

# Capflor® : un outil pour concevoir des mélanges de prairies à flore variée

V. Goutiers, M.-H. Charron, M. Deo, L. Hazard

L'utilisation de prairies constituées d'un mélange complexe d'espèces offre une alternative agroécologique aux monocultures fourragères consommatrices d'intrants de synthèse. Concevoir de tels mélanges, adaptés à leur contexte d'utilisation et pérennes, est désormais facilité par l'outil d'aide à la décision Capflor®.

## RÉSUMÉ

Une prairie à flore variée est un mélange semé, complexe, de pérennité supérieure à 3 ans, constitué de plus de 6 espèces (et variétés) d'au moins 3 familles botaniques pour les prairies pâturées (2 familles pour les prairies de fauche). L'outil d'aide à la décision Capflor® offre une aide aux conseillers agricoles et aux éleveurs pour concevoir de tels mélanges d'espèces adaptés à leurs besoins. Cet outil a été conçu de manière participative avec des collectifs d'éleveurs afin de faciliter son adoption par les professionnels. Il intègre des connaissances en écologie et en agronomie ; il repose sur le concept de filtres : 3 filtres sont successivement appliqués pour aboutir à proposer 6 à 14 espèces pour constituer une prairie à flore variée, les proportions devant être déterminées localement.

## SUMMARY

### Capflor®: a tool for designing species mixtures and thus creating diversified grasslands

An agroecological alternative to high-artificial-input forage monocultures exists: the use of diversified grasslands (DGs). Created by sowing complex seed mixtures, DGs persist for more than 3 years and contain over 6 species/varieties from several plant families. Current DG planning methods are not very accessible to French farmers. Here, we describe a decision-making tool called Capflor®, which we developed in collaboration with farmer collectives. It allows farmers to design species mixtures that are adapted to their needs. Capflor® incorporates current knowledge in ecology and the agricultural sciences and employs a filtering approach. It applies 3 successive filters to yield a final list of 6-14 species that can be used to generate a DG. The tool does not recommend specific species proportions, which will be location dependent.

## 1. Intérêts et difficultés de la conception de prairies à flore variée

Concevoir des prairies à flore variée (cf. encadré 1) pour la production fourragère consiste à créer des mélanges d'espèces plus productifs que la végétation spontanée, sans recours aux intrants chimiques, plus pérennes et d'une meilleure valeur alimentaire que les couverts monospécifiques de plantes fourragères. La diversité des espèces assemblées vise i) une bonne valorisation des ressources dans le temps et dans l'espace permettant ainsi un meilleur rendement, mieux réparti sur l'année et entre années, ii) la fixation d'azote par les légumineuses et un transfert vers les espèces compagnes, iii) une grande diversité fonctionnelle et une bonne couverture du sol pour limiter l'invasion de plantes indésirables, iv) un bon équilibre de la ration et v) une valorisation des composés secondaires pour la santé animale, la prévention de la météo-

risation ou la stimulation de la lactation par exemple... Outre ces services à la production animale, ces prairies compensent en partie l'impact environnemental de l'élevage en limitant le recours aux intrants et contribuent à une diversité d'autres services écosystémiques : biodiversité, pollinisation, séquestration de carbone, qualité des sols... De telles prairies sont recherchées principalement des éleveurs bio, mais également des éleveurs conventionnels choisissant de privilégier l'ensemble de ces services par rapport à la productivité ou de mettre en valeur des terrains peu propices à la culture fourragère. Certains des ces éleveurs ont testé les mélanges suisses commercialisés en France avec plus ou moins de bonheur puisque ceux-ci n'ont pas été développés pour les conditions françaises.

Au-delà de cette expérience, le développement en France de la culture des prairies à flore variée (PFV) nécessite de lever **deux principaux verrous** : le premier, d'ordre

### AUTEURS

INRA, UMR 1248 AGIR, BP 52627, F-31326 Castanet-Tolosan ; vladimir.goutiers@inra.fr

**MOTS CLÉS** : Agroécologie, aide à la décision, approches participatives, composition fonctionnelle, mélange fourrager, méthode, multifonctionnalité des prairies, prairie, prairie de longue durée, semis, services rendus par les prairies, végétation.

**KEY-WORDS** : Agroecology, aid to decision, forage mixture, functional composition, grassland, grassland multi-functionality, long duration pastures, method, participatory approaches, seeding, services provided by grasslands, vegetation.

**RÉFÉRENCE DE L'ARTICLE** : Goutiers V., Charron M.H., Deo M., Hazard L. (2016) : "Capflor® : un outil pour concevoir des mélanges de prairies à flore variée", *Fourrages*, 228, 243-252.

Une prairie à flore variée (PFV) est un mélange semé, complexe, de **perennité variable mais supérieure à 3 ans**, constitué de **plus de 6 espèces**, de **plusieurs variétés par espèce et d'au minimum 3 familles botaniques pour les prairies de pâturage et 2 familles pour les prairies de fauche**. Ce type de prairie temporaire fournit, de par sa conception, plusieurs services écosystémiques autres que la production de biomasse pour nourrir des animaux (couverture du sol, fourniture d'azote, effet antihelminthique, propriétés mellifères...) en s'appuyant sur les processus écologiques.

Selon la typologie des mélanges de CHARLES (1976) et CRÉMER et al. (2008), la PFV **se distingue du mélange simple par son nombre d'espèces**. Le mélange simple est constitué d'une à deux espèces de légumineuses (une ou plusieurs variétés) mélangées à 2, 3 ou 4 espèces de graminées (une ou plusieurs variétés). La prairie de mélange simple sera donc composée au maximum de 6 espèces tandis que la PFV comprendra plus de 6 espèces.

L'intérêt agroécologique de la prairie à flore variée est de jouer sur les complémentarités entre espèces et leur succession afin de renforcer sa tolérance aux aléas, sa pérennité, sa productivité à faibles intrants et sa valeur alimentaire. Ce type de prairie peut être conçu pour fournir une diversité de services écosystémiques (séquestration de carbone, couverture du sol, fourniture d'azote, effet anti-parasitaire, stimulation de la production laitière, pollinisation et soutien à la production de miel...) autres que la production de biomasse (cf. <http://dicoagroecologie.fr/encyclopedie/prairie-a-flore-variee/>).

ENCADRÉ 1 : **Définition d'une prairie à flore variée.**

FRAME 1 : **Definition of a diversified grassland.**

cognitif, est lié au fait que les connaissances scientifiques et techniques produites au cours des 50 dernières années en France l'ont été très majoritairement sur les prairies monospécifiques et les associations graminées - légumineuses. Malgré cela, certains éleveurs ont conservé un savoir-faire en termes de culture en mélange mais ceux qui n'ont pas d'expérience sur la mise en place de prairies à flore variée rencontrent des difficultés pour le choix des espèces et des variétés à assembler.

Le second verrou, d'ordre économique, découle du premier : la culture d'espèce pure ou d'association ayant été promue en France jusqu'en 2004, l'offre commerciale effective en espèces fourragères dans les coopératives locales est très restreinte. Elle n'offre pas la diversité nécessaire à la constitution de prairies à flore variée. Dans ce contexte, l'idée de créer un outil informatique pour aider à la conception des mélanges présentait deux intérêts : d'une part, il vient combler un déficit dans l'accompagnement technique des éleveurs et, d'autre part, il permet de revisiter l'intérêt fourrager de l'ensemble des espèces prairiales, de façon à susciter une demande sur un marché qui actuellement est resserré autour des quelques espèces que sont la luzerne, les ray-grass, les fétuques ou les trèfles...

Nous présentons donc ici l'outil Capflor® et la façon dont il est conçu avec des éleveurs. Le succès de cette démarche de co-conception de l'outil auprès des utilisateurs démontre que l'outil répond à une demande. Le dispositif ainsi mis en place permettra, au-delà de la conception même de l'outil, de valider et d'améliorer les préconisations qu'il délivre.

## ■ Développer une démarche spécifique aux prairies à flore variée

Depuis l'autorisation de la commercialisation des mélanges fourragers en France en 2004, les semenciers proposent à la vente des mélanges simples. LA.F.P.F. a édité une plaquette permettant de constituer de tels mélanges (DERAEDT et al., 2014) dont certaines règles se retrouvent dans un outil en ligne du GNIS (<http://le-calculateur.herbe-actifs.org/>). La composition de ces mélanges est raisonnée principalement à partir de connaissances sur le comportement agronomique des espèces les mieux connues et travaillées en sélection. Les critères de choix des espèces à assembler sont la durée d'exploitation souhaitée pour la prairie, les propriétés dominantes du sol de la parcelle à implanter (sol sain au niveau hydrique, hydromorphe, séchant, acide, calcaire...) et le type d'utilisation du fourrage (fauche, pâturage, mixte). Cette approche est pertinente pour constituer des mélanges simples dans des conditions de culture relativement intensives où il s'agit de valoriser le potentiel génétique des espèces sélectionnées.

Dans ce contexte, « un bon mélange nécessite des bonnes variétés et de bonnes pratiques ». Étendre la préconisation nécessiterait de réduire le hiatus entre les conditions d'évaluation des variétés et les conditions d'utilisation de celles-ci. La connaissance des espèces fourragères produite dans les épreuves d'inscription au Catalogue français porte sur leurs performances en culture pure et intensive, exception faite du trèfle blanc. Elle ne nous renseigne en rien sur la performance des variétés en mélange (LITRICO et VIOLLE, 2015) ni sur l'adaptation d'un mélange à des conditions de culture jugées marginales de par leurs faibles niveaux d'alimentations hydrique ou minéral. **Jusqu'à présent, l'aptitude des espèces à coexister dans la durée pour produire dans un mélange pérenne (de plus de 3 ans) n'est pas vraiment prise en considération dans l'établissement de règles d'assemblage de mélanges commercialisés.** Les mélanges proposés sont conçus à partir de connaissances produites dans des situations artificielles et sur une gamme restreinte d'espèces et d'environnements. Il apparaît donc nécessaire de développer une autre approche pour développer des PFV adaptées à la diversité des situations et au développement des pratiques agroécologiques de production fourragère.

En marge de cette démarche, **des expérimentations ont été réalisées**, principalement en agriculture biologique ou dans les réseaux d'agriculture durable (RAD), **pour explorer les potentialités de mélanges conduits avec peu d'intrants.** Ces travaux ont largement contribué à démontrer l'intérêt des mélanges prairiaux pour maintenir la production et la pérennité du couvert semé lorsque l'usage des intrants est réduit. Cependant, ces travaux descriptifs produisent des **résultats difficiles à généraliser car très contextuels.** Faute de cadre conceptuel, ces résultats ont donc une portée limitée.

Si l'intérêt pour les prairies à flore variée est récent en France, **la Suisse** a développé au cours des 50 dernières années un dispositif de recherche - développement original pour les promouvoir. Ce dispositif permet de recommander aux éleveurs suisses une large gamme de mélanges pour une diversité de situations. A l'adéquation des espèces aux

conditions environnementales et au mode d'exploitation, les suisses ajoutent la prise en compte **de règles d'assemblages de ces espèces. Celles-ci reposent sur la prise en compte de leur force de concurrence** (c'est-à-dire de leur agressivité dans la compétition interspécifique) **et d'un principe de substitution.**

La force de concurrence est testée expérimentalement (SUTER *et al.*, 2014). L'agressivité des variétés évaluées dans un protocole standardisé est prise en compte pour constituer un mélange équilibré en espèces (FRICK *et al.*, 2008). Le principe de substitution consiste à penser les mélanges en termes dynamiques, jouant sur les différences de temps d'installation et de durée de vie des espèces pour proposer une succession des espèces au sein du mélange qui soit cohérente avec la productivité et la pérennité envisagées. Ce principe repose sur une complémentarité temporelle entre les rythmes de croissance. Sont ajoutés aux mélanges les moins productifs, ou semés au titre de la compensation écologique, des écotypes naturels choisis selon 4 grandes zones de récolte-utilisation (SWISS COMMISSION FOR WILD PLANT CONSERVATION, 2002). Cette démarche jette les bases d'un raisonnement des assemblages d'espèces en termes de fourniture de services écosystémiques autres que la production de biomasse.

Le type de dispositif développé en Suisse n'est toutefois pas transposable à la France. Il faudrait en effet pouvoir multiplier de semblables dispositifs en régions pour tenir compte de la grande diversité des conditions pédoclimatiques et des modes de production. Il conviendrait ensuite d'élaborer le modèle économique permettant par petite région de financer des structures capables de faire de l'expérimentation et de capitaliser sur les retours d'expérience des éleveurs, ce qui semble irréaliste dans le contexte économique actuel de la France.

### ■ Concevoir un cadre conceptuel permettant de raisonner les assemblages d'espèces

La conception de mélanges complexes d'espèces adaptés à la diversité des conditions françaises passe par l'élaboration d'un cadre conceptuel générique. Un tel cadre ouvre sur la modélisation et la constitution d'outils de conseil sur les prairies à flore variée. La recherche agronomique poursuit ce but principalement par des approches mécanistes et systématiques. Celles-ci reposent sur l'idée qu'il faut comprendre et modéliser la croissance des espèces pour expliquer leur comportement à des niveaux de complexité croissante (association, mélanges à 3 composantes... ; LOUARN *et al.*, 2010). Mais une telle démarche ne va pas être en mesure de répondre rapidement à la demande actuellement formulée par les acteurs de terrain à propos des PFV.

L'alternative adoptée dans le cadre de la conception de l'outil Capflor fut de **développer une approche systémique**, parcimonieuse car faisant l'impasse sur l'explicitation de certains mécanismes, articulant théorie écologique et faits agronomiques. Pour ce faire, nous nous sommes inspirés des approches développées en ingénierie écologique. Plus précisément, la démarche mise en œuvre dans Capflor s'est

appuyée sur les travaux de restauration d'écosystèmes prairiaux basés sur l'écologie des communautés et visant à reproduire les structures (biomimétisme, autécologie, phytosociologie) ou les processus qui gouvernent leur production et leur dynamique.

### ■ Créer un outil mobilisant connaissances écologiques, agronomiques et empiriques

Au niveau conceptuel, Capflor articule trois types de connaissances : écologiques, agronomiques et empiriques. Sur le plan pratique, **Capflor gère une diversité d'espèces et de milieux bien supérieure à la gamme traditionnellement considérée.** Ainsi, Capflor ne se limite pas aux espèces sélectionnées car il intègre également les **espèces natives**, permettant de produire un conseil, si nécessaire, dans le champ de la compensation écologique à l'instar de la démarche suisse évoquée ci-dessus. Considérer les espèces natives permet également de questionner les choix d'espèces travaillées en sélection et d'identifier de nouvelles espèces d'intérêt pour le développement de pratiques agro-écologiques. Les espèces actuellement retenues l'ont été dans le contexte de la modernisation agricole sur un critère majeur aujourd'hui remis en question : la valorisation de l'azote minéral.

### ■ Créer un outil utile et utilisé

L'autre objectif qui a prévalu à la conception de Capflor fut de créer un outil utile et utilisé, car de nombreux outils d'aide à la décision (OAD) ne sont que peu valorisés par leur utilisation (McCOWN et PARTON, 2006). La raison de la non-utilisation de certains OAD est l'inadéquation entre le service offert et la demande ou des leviers d'action qui ne font pas sens pour les utilisateurs. C'est souvent le cas lorsque l'OAD est conçu comme une valorisation d'un modèle scientifique : la demande est alors une interprétation du chercheur et le modèle d'action est issu de sa construction mentale. Faute de se confronter à la demande sociale et aux représentations des acteurs, le chercheur échoue dans sa volonté de proposer un outil utile. Certains outils, bien qu'utiles, peuvent également ne pas convenir à l'usage parce que trop compliqués dans leur mise en œuvre, trop lents, trop peu ergonomiques, voire inadaptés à la façon de penser de l'utilisateur. Pour tenter d'éviter ces écueils, il faut s'engager dans une **véritable activité de coconception entre chercheurs et utilisateurs.** Cette démarche a deux implications : i) elle engage les concepteurs très précocement sur des échanges avec les futurs utilisateurs et la possibilité d'hybridation des connaissances ; ii) elle promeut la recherche de solutions parcimonieuses. La présence de « boîtes noires » n'est en effet plus un problème puisque l'objectif n'est plus ici de représenter le réel mais d'agir efficacement sur celui-ci.

## 2. L'outil Capflor® est issu d'un développement participatif

Pour développer l'outil Capflor, nous avons intégré les utilisateurs finaux à sa conception. Il s'agissait ainsi d'enrichir et de valider l'outil de façon continue par des itérations

entre les concepteurs et les utilisateurs. Dans la **phase de construction du modèle**, nous avons identifié et validé les règles d'assemblages employées par les agents du Développement, grâce à des séances de brainstorming, et par les éleveurs, au travers de rencontres de groupes et d'enquêtes sur leurs pratiques. Ces interactions nous ont permis d'enrichir les règles décisionnelles du modèle pour aboutir à un modèle conceptuel stabilisé. Ensuite, le **processus de développement de l'OAD** a été lancé selon les principes des méthodes Agile (MESSAGER-ROTA, 2009). Ces méthodes, utilisées pour développer des logiciels, sont basées sur un ensemble de valeurs et de pratiques de gestion de projet (AUBRY, 2013) :

- liberté d'organisation de l'équipe projet : fonctionnement plus souple que des procédures strictes ;

- développement itératif et incrémental : à chaque itération, un outil fonctionnel est livré aux utilisateurs intégrant à chaque fois une plus-value en termes de fonctionnalité de l'outil ;

- implication de l'utilisateur : il est invité à donner son avis à chaque nouvelle version disponible sur les adaptations à apporter.

Pour **fédérer des groupes d'éleveurs - utilisateurs**, nous avons répondu aux différentes demandes de terrain sur les PFV en organisant des rencontres/formations. Ce fut l'occasion de présenter l'outil et d'impliquer les éleveurs à sa conception. Actuellement, 13 groupes d'éleveurs sont partenaires du projet notamment Bio82, l'APABA, le GIEE Qualiprat et l'AVEM. Une trentaine de rencontres a été dédiée

au travail de coconception. Le dispositif, visant à créer une relation gagnant - gagnant entre éleveurs et chercheurs, a pris la forme également de conseils individuels et collectifs, d'accompagnement des groupes afin d'organiser des achats groupés de semences pour constituer des PFV, de formations techniques (règles d'assemblage pour constituer une PFV, itinéraire technique d'implantation, gestion de la prairie), d'ateliers de réflexion, d'appui à la constitution de groupements d'intérêt économique et environnemental (GIEE) et de partenariat européen d'innovation (PEI). Au total, cela représente depuis le début du développement informatique en 2013, 18 journées techniques, 50 jours de formations, 8 achats groupés de semences fourragères, 26 enquêtes parcellaires (pratiques et composition), 28 enquêtes sur les systèmes d'exploitation, 12 journées de conseil individuel et collectif.

Nous avons ainsi créé des espaces d'échanges autour de Capflor. Cette stratégie originale pour le développement d'un OAD correspond à ce que AKRICH *et al.* (1988) appellent **un dispositif d'intéressement**. Pour les utilisateurs, ce processus permet de capter de la connaissance, de bénéficier de diagnostics individuels et aussi d'échanger avec les autres membres de leur groupe sur leurs pratiques et connaissances. Pour les concepteurs, c'est la possibilité d'adapter le logiciel aux attentes des utilisateurs, de disposer de parcelles d'essai en conditions agricoles réelles pour l'implantation des mélanges afin de calibrer et valider les sorties du logiciel, de communiquer sur Capflor et de limiter le risque de non-utilisation de l'outil.

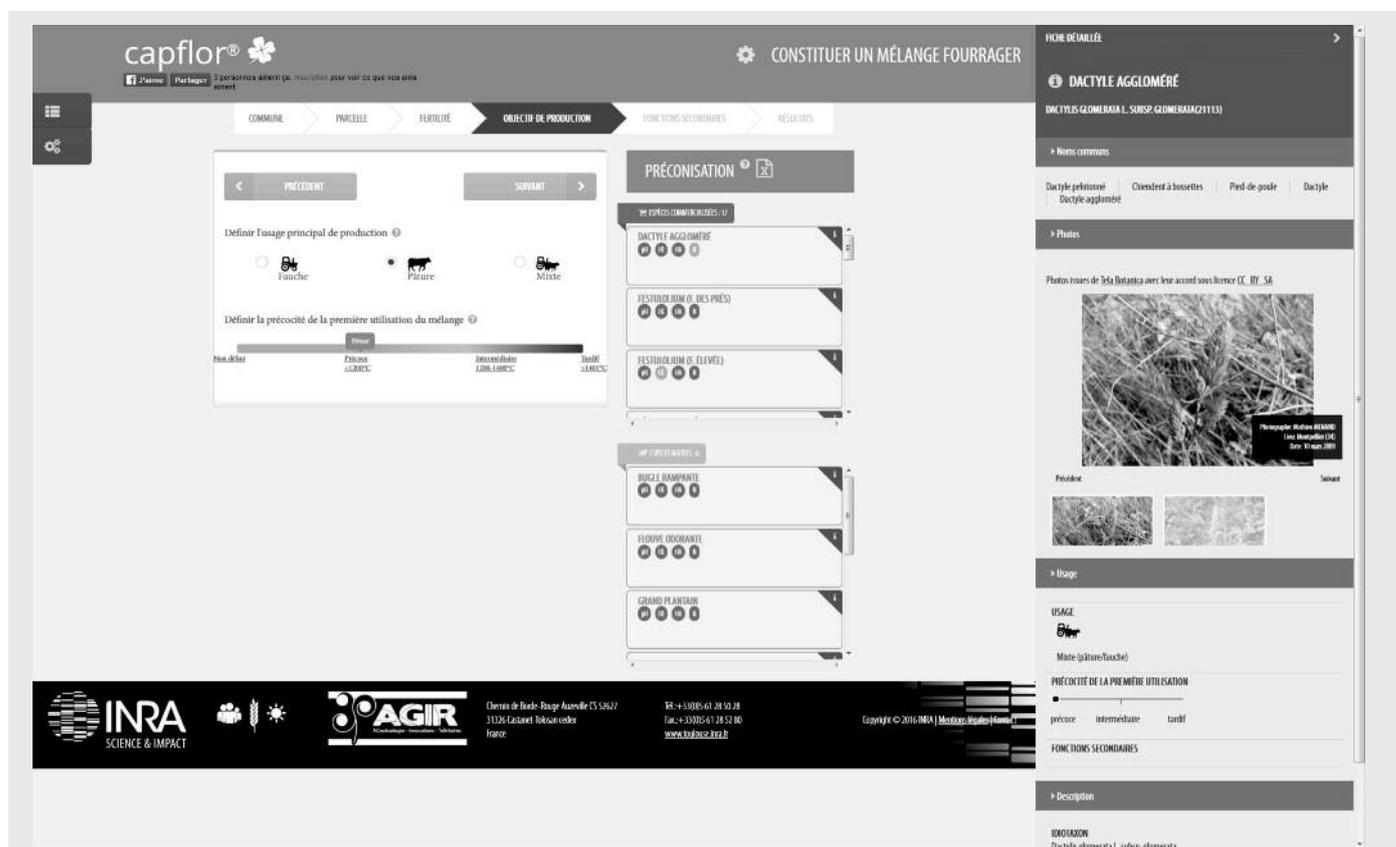


FIGURE 1 : Saisie d'écran de l'OAD Capflor® (<http://capflor.inra.fr>).

FIGURE 1 : Example screenshot of the Capflor® decision-making tool (<http://capflor.inra.fr>).

Le plus grand bénéfice apporté aux utilisateurs est probablement une transparence dans le fonctionnement de l'outil et des concepts mobilisés. L'outil devient ainsi un outil d'apprentissage. Ce processus permet une mutualisation dans le groupe des connaissances techniques autour des mélanges de PFV, une culture commune. Il facilite la participation et la mise en place d'une animation collective. Le fruit de ces interactions nous a permis de concevoir un outil ergonomique, simple et convivial pour les utilisateurs (figure 1).

### 3. L'OAD Capflor® repose sur des principes empruntés à l'écologie

L'architecture du modèle de Capflor repose sur le **concept de filtres jouant sur un pool d'espèces**, développé par l'écologie canadien KEDDY (1992). Ces filtres opèrent sur un pool d'espèces régional qui constitue le réservoir génétique de départ permettant à une communauté de s'installer et perdurer dans un lieu donné (figure 2) :

- le premier filtre correspond aux possibilités de dispersion des espèces du réservoir mère jusqu'au lieu à coloniser ;

- le deuxième filtre trie les espèces selon les caractéristiques pédoclimatiques du milieu d'arrivée. Toutes les espèces survivantes ont des exigences proches par rapport aux facteurs de milieu (pH, climat, nutriments... ; ELLENBERG, 1979) ;

- enfin le troisième et dernier filtre correspond aux contraintes microlocales de coexistence telles que les interactions entre les plantes lors des processus physiologiques vitaux pour l'acquisition des ressources élémentaires (eau, nutriments, lumière).

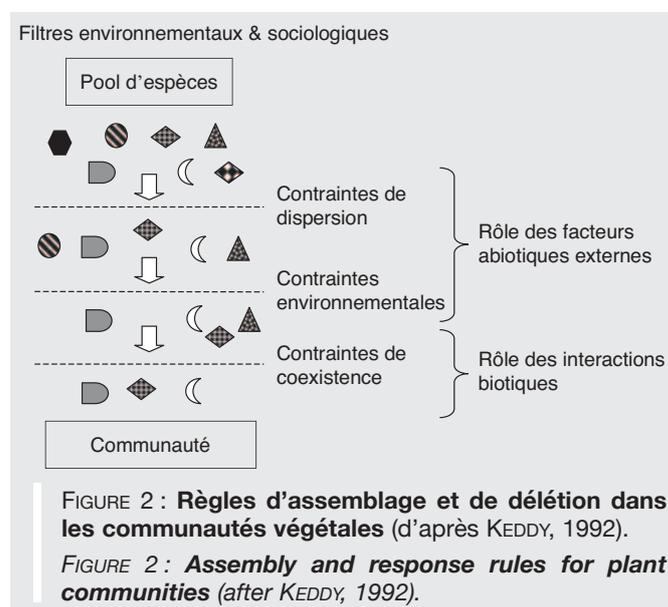
Pour concevoir ce dernier filtre, Capflor s'appuie sur la complémentarité spatiale et temporelle de niches (HUYGHE *et al.*, 2012). La complémentarité de niches prédit que deux espèces coexisteront d'autant mieux qu'elles n'utilisent pas les mêmes ressources. Elles occupent ainsi des niches différentes dans l'espace ou dans le temps. C'est le cas, par exemple, d'une luzerne et d'un dactyle qui, au sein d'une association, vont pouvoir utiliser des horizons de sol différents, la luzerne étant en capacité d'aller chercher l'eau très profondément tandis que le dactyle, avec son système racinaire superficiel, valorisera quelques gouttes de pluie qui humidifient le sol en surface. La règle développée dans Capflor est donc de **maximiser la divergence fonctionnelle entre espèces pour les traits fonctionnels liés à l'acquisition des ressources** (MACARTHUR et LEVINS, 1967).

La complémentarité de niche spatiale correspond par exemple aux différences de système racinaire dans le cas luzerne - dactyle (HOEKSTRA *et al.*, 2014). D'autres auteurs (MOKANY *et al.*, 2008) montrent également que des différences d'architecture aérienne permettent une meilleure pénétration du rayonnement lumineux au sein du couvert et une meilleure photosynthèse. Ceci s'applique en règle générale à des situations limitantes en eau et/ou en nutriments. Dans des habitats très riches, le processus basculerait vers

une tendance à la convergence de l'architecture sous l'effet de la compétition pour la lumière. **Capflor repose donc sur un principe de divergence entre espèces pour les traits végétatifs** (architecture racinaire et aérienne, hauteur de plante...) avec une tendance à la convergence pour certains traits dans des milieux spécifiques. Les situations agricoles dans lesquelles sont implantées les PFV correspondent en général à des parcelles aux propriétés intermédiaires en termes de nutriments et d'eau.

La **divergence dans les traits reproducteurs** engendre des décalages phénologiques entre espèces et une complémentarité de niche temporelle : c'est ce qui fait le succès de l'association ray-grass anglais - trèfle blanc dans le Grand Ouest avec un trèfle blanc plus tardif qui, prenant le relais du ray-grass anglais, augmente et étale la production de la prairie. La forme ultime de niche temporelle correspond à des **différences entre espèces de rapidité d'installation** associées à des patterns de production différents au cours des années : c'est le cas d'un sainfoin qui s'installe et produit beaucoup plus rapidement qu'une luzerne mais qui disparaît assez vite dans la compétition interspécifique. Capflor s'appuie sur ce principe de succession de végétation. Il est couramment utilisé pour constituer des mélanges à gazon. La recherche agronomique suisse le mobilise pour concevoir les mélanges fourragers (FRICK *et al.*, 2008). L'idée est que des espèces d'installation et de développement rapides soient progressivement remplacées par des espèces d'installation plus lente mais plus pérennes. Cette mécanique est donc obtenue en combinant deux groupes d'espèces aux caractéristiques de développement et pérennité différentes : par exemple, dans le mélange suisse Mst 330, le ray-grass anglais et le trèfle violet laissent place à partir de la deuxième année au dactyle et au trèfle blanc (MOSIMANN et FRICK, 2012). Les auteurs mettent en avant les bénéfices fournis par ce principe : une bonne couverture du sol, des rendements stables et une valeur nutritive équilibrée.

Au sein de Capflor, la dynamique de végétation est créée en agençant des plantes issues de **quatre groupes constitués sur des différences de durées de vie** : 1 an, 2-3 ans, 4-5 ans et au-delà de 5 ans. Ce processus permet



d'assurer une couverture permanente du sol dès l'installation de la prairie, limitant ainsi la colonisation par des espèces indésirables. Il devrait également diminuer les variations interannuelles du rendement par effet de lissage grâce à la présence continue de plantes en phase de croissance active.

Enfin, l'OAD Capflor fait appel à un dernier principe écologique pour proposer un nombre d'espèces par mélange en fonction des conditions d'utilisation. Il s'agit de l'**hypothèse de la perturbation intermédiaire** (CONNELL, 1978) qui prédit un nombre maximal d'espèces pour des milieux dont la fertilité et le régime de perturbation sont moyens. En effet, sur les milieux très pauvres, seules quelques espèces très adaptées sont capables de subsister (par exemple le nard qui donne des peuplements quasiment monospécifique sur des milieux très pauvres : la nardaie) et sur milieux riches, la compétition pour la lumière élimine toutes les espèces qui ne parviennent plus à capter le rayonnement. Les prairies naturelles les plus riches en espèces se retrouvent dans les situations intermédiaires.

#### 4. Le modèle conceptuel de Capflor® hybride connaissances écologiques et connaissances agronomiques

Le modèle conceptuel de Capflor (figure 3), issu des principes écologiques présentés précédemment, se structure en 3 filtres principaux, le deuxième étant scindé en deux filtres 2 et 2' selon la nature des connaissances mobilisées, respectivement écologiques et agronomiques.

##### • Niveau 1 : pool régional

Pour constituer un mélange fourrager, Capflor puise dans une base de données contenant l'ensemble de la flore

nationale. Chaque espèce y est caractérisée par l'habitat occupé, les exigences écologiques, la phénologie, la classification phytosociologique... **Un sous-ensemble d'environ 3 500 espèces** de milieux ouverts est alors sélectionné pour **constituer le pool « d'espèces régionales »**. C'est le point de départ du processus menant au mélange final. Les contraintes de dispersion des espèces de la théorie de KEDDY (1992) se traduisent ici très simplement par l'accès des utilisateurs aux ressources végétales. Les agriculteurs ont la possibilité de s'approvisionner en semences sur le marché national, européen, mondial, grâce à différents opérateurs (coopératives, négociants, distributeurs, semenciers...). Ils peuvent aussi produire cette ressource lorsqu'elle n'est pas disponible sur le marché.

##### • Niveau 2 : bêta-guilde et similarité fonctionnelle

Le deuxième filtre sélectionne **les espèces adaptées aux conditions pédoclimatiques de la parcelle** à semer en fonction de leurs exigences écologiques par rapport aux facteurs de milieu (facteurs externes abiotiques : pH, fertilité...). Le groupe ainsi sélectionné constitue une « bêta-guilde » (WILSON, 1999). Les espèces qui la constituent occupent des milieux semblables sans nécessairement entrer en compétition (HOLDAWAY et SPARROW, 2006 ; WILSON, 1999) dans la mesure où elles peuvent exploiter une ressource commune de façon différenciée (MACARTHUR et LEVINS, 1967).

##### • Niveau 2' : valeur agronomique et alimentaire

La bêta-guilde est filtrée sur l'**aptitude des espèces à être consommées par le bétail**. Environ 1 500 plantes de milieux ouverts de la flore française sont potentiellement consommées par les animaux (ROGERRO et al., 2002). Une filtration est ensuite effectuée sur leur valeur d'usage (fauche,

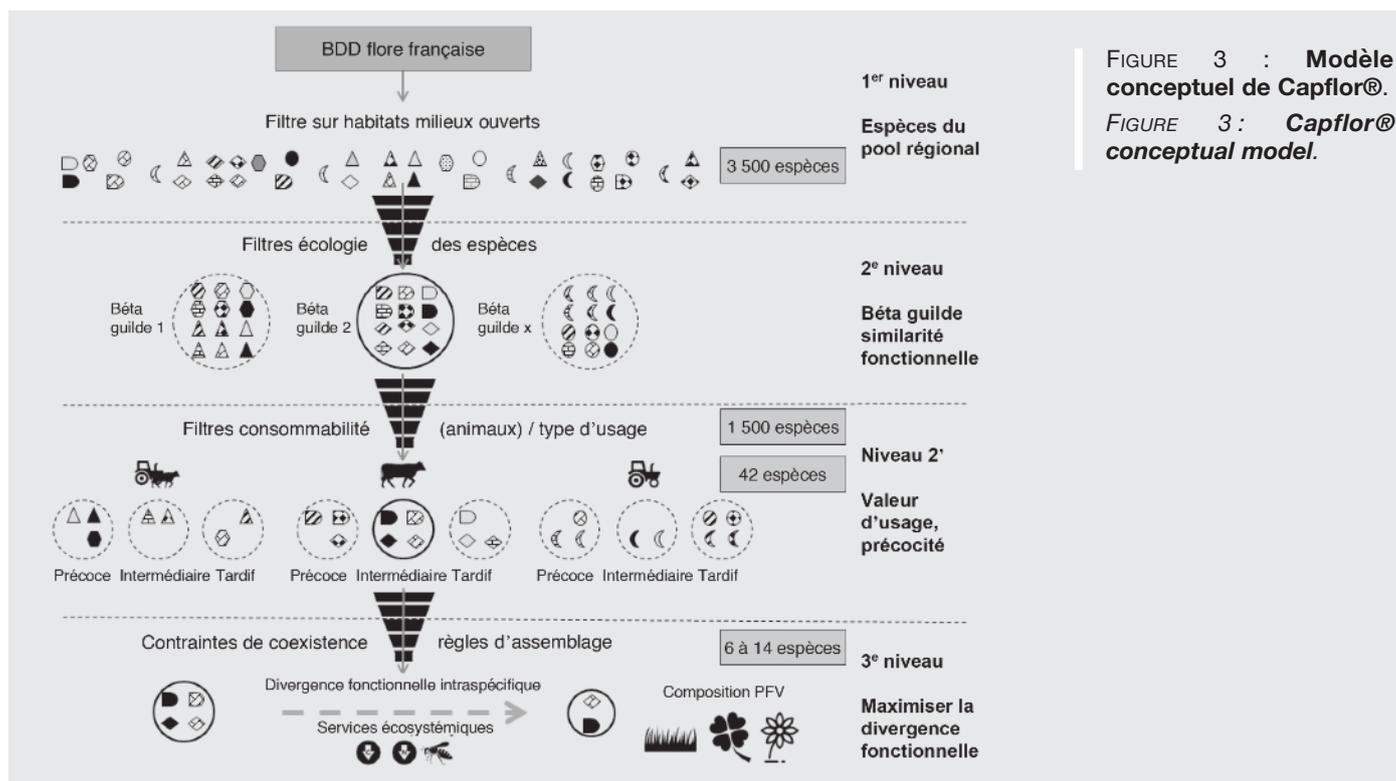


FIGURE 3 : **Modèle conceptuel de Capflor®.**  
 FIGURE 3 : **Capflor® conceptual model.**

pâture ou mixte) et leur phénologie (précoce (floraison avant 1 200°.j), intermédiaire (1 200-1 400°.j), tardive (> 1 400°.j)). Nous nous appuyons pour cela sur les **types fonctionnels des espèces** proposés pour interpréter leur valeur agronomique (CRUZ *et al.*, 2010). Cette approche permet de caractériser les stratégies de croissance de plantes (capture ou conservation des ressources) et leur valeur alimentaire.

### • Niveau 3 : divergence fonctionnelle

Le dernier filtre correspond à la **combinaison des espèces choisie pour maximiser les chances de leur performance en coexistence dans un mélange fourrager**. Cette étape est limitée à une combinaison entre les 42 espèces actuellement accessibles pour un agriculteur sur les marchés français et européen. Les autres espèces natives sont proposées à titre indicatif mais n'entrent pas dans la combinatoire présentée ici.

Les espèces sont, dans cette dernière étape, assemblées de façon à maximiser leurs différences en termes de traits fonctionnels liées à l'acquisition de ressources (eau, nutriments, lumière) dans l'espace et dans le temps. Outre la production de biomasse, les espèces sont choisies afin de représenter 3 fonctions jugées indispensables au mélange : i) la couverture rapide du sol en début d'installation de la prairie, ii) la couverture du sol dans la durée pour limiter l'envahissement par des espèces indésirables et allonger la pérennité du mélange ; iii) la production et la restitution d'azote organique (légumineuses) utilisable par la communauté végétale afin de limiter ou d'exclure l'usage de fertilisants azotés. Si l'utilisateur le souhaite, à terme, dans Capflor il aura la possibilité de sélectionner d'autres fonctions parmi les 10 fonctions secondaires optionnelles : mellifère, richesse en sucre, richesse en fibre, effet antihelminthique, effet santé animal, stimulation de la production laitière (galactogène), structuration du sol, esthétique/paysage, fixation de carbone dans le sol, habitat pour les auxiliaires des cultures.

**Les mélanges obtenus sont composés de 3 à 14 espèces** selon les conditions de milieu, en relation avec l'hypothèse de la perturbation intermédiaire présentée plus haut. Afin d'assurer la stabilité du mélange, au moins 3 familles botaniques constituent l'assemblage et les espèces sélectionnées sont représentées par plusieurs variétés (PRIETRO *et al.*, 2015).

## 5. Un modèle fonctionnel actionné par une interface utilisateur, simple et conviviale

Le modèle fonctionnel de Capflor agence l'ensemble des règles décisionnelles (figure 4) :

### • Sélection des espèces adaptées aux facteurs abiotiques selon leur amplitude écologique

L'utilisateur commence par définir la commune dans laquelle la parcelle à semer se situe. Cela enclenche la production d'indices climatiques à partir de données (précipitation, température...) issues de la base « Climat ». Cette

base de données Climat est constituée des données SAFRAN (LE MOIGNE, 2002). Les indices climatiques permettent alors d'extraire de la base « Espèces » les espèces de milieux ouverts adaptées au climat. Parmi ces espèces, ne sont retenues que les espèces consommées par les animaux (ROGGERO *et al.*, 2002).

Le principe de la sélection sur l'adaptation aux facteurs abiotiques repose sur l'extraction d'espèces d'une base de données basée sur les typologies autoécologiques d'ELLENBERG (1979) et de JULVE (1998). Les espèces sont caractérisées par un optimum écologique et une amplitude écologique que nous avons établis d'après les travaux de RAMEAU *et al.* (1989, 1993) et d'ELLENBERG (1979). Quand l'information n'était pas disponible, la base de données a été complétée à dire d'experts en nous appuyant, d'une part, sur des résultats expérimentaux (deux collections d'espèces situées en montagne arrosée acide et en plaine séchante à pH basique) et, d'autre part, sur un large réseau de parcelles en situations contrastées chez des éleveurs qui implantent des mélanges Capflor dans le Grand Sud-Ouest et le Massif central.

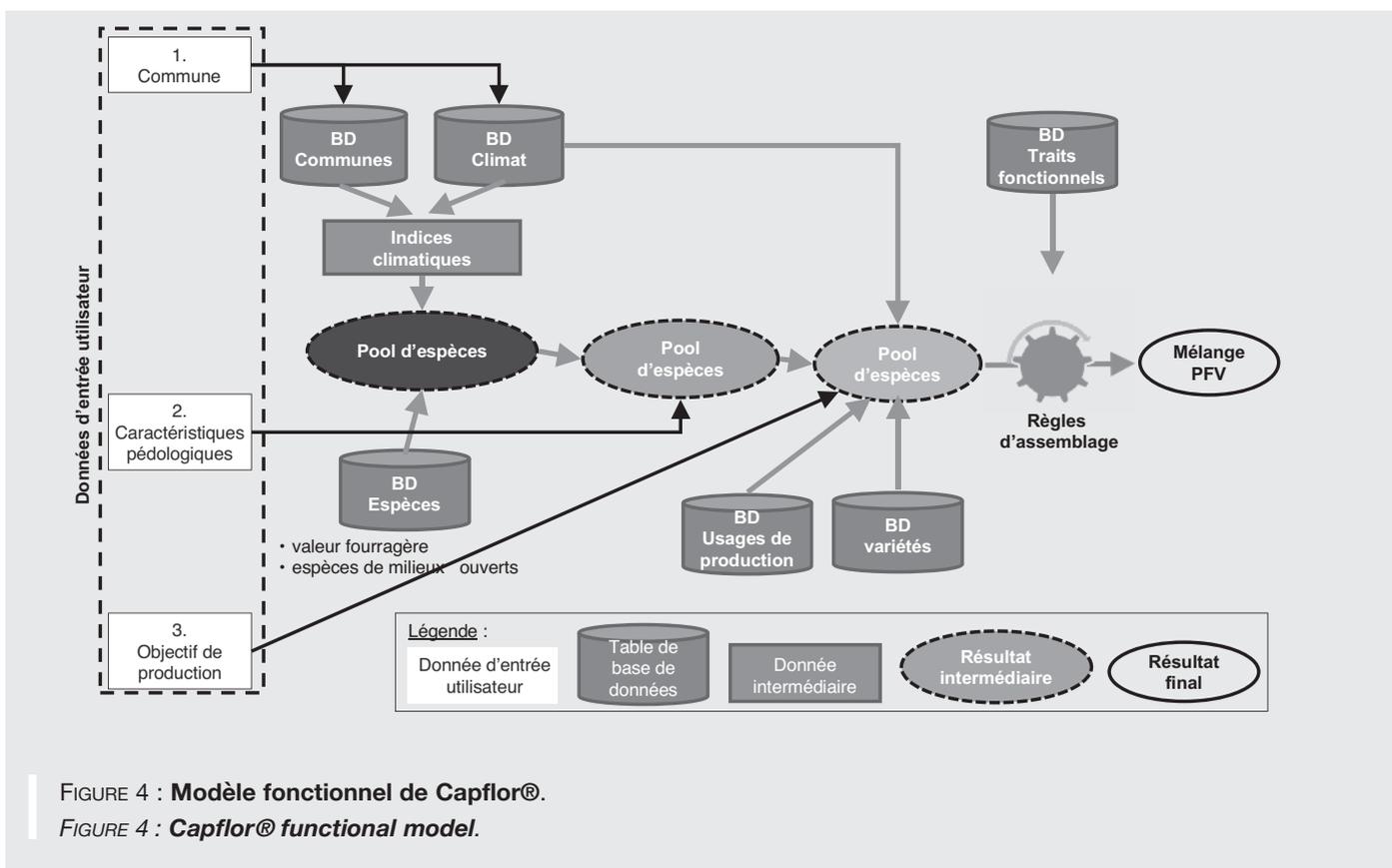
L'utilisateur est ensuite invité à entrer les caractéristiques pédologiques de la parcelle (statut acido-basique, hydrique et humidité atmosphérique). Les espèces ayant une amplitude écologique ou un optimum écologique compatibles sont alors sélectionnées selon leurs indices de pH, d'humidité du sol et d'humidité atmosphérique. Le tri se poursuit sur l'adaptation des espèces au niveau de richesse trophique en azote et en phosphore phyto-disponible de la parcelle à semer. Il est réalisé sur l'indice autoécologique N pour l'azote et l'indice P pour le phosphore basé sur les travaux de PERVANÇON (2004). En cas de salinité du sol (prés salés en façade atlantique), l'utilisateur peut préciser la teneur en sodium de son sol et appliquer ainsi un filtre basé sur l'indice autoécologique S.

### • Sélection des espèces adaptées à l'objectif de production

L'utilisateur renseigne le mode d'exploitation assigné à la parcelle (fauche, pâture, mixte) et la précocité de première utilisation du fourrages (précoce, intermédiaire, tardif). Cela engage la sélection, au sein des espèces précédemment qualifiées, des espèces, types variétaux ou variétés adaptées au mode d'exploitation et à l'environnement local. Cette sélection procède d'après les connaissances produites sur le lien entre diversité fonctionnelle des espèces et mode d'utilisation des prairies (ANSQUER *et al.*, 2004). Pour ce faire, les espèces et variétés retenues ont une précocité phénologique, un démarrage en végétation et une ploïdie adaptés au mode d'exploitation et au climat local (gel printanier, sécheresse précoce...). Ce pool est aussi raisonné afin d'apporter une souplesse d'exploitation à la PFV.

### • Sélection des espèces capables de coexister

Pour concevoir le dernier filtre de Capflor sur les relations biotiques, nous avons créé un **modèle multicritère d'évaluation de la diversité fonctionnelle des assemblages**



d'espèces grâce à l'outil informatique Dexi (BOHANEK *et al.*, 2009 ; BOHANEK, 2016). Dexi est particulièrement adapté aux problématiques où la complexité des facteurs en jeu ne permet pas d'apporter une réponse numérique immédiate et où le processus de décision doit prendre en compte de nombreux critères contradictoires (ROZMAN et PAZEK, 2012). Le Dexi de Capflor **repose sur 6 traits fonctionnels** reliés au processus spatial ou temporel d'acquisition des ressources pour les plantes (eau, nutriments, lumière) : architecture de l'appareil aérien, architecture racinaire, taille des feuilles (mm<sup>2</sup>), saisonnalité de la production, longévité et vitesse d'installation. Pour faire fonctionner ce modèle nous avons caractérisé pour ces 6 traits les 42 espèces actuellement retenues pour cette étape par Capflor sur la base de leur disponibilité pour les agriculteurs en mobilisant : i) des données de la base LEDA (KLEYER *et al.*, 2008), ii) des typologies de type fonctionnel de plantes bâties à partir de données mesurées en station expérimentale selon des méthodologies reproductibles et reliées à des processus écophysiologicals ou d'écologie fonctionnelle, iii) des typologies issues de synthèses bibliographiques. Le principe de substitution est implémenté dans cette partie du modèle grâce à l'application de règles décisionnelles relatives à la répartition des classes de longévité constituant le mélange. Comme expliqué dans le modèle conceptuel, **le nombre d'espèces du mélange final dépend du milieu ciblé** (niveau d'alimentation hydrique, fertilité du sol et mode d'exploitation) : il est de 14 au maximum pour les prairies pâturées et de 9 pour les prairies de fauche. Il peut être plus important si l'utilisateur sélectionne des services écosystémiques autres que les 4 obligatoires proposés dans Capflor. C'est en comparant les propriétés agronomiques de la parcelle à semez aux valeurs de la matrice

correspondante dans Capflor que le nombre d'espèces qui va constituer le mélange est fixé. Le modèle utilise ensuite une analyse combinatoire afin de sélectionner les différentes combinaisons d'espèces possibles en fonction du nombre à retenir parmi la liste des espèces sélectionnées sur les critères abiotiques. Le modèle Dexi évalue ensuite le niveau de divergence fonctionnelle au regard des 6 traits décrits précédemment pour l'ensemble des combinaisons, pour ne retenir que les meilleures. Ce sont ces résultats qui constituent les mélanges proposés dans Capflor. L'utilisateur a cependant encore la **possibilité de sélectionner des services écosystémiques supplémentaires**. De nouvelles espèces sont alors intégrées au mélange et le mécanisme d'évaluation des combinaisons est relancé pour proposer de nouveaux mélanges adaptés.

## 6. Validation et utilisation de l'outil

La validation d'un tel type d'outil et de ses sorties se fait par son utilisation. Le processus correspond à ce que les anglo-saxons appellent une « *generative experiment* » dont l'objectif est d'analyser pour affiner et recalibrer une innovation dans sa situation d'usage jusqu'à ce qu'elle fonctionne (STOKER et JOHN, 2009). **Le dispositif de validation des sorties de l'outil repose donc sur des essais grandeur nature**. Actuellement, 240 parcelles Capflor sont implantées chez des éleveurs dans le Grand Sud-Ouest (figure 5). Cela représente 500 ha installés dans des situations pédoclimatiques contrastées. On compte au premier semestre 2016 environ 207 utilisateurs de l'OAD. S'il y a une évaluation objective des chercheurs, celle-ci est complétée par une

évaluation des agriculteurs ayant implanté des prairies Capflor. Le mode de suivi et d'évaluation est conçu collectivement au sein de chacun des groupes partenaires du projet. Le travail d'amélioration et de développement de l'outil se poursuit actuellement avec la **constitution d'une communauté d'utilisateurs** de Capflor dans le Grand Sud-Ouest (club des utilisateurs). Notre enjeu est désormais d'amplifier cette dynamique au niveau national avec d'autres groupes et les coopératives agricoles qui peuvent se retrouver dans notre approche ancrée territorialement.

## Conclusion

Capflor® est un outil pour accompagner les démarches agroécologiques pour au moins trois raisons. Dans son mécanisme, il articule des concepts et des connaissances en écologie et en agroécologie. Dans son mode de conception participatif, il reprend un principe fondamental de l'agroécologie qui est de reconnaître l'importance des agriculteurs dans la coproduction des innovations. Enfin, dans sa finalité, il vise à promouvoir des prairies à flore variée, prairies plus durables et productives dans des systèmes à bas intrants, susceptibles de produire une diversité de services écosystémiques. En proposant dans les mélanges des espèces moins utilisées et des espèces natives, il invite à reconsidérer le potentiel fourrager des espèces prairiales en lien avec le développement de l'agroécologie et de la diversification.

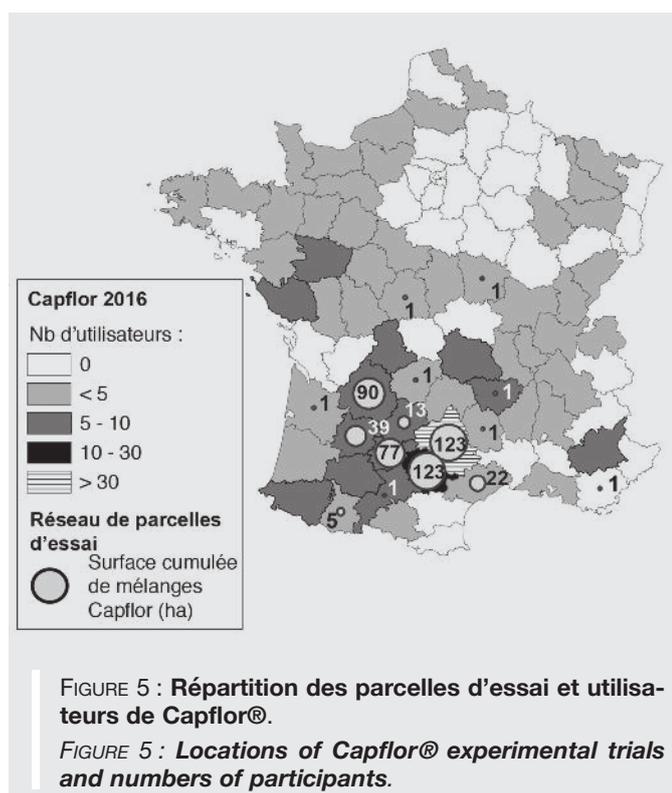
Capflor produit un conseil générique sur les espèces constituant le mélange. Il fournira à terme une préconisation des groupes variétaux (ploidie, précocité...) à utiliser dans les mélanges proposés en fonction de leur adaptation aux critères saisis par l'utilisateur. Cette préconisation ira jusqu'à des proportions et des doses de semis. Cependant,

celles-ci ne seront pas issues de la modélisation. Nous estimons en effet que la PFV constitue un système trop complexe pour qu'il soit possible de modéliser avec suffisamment de précision les quantités de semences à semer en un lieu donné pour chacune des espèces la composant. Cette connaissance est en effet trop contextuelle et dépendante des conditions pédoclimatiques et des pratiques locales. Elle est également soumise à un niveau d'incertitude trop important. Pour contourner cet écueil, nous avons fait le choix de valoriser l'expérience des acteurs locaux. Cette démarche a fait ses preuves lorsqu'il s'agit d'agir dans un contexte d'incertitude et d'incomplétude des connaissances. Ceci se traduit dans l'outil Capflor par la création d'un module de capitalisation des connaissances issues de l'autoévaluation des PFV. Ce module sera configurable par un conseiller de terrain et permettra de promouvoir les solutions qui marchent localement, à défaut d'expliquer pourquoi elles marchent.

Enfin, Capflor pourra facilement évoluer vers d'autres finalités que la production fourragère. Son architecture, de par sa généricité, et le fait d'avoir une base de donnée Espèces, qui ne se limite pas aux espèces fourragères, rendent possible sa transposition et son adaptation à d'autres usages : enherbement (vigne, maraîchage, arboriculture), couvert cynégétique, culture intermédiaire multiservices (CIMS), couverts végétaux environnementaux, constitution de haies, restauration écologique.

Accepté pour publication,  
le 25 novembre 2016

**Remerciements :** Les auteurs remercient Paul Laurent (Inra) et Agnès Chemin pour le suivi des expérimentations végétales apportant les connaissances nécessaires à certains aspects du modèle, Jean-Pierre Theau, Pablo Cruz et Michel Duru pour leur expertise, l'Unité Expérimentale grandes cultures Inra de Castanet-Tolosan, Margaux Tournon pour son travail bibliographique dans le cadre de son stage, les membres du projet Mélibio (ITAB, Pôle AB Massif Central, Chambres d'Agriculture, BioBourgogne) ainsi que les collectifs d'éleveurs Bio82, APABA, GIEE QUALIPRAT, AVEM... pour leur participation au travail de coconstruction de l'outil Capflor. Ce projet a bénéficié des financements du projet ANR O2LA (ANR-09-STRA-09), du projet Mélibio porté par le Pôle Bio Massif Central financé par l'Etat (FNADT tranche 1), les Régions Auvergne et Bourgogne, les Agences de l'Eau Adour-Garonne, Loire-Bretagne et Rhône-Méditerranée-Corse, dans le cadre de la Convention Massif Central. Cette recherche a bénéficié du soutien du Programme PSDR4, financé par l'INRA et la Région Occitanie.



## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AKRICH M., CALLON M., LATOUR B. (1988) : "A quoi tient le succès des innovations ? 1: L'art de l'intéressement; 2: Le choix des porte-parole", *Gérer et comprendre, Annales des mines*, 11-12, 4-17.
- ANSQUER P., THEAU J.P., CRUZ P., VIEGAS J., AL HAJ KHALED R., DURU M. (2004) : "Caractérisation de la diversité fonctionnelle des prairies naturelles. Une étape vers la construction d'outils pour gérer les milieux à flore complexe", *Fourrages*, 179, 353-368.
- AUBRY C. (2013) : *Scrum - Le guide pratique de la méthode agile la plus populaire*, 3<sup>e</sup> éd., Dunod.
- BOHANEK M. (2016) : *DEXi: program for multi-attribute decision making, Version 5.02*", Jozef Stefan Institute, Ljubljana, disponible sur : <http://kt.ijs.si/MarkoBohanec/mare.html>.
- BOHANEK M., MESSEAN A., SCATASTA S., ANGEVIN F., GRIFFITHS B., KROGH P.H., ZNIDARSIC M., DZEROSKI S. (2008) : "A qualitative multi-attribute model for economic and ecological assessment of genetically modified crops", *Ecological Modelling*, 215 (1-3), 247-61.
- CHARLES J.P. (1976) : "Expériences acquises en Suisse dans le domaine des associations et des mélanges graminées-légumineuses en comparaison avec des cultures pures", *Fourrages*, 66, 77-92.
- CONNELL J.H. (1978) : "Diversity in tropical rain forests and coral reefs", *Science*, 199 (4335), 1302-10.
- CRÉMER S., KNODEN D., LUXEN P. (2008) : *Associations, mélanges simples, mélanges complexes : Comment faire le bon choix ?*, Fourrages Mieux asbl (Belgique), 7 p.
- CRUZ P., THEAU J., LECLOUX E., JOUANY C., DURU M. (2010) : "Typologie fonctionnelle de graminées fourragères pérennes: une classification multitraits", *Fourrages*, 201, 11-17.
- DERAEDT M., ESTRADE O., GASTAL F., HUYGHE C., KNODEN D., LACAN X., PELLETIER P., PIERRE P., PROTIN P.V., STRAËBLER M. (2014) : *Préconisation agronomique pour les mélanges de semences pour prairies en France*, AAFP, 6 p.
- ELLENBERG H. (1979) : "Indicator values of vascular plants in central Europe", *Scripta Geobot.*, 9, Goltze Göttingen.
- FRICK R., MOSIMANN E., SUTER D. (2008) : "Expérience sur la mise en œuvre de prairies multispécifiques. Histoire et rôles des mélanges semés en Suisse", *Fourrages*, 194, 221-231.
- HOEKSTRA N.J., FINN J.A., LÜSCHER A. (2014) : "The effect of drought and interspecific interactions on depth of water uptake in deep- and shallow-rooting grassland species as determined by delta<sup>18</sup>O natural abundance", *Biogeosciences*, 11, 4493-4506.
- HOLDAWAY R.J., SPARROW A.D. (2006) : "Assembly rules operating along a primary riverbed grassland successional sequence", *Journal of Ecology*, 94, 1092-1102.
- HUYGHE C., LITRICO I., SURAULT F. (2012) : "Agronomic value and provisioning services of multi-species swards", *Grassland Science in Europe*, 17, 35-46.
- JULVE P. (1998) : *Baseflor. Index botanique, écologique et chorologique de la Flore de France*, Version électronique du 9 février 2016 : <http://perso.wanadoo.fr/philippe.julve/catminat.htm>
- KEDDY P.A. (1992) : "Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology", *Journal of Vegetation Science*, 3, 157-164.
- KLEYER M., BEKKER R.M., KNEVEL I.C., BAKKER J.P., THOMPSON K., SONNENSCHNEIN M., POSCHLOD P., VAN GROENENDAEL J.M., KLIMES L., KLIMESOVÁ J., KLOTZ S., RUSCH G.M., HERMY M., ADRIAENS D., BOEDELTE G., BOSSUYT B., DANNEMANN A., ENDELS P., GÖTZENBERGER L., HODGSON J.G., JACKEL A.K., KÜHN I., KUNZMANN D., OZINGA W.A., RÖRMERMANN C., STADLER M., SCHLEGELMILCH J., STEENDAM H.J., TACKENBERG O., WILMANN B., CORNELISSEN J.H.C., ERIKSSON O., GARNIER E., PECO B. (2008) : "The LEDA Traitbase: a database of life-history traits of the Northwest European flora", *Journal of Ecology*, 96, 1266-1274.
- LE MOIGNE P. (2002) : *Description de l'analyse des champs de surface sur la France par le système Safran, Note de centre GMME*, Météo-France, 30 p.
- LITRICO I., VIOLLE C. (2015) : "Diversity in plant breeding: a new conceptual framework", *Trends in Plant Science*, 20(10), 604-613.
- LOUARN G., CORRE-HELLOU G., FUSTEC J., LÔ-PELZER E., JULIER B., LITRICO I., ... LECOMTE C. (2010) : "Déterminants écologiques et physiologiques de la productivité et de la stabilité des associations graminées - légumineuses", *Innovations agronomiques*, 11, 79-99.
- MACARTHUR R., LEVINS R. (1967) : "The limiting similarity, convergence, and divergence of coexisting species", *American naturalist*, 377-385.
- MCCOWN R., PARTON K. (2006) : "Learning from the historical failure of farm management models to aid management practice. Part 2. Three systems approaches", *Crop Pasture Sci.*, 57, 157-172.
- MESSAGER-ROTA V. (2009) : *Gestion de projet - vers les méthodes agiles*, éd. Eyrolles (France), 284 p.
- MOKANY K., ASH J., ROXBURGH S. (2008) : "Functional identity is more important than diversity in influencing ecosystem processes in a temperate native grassland: Determinants of ecosystem processes", *Journal of Ecology*, 96, 884-893.
- MOSIMANN E., FRICK R. (2012) : "Mélanges standard pour la production fourragère: révision 2013-2016", *Recherche agronomique suisse*, 3, (10), 1-12.
- PERVANÇHON F. (2004) : *Modélisation de l'effet des pratiques agricoles sur la diversité végétale et la valeur agronomique des prairies permanentes en vue de l'élaboration d'indicateurs agri-environnementaux*, thèse de doctorat, Vandoeuvre-les-Nancy, INPL.
- PRIETO I., VIOLLE C., BARRE P., DURAND J.L., GHESQUIERE M., LITRICO I. (2015) : "Complementary effects of species and genetic diversity on productivity and stability of sown grasslands", *Nature Plants*, 1, 15033.
- RAMEAU J.C., MANSION D., DUMÉ G., TIMBAL J., LECOINTE A., DUPONT P., KELLER R. (1989) : *Flore Forestière Française. Guide Écologique Illustré. Tome 1: Plaines et Collines*, Institut pour le Développement Forestier, Paris, 1785 p.
- RAMEAU J.C., MANSION D., DUMÉ G. (1993) : *Flore forestière française - Guide Écologique Illustré - tome 2 : montagnes*, Institut pour le Développement Forestier, Paris, 2421 p.
- ROGGERO P.P., BAGELLA S., FARINA R. (2002) : "Un archivio dati di Indici specifici per la valutazione integrata del valore pastorale", *Rivista di agronomia*, 36, 149-156.
- ROZMAN C., PAZEK K. (2012) : "Introduction to DEXi multi criteria decision models: what they are and how to use them in agriculture", *Agricoltura (Slovenia)*, 9, 23-29.
- STOKER G., JOHN P. (2009) : "Design experiments: engaging policy makers in the search for evidence about what works", *Polit. Stud.*, 57, 356-373.
- SUTER D., FRICK R., HIRSCHI H.U., BERTOSSA M. (2014) : "Liste 2015?2016 des variétés recommandées de plantes fourragères", *Recherche Agronomique Suisse*, 5, (10), 1-21.
- SWISS COMMISSION FOR WILD PLANT CONSERVATION (2002) : "Recommendations for the production and use of wild flower seed", *Revue Suisse d'agriculture*, 34, I-XII.
- WILSON J.B. (1999) : "Guilds, functional types and ecological groups", *Oikos*, 86(3), 507-522.



Association Française pour la Production Fourragère

---

La revue **Fourrages**

est éditée par l'Association Française pour la Production Fourragère

**[www.afpf-asso.org](http://www.afpf-asso.org)**



AFPF – Maison Nationale des Eleveurs – 149 rue de Bercy – 75595 Paris Cedex 12  
Tel. : +33.(0)1.40.04.52.00 – Mail : [secretariat@afpf-asso.fr](mailto:secretariat@afpf-asso.fr)

Association Française pour la Production Fourragère