



2

Accroître la part de légumineuses en grande culture et dans les prairies temporaires, pour réduire les émissions de N₂O

↳ N₂O

A. Accroître la surface en légumineuses à graines en grande culture

B. Augmenter et maintenir des légumineuses dans les prairies temporaires

I- Enjeu et principe de l'action

Les émissions de N₂O de l'agriculture provenant des engrais azotés peuvent être réduites par une fertilisation plus raisonnée et efficace (Action 1) mais aussi par l'introduction, dans les rotations culturales et les prairies, de légumineuses. Fixant l'azote de l'air, ces espèces n'ont en effet pas besoin d'apport d'engrais azotés ; l'azote qu'elles laissent dans le sol permet de plus de réduire la fertilisation de la culture suivante.

L'action vise à accroître la part des légumineuses à graines dans les grandes cultures et la proportion de légumineuses fourragères dans les prairies temporaires. L'introduction de légumineuses à graines en grande culture modifie fortement les successions culturales et donc l'assolement et les productions agricoles au niveau national ; la substitution d'espèces en prairie ne présente pas de tels effets.

II- Mécanismes et modalités techniques de l'action

• Effets des légumineuses sur les émissions de N₂O

Les émissions de N₂O du sol, qui résultent des processus de nitrification et dénitrification, apparaissent très liées aux apports d'azote sur les cultures. Elles sont donc estimées par l'application de "facteurs d'émission" (exprimés en %) à ces apports d'engrais.

Le principal effet attendu des légumineuses est une baisse des émissions de N₂O résultant de la réduction des besoins de fertilisation minérale. Mais leur bilan dépend aussi des effets de l'azote qu'elles fixent et restituent au sol, qui peut également constituer une source d'émissions de N₂O.

Ainsi, la fixation symbiotique a été considérée jusqu'à récemment comme émettrice de N₂O, au même titre que la fertilisation minérale (le même facteur d'émission était appliqué à l'azote fixé par la légumineuse ; Tableau 1). Les émissions de N₂O des cultures de légumineuses s'avèrent très variables, mais nettement inférieures en moyenne à celles mesurées dans les cultures fertilisées. Ces observations ont conduit le GIEC à réviser ses règles de calcul en 2006, et à préconiser de ne plus considérer la fixation symbiotique comme émettrice. Les règles de 2006 n'ont toutefois pas encore été appliquées dans l'inventaire national 2010.

Les émissions de N₂O liées à la décomposition des résidus de légumineuses sont difficilement chiffrables : très variables, elles dépendent notamment des modalités d'enfouissement des résidus et des conditions pédoclimatiques lors de la décomposition. Ces résidus, qui ont des teneurs en N élevées mais représentent des biomasses faibles, laissent des quantités d'azote dans le sol équivalentes à celles d'autres cultures. Le facteur d'émission des résidus étant identique entre espèces, les émissions estimées à partir des résidus ne sont pas plus élevées que pour les autres cultures, comme le montrent des données récentes.

Source d'azote	GIEC 1996	GIEC 2006
Engrais minéral	1,25%	1,00%
Fixation symbiotique	1,25%	0
Résidus des légumineuses et des autres cultures	1,25%	1,25%

Tableau 1. Emissions directes de N₂O : évolution des facteurs d'émission

Enfin, les cultures de légumineuses peuvent dans certaines conditions constituer des puits de N₂O. Des travaux français récents ont par exemple mis en évidence, dans le cas d'un soja, une consommation de N₂O équivalente à 75 gN₂O/ha durant le cycle cultural. Cet effet, observé en conditions contrôlées, n'est toutefois pas démontré ni *in situ* ni pour l'ensemble des légumineuses à graines cultivables en France (notamment le pois), et ne sera donc pas pris en compte dans cette étude.

• Autres effets des légumineuses

Les légumineuses à graines laissant peu de résidus au sol (ce qui facilite la préparation du sol), les cultures qui les suivent sont plus souvent implantées sans labour (cf. enquête "Pratiques Culturales" 2006) ; la réduction des émissions liées au travail du sol sera également prise en compte.

Le remplacement de prairies de graminées par des prairies de légumineuses (pures ou associées à une graminée) modifie la composition de l'alimentation des animaux et a des répercussions sur les émissions de méthane des ruminants ; ces effets ne seront pas chiffrés ici.

• Les sous-actions étudiées

En grande culture, l'objectif est d'introduire davantage de légumineuses à graines, en remplacement d'autres grandes cultures annuelles. Cette sous-action modifie donc les assolements et successions de cultures, ainsi que les itinéraires techniques mis en œuvre sur les productions suivant la culture de légumineuse.

En prairies, il s'agit d'accroître la proportion de légumineuses dans les prairies temporaires assolées (en remplacement partiel ou total des graminées) et, dans le cas de couverts mixtes, de maintenir la légumineuse pendant la durée de vie de la prairie en limitant la fertilisation azotée pour éviter que la graminée ne concurrence trop fortement la légumineuse.

III- Calculs du potentiel d'atténuation et du coût de l'action

• Modalités de calcul et systèmes retenus

L'introduction de légumineuses modifie les surfaces des autres grandes cultures, et par conséquent leurs émissions de GES. Les calculs ont donc été réalisés directement à l'échelle de la France (et non à celle de l'hectare supplémentaire de légumineuses), afin de pouvoir intégrer les effets de ces changements d'assolement. De ces valeurs nationales, sont ensuite déduites des valeurs par ha de légumineuse implanté.

Les **substitutions de cultures** intervenant lors de l'introduction de légumineuses à graines sont difficiles à anticiper. Plusieurs hypothèses ont été explorées (cf. section IV), dont la plus réaliste est retenue pour les estimations : l'introduction de légumineuses se fait pour les 2/3 au détriment de l'orge (moins rentable que le blé et le colza), pour 1/6 en remplacement de blé tendre et 1/6 en substitution de colza.

Les **réductions de fertilisation azotée** permises par l'implantation des légumineuses sont estimées avec les hypothèses suivantes : absence de fertilisation sur la légumineuse à graines et réduction des engrais de 33 kgN/ha sur la culture suivante ; réduction de la fertilisation de 35 kgN/ha sur les prairies comportant moins de 20% de légumineuses et de 14 kgN/ha pour les prairies comprenant entre 20 et 40% de légumineuses.

Les données de superficies des différentes cultures et prairies sont celles de la Statistique agricole annuelle (SAA) 2010.

• Effets de l'action sur les GES et estimation de son potentiel d'atténuation unitaire

Pour toutes les émissions directes et indirectes, les calculs sont effectués avec les facteurs d'émission définis par le GIEC en 1996 et utilisés dans l'inventaire national des émissions de 2010 (méthode "CITEPA"), puis avec le nouveau paramétrage retenu par le GIEC en 2006 (méthode "expert").

Effet visé :

. **La diminution des émissions** (directes et indirectes) **de N₂O liées à la fertilisation minérale**. L'atténuation provient de la suppression des apports d'azote sur la légumineuse et de leur réduction sur la culture suivante.

Les émissions directes sont estimées en utilisant les facteurs d'émission du Tableau 1. Les émissions indirectes, provenant de la lixiviation de nitrate et de la volatilisation d'ammoniac à partir des fertilisants épandus, sont là encore estimées en utilisant les facteurs d'émission définis par le GIEC en 1996, et revus (pour la lixiviation) en 2006.

Autres effets comptabilisés :

. **Les émissions directes de N₂O liées à la légumineuse**, c'est-à-dire à la fixation symbiotique d'azote, et à la décomposition des résidus de la légumineuse pour la sous-action cultures.

Les calculs utilisent les facteurs d'émission GIEC de 1996 et 2006 (Tableau 1), concernant la fixation symbiotique (considérée comme autant émettrice que la fertilisation puis comme non émettrice) et les résidus de culture (dont la prise en compte n'a pas évolué).

. **La diminution des émissions directes de CO₂** dues à la consommation de carburant sur l'exploitation. Les économies de gazole proviennent des modifications des successions culturales et

des itinéraires techniques : passages de tracteurs moins nombreux pour la fertilisation et la protection phytosanitaire (car le nombre varie selon l'espèce cultivée et son précédent), suppression possible du labour avant les cultures suivant les légumineuses. Les consommations de carburant sont estimées d'après les références techniques du barème d'entraide 2010 de la région Centre – Ile-de-France, et les émissions calculées avec les facteurs d'émissions du CITEPA.

. **Les émissions induites de CO₂** liées à la fabrication et au transport des intrants en amont de l'exploitation (fertilisants azotés minéraux, produits phytosanitaires et carburant). Les facteurs d'émission utilisés sont ceux de la base de données Dia'terre® - Gest'im.

• Estimation du coût unitaire pour l'agriculteur

Cultures :

Les coûts techniques pour l'agriculteur comprennent :

- les économies de fertilisation (épandage) et de protection phytosanitaire, ainsi que celles permises par la suppression du labour après la culture de la légumineuse ;
- les gains de marge brute réalisés sur la culture suivante. Ces gains, calculables à l'échelle de la France, ne sont pas indépendants des modifications d'assolement induites par l'introduction d'une plus grande surface de légumineuses à graines. De ce fait, le gain/coût économique lié à ces deux effets a été estimé globalement.

Prairies :

Les seuls "coûts" correspondent à la réduction de la fertilisation (économie de l'engrais et de son épandage) ; le rendement n'est pas affecté par la modification de la composition de la prairie.

• Estimation de l'impact à l'échelle nationale

Assiette maximale technique (AMT)

En **grande culture**, les surfaces sont limitées par :

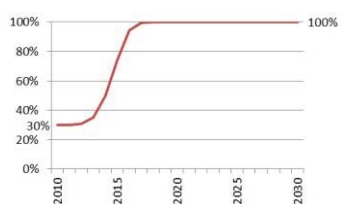
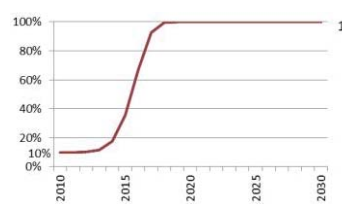
- l'évitement des sols caillouteux, où la récolte de certaines légumineuses, qui nécessite de raser le sol avec la barre de coupe, endommage la moissonneuse ;
- la non-implantation sur les sols à réserve hydrique inférieure à 80 mm, les légumineuses étant sensibles au stress hydrique ;
- un retour des légumineuses sur une même parcelle tous les 6 ans au maximum (afin de réduire le risque de développement d'*Aphanomyces euteiches*, maladie racinaire qui empêche définitivement de cultiver du pois sur une parcelle infestée).

En **prairies**, aucune restriction technique ne limite l'assiette.

Scénario de diffusion de l'action

En 2010, les superficies en légumineuses à graines et en prairies temporaires comportant plus de 40% de légumineuses représentent environ 16% de l'AMT.

En **grande culture**, l'hypothèse retenue est une diffusion rapide. En **prairies**, l'introduction des légumineuses est supposée plus lente à se mettre en place, du fait du délai de renouvellement de ces cultures pluriannuelles.

	Sous-actions	A. Légumineuses à graines en grande culture	B. Légumineuses dans les prairies
Contenu technique	Introduction de légumineuses	Introduction d'une légumineuse à graines se faisant au détriment du blé tendre (1/6 de la surface en légumineuses), de l'orge (2/3) et du colza (1/6) → nouvel assolement France	Augmentation et maintien de la part de légumineuses dans les prairies temporaires
	Diminution de la fertilisation	Suppression sur la légumineuse, réduction de 33 kgN/ha sur la culture suivante → économie d'engrais à l'échelle France : 155 640 tN.	Réduction de 35 kgN/ha sur les prairies ayant moins de 20% de légumineuses et de 14 kgN/ha sur les prairies ayant entre 20 et 40% de légumineuses (soit -29 kgN/ha en moyenne) → économie d'engrais à l'échelle France : 82 980 tN
Potentiel d'atténuation	Emissions* de N ₂ O (directes et indirectes) liées aux engrais minéraux	Total France : 1,5 / 0,97 MtCO ₂ e/an Par ha de légumineuse introduite : 1 706 / 1 100 kgCO ₂ e/an	Total France : 0,80 / 0,48 MtCO ₂ e/an Par ha de prairie (<40% de légumineuses) : 283 / 170 kgCO ₂ e/an
	Emissions* de N ₂ O (directes) liées à la légumineuse	Total France : -1,05 / -0,07 MtCO ₂ e/an Par ha de légumineuse introduite : -1 191 / -77 kgCO ₂ e/an	Total France : 0 / 0 MtCO ₂ e/an Par ha de prairie : 0 / 0 kgCO ₂ e/an
	Emissions* directes de CO ₂ (gazole)	Total France : 0,02 / 0,02 MtCO ₂ e/an Par ha de légumineuse introduite : 21 / 21 kgCO ₂ e/an	Total France : 0,004 / 0,004 MtCO ₂ e/an Par ha de prairie : 1,36 / 1,36 kgCO ₂ e/an
	Total émissions* directes + indir.	Total France : 0,47 / 0,92 MtCO ₂ e/an Par ha de légumineuse introduite : 636 / 1 044 kgCO ₂ e/an	Total France : 0,80 / 0,48 MtCO ₂ e/an Par ha de légumineuse introduite : 284 / 171 kgCO ₂ e/an
	Emissions induites (amont) de CO ₂	Total France : 0,83 MtCO ₂ e/an Par ha de légumineuse : 947 kgCO ₂ e/an	Total France : 0,44 MtCO ₂ e/an Par ha de prairie : 156 kgCO ₂ e/an
	Total MtCO ₂ e/an (France) kgCO ₂ e/ha/an	Total France : 1,30 / 1,75 Par ha de légumineuse : 1 583 / 1 991	Total France : 1,24 / 0,92 Par ha de prairie : 440 / 326
Coût	Economies d'intrants (France)	Economie épandage Suppression du labour sur 396 187 ha : -20,77 M€	Economie d'engrais + épandage : 88,9 M€
	Gains de marge brute sur suivante	Total France : 52,32 M€ Par ha de SCOP : 4,40 € Par ha de légumineuse introduite : 60 €	-
	Total €/an (France) €/ha/an	Total France : 16 991 900 Par ha de SCOP : 1,43 Par ha de légumineuse introduite : 19,36	Total France : -88 903 600 Par ha de prairie (<40% de légumineuses) : -31,50
Assiette	Assiette théorique	Toutes les grandes cultures : 12 515 200 ha	Toutes les prairies temporaires : 3 143 100 ha
	Critères techniques	Exclusion des sols à forte charge en cailloux et/ou à faible RU (< 80 mm) Fréquence de retour de la légumineuse limitée à 1 an sur 6 : soit 1/6 des surfaces chaque année	Aucune restriction technique
	Ass. maximale technique (AMT)	1 274 900 ha	3 143 100 ha
Scénario de diffusion	Etat de référence 2010	Surfaces en légumineuses à graines : 397 100 ha (soit 31,1 % de l'AMT)	Pr. temporaires ayant > 40% de légumineuses : 320 600 ha (dont 84 586 ha de luzerne pour la déshydratation) (soit 10,2% de l'AMT)
	Scénario de diffusion	AMT atteinte dès 2017 	AMT atteinte dès 2021 

* méthode "CITEPA" / méthode "expert"

Tableau 2

IV- Résultats et mise en perspective

• Les résultats

Cultures :

L'atténuation par ha de légumineuse implanté a été estimée à 636 kgCO₂e/ha/an (1 040 kgCO₂e/ha/an avec la méthode "expert") pour les émissions directes et indirectes liées à l'exploitation agricole, et 947 kg CO₂e/ha/an d'émissions induites en amont.

En appliquant cette atténuation sur l'assiette maximale technique, l'atténuation annuelle est de 0,5 MtCO₂e/an (0,9 MtCO₂e/an avec la méthode "expert") pour les émissions directes et indirectes liées à l'exploitation agricole et de 0,8 MtCO₂e/an pour les émissions induites en amont.

L'atténuation cumulée sur la période 2010-2030 est estimée à 7,6

	unités (M : millions)	Année 2030			Cumul sur la période 2010-2030	
		Cultures	Prairies	Total 2 sous-actions	Cultures	Prairies
Potentiel d'atténuation (méthode "CITEPA") Sans émissions induites		0,5 (0,2 à 0,8)	0,8 (0,7 à 1,7)	1,3 (0,9 à 2,4)	7,6 (2,7 à 12,5)	11,6 (10,2 à 24,0)
Potentiel d'atténuation (méthode "expert")	Sans émissions induites	0,9 (0,3 à 1,4)	0,5 (0,4 à 1,0)	1,4 (0,7 à 2,4)	14,7 (5,3 à 23,3)	7,0 (6,1 à 14,4)
	Avec émissions induites	1,7 (0,6 à 2,7)	0,9 (0,8 à 1,9)	2,7 (1,4 à 4,6)	28,2 (10,0 à 43,4)	13,3 (11,7 à 27,6)
Coût total pour les agriculteurs (sans coûts de transaction privés)	M€	17 (6 à 26)	-89 (-168 à -73)	-72 (-163 à -47)	274 (98 à 415)	-1289 (-2444 à -1150)
Coût de la tonne de CO₂e pour l'agriculteur (méthode "expert", sans émissions induites)	€/tCO ₂ e	19 (18 à 19)	-185 (-189 à -169)	-52	-	-

Tableau 3

MtCO₂e (méthode "CITEPA") et 14,7 MtCO₂e (méthode "expert") pour les émissions directes et indirectes liées à l'exploitation agricole, et à 13,4 MtCO₂e d'émissions induites en amont. Le coût de la tonne évitée est estimé à 19 €/tCO₂e.

Prairies :

L'atténuation unitaire a été estimée à 284 kgCO₂e/ha/an (171 kgCO₂e/ha/an avec méthode "expert") pour les émissions directes et indirectes liées à l'exploitation agricole et 156 kgCO₂e/ha/an d'émissions induites en amont.

En appliquant cette atténuation sur l'AMT, l'atténuation annuelle est de 0,8 MtCO₂e/an (0,5 MtCO₂e/an avec méthode "expert") pour les émissions directes et indirectes liées à l'exploitation agricole et 0,4 MtCO₂e/an d'émissions induites en amont.

L'atténuation cumulée sur la période 2010-2030 est estimée à 11,6 MtCO₂e (méthode "CITEPA") et 7,0 MtCO₂e (méthode "expert") pour les émissions directes et indirectes liées à l'exploitation agricole, et 6,4 MtCO₂e d'émissions induites.

Le coût de la tonne de CO₂e évité est estimé à -185 €/tCO₂e et constitue donc un gain.

La comparaison avec les résultats d'autres études "atténuation de GES" réalisées dans le monde montre que les atténuations unitaires calculées ici se situent dans la gamme basse des estimations pour les prairies, et dans la gamme moyenne pour les légumineuses à graines. L'estimation d'accroissement des surfaces en légumineuses à graines (4,5% des terres arables) est faible par rapport au taux de présence des légumineuses dans certains pays (13% des terres arables au Canada, 32% aux Etats-Unis). De même, un fort accroissement des surfaces en prairies temporaires à base de légumineuses fourragères pourrait apparaître comme une option intéressante et efficace pour réduire les émissions de GES en France, mais elle sortait du cadre de l'étude car elle induirait des changements trop importants sur les systèmes agricoles.

• La sensibilité des résultats aux hypothèses

La sensibilité aux **règles de calcul**, notamment au facteur d'émission affecté à la fixation symbiotique, est très importante (variation quasiment du simple au double).

La sensibilité des résultats aux hypothèses retenues pour les **substitutions de cultures** a été testée : en fonction des hypothèses retenues (remplacement en différentes proportions du colza, de l'orge et du blé), les émissions sont également variables (de 0,82 à 0,91 MtCO₂e/an), et les coûts le sont encore plus (de -19 €/tCO₂e à 77 €/tCO₂e). Cependant, il est difficile de prévoir

quelles substitutions seraient effectivement réalisées, car elles dépendront des prix relatifs entre cultures et des conséquences liées à l'usage en alimentation animale, notamment pour l'orge.

Les hypothèses de calcul de l'assiette maximale technique et de l'atténuation unitaire pèsent également fortement sur les estimations finales. Les fourchettes basses et hautes ainsi estimées varient de 0,33 à 1,44 MtCO₂e/an (avec la méthode "expert"), avec des coûts au contraire très stables par ha de légumineuses introduites ou par tonne de CO₂e évité.

Pour les prairies, la sensibilité des estimations est principalement liée aux hypothèses de calcul de l'AMT et de réduction de la fertilisation azotée, faisant varier les émissions de 0,42 à 1,0 MtCO₂e/an, le gain de 31 à 60 € par ha de prairie concernée, et celui de la tonne de CO₂e évité de 169 à 189 €.

Les coûts estimés sont également sensibles aux variations des **prix** des intrants et des produits récoltés, les marges utilisées étant celles de l'année 2010.

• Les conditions d'une prise en compte de l'action dans l'inventaire national

Comptabilisation de l'effet

Jusqu'en 2006, les calculs d'émissions selon la méthode officielle du GIEC considéraient la fixation symbiotique comme une source potentielle d'émissions de N₂O au même titre que la fertilisation azotée appliquée sur les cultures. Les dernières recommandations du GIEC en 2006 ont entériné l'évolution des connaissances et préconisent de ne plus prendre en compte la fixation symbiotique d'azote dans le calcul des émissions de N₂O.

Vérifiabilité de la mise en œuvre

Concernant l'introduction de légumineuses à graines, la mise en œuvre des pratiques pourrait être estimée à l'aide de la statistique agricole annuelle et de l'enquête "Pratiques culturales" (surfaces, doses de fertilisants appliquées...), mais aussi à partir des déclarations d'aides (PAC) concernant les surfaces des cultures. En revanche, l'introduction de légumineuses en prairies est difficile à estimer, notamment pour les mélanges, et pourrait nécessiter des observations *in situ*.

• Les contextes et mesures susceptibles de favoriser le déploiement de l'action

Les surfaces en légumineuses à graines ont beaucoup varié : très faibles au début des années 1970, elles ont atteint un pic en 1993, dépassant 720 000 ha, puis ont rechuté, pour passer par un

minimum en 2009 où elles avoisinaient les 203 000 ha. Ces fluctuations apparaissent liées : en premier lieu aux évolutions relatives des prix des autres matières premières (blé et tourteau de soja) en concurrence avec les protéagineux pour la fabrication d'aliments du bétail, et aux rapports de prix entre les différentes grandes cultures ; depuis la PAC 1992, plus ponctuellement à des aides intermittentes à la culture ; dans une moindre mesure, à l'expansion d'*Aphanomyces* (favorisée par le non-respect des délais de retour de la culture sur une même parcelle et par des conditions hydriques de sol défavorables), et à la forte sensibilité de ces cultures aux stress abiotiques.

Cette importante variabilité de leurs rendements n'est, de plus, pas toujours clairement expliquée par les agriculteurs ou leurs conseillers, ce qui ne permet pas toujours de progresser dans la conduite de cette culture et décourage les producteurs. Il faudrait certainement envisager de mieux former les techniciens (de Chambres d'agriculture et de coopératives) qui connaissent souvent mal ces cultures, du fait de leur faible surface.

Au-delà de ces facteurs techniques et économiques, de nombreux autres facteurs, touchant l'ensemble des acteurs de la filière, convergent pour limiter l'intérêt des cultures de légumineuses à graines chez les agriculteurs, les organismes collecteurs, et l'ensemble de la filière. Une étude récente¹ a souligné l'importance de la question des débouchés, en alimentation animale notamment : les fabricants d'aliments du bétail sont prêts à utiliser le pois comme matière première à condition que les volumes d'offre soient très élevés et regroupés à proximité des usines de fabrication des aliments, ce qui n'est pas le cas aujourd'hui, avec une offre faible et dispersée géographiquement.

Les légumineuses à graines ont fait l'objet de soutiens publics en 2010, ce qui avait permis une petite augmentation de la surface (passée de 203 000 ha en 2009 à 397 000 ha en 2010, puis revenue à 278 000 ha en 2011). De même, une envolée des prix des engrais azotés de synthèse tend à être favorable aux légumineuses. Le caractère non prévisible et non pérenne de ces soutiens ou de ces effets n'est cependant pas favorable au maintien de cette culture. A noter qu'un Plan "Protéines végétales" a été annoncé début 2013.

L'augmentation de la proportion de légumineuses dans **les prairies temporaires** ne pose pas les mêmes difficultés. Elle requiert surtout un changement d'habitude (et de conseil probablement) de la part des agriculteurs. Gérer une prairie de graminées avec des intrants de synthèse est plus facile et moins risqué que gérer l'équilibre entre deux espèces au sein d'un même peuplement. La suppression des apports d'azote devrait pourtant générer un gain en temps de travail. Cependant, la composition plus variable du fourrage récolté nécessitera certainement un raisonnement plus fin des compléments alimentaires à fournir aux animaux. De telles pratiques existent déjà et pourraient être développées.

¹ Meynard et al., 2013. *Freins et leviers à la diversification des cultures. Etude au niveau des exploitations agricoles et des filières*. Synthèse du rapport d'étude, INRA.

• Vulnérabilité et adaptabilité de l'action au changement climatique

Les légumineuses à graines étant particulièrement sensibles aux stress abiotiques, le changement climatique pourrait induire une baisse de leur productivité et une augmentation de son instabilité, avec des répercussions négatives sur les surfaces cultivées, sur l'atténuation potentielle et sur les coûts estimés.

Inversement, le risque d'une raréfaction en eau pour l'irrigation pourrait conduire à une diminution des surfaces en cultures d'été, fortement consommatrices en eau, au profit de cultures plus sobres, dont les légumineuses.

• Les autres effets de l'action

L'insertion de légumineuses dans les rotations a, dans la plupart des régions françaises, des impacts environnementaux bénéfiques en termes d'utilisation de produits phytosanitaires à l'échelle de la succession de cultures, d'utilisation d'eau (en comparaison à d'autres cultures d'été), de consommation d'énergie fossile, et de biodiversité. L'introduction d'une nouvelle culture dans l'assolement est généralement favorable à un étalement des travaux, apprécié par les producteurs, et devrait donc constituer un facteur favorable au développement de ces cultures.

• Conclusions

Une spécificité de cette action est qu'il s'agit de modifier les rotations, c'est un changement significatif qui nécessite de faire des hypothèses fortes sur les substitutions de cultures, avec d'importantes répercussions possibles sur les systèmes de production, qui sont à la limite du cadre de cette étude. Pour les légumineuses à graines, il s'agirait de multiplier par 3 les surfaces par rapport à leur niveau de 2010 ; pour les légumineuses fourragères, de modifier les pratiques et la composition des prairies sur près de 90% des surfaces actuelles.

A partir des estimations réalisées, il apparaît que l'accroissement de la surface des légumineuses à graines en grande culture et l'augmentation de la part des légumineuses fourragères en prairies temporaires assolées constitue un levier important pour réduire les émissions de GES, avec un bénéfice économique (ou un coût relativement faible). Le potentiel d'atténuation calculé serait encore supérieur si un accroissement des surfaces en légumineuses fourragères était envisagé, ce qui n'a pas été fait dans le cadre de cette étude car cela supposait des adaptations conjointes des systèmes d'alimentation animale et donc des modifications importantes des systèmes de production. Les gains économiques sont obtenus essentiellement via une modification des pratiques de fertilisation azotée. Les gains économiques sont également liés à la prise en compte des effets "précédent" des légumineuses dans la conduite et l'estimation des performances des cultures suivantes, effets rarement comptabilisés dans les études économiques jusqu'à présent, et encore insuffisamment valorisés par les praticiens. Ces éléments laissent penser que les changements envisagés ne pourront se faire que grâce à des incitations politiques fortes et pérennes, et à une évolution notable à différents maillons de la filière.