masses d'eau, notamment dans le cadre de la couverture automnale des zones vulnérables. D'autres bénéfices sont aussi identifiés : protection d'un sol sensible à l'érosion, restructuration du profil cultural, réduction de la fertilisation azotée avec l'implantation de légumineuses, augmentation de la matière organique dans les sols. Plus généralement, leur impact positif sur la gestion de l'azote, la biodiversité et la qualité des sols en font un des outils majeurs des systèmes de cultures économes en intrants.

Les cultures intermédiaires sont une voie intéressante d'amélioration des impacts environnementaux des systèmes de culture, à court et moyen terme.

Elles permettent une réduction de la fertilisation azotée, l'enrichissement des sols en matière organique et le stockage de carbone associé, en particulier lorsqu'elles sont combinées à une « simplification » du travail du sol. Ces couverts représentent un levier majeur de réduction de l'érosion hydrique et des fuites de nitrate des surfaces cultivées. Depuis 2009, en application du 4^e programme d'actions de la directive nitrates et en réponse aux conclusions du Grenelle de l'environnement, la couverture des sols par une culture d'hiver, une culture intermédiaire (CI) ou des repousses de colza est devenue graduellement obligatoire en période de lixiviation nitrique sur l'ensemble

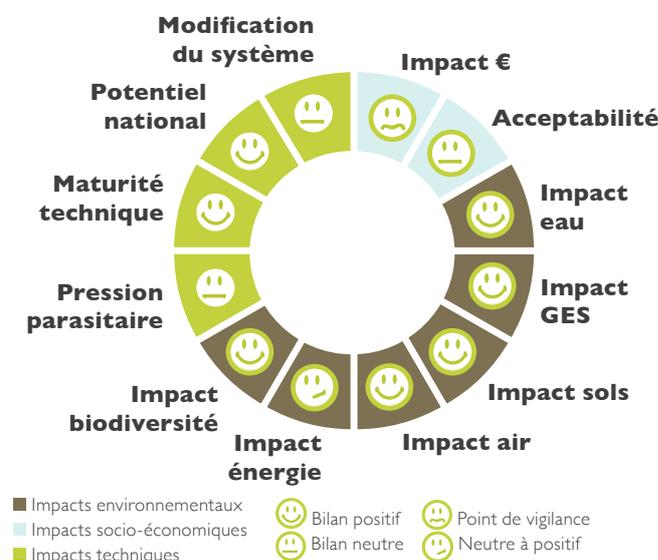
des zones vulnérables, soit pour près de 55 % de la surface agricole utile (SAU) française. Le 5^e programme d'actions confirme cette disposition, en imposant la couverture des sols en interculture longue (avant une culture de printemps) et dans certaines intercultures courtes. Indépendamment de la directive nitrates, la couverture automnale des sols peut également être obligatoire afin de protéger les aires d'alimentation des captages d'eau potable (loi sur l'eau et les milieux aquatiques, 2006 – loi d'avenir agricole, 2014), ou pour atteindre l'objectif de bon état écologique des eaux (directive-cadre sur l'eau, 2000). Leur introduction au-delà de ces obligations réglementaires doit toutefois tenir compte des contraintes que peut impliquer pour les agriculteurs leur insertion dans la rotation et de la fertilisation, ainsi que l'éventuel surcoût induit.



BILAN TECHNIQUE ET ENVIRONNEMENTAL

IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

- Qualité des eaux: Réduction des fuites de nitrates de 50 %** en moyenne, si l'implantation est correcte. Ce chiffre est variable selon le type de couvert, le type de sol et le climat.
- Potentiel d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre (GES):** De l'ordre de 1,1 Mt éq. CO₂/an en 2030 en France, d'après Pellerin et al., dont environ **30 % d'économies directes et indirectes dues à une moindre fertilisation azotée.**
- Qualité des sols:** Enrichissement de la couche arable en carbone organique d'environ 0,5 % par an, effet positif sur la biodiversité du sol, protection contre l'érosion.
- Qualité de l'air:** Réduction des émissions de particules et d'ammoniac (NH₃).
- Énergie: Légère amélioration du bilan énergétique des systèmes de culture** via la baisse de fertilisation azotée, en particulier avec les couverts de légumineuses.
- Biodiversité:** Ressource alimentaire pour les insectes pollinisateurs et les organismes du sol.



IMPACTS TECHNIQUES

- Pression parasitaire:** Les adventices sont réduites, mais certains parasites peuvent être favorisés. L'impact sur le recours aux produits phytosanitaires est très variable, nul en moyenne. Le choix des espèces de CI peut permettre de rompre le cycle de certains parasites.
- Modification du système:** Les cultures intermédiaires s'intègrent plus ou moins facilement à la conduite du système, suivant l'état initial de celui-ci.

IMPACTS SOCIO-ÉCONOMIQUES

- Impact économique:** Surcoût de 20 à 60 €/ha sur la mécanisation et les semences. Ce surcoût peut être en partie compensé par des économies d'engrais sur la culture suivante et une augmentation des rendements, possible après une légumineuse.
- Acceptabilité:** Variable. Les demandes de dérogation à l'obligation réglementaire en zones vulnérables à la pollution au nitrate sont nombreuses, mais d'autres groupes d'agriculteurs sont très engagés dans les CI.

POTENTIEL DE DÉVELOPPEMENT ET LIMITES

- Potentiel de développement à l'échelle nationale en plus des obligations en zones vulnérables: 1,4 million d'ha (Mha)** de cultures de printemps en zones non vulnérables, sur tous types de sols, sauf argileux lourds. Cela correspond à un doublement des surfaces actuelles.
- Maturité technique:** Les modalités optimales de conduite des CI sont connues.

Les mélanges légumineuse/autre espèce en interculture semblent performants à la fois en termes de piégeage de nitrate et de restitution d'azote à la culture suivante. Leurs effets précis sont toutefois peu documentés.

ENJEUX ET ÉTAT DES LIEUX EN FRANCE

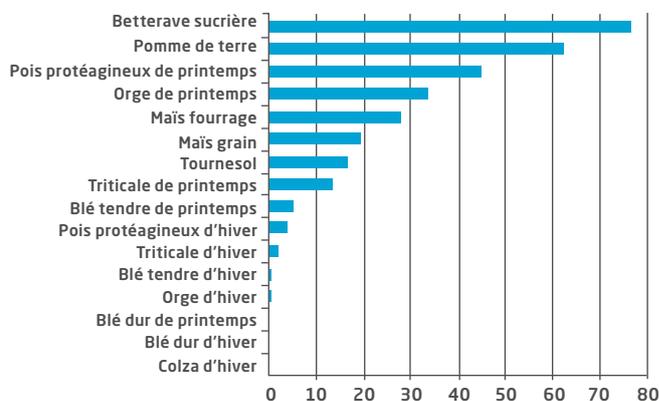
liés à la diffusion des cultures intermédiaires



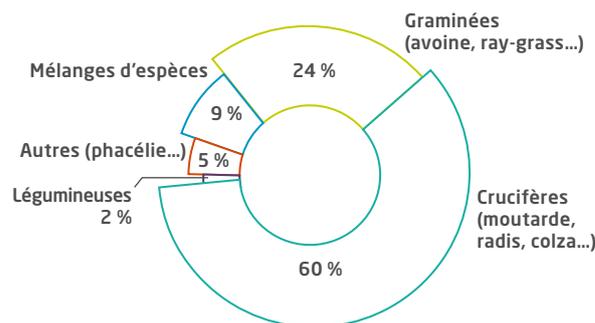
En 2006, soit avant l'obligation réglementaire de couverture automnale en zones vulnérables, ce sont 7,8 % des parcelles en cultures annuelles qui ont été implantées avec une culture intermédiaire. En 2011, ce taux atteint 11,3 %, **soit environ 467 000 ha supplémentaires entre 2006 et 2011 pour un total de 1,9 Mha avec les cultures dérobées**. 20 % des sols sont restés nus en hiver.

Les graphiques ci-contre illustrent la diversité des pratiques. Les cultures intermédiaires précèdent très majoritairement les cultures de printemps: betterave, pomme de terre, pois protéagineux, orge de printemps... Elles suivent généralement les céréales à paille, et, dans une moindre mesure, le maïs fourrage. Elles appartiennent principalement à deux familles botaniques, les crucifères et les graminées; l'usage de mélanges d'espèces ou d'autres familles botaniques, dont les légumineuses, est réduit.

PART DES PARCELLES IMPLANTÉES AVEC UNE CULTURE INTERMÉDIAIRE EN FONCTION DE LA CULTURE SUIVANTE



PROPORTION D'ESPÈCES SEMÉES COMME CULTURES INTERMÉDIAIRES (% DES SURFACES)



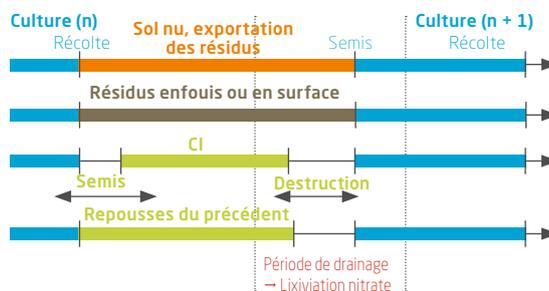
Source: Agreste - Enquête Pratiques culturales 2011

Définitions



La récolte d'une culture et le semis de la suivante sont séparés par une période dite « d'interculture » où le sol est généralement nu ou couvert des repousses du précédent cultural. Lorsque cette période est suffisamment longue, il est possible d'implanter des cultures dites intermédiaires qui ne sont pas destinées à être récoltées, mais enfouies dans le sol. La diversité des termes les désignant reflète les objectifs motivant leur utilisation: réglementaire (cultures intermédiaires pièges à nitrate (Cipan) dans le cadre de la directive nitrates), agronomique (engrais vert) ou environnemental (couvert végétal contre l'érosion, piège à nitrate). Les cultures dérobées se distinguent des CI par leur vocation productive (grains, fourrage, biomasse-énergie).

LES DIFFÉRENTES MODALITÉS DE GESTION DE L'INTERCULTURE



Source: « Réduire les fuites de nitrate au moyen de cultures intermédiaires », (étude INRA, 2012)

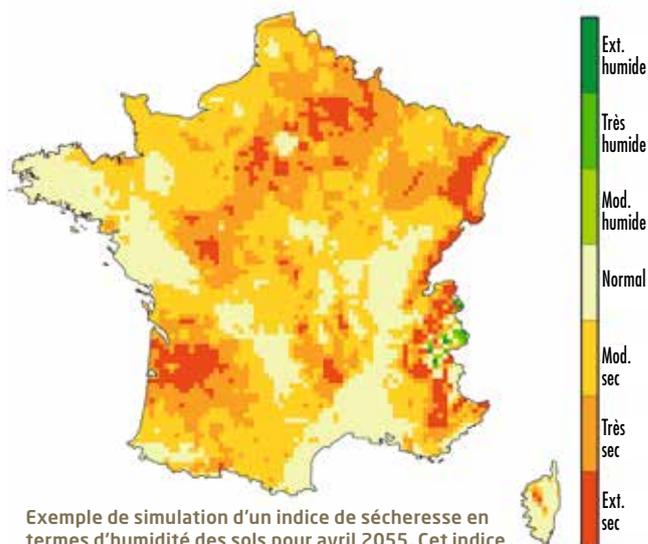
Les cultures intermédiaires à vocation énergétique (Cive), complétant l'alimentation d'un méthaniseur, sont des cultures dérobées. Elles ne sont pas traitées dans cette fiche.



FOCUS

■ Perspectives de développement en lien avec le changement climatique

Les derniers scénarios climatiques français¹ prévoient une hausse des températures sur l'ensemble du territoire national, un renforcement des précipitations extrêmes et une augmentation des épisodes de sécheresse dans une large partie du sud du pays. Ces tendances peuvent impacter l'efficacité de l'introduction de couverts intermédiaires. En particulier, la hausse des températures et les possibilités de sécheresse augmentent le risque de compétition hydrique et azotée entre les cultures. Des destructions à l'automne sont déjà recommandées pour éviter des effets négatifs sur la culture suivante. Néanmoins, la présence d'un couvert végétal permanent limitera l'impact d'un renforcement des précipitations extrêmes sur l'érosion des sols. Ces facteurs devront être intégrés aux itinéraires techniques, *via* les choix variétaux et des dates de semis et de destruction des couverts.



Exemple de simulation d'un indice de sécheresse en termes d'humidité des sols pour avril 2055. Cet indice proposé par Météo France permet d'évaluer l'impact du changement climatique sur les sécheresses agricoles. Pour en savoir plus : www.drias-climat.fr

■ En pratique

De nombreuses espèces peuvent être conduites en couverts intermédiaires, facilitant leur adaptation au sol, au climat et aux rotations. Néanmoins, une seule espèce répond rarement à tous les objectifs de l'introduction d'un couvert intermédiaire dans un système de culture : piégeage du nitrate, production

de biomasse, structuration du sol, protection intégrée des cultures...

Pour pallier cette limite, les mélanges d'espèces sont à privilégier. De plus, ils réduisent les risques d'échec de l'implantation de l'interculture.

Familles de végétaux pouvant être conduites en interculture

| Famille | Espèces | Potentiel de piégeage de l'azote | Autres |
|----------------|--|----------------------------------|--|
| Crucifères | Moutarde, navette, radis, colza... | Très bon | <ul style="list-style-type: none"> Famille la plus largement utilisée (moutarde blanche) Système racinaire pivotant favorable à une bonne structure du sol Production de molécules régulatrices de certains ravageurs, maladies et adventices La présence de colza dans la rotation exige un recours limité aux crucifères. Certaines espèces sont fourragères. |
| Graminées | Avoine, seigle, ray-grass italien, moha, sorgho... | Bon à très bon | <ul style="list-style-type: none"> Forte diversité d'espèces permettant de s'adapter à de nombreux contextes À proscrire avant céréale Espèces utilisables comme fourrage |
| Légumineuses | Vesce, féverole, gesce, trèfle, lotier, luzerne, lentille... | Moyen | <ul style="list-style-type: none"> Fixation de l'azote de l'air En cultures pures, à écarter des situations où l'azote minéral du sol est fortement disponible (capacité de piégeage modérée) Permettent de réduire la fertilisation azotée sur les cultures suivantes. Forte diversité d'espèces permettant de répondre à de nombreuses attentes (ex. : floraison pour les insectes auxiliaires, biomasse élevée, utilisation comme fourrage) |
| Composées | Tournesol, niger | Moyen à très bon | <ul style="list-style-type: none"> À éviter dans les rotations avec tournesol À semer très précocement |
| Hydrophyllacée | Phacélie | Bon à très bon | <ul style="list-style-type: none"> Famille non cultivée en culture principale, pouvant donc être intégrée dans la plupart des rotations Floraison mellifère Nécessité d'un lit de semence fin |
| Polygonacée | Sarrasin | Très bon | <ul style="list-style-type: none"> Utilisable en interculture courte Limite les adventices. Parfois récoltable (culture dérobée semée derrière orge ou pois d'hiver) |

¹Contribution aux travaux du Giec réalisée par Météo France, le Centre national de la recherche scientifique (CNRS) et le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA).



■ PRINCIPAUX IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

Le choix des espèces se réfléchit dans le cadre de la rotation. Toutefois, si tous les couverts intermédiaires permettent de réduire les fuites de nitrate, restructurer les sols ou accroître le stock de matière organique, seules les légumineuses fixent l'azote atmosphérique. Elles le restituent ensuite dans le sol pour la culture suivante, permettant des économies supplémentaires d'engrais azotés et la mise en œuvre de systèmes économes en intrants.

□ IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX POSITIFS

😊 **Qualité de l'eau : Réduction des fuites de nitrate de 50 % en moyenne si l'implantation est correcte.**

- L'efficacité des crucifères et graminées est deux fois supérieure à celle des légumineuses. L'efficacité des repousses de la culture précédente, si elles sont denses et homogènes, est comparable à celle de CI légumineuses (pour un taux de couverture de l'ordre de 50 %), voire non-légumineuses (pour 100 % de couverture).
- Les CI limitent les fuites après l'épandage de déjections animales.

😊 **Gaz à effet de serre : Amélioration du bilan d'émissions d'1 t éq. CO₂/ha/an sur une durée de 20 ans, avec un maximum pour de forts niveaux de production de biomasse.**

- Stockage additionnel de 480 à 1 265 kg CO₂/ha/an dans les sols sous culture intermédiaire. Hausse de la consommation de carburant de 0 à 15 l/ha en lien avec les opérations de semis et de destruction, soit des émissions de 0 à 50 kg CO₂/ha/an.
- Baisse des émissions de N₂O liée à une réduction de la fertilisation de la culture suivante.

Tableau 1 : Impact moyen sur les émissions de protoxyde d'azote (N₂O)

| Espèce(s) de CI | Effet sur la fertilisation de la culture suivante (kgN/ha évité) | Effet sur les émissions directes et indirectes (kg éq. CO ₂ /ha/an évité) | Effet sur les émissions en amont (kg éq. CO ₂ /ha/an évité) |
|---------------------|--|--|--|
| Graminées | 5 | 28 | 30 |
| Crucifères phacélie | 15 | 84 | 90 |
| Légumineuses | 20 | 112 | 120 |

- Augmentation potentielle de l'albédo de surface et réduction du forçage radiatif.

😊 **Sols : Enrichissement en matières organiques et amélioration structurale.**

- Augmentation des teneurs en matières organiques dans la couche arable, de l'ordre de 0,5 % par an, ce qui, à moyen terme, améliore la stabilité structurale du sol et sa résistance à l'érosion.
- Effet très positif sur la macrofaune et notamment les vers de terre, et ce, d'autant plus que le sol est peu travaillé.
- Diminution du ruissellement et de l'érosion si le sol est couvert au moins à 30 % sur une durée significative à l'automne et éventuellement en hiver.

□ LIMITES ET PRÉCAUTIONS

- La réduction des fuites de nitrate passe d'abord par l'optimisation de la fertilisation azotée.
- Les mélanges de légumineuses avec d'autres espèces sont susceptibles de présenter un bon compromis entre fourniture et piégeage d'azote; toutefois, leurs effets sont encore peu documentés.

- Tous les effets positifs recensés ici sont très corrélés à la quantité de biomasse produite et à la date de son incorporation. Les phases d'implantation et de développement de la CI doivent être particulièrement soignées pour optimiser ces bénéfices.

- L'apport d'azote minéral est interdit sur les CI réglementaires, car son absorption se fait au détriment du piégeage de l'azote résiduel du sol. Pour fournir de l'azote à la culture suivante, le recours aux légumineuses, notamment en mélange, est préférable.

- La baisse de fertilisation est surtout observée à long terme pour le moment, les effets annuels sont plus variables. La tendance positive est favorisée par la présence de légumineuses dans le mélange.

- Les effets des CI sur la structure du sol – porosité, infiltrabilité, stabilité structurale – sont généralement positifs, mais aussi variables et de second ordre par rapport à ceux liés au climat et au mode de travail du sol.

- La destruction tardive de la CI permet de protéger le sol plus longtemps et de favoriser la petite faune de plaine, mais elle induit des risques de compétition avec la culture suivante pour l'eau et l'azote.

□ IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX POSITIFS
Qualité de l'air: Réduction des émissions d'ammoniac.

- Elle est liée à la baisse de fertilisation et va de 0,02 à 0,18 kg NH₃/kg N selon le type d'engrais. Moins d'émissions de particules primaires.

Énergie: Légère amélioration du bilan énergétique des systèmes de culture, en particulier avec les couverts de légumineuses.

- La réduction des dépenses énergétiques liée à la moindre fertilisation azotée sur la culture suivante est du même ordre de grandeur que la hausse de la consommation en carburant pour le semis et la destruction du couvert. À rendement inchangé, l'effet moyen des couverts de crucifères, phacélie et mélanges d'espèces sur le bilan énergétique est faiblement positif; il peut être faiblement négatif pour les graminées.

Biodiversité: La mise en place du couvert sert de refuge à la petite faune. Il apporte aussi de la nourriture aux organismes du sol (matières organiques) et aux insectes pollinisateurs.

 Pression parasitaire: Des effets variables, pas de tendance globale.

- Par rapport à un sol nu, les CI n'ont pas d'effet sur l'usage de produits phytosanitaires sur la moyenne des situations.

□ LIMITES ET PRÉCAUTIONS

- L'intégration des apports d'azote par les résidus de la CI dans le calcul de la fertilisation est nécessaire afin de dégager les réelles économies en engrais. Deux méthodes sont couramment utilisées: le bilan d'azote sous culture et les courbes de réponse à l'azote.

- Possible prolifération de certains parasites comme les limaces.

- Pour être efficace sur la flore adventice, la conduite de la CI doit viser un bon développement et une destruction optimale.
- Le choix des espèces de CI doit être réfléchi avec la rotation et l'itinéraire technique du couvert, afin de lutter contre les bioagresseurs.
- Le choix d'espèces gélives ou adaptées à la destruction mécanique permet d'éviter le recours à des herbicides pour détruire le couvert.
- Une attention particulière doit être accordée aux repousses, plantes hôtes des pathogènes et parasites de la culture précédente.

Bilan positif
 Bilan neutre
 Point de vigilance
 Neutre à positif



Les couverts semés uniquement de phacélie servent de ressource alimentaire pour l'abeille domestique.



■ Questions-réponses

▷ Comment les cultures intermédiaires limitent-elles les fuites de nitrate ?

Les fuites de nitrate s'effectuent en deux temps :

❶ **L'accroissement du pool d'azote minéral du sol après la récolte.** En été et à l'automne, dans des conditions de température et d'humidité clémentes et en l'absence de végétaux susceptibles d'absorber l'azote, le pool d'azote minéral du sol augmente sous l'action de la minéralisation de la matière organique. La quantité minéralisée est très variable, de l'ordre de 40 à 70 kgN/ha à l'automne en conditions tempérées. Elle s'ajoute à un reliquat d'azote minéral dit « post-récolte », en partie inévitable, mais dont l'importance varie suivant la fertilisation appliquée au précédent cultural.

❷ **La lixiviation au cours de la période de drainage,** généralement en fin d'automne, hiver et début du printemps. En conditions froides et de sol saturé en eau, le transfert vertical d'eau dans le sol constitue le phénomène dominant. Ce drainage dépend de la pluviométrie, de l'évapotranspiration et de la capacité de rétention d'eau au champ.

L'introduction de cultures intermédiaires réduit la concentration nitrique de l'eau de drainage en absorbant l'azote minéral disponible pour la lixiviation durant sa croissance à l'automne. Ce piégeage est moindre pour les légumineuses, car elles sont les seules à disposer également d'une source d'azote exogène au champ : l'azote atmosphérique fixé par des bactéries symbiotiques. L'azote présent dans les résidus des CI est rendu progressivement disponible à la culture suivante par minéralisation des résidus : jusqu'à 50 % de cet azote (en cas de rapport C/N < 12) est minéralisé dans les six mois suivant sa destruction. Pour être efficace, les couverts sont généralement laissés en place, au moins jusqu'à mi-novembre. Leur destruction peut ainsi s'échelonner de la fin de l'automne au début du printemps. Les CI sont également utiles pour limiter les fuites de nitrate après l'épandage de déjections animales. À l'automne, ces apports doivent toutefois être raisonnés en fonction de leur richesse en azote minéral, de la rapidité de croissance du couvert et des conditions climatiques. Certaines conditions initiales génériques doivent également être respectées : un reliquat d'azote post-récolte faible (40 kgN/ha au maximum), et des quantités d'azote total épandues inférieures à 75 kgN/ha.

▷ Comment se décompose l'amélioration globale du bilan gaz à effet de serre ?

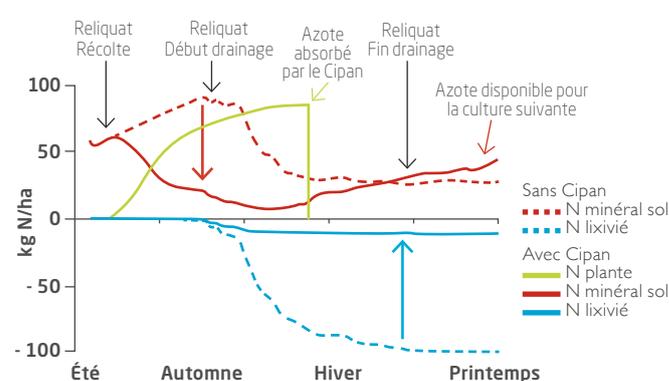
❶ **Le stockage** de carbone dans les sols après des cultures intermédiaires est dû à l'enfouissement des résidus de ces dernières et à la rhizodéposition issue de leurs racines. Il dépend plus de la quantité de biomasse produite que des

espèces implantées. Ce stockage entraîne l'augmentation du taux de la matière organique du sol, jusqu'à atteindre un nouvel état d'équilibre, après une vingtaine d'années.

❷ Bien que la conduite des CI ne soit pas aussi exigeante que les cultures principales, **leur implantation implique des opérations culturales indispensables** : semis et destruction, parfois roulage. L'intégration totale ou partielle de ces opérations à l'itinéraire technique des cultures principales permet d'optimiser les consommations de carburant. Le choix des outils également : par exemple, un labour consomme jusqu'à 30 l/ha, contre 5 à 10 l/ha pour un déchaumage.

❸ **La baisse des apports d'azote sur la culture suivante** a plusieurs répercussions sur le bilan GES des cultures intermédiaires. La plus importante concerne les émissions induites en amont par la synthèse de l'engrais. On dénote également sur la culture suivante une réduction des émissions de N₂O liées à la fertilisation. À long terme, les CI successives induisent une augmentation de la minéralisation de l'azote du sol, ce qui accentue la réduction de fertilisation azotée à hauteur d'environ 20 kgN/ha/an. Cet effet n'est actuellement pas intégré au bilan GES par manque de références ; il dépend en outre de la fréquence de retour d'une CI à l'échelle de la rotation.

□ IMPACT DES CI SUR LA DYNAMIQUE DE L'AZOTE EN INTERCULTURE¹



Les quantités d'azote lixivié sont représentées sous l'axe des abscisses (en négatif).

▷ Sur quelles composantes structurales du sol porte l'amélioration ?

L'implantation de CI prévient l'érosion et le ruissellement à plusieurs titres. Le couvert, notamment en automne, protège physiquement le sol de l'action destructurante des gouttes de pluie. Dans les sols sensibles à la battance, la capacité d'infiltration est ainsi maintenue. Le couvert

1 Justes E. et al., 2012. Réduire les fuites de nitrate au moyen des cultures intermédiaires : conséquences sur les bilans d'eau et d'azote, autres services écosystémiques, synthèse, INRA (France), 8 p.
2 Transfert de carbone des racines vivantes des plantes vers le sol. De l'ordre de 50 % de la production nette de racines, avec une importante variabilité.



constitue également un obstacle à l'écoulement, ce qui favorise encore l'infiltration. De plus, le développement du système racinaire évite la prise en masse et conserve l'état structural du sol. L'enfouissement du couvert améliore ensuite le statut organique du sol et favorise la biodiversité du sol, dont les vers de terre qui ont eux-mêmes une action physique sur la porosité du sol.

▷ **Bilan énergétique des cultures: des impacts réduits, mais positifs ?**

La fertilisation azotée est l'un des postes de consommation énergétique les plus lourds d'une exploitation agricole: synthèse et transport d'1 kg d'azote sous forme d'engrais azoté moyen nécessitent environ 54 MJ. C'est pourquoi des économies, même modestes, sur ce poste peuvent impacter le bilan énergétique de l'ensemble du système. Un couvert comprenant une légumineuse, qui fixe l'azote atmosphérique, permet d'une part de produire plus de biomasse et, d'autre part, d'obtenir un effet « engrais » plus important pour la culture principale suivante.

▷ **Comment les CI peuvent-elles contribuer à la protection intégrée des cultures ?**

L'implantation de CI fait partie de l'ensemble des techniques de protection intégrée des cultures mobilisées, notamment en non-labour. Son utilité repose principalement sur quatre leviers:

- ❶ La compétition du couvert pour les ressources nutritives est d'autant plus impactant qu'il s'implante rapidement et reste en place longtemps.
- ❷ La modification du calendrier de travail du sol. Le semis de la CI en été/début d'automne peut jouer le rôle d'un faux semis, avec destruction des adventices en même temps que du reste du couvert.
- ❸ Dans le cas de certaines crucifères, un effet allélopathique peut être observé. Les pesticides naturels qu'elles produisent font effet lors de l'enfouissement des plantes, selon le principe de la biofumigation (la suppression de maladies et ravageurs du sol par la libération de composés toxiques suite à l'incorporation de tissus végétaux).

❹ Elles peuvent permettre une rupture sanitaire dans le cycle biologique des maladies.

Néanmoins, seules, les cultures intermédiaires n'ont, en moyenne, pas d'effet significatif sur la consommation de produits phytosanitaires par rapport au sol nu.

Ceci s'explique notamment par des effets antagonistes:

- elles constituent une ressource alimentaire pour des ravageurs telles les limaces. Le choix d'espèces de CI peu appétentes peut réduire ce problème ;
- elles réduisent la flexibilité des interventions culturales (notamment le travail du sol) et empêchent l'agriculteur d'intervenir en réalisant par exemple un faux semis pour casser le cycle des adventices.

▷ **Compétition ou restitution: quels effets sur la disponibilité en azote pour la culture suivante ?**

Après la destruction du couvert, ses résidus sont dégradés par l'activité biologique du sol. L'impact sur la disponibilité de l'azote pour la culture suivante va dépendre principalement de la quantité de biomasse enfouie et du rapport carbone/azote (C/N) des résidus:

- Si le rapport C/N est inférieur à celui de la biomasse microbienne du sol (12), il se produit une libération immédiate et nette d'azote minéral. C'est le cas pour les couverts de légumineuses pures ou en mélange; ils conduisent en moyenne à une augmentation du rendement de la culture suivante de 5 à 10 %.
- Si le rapport C/N est compris entre 12 et 25, une phase d'immobilisation se produit après incorporation. Après quelques semaines, le processus de minéralisation redevient supérieur à celui d'immobilisation, rendant l'azote à nouveau disponible pour la culture...
- Si le rapport C/N est supérieur à 25, l'immobilisation nette de l'azote dans la matière organique sera favorisée par l'enfouissement des résidus. Les espèces non-légumineuses peuvent ainsi impacter négativement le rendement.

Outre l'espèce, la date de destruction du couvert influe également sur son C/N. Par ailleurs, plus elle est rapprochée du semis de la culture suivante, plus le risque d'effet préemptif par immobilisation de l'azote est important; dans la pratique, ce délai est d'au moins 6 semaines.

LE CHOIX DES AGRICULTEURS

Si les cultures intermédiaires sont perçues comme une contrainte par certains agriculteurs, d'autres y voient des avantages justifiant l'investissement consenti, comme la préservation des sols et l'économie en engrais azotés.

Bilan socio-économique

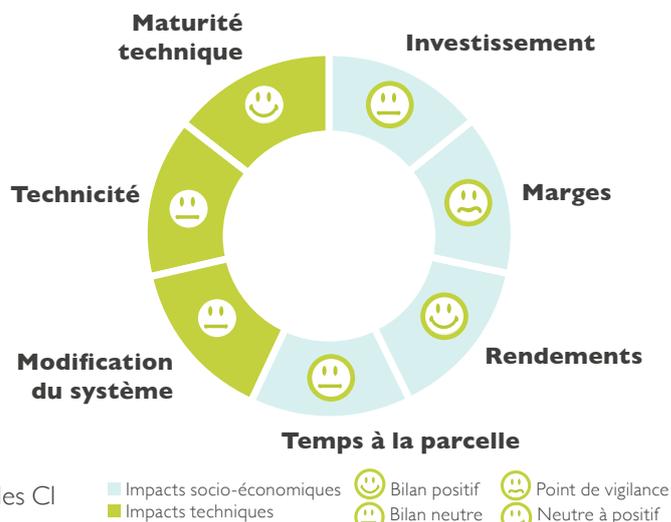
Rendement : Le rendement augmente en moyenne après une légumineuse (« engrais vert »), de l'ordre de 5 %. Les autres espèces n'ont pas d'effet moyen significatif ; elles peuvent l'accroître si la destruction est assez précoce et le couvert pas trop développé. L'effet des mélanges doit être approfondi, notamment sur l'aspect « engrais vert ».

Maturité technique : Les modalités optimales de conduite des CI sont globalement connues. Un choix d'espèces de plus en plus large permet de maximiser les bénéfices des CI. On relève néanmoins des problèmes de levée après un semis trop précoce en région sèche ou trop tardif dans la moitié nord de la France.

Temps à la parcelle : Le temps de travail à l'hectare est en moyenne inchangé. Certains systèmes permettent d'intégrer les CI à l'itinéraire technique sans augmenter le nombre d'opérations. Toutefois, la charge de travail lors du pic estival peut être accrue par décalage du calendrier.

Marges : Hors économies de fertilisants azotés, à court terme les CI représentent un surcoût de 20 à 60 €/ha/an par rapport au sol nu, du fait d'un accroissement des charges en semences et mécanisation. Les postes azote et protection des cultures sont peu impactés.

Autres atouts : Les CI peuvent se transformer en culture dérobée et donner une marge de manœuvre aux éleveurs pour allonger la période de pâturage ou compenser une perte en fourrage. Elles peuvent également servir d'appoint en méthanisation.



Éric Justes,
ingénieur de
recherche Inra
(UMR Agir).

Les Cijan sont plus connues par le biais de la « directive nitrates », pour l'ensemble des services écosystémiques qu'elles peuvent produire. Il serait justifié d'appeler les Cijan des « cultures intermédiaires multiser-vices » (Cimse). Leur efficacité pour réduire les fuites de nitrate, limiter les risques d'érosion et permettre un recyclage de l'azote dans le sol a été démontrée à de nombreuses reprises. Elles constituent aussi un levier agronomique efficace pour concevoir des systèmes de cultures à faible niveau d'intrants. Évidemment, cela implique une implantation correcte du couvert et une

durée de croissance suffisante. De plus, un soin particulier pour adapter l'itinéraire technique à la situation pédoclimatique et au système de culture doit être apporté, ainsi que l'utilisation de matériel agricole adapté. Afin de favoriser leur adoption et accroître leur effet positif, des mélanges d'espèces non-légumineuses (effet « piège à nitrate ») et légumineuses (effet « engrais vert ») sont recommandés. De nouveaux travaux ont été engagés à l'Inra de Toulouse (UMR Agir) en partenariat avec Arvalis-Institut du végétal, les semenciers Jouffray-Drillaud et RAGT, pour concevoir des règles d'assemblage d'espèces et ainsi compléter l'outillage technique des agriculteurs français.

AVIS D'EXPERT

Règles d'assemblage des espèces à l'étude



■ Retour d'expérimentation des cultures intermédiaires en complément du non-labour

Le projet CasDAR « Techniques très simplifiées d'implantation » (TTSI) piloté par la chambre régionale d'agriculture Midi-Pyrénées visait à préciser la faisabilité de telles techniques dans les situations de sols, de climats et d'exploitations du Sud-Ouest. Il combine les apports d'agriculteurs pionniers des TTSI et d'organismes de

recherche et développement agricole, afin de produire des références fiables sur les avantages et limites de ces pratiques. Quatorze des dix-huit agriculteurs impliqués pratiquent depuis plusieurs années les couverts végétaux en interculture, avec des motivations diverses illustrant les intérêts agronomiques des CI :

- accroissement de la fertilité physique, chimique et biologique des sols ;
- protection des sols contre les dégradations structurales et l'érosion ;
- apports et recyclage de nutriments, dont l'azote ;
- compensation de l'absence de travail mécanique du sol par les racines des CI, jugée indispensable par certains.

De plus, l'analyse des pratiques des agriculteurs du réseau montre que si leur consommation d'herbicides est supérieure à la moyenne, ils utilisent globalement moins de produits phytosanitaires qu'un agriculteur conventionnel. Parmi les freins à l'implantation de CI, figurent principalement les contraintes climatiques (sécheresse excessive en période de semis, en fin d'été), organisationnelles et économiques (difficulté de maîtrise du surcoût lié aux CI). Toutefois, un recours constant aux CI par la majorité des agriculteurs du groupe témoigne des intérêts de cette pratique.

Ce projet s'est appuyé sur l'Association occitane de conservation des sols (AOC Sols), lieu d'échange et de partage d'expériences créé en parallèle par certains agriculteurs. Cette structure leur a également permis de gagner en visibilité externe, de s'organiser, de clarifier leurs demandes auprès des organismes de recherche et de développement et de bénéficier désormais d'un soutien technique spécifique des chambres d'agriculture locales.

Plus d'informations sur : <https://sites.google.com/site/ttsicasdar/>.
Partenaires du projet : Acta, Arvalis-Institut du végétal, le Cetiom, Agro d'oc, Solagro, l'école d'ingénieurs de Purpan, la FDCuma 32, l'Association des agriculteurs d'Auradé et l'Association occitane de conservation des sols.

■ POUR ALLER PLUS LOIN

Lien avec d'autres fiches références

Gestion de la fertilisation azotée : Il s'agit du premier levier de la maîtrise des fuites de nitrate.

Gestion des déjections animales : Les CI sont compatibles avec l'épandage de déjections animales sous certaines conditions, pour ne pas aggraver les pertes en nitrate (cf. supra).

Travail du sol : Les CI constituent l'un des leviers de protection intégrée des cultures utilisés pour compenser l'abandon du labour.

Méthanisation : Les cultures intermédiaires à vocation énergétique (Cive) peuvent

être utilisées comme substrat. Leur bilan environnemental est encore mal connu.

Études clefs

• Pellerin S. et al., 2013, *Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre? Potentiel d'atténuation et coût de dix actions techniques*, synthèse du rapport d'étude, Inra (France), 92 p., <http://www6.paris.inra.fr/depe/Publications/Rapports-et-syntheses>.

• Justes E. et al., 2012, *Réduire les fuites de nitrate au moyen des cultures intermédiaires : conséquences sur les bilans d'eau et d'azote, autres services écosystémiques*, rapport

d'étude, Inra (France), 418 p., <http://www6.paris.inra.fr/depe/Projets/Cultures-Intermediaires>.

• Labreuche J. et al., 2011, *Cultures intermédiaires: impacts et conduite*, Arvalis-Institut du végétal, 236 p.

Quelques organismes de référence

Inra (UMR Agir), équipe de recherche Vasco, Itab, Arvalis-Institut du végétal.

Cetiom, chambres d'agriculture, Base « Biodiversité, agriculture, sol et environnement », coopératives agricoles, groupes de développement agricole...



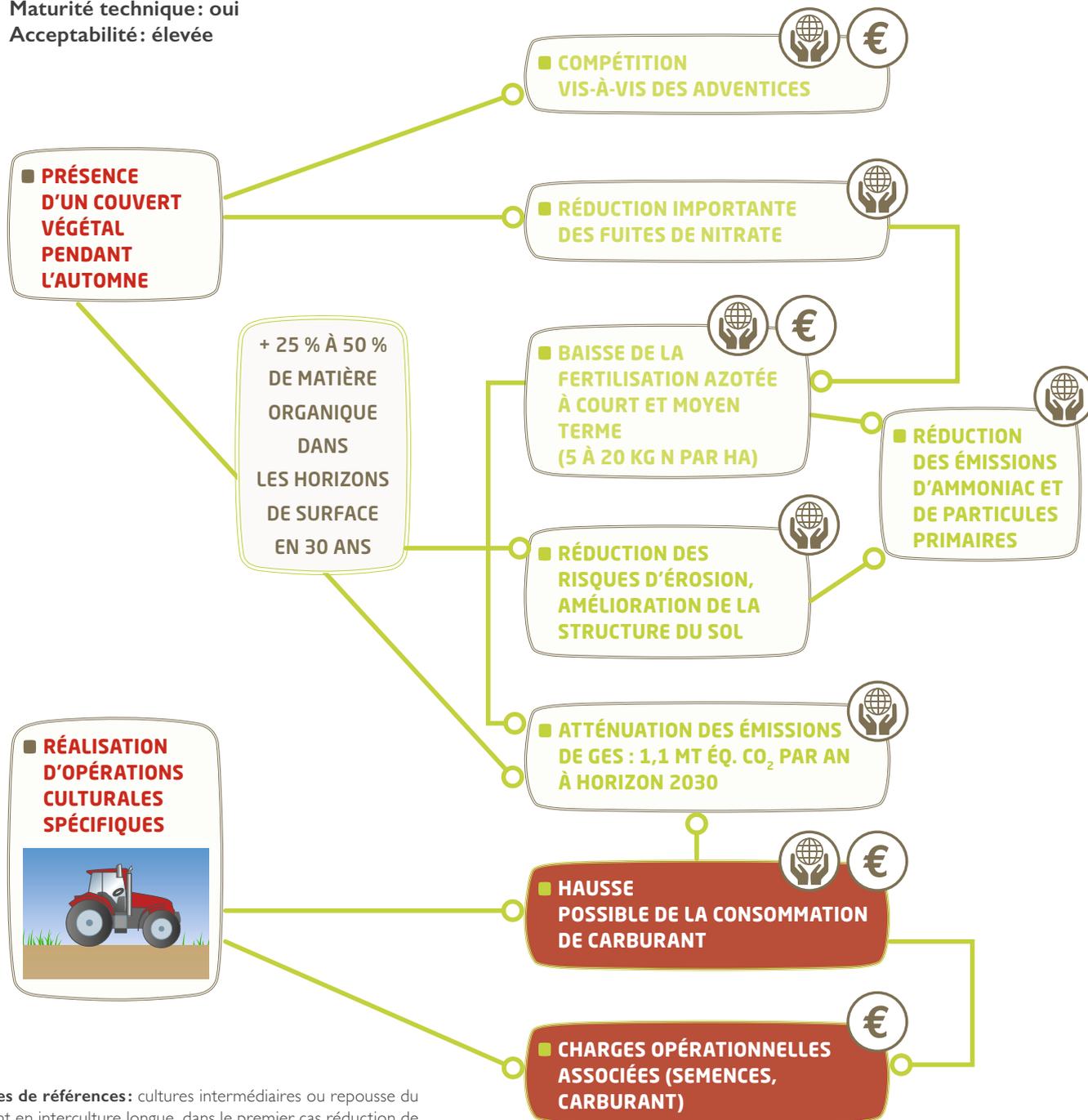
■ POUR MÉMOIRE

Principaux effets de l'introduction de cultures intermédiaires en renforçant les légumineuses

Assiette technique: 1,4 million d'ha

Maturité technique: oui

Acceptabilité: élevée



• **Mesures de références:** cultures intermédiaires ou repousse du précédent en interculture longue, dans le premier cas réduction de la fertilisation azotée sur la culture suivant le couvert.

Légendes: Qualité des sols Biodiversité Stockage de C
 Atténuation des émissions de GES Qualité de l'air Qualité de l'eau

Légendes: Impacts environnementaux Impacts économiques
 Point de vigilance

Ce document a été édité par l'ADEME

Coordination technique:
Thomas Eglin, Audrey Trévisiol,
ingénieurs en agronomie et environnement

Rédaction: Sophie Debarge et Alexia Tenaud

Service communication: Sylvie Cogneau

Révision et conception graphique: Terre-Écos

Illustrations: Gana Castagnon

Autres fiches Références téléchargeables sur

www.ADEME.fr/mediatheque

ADEME - Grésillé - BP 90406

49004 Angers Cedex 01