

Combiner des recherches en agroécologie et des dispositifs participatifs pour construire des outils d'évaluation des prairies permanentes

Michel M. Duru, Pablo Cruz, Claire Jouany, Jean Pierre J. P. Theau

▶ **To cite this version:**

Michel M. Duru, Pablo Cruz, Claire Jouany, Jean Pierre J. P. Theau. Combiner des recherches en agroécologie et des dispositifs participatifs pour construire des outils d'évaluation des prairies permanentes. Cahiers Agricultures, 2011, 20 (3), pp.223-234. 10.1684/agr.2011.0486 . hal-02643968

HAL Id: hal-02643968
https://hal.inrae.fr/hal-02643968

Submitted on 28 May 2020

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

Combiner des recherches en agroécologie et des dispositifs participatifs pour construire des outils d'évaluation des prairies permanentes

Michel Duru
Pablo Cruz
Claire Jouany
Jean Pierre Theau

UMR1248
Chemin de Borde Rouge
BP 27
31326 Castanet-Tolosan
France
<mduru@toulouse.inra.fr>
<cruz@toulouse.inra.fr>
<cjouany@toulouse.inra.fr>
<jtheau@toulouse.inra.fr>

Résumé

L'objectif de cet article est de montrer comment, partant des concepts et méthodes de l'écologie fonctionnelle, le travail en partenariat au cours d'une décennie avec des éleveurs et des conseillers agricoles a permis de construire pas à pas une boîte à outils pour caractériser la valeur d'usage des prairies permanentes. La base commune aux cinq outils de cette boîte est la caractérisation de la composition fonctionnelle de la végétation. Nous montrons comment les différents types de partenariat, et la mise en situation des connaissances avec les partenaires, ont orienté les choix faits et permis de passer d'un concept à plusieurs prototypes, puis à un ensemble d'outils actionnables. Les différents types d'apprentissage pour les chercheurs et les praticiens sont analysés. Enfin, sont discutés des enseignements méthodologiques pour coconstruire des outils pour l'action lorsque les connaissances scientifiques et pratiques sur les processus à piloter font défaut.

Mots clés : apprentissage ; diagnostic ; modèle ; partenariat ; prairie permanente.

Thèmes : agronomie ; formation ; méthodes et outils.

Abstract

Combining agroecological research and participatory approach to build tools for evaluating permanent grasslands

Environmental services provided by permanent grasslands are well acknowledged but the agricultural services they provide remain difficult to assess with conventional methods. Our objective is to present the step-by-step approach which was used to build a toolbox. Methodologies and concepts developed in functional ecology were mobilized together with long-term partnership with farmers, advisors and teachers. The five tools rely on a common base, the functional characterization of vegetation. These tools make it possible to characterize the agronomic potential of the grassland, to define the range of practices compatible with a vegetation type, to model different scenarios for learning purposes and to estimate room for manoeuvring for a better valorisation of available forage resources. We demonstrate how the different partnerships and the real life situation of knowledge with partners orientated the choices we made and allowed us to pass from a concept with several prototypes to a combination of actionable, ie easily mobilized, tools. We analyze the different types of training available for scientists and practitioners in this work. Finally, we discuss methodological teachings for tool co-construction in action when scientific and practical knowledge on processes are missing.

Key words: diagnosis; learning; models; permanent pastures; partnerships.

Subjects: agronomy; tools and methods; training.

doi: 10.1684/agr.2011.0486

Tirés à part : M. Duru

Pour citer cet article : Duru M, Cruz P, Jouany C, Theau JP, 2011. Combiner des recherches en agroécologie et des dispositifs participatifs pour construire des outils d'évaluation des prairies permanentes. *Cah Agric* 20 : 223-34. doi : 10.1684/agr.2011.0486

Au-delà de leur fonction agricole classique (services de production, désignés sous le terme valeur d'usage par la suite), les prairies permanentes fournissent des services intrants contribuant à la fourniture de ressources et au maintien des supports physico-chimiques de la production agricole (sol) et des services hors revenu agricole direct incluant le contrôle de la qualité des eaux, la séquestration du carbone ou la valeur esthétique des paysages (Leroux, 2008). Promouvoir ces derniers suppose de bien évaluer les premiers car l'usage agricole des prairies est incontournable pour assurer l'ensemble de ces services. Cependant, les services de production sont jusqu'à maintenant mal évalués faute de méthodes robustes et simples d'emploi (Ansquer *et al.*, 2008). Le travail présenté montre comment ont été combinés des dispositifs en laboratoire et des dispositifs avec des partenaires pour concevoir des outils destinés à évaluer les services de production et identifier des marges de manœuvre.

Jusqu'à récemment, la caractérisation des prairies permanentes consistait en des typologies construites à partir de relevés botaniques exhaustifs (Daget et Poissonnet, 1971), ou simplifiés et couplés à des critères physionomiques (Jeangros *et al.*, 1991) ou à des caractéristiques du milieu (Plantureux *et al.*, 1992). Leur manque de généricité et/ou une évaluation trop globale de la valeur d'usage nous a conduits à évaluer une méthode reposant sur des concepts de l'écologie fonctionnelle. Dès les années 2000 (Cruz *et al.*, 2002), cette approche nous avait semblé appropriée pour fonder des outils opérationnels à condition de l'adapter aux échelles d'espace et de temps pertinentes en agronomie. En outre, la généricité de cette approche en faisait une candidate d'intérêt pour traiter de la grande diversité des situations agricoles (milieux pédoclimatiques, mais aussi comportements gestionnaires des éleveurs) avec l'objectif de concevoir des outils pour que les acteurs se forgent leur propre référentiel.

Au niveau de la démarche de conception, deux approches principales peuvent être définies pour la production de connaissances. L'approche descendante, finalisée par la production de connaissances scientifiques (Nassauer et Opdam, 2008), reposant sur le transfert de technologie, présente le risque que les connaissances ne soient pas adaptées au contexte local (Sturtevant *et al.*, 2007). À l'opposé, l'approche ascendante qui repose sur des études de cas et la mise en œuvre d'approches participatives permet d'élaborer des connaissances crédibles et adaptées aux acteurs (Nassauer et Opdam, 2008). Cependant, du fait qu'ils sont établis dans un contexte local, les résultats risquent de ne pas être réutilisables. En outre, les possibilités de généraliser les connaissances peuvent être limitées car les recherches en partenariat ne laissent pas toujours le temps d'acquérir de nouvelles connaissances scientifiques sur ces objets (Sturtevant *et al.*, 2007). Pour tenir compte des risques d'inadéquation des connaissances aux contextes locaux, ou bien de manque de nouveauté et de généricité, nous avons construit une approche hybride consistant en l'alternance de phases de formalisation et de contextualisation des connaissances (David, 2001). La diversité des contextes ainsi que l'incomplétude des connaissances nous ont conduits à combiner plusieurs modèles de production de connaissances (Hatchuel, 2000), les premier et deuxième modèles étant plutôt appropriés pour la formalisation des connaissances, et le troisième pour leur contextualisation :

– le modèle de laboratoire, où l'action est confinée en vue de reconstituer et de simplifier le monde observé (l'expérimentation) : la production de connaissances est alors peu contextualisée ou située ;

– le modèle de terrain consiste à naturaliser un objet pour tenter de l'étudier : il s'agit le plus souvent de produire des connaissances à partir de la comparaison de situations réelles choisies, de sorte que la production de connaissances n'est guère mieux contextualisée que dans le cas précédent ;

– la recherche intervention, vue comme une alternance de phases de contextualisation et de formalisation de la production de connaissances.

Dans ce cadre, l'analyse de la recherche en partenariat peut se décliner en quatre questions élémentaires :

1. Comment la recherche a-t-elle traduit les préoccupations et les retours d'expérience des partenaires en questions scientifiques et en dispositifs de recherche ?
2. Quels dispositifs ont été mis en place pour produire les connaissances et fabriquer les outils ?
3. Comment ces connaissances ont-elles été retranscrites, puis organisées sous forme de procédures pour ébaucher des outils ?
4. Comment ont été élaborées les règles d'interprétation qui, suite aux indications données par l'outil, permettent d'orienter l'action ?

Dans cet article, nous montrons comment nous avons combiné de manière itérative des dispositifs de terrain et de laboratoire, et des dispositifs en partenariat, avec des éleveurs (suivis d'élevages), des conseillers et des enseignants (sessions de formation, groupes de travail dans le cadre de projet R & D) pour passer d'un concept à une boîte à outils destinée à des acteurs du développement et des enseignants. Dans le domaine agro-environnemental, Cerf et Meynard (2006) indiquent qu'un outil peut être décrit à travers quatre composantes : i) un support matériel qui peut être une règle, un tableur .... ; ii) des procédures d'enregistrement des données ; iii) des procédures d'agrégation des données à des niveaux appropriés ; iv) des règles d'interprétation des résultats.

Dans une première partie, nous décrivons l'état actuel des outils. Ensuite nous analysons le rôle du partenariat : types de dispositifs conçus, grandes périodes de conception et apprentissages des différentes parties prenantes. Nous terminons par l'identification de points clés pour réussir une démarche de recherche en partenariat dans des situations où les contextes d'application sont très divers, et où les connaissances scientifiques sur les objets à gérer font défaut.

La boîte à outils

D'un concept à une méthode générique originale de caractérisation de la végétation

La classification fonctionnelle des communautés végétales repose sur la caractérisation des espèces qui les

composent à partir d'attributs permettant de regrouper des espèces présentant un fonctionnement similaire sans pour autant présenter de lien de parenté taxonomique (Gitay et Noble, 1997). À l'échelle des organes, il existe un compromis physiologique entre croissance et longévité (Reich, 1993). Schématiquement, deux grandes stratégies peuvent être distinguées : l'une correspond à un investissement fort dans la capture des ressources (Scapt), l'autre à la conservation de ces ressources (Scons). Dans les environnements favorables, les espèces croissant rapidement ont une capacité d'acquisition des ressources élevée permise par d'importantes surfaces d'échange avec le milieu. *A contrario*, dans les environnements défavorables, les plantes présentent une croissance lente et s'adaptent par des durées de vie d'organes longues (Poorter et Garnier, 1999).

Partant de ce modèle de fonctionnement, nous avons conçu différents dispositifs agronomiques dont les résultats ont servi à définir et valider le contenu des outils. La culture d'espèces natives en placettes dans des conditions standardisées a permis d'établir des relations à valeur générale entre des traits d'espèces caractéristiques des stratégies et des propriétés agronomiques. La comparaison de communautés dans les conditions de la pratique agricole a permis de déterminer le type de descripteur et le niveau de simplification compatibles avec la précision requise pour évaluer leur valeur d'usage agronomique. Enfin, des suivis d'élevages dans deux régions ont permis d'évaluer à cette échelle la pertinence des nouveaux modes de caractérisation des végétations. Cette recherche a été guidée par l'identification au cours du travail en partenariat de quatre propriétés de la valeur d'usage agricole à instruire (productivité, valeur nutritive, temporalité de la production et souplesse d'utilisation [Duru *et al.*, 2009a]). Les principaux résultats obtenus qui ont fondé scientifiquement les outils sont :

– la teneur en matière sèche des limbes réhydratés de graminées (TMS), qui est un attribut clef car corrélé à plusieurs caractéristiques des plantes qui déterminent leur valeur d'usage : durée de vie des feuilles, phénologie, composition des tissus (Duru *et al.*, 2009b) ;

– ces propriétés sont conservées lorsqu'on passe de la plante à la communauté (calcul de la valeur moyenne de l'attribut pondérée par l'abondance des espèces), ce qui permet d'établir des correspondances entre attributs (par exemple, stades phénologiques) et valeur d'usage (par exemple, date à laquelle le pic de croissance est atteint) (Ansquer *et al.*, 2009a) ;

– il y a convergences ou régularités dans les différences entre graminées et dicotylédones associées dans une même communauté (Ansquer *et al.*, 2009b), ce qui permet de se focaliser sur les graminées et de proposer une méthode simple pour tenir compte des spécificités des dicotylédones (Duru *et al.*, 2010a).

Les outils sont fondés sur le concept de composition fonctionnelle de la végétation qui comprend deux composantes (Lavorel *et al.*, 2008) : un attribut moyen calculé à partir de l'abondance des différentes espèces, et un indicateur de la distribution de cet attribut. Pour le passage des connaissances scientifiques aux outils, nous avons choisi de remplacer la TMS par les types fonctionnels de plantes (TFP) prédéfinis sur la base d'un ou plusieurs attributs présents chez les graminées dominantes d'une communauté. Cinq types de graminées (A, B, b, C, D) ont été définis sur la base de six attributs principaux pour environ 40 espèces (Cruz *et al.*, 2010). Le choix de représenter la composition fonctionnelle sous forme de groupes prédéfinis (groupe dominant, proportion de certains groupes ou indice de diversité calculé sur la base de la proportion des différents groupes) est motivé par les retours d'expériences (travail en groupe avec des conseillers dans des élevages) que nous avons eus.

État actuel de la boîte à outils

La boîte comprend cinq outils et nécessite l'usage d'une ou deux bases de données, et de deux types d'enregistrements (*figure 1*). Certains outils sont disponibles (Herb'âge, Herb'sim), d'autres (Herb'type et Herb'opti) se présentent sous forme de supports de formation et ont donné lieu à des communications, mais leur mise en forme en tant qu'outils n'est pas complètement achevée ; enfin Herb'adapt est en cours d'élaboration. Pour chacun d'entre eux, nous avons récapitulé sa fonction et les données

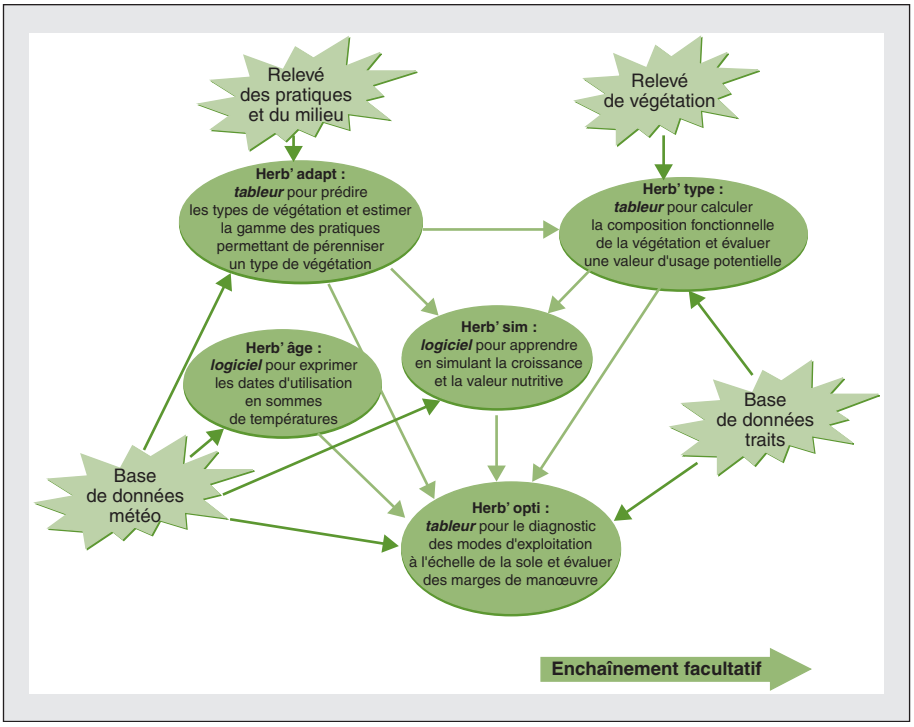


Figure 1. Fonctions des cinq outils, interfaçages avec recueil d'information et bases de données.

Figure 1. Functions of the five tools and interactions with data collection and databases.

nécessaires à son utilisation (*tableau 1*), illustrées ci-dessous pour deux outils.

Herb'type

La fonction d'Herb'type est d'estimer la valeur d'usage agricole à partir des TFP et du pourcentage de graminées dans la végétation : la productivité (P), la temporalité de production (T, dates de départ en végétation et du pic de biomasse), la valeur nutritive (D : digestibilité) et la souplesse d'utilisation (S : variation relative de biomasse et de valeur nutritive autour du pic). L'information est produite à l'échelle de la parcelle considérée comme homogène. Cependant, la valorisation de cette information est plus complète si elle est resituée au niveau du système fourrager. Les données nécessaires à l'utilisation de l'outil sont un relevé de végétation couplé à une base de données attributs des TFP. Une procédure de recueil de données, simplifiée à partir de la seule reconnaissance des espèces dominantes, a été mise au point (*figure 2*, étape 1), (Theau *et al.*, 2010). Le support matériel de l'outil est un tableur dans lequel est saisie l'abondance des espèces dominantes de la prairie. Couplée à une base de données TFP (Cruz *et al.*, 2010), la composition fonctionnelle de la végétation est caractérisée par un histogramme représentant la distribution des TFP en cinq classes prédéfinies, complété par le pourcentage de graminées (*figure 2*, étape 2). L'étape suivante consiste à passer du profil des TFP d'une prairie à des estimations des composantes de la valeur d'usage : l'évaluation est fondée sur la proportion de certains TFP (*figure 2*, étape 3). L'interprétation des données (*figure 2*, étape 4) est facilitée par une approche comparative qui permet de positionner la ou les prairies étudiées dans un ensemble plus vaste, et par la mobilisation d'une représentation synthétique des relations entre les quatre composantes de la valeur d'usage. Pour deux compositions fonctionnelles différentes de végétation, l'une correspondant à une TMS élevée (Scons), l'autre à une TMS faible (Scapt), ce schéma montre des relations convergentes de sens opposé entre P et T, et de même sens entre P et D pour des temps de repousse courts. Un tel schéma a valeur heuristique et pédagogique. L'utilisation d'Herb'sim en complément permet de passer d'indices de production et de valeur nutritive à une évaluation quantitative. L'utilisation d'Herb'adapt fournit en l'état actuel une première estimation de la composition fonctionnelle de la végétation.

Herb'opti

La fonction d'Herb'opti est d'estimer l'efficience d'utilisation de l'herbe produite compte tenu des modes d'exploitation observés (calendrier d'utilisation des surfaces) en tenant compte de la composition fonctionnelle de la végétation (utilisation d'Herb'type). Ce diagnostic réalisé à l'échelle des soles pâturées ou fauchées permet d'évaluer si des marges de manœuvre existent compte tenu des objectifs de performances (productivité, intrants, travail...) (Theau *et al.*, 2009b).
L'artefact consiste en un graphique permettant de positionner les parcelles à évaluer dans un référentiel TFP (axe Y), somme de températures (T : axe X). Les sommes de températures auxquelles sont atteints les stades phénologiques (épi 10 cm, épiaison, floraison) sont fonction des TFP : (*figure 3*).
La première étape est de transformer des dates calendaires d'un calendrier de pâturage ou de fauche en T à l'aide de l'outil Herb'âge (*figure 3*, étape 1). Ensuite, l'utilisation d'Herb'type permet de catégoriser l'ensemble des parcelles concernées (une sole, un système fourrager... [*figure 3*, étape 2]). Ces deux étapes permettent de positionner les parcelles à diagnostiquer dans le référentiel X, Y, et ainsi d'identifier, par exemple, les parcelles qui sont récoltées à une date antérieure ou postérieure à celle correspondant au pic de biomasse qui se situe peu après la floraison pour la pousse reproductive (*figure 3*, étape 3).

Analyse de la recherche en partenariat

Périodes et dispositifs

La diversité des acteurs et des situations nous a amenés à considérer les agriculteurs, les conseillers et les chercheurs (les auteurs) comme un système sociotechnique, c'est-à-dire comme un réseau d'agents qui interagissent dans un domaine technologique spécifique et dans un ensemble institutionnel particulier pour générer, diffuser et utiliser des connaissances (Geels, 2004). Le travail de recherche en partenariat peut se découper en trois périodes (*figure 4*), chacune ayant donné lieu à des relations de partenariat spécifiques (*tableau 2*). Pour chacune, nous examinons les dispositifs construits, leur genèse, et nous montrons en quoi ils ont permis d'élaborer la boîte à outils.

Du concept aux premiers descripteurs de la végétation : 1999-2004

Dans cette partie, nous employons le terme de descripteur plutôt que celui d'attribut, le premier étant orienté vers l'action et le second étant à connotation scientifique. L'objectif a été de définir des descripteurs de la végétation génériques et pertinents. Partant d'un ensemble d'attributs de plantes connus pour caractériser leur réponse aux ressources (fertilisation) et aux perturbations (modes d'exploitation), et pour leur effet sur les propriétés des écosystèmes, nous avons sélectionné le descripteur le plus robuste, la teneur en matière sèche des limbes de graminées. Un grand nombre de dispositifs de recherche allant de l'expérimentation (Al Haj Khaled *et al.*, 2005) à la caractérisation de l'ensemble des parcelles d'un premier réseau d'exploitations dans les Pyrénées (Coléno *et al.*, 2005) a permis de fonder scientifiquement le choix des descripteurs qui ont été incorporés d'abord dans Herb'type, puis dans Herb'sim et Herb'opti. Pour les chercheurs, cette première application a permis d'évaluer la pertinence de cette nouvelle méthode de caractérisation des végétations pour classer les prairies simultanément pour trois des quatre propriétés. Remplacer la liste d'espèces peu instructive par la composition fonctionnelle des végétations a correspondu à un changement des cadres de référence des chercheurs.

Des descripteurs de la végétation génériques et pertinents aux prototypes d'outils : 2005-2007

Suite aux premiers retours recueillis lors des formations de conseillers et

Tableau 1. Caractérisation des outils : fonction, données nécessaires à leur fonctionnement, règles d'interprétation, dispositif pour l'élaboration et l'évaluation des connaissances et publications.

Table 1. Tool characterization: functions, data required, interpretation rules, advice for knowledge construction and evaluation, publications.

Outils	Fonction	Artefact - disponible - visé	Données nécessaires	Règles d'interprétation	Observations	Dispositif pour l'élaboration et l'évaluation des connaissances	Publications - scientifiques - *de transfert*
Herb'type	Estimer la valeur d'usage agricole (productivité, valeur nutritive, temporalité de la production et souplesse d'utilisation) à partir de la composition fonctionnelle de la végétation (type fonctionnel de graminées, indice de diversité fonctionnelle) à différentes échelles (sole, système fourrager, région)	Support pédagogique papier (disponible) *Feuille de calcul sous tableur*	Relevé botanique & base de données attribut	Positionnement des parcelles renseignées dans un référentiel générique de valeur d'usage agricole. Couplage à Herb'sim pour passer d'un classement des parcelles à une évaluation quantitative	Possibilité d'utiliser des relevés botaniques complets ou simplifiés	Pyrénées (dispositif expérimental et réseau de parcelles) ; Aubrac : réseau de fermes	Duru *et al.*, 2008a ; 2009b ; 2010a) Ansquer *et al.*, 2009a ; 2009b ***Duru et al., 2007 ; 2009a ; 2010c***
Herb'sim	Comparer des scénarios de production de biomasse et de valeur nutritive selon le climat, les modes d'exploitation, les types de végétation	Logiciel (accès en ligne en cours de construction)	Valeurs fictives ou réelles de climat et de pratiques. Données de biomasse et de valeur nutritive (pour validation)		Spécialement conçu pour l'apprentissage de conseillers et d'enseignants	Pyrénées (dispositif expérimental) ; Aveyron (ferme) ; Normandie (ferme)	Duru *et al.*, 2008b ***Duru et al., 2010d***
Herb'âge	Calculer l'âge de l'herbe à la récolte en fonction des sommes de températures écoulées depuis la dernière utilisation	Logiciel (accès en ligne)	Données météorologiques (températures). Calendrier d'utilisation des parcelles		Changement d'usage constaté : cartographie des sommes de températures	Pyrénées (réseau de parcelles) ; Toulouse (expérimentation) ; Observations de conseiller (Limousin)	Ansquer *et al.*, 2009c ***Theau et Zerourou, 2008***
Herb'opti	Évaluer le taux d'utilisation de la biomasse produite en fonction de la composition fonctionnelle de la végétation et des modes d'exploitation Estimer les marges de manœuvre	Support pédagogique papier (disponible) *Feuille de calcul sous tableur*	Calendrier d'utilisation des parcelles. Courbes de référence issues de Herb'type ou de Herb'sim	Fondées sur l'écart entre la valeur d'usage potentielle (les courbes de référence issues d'Herb'type) et effective	Possibilité de coupler à Herb'adapt pour préciser les marges de manœuvre	Expérimentation en situation de formation (2005-2010), avec des éleveurs (2007) et Casdar AOC (> 2008)	***Martin et al., 2010*** ***Theau, 2009a, b*** **Theau *et al.*, 2009a,b**
Herb'adapt	Prédire le type de végétation (type fonctionnel de graminées, pourcentage de graminées) en fonction de descripteurs des pratiques et du milieu	Support pédagogique papier (en cours) *Feuille de calcul sous tableur*	Relevé des pratiques et indicateurs pour caractériser le milieu (sol, climat)	Herb'type pour valeur d'usage agricole	Possibilité de prédiction plus précise en passant par des relevés de végétation en complément de bases de données (en cours)	Analyse de relevés botaniques multisites	***Martin et al., 2009*** ***Duru et al., 2010b***

Casdar : Compte d'affectation spéciale pour le développement agricole et rural.

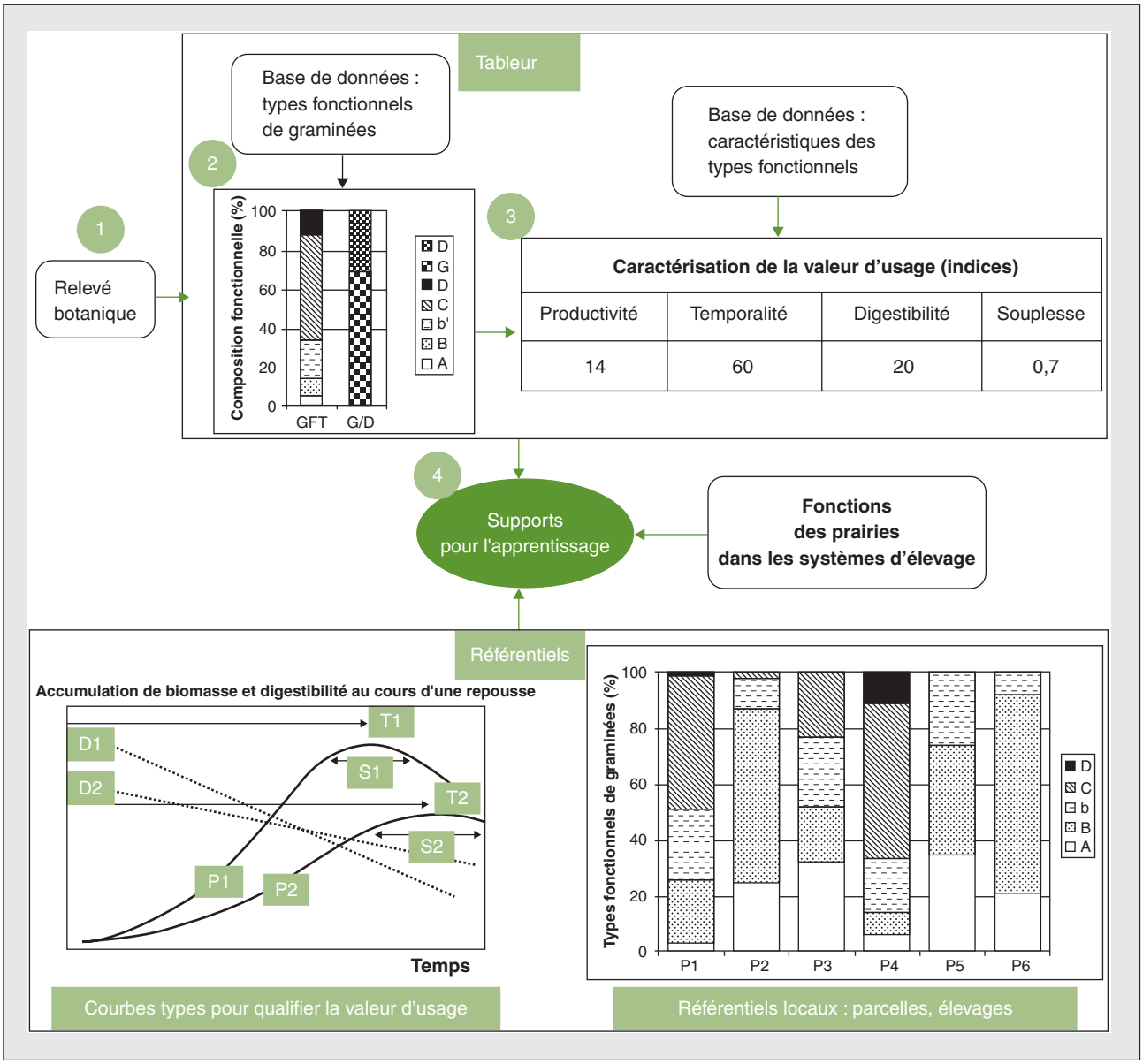


Figure 2. Les quatre étapes d'utilisation d'Herb'type.

Figure 2. The four steps in Herb'type utilization.

(1) relevé de végétation ; (2) caractérisation de la composition fonctionnelle par couplage avec la base de données types fonctionnels de graminées (exemple montrant sur une parcelle la proportion des types de graminées et la proportion de graminées) ; (3) estimation de la valeur d'usage par couplage avec la base de données caractéristiques des types fonctionnels de plantes (exemple) ; (4) support pour l'apprentissage par confrontation aux référentiels locaux et à des courbes types pour caractériser la valeur d'usage selon la composition fonctionnelle ; exemple pour 2 types de végétation (1 et 2) : courbes d'accumulation de biomasse et ses quatre composantes (P : productivité ; T : temporalité en relation avec la date du pic d'accumulation ; S : souplesse en relation avec la forme de la courbe de croissance ; D : digestibilité).

lors des restitutions aux éleveurs, nous avons travaillé de manière approfondie sur les descripteurs de la végétation pour les simplifier afin de les rendre accessibles à des usagers potentiels. À cette fin, nous sommes passés de mesures d'attributs en situation à l'utilisation d'une base de données d'attributs, et nous avons proposé de réduire les relevés botaniques aux seules graminées. Un second objectif a été d'évaluer la méthode à l'échelle du système fourrager dans le cadre d'un second réseau d'exploitation (Aveyron).

Les dispositifs en partenariat ont consisté en la présentation des prototypes d'outils à plusieurs reprises et dans différents dispositifs pour lesquels nous avons recueilli des retours d'expériences. Il s'est agi principalement (*tableau 2*) :

– d'un dispositif réduit (Inra-Chambre d'agriculture de l'Aveyron) de 8 éleveurs (Duru *et al.*, 2009a) où les caractérisations effectuées à partir d'Herb'type et d'un prototype

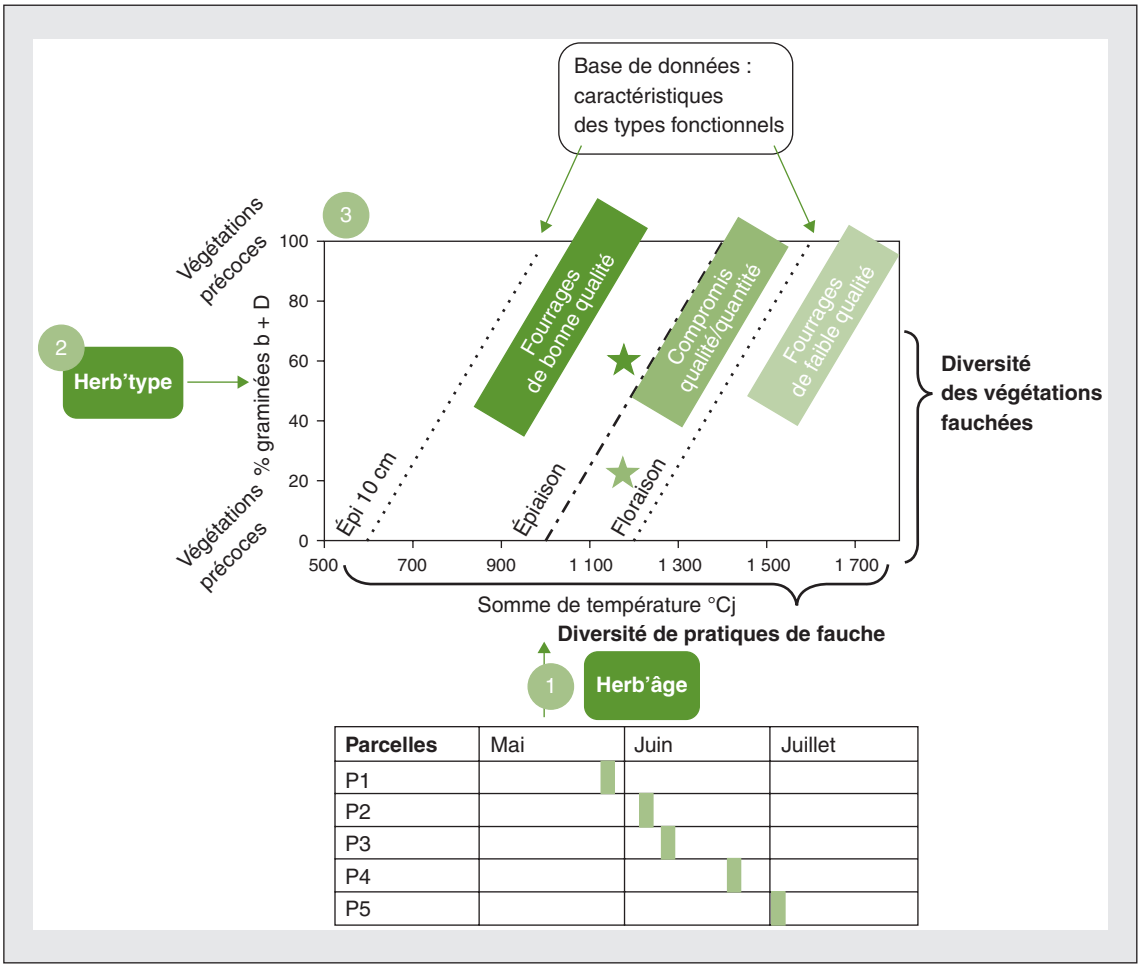


Figure 3. Les trois étapes d'utilisation d'Herb'opti.

Figure 3. The three steps in Herb'opti utilization.

(1) traduction du calendrier d'utilisation des surfaces en sommes de températures avec Herb'âge ; (2) caractérisation de la composition fonctionnelle des végétations avec Herb'type ; (3) analyse du positionnement des parcelles étudiées en fonction des stades phénologiques afin de déterminer certaines des composantes de la valeur d'usage à l'échelle de la sole ou du système fourrager et d'évaluer les marges de manœuvre pour atteindre des objectifs de quantité ou de qualité.

d'Herb'opti ont été restituées collectivement aux éleveurs et conseillers agricoles ;
– d'une formation annuelle d'une semaine organisée par Résolia (10 à 15 conseillers par an) au cours de laquelle les connaissances à la base de la construction des outils étaient présentées, et où une expérimentation en ferme de ces outils était faite ;
– de retours d'expériences et de demandes d'anciens stagiaires.
Pour les chercheurs, ces différents dispositifs ont permis de vérifier que les prairies se caractérisent par une forte diversité fonctionnelle intra- et interparcelles et que cette diversité est mobilisée différemment selon les éleveurs (Duru *et al.*, 2009a). Nous avons montré que cette caractérisation de la ressource est indispensable si l'on veut comprendre les pratiques fourragères des éleveurs, celles-ci étant directement dépendantes des TFP (date de mise à l'herbe, fin d'affouragement au printemps, fin du déprimage des près de fauche, fin du premier tour de pâturage…).
Au cours de cette période, des prototypes d'Herb'sim et d'Herb'âge ont été présentés aux stagiaires lors de formations. L'usage des prototypes d'outils en situation leur a fait découvrir un « nouvel univers ». En revanche, les éleveurs chez qui les données recueillies ont été restituées se sont tout de suite reconnus dans les présentations et certains ont adapté tout de suite leurs pratiques pour mieux valoriser les ressources fourragères dont ils disposaient. Cela leur a permis d'affiner leur raisonnement des conduites de fauche et de pâturage (Lacey et Theau, 2008 ; Chazelas et Theau, 2008).

Des prototypes d'outils aux outils actionnables : 2008-2010

Le passage de prototypes d'outils à des outils actionnables s'est fait progressivement au cours de nombreuses itérations avec des acteurs, dans des dispositifs en continuité avec ceux mis en œuvre précédemment, mais aussi au sein de dispositifs pluripartenaires, de plus grand format que précédemment dans le cadre de projets de R & D

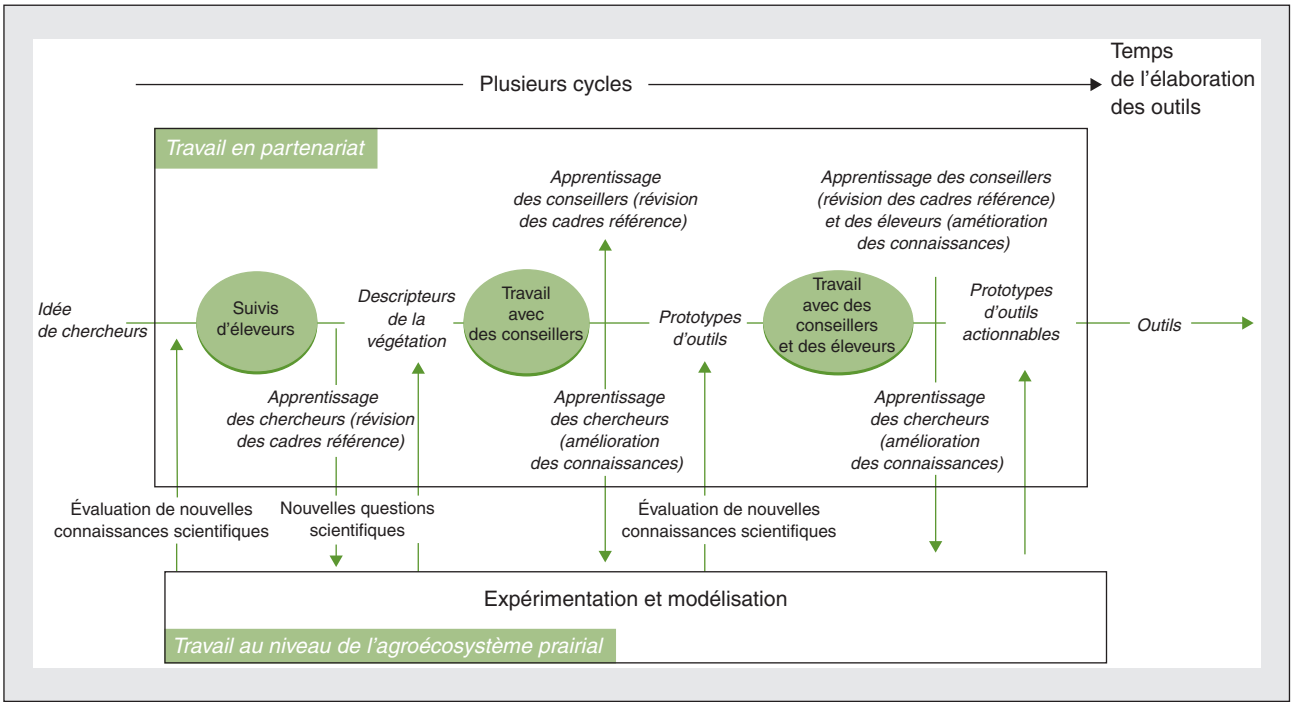


Figure 4. Schématisation des périodes de recherche en partenariat et des recherches sur l'agroécosystème prairial.

Figure 4. Schematic representation of steps and interactions between research actions conducted at ecosystem level and in partnership.

très formalisés (*tableau 1*). Le dispositif principal concerne un réseau d'élevages (Casdar Pôle fromager Massif Central) où une dizaine de conseillers ont expérimenté sur 2 ans les prototypes de Herb'type et de Herb'opti. En outre, les formations annuelles ont été étendues à des enseignants agricoles. Enfin, des formations spécifiques ont été réalisées à la demande d'anciens stagiaires (Herb'âge et ses applications, par exemple). Nous résumons ci-dessous quelques-unes des évolutions des outils qui ont permis d'aboutir à des prototypes avancés ou des outils actionnables.

L'ergonomie d'Herb'sim a été complètement revue. Les échanges avec les stagiaires ont permis de structurer les variables d'entrée à considérer en offrant des choix multiples (itinéraire technique réel ou type), et ont abouti à choisir l'expression des résultats sous forme de représentations graphiques de scénarios, un scénario étant une combinaison de modes d'exploitation, de types de végétation et de climats.

L'évolution d'Herb'type a consisté en : i) une simplification poussée de la méthode de recueil des données ; ii) la définition d'une méthode d'estimation des quatre composantes de la valeur d'usage agricole par couplage du relevé floristique simplifié à une base de données caractéristiques des TFP ; iii) la proposition d'une méthode pour tirer parti des résultats en mobilisant des courbes de référence et en s'appuyant sur une approche comparative de données (*figure 2*, étape 4).

Pour Herb'opti, s'est progressivement imposée la nécessité de tenir compte des TFP pour évaluer simplement le taux d'utilisation de l'herbe, puis procéder à un ajustement des pratiques si nécessaire pour atteindre des objectifs de production et/ou de qualité.

Au fil des rencontres est apparue la nécessité de prévoir la composition fonctionnelle de la végétation, d'abord en fonction des pratiques au sein d'une petite région, puis en fonction des caractéristiques de l'environnement à plus grande échelle (RMT prairie, par exemple). Ce contexte nous a conduit à réaliser des méta-analyses fondées sur des données recueillies dans plusieurs régions françaises afin d'établir des relations entre, d'une part, des caractéristiques du milieu et des pratiques, et d'autre part, la composition fonctionnelle de la végétation. Les premiers résultats (Martin *et al.*, 2009 ; Duru *et al.*, 2010b) serviront à construire Herb'adapt, c'est-à-dire un outil pour prédire la valeur d'usage agricole à partir des caractéristiques du milieu et des pratiques et non plus uniquement à partir de la caractérisation de la végétation (Herb'type).

Apprentissages des acteurs par l'usage des outils

La construction de l'outil pivot, Herb'type, a nécessité un changement de paradigme pour les chercheurs participant à la période 1, et pour les conseillers lors des périodes suivantes. À une diversité de prairies usuellement distinguées localement par leur composition botanique (« bonne » ou « médiocre ») ou leur niveau de production (élevé ou faible), s'est imposée une distinction par leur composition fonctionnelle qui renseigne sur les quatre composantes de la valeur d'usage identifiées. La mobilisation du prototype d'Herb'type a permis progressivement de requalifier les végétations sur des bases scientifiques validées par l'observation des pratiques. Nous avons ainsi montré que des végétations à forte TMS considérées comme de faible valeur agronomique

Tableau 2. Dispositifs de recherche en partenariat au cours des trois phases du projet.

Table 2. Research device in partnership in the course of the three phases of the project.

Dispositifs mis en oeuvre	Périodes		
	1999-2004 : du concept au choix des bons descripteurs de la composition fonctionnelle de la végétation	**2005-2007 : des descripteurs aux premiers prototypes d'outils communicables**	**2008-2010 : des prototypes d'outils communicables à des outils évalués en situation et actionnables**
Formation de conseillers agricoles (RESOLIA)	Une semaine par an avec un terrain pour travaux pratiques (Pyrénées centrales)	Une semaine par an avec un terrain pour travaux pratiques (Pyrénées centrales, le plus souvent)	Une semaine par an avec un terrain pour travaux pratiques (Sud Massif central)
Formation d'enseignants des lycées agricoles (ENFA)			Une semaine par an avec travail pratique sur des prototypes d'outils (Herb'sim, par exemple)
Retour d'expériences suite aux formations (quelques exemples parmi d'autres)		Premières applications « accompagnées » sur le terrain : Ercé (Theau *et* Zerourou, 2008), FRCIVAM Limousin (Chazelas et Theau, 2008, ARDEAR Tarn (Lacey et Theau, 2008)	Demande de chambres d'agriculture de participer à la conception d'un bulletin météo hebdomadaire visant à accompagner les éleveurs soucieux d'anticiper leurs pratiques fourragères
Dispositifs de suivis d'élevage à l'échelle de petites régions : monopartenaire et petit format	Pyrénées centrales (2000-2004) : recueil, mise en forme et restitutions individuelles et collectives	Aubrac (2005-2007) : recueil, mise en forme et restitutions individuelles et collectives	
Dispositifs de suivis d'élevage à l'échelle de petites régions : pluripartenaires et grand format, réseau de R & D			- Projets R&D financés par le ministère de l'Agriculture : ''Casdar Pôle fromager Massif central'' (2008-2010), ''Casdar national prairie'' (2009-2011), ''RMT prairies'' (2009-2011) - Projet pour et sur le développement régional : Climfourel (2008-2011)
Événements marquants	Enquête « outil »: 2004 Première typologie fonctionnelle de graminées : 2004	Organisation d'un séminaire « Outils pour la gestion des prairies naturelles » (2005)	Organisation d'une journée de transfert autour de l'indicateur « Somme de températures » (2009) Présentation de la boîte à outils lors d'une journée du RMT prairie (2009) Plusieurs articles dans des revues techniques

ENFA : École nationale de formation agronomique ; FRICIVAM : Fédération nationale des centres d'initiatives pour valoriser l'agriculture et le milieu ; ARDEAR : Association pour le développement de l'emploi agricole et rural ; Casdar : Compte d'affectation spéciale pour le développement agricole et rural ; RMT : réseau mixte technologique.

pouvaient en fait présenter des avantages en termes de flexibilité d'utilisation (possibilité de différer l'utilisation tout en minimisant la diminution de qualité) et de périodes de production (Duru *et al.*, 2010a, Duru *et al.*, 2010c) ; propriétés qui n'étaient pas qualifiées jusqu'à maintenant. Le changement de paradigme a permis d'établir un pont entre une approche scientifique nouvelle et la manière dont les agriculteurs évaluent leurs végétations, et ainsi de renouveler profondément l'analyse des relations entre types de végétations et fonctions des prairies dans les systèmes d'élevage. Cette expérience a correspondu à une double boucle d'apprentissage (Fazey *et al.*, 2005), en ce sens que les différentes parties prenantes (chercheurs compris) ont été amenées à un moment ou un autre à réviser leur cadre de référence.

Travailler avec les agriculteurs et les conseillers lors des périodes 2 et 3 nous a conduits à simplifier et enrichir les prototypes d'outils. Par exemple, lors de la période 1 nous avions fondé nos outils sur la base d'un relevé exhaustif des graminées regroupées en quatre types fonctionnels. Les retours d'expériences nous ont conduits à considérer plusieurs attributs et à distinguer cinq types pour mieux qualifier la productivité et la temporalité. Nous avons aussi été amenés à imaginer une méthode simple pour prendre en compte les spécificités des dicotylédones. Dans le même temps, nous avons montré qu'on pouvait simplifier les relevés botaniques en se limitant aux graminées dominantes. Travailler en situation avec des conseillers agricoles en mettant à l'épreuve des prototypes successifs dans d'autres contextes de production que ceux qui ont servi à les construire, nous a permis d'enrichir les règles d'interprétation des données recueillies et nous a guidés pour l'écriture de procédures (Duru *et al.*, 2010d) qui complètent les seules présentations orales qui avaient cours jusqu'il y a peu. Plus généralement, les formations nous ont poussés à écrire des publications de type ingénierie en français, et à instrumenter les outils sous tableur ou au travers de construction de logiciels (*tableau 1*).

L'utilisation de Herb'type et de Herb'opti avec des éleveurs a confirmé pour certains le bien-fondé de leurs pratiques ; pour d'autres, elle a conduit à revoir leur gestion pour l'année en cours. Par exemple, certains éleveurs ont perçu l'intérêt d'avancer la date de récolte pour améliorer le taux d'utilisation de la biomasse produite (boucle simple d'apprentissage). En outre, l'utilisation de ces outils est un moyen pour mieux communiquer de façon simple dans le cadre de groupes. Ainsi, le support graphique utilisé dans Herb'opti a permis d'enrichir considérablement les grilles de diagnostics établies antérieurement par les chercheurs. Ces apprentissages croisés sont pour nous un gage d'appropriation des outils. Ayant participé à leur construction, les utilisateurs potentiels se retrouvent bien dans leurs fonctionnalités. Ainsi, le type de représentation contenue dans Herb'opti a permis aux techniciens du conseil de communiquer avec les éleveurs de manière renouvelée. Il a également permis aux chercheurs et techniciens de travailler ensemble à la définition des règles (par exemple, pour la fauche, foin de qualité pour une fauche antérieure à l'épiaison, compromis entre qualité et quantité pour une fauche comprise entre épiaison et floraison, fourrages de faible qualité pour une fauche tardive). Nous avons choisi de présenter des règles d'interprétation issues des modèles de connaissances sous forme de graphiques (*figure 2*) plutôt que par des descripteurs utilisés dans les publications scientifiques, en l'occurrence les attributs de plante, car les premiers sont mieux compréhensibles par des agents du développement (van Mierlo *et al.*, 2010). Pour l'ensemble des dispositifs que nous avons construits ou auxquels nous avons été associés, l'appropriation par les conseillers de la nouvelle méthode de caractérisation des prairies, fondée sur un nombre limité de TFP, s'est très rapidement répandue. Cela est dû au fait que les conseillers au cours des formations et des travaux de groupes ont pu expérimenter, en étant accompagnés et ou par eux-mêmes, la portée de cette classification (*figure 2*). Ainsi, les typologies de prairies fondées sur les types fonctionnels de graminées sont de plus en plus mentionnées tant au niveau de groupes d'éleveurs souhaitant mener des réflexions sur la prairie (Civam BIO Ariège, Civam Limousin, ARDEAR du Tarn…) que parmi les organismes de développement (chambres d'agricultures des régions Midi Pyrénées, Auvergne et Limousin…). Dans ces trois régions, la production de bulletins météorologiques hebdomadaires édités par les chambres départementales (une dizaine de chambres) en est un bon indicateur. Il s'agit de communiquer par voie de presse avec les éleveurs, pour les inciter à anticiper leurs pratiques de pâturage et de fauche en fonction du climat de l'année et des types de végétation qu'ils ont dans leurs exploitations. En outre, trois programmes de recherche finalisée financés sur des fonds dits Casdar (Compte d'affectation spéciale pour le développement agricole et rural) (AOP Massif Central, prairies pyrénéennes, prairies à l'échelle nationale) et un réseau mixte technologique (RMT) prairies sont utilisateurs de cette typologie.

Pour Herb'âge, nous avons assisté à un changement d'usage relativement à ce qui était prévu à l'origine par les chercheurs. À partir d'un simple outil de transformation de dates de récolte en sommes de températures (T), des conseillers d'une dizaine de départements en France ont proposé de les cartographier hebdomadairement au printemps, et de s'en servir pour anticiper des dates clés dans la conduite d'un système d'alimentation. Ils ont dû simplifier la qualification des prairies puisque la communication de type « grand public » se faisait par voie de presse, messagerie électronique. Outre ce changement d'objectif d'usage, le niveau petite région agricole a prévalu dans cette application.

Leçons et conclusions

Nous récapitulons ci-dessous un certain nombre d'enseignements de portée générale pour les situations répondant aux critères suivants :

– pas de référentiels agronomiques satisfaisants chez les conseillers et enseignants au moment du démarrage du projet : pratiques des agriculteurs parfois novatrices, mais difficilement communicables faute de descripteurs *ad hoc*, et souvent décriées car considérées comme dépassées ;

– des acteurs de l'agriculture, dispersés sur le territoire et représentant une très grande diversité de situations du fait du sol et du climat, de comportements gestionnaires et de modes de

fonctionnement des organisations agricoles.

Dans ces conditions, pour atteindre l'objectif finalisé, plusieurs principes méritent d'être identifiés et évalués. Au démarrage du travail, la possibilité de construire un ou plusieurs outils à partir du concept de TFP relève plus de l'intuition que d'une certitude. Pour cette raison, l'approche en partenariat a d'abord été de type passif (Pretty, 1995), de façon à ne pas promettre des résultats novateurs sans en avoir vérifié la pertinence. C'est aussi pourquoi nous avons, notamment lors de la période 1, réalisé des suivis d'élevages sans engagement de production de connaissances nouvelles.

Comme pour toute innovation technologique, il est maintenant admis que la construction d'un outil ne s'appuie pas sur un simple transfert de connaissances entre les acteurs de la recherche et du développement. À cette vision linéaire et descendante, on tend à substituer une conception de l'innovation comme un processus émergent qui relève de l'hybridation d'intérêts, de groupes, d'organisations, de routines et de nouveautés. L'innovation est alors considérée comme socialement construite (Chauveau, 1999). C'est la raison pour laquelle nous avons multiplié les dispositifs en partenariat et accepté de répondre aux multiples sollicitations qui étaient vues comme un moyen de renforcer la pertinence et la légitimité de nos prototypes.

L'alternance de phases de formalisation et de contextualisation des connaissances (David, 2001) peut être considérée comme une démarche hybride qui vise à produire des connaissances génériques et contextualisées, en combinant plusieurs postures (recherche en laboratoire et dispositif en partenariat) afin d'éviter les écueils découlant de l'une ou l'autre utilisée seule (Spinuzzi, 2005). Autrement dit, pour concevoir des outils à usage local reposant sur des connaissances génériques, nous avons combiné de manière itérative des méthodologies « *hard* » et « *soft* » (Douthwhite *et al.*, 2001) d'études de plantes en pot à des travaux pratiques dans des réseaux de fermes par des utilisateurs potentiels.

Dès le début du projet, notre ligne directrice a été la construction d'outils évolutifs en fonction des retours d'expériences que nous avons et des usages qui pourront se déterminer dans l'action. En ce sens, notre démarche pour la construction d'outils sur le temps long a des similitudes avec la gestion adaptative qui est reconnue comme un moyen de traiter les situations où l'incertitude écologique et sociale existe (Jacobson *et al.*, 2009). Notre objectif étant la construction d'outils pour l'apprentissage, nous avons veillé à proposer un cheminement pour passer de données (ici des relevés botaniques) à de l'information qui fait sens pour les utilisateurs (ici les descripteurs de la valeur d'usage), et de cette information à une connaissance utile pour l'action (Eksvärd, 2009). ■

Remerciements

Ce travail a été financé par le projet européen VISTA *Vulnerability of Ecosystem Services to Land Use Change in Traditional Agricultural Landscapes* [Contrat n°EVK2-2001-15 000356], et le projet PSDR « Climfourel », projet Inra et région Midi-Pyrénées.

Nous remercions Pascal Béguin (Inra Sadapt) pour ses suggestions lors de l'écriture de cet article.

Références

Al Haj Khaled R, Duru M, Theau JP, Plantureux S, Cruz P, 2005. Variation of leaf traits through seasons and N-availability levels and its consequences for ranking grassland species. *J Veg Sci* 16 : 391-8.

Ansquer P, Cettolo H, Theau JP, Cruz P, Jouany C, Duru M, 2008. *Quels outils pour le diagnostic et la gestion des surfaces en herbe pérennes ? Enquête sur les pratiques et les attentes des utilisateurs.* In : Cruz P, Jouany C, Theau JP, eds. Symposium International Vista-WP5, Outils pour la gestion des prairies naturelles, Toulouse, 6-7-8/7/2005.

Ansquer P, Al Haj Khaled R, Cruz P, Theau JP, Therond O, Duru M, 2009a. Characterizing and predicting plant phenology in species-rich grasslands. *Grass Forage Sci* 64 : 57-70.

Ansquer P, Duru M, Theau JP, Cruz P, 2009b. Functional traits as indicators of fodder provision over a short time scale in species-rich grasslands. *Ann Bot-London* 103 : 117-26.

Ansquer P, Duru M, Theau JP, Cruz P, 2009c. Convergence in plant traits between species within grassland communities simplifies their monitoring. *Ecol Indic* 9 : 1020-9.

Cerf M, Meynard JM, 2006. Les outils de pilotage des cultures: diversité de leurs usages et enseignements pour leur conception. *Nature, Sciences, Sociétés* 14 : 19-29.

Chazelas L, Theau JP, 2008. *Appréhender la diversité fonctionnelle des prairies pour mieux les gérer*. In : Cruz P, Jouany C, Theau JP, eds. Symposium International Vista-WP5, Outils pour la gestion des prairies naturelles, Toulouse, 6-7-8/7/2005.

Coléno FC, Duru M, Theau JP, 2005. A method to analyse decision-making processes for land use management in livestock farming. *Int J Agric Sustain* 3 : 69-77.

Cruz P, Duru M, Therond O, Theau JP, Ducourtieux C, Jouany C, *et al.,* 2002. Une nouvelle approche pour caractériser les prairies naturelles et leur valeur d'usage. *Fourrages* (172) : 335-54.

Cruz P, Theau JP, Lecloux E, Jouany C, Duru M, 2010. Typologie fonctionnelle de graminées fourragères pérennes : une classification multitraits. *Fourrages* (401) : 11-7.

Daget P, Poissonnet P, 1971. Une méthode d'analyse phytosociologique des prairies. Critères d'application. *Ann Agron* 22 : 5-41.

David A, 2001. La recherche-intervention, cadre général pour la recherche en management ? In : David A, Hatchuel A, Laufer R, eds. *Les nouvelles fondations des sciences de gestion.* Paris : Vuibert.

Duru M, Cruz P, Theau JP, Jouany C, Ansquer P, Al Haj Kaled R, *et al.,* 2007. Typologies des prairies riches en espèces en vue d'évaluer leur valeur d'usage : bases agro-écologiques et exemples d'applications. *Fourrages* (192) : 453-75.

Duru M, Adam M, Cruz P, Martin G, Ansquer P, Ducourtieux C, *et al*, 2008a. Modelling above-ground herbage mass for a wide range of grassland community types. *Ecol Model* 220 : 209-25.

Duru M, Cruz P, Al Haj Kaled R, Ducourtieux C, Theau JP, 2008b. Relevance of plant functional types based on leaf dry matter content for assessing digestibility of native grass species and species-rich grassland communities in spring. *Agron J* 100 : 1622-30.

Duru M, Hossard L, Martin G, Theau JP, 2009a. *Une méthode générique d'évaluation de la valeur d'usage agricole des prairies permanentes à l'échelle du système fourrager*. Rencontre Recherches Ruminants, 2-3 décembre, Paris.

Duru M, Khaled RAH, Ducourtieux C, Theau JP, de Quadros FLF, Cruz P, 2009b. Do plant functional types based on leaf dry matter content allow characterizing native grass species and grasslands for herbage growth pattern? *Plant Ecol* 201 : 421-33.

Duru M, Ansquer P, Jouany C, Theau JP, Cruz P, 2010a. Comparaison of methods for assessing the impact of different disturbances and nutrient conditions upon functional characteristics of grassland communities. *Ann Bot –London* (106) : 823-31.

Duru M, Cruz P, Jouany C, Theau JP, 2010b. Herb'type© : un nouvel outil pour évaluer les services de production fournis par les prairies permanentes. *Productions Animales,* 23 : 319-32.

Duru M, Cruz P, Martin G, Theau JP, Charron MH, Desange M, Jouany C, Zerourou A, *et al.*, 2010c. Herb'sim : un modèle pour raisonner la production et l'utilisation de l'herbe. *Fourrages* (201) : 37-46.

Duru M, Cruz P, Theau J, 2010d. A simplified method for characterising agronomic services provided by species-rich grasslands. *Crop Pasture Sci* 61 : 420-33.

Fazey J, Fazey JA, Fazey DMA, 2005. Learning More Effectively from Experience. *Ecol Soc* 10 : art4. http://www.ecologyandsociety.org/vol10/iss2/art4/.

Geels FW, 2004. From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Res Policy* 33 : 897-920.

Gitay H, Noble IR, 1997. What are functional types and how should we seek them ? In : SmithTM, Shugart HH, Woodward FI, eds. *Plant functional type : their relevance to ecosystem properties and global change.* Cambridge (UK) : Cambridge University Press.

Hatchuel A, 2000. Intervention research and the production of knowledge. In : Science update, ed. *Cow up a tree. Knowing and learning for change in agriculture. Cases studies from industrialised countries.* LEARN Group (EDS). Paris : Inra éditions.

Jacobson C, Hughey KFD, Allen WJ, Rixecker S, Carter RW, 2009. Toward more reflexive use of adaptative management. *Soc Natur Resour* 22 : 484-95.

Jeangros B, Troxler J, Schmid W, 1991. Prairies de Suisse riches en espèces : Description et rendement. *Rev Suisse Agric* 23 : 26-35.

Lacey L, Theau JP, 2008. *Analyse d'un système basé sur le pâturage tournant: l'importance des décisions en début de printemps*. In : Cruz P, Jouany C, Theau JP, eds. Symposium International Vista-WP5, Outils pour la gestion des prairies naturelles, Toulouse, 6-7-8/7/2005.

Leroux X, Barbault R, Baudry J, Burel F, Doussan I, Garnier E, *et al.*, eds, 2008. Agriculture et biodiversité : valoriser les synergies. Paris : Inra editions.

Martin G, Cruz P, Theau JP, *et al.,* 2009. A multi-site study to classify semi-natural grassland types. *Agr Ecosyst Environ* 129 : 508-15.

Nassauer JI, Opdam P, 2008. Design in science: extending the landscape ecology paradigm. *Landscape Ecol* 23 : 633-44.

Plantureux S, Bonischot R, Guckert A, 1992. Utilisation d'une typologie des prairies permanentes du Plateau lorrain pour le diagnostic agronomique. *Fourrages* (132) : 381-94.

Poorter H, Garnier E, 1999. Ecological signifiance of inherent varaiation in relative growth rate and its components. In : Pugnaire FI, Valladares F, eds. *Handbook of functional plant ecology.* New York : M. Dekker Inc.

Pretty JN, 1995. Participatory learning for sustainable agriculture. *World Dev* 23 : 1247-63.

Reich PB, 1993. Reconciling apparent discrepancies among studies relating life span, structure and function of leaves in contrasting plant life forms and climates: the blind men and the elephant retold. *Funct Ecol* 7 : 721-5.

Spinuzzi C, 2005. The methodology of participatory design. *Tech commun* 52 : 163-74.

Sturtevant BR, Fall A, Kneeshaw DD, *et al.*, 2007 A toolkit modelling approach for sustainable forest management planning : achieving balance between science and local needs. *Ecol Soc* http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss2/art7/

Theau JP, Zerourou A, 2008. *Herbage, une méthode de calcul des sommes de températures pour la gestion des prairies*. In : Cruz P, Jouany C, Theau JP, eds. Symposium International Vista-WP5, Outils pour la gestion des prairies naturelles, Toulouse, 6-7-8/7/2005.

Theau JP, 2009a. Prendre confiance en l'herbe. Interview réalisé par Griffoul, B. *Réussir Bovins Viande* (160) : 17.

Theau JP, 2009b. Identifier le potentiel herbager de sa ferme. *Alter Agri* 98 : 9-11.

Theau JP, Cruz P, Lacour C, 2009a. *De nouveaux repères pour piloter les pratiques fourragères en zone herbagère*. L'herbe de nos montagnes - Des stratégies et des outils pour s'affranchir des contraintes, 9 Septembre 2009 ; Journée technique de Laqueille (Inra).

Theau JP, Piquet M, Baumont B, *et al.*, 2009b. *Role of the between-plot plant functional diversity in uplandsdairy farms*. Proceedings of the 15th. meeting of the FAO CIHEAM Moutain Pastures Network, 9 October 2009, Les Diablerets, Switzerland.

Theau JP, Cruz P, Fallour D, Jouany C, Lecloux E, Duru M, 2010. Une méthode simplifiée de relevé botanique pour une caractérisation agronomique des prairies permanentes. *Fourrages* (401) : 19-25.

van Mierlo B, Arkesteijn M, Leeuwis C, 2010. Enhancing the Reflexivity of System Innovation Projects With System Analyses. *Am J Eval* 31 : 143-61.