

L'innovation : qu'est-ce que cela recouvre et comment ça marche ?

C. Huyghe¹, J.-M. Meynard²

L'innovation est la mise en œuvre d'un produit, d'un procédé, d'une méthode de commercialisation ou d'organisation nouveaux dans les pratiques ou l'organisation d'une entreprise ou d'un lieu de travail. Cet article analyse ce processus en l'illustrant par des situations observées dans le cadre des prairies et systèmes fourragers.

RÉSUMÉ

L'innovation suppose le transfert d'une invention vers les utilisateurs et sa mise en œuvre. Ce processus peut venir renforcer des systèmes sociotechniques existants ou, au contraire, se heurter à de tels systèmes si l'innovation génère une rupture forte. La conception d'innovation constitue un défi majeur qui nécessite un dialogue renouvelé entre la conception et la production de connaissances. Le déploiement des innovations peut s'appuyer sur le cadre théorique des "Rendements croissants d'adoption" pour mobiliser les leviers les plus pertinents et adaptés aux configurations rencontrées, sans oublier de prendre en compte la diversité des agriculteurs et éleveurs face à l'innovation et leur aversion naturelle au risque.

SUMMARY

Innovation: what does it involve and how does it function?

Innovation consists in the implementation of a new product, new process, new marketing method or a new mode of organization in the way a company or work structure functions. Innovation involves the transfer and subsequent implementation of a new technology/method. This process may either strengthen existing socio-technical systems, or challenge them if the innovation in question is strong enough that it shatters these systems. The concept of innovation is a major challenge that requires a renewed dialogue between conception and knowledge production. The implementation of innovative technologies/methods may be integrated as part of the theoretical framework of 'increasing returns through implementation', in order to identify relevant levers and adapt them to real-life situations, while taking into consideration the diversity of farmers and their natural aversion to risk when faced with innovation. This article introduces these different elements and their relevance in terms of grassland and forage system management.

1. Comment définir l'innovation ?

Le mot « innovation » est polysémique et utilisé dans un grand nombre de locutions et d'expressions composées. Il est sous-tendu par l'idée d'un changement, d'un déplacement d'état, sans pour autant que ceci soit synonyme d'amélioration. Il existe une littérature extrêmement abondante sur l'innovation et il n'est pas question ici de l'analyser, mais plutôt de rechercher quelques points majeurs.

Parmi les définitions les plus fréquemment citées, on peut retenir celle donnée par J. SCHUMPETER dans son ouvrage fondateur de 1911 (*Theorie der wirtschaftlichen*

Entwicklung) où il démontre que **l'innovation est la source du développement économique** ; l'innovation y est définie comme une invention qui a rencontré son marché. Il s'agit d'une vision assez restrictive de l'innovation, puisqu'elle la confine à des innovations technologiques et que l'innovation n'est appréciée qu'au regard de la performance économique qu'elle engendre. En conséquence de cette analyse, et dans un ouvrage ultérieur publié en 1942, J. SCHUMPETER identifiait 5 types d'innovation : la fabrication de biens nouveaux ; les nouvelles méthodes de production ; l'ouverture d'un nouveau débouché ; l'utilisation de nouvelles matières premières ; la réalisation d'une nouvelle organisation du travail.

AUTEURS

1 : Direction Scientifique Agriculture, Inra, F-75338 Paris cedex 07 ; chuyghe@lusignan.inra.fr

2 : Département Sciences pour l'Action et le Développement, Inra, F-78850 Grignon

MOTS CLÉS : Agriculture, évolution, fourrage, innovation, prairie, système fourrager.

KEY-WORDS : Agriculture, change in time, forage, forage system, grassland, innovation.

RÉFÉRENCE DE L'ARTICLE : Huyghe C., Meynard J.M. (2014) : "L'innovation : qu'est-ce que cela recouvre et comment ça marche ?", *Fourrages*, 217, 5-12.

L'**OCDE** a fait un travail important pour construire une définition de l'innovation, définition proposée dans le Manuel d'Oslo (OCDE, 2005) : « Une innovation est la mise en œuvre d'un produit (bien ou service) ou d'un procédé (de production) nouveau ou sensiblement amélioré, d'une nouvelle méthode de commercialisation ou d'une nouvelle méthode organisationnelle dans les pratiques d'une entreprise, l'organisation du lieu de travail ou les relations extérieures ».

Il y est ainsi identifié **quatre grandes catégories d'innovation** qui sont plus précisément définies :

- une **innovation de produit** correspond à l'introduction d'un bien ou d'un service nouveau ou sensiblement amélioré sur le plan de ses caractéristiques ou de l'usage auquel il est destiné ;

- une **innovation de procédé** est la mise en œuvre d'une méthode de production ou de distribution nouvelle ou sensiblement améliorée ;

- une **innovation de commercialisation** est la mise en œuvre d'une nouvelle méthode de commercialisation impliquant des changements significatifs du conditionnement, du placement, de la promotion ou de la tarification d'un produit ;

- une **innovation d'organisation** est la mise en œuvre d'une nouvelle méthode organisationnelle dans les pratiques, l'organisation du lieu de travail ou les relations de la firme avec ses partenaires.

Dans cette définition de l'innovation donnée par l'OCDE, on retrouve comme chez Schumpeter un lien très fort à l'activité économique, et donc le transfert du processus inventif à l'application dans le cadre d'une activité économique. On identifie aussi que les innovations peuvent être organisationnelles, autant que technologiques.

Indépendamment de leur objet, les innovations ne sont pas toutes de la même ampleur. Elles peuvent ainsi être **incrémentielles**, traduisant des améliorations continues de processus. Elles peuvent également être « **de rupture** », avec des changements beaucoup plus profonds. On retrouve cette gradation incrémentielle *vs* de rupture dans le cadre conceptuel posé par HILL et MACRAE (1995) pour analyser les **transitions entre différentes formes d'agriculture** ; les trois niveaux définis par ces auteurs sont l'amélioration de l'efficacité des intrants (E), la substitution d'un intrant par un autre, ayant par exemple des effets non intentionnels plus acceptables (S) ou la re-conception (R), que l'on peut assimiler à une innovation de rupture.

Tous ces éléments sont pertinents et applicables pour les productions agricoles et les prairies et cultures fourragères.

Le procédé Haber-Bosch, découvert en 1909 par deux chimistes allemands et servant à la production des engrais azotés (ammonitrate), est une invention qui s'est traduite en innovation dès son application industrielle. Elle a profondément modifié l'ensemble du paysage de la production agricole et de la production fourragère, puisqu'elle a été à la base de l'intensification prônée par la Révolution fourragère (HUYGHE, 2009).

En innovation de produits, dans le domaine de l'amélioration génétique des prairies, l'amélioration continue des variétés pour la tolérance aux maladies est une innovation incrémentielle. *A contrario*, la production chez certaines espèces de variétés transgéniques (ce qui est une innovation de procédé), par exemple les sojas ou luzernes tolérantes au glyphosate (PADGETTE *et al.*, 1995 ; McCANN *et al.*, 2006), peut être considérée comme une innovation de rupture, car elle engendre une re-conception forte de l'itinéraire technique, voire de l'ensemble du système de production.

En innovation de procédés, l'évolution des systèmes de traite combine à la fois des innovations incrémentielles sur les différentes composantes du système et des innovations de rupture, comme peuvent l'être les salles de traite et plus récemment les robots. Une innovation de rupture s'appuie sur l'émergence d'un composant totalement nouveau et peut ainsi conduire à une modification des objectifs, des critères d'évaluation, ou à repenser plus largement le système de production.

Le fonctionnement des agriculteurs en groupes de développement, l'émergence des CETA ou la formation des CUMA, peuvent être regardés comme des innovations organisationnelles. Les démarches de contractualisation existantes (plans d'épandage partagés entre exploitations agricoles) ou potentielles (banques de fourrages par exemple) constituent également des exemples d'innovations organisationnelles.

Ces quelques exemples mettent en évidence que le terme « innovation » désigne tantôt le processus d'innovation, et tantôt le résultat de ce processus. La définition de l'OCDE se focalise clairement sur les résultats, mais l'analyse du processus est très riche et permet d'identifier les pistes de travail.

On distingue classiquement **deux étapes majeures dans le processus d'innovation**, qui font appel à des compétences différentes :

- la création et l'invention d'une part. La capture de la créativité qui s'exerce dans les exploitations agricoles peut être assimilée à cette étape ;

- la diffusion de la nouveauté vers les acteurs économiques d'autre part. L'adoption, qui donne parfois lieu à une modification de l'innovation, est essentielle dans le processus d'innovation.

L'innovation contient bien une mise à l'épreuve et une adoption de pratiques / systèmes / organisations nouveaux.

On peut positionner ces différentes étapes sur une échelle qui conduit de la production de connaissances fondamentales à l'adoption et au déploiement de systèmes opérationnels nouveaux. Une telle échelle a été proposée initialement par la NASA sous le terme TRL pour *Technology Readiness Level* (ou degré de maturation technologique) (MANKINS, 1995).

Ceci conduit à **positionner l'innovation dans un espace à trois dimensions** :

- celle du système que l'on cherche à modifier ;

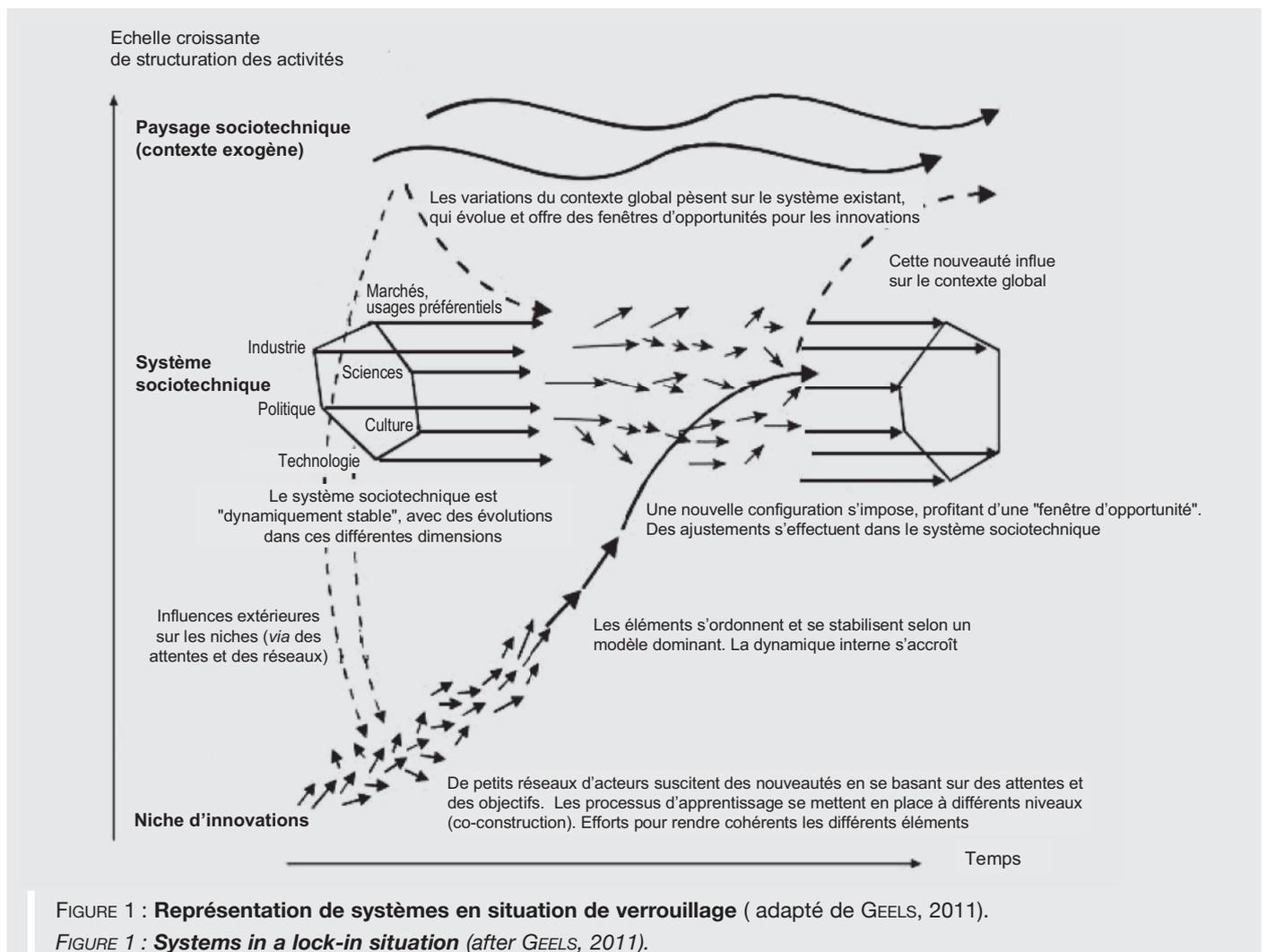
- celle des performances que l'on cherche à modifier ou qui servent de métrique au changement (cf. *infra*) ;

- celle des acteurs concernés par le processus d'innovation. Le jeu d'acteurs mobilisés dans un processus de conception et d'adoption a été décrit par REAU *et al.*, (2012).

2. Comprendre des systèmes en verrouillage

Le processus d'adoption d'innovation se fait dans un système sociotechnique établi, mettant en interaction différents acteurs de la sphère économique ou institutionnelle. Ce système sociotechnique peut être considéré comme en état d'équilibre. De tels systèmes sont alors difficiles à déplacer, du fait de mécanismes d'auto-renforcement. Ils peuvent alors être considérés comme verrouillés (FARES *et al.*, 2012). Le verrouillage est collectif, lié aux relations entre les acteurs ; il ne signifie pas qu'un des acteurs seul « verrouille » intentionnellement et détienne la clé du changement. Parmi les sources d'auto-renforcement, il y a les « Rendements Croissants d'Adoption » (plus une technologie est adoptée, plus elle devient attractive et performante), dont on verra plus loin que l'on peut les utiliser pour favoriser l'adoption d'innovation.

Cette configuration a été particulièrement étudiée sur le plan théorique au travers des travaux de GEELS (2002, 2011) qui montrent que **le régime sociotechnique dominant existe dans un paysage réglementaire, institutionnel et économique**. A côté de ce régime dominant, il existe **des situations de niches d'où peuvent émerger des innovations techniques ou organisationnelles** susceptibles de venir s'hybrider avec le régime dominant et induire son déplacement (figure 1). Mais cette situation permet aussi d'identifier que **certaines dispositions réglementaires peuvent venir renforcer un verrouillage sociotechnique**. On peut ici citer les cahiers des charges, par exemple dans le cadre des AOC, qui en définissant un cadre d'exercice rendent particulièrement difficile le déplacement et les changements d'attitude des acteurs concernés. Dans le domaine de la création variétale, par exemple sur les espèces fourragères, la définition des critères d'inscription peut renforcer une situation ou au contraire conduire à déplacer des équilibres soit en forçant l'évolution des critères d'inscription, soit en permettant l'inscription de variétés sur de nouvelles espèces. Certaines innovations technologiques peuvent également venir renforcer la cohérence sous-jacente au régime sociotechnique dominant (LABARTHE, 2010, 2012). On peut ici citer dans le cadre de l'élevage bovin laitier les conséquences que pourrait avoir



la sélection génomique en renforçant la vitesse de progrès génétique au sein d'une seule race (Holstein) et sur les critères majeurs pré-existants (la performance laitière surtout). La même situation se produira vraisemblablement dans le domaine de l'amélioration génomique des espèces fourragères, puisqu'un petit nombre seulement de ces espèces à génome complexe (allogames et souvent polyploïdes) pourra bénéficier de l'ensemble des ressources génomiques nécessaires (séquence complète du génome, puces d'ADN). Et cela n'indira pas obligatoirement de changement sur les objectifs de sélection.

De telles **situations de verrouillage** ont été décrites en production agricole. On peut citer les exemples suivants : les freins à la diversification des systèmes de production, liés à la fois au déficit de production de connaissances, de références techniques et d'innovations variétales sur les espèces nouvelles et à la difficulté d'organiser les liens entre les acteurs d'une filière émergente (MEYNARD *et al.*, 2013), la difficile transition vers l'agroécologie (VANLOQUEREN et BARET, 2009), l'organisation de la filière blé dur (FARES *et al.*, 2012), les systèmes de production agricole très simplifiés de la Pampa argentine (SALEMBIER et MEYNARD, 2013) ou encore la difficulté d'introduire des légumineuses dans les systèmes de production agricole métropolitain (VOISIN *et al.*, 2014).

Pour expliquer que certaines innovations ne soient pas adoptées par des agriculteurs qui en connaissaient l'existence, BROSSIER (1980) disait : « *Nous supposons que les agriculteurs ont de bonnes raisons de faire ce qu'ils font* ». Cette hypothèse s'appliquait aux logiques individuelles des exploitations, mais l'analyse de situations de verrouillage met aussi en avant le caractère collectif de ces « bonnes raisons ».

3. Favoriser la conception et identifier les effets de fixation

Les freins individuels à l'adoption d'innovations et le constat de situations de verrouillage (*lock-in*) permettent de cerner la difficulté d'un changement, de comprendre que l'innovation (adoption d'une invention) ne se produit pas *ipso facto* et de montrer que la transition doit concerner de façon cohérente les différents acteurs.

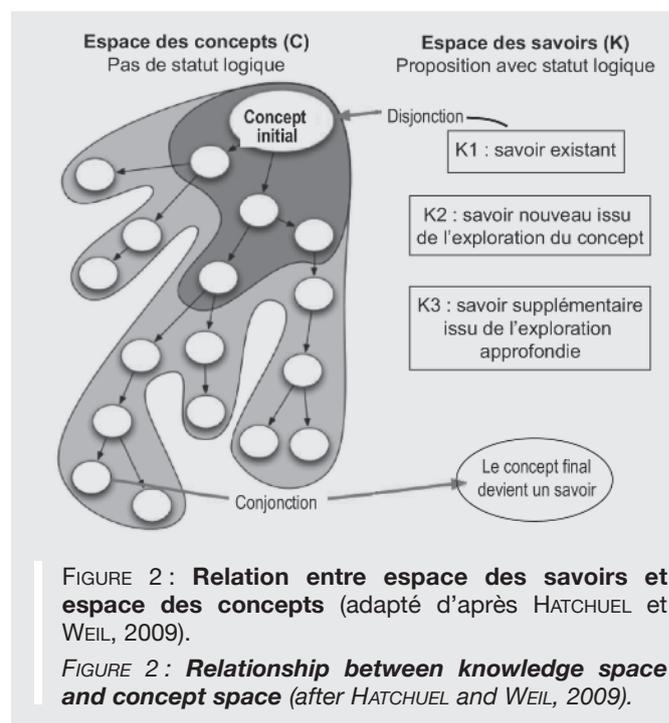
Mais ce constat ne suffit pas à **donner une direction à l'innovation**. Et il s'agit là d'un défi central. Vers où peut-on aller, sachant qu'il n'existe pas une solution unique mais des avenir possibles ?

Les démarches de **réflexion prospective** ont été et sont nombreuses. Les cadres théoriques ont été largement posés et éprouvés dans le domaine de la production agricole. On citera ici les travaux de M. SÉBILLOTTE, R. BARRÉ ou M. GODET, ayant conduit à différentes analyses prospectives pour des filières de productions agricoles en s'appuyant sur des corpus d'hypothèses et de micro-scénarios (oléagineux : SÉBILLOTTE *et al.*, 2003 ; semences : SÉBILLOTTE, 1998). Il s'agit souvent d'analyses stratégiques très globales et parfois peu applicables au traitement d'une question plus pragmatique et appliquée. Il existe toutefois

différents exemples où, avec un travail adapté, les analyses prospectives ont été déclinées en implications concrètes pour les systèmes de production (RONFORT *et al.*, 2011).

La méthodologie de conception de systèmes agricoles est devenue objet de recherche depuis les années 80 (MEYNARD et GIRARDIN, 1991). Sur les systèmes fourragers, on peut en particulier citer les travaux de DURU et HUBERT (2003) et, plus récemment, ceux de MARTIN *et al.* (2013). La **théorie de conception innovante** (théorie C-K pour *Concept - Knowledge*), développée par HATCHUEL et WEIL (2003, 2009) offre un cadre nouveau pour conduire de tels travaux et propose une nouvelle lecture du rôle de la recherche et de la production de savoirs dans la conception d'innovations (figure 2). Elle montre que **la conception se fait selon des lignées, organisées autour de nœuds offrant des choix, et où il peut être nécessaire de faire appel à des savoirs existants, ou des savoirs nouveaux à construire**. A la différence de la conception, la structure des savoirs correspond beaucoup plus à une structure en archipel. Et c'est aux concepteurs, *via* des discussions avec le monde de la recherche, qu'il convient de naviguer d'île en île. Ainsi se construit une boucle vertueuse entre la construction de chemins de conception et le besoin de production de savoirs nouveaux.

Ce cadre théorique est particulièrement fertile. Développé initialement dans le cadre industriel, il a été appliqué avec succès à des situations agricoles, comme le montre la thèse de E. BERTHET (2013) sur l'introduction de cultures de luzerne en plaine céréalière pour des enjeux environnementaux (voir dans ce numéro l'article de BERTHET *et al.*, 2014). Ce travail souligne les potentialités de cette approche de la conception et la nécessaire mobilisation de tous les acteurs, ce qui rejoint l'analyse de REAU *et al.* (2012) ou de PETIT *et al.* (2012) sur l'importance d'une implication d'acteurs très divers en vue de capturer la créativité largement distribuée.



Mais le cadre théorique C-K pointe également un élément majeur de la capacité à créer. Il s'agit de l'importance des effets de fixation. Les **effets de fixation** sont des éléments du paysage que l'on considère comme invariants. Ils sont susceptibles d'être induits par de nombreuses causes : histoire, réglementation, intérêt individuel. Les effets de fixation conduisent à oublier certains nœuds, sources de variation et d'options nouvelles. Ils peuvent aussi être renforcés par le pilotage de la recherche qui, en orientant les projets de recherche, pourrait ne pas permettre l'exploration de champs nouveaux. Il est toujours difficile de préciser *ex ante* les invariants réels ou supposés d'un paysage à explorer, mais on peut raisonnablement faire l'hypothèse que les invariants réels sont peu nombreux ; en conséquence, c'est bien notre capacité à concevoir qui est limitée par les effets de fixation. Evitons de toujours labourer les mêmes sillons !

Pour explorer, il nous faut préciser le périmètre de l'analyse et du système, en considérant l'objet que l'on étudie dans un champ large, avec des interactions complexes, non linéaires, entre les objets présents dans ce champ. Les agroécosystèmes sont particulièrement concernés par l'importance des approches systémiques, comme le soulignaient MEYNARD et GIRARDIN dès 1991, avec l'émergence de la protection et de la production intégrées. La construction d'un tel système dépend bien évidemment de la problématique, les frontières pouvant être mises là où les effets de rétroactions deviennent négligeables sur l'objet central d'étude (HUYGHE *et al.*, 2005, sur les prairies et systèmes fourragers).

4. Disposer d'outils pour l'évaluation mono- et multicritère *ex ante* et *ex post*

L'analyse de voies nouvelles suppose que l'on dispose d'une métrique pour mesurer les changements générés (souvent qualifiés de « progrès »). Si l'on a classiquement considéré la production et la performance économique comme critères d'évaluation essentiels, il est aujourd'hui évident qu'il est nécessaire de **élargir le champ d'analyse et de prendre en compte l'ensemble des biens et des services que peut produire une exploitation agricole**. Il faut à ce titre que la dimension environnementale soit prise en compte de façon explicite. Cette dimension comporte d'ailleurs deux composantes : d'une part, la consommation de ressources faiblement ou non renouvelables (eau, énergie fossile, phosphore) et, d'autre part, l'impact sur le milieu (eau, air, sol, biodiversité). **L'analyse de la relation entre performance productive et dimension environnementale** pose la question de la linéarité, de la concavité ou de la convexité de cette relation (GREEN *et al.*, 2005 ; DESQUILBET *et al.*, 2013) et donc de savoir si un compromis est acceptable ou non. La convexité de la relation permet d'imaginer des situations avec un meilleur compromis global où, lorsque la performance productive augmente, la performance environnementale diminue très lentement.

Il est également nécessaire de prendre en compte dans l'évaluation multi-critère la **dimension sociale**, même si ceci est nettement plus difficile. Mais la prise en compte de la charge, de la pénibilité et de la complexité du travail est indispensable, de même que, pour les systèmes de production animale, les conséquences sur le bien-être animal (et humain). La capacité à conduire une activité seul ou l'obligation de mise en œuvre de chantiers collectifs sont également à inscrire dans la dimension sociale. C'est par exemple la capacité à conduire les chantiers de récolte de fourrages en totale autonomie qui explique pour une part l'intérêt des éleveurs vis-à-vis de l'enrubannage ou du séchage en grange.

Quand on augmente le nombre de critères à prendre en compte, la question de leur agrégation est immédiatement posée. Des outils d'intégration comme l'outil Masc (CRAHEIX *et al.*, 2012 ; NAUDIN *et al.*, 2014, cet ouvrage) offrent la possibilité de construire, avec les acteurs concernés, une pondération entre les différentes performances prises en compte, mais avec la difficulté d'analyser l'impact d'une innovation possible sur une performance donnée. La représentation « en radar » est une alternative fréquemment retenue, mais qui donne *a contrario* et de façon implicite un poids équivalent à chacune des performances considérées.

Les indicateurs des différentes performances posent aussi la question de leur **agrégation à différentes échelles**, depuis la parcelle ou l'atelier de production, jusqu'aux échelles de l'exploitation et du territoire.

Une autre **question** mérite également attention, celle **des temporalités**. En effet, les différentes performances mentionnées ci-dessus ne vont pas présenter le même pas de temps de réponse à un changement de pratiques ou de système de production. Ainsi, l'évaluation *ex ante* à l'aide de modèles permet de prendre en compte les effets à long terme des pratiques ou systèmes, mais peut manquer de précision pour analyser les transitions. A l'opposé, le test en grandeur nature met d'abord en lumière les effets à court terme, et il rare qu'il dure suffisamment longtemps pour que s'expriment des effets à long terme. Une telle situation est particulièrement visible dans le cas de systèmes d'agroforesterie, à la fois en production animale (prairies - vergers par exemple) ou en production végétale. Si les conséquences économiques sont pénalisées de façon instantanée par l'emprise de la surface arborée et du couvert enherbé associé, les bénéfices économiques et environnementaux liés aux régulations biologiques permises par la strate arborée ne seront enregistrés que sur des pas de temps longs. Ceci souligne l'importance de la mise en place de tests chez les agriculteurs (*cf. infra*) et de déployer simultanément des études systémiques à long terme dans des unités expérimentales. Du dialogue entre ces deux types de démarches expérimentales et de la mobilisation complémentaire de la modélisation pourront émerger une production scientifique et technique originale et des innovations pertinentes.

5. Lever les freins au changement et favoriser l'adoption d'innovation

Les systèmes verrouillés identifiés, les chemins de la conception décrits et les innovations potentielles identifiées, il faut également s'interroger sur les moyens qui permettent de favoriser leur adoption par les acteurs, et donc dans le cas présent par les agriculteurs. L'accompagnement du changement constitue un point essentiel pour les acteurs du développement agricole, même s'il ne suffit pas à lui seul à permettre de déplacer des systèmes verrouillés (MEYNARD *et al.*, 2013).

Dans le cadre d'une compétition / concurrence entre deux ou plusieurs technologies, l'**existence de « Rendements Croissants d'Adoption »** (RCA) va avoir pour effet principal d'altérer les conditions de la concurrence entre ces technologies et, par suite, l'issue même de la compétition qui peut déboucher sur une situation de verrouillage en faveur de l'une des technologies (ARTHUR, 1989). Les RCA constituent un **mécanisme d'auto-renforcement** dans la mesure où plus une technologie est adoptée, plus elle devient attractive et performante. C'est donc une source majeure de verrouillage, mais **dont on peut utiliser les mécanismes pour favoriser une transition vers un autre équilibre**. Il existe six principales sources de RCA qui peuvent conduire à lever une situation de verrouillage :

- l'apprentissage par l'usage au double titre du « *learning by doing* » (ARROW, 1962) et du « *learning by using* » (ROSENBERG, 1982) : plus une technologie est adoptée, plus les effets d'expérience vont jouer en faveur de sa diffusion et de son amélioration. On peut étendre la notion d'apprentissage à la formation initiale ;

- les économies d'échelle : l'accroissement des facteurs de production entraîne une augmentation plus que proportionnelle des volumes produits ;

- les externalités de réseau, directes et indirectes. Les externalités de réseau directes correspondent à la situation où l'intérêt pour un utilisateur d'une technologie donnée augmente avec le nombre d'utilisateurs de ladite technologie : il s'agit d'un effet de club. Les externalités de réseau indirectes correspondent à la situation où un utilisateur bénéficie d'externalités d'offre générées par le nombre croissant d'utilisateurs de la technologie *via*, par exemple, un nombre croissant de prescripteurs, de conseillers, d'installateurs et/ou de réparateurs de la technologie considérée ;

- les rendements croissants d'information : une technologie est d'autant plus répandue qu'elle est bien connue, ceci en raison de l'aversion pour le risque des producteurs de la technologie et de ses utilisateurs qui les conduit à renforcer le choix pour la technologie dominante ;

- les interactions et faisceaux technologiques : une technologie va connaître des prolongements dans la mise au point de produits et/ou de services voisins et de technologies qui vont venir structurer la filière et son environnement technique ;

- la formation initiale des usagers : les acteurs issus d'une même formation auront une capacité augmentée à interagir pour faciliter l'adoption d'une technologie donnée.

Arrêtons-nous un instant sur trois de ces sources de Rendements Croissants d'Adoption.

Tout d'abord **le rôle de l'apprentissage et de la formation**. Il est **central** et, dans le domaine des prairies, on doit se demander comment on peut revisiter les enseignements pour en faire comprendre à la fois les aspects techniques très appliqués et les démarches systémiques. Mais l'apprentissage (*learning by doing*, apprendre en faisant) nécessite aussi de reconsidérer la façon dont les échanges avec les agriculteurs permettent de mobiliser leurs savoirs (collecter et mettre à disposition d'autres agriculteurs), mais aussi d'accompagner les niches d'innovation, où sont mis au point et testés des systèmes nouveaux.

Il s'agit ensuite **des externalités directes de réseau, qui traduisent les fonctionnements collectifs des agriculteurs**. Il existe une grande diversité de groupes et de réseaux, depuis les réseaux d'échanges de connaissances et d'expérience, d'organisation collective (CUMA par exemple), de contractualisation ou d'acquisition en commun de données (réseaux Ecophyto, suivi de croissance de l'herbe). Ces différents fonctionnements collectifs ont été au cœur des grandes révolutions agricoles du siècle dernier, en favorisant le test et l'adoption de techniques. Ils existent toujours comme le montrent les travaux et les succès du CEDAPA, des CIVAM et de nombreux groupes de Chambres d'Agriculture (VERTÈS *et al.*, ce volume). Les groupes Ecophyto mobilisent largement ce processus dans le cadre de la démarche nationale de réduction de l'utilisation de phytosanitaires, où il y a à la fois l'acquisition de données et la construction de références, mais aussi la diffusion de savoirs et savoir-faire. Mais la composition des réseaux ne peut pas reposer sur une base aléatoire. Elle doit tenir compte des réseaux sociaux existants (COMPAGNONE *et al.*, 2008). Elle doit aussi tenir compte de l'existence d'une grande hétérogénéité au sein du monde agricole dans la capacité à adopter une innovation, telle qu'a pu le décrire de façon générale ROGERS (2003) ou que l'ont analysé OSTY et AURICOSTE (1989) sur les élevages ovins du Causse Méjean. Il faut alors pouvoir s'appuyer sur la fraction la plus proactive, qualifiée d'*early adopters* (adeptes précoces) pour ROGERS (2003).

Enfin, **les externalités indirectes** de réseau peuvent jouer un rôle important, en particulier dans le domaine des prairies et systèmes fourragers. On peut ici identifier deux ensembles très différents, que sont d'une part **le conseil**, et d'autre part **les réseaux liés aux technologies de précision**. Au-delà de la diminution du nombre de conseillers ayant une compétence et plus encore une mission dans ce domaine, force est de constater que les supports techniques partagés ne sont pas légion, même si on peut signaler plusieurs initiatives intéressantes et prometteuses, qu'il s'agisse d'outils d'aide à la gestion du pâturage ou de choix de variétés. Les pratiques et équipements nécessaires à l'agriculture de

précision reposent sur une capacité de géolocalisation. Ils restent très peu développés pour la conduite des prairies (exemple d'INAMASU *et al.*, 2011 au Brésil), mais on sait qu'en cultures annuelles, la précision du guidage permise par les systèmes GPS n'est pas suffisante et doit être renforcée par des équipements au sol (antennes RTK), qui ont intérêt à être mutualisés. L'installation de telles antennes collectives constitue une réelle externalité indirecte de réseau, avec des effets d'entraînement. Un tel processus n'existe pas quand les équipements sont totalement individuels comme pourraient l'être ceux nécessaires à la mise en œuvre d'un élevage de précision (BERCKMANS, 2009 ; MEURET *et al.*, 2013). Ainsi, les développements technologiques exogènes, certains étant générés par les entreprises du machinisme, constituent des ressources à suivre avec attention car susceptibles de générer des externalités indirectes de réseau.

De façon globale, la formation, l'accompagnement et le développement d'outils s'attachent à faire baisser le risque lié à la mise en œuvre d'un système technique ou d'une pratique, mais aussi l'aversion au risque, qui est une composante intrinsèque de l'activité humaine. L'aversion au risque est particulièrement forte face à des phénomènes à forts aléas, et donc faiblement prévisibles. La **réflexion sur le risque** doit aussi nous amener à compléter la façon dont sont valorisés les résultats expérimentaux, quels qu'en soient les dispositifs. En effet, de même que l'on cherche à caractériser la moyenne, il est également important de documenter la variance des phénomènes et des processus étudiés, et l'incidence d'une décision erronée.

6. La complexité au cœur du questionnement

Le graal de l'innovation est la conception de systèmes répondant aux enjeux de production, de viabilité économique, économes en ressources et respectueux de l'environnement et socialement acceptables (voire souhaitables). Sur la base du fonctionnement des écosystèmes naturels et de l'évolution des espèces, il est souvent évoqué que des systèmes complexes permettraient d'atteindre une combinaison optimale, ces systèmes présentant une plus grande résilience (capacité à revenir à la forme initiale après une déformation induite pas un aléa ; DEFFUANT et GILBERT, 2011), une plus grande robustesse (capacité à ne pas se déformer sous l'effet d'un aléa ; LUERS *et al.*, 2003) et une meilleure capacité à utiliser de façon complémentaire plusieurs « niches écologiques ». Ceci est à étudier en détail, mais trouve un écho dans le domaine de la production fourragère, dans la mesure où les prairies à flore complexe présentent une meilleure capacité à produire dans des conditions mésotrophes que les prairies à flore simple.

Toutefois, la complexité va fortement interagir avec la performance sociale d'un système de production, car elle va être source de tension mentale (GUÉRIN *et al.*, 2001) ou nécessiter une plus grande compétence technique pour gérer cette complexité. Elle peut aussi générer une

aversion au risque. De la même façon, la complexité générée par la multiplicité des enjeux, parfois contradictoires, peut conduire à un rejet.

Conclusion

L'innovation en agriculture est un processus complexe, car il fait intervenir une vaste gamme de processus. La diversification des enjeux liés à l'agriculture et la nécessité de concilier différentes performances rendent le processus encore plus difficile, à la fois par la difficulté de se doter de critères partagés et aussi parce que les orientations peuvent varier selon les acteurs.

Mais, de façon sous-jacente, la question de l'innovation rejoint celle du progrès et la représentation que les différents acteurs se font de ce progrès. Ce n'est plus aujourd'hui uniquement l'augmentation de la production par unité de surface ou par animal. Ce n'est plus non plus la recherche de l'animal le plus lourd, même si on peut en douter quand on circule dans les allées du Salon de l'agriculture. Cette construction du sens du progrès est encore plus délicate dans le cas des prairies où c'est l'image de la tradition qui imprègne les représentations collectives, avec une conduite basée sur des savoir-faire ancestraux, cette tradition pouvant également être source d'effets de fixation forts.

Ces réflexions sur l'innovation et leur déclin dans le cas des prairies doivent donc nous amener à construire collectivement une représentation du progrès que nous voulons pour la prairie et les systèmes fourragers, à concevoir l'ensemble des voies pour y parvenir et à interroger ensuite la recherche sur les connaissances à produire. Les Réseaux Mixtes Technologiques 'Prairies Demain' et 'Polyculture - Elevage' qui débutent en 2014 seront sans nul doute des lieux favorables à de telles constructions.

Accepté pour publication,
le 11 février 2014

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARROW K. (1962) : "The economic implications of learning by doing", *Review of Economics Studies*, vol. 29, réédition dans : ARROW K. (1985) : "Collected essays", vol. 5, *Production and capital*, Blackwell, Oxford.
- ARTHUR W. (1989) : "Competing technologies, increasing returns, and lock-in by historical events", *Economic J.*, 99, 116-31.
- BERCKMANS D. (2009) : "Perspectives of precision livestock farming. Powerpoint key-note", *Bright animal project open day meeting*, Halifax, UK.
- BERTHET E.T.A. (2013) : *Contribution à une théorie de la conception d'un agro-écosystème. Fonds écologique et inconnu commun*, thèse, Mines Paristech et INRA.
- BERTHET E.T.A., BRETAGNOLLE V., SEGRESTIN B. (2014) : "Surmonter un blocage de l'innovation par la conception collective. Cas de la réintroduction de prairies dans une plaine céréalière", *Fourrages*, 217, 13-21.
- BROSSIER J. (1980) : "De la recherche sur les décisions des agriculteurs à la formation économiques des agriculteurs", *Economie rurale*, 136, 39-46.

- COMPAGNONE C., HELLEC F., MORLON P., MACÉ K., MUNIER-JOLAIN N., QUÉRÉ L. (2008) : "Raisonnement des pratiques et des changements de pratiques en matière de désherbage : regards agronomique et sociologique à partir d'enquêtes chez des agriculteurs", *Innovations Agronomiques*, 3, 89-105.
- CRAHEIX D., ANGEVIN F., BERGEZ J.-E., BOCKSTALLER C., COLOMB B., GUICHARD L., REAU R., DORÉ T. (2012) : "MASC 2.0, un outil d'évaluation multicritère pour estimer la contribution des systèmes de culture au développement durable", *Innovations Agronomiques*, 20, 35-48.
- DEFFUANT G., GILBERT N. (eds) (2011) : *Viability and resilience of complex systems*, Springer, 224 p.
- DESQUILBET M., DORIN B., COUVET D. (2013) : "Land sharing ou land sparing pour la biodiversité : Comment les marchés agricoles font la différence ?", *Innovations Agronomiques*, 32, 377-389.
- DURU M., HUBERT B. (2003) : "Management of grazing systems: from decision and biophysical models to principles for action", *Agronomie*, 23, 689-703.
- FARES M., MAGRINI M.B., TRIBOULET P. (2012) : "Agroecological transition, innovation and lock-in effects: The impact of the organizational design of supply chains. The French Durum wheat supply chain case", *Cahiers Agriculture*, 21, 34-45.
- GEELS F.W. (2002) : "Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case study", *Research Policy*, 31, 1257-1274.
- GEELS F.W. (2011) : "The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms", *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 1, 24-40.
- GREEN R.E., CORNELL S.J., SCHARLEMANN J.P.W., BALMFORD A. (2005) : "Farming and the fate of wild nature", *Science*, 307, 550-555.
- GUÉRIN F., LAVILLE A., DANIELLOU F., DURAFFOURG J., KERGUELEN A. (ÉDS.) (2001) : *Comprendre le travail pour le transformer ; la pratique de l'ergonomie*, Lyon, ANACT.
- HATCHUEL A., WEIL B. (2003) : "A new approach of innovative design: an introduction to C-K theory", *Proc. Int. Conf. on Engineering Design (ICED'03)*, Stockholm (Sweden), 109-124.
- HATCHUEL A., WEIL B. (2009) : "C-K design theory: an advanced formulation", *Research in Engineering Design*, 19, 181-192.
- HILL S.B., MC RAE R.J. (1995) : "Conceptual framework for the transition from conceptual to sustainable agriculture", *J. Sust. Agric.*, 7, 81-87.
- HUYGHE C. (2009) : "Evolution des prairies et cultures fourragères et des modalités culturales et d'utilisation en France au cours des cinquante dernières années", *Fourrages*, 200, 407-428.
- HUYGHE C., DURU M., PEYRAUD J.L., LHERM M., GENSOLLEN V., BOURNOVILLE R., COUTEAUDIER Y. (2005) : *Prairies et cultures fourragères: au carrefour des logiques de production et des enjeux environnementaux*, INRA Editions, 209 p.
- INAMASU R.Y., NAIME J.M., DE RESENDE A.V., BASSOI L.H., BERNARDI A.C.C. (eds) (2011) : *Agricultura de precisao : un novo olhar*, Embrapa instrumentação, Sao Carlos, 311 p.
- LABARTHE P. (2010) : "Services immatériels et verrouillage technologique : le cas du conseil technique aux agriculteurs", *Economies et Sociétés*, 44, 173-196.
- LABARTHE P. (2012) : "Public-Private Innovation Network in Knowledge Intensive Services: Co-production or Technological Lock-in? FARMSTAR, a Case Study in Advisory Services for Farmers", *Case Studies in Service Innovation*, Springer New York, 49-52.
- LUERS A.L., LOBELL D.B., SKLAR L.S., ADDAMS C.L., MATSON P.A. (2003) : "A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, Mexico", *Global Environmental Change*, 13, 255-267.
- MANKINS J.C. (1995) : "Technology Readiness Levels: A White Paper", NASA, Office of Space Access and Technology, Advanced Concepts Office.
- MARTIN G., MARTIN-CLOUAIRE R., DURU M. (2013) : "Farming system design to feed the changing world. A review", *Agronomy for Sustainable Development*, 33, 131-149.
- MCCANN M.C., ROGAN G.J., FITZPATRICK S., TRUJILLO W.A., SORBET R., HARTNELL G.F., RIODAN S.G., NEMETH M.A. (2006) : "Glyphosate-tolerant alfalfa is compositionally equivalent to conventional alfalfa (*Medicago sativa* L.)", *J. Agric. and Food Chemistry*, 54, 7187-7192.
- MEURET M., TICHIT M., HOSTIOU N. (2013) : "Elevage et pâturage « de précision » : l'animal sous surveillance électronique", *Courrier de l'environnement*, 63, 13-24.
- MEYNARD J.M., MESSÉAN A., CHARLIER A., CHARRIER F., FARES M., LE BAIL M., MAGRINI M.B., SAVINI I. (2013) : *Freins et leviers à la diversification des cultures. Etude au niveau des exploitations agricoles et des filières. Synthèse du rapport d'étude*, INRA, 52 p.
- MEYNARD J.M., GIRARDIN P. (1991) : "Produire autrement", *Courrier de la Cellule Environnement*, 15, 1-19.
- NAUDIN C., CAROF M., CELETTE F., MAWOIS M., AVELINE A. (2014) : "Former pour accompagner l'innovation en agriculture : valorisation d'expertises acquises en recherche au service de la formation en agronomie", *Fourrages*, 217, 91-99.
- OCDE (2005) : *Manuel d'Oslo: Principes directeurs pour le recueil et l'interprétation des données sur l'innovation*, 3^e édition.
- OSTY P.L., AURICOSTE C. (1989) : "Une image des élevages du Causse : évolutions récentes (1975-1983) et questions pour l'avenir", *Ann. Parc National des Cévennes*, 4, 15-54.
- PADGETTE S.R., KOLACZ K.H., DELANNAY X., RE D.B., LAVALLEE B.J., TINUIS C.N., RHODES W.K., OTERO Y.I., BARRY G.F., EICHHOLTZ D.A., PESCHKE V.M., NIDA D.L., TAYLOR N.B., KISHORE G.M. (1995) : "Development, identification, and characterization of a glyphosate-tolerant soybean line", *Crop Sci.*, 35, 1451-1461.
- PETIT M.S., REAU R., DUMAS M., MORAINÉ M., OMON B., JOSSE S. (2012) : "Mise au point de systèmes de culture innovants par un réseau d'agriculteurs et production de ressources pour le conseil", *Innovations Agronomiques*, 20, 79-100.
- REAU R., MONNOT L.A., SCHAUB A., MUNIER-JOLAIN N., PAMBOU I., BOCKSTALLER C., CARIOLLE M., CHABERT A., DUMANS P. (2012) : "Les ateliers de conception de systèmes de culture pour construire, évaluer et identifier des prototypes prometteurs", *Innovations Agronomiques*, 20, 5-33.
- ROGERS E.M. (2003) : *Diffusion of innovation*, 5th éd., Simon and Schuster, 576 p.
- RONFORT C., SOUCHÈRE V., MARTIN P., SEBILLOTTE C., CASTELLAZI M.S., BARBOTTIN A., MEYNARD J.M., LAIGNEL B. (2011) : "Methodology for land use change scenario assessment for runoff impacts: a case study in a north-western European Loess belt region (Pays de Caux, France)", *Catena*, 86, 36-48.
- ROSENBERG N. (1982) : *Inside the black box*, Cambridge University Press.
- SALEMBIER C., MEYNARD J.M. (2013) : "Evaluation de systèmes de culture innovants conçus par des agriculteurs: un exemple dans la Pampa Argentine", *Innovations Agronomiques*, 31, 27-44.
- SÉBILLOTTE M. (dir.) (1998) : *Prospective : avenir du secteur semencier, répercussions pour la recherche, Tome 1 : Le système des semences. Les anticipations pour la recherche, Tome 2 : Annexes*, INRA, Paris (2^e éd.), 151 p. et 185 p.
- SÉBILLOTTE C., RUCK L., MESSÉAN A. (dir.) (2003) : *Prospective compétitivité des oléagineux dans l'avenir*, (2 tomes), CETIOM, Paris.
- SCHUMPETER J.A. (1911) : *Théorie de l'évolution économique (Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung)*, 1^{re} éd.
- SCHUMPETER J.A. (1942) : *Capitalisme, socialisme et démocratie (Capitalism, Socialism, and Democracy)*.
- VANLOQUEREN G., BARET P.V. (2009) : "How agricultural research systems shape a technological regime that develops genetic engineering but locks out agroecological innovations", *Research Policy*, 38, 971-983.
- VOISIN A.S., GUÉGUEN J., HUYGHE C., JEUFRROY M.H., MAGRINI M.B., MEYNARD J.M., MOUGEL C., PELLERIN S., PELZER E. (2014) : "Legumes for feed, food, biomaterials and bioenergy in Europe: a review", *Agronomy for Sustainable Development*, on line : 10.1007/s13593-013-0189-y



Association Française pour la Production Fourragère

La revue *Fourrages*

est éditée par l'Association Française pour la Production Fourragère

www.afpf-asso.org



AFPF – Centre Inra – Bât 9 – RD 10 – 78026 Versailles Cedex – France

Tél. : +33.01.30.21.99.59 – Fax : +33.01.30.83.34.49 – Mail : afpf.versailles@gmail.com

Association Française pour la Production Fourragère