

Former pour accompagner l'innovation et son évaluation en agriculture : valorisation d'expertises acquises en recherche au service de la formation en agronomie

Christophe Naudin, Matthieu Carof, Florian Celette, Marie Mawois, Anne Aveline

▶ **To cite this version:**

Christophe Naudin, Matthieu Carof, Florian Celette, Marie Mawois, Anne Aveline. Former pour accompagner l'innovation et son évaluation en agriculture : valorisation d'expertises acquises en recherche au service de la formation en agronomie. Fourrages, 2014, 217, pp.91-99. hal-03703514

HAL Id: hal-03703514
https://isara.hal.science/hal-03703514

Submitted on 24 Jun 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Former pour accompagner l'innovation et son évaluation en agriculture : valorisation d'expertises acquises en recherche au service de la formation en agronomie

C. Naudin[1], M. Carof[2], F. Celette[3], M. Mawois[1], A. Aveline[1]

Les étudiants - ingénieurs en agriculture seront les chevilles ouvrières de l'accompagnement de l'agriculture vers plus de durabilité. Une construction pédagogique originale est présentée ici pour leur permettre d'acquérir durant leur formation les compétences nécessaires à la conception et l'évaluation de systèmes de culture innovants.

RÉSUMÉ

Le Travail Dirigé DEXi est un exercice pédagogique mis en œuvre pour des étudiants de fin de cycle d'ingénieur en agriculture qui bénéficie de l'expérience acquise dans le cadre d'un projet de recherche. En utilisant le logiciel générique DEXi, les étudiants sont amenés à créer un arbre d'évaluation multicritère de la durabilité des systèmes de culture. La pédagogie mise en œuvre est multiple et sensibilise les étudiants i) à la difficulté de penser des indicateurs pertinents et des références pour évaluer les systèmes de culture et ii) à la négociation pluri-acteurs. Au final, c'est une mise en situation professionnelle qui permet la prise en main progressive de l'évaluation multicritère et des outils, actuels et en émergence, d'aide à la décision pour les systèmes de production.

SUMMARY

Training aimed at promoting innovation and its evaluation in agriculture: using expert skills acquired through research as education tools in agronomy

DEXi Practical Case Studies are part of the academic course of students in their last year of training in agricultural engineering. Using DEXi generic software, students were asked to create a hierarchical cluster tree as a tool for evaluating the sustainability of farming systems based on multiple criteria. This training strategy is wide-ranging in its approach, and is based on the work and research methodology of the team. Expected competences and knowledge include: i) multi-criteria evaluation in agronomy, relevant tools and indicators, as well as weak and strong points of this method, ii) being capable of applying pluridisciplinary skills at different levels, iii) and developing analytical and negotiation skills for working as a member of a panel of experts. The aim is to test students in a real-life situation, so they can progressively learn to handle multi-criteria evaluation as well as currently available and emerging decision making tools for production systems.

L'exercice pédagogique présenté ici (appelé « TD DEXi ») a pour objectif de former des étudiants à évaluer des innovations agronomiques avant leur diffusion. Au sens large, l'innovation peut être définie comme résultant de nouvelles combinaisons (Schumpeter, 1934, cité par van Dijk et van Boekel, 2001). En agriculture, l'innovation, qu'elle soit technique, systémique et/ou organisationnelle, est un processus qui permet l'émergence d'une « nouveauté », ainsi que sa construction et son appropriation par les acteurs. Elle conduit à des modifications du système de production et de ses performances (agro-environnementales, économiques et sociales) qu'il s'agit d'évaluer avant d'en proposer une large diffusion.

Le TD DEXi est mis en œuvre pour des étudiants en dernière année de cursus d'ingénieur en agriculture[1]. Il **est l'application directe de l'expérience acquise dans**

1 : Le TD DEXi est proposé auprès des étudiants-ingénieurs en agriculture de la FESIA (Fédération de quatre écoles d'Ingénieurs en Agriculture, Agroalimentaire et Environnement) au sein du domaine d'approfondissement Agrecina (AGRoÉCologie et INnovations Agronomiques), dernière année de cycle ingénieur commune à l'ESA-Angers et l'ISARA-Lyon. Sur le même principe, mais sous une forme différente, il est proposé aux étudiants spécialisés en productions végétales à AgroCampus Ouest.

AUTEURS

1 : LUNAM Université, UR LEVA (SFR 4207 QUASAV) - Groupe ESA - Département Agronomie & Écologie, 55, rue Rabelais, BP 30748, F-49007 Angers cedex 01 ; c.naudin@groupe-esa.com

2 : AGROCAMPUS OUEST - UMR1069 - Sol Agro et hydrosystème Spatialisation, F-35000 Rennes

3 : ISARA-LYON - UR SCAB - Université Lyon, 23, rue Jean Baldassini, F-69364 Lyon

MOTS CLÉS : Aide à la décision, concertation, diagnostic, enseignement, innovation, méthode, simulation, système de culture, système fourrager.

KEY-WORDS : Aid to decision, concertation, crop system, diagnosis, forage system, innovation, method, simulation, teaching.

RÉFÉRENCE DE L'ARTICLE : 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.

le cadre du projet de recherche RotAB (« Rotations en Agriculture Biologique » ; Carof *et al.*, 2013 ; Colomb *et al.*, 2011). RotAB a impliqué des acteurs des instituts de recherche, de l'enseignement et du conseil du secteur agricole et a permis de proposer un outil d'évaluation multicritère dédié aux systèmes de culture biologique (outil MASC-OF) (Colomb *et al.*, 2013). Cet exercice pédagogique vise à **transmettre les compétences nécessaires à la compréhension et à la mise en œuvre de l'évaluation multicritère**. Il s'agit d'amener les étudiants, à partir du logiciel générique DEXi (Bohanec, 2007), à créer un arbre d'évaluation multicritère de la durabilité de systèmes de culture. Par **système de culture** nous entendons l'ensemble des modalités techniques mises en œuvre sur des parcelles traitées de manière identique. Il se définit par : i) la nature des cultures (il peut s'agir aussi bien de cultures de ventes que de cultures fourragères ou de prairies, monospécifiques ou en association), ii) leur ordre de succession, et iii) les itinéraires techniques appliqués à ces cultures (Sébillotte, 1974, 1990). Ainsi, on pourra trouver dans une exploitation agricole, caractérisée par son système de production, un ou plusieurs systèmes de culture. Ce concept a été élaboré par les agronomes en vue de représenter et évaluer les interactions entre milieu (climat et sol), peuplement végétal cultivé et opérations techniques, mais aussi pour concevoir de nouveaux systèmes de culture grâce aux connaissances acquises sur le fonctionnement du champ cultivé (Loyce et Wery, 2006).

1. L'évaluation multicritère au service de l'innovation agronomique

Les méthodes pour l'analyse et l'élaboration de systèmes de culture (incluant des cultures de rentes et/ou fourragères) s'inscrivent dans deux grands types de démarches (Meynard *et al.*, 2001). D'une part la démarche en innovation tendancielle (ou pas à pas) et d'autre part la démarche en innovation de rupture (ou *de novo*). Ces deux approches diffèrent surtout, dans une première étape, par le mode de définition du cadre d'objectifs et de contraintes. Dans les deux cas, l'étape suivante est l'élaboration proprement dite des systèmes de culture candidats. Elle peut s'appuyer sur deux grands types de méthodes : la modélisation et la mobilisation de dires d'experts. Par ailleurs, cette élaboration de systèmes ne se fait pas en une seule fois et nécessite des boucles qui peuvent être plus ou moins longues, nombreuses et affinées avec, à chaque fois, une étape d'évaluation de ces systèmes de culture candidats. Cette évaluation peut se faire par modélisation *a priori* des performances (mobilisant des outils d'évaluation multicritère comme MASC ; Sadok *et al.*, 2009) et/ou par l'expérimentation. Enfin, pour les systèmes ayant donné satisfaction, il peut être envisagé de les proposer dans la pratique (figure 1a).

Dans un contexte de prise de conscience des enjeux environnementaux, des initiatives de développement de

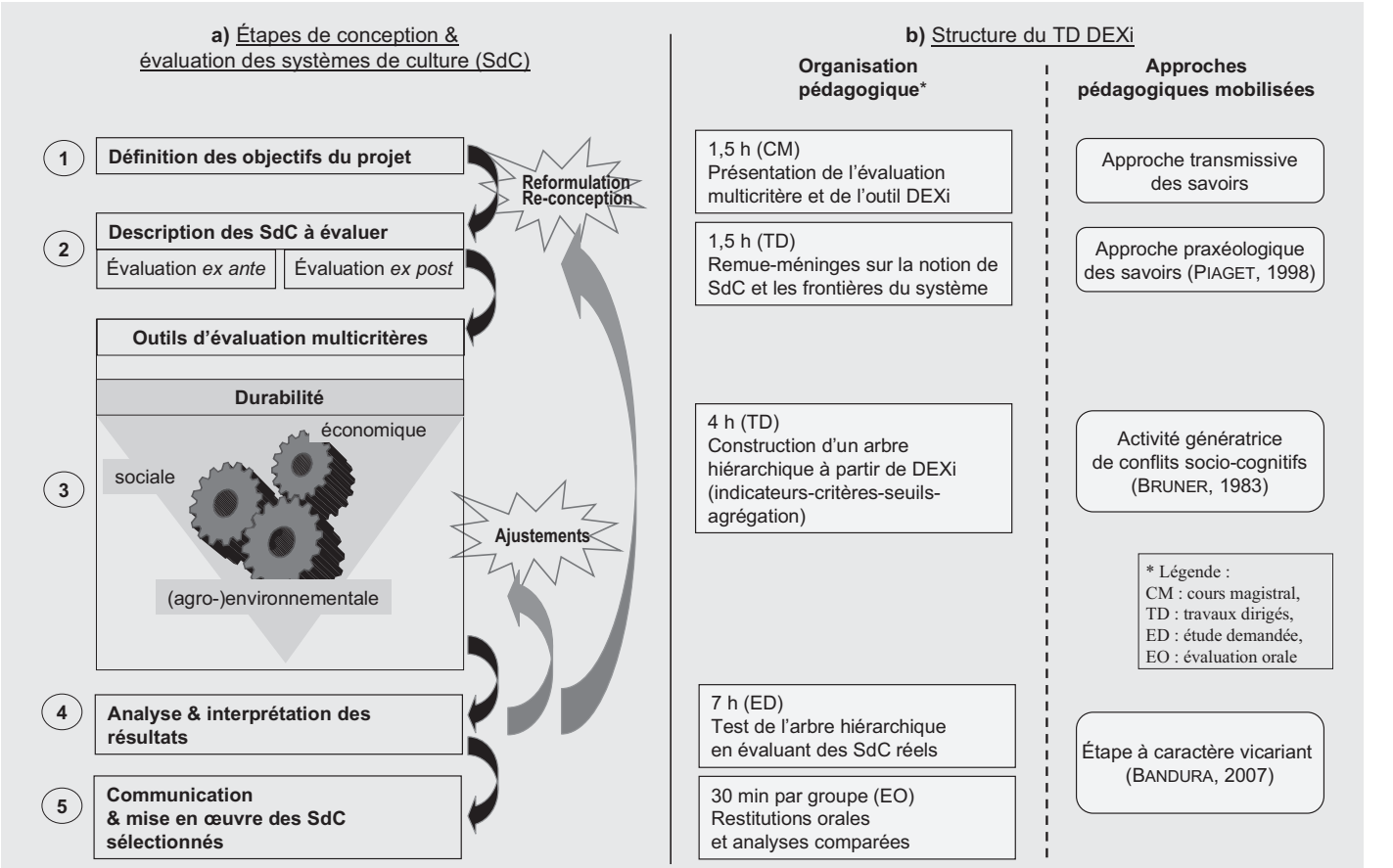


Figure 1 : **Mise en parallèle : a) de la démarche de conception-évaluation des systèmes de culture, et b) de la structure du TD DEXi.**

*Figure 1 : **Parallel review of the a) conception-evaluation strategy of farming systems, and b) TD DEXi structure.***

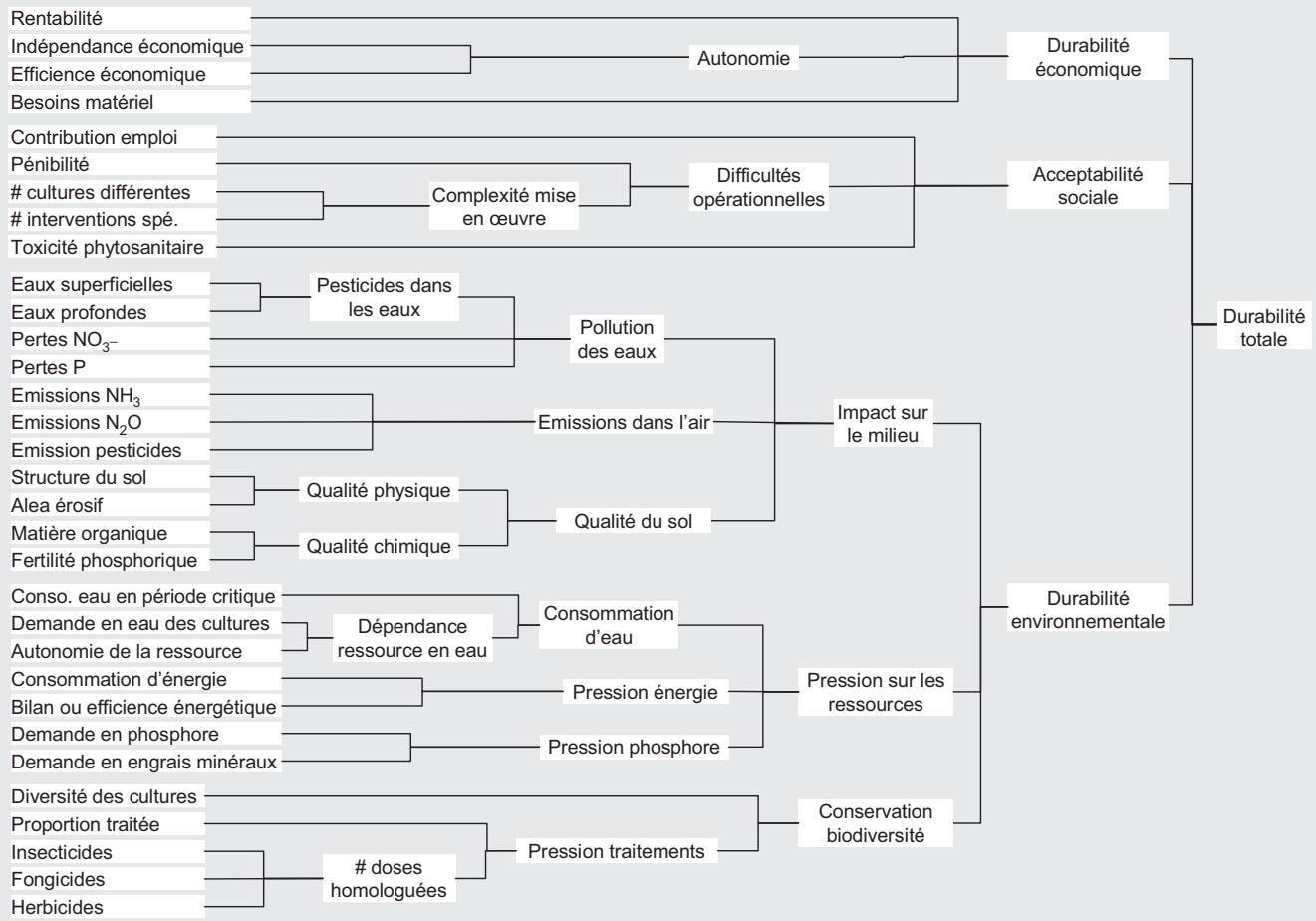
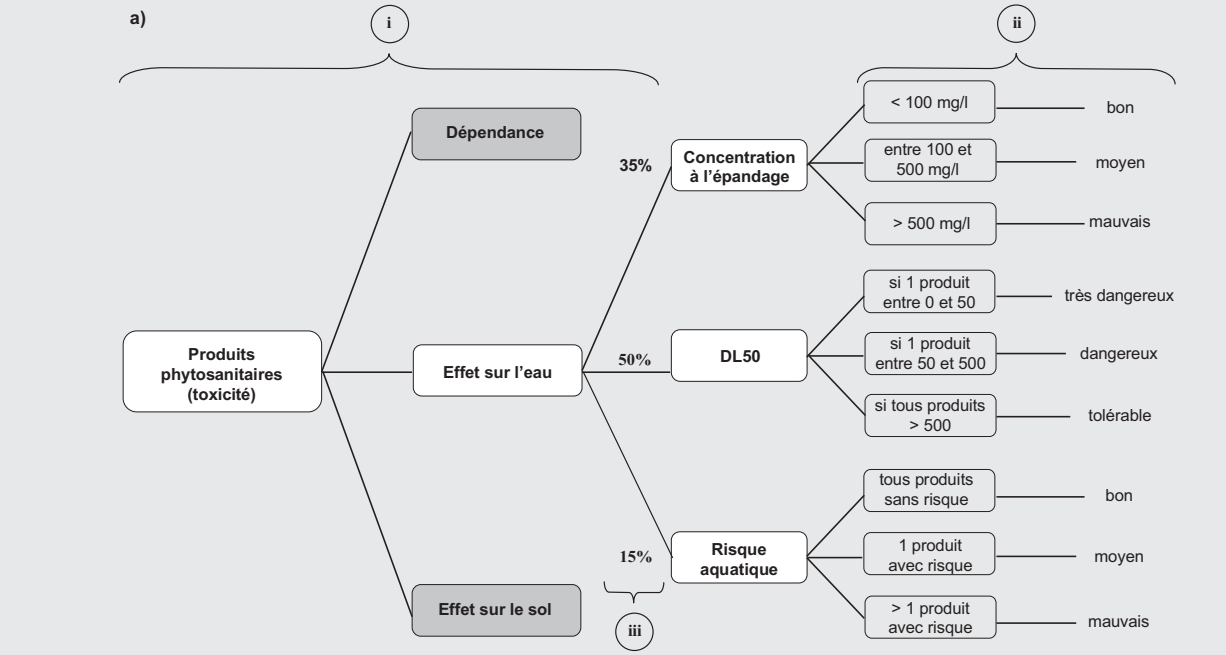


FIGURE 2 : **Arbre hiérarchique simplifié du modèle MASC** (SADOK *et al.*, 2009)
*FIGURE 2 : **Simplified hierarchical cluster tree of the MASC model** (SADOK et al., 2009).*

modes de production plus économes en intrants se multiplient, ce qui se traduit, dans le domaine des productions végétales, par le **développement de systèmes de culture innovants**. L'accompagnement de ces initiatives est une nécessité et passe par l'évaluation de la durabilité de ces systèmes de culture, tant sur le volet agroenvironnemental que sur les volets économique et social. Le **modèle MASC** (SADOK *et al.*, 2009 ; version 1.0) a été conçu par des agronomes de l'INRA, partant du constat de l'absence d'un **modèle simple d'évaluation multicritère de la durabilité des systèmes de culture**. Bien que prévu à l'origine pour évaluer *ex ante* des systèmes de culture innovants, MASC peut être utilisé pour évaluer et/ou comparer des systèmes existants, soit entre eux, soit par rapport à des systèmes nouveaux. Il est **implémenté dans le logiciel DEXi** (BOHANEC, 2007), à l'aide de la méthode DEX (Decision EXpert ; BOHANEC et RAJKOVIC, 1999), une méthode d'aide multicritère à la décision. MASC a pour objectif d'aider ses utilisateurs à porter un jugement i) sur le degré de satisfaction des objectifs socio-économiques assignés aux systèmes de culture évalués ; ii) sur le niveau de leurs impacts sur l'environnement ; iii) sur la pression exercée sur les ressources non renouvelables. Pour cela, **les systèmes de culture à évaluer sont caractérisés par un ensemble d'indicateurs de base relevant des trois domaines de la durabilité** (figure 2) ; on peut citer pour exemple la rentabilité, le risque d'érosion, la consommation d'énergie. Chaque indicateur de base est calculé ou évalué à dire d'expert puis transformé en variables qualificatives du type « faible », « élevé », « favorable », chacune étant comprise entre des valeurs seuils définies par les utilisateurs ou les experts concepteurs du modèle. A partir de cet ensemble d'indicateurs de base transformés, des indicateurs relatifs à la durabilité totale et aux trois dimensions de la durabilité sont déterminés par un processus d'agrégation progressive (figure 3a). L'agrégation repose sur l'utilisation de jeux de règles de raisonnement qualitatif du type « si l'indicateur A est faible et si l'indicateur B est élevé alors l'indicateur C est moyen » (figure 3b et c). Ces jeux de règles ont un caractère non normatif et reflètent le système de connaissances et de préférences du collectif d'utilisateurs. En sortie, le modèle d'évaluation fournit donc les jugements associés à chacun des indicateurs intermédiaires et à l'indicateur de durabilité totale, en plus des jugements associés aux indicateurs de base. L'ensemble de ces jugements constitue un « profil » d'appréciation des performances des systèmes de culture étudiés vis-à-vis de la durabilité. Ce profil permet de réaliser une analyse des forces et des faiblesses de chacun des systèmes de culture ou de les regrouper par type.



b)

Decision rules effets sur l'eau

Mauvais

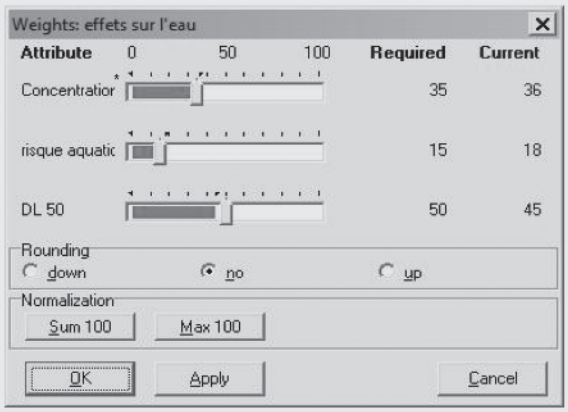
Use scale orders
Use weights

	Concentration*	risque aquatique	DL 50	effets sur l'eau
1	mauvais	mauvais	très dangereux	**Mauvais**
2	mauvais	mauvais	dangereux	Mauvais
3	mauvais	mauvais	tolérable	Moyen
4	mauvais	moyen	très dangereux	Mauvais
5	mauvais	moyen	dangereux	Moyen
6	mauvais	moyen	tolérable	Moyen
7	mauvais	bon	très dangereux	Mauvais
8	mauvais	bon	dangereux	Moyen
9	mauvais	bon	tolérable	Moyen
10	moyen	mauvais	très dangereux	Mauvais
11	moyen	mauvais	dangereux	Moyen
12	moyen	mauvais	tolérable	Moyen
13	moyen	moyen	très dangereux	Mauvais
14	moyen	moyen	dangereux	Moyen
15	moyen	moyen	tolérable	Bon
16	moyen	bon	très dangereux	Moyen
17	moyen	bon	dangereux	Moyen
18	moyen	bon	tolérable	Bon
19	bon	mauvais	très dangereux	Moyen
20	bon	mauvais	dangereux	Moyen
21	bon	mauvais	tolérable	Bon
22	bon	moyen	très dangereux	Moyen
23	bon	moyen	dangereux	Moyen
24	bon	moyen	tolérable	Bon
25	bon	bon	très dangereux	Moyen
26	bon	bon	dangereux	Bon
27	bon	bon	tolérable	**Bon**

Rules: 2/27 (7,41%), determined: 100,(

OK Cancel

c)



* : Concentration à l 'épandage

FIGURE 3 : **Exemple de hiérarchisation et agrégation réalisées par les étudiants : cas de l'effet sur l'eau des produits phytosanitaires** a) Sous-arbre hiérarchique : i) définition des critères, ii) définition des seuils, iii) pondérations des différents critères "à dire d'acteurs" (*i.e.* issues des négociations entre étudiants) ; b) mise en œuvre de l'agrégation sous DEXi ; et c) réglage de pondération entre critères lors de l'agrégation sous DEXi.

FIGURE 3 : ***Exemples of hierarchization and aggregation submitted by students: study case of the effect of crop protection products on water*** *a) Sub-cluster: i) determination of criteria, ii) determination of thresholds, iii) ponderation of criteria submitted by students after negotiation between themselves; b) implementation of the aggregation under DEXi ; and c) fine-tuning of ponderation between criteria during aggregation under DEXi.*

2. Le TD DEXi : une mise en situation d'expertise pour transmettre les compétences pour l'évaluation multicritère en agronomie

Prérequis et objectifs

Les prérequis nécessaires à ce travail dirigé (TD) sont **principalement des connaissances sur les systèmes de culture** (notamment : définition, échelles de temps et d'espace investies, principes de base pour le raisonnement des rotations et assolements en contexte de production agricole), sur l'impact environnemental des pratiques agricoles (par exemple, dynamiques et flux des éléments dans le sols, consommation d'énergie en fonction des types d'interventions culturales, *etc.*), sur l'organisation du travail (notion de pics de travail, références simples et générales sur les temps de travaux relatifs entre opérations culturales…) et sur les conséquences de choix d'opérations culturales sur les performances économiques des systèmes de production (par exemple références simples et générales sur les coûts comparés de différentes techniques de travail du sol). **Le TD DEXi est structuré de manière à montrer aux étudiants qu'ils sont capables de mobiliser des connaissances expertes multiples mais aussi et surtout de les formaliser et de les organiser.**

A l'issue du TD, les connaissances et compétences essentielles attendues sont : i) maîtriser la notion de durabilité appliquée aux systèmes de culture, ii) connaître la démarche de l'évaluation multicritère en agronomie, quelques-uns de ses outils et indicateurs, iii) être capable de mobiliser des connaissances pluridisciplinaires à différentes échelles, iv) être capable de proposer (parmi ceux connus des étudiants) ou de créer des indicateurs adaptés aux échelles du système à évaluer et cohérents avec les objectifs d'évaluation visés, v) s'initier aux réflexions et négociations propres à un travail en panel d'experts en se confrontant, sous forme d'un jeu de rôles, à une situation de négociation pluri-acteurs. Au final, inspiré d'une **pédagogie par projet**, le TD DEXi se veut une **mise en situation professionnelle** visant la prise en main progressive de l'analyse et des outils d'aide à la décision, actuels et en émergence, des systèmes.

Déroulement et organisation

Le TD DEXi se déroule sur 2,5 jours et est **structuré par 5 phases de travail distinctes calquées sur la démarche de conception - évaluation des systèmes de culture** présentée plus haut (figure 1b).

Il commence par un **cours magistral** (1,5 h) visant à présenter la théorie de l'évaluation et de l'aide à la décision ainsi que le logiciel générique DEXi. Ensuite, les étudiants sont accompagnés par les enseignants pour une **phase de remue-méninges** (ou « brainstorming ») collective afin de les amener à réfléchir aux délimitations spatiales et temporelles de l'évaluation d'un système de culture. La troisième phase est une **mise en situation des étudiants en panel d'expert** par groupe d'environ 10 à 12 étudiants. La mission qui leur est confiée est formulée de la manière suivante :

Votre mission : Collectif d'experts spécialisés en agronomie et/ou écologie, vous avez à charge de proposer un outil d'évaluation multicritère des systèmes de culture, utilisable par un conseiller technique, pour aider un (des) agriculteur(s) à choisir les systèmes à mettre en œuvre sur son (leur) exploitation.

1/ Que doit-on évaluer ? (définition - délimitation)

2/ Quels critères d'évaluation ?

3/ Quelle hiérarchie entre les critères ? (arbre des critères et fonction d'utilité)

4/ Quels indicateurs et seuils ?

Les étudiants de chaque groupe ont 4 heures **pour proposer une gamme d'indicateurs** (en en explicitant le mode de calcul) **et construire un arbre hiérarchique** permettant une agrégation des indicateurs en sous-critères, jusqu'au critère de durabilité totale. Pour ce faire, ils commencent par définir les critères qu'ils souhaitent mobiliser (figure 3a-i), puis définissent les seuils pour chaque critère (figure 3a-ii) et enfin négocient entre eux les pondérations entre critères à agréger (appelées « fonctions d'utilité » sous DEXi) (figure 3a-iii). Cette agrégation est réalisée par eux, directement sous le logiciel DEXi, et les fonctions d'utilité à la base de cette agrégation doivent être également renseignées et explicitées par les étudiants, en s'appuyant sur leurs connaissances dans les disciplines concernées. Durant cette phase de travail, chaque groupe d'étudiants est accompagné par un enseignant dont l'objectif est de répondre aux questions et de veiller à la bonne avancée des réflexions et travaux. Il ne doit en aucun cas intervenir de manière centrale, étant simplement en appui.

A l'issue de cette phase, chaque groupe d'étudiants rend le fichier DEXi hébergeant son arbre hiérarchique et il est demandé aux étudiants de ne plus le modifier (afin qu'ils se concentrent sur la phase suivante d'utilisation de leur arbre). Il leur est alors transmis une base de données décrivant plusieurs systèmes de culture et issue d'enquêtes de pratiques précédemment réalisées par les enseignants lors de leurs projets de recherche. Dans chaque groupe, les étudiants ont *a minima* 7 heures pour utiliser leur arbre hiérarchique préalablement construit, afin de **produire une évaluation multicritère des différents systèmes de culture décrits par la base de données fournie**. Ils préparent également les restitutions orales durant cette phase qui se déroule sans appui pédagogique de la part des enseignants.

Enfin, la dernière phase est une étape de **restitution orale** du travail réalisé tout au long du TD. Tous les étudiants assistent aux restitutions afin de bénéficier du travail et des réflexions menés dans chaque groupe. Les étudiants de chaque groupe doivent, en 30 minutes : i) faire une présentation argumentée de la structure de leur arbre hiérarchique et quelques uns des indicateurs proposés ; ii) présenter la mise en œuvre de leur outil pour

évaluer la durabilité des systèmes de culture décrits dans la base de données ; iii) construire un argumentaire critique sur les intérêts, limites et difficultés de la construction de leur outil d'évaluation multicritère. Durant cette étape de restitutions orales, les enseignants ne prennent pas une posture de jury au sens classique du terme en se posant en dépositaire de savoirs. Ils cherchent davantage à entretenir et nourrir les débats émergeant des argumentations critiques proposées par les étudiants. Cette dernière étape peut être complétée par des retours d'expériences de « vrais » experts, par exemple ceux mobilisés dans le cadre du programme RotAB.

Une mobilisation d'approches pédagogiques très diverses et complémentaires

L'originalité du TD DEXi réside dans la **combinaison de différentes approches pédagogiques** (figure 1b).

En effet, la première phase est un **cours magistral** mobilisant une approche transmissive des savoirs, c'est-à-dire un transfert des connaissances de l'enseignant vers les étudiants.

La deuxième phase, le **remue - méninge**, vise, à partir des connaissances et des représentations des étudiants, à les amener à progresser dans leur réflexion et la conceptualisation de la notion de système de culture. En ce sens, c'est une phase basée sur une approche praxéologique des savoirs (Piaget, 1998) qui part du principe que l'apprentissage émerge de l'action : on apprend en faisant.

La troisième phase, de **mise en situation en jouant les rôles d'experts, permet** à chaque étudiant **de confronter ses propres connaissances et représentations à celles des autres membres du groupe**. Cette confrontation conduit à un enrichissement de ses connaissances (par confirmations, contradictions ou compléments) et une évolution de ses représentations et réflexions. En effet, un conflit émerge entre ce que chaque étudiant pense savoir et ce que l'autre lui apporte et de ce conflit naît une nouvelle connaissance : cette troisième phase est voulue comme génératrice de conflits sociocognitifs (Bruner, 1983). Par ailleurs, elle favorise également une confrontation entre les connaissances scientifiques des étudiants et leurs connaissances concrètes des conditions de mise en œuvre de la production agricole. C'est donc un conflit entre concepts scientifiques et concepts quotidiens qui est exploité ici, ce que Vygotski (1933) nomme la discordance créatrice entre concepts quotidiens et concepts scientifiques. Les concepts quotidiens sont basés sur des expériences singulières et empiriques mais se prêtent peu à la généralisation. Les concepts scientifiques, au contraire, valent en général dans le système théorique mais il est souvent difficile de les transposer à la singularité d'une situation concrète. Favoriser la confrontation entre ces deux types de savoirs aide les étudiants à mieux se les approprier et à les approfondir.

Enfin, **les deux dernières phases permettent aux étudiants de valoriser les travaux réalisés devant les membres des autres groupes et des enseignants**. En effet, l'utilisation concrète de leur arbre hiérarchique cherche à faire prendre conscience aux étudiants qu'ils sont capables de mener ce travail jusqu'à une phase opérationnelle. De plus, la posture retenue pendant les évaluations orales vise à prolonger leur positionnement en tant qu'experts et ne pas les ramener à une relation unilatérale et hiérarchique « enseignant - étudiants ». C'est donc une étape à caractère « vicariant » (Bandura, 2007) qui cherche à aider les étudiants à prendre confiance en eux en valorisant leurs réussites concrètes et leurs compétences individuelles et collectives.

Au final, le TD DEXi est construit sur **une pédagogie centrée sur l'apprenant** et largement **basée sur une approche socioconstructiviste** (Vygotski, 1933) permettant aux étudiants d'évoluer en se confrontant aux savoirs des autres. Les enseignants y sont volontairement discrets, soucieux de favoriser les débats, de déverrouiller les blocages et d'aider les étudiants à progresser dans leur « zone de proche développement » (Vygotski, 1933). En résumé, cette combinaison de modalités pédagogiques cherche à :

- utiliser DEXi comme un instrument psychologique, source de développement ;

- accompagner le passage de la signification au sens ;

- valoriser la discordance créatrice entre concepts quotidiens et concepts scientifiques ;

- se centrer sur l'apprenant par un étayage discret, initiateur de proche développement.

3. Bilans pédagogiques : des objectifs globalement atteints

Bilans des étudiants après le TD

A l'issue du TD, il est demandé aux étudiants un retour critique sur le travail proposé, son intérêt, son déroulement et ses manques. Selon les années (4 années universitaires depuis 2009), ces retours sont recueillis soit à l'oral, soit par écrit. Le tableau 1 reprend les idées les plus fréquemment exprimées.

Concernant l'intérêt du TD, les étudiants mettent en évidence que le logiciel DEXi leur semble **pertinent pour leur avenir professionnel** (cité 19 fois, tableau 1a). Ils ajoutent que les **réflexions** provoquées par le TD sont intéressantes. Viennent ensuite des remarques beaucoup moins citées qui relèvent l'intérêt d'avoir un exercice mobilisant une **approche multicritère**, d'avoir un **contexte pédagogique différent** des cours magistraux et d'apporter un complément par rapport aux connaissances acquises précédemment.

Pour ce qui est de l'organisation générale du TD, ce sont les **délais très courts et le manque de temps** qui reviennent le plus souvent (cité 27 fois, tableau 1b) : cette remarque étant également abordée dans la question de

Idées exprimées	Nb de citations*
a) Intérêt du travail	
- Connaître un nouvel outil utile pour l'avenir professionnel	19
- Réflexion intéressante	16
- Avoir une approche multicritère	7
- Etre dans un contexte d'apprentissage plus dynamique que les cours habituels	3
- Apporter un complément aux connaissances acquises précédemment	2
b) Le déroulement du travail (présentation, travail en sous-groupes avec un enseignant, travail en autonomie puis restitutions…)	
- Délais trop courts, TD trop rapide	27
- Travail de groupe et sous-groupe, cadrage par un professeur intéressant	16
- Bonne présentation et organisation	12
- Manque de données et de références	8
- Travail en autonomie intéressant	2
c) Les manques	
- Manque de temps	33
- Besoins d'utiliser des données plus précises, plus consistantes, plus réelles	6
- Besoin d'explications plus complètes, plus approfondies concernant l'outil et les seuils à renseigner	8
- Besoin de compléments bibliographiques	3
- Base données à compléter	3

*Etudiants en dernière année de cycle ingénieur dans le domaine d'approfondissement AGRECINA (AGRÉCologie et Innovations Agronomiques ; ESA-Angers & ISARA-Lyon) ; promotions 2009-2010, 2010-2011, 2011-2012 ; effectif étudiant total : n = 116

TABLEAU 1 : **Synthèse des idées les plus fréquemment exprimées lors des bilans recueillis auprès des étudiants à l'issue du TD DEXi.**

*TABLE 1 : **Synthesis of the most commonly expressed ideas by young graduates included in the survey after TD DEXi.***

l'identification des manques (cité 33 fois, tableau 1c). Les étudiants relèvent par ailleurs la **pertinence du cadrage réalisé par les enseignants et** la **qualité de l'organisation générale**.

Enfin, concernant les manques proprement dits et au-delà des problèmes de manque de temps évoqué précédemment, il est soulevé plusieurs points concernant le **besoin de références et de connaissances concrètes de terrain**, ainsi qu'une meilleure explication et **accompagnement du fonctionnement du logiciel DEXi** hébergeant leur arbre hiérarchique.

Retours des anciens étudiants après initiation de leur vie professionnelle

Un questionnaire a été envoyé par mail durant le printemps 2013 aux 116 étudiants déjà diplômés et ayant suivi le TD DEXi lors du Domaine d'Approfondissement Agrécina. Au total, 45 étudiants ont répondu à l'enquête. Après les questions d'usage de talon sociologique et d'intitulé de poste actuellement occupé, il leur était demandé i) si ils avaient un souvenir du TD DEXi ; ii) d'indiquer quelles compétences acquises grâce au TD leur étaient utiles dans la réussite de leur mission professionnelle (liste fermée à choix multiples : mise en œuvre d'évaluation multicritère ; approche systémique ; construction d'indicateur ; négociation pluri-acteur ; autre) ; iii) d'indiquer quelles compétences seraient à approfondir selon eux (même liste fermée précédemment).

La majorité des jeunes professionnels enquêtés occupent à l'heure de l'enquête des missions de conseil et d'animation (35 %), des fonctions dans la Recherche et Développement (24 %), des missions d'appui à la production (15 %) ; quelques uns sont dans la logistique ou le marketing (7 %), l'enseignement (4 %) ; 5 n'ont pas renseigné l'information et 2 sont actuellement en recherche d'emploi.

Sur les 45 étudiants, 11 n'ont pas finalisé le questionnaire et/ou indiquent n'avoir aucun souvenir du TD DEXi. Sur les 34 étudiants ayant été au bout du questionnaire, les compétences jugées utiles dans leurs missions actuelles sont avant tout l'**approche systémique** (citée 19 fois), la **mise en œuvre d'évaluation multicritère** (citée 14 fois) et la **mise en œuvre d'indicateurs** (citée 13 fois) (figure 4). Dans les points jugés à **approfondir, c'est la négociation pluri-acteurs** (citée 16 fois) **et la construction d'indicateurs** (citée 14 fois) qui reviennent le plus souvent.

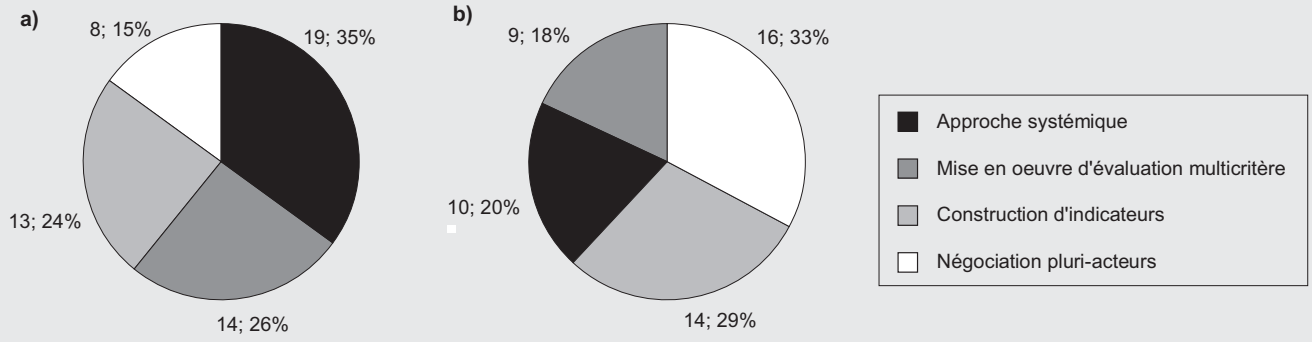


FIGURE 4 : **Compétences citées comme (a) mobilisées en missions professionnelles et (b) à approfondir pour améliorer le TD DEXi selon les jeunes ingénieurs diplômés enquêtés** (n = 34).

*FIGURE 4 : **Skills used (a) during professional missions and (b) those to be further developed in order to improve DEXi Practical Case Studies as expressed by the young graduates included in the survey** (n = 34).*

Bilans auprès des enseignants pour les liens enseignement - recherche

Au-delà de la portée pédagogique du TD, pour les enseignants impliqués dans le TD DEXi, cet exercice est aussi **l'occasion d'affiner leur expertise dans le domaine de l'évaluation multicritère des systèmes de culture**. En effet, les propositions des étudiants vers des indicateurs quelquefois originaux et non moins pertinents peuvent venir irriguer les réflexions en cours sur la construction d'indicateurs dans des groupes de travail associés à des programmes de recherche.

Par ailleurs, l'encadrement des étudiants dans cet exercice permet de **perfectionner une posture d'accompagnement et de gestion des négociations** à développer en recherche.

Conclusions et perspectives

Le TD DEXi : une construction pédagogique originale

Le TD DEXi est une initiative pédagogique originale car structurée sur la **combinaison d'approches pédagogiques rarement associées dans un même exercice** (cours magistral, remue-méninges, jeu de rôle en panel d'experts, travaux pratiques sur les outils créés, restitutions orales). Cette originalité a été pensée au service de la transmission de compétences complexes et indispensable pour former les futurs ingénieurs à innover et accompagner les acteurs dans une démarche d'innovation des systèmes de production végétale.

Par ailleurs, ce TD n'est pas construit comme un classique apport de connaissances unidirectionnel, de l'enseignant vers l'étudiant. Il vise davantage à **provoquer et accompagner le questionnement des étudiants** afin de favoriser l'évolution de leurs représentations et de leurs connaissances par confrontations et enrichissements mutuels.

Adapter le TD DEXi aux systèmes fourragers

Le TD DEXi a été pensé à partir de l'expertise acquise en recherche sur l'outil MASC (Sadok *et al.*, 2009) qui est actuellement largement utilisé dans différents programmes de recherche - action visant à évaluer la durabilité de systèmes de culture. Les **systèmes de culture évalués** sont **très divers** et concernent aussi bien des systèmes mis en place dans des exploitations de grandes cultures que des systèmes mis en place dans des exploitations de polyculture - élevage (cas du projet Casdar n°1243 « Ecoressources ») et incluant des cultures fourragères (prairies, maïs…). Si l'outil MASC, hébergé sous le logiciel DEXi, se limite de par sa conception à l'échelle du système de culture, le logiciel DEXi, par sa construction générique, peut être mobilisé dans bien d'autres cas notamment pour l'élaboration par les étudiants d'un outil d'évaluation multicritère visant à évaluer la durabilité de systèmes fourragers.

Adapter ce TD aux systèmes fourragers exigerait donc pour les étudiants de bien délimiter les frontières du système à évaluer (*i.e.* à l'interface entre systèmes de culture et systèmes d'élevage). Cela nécessiterait des prérequis sur les indicateurs de performances des productions végétales et des productions animales, avec le **souci de raisonner l'interdépendance des systèmes de production** (par ex. conduite fourragère et qualité de l'alimentation, prise en compte de la conduite technique de l'élevage comme déterminant des besoins fourragers, modalités de pâturage ou de récolte et évolutions de la flore prairiale…). Enfin, l'expérience acquise lors de l'élaboration de DEXi-SH (outil d'évaluation multicritère dédié aux systèmes d'élevage bovins laitiers herbagers ; Gerber *et al.*, 2009) est à capitaliser pour réussir cette adaptation.

Elargir l'expérience à d'autres publics

Les **étudiants en BTS** (Brevet de Technicien Supérieur) sont de futurs acteurs importants dans le paysage agricole et doivent également pouvoir bénéficier de l'acquisition de ces compétences. Une initiative d'adaptation en BTS APV (Agronomie et Productions Végétales) est d'ores et déjà testée au sein du Groupe ESA-Angers. Il en ressort que le TD DEXi est tout à fait pertinent auprès de ce public, mais **demande à être aménagé**. Les deux points à renforcer concernent i) l'accompagnement des étudiants tout au long du TD (les enseignants doivent être moins discrets qu'avec des étudiants ingénieurs et davantage les guider, *i.e.* renforcement de l'étayage) et ii) la forte valorisation des étudiants (renforcement de leur sentiment d'efficacité personnelle, notamment lors du travail en « panel d'experts ») afin de faciliter leur adhésion au TD.

Travail participatif avec des conseillers, responsables de stations expérimentales, agriculteurs

La démarche d'échange autour de la durabilité de systèmes entre acteurs professionnels est très enrichie par ce type d'approche. Nous avons pu l'expérimenter **autour de deux projets Casdar**. Dans le cadre d'un Casdar piloté par la FRCivam Pays de la Loire (Casdar n°8069 « Grandes Cultures Economes »), il s'agissait de travailler au suivi d'exploitants s'engageant à faire évoluer leurs pratiques pour adopter un cahier des charges « grandes cultures économes en intrants ». Ce projet consistait en un suivi de l'incidence de l'évolution des pratiques *via* des indicateurs agri-environnementaux sélectionnés. Le logiciel DEXi n'a pas été utilisé, toutefois nous avons pu constater le rôle déterminant du travail de liens entre indicateurs et pratiques dans la co-construction de scénarii d'évolutions de pratiques. Par ailleurs, dans le cadre du Casdar RotAB, des responsables de sites expérimentaux ont pu se rencontrer pour échanger sur des résultats issus d'évaluations multicritères générées à

l'aide de MASC, et ainsi concevoir des scénarii d'évolution de leurs pratiques.

Une vertu importante de ce type de **travail participatif**, construit sur la base d'un outil d'évaluation multicritère, est la **prise de conscience par les acteurs des poids et attentes différents accordés à ces différents angles d'approche**. Dans le cadre du Casdar n°1243 (« Ecoressources »), cela a pu se faire par l'animation de débats sur la pondération à retenir entre indicateurs dans la construction de l'arbre hiérarchique. Intégrer les nécessaires compromis qui en résultent aide à la prise de décision entre acteurs à une échelle régionale.

Accepté pour publication,
le 7 février 2014

***Remerciements** : Les auteurs tiennent à remercier tout particulièrement Véronique Hébrard, enseignante en anglais au Groupe ESA-Angers et doctorante en sciences de l'éducation, pour ses éclaircissements et conseils de lecture. La clarification et l'approfondissement des approches pédagogiques mobilisées dans le TD DEXi en ont été grandement facilités. Ce travail a également bénéficié des remarques et critiques constructives des membres de l'AIPU (Association Internationale de Pédagogie Universitaire) à l'occasion de l'oral présenté au 27e congrès de l'AIPU (Université de Trois-Rivières, Québec, 2012). Enfin, un grand merci à Anne-Sophie Bonnaffoux, assistante d'enseignement du département « Agronomie & Ecologie » et de la spécialisation « Productions Végétales & Agroécologie », pour son aide dans la logistique et le prétraitement des enquêtes auprès des étudiants.*

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bandura A. (2007) : *Auto-efficacité : Le sentiment d'efficacité personnelle*, éd. De Boeck, 859 pp.

Bohanec M. (2007) : *DEXi: program for multi-attribute decision making, User's Manual, Version 2.00*, IJS Report DP-9596, Jozef Stefan Institute, Ljubljana.

Bohanec M., Rajkovič V. (1999) : "Multi-attribute decision modeling: Industrial applications of DEX*, Informatica*, 23, 487-491.

Bruner J.S. (1983) : *Savoir faire, Savoir dire. Le développement de l'enfant*, trad. M. Deleau, éd. PUF, 313 pp.

Colomb B., Aveline A., Carof M. (2011) : *Une évaluation multicritère qualitative de la durabilité de systèmes de grandes cultures biologiques, Quels enseignements ?, Restitution des programmes RotAB et CITODAB*, Document d'analyse PSDR3 Midi-Pyrénées-Projet CITODAB, 42 pp+annexes.

Carof M., Colomb B., Aveline A. (2013) : "A guide for choosing the most appropriate method for multi-criteria assessment of agricultural systems according to decision-makers' expectations*, Agricultural Systems*, 115, 51-62.

Colomb B., Carof M., Aveline A., Bergez J.E. (2013) : "Stockless organic farming: strengths and weaknesses evidenced by a multicriteria sustainability assessment model", *Agronomy for Sustainable Development*, 33, 593-608.

Gerber M., Astigarraga L., Bockstaller C., Fiorelli J., Hostiou N., Ingrand S., Marie M., Sadok W., Veysset P., Ambroise R. (2009) : "Le modèle Dexi-SH pour une évaluation multicritère de la durabilité agro-écologique des systèmes d'élevage bovins laitiers herbagers", *Innovations Agronomiques*, 4, 249-252.

Loyce C., Wery J. (2006) : "Les outils de l'agronome pour l'évaluation et la conception de systèmes de culture", *L'Agronomie aujourd'hui*, T. Doré, M. Le Bail, P. Martin, B. Ney, J. Roger-Estrade (éds.), INRA, Paris, pp 77-95.

Meynard J.M., Doré T., Habib R. (2001) : "L'évaluation et la conception de systèmes de culture pour une agriculture durable", *C.R. Acad. Agric. France*, 87, 223-236.

Piaget J. (1998) : *De la pédagogie*, éd. Odile Jacob, 282 pp.

Sadok W., Angevin F., Bergez J.E., Bockstaller C., Colomb B., Guichard L., Reau R., Messéan A., Doré T. (2009) : "MASC, a qualitative multi-attribute decision model for *ex ante* assessment of the sustainability of cropping systems"*, Agronomy for Sustainable Development*, 29, 447-461.

Schumpeter J.A.. (1934) : *The Theory of Economic Development*, 2nd ed., Harvard University Press, Cambridge, R. Optie (transl.).

Sébillotte M. (1974) : "Agronomie et agriculture. Essai d'analyse des tâches de l'agronome", *Cah. ORSTOM, sér. Biol.*, 24, 3-25.

Sébillotte M. (1990) : "Système de culture, un concept opératoire pour les agronomes", *Les systèmes de culture*, Combe L. et Picard D., éd. INRA Paris, 165-196.

van Dijk G., van Boekel P. (2001) : "Governance of innovation in animal production: new roles for science, business and the public sector", *Livestock Production Sci.*, 72, 9-23.

Vygotski L. (1933) : *Pensée et langage* (trad. F. Sève, avant-propos de L. Sève), suivi de *Commentaires sur les remarques critiques de Vygotski* de J. Piaget, Coll. Terrains, éd. Sociales, Paris, 1985 ; réédition : La Dispute, Paris, 1997, 387 pp.

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