

Conception et évaluation multicritère de cas-types régionalisés en grandes cultures biologiques sans élevage

Garnier J.F.¹, Fontaine L.², Lubac S.³, Bouviala M.¹, Berrodier M.⁴

¹ Arvalis - Institut du Végétal, Station Expérimentale, F-91720 Boigneville

² ITAB, Délégation d'Angers, 9, rue André Brouard - CS 70510, F-49105 Angers cedex 02

³ Initiative Bio Bretagne, 33, avenue Winston Churchill, BP 71612, F-35016 Rennes Cedex

⁴ Arvalis - Institut du végétal, Station Inter-Instituts, 6, Chemin de la Cote Vieille, F-31450 Baziège

Correspondance : jf.garnier@arvalisinstitutduvegetal.fr

Résumé

Quelles sont les performances des systèmes de grandes cultures biologiques sans élevage ? Et, plus particulièrement, des rotations de cultures sont-elles plus intéressantes que d'autres d'un point de vue économique, technique et/ou environnemental ?

Des cas-types de tels systèmes ont été construits, pour permettre l'évaluation de leurs performances techniques, économiques et environnementales à l'échelle de la rotation et du système de production. Une quinzaine de cas-types ont été co-construits dans les régions partenaires des projets CASDAR RotAB et ProtéAB, puis évalués avec un jeu d'indicateurs quantitatifs et non agrégés (outil Systerre®). Dans le contexte actuel, la rentabilité est assurée pour l'ensemble des cas étudiés, mais l'impact du contexte de production est majeur sur l'ensemble des performances étudiées. Les rotations longues avec tête de rotation pluriannuelle (souvent luzerne), bien que parfois moins performantes économiquement, présentent des avantages forts vis-à-vis de la durabilité agronomique. Elles semblent aussi moins sensibles aux variations de contexte économique, et à condition que la récolte de cette culture soit réalisée par entreprise exigent moins de temps de travail. Les cas-types sont des outils intéressants pour la réalisation d'études prospectives. Ils sont évolutifs, à actualiser et à adapter selon les contextes et simulations réalisées.

Mots-clés : Cas-types, rotation, grandes cultures, performance, durabilité

Abstract: Design and multicriteria evaluation of regionalized test cases in organic crops without animal production

What are the performances of different stockless organic crops systems? And more specifically, are there rotations more efficient than other for economic, technical and / or environmental criteria? This work aims to present the method of co-construction of simulated cases for an evaluation of economic, environmental and technical performances, at rotation and production system scale. Fifteen «test cases» have been defined in the partner regions of CASDAR projects ROTAB and ProtéAB and evaluated with a set of quantitative and non-aggregated indicators (tool Systerre ®). The results provided many references at different scales. In the current context, profitability was ensured for all cases studied, but the production environment had a major impact on the overall performance. Long rotations with multiannual crop rotation (often alfalfa), sometimes less economically efficient, had strong advantages regarding agricultural sustainability. They also seemed to be less sensitive to changes in economic conditions and provided that the crop harvest was performed by a company, (it requires less work time). The typical cases are upgradeable tools to be adapted to different simulations or prospective studies.

Keywords: Typical cases, rotation, crop, performance, sustainability

Introduction

Malgré un fort développement de l'agriculture biologique (AB) depuis une dizaine d'année, les tendances montrées par David (2002) n'ont pas changé, l'AB est plus présente dans les grandes zones d'élevage de l'Ouest et du Sud-Est. A l'inverse, ce développement est plus faible dans les régions à dominante céréalière (Nord, Est). Alors que 5,9% et 4,8% des surfaces agricoles en Rhône-Alpes et dans les Pays de la Loire sont en agriculture biologique, seules 1,4% et 1,5% des surfaces dans les régions Ile-de-France et Centre sont concernées (Agence bio, 2011c).

En AB, un des grands principes est la complémentarité entre les animaux, les cultures et le sol (Fontaine *et al.*, 2009 ; Gerber et Fontaine, 2009). Les systèmes céréaliers purs sans élevage ni prairies s'éloignent de ce principe ; de fait, ils sont soumis à des freins techniques liés essentiellement à la fertilité et la gestion des adventices. D'une part, l'absence d'effluents d'élevage sur l'exploitation rend la nutrition des cultures plus difficile en l'absence d'engrais de synthèse, interdits en AB (Gerber et Fontaine, 2009). D'autre part, il y a une certaine difficulté d'approvisionnement en éléments fertilisants organiques, ces derniers étant parfois peu disponibles et donc chers. De plus, les cultures fourragères sont souvent délaissées à cause d'un manque de valorisation lié à l'absence d'un troupeau sur l'exploitation ou à proximité. Pourtant, ces cultures participent activement à la gestion de l'azote dans la rotation et au contrôle des adventices (bonne couverture du sol, sol non travaillé, fauches répétées) (ITAB, 2005).

La rotation - succession ordonnée et répétée des cultures sur une même parcelle - est un facteur clé de la durabilité en grandes cultures biologiques, car elle est le premier levier activé pour gérer la fertilité du sol et maîtriser les bio-agresseurs. La prise en compte des rotations est donc primordiale pour étudier les systèmes de culture en AB. Certaines rotations sont-elles plus intéressantes que d'autres d'un point de vue économique, technique et/ou environnemental ? Afin de compléter l'approche agronomique, l'analyse de l'ensemble de l'exploitation (structure, main d'œuvre, parc matériel...) est importante pour étudier les systèmes de production de grandes cultures biologiques et analyser leurs performances.

En AB comme en conventionnel, il existe une très grande variabilité des pratiques dans une même zone (conduite des cultures, rendements, intrants...). Cette variabilité s'explique souvent par les choix personnels des agriculteurs, des situations particulières, voire des incidents. Afin d'évaluer les performances de systèmes différents, nous avons choisi de construire des cas-types en grandes cultures biologiques à dire d'experts, sur la base de données techniques, pédoclimatiques et économiques régionalisées. L'objectif est de décrire l'ensemble du système : parc matériel, intrants, opérations culturales, précédents, rendements,.... Les cas-types exposés par la suite dans cet article sont donc des exemples de situations qui se veulent proches de la réalité : ils ne visent pas la représentativité statistique mais plutôt la cohérence technique et organisationnelle de l'exploitation. Ces cas-types sont ensuite consignés puis évalués avec différents indicateurs grâce à l'outil Systerre®. L'objectif des évaluations multicritères est d'apporter des références à différents niveaux (culture, rotation/système de culture, système de production) et de mettre en exergue les atouts et contraintes (agronomiques, techniques, socio-économiques et environnementaux) de chaque situation. Par ailleurs, les cas-types définis sont aussi des supports pour diverses simulations et études prospectives. Dans un premier temps, nous détaillerons la méthode de conception des cas-types puis présenterons les résultats d'évaluations et de simulations issus des programmes de recherche RotAB et ProtéAB.

1. Méthode de conception des cas-types

1.1 Co-construction des cas-types

Les cas-types sont élaborés à dire d'experts, par des spécialistes régionaux (conseillers agricoles et agriculteurs). Chaque étape de la construction des cas-types est l'occasion d'échanges approfondis avec ces experts ; on parle ainsi de co-construction. En se basant sur des références existantes

(enquêtes agriculteurs, fermes de références, cas-types, fiches techniques sur les cultures...), des rotations et des itinéraires techniques sont proposés. Ces allers-retours entre les différents partenaires des projets concernés ont permis d'assurer la cohérence de chaque cas-type et de garantir l'homogénéité des données. Les exploitations définies dans les cas-types sont en « rythme de croisière », la période de conversion et les ajustements de rotation qui en découlent ne sont donc pas pris en compte.

Une fois déterminé le contexte pédoclimatique et économique de l'exploitation (petite région agricole, type de sol, débouchés existants...), la première étape consiste à définir la SAU de l'exploitation en adéquation avec le contexte régional et la main d'œuvre présente. Par convention, et afin de garantir une certaine homogénéité dans la structure des cas-types définis, cette dernière est fixée à 1 UTH pour chaque exploitation. Ensuite, les rotations sont définies en prenant en compte les contextes précédemment établis, les contraintes agronomiques ainsi que de la structure du cas-type correspondant. Quand l'homogénéité des sols a été jugée suffisante par les experts régionaux, le cas-type ne considère qu'une seule rotation par exploitation. Par contre, quand l'hétérogénéité des sols ou la présence d'irrigation induisent des rotations différentes, les cas-types comprennent plusieurs variantes de rotations sur la même exploitation. Pour calculer les indicateurs des rotations à l'hectare, nous fixons l'assolement égal à la rotation. A titre d'exemple, pour une SAU de 50 hectares avec une rotation de 5 cultures, il y aura 5 cultures sur 10 hectares chacune.

Les itinéraires techniques et les rendements sont déterminés pour chaque culture de la rotation. Les interventions culturales ainsi que les intrants utilisés diffèrent selon la culture, son précédent, le type de rotation dans laquelle se situe la culture, etc. Concomitamment, le parc matériel est défini pour chaque exploitation en fonction des itinéraires techniques, de la surface totale et de la main d'œuvre afin de garantir la cohérence technique et organisationnelle des travaux. Pour finir, des données complémentaires finalisent la construction du cas-type : fermage, montant des aides, prix de vente des cultures... (Figure 1)

Pour les calculs économiques, des hypothèses de prix de vente des produits ont été déterminées toujours en consensus avec les experts régionaux. Les prix de vente sont variables dans le temps et les résultats de rentabilité des exploitations agricoles très dépendants des niveaux de prix. Afin de disposer de données sur la robustesse économique des rotations, des scénarios de prix moyen, haut et bas ont été déterminés.

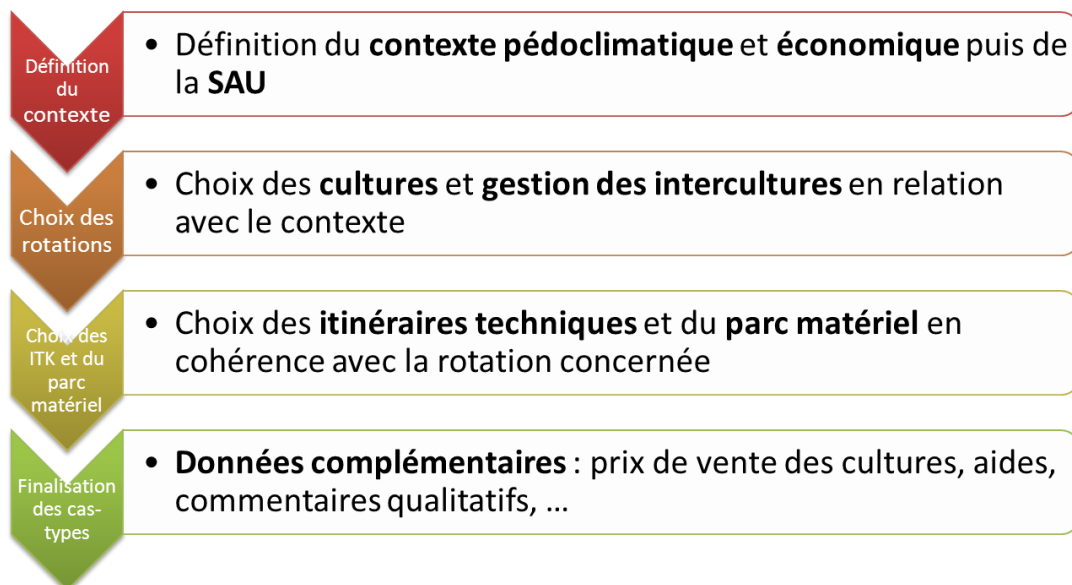


Figure 1 : Etapes de construction des cas-types grandes cultures AB (Bouviala, 2012)

Pour chaque cas-type, une description précise de la rotation et des problématiques agronomiques rencontrées est réalisée par les experts régionaux. Cette description doit permettre de réaliser les évaluations quantitatives et d'apporter ultérieurement des éléments d'explications des performances observées, dans les contextes définis.

Les cas-types ont pour ambition de regrouper le plus d'informations possible caractérisant une exploitation agricole. Elles sont à la fois quantitatives, ce qui constitue les données d'entrées nécessaires pour le calcul des indicateurs technico-économiques et environnementaux, et qualitatives pour une bonne compréhension du cas-type et des choix réalisés : contexte, risques, forces et faiblesses du système, en particulier sur la gestion de l'enherbement et de la fertilité, deux thématiques majeures en grandes cultures biologiques.

L'objectif des travaux basés sur les cas-types est d'être le plus transparent possible sur toutes les hypothèses et les calculs. Ainsi, les calculs et analyses ne sont justes qu'avec les hypothèses posées et les méthodes de calculs employées. Les cas-types sont donc amenés à évoluer dans le temps et à être actualisés régulièrement.

1.2 Les cas-types définis dans les projets RotAB et ProtéAB

Depuis 2010, une quinzaine de cas-types ont été définis dans les régions partenaires des projets et évalués avec un jeu d'indicateurs quantitatifs et non agrégés (outil Systerre®).

Dans le cadre du projet CASDAR RotAB (*Peut-on construire des rotations et assolements qui limitent les impacts environnementaux tout en assurant une viabilité économique de l'exploitation ?*), les premiers cas-types ont été définis dans l'étude : *La rotation des cultures dans les systèmes céréaliers biologiques: peut-on combiner performances économiques, agronomiques et environnementales* (Bonte 2010) : 8 cas-types et 11 rotations ont été définis¹ (Figure 2).

	Durée de la rotation (années)	luzerne	irrigation	rotation
Centre 1	8	avec	sans	luzerne (3 ans) - blé - triticales - féverole P - blé - orge H
Centre 2	8	avec	avec	luzerne (2 ans) - blé - betterave rouge - blé - maïs grain - féverole H - blé
IDF 1	10	avec	sans	luzerne (2 ans) - blé - triticales - avoine - féverole P - blé - orge P - jachère trèfle blanc - blé
IDF 2	9	avec	sans	luzerne (3 ans) - blé - colza - blé - féverole H - blé - orge P
IDF 3	6	sans	sans	féverole P - blé - maïs grain - triticales/pois fourrager - blé - triticales
PC 1*	9	avec	avec	luzerne (3 ans) - blé - maïs grain - féverole H - triticales - tournesol - orge H
PC 2*	5	sans	sans	féverole H - blé - orge H - tournesol - blé
PDL 1*	3	sans	avec	féverole H - blé - maïs grain
PDL 2*	5	sans	sans	féverole P - blé - tournesol - blé - triticales / pois fourrager
RA 1*	6	avec	sans	luzerne (3 ans) - blé - blé - tournesol
RA 2*	3	sans	avec	soja - blé - maïs grain

¹ <http://www.itab.asso.fr/programmes/rotation.php>

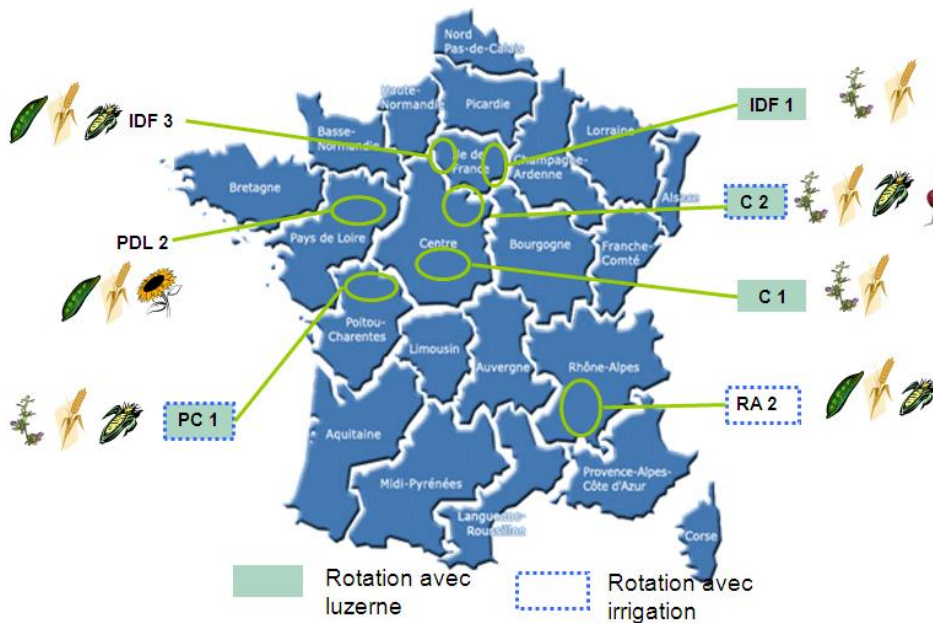


Figure 2 : Cas-type définis dans le cadre du projet RotAB (Bonte, 2010)

Au cours du projet CASDAR ProtéAB (*Développer les légumineuses à graines en Agriculture Biologique : un enjeu pour les filières animales et la diversification des systèmes de culture*) de nouveaux cas-types ont été déterminés afin d'apporter des références sur la place des légumineuses à graines dans les systèmes de culture AB. (Figure 3)

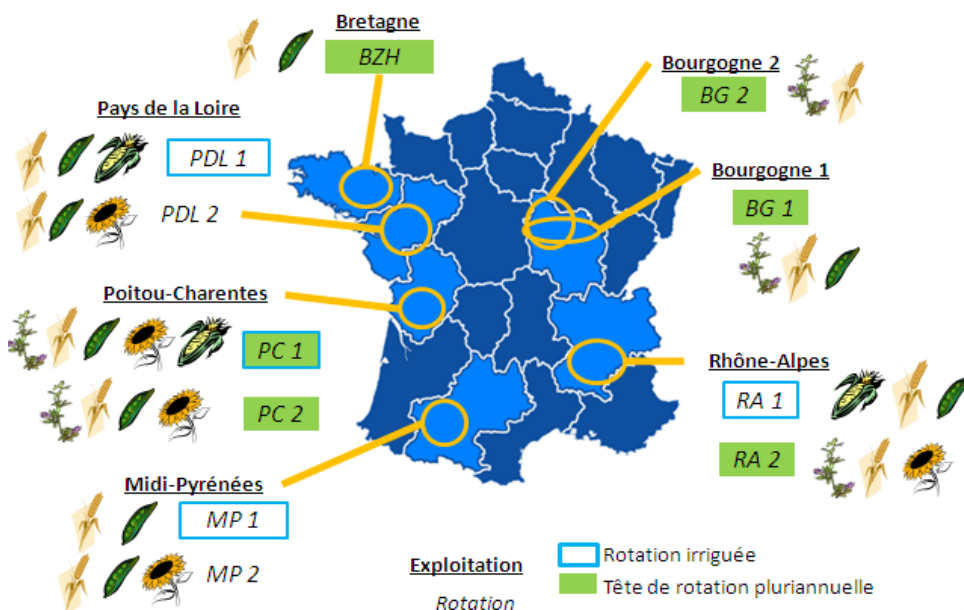


Figure 3 : Cas-types définis dans le cadre du projet ProtéAB (Bouvia, 2012)

2. Evaluation des performances

Les cas-types permettent de suivre l'évolution dans le temps des performances de ces systèmes, par actualisation. Ils sont mis à disposition des conseillers et agriculteurs afin de mieux identifier les points forts et points faibles de leurs systèmes. Les évaluations et simulations permises par l'étude des cas-types sont nombreuses, et ceci à différentes échelles: à la culture, la rotation, l'exploitation... Dans la suite est présentée une sélection de quelques résultats illustrant les méthodes d'évaluations utilisées et les conclusions obtenues dans le cadre des projets de recherche RotAB et ProtéAB.

2.1 Evaluation technico-économique

2.1.1 Rentabilité

Les marges renseignent sur la rentabilité d'une culture, d'une rotation, d'une exploitation. La marge brute (produit brut + aides – intrants), simple à calculer, est communément utilisée pour le calcul de la rentabilité à l'échelle de la culture. La marge nette (marge brute – charges de mécanisation, de main d'œuvre autres charges fixes et fermage) permet de mieux appréhender le système dans sa globalité, notamment en AB où les interventions de désherbage mécanique sont plus nombreuses qu'en agriculture conventionnelle.

- Marges à la culture :

Les marges à l'échelle de la culture sont difficiles à analyser car les prix de vente et donc la rentabilité évoluent différemment d'une culture à l'autre. Néanmoins, le blé ou le soja (surtout à destination de l'alimentation humaine) sont des cultures généralement rentables grâce à un prix de vente élevé (récolte 2012 : environ 400 €/t pour du blé panifiable et 800 €/t pour du soja). Les marges obtenues avec des cultures de niche (ex: lentille, haricot, cameline, betterave rouge...) peuvent également être très élevées. Leurs prix de vente sont souvent liés à un débouché régional spécifique ou à des modes de commercialisation particuliers. Les marges réalisées avec la luzerne sont également difficiles à généraliser compte-tenu de l'hétérogénéité des valorisations locales (présence d'éleveurs ou d'une usine de déshydratation à proximité par exemple). Les marges des légumineuses à graines sont plutôt bonnes dans le contexte actuel de prix élevés des sources de protéines biologiques (projet ProtéAB).

Les analyses à la culture ont néanmoins leurs limites. En effet, pour les calculs à l'échelle de la culture, l'itinéraire technique est pris en compte de la récolte du précédent à la récolte de la culture. Ainsi, les charges de cultures intermédiaires seront imputées à la culture qui suit, les engrais de fond seront supportés par la culture qui les reçoit... même si ces charges peuvent bénéficier à toute la rotation. Aussi, si on ne considère que les marges à la culture, certaines cultures peuvent apparaître, d'un point de vue économique, désavantagées par rapport à d'autres. C'est également vrai -dans une moindre mesure- pour le désherbage mécanique : les nombreux faux-semis réalisés avant une culture de printemps, par exemple, seront bénéfiques à toute la rotation mais imputés à cette culture. De plus, dans les rotations de grandes cultures biologiques, certaines cultures sont parfois moins bien valorisées mais ont un rôle agronomique important. Il est donc nécessaire de travailler en priorité sur les marges moyennes à la rotation.

- Marges à la rotation :

Le contexte de production reste le facteur explicatif prépondérant des résultats économiques. En effet, il détermine en grande partie la disponibilité en engrais organiques, le choix des cultures (contexte pédoclimatique et débouchés) et les niveaux de rendements. Le contexte régional explique également en partie les stratégies de gestion de l'enherbement mises en œuvre. Le nombre de jours favorables pour une intervention de désherbage mécanique efficace est différent selon les conditions pédoclimatiques et les cultures en place. Le maïs et le soja par exemple sont propices aux binages. Ceci peut expliquer la relative réussite de certaines rotations courtes sans tête de rotation pluriannuelle vis-à-vis de la gestion de l'enherbement.

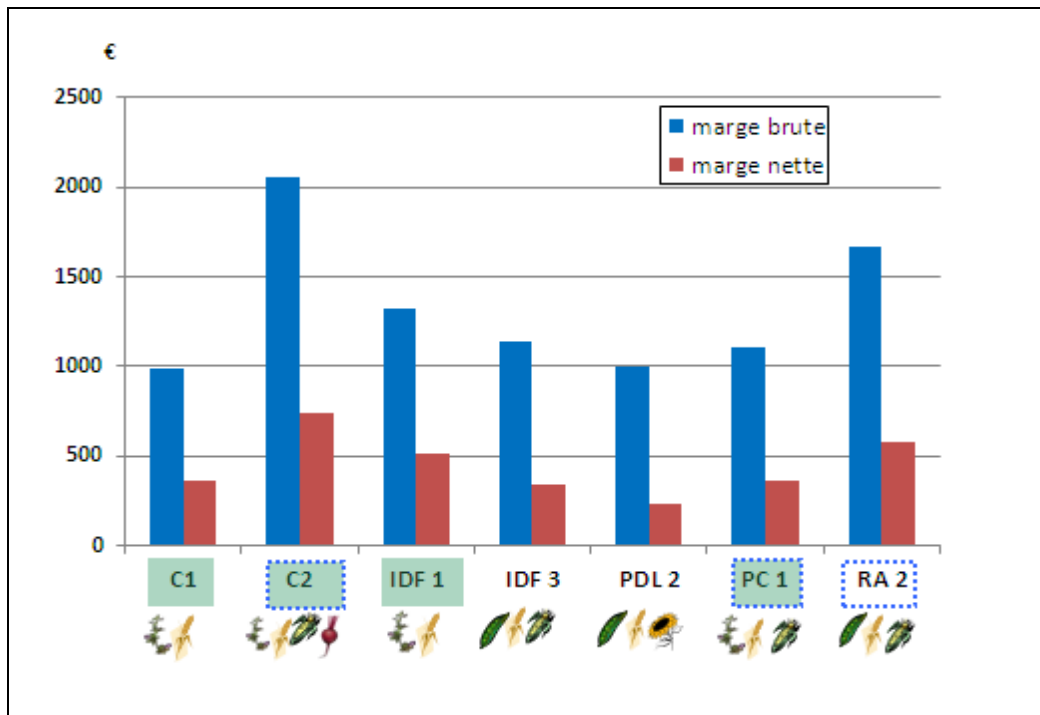


Figure 4 : Cas-type rotAB : Marges brutes et nettes moyennes à la rotation (prix moyen, aides comprises : €/ha)

La comparaison des marges à la rotation sur les différents cas-types ne permet pas de mettre en avant un type de rotation en particulier. Néanmoins, quelques tendances se dégagent. En raison de charges plus importantes et de rendements parfois moins bons, la rentabilité des rotations courtes sans luzerne et non irriguées atteint rarement des niveaux élevés (Figure 4). L'irrigation apporte une plus-value car la couverture des besoins en eau permet d'assurer des bons niveaux de rendements et d'intégrer des cultures rémunératrices (maïs, soja) ; les charges liées à l'irrigation sont cependant parfois élevées.

Les résultats issus du projet ProtéAB viennent confirmer ces tendances, et mettent aussi en exergue que les rotations les plus rentables sont les rotations courtes irriguées : ce sont aussi souvent des rotations présentes sur les sols à bon potentiel des exploitations. Pour aller plus loin dans la comparaison de la rentabilité de différentes rotations, il faudrait les comparer dans des contextes pédoclimatiques équivalents ce qui n'est pas le cas dans les cas-types étudiés ici.

- Marges à l'exploitation :

Dans les cas-types, la marge à l'exploitation correspond à la marge à l'UTH puisque il y a systématiquement une UTH familiale par exploitation. Le passage des marges à l'hectare aux marges à l'UTH réduit les écarts entre les cas-types. En effet, les marges à l'hectare plus faibles correspondent souvent à une plus grande surface travaillée par un seul UTH. Enfin, dans le cas des exploitations ayant deux types de rotations, les bons résultats de certaines rotations sont pénalisés par la deuxième rotation de l'exploitation qui fait baisser le résultat global (cas avec deux types de sols à potentiel différent ou une partie irriguée et l'autre non.).

Toutes les marges calculées précédemment ont pour principale caractéristique d'être très dépendantes des prix de vente. Ainsi, raisonner en coût de production présente le désavantage de ne pas prendre en compte l'ensemble de la rotation mais permet de s'affranchir de la variabilité des contextes de prix de vente des grandes cultures biologiques. Les indicateurs de rentabilité et de compétitivité sont donc complémentaires.

2.1.2 Compétitivité

Les coûts de production calculés sont des coûts complets à la tonne de grains produite pour chaque culture. Tous les facteurs de production sont pris en compte : intrants, mécanisation (amortissement technique avec prix d'achat à neuf), main d'œuvre, foncier (tout fermage) ainsi que toutes les autres charges fixes. Ce calcul permet de comparer la compétitivité des productions dans des systèmes différents et d'estimer à partir de quel prix de vente la culture sera rentable.

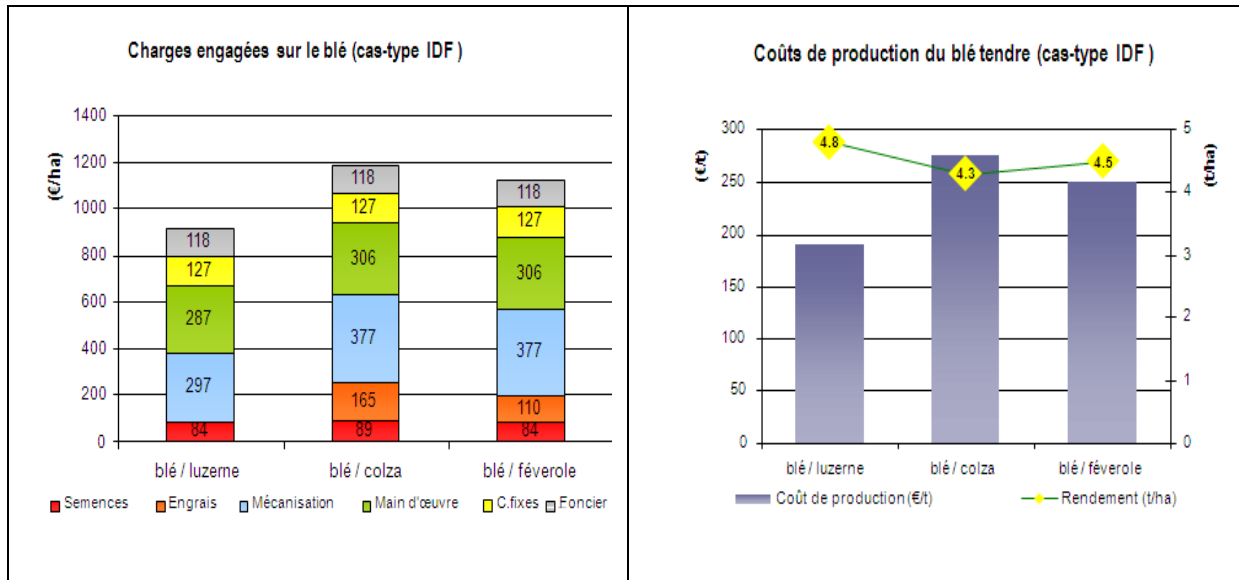


Figure 5 : Charges et coût de production du blé en fonction de son précédent : exemple sur un cas-type Ile-de-France de RotAB (rendement moyen, charges 2009-2010)

L'effet précédent est très important en AB. Le coût de production d'un blé ayant un précédent luzerne est souvent plus faible que celui des autres blés de la rotation (Figure 5). En effet, Les charges d'intrants sont moindres car un blé de luzerne est rarement fertilisé. Les charges de mécanisation et de main d'œuvre sont également plus faibles car les interventions de désherbage mécanique sont moins nombreuses. De plus, le rendement d'un blé de luzerne est souvent supérieur à la moyenne.

2.1.3 Temps de travail

En moyenne sur les rotations étudiées dans les projets ProtéAB et RotAB, le temps de traction est compris entre 3 et 8 h/ha (Figure 6).

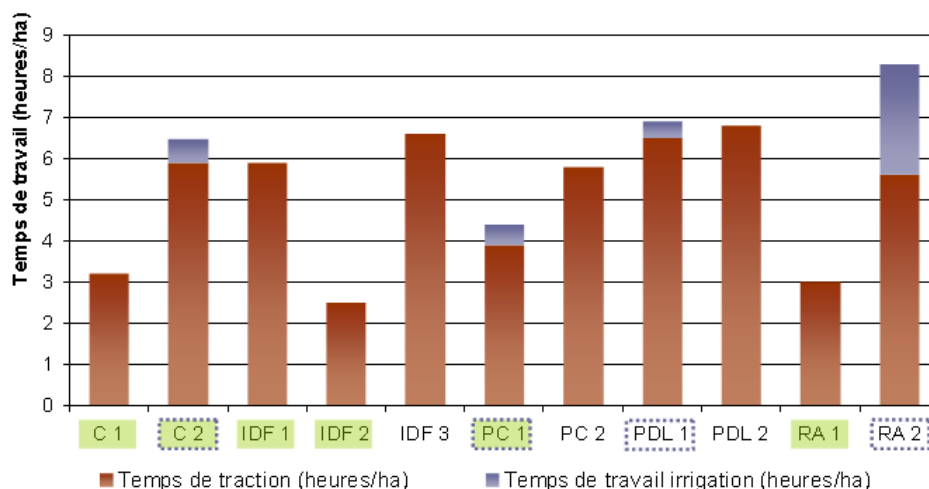


Figure 6 : Cas-types RotAB : Temps de travail moyen à la rotation hors ETA (temps de traction + temps d'irrigation)

Les rotations avec luzerne exigent moins de main-d'œuvre. Cette culture pluriannuelle, à condition que la récolte soit réalisée par entreprise, nécessite peu de temps de travail. L'irrigation, en particulier lorsqu'elle est utilisée de manière « intensive », demande quant à elle un investissement en temps important, généralement concentré sur une période réduite. Le surcroît de travail allant jusqu'à plus de 2h/ha sur la ferme type Rhône- Alpes (Projet RotAB) est de plus concentré pendant les deux mois d'été. Cette notion de « pointe de travail » n'est pas analysée en détail ici mais reste un enjeu important pour les agriculteurs.

2.2 Evaluation environnementale

En matière d'approche environnementale, l'analyse s'est limitée à une comparaison des indicateurs calculés par Systerre® : Bilans NPK, consommations d'énergie primaire et émissions de gaz à effet de serre (GES). Les limites méthodologiques rencontrées ne nous ont permis que de conclure sur de grandes tendances, qui restent à confirmer.

Concernant les consommations d'énergie primaire non renouvelable, les différences entre rotations courtes et rotations longues sont faibles à l'hectare. La prise en compte des consommations de carburant faites par les agriculteurs ou par des entreprises externes montre que les récoltes de luzerne sont très consommatrices en énergie. À l'échelle de la rotation, ce point faible est compensé par la réduction du nombre de passages liés à la gestion de l'enherbement et à la fertilisation. Quelle que soit l'unité fonctionnelle utilisée (tonne ou hectare), la présence d'irrigation entraîne des augmentations importantes de consommation d'énergie.

Pour les émissions agricoles de gaz à effet de serre (GES), contrairement au conventionnel où le poste majeur est la fabrication des engrais (notamment azotés), en AB la consommation de carburant et la dénitrification de l'azote dans le sol sont les postes les plus importants. Avec des quantités d'azote apportées à l'hectare beaucoup plus conséquentes, l'impact des rotations courtes sans luzerne sera généralement plus important.

Pour la partie environnementale de l'évaluation multicritère, d'autres indicateurs non disponibles dans Systerre® mériteraient d'être étudiés : les transferts d'azote (cas d'apports organiques importants et de rendements faibles ou suite à un retournement de luzerne), les émissions de NH₃ par volatilisation, des indicateurs de biodiversité (ex surface de compensation écologique, diversité floristique...), la consommation d'eau d'irrigation en période critique... D'autres outils sont mobilisables pour ces points précis et il serait intéressant d'évaluer ces cas-types avec d'autres logiciels, comme par exemple DEAC pour les transferts d'azote ou MASC pour une évaluation multicritère plus complète et agrégée. A noter qu'au cours du projet RotAB les cas-types ont fait l'objet d'une évaluation multicritère avec l'outil Masc (Colomb, 2013).

2.3 Evaluation agronomique

La durabilité agronomique du système est un objectif primordial, notamment concernant le maintien de la fertilité des sols et la gestion de l'enherbement. Celle des rotations courtes sans tête de rotation fourragère pluriannuelle peut être questionnée. D'une part, les besoins en désherbage sont plus importants : une bonne maîtrise technique sera nécessaire, en particulier pour contenir le développement des vivaces. D'autre part, la dépendance élevée vis-à-vis des engrais organiques soulève le problème de l'approvisionnement parfois difficile et des coûts élevés de ces engrais.

La luzerne, en tant que légumineuse, participe fortement à l'autonomie azotée du système en restituant aux cultures suivantes une partie de l'azote atmosphérique fixé ; son pouvoir couvrant ainsi que les fauches répétées participent de manière importante à la maîtrise des adventices, en particulier du chardon. Toutefois, l'insertion de la luzerne dans les rotations dépend fortement des possibilités de valorisation, l'existence d'un débouché étant indispensable pour que les agriculteurs en tirent des bénéfices économiques. Bien que la luzerne constitue un atout pour une meilleure durabilité agronomique, une bonne gestion des systèmes sans luzerne est possible grâce à d'autres alternatives

(rotations, apports de matières organiques, désherbage mécanique en culture, gestion de l'interculture, etc.). Alors que les systèmes avec luzerne semblent plus durables en termes de gestion de l'azote et de l'enherbement, ils semblent plus fragiles sur la gestion des nutriments P et K (fortes exportations de potasse avec la luzerne). Leur autonomie azotée implique en effet une raréfaction des apports extérieurs et donc des balances P et K moins équilibrées.

3. Les cas-types : des supports de simulations

Les cas-types sont des outils très utiles pour acquérir des références technico-économiques. Ces résultats sont cependant obtenus dans des contextes de prix, de rendements et de rotations fixés. Or, des facteurs externes à l'exploitation, comme par exemple le contexte climatique ou le prix des céréales biologiques, peuvent fortement fluctuer d'une année à l'autre. Le prix des engrais est lui aussi variable. L'objectif des simulations est donc de tester la robustesse des rotations face à des variations de rendements, des prix de vente, et des prix d'achat des intrants énergétiques.

3.1 Variations des rendements, des prix de vente des cultures

Des accidents climatiques (gel, sécheresse, ...) peuvent pénaliser les rendements des cultures et donc leur rentabilité. Il est donc intéressant d'étudier la robustesse des marges des rotations face à des variations de rendements. Des scénarios de rendements bas-moyens-hauts ont été établis pour chaque culture avec les experts régionaux. Les variations sont donc propres à chaque rotation et varient selon le contexte pédoclimatique défini pour chaque cas-type. Les rendements des légumineuses sont très variables sauf ceux de la luzerne et du soja (souvent sécurisés par irrigation). Les rotations longues avec des têtes de rotations pluriannuelles sont plutôt moins sensibles aux variations de rendements.

La rentabilité des cultures, et donc des rotations, découle en bonne partie de leur prix de vente, mais également de leur rendement et de leurs charges. La luzerne est plutôt plus stable face aux variations de prix, car elle est à destination de l'alimentation animale, un débouché historiquement plus stable que l'alimentation humaine. En conséquence, les rotations avec des têtes de rotation pluriannuelles sont plutôt plus stables que les rotations courtes.

3.2 Augmentation du prix des intrants énergétiques

Nous partons du constat que l'augmentation du prix de l'énergie est suivie par une augmentation du prix des engrais azotés de synthèse. Les agriculteurs conventionnels s'orientent alors vers des engrais organiques dont les prix augmentent à leur tour, ce qui peut pénaliser les agriculteurs biologiques. Lors du passage 'prix moyens' à 'prix hauts', nous avons retenu un doublement du prix des engrais et du prix du fioul agricole (Figure 7).

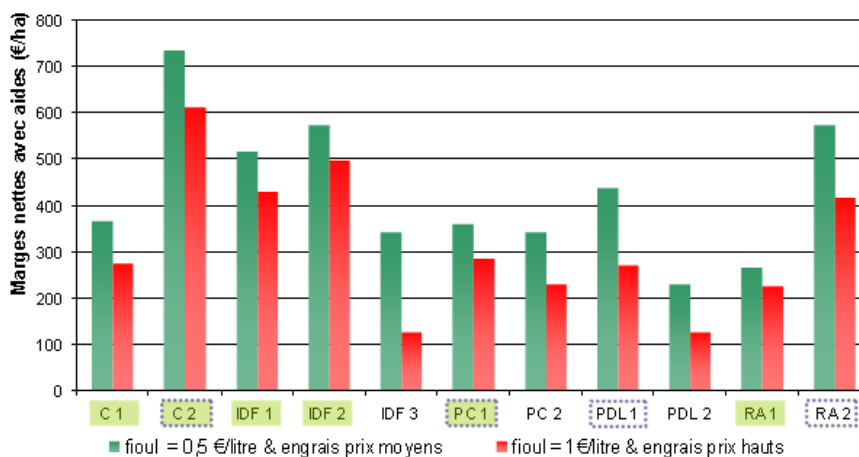


Figure 7 : Cas-types RotAB : impact de la variation du prix des intrants sur les marges nettes

Les rotations courtes irriguées sont les plus consommatrices en intrants et en fioul car elles sont fortement fertilisées et demandent beaucoup de travail du sol et de désherbage mécanique pour lutter contre l'enherbement. Dans un contexte de prix d'intrants élevés, la présence de luzerne permet d'amortir la baisse des marges. Cette légumineuse ne nécessite aucun apport d'azote, en restitue aux cultures suivantes, demande peu d'interventions mécaniques et lorsque l'implantation est réussie, améliore la gestion de l'enherbement à long terme, ce qui permet de réduire le travail mécanique sur l'ensemble de la rotation.

3.3 Introduction de nouvelles cultures, modification de la rotation

Les cas-types peuvent également servir de base à l'analyse des marges de manœuvre dégagées par chaque système et sont utilisés pour effectuer des analyses prospectives (ex : simuler l'introduction de nouvelles cultures et définir les conditions de réussite). C'est le cas de l'étude du CASDAR ProtéAB avec des simulations d'augmentation de la part des légumineuses à graines à destination de l'alimentation animale dans les rotations de grandes cultures. La conception des nouvelles rotations s'est faite en concertation avec les experts régionaux. Pour chaque cas-type, la possibilité agronomique d'introduction d'une légumineuse à graines dans la rotation a été étudiée. Quand cette introduction était possible, sa place dans la rotation, son itinéraire technique ainsi que les changements pour les autres cultures de la rotation ont été déterminés.

Il est, d'un point de vue agronomique, possible dans certaines rotations d'augmenter la part de légumineuses à graines. Dans ces exemples, les simulations avec introduction de légumineuses à graines montrent peu d'impacts sur les indicateurs techniques et environnementaux. La marge nette de chaque simulation a été calculée et comparée à la marge nette de sa rotation initiale (Figure 8). Sur les cinq simulations où il y a augmentation de la part de légumineuses dans la rotation, il y a une augmentation de la marge nette dans quatre cas. Il n'y a diminution de la marge nette que dans un seul cas : insertion d'un soja en sec avec un rendement faible dans la rotation en Pays de la Loire.

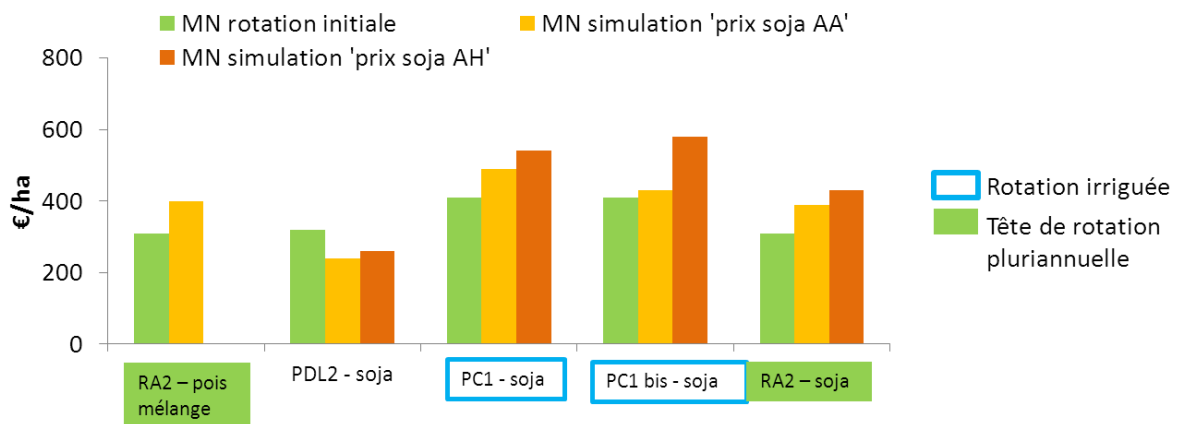


Figure 8 : Cas-types ProtéAB : impact de l'augmentation de la part de légumineuses à graines sur la marge nette des rotations (prix moyens, rendements moyens)

Par ailleurs, l'étude a mis en évidence que l'un des principaux freins au développement des légumineuses à graines à destination de l'alimentation animale dans les rotations céréalières est la compétition avec le débouché alimentation humaine mieux valorisé (soja, lentille, pois chiche..).

4. Perspectives

Au-delà de certains indicateurs environnementaux, d'autres indicateurs complémentaires sont également intéressants à développer comme les indicateurs d'efficacité, d'autonomie, de robustesse. Des premières approches ont été réalisées notamment au cours du projet ProtéAB. Il faudrait pour la suite des études et simulations à l'échelle des rotations multiplier le nombre de cas-types dans une

même région afin de diminuer l'impact du contexte pédoclimatique dans les analyses. Par ailleurs, l'analyse actuelle apporte une vision quelque peu statique du système. Une meilleure prise en compte de la variabilité interannuelle et de la notion d'adaptation à l'année, à la parcelle serait souhaitable. Les cas-types peuvent être des bases d'analyses et les comparaisons avec les performances d'exploitations agricoles réelles et équivalentes sont intéressantes à développer.

Enfin, la représentativité des cas-types est une question centrale : nous avons engagé des travaux de caractérisation avec les références statistiques disponibles, mais ce travail reste à approfondir. Lors du projet ProtéAB, les cas-types ont été repositionnés par rapport à des références et des données plus représentatives ; par exemple en comparant la SAU de l'exploitation et son assolement avec les SAU et les assolements moyens régionaux ou en remplaçant les résultats économiques par rapport à d'autres sources de données.

Certains points de méthode sont également perfectibles :

- La prise en compte de l'effet azote des légumineuses est améliorable. En effet, les légumineuses non productives de types couverts ou jachères ne sont pas prises en compte pour le calcul des bilans azotés. Les restitutions des légumineuses productives ne sont pas incluses dans la balance globale azotée. La fixation azotée est ramenée au montant des exportations.

- Par manque de références, la phase de production des engrais organiques n'est pas prise en compte dans le calcul des émissions de GES ; de même, les émissions de GES et les consommations d'énergie des semences biologiques sont calculées avec les références des semences conventionnelles.

- Du fait de la grande variabilité des types d'irrigation au sein d'une même région, les charges d'irrigation ont été les charges les plus difficiles à estimer. Les charges obtenues ont bien été validées par les experts régionaux mais elles ne reflètent pas la grande hétérogénéité des pratiques.

D'une manière générale, ces cas-types sont à considérer comme une base de travail à enrichir et faire évoluer dans l'avenir.

Conclusion

L'étude des cas-types est un bon moyen d'analyser plus précisément les systèmes de grandes cultures biologiques sans élevage dans différentes régions. Dans les études des projets RotAB et ProtéAB, la rentabilité des cas-types étudiés est assurée dans les contextes de prix observés depuis 2008. Cependant, les contextes de production (débouchés, potentiel du sol, disponibilité et prix des intrants...) sont autant d'éléments qui rendent complexe une classification des systèmes selon des critères économiques. Il est donc essentiel de retenir que les performances des rotations et, plus largement, des systèmes de culture, sont très fortement liés au contexte de production au sens large.

Dans la démarche présentée il n'est pas possible de séparer les rotations analysées de leur contexte de production et donc de les comparer toutes choses égales par ailleurs. Les résultats sont à prendre comme des exemples de système de cultures régionalisés. Cette première approche tend à montrer que les rotations courtes irriguées souvent associées à des potentiels favorables présentent des résultats économiques élevés à l'hectare grâce à de bons rendements et à la présence de cultures à forte valeur ajoutée mais ont de moins bons résultats pour les indicateurs techniques (temps de travail, consommation de carburant) et environnementaux (émission GES, consommation d'énergie). Elles sont plus sensibles à l'enherbement ce qui entraîne plus de passages de désherbage mécanique et de travail du sol. Elles sont aussi souvent plus dépendantes aux intrants extérieurs notamment les intrants azotés et l'eau. Ceci peut poser questions quant à leur durabilité. A l'opposé, les rotations longues présentes quelque fois sur des potentiels de sols inférieurs ont de meilleurs résultats techniques et environnementaux : le risque d'enherbement de ces rotations, et donc le nombre de passages de

désherbage nécessaire, sont souvent inférieurs grâce aux têtes de rotations pluriannuelles. Les contextes de production sont différents et les cas-types sont des outils utiles pour appréhender cette variabilité. Un des intérêts majeurs des cas-types est qu'ils sont réutilisables et non figés. Comme les hypothèses sont explicitées, il est possible de modifier un rendement, un prix de vente, un outil... Les cas-types sont donc des bases de simulations pour, par exemple, introduire de nouvelles cultures tout en veillant à la cohérence agronomique, puis étudier la rentabilité, les impacts environnementaux, la robustesse des nouvelles rotations face à la variabilité des rendements ou des contextes économiques... Ces cas-types seront utilisés pour étudier des mesures d'impacts à l'échelle de la rotation et de l'exploitation dans le cadre de nouveaux projets et études (ex : Evaluation technico économique de l'utilisation de GPS, RTK, Caméra pour le désherbage mécanique.). Par ailleurs, nous élargissons actuellement l'étude à des systèmes en polyculture élevage : élevages porcins Fabricant d'aliment à la ferme (CASDAR ProtéAB), bovins avec introduction de luzerne (CASDAR Luzbio déposé à l'appel à projet 2013). Ils peuvent également servir de bases pour des mesures d'impacts ou des études prospectives à plus long terme : réforme de la PAC, changement climatique...

Références bibliographiques

Agence Bio (2011a). La bio en France, de la production à la consommation. L'agriculture biologique, chiffres clés – Edition 2011. p.46-86. Disponible en ligne:

http://www.agencebio.org/upload/pagesEdito/fichiers/CC_Ed2011_Chap4_1_prod.pdf

Bonte J.B., 2010. Les rotations des cultures dans les systèmes céréaliers biologiques : peut-on combiner performances économiques, agronomiques et environnementales ? Première approche d'analyse multicritère. Mémoire de fin d'études. Institut Supérieur d'Agriculture de Lille, 111p.

Bouvia M., 2012. Produire des légumineuses à graines biologiques pour l'alimentation animale. Evaluation multicritère de rotations céréalières à partir de sept cas-types régionalisés. Mémoire de fin d'études, ingénieur AgroParisTech. 52 p.

Colomb B., Aveline A., Carof M., 2011. Une évaluation multicritère de la durabilité de systèmes de grandes cultures biologiques. Quels enseignements ? Restitution des programmes RotAB et CitodAB, INRA, 42 p. + annexes.

Colomb B., Carof M., Aveline A., Bergez J.E.B., 2013. Stockless organic farming: strengths and weaknesses evidenced by a multicriteria sustainability assessment model. *Agron. Sustain. Dev.* 33:593-608. doi:10.1007/s13593-012-0126-5

Fontaine L., Garnier J.F., Bonte J.B., Aubert C., Fourrié L., Colomb B., Glachant C., Maurice R., Gouraud J.P., Morand P., Perret C., 2011. Rotations en grandes cultures biologiques sans élevage. 8 fermes-types, 11 rotations. Repères agronomiques, économiques, techniques et environnementaux. Rapport d'étude du programme CAS DAR n°70 55 RotAB. 132 pages.

Fontaine L., Fourrié L., Garnier J.F., Mangin M., Colomb B., Carof M., Aveline A., Prieur L., Quirin T., Chareyron B., Maurice R., Glachant C., Gouraud J.P., 2012. Connaître, caractériser et évaluer les rotations en systèmes de grandes cultures biologiques. *Innovations Agronomiques* 25, 27-40.

Garnier J.F., 2011. Performances des rotations de grandes cultures biologiques : Un compromis entre rentabilité et durabilité, *Perspectives Agricoles* 374, 6-9.

Garnier J.F., Bouvia M., 2013. Agriculture Biologique : certaines rotations aptes à plus de légumineuses à graines, *Perspectives Agricoles* 402, 55-57

Gerber M., Fontaine L., 2009. Grandes cultures biologiques : maintenir la fertilité des sols RMT DévAB - Axe 1 – Production - Fiche n°3. 4p. Disponible en ligne sur <http://195.101.239.116/rmtdevab/moodle/course/view.php?id=2>

ITAB., 2005. Maîtriser les adventices en grandes cultures biologiques, première édition. Paris, ITAB, 119p.

Rouger P.E., 2008. Céréales biologiques : des coûts de production élevés dépendants du système. Mémoire de fin d'études, AgroParisTech, 54 p.