



HAL
open science

DEXIFruits, un outil d'évaluation multicritère des systèmes de production de fruits : d'un modèle de recherche à un outil terrain co-construit

Aude Alaphilippe, Frédérique Angevin, A. Guérin, Pascale Guillermin, Alice Velu, Franziska Zavagli

► To cite this version:

Aude Alaphilippe, Frédérique Angevin, A. Guérin, Pascale Guillermin, Alice Velu, et al.. DEXIFruits, un outil d'évaluation multicritère des systèmes de production de fruits : d'un modèle de recherche à un outil terrain co-construit. *Innovations Agronomiques*, 2017, 59, pp.205-212. 10.15454/1.5138502185112727E12 . hal-01652911

HAL Id: hal-01652911

<https://hal.science/hal-01652911>

Submitted on 30 Nov 2017

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 - NoDerivatives 4.0 International License

DEXiFruits, un outil d'évaluation multicritère des systèmes de production de fruits : d'un modèle de recherche à un outil terrain co-construit.

Alaphilippe A.¹, Angevin F.², Guérin A.³, Guillermin P.⁴, Vélou A.¹, Zavagli F.⁵

¹ UERI Gotheron, INRA, F-26320 St Marcel Lès Valence

² Eco-Innov, INRA, F-78850 Thiverval-Grignon

³ FPC, F-61500 Sées

⁴ AgroCampus Ouest Centre d'Angers, F-49045 Angers Cedex 01

⁵ CTIFL, centre de Lanxade, F-24130 Prignonrieux

Correspondance : aude.alaphilippe@inra.fr

Résumé

DEXiFruits est un outil informatique en libre accès sur internet co-construit par l'Inra, le Ctifl, l'IFPC et AgroCampus Ouest. Il a été développé pour permettre aux acteurs de terrain d'évaluer la durabilité de systèmes de production de fruits, dans un contexte donné.

Cet outil calcule les performances globales des vergers évalués. Il peut aussi être utilisé comme tableau de bord pour identifier les forces et les faiblesses de ces vergers et les améliorations possibles. L'outil est simple d'utilisation : il suffit de renseigner des listes à choix multiples avec des données portant sur les pratiques culturales et apport d'intrants, les coûts de production et rendement, l'aménagement du verger, ainsi que le contexte de l'exploitation (climat et sol, marché choisi, haies ...). L'utilisateur peut ensuite comparer les performances de son verger avec un système référent moyen fourni avec l'outil ou qu'il peut créer lui-même avec ses propres références.

Mots-clés : Evaluation de la durabilité, Production fruitière, Outil informatique

Abstract: A multicriteria evaluation tool for fruit production systems: From a research tool to a field tool. A co-built tool.

DEXiFruits is a freely-available software co-designed by INRA scientists, working in partnership with the CTIFL, the IFPC and AgroCampus Ouest. It has been developed for fruit growers and their advisers to evaluate the sustainability of fruit production systems, in a given context. This tool gives an overview of the performances of the evaluated orchard. It can also be used as a dashboard to identify strengths and weakness of the evaluated orchard systems and to identify possible improvements. This tool is simple to use: 57 criteria need to be entered (practical and contextual criteria). To facilitate the use of such a tool, a referent system has been created for apple and peach (other fruit crops are planned). By comparing an existing production system to the referent one, users are able to do a self-evaluation of the sustainability of their production systems.

Keywords: Fruit production, Sustainability assessment, Tool

Introduction

Des nouveaux systèmes de culture et des modes de gestion innovantes des bio-agresseurs sont mis en place pour répondre aux objectifs du plan Ecophyto. La protection des cultures, en particulier, évolue vers de nouvelles stratégies ne reposant plus majoritairement sur l'utilisation d'intrants pesticides. Ces nouveaux systèmes de culture, plus diversifiés, et visant une conformité avec les enjeux du développement durable, nécessitent une évaluation de leurs performances économiques, sociales et environnementales.

L'évaluation de la durabilité d'un système de production est complexe (Sadok et al., 2009). Des méthodes d'évaluation de la durabilité des systèmes de culture ont été mises au point au cours de la dernière décennie et notamment les outils reposant sur la technologie DEXi (Bohanec, 2015) et dont font partie MASC et DEXiPM (Sadok et al., 2009 ; Craheix et al., 2011 ; Pelzer et al., 2012). La méthode MASC®, permettant l'évaluation de la durabilité de systèmes innovants en grande culture, a fait ses preuves depuis 2008. Son utilisation requiert le calcul d'indicateurs qui sont ses données d'entrée. Les modèles DEXiPM® (Pelzer et al., 2012 ; Alaphilippe et al., 2013, Angevin et al., 2017) sont basés sur le même cadre méthodologique. Ils permettent une évaluation *ex ante* de prototypes de systèmes de culture innovants en rupture conçus selon les principes de la protection intégrée. Ils nécessitent quant à eux de renseigner des pratiques agricoles en entrée et ont été développés pour différentes filières : grande culture, vigne, légumes de plein champ et fruits à pépins. Les outils DEXiPM se présentent sous la forme d'un arbre hiérarchique de décision. Cette structure permet de décomposer la durabilité (notion complexe) selon une approche classique en trois piliers (durabilité économique, sociale et environnementale) puis en critères simples plus faciles à renseigner avec des données récupérables sur le terrain (critères d'entrée). Les données d'entrée sont entièrement qualitatives et renseignées selon des classes de valeurs (faible, moyen, fort ; par exemple). Les critères sont agrégés grâce à des fonctions d'utilité qui permettent d'attribuer des poids relatifs entre critères.

Les professionnels souhaitant disposer d'un outil, adapté au terrain, pour pouvoir évaluer la durabilité de leurs systèmes de culture, l'INRA, AgroCampus Ouest centre d'Angers (enseignement agronomique) et deux instituts techniques agricoles (l'IFPC et le Ctifl) ont répondu ensemble à l'Appel à Projet PSPE (Pour et Sur le Plan Ecophyto) en 2013 et ont proposé le projet DEXiFruits. Le projet avait pour ambition de fournir aux acteurs de terrain des filières arboricoles un outil d'évaluation multicritère de la durabilité des systèmes de culture, qui serait commun à l'ensemble des espèces fruitières, nommé : DEXiFruits.

La version DEXiPM fruits à pépins, DEXiPM_pomefruit® (Alaphilippe et al., 2013), a servi de base au projet car ce modèle est développé à l'échelle du système de culture et permet une évaluation intégrant les trois piliers de la durabilité (économique, environnementale et sociale), ce qui correspond aux objectifs visés par DEXiFruits. Une adaptation à l'*ex post* de cet outil, tenant compte des données disponibles a été nécessaire. L'objectif de cet article est de présenter ce travail (i) les modifications amenées à l'outil recherche DEXiPM_pomefruit, (ii) l'analyse et l'amélioration de sa qualité prédictive et, enfin, (iii) la manière de le décliner pour les différentes espèces fruitières.

1. D'un outil recherche à un outil terrain

L'adaptation du modèle DEXiPM_Pomefruit® au terrain s'est effectuée en deux étapes : l'adaptation de la structure de l'arbre aux données disponibles et la définition des pondérations.

1.1. Adaptation de la structure de l'arbre

DEXiPM-Pomefruit® est un modèle qui permet d'évaluer *a priori* la durabilité de systèmes de culture innovants en rupture, tandis que DEXiFruits évalue des systèmes en place pour lesquels les données de résultats (rendement, coût et valeur de production...) sont disponibles. Les branches qui

permettaient d'estimer ces critères à priori sont donc supprimées (exemple Figure 1). La structure de l'arbre est ainsi simplifiée car il est possible d'utiliser directement des observations et informations disponibles. Des critères initialement agrégés, comme la « valeur de production » dans DEXiPM_Pomefruit®, deviennent donc des critères d'entrée (Angevin *et al.*, 2012). Cette simplification de l'arbre améliore la sensibilité du modèle grâce à la réduction du nombre de niveaux d'agrégation (Craheix *et al.*, 2015).

Par ailleurs, DEXiFruits est un outil qui devait s'adapter aux impératifs de terrain. Pour cela, nous sommes assurés de la disponibilité ou de la facilité d'acquisition des données pour renseigner les critères d'entrée. Nous avons notamment mobilisé la base de données collectées dans les réseaux DEPHY FERME. Les critères d'entrée peuvent donc être renseignés par des données disponibles sans observation ou calculs autres que ceux habituellement réalisés par les producteurs.

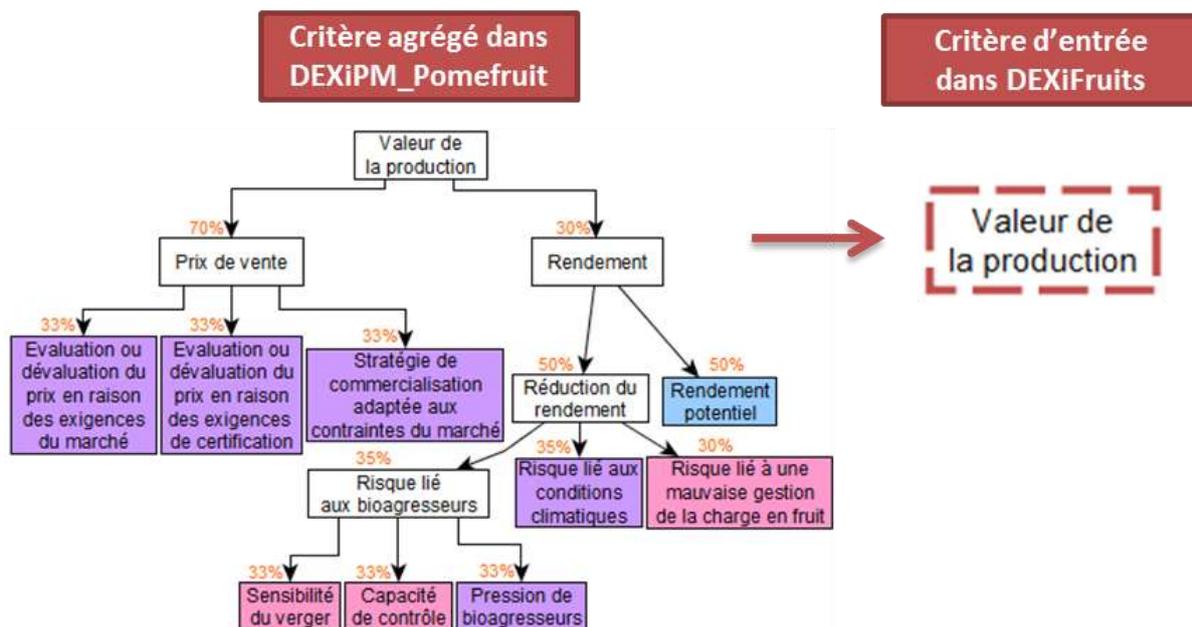


Figure 1 : Structure de la branche "Valeur de la production" de DEXiPM_Pomefruit - Adaptation pour la version DEXiFruits. Les valeurs en pourcentage correspondent aux pondérations (paragraphe 1.2).

1.2. Modification des pondérations et du nombre de classes

Les critères agrégés, situés en amont des critères d'entrée, associent pas à pas l'information comprise dans les critères de niveaux inférieurs dont ils dépendent selon une pondération reflétant leur importance. Aussi la modification de la structure de l'arbre (modification de certaines branches et création d'autres) a imposé la mise en place de nouvelles pondérations suivant les différentes étapes présentées en Figure 2.

Chaque critère a un nombre de classes spécifique. Ce nombre est fonction du nombre de classes du critère agrégé (il ne doit pas être supérieur) et du nombre de classes *a minima* nécessaire pour le caractériser, qui a été défini avec les experts. Ce travail de classes a conduit à augmenter le nombre maximum de classes de 5 dans DEXiPM_Pomefruit® à 7 dans DEXiFruits, nombre plus pertinent avec l'objectif de classement de systèmes de DEXiFruits. Dans un second temps, l'analyse de sensibilité présentée dans la partie suivante, a permis d'ajuster ce nombre.

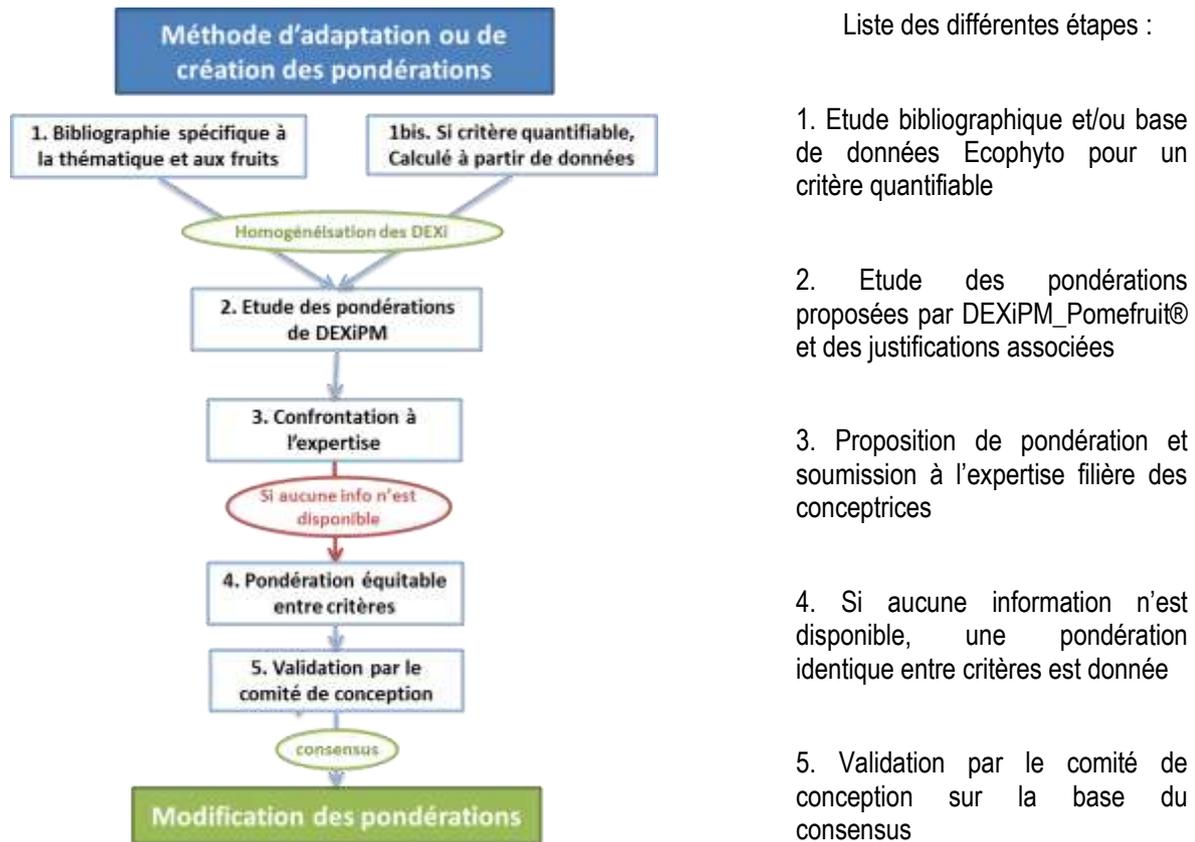


Figure 2 : Etapes pour la modification des pondérations

2. Evaluation de la cohérence de la structure du modèle DEXiFruits

2.1. Principes et méthodes mises en œuvre

Comme tous modèles, les modèles d'analyse multicritère doivent être évalués afin de déterminer le degré de confiance à donner à leurs sorties et de démontrer leur capacité à discriminer les situations. Trois méthodes (Qureshi *et al.*, 1999) peuvent être appliquées de manière complémentaire pour évaluer la qualité du modèle :

- **La vérification** consiste à s'assurer que le programme informatique fonctionne et qu'il réagit comme attendu, c'est-à-dire qu'il calcule correctement les indicateurs voulus.
- **L'analyse de sensibilité**, mesure la façon dont le modèle réagit, quantitativement ou qualitativement, à des changements de paramètres ou de valeurs d'entrée (Carpani *et al.*, 2012).
- **Evaluation de la cohérence du modèle à dire d'expert**, consiste à vérifier que le modèle atteint un niveau acceptable de précision dans ses estimations. En pratique, il s'agit la plupart du temps de s'assurer de la cohérence entre les sorties du modèle et les données du terrain, c'est-à-dire de vérifier la capacité du modèle à mimer le système réel. Pour DEXiFruits l'évaluation a été réalisée après le paramétrage de l'outil aux espèces étudiées en testant des systèmes connus et en confrontant leurs résultats avec les connaissances des experts de ces systèmes.

2.2. Analyse de sensibilité de DEXiFruits : test de Monte Carlo

Cette analyse permet d'évaluer la qualité prédictive de l'outil et d'identifier les critères les plus sensibles, avec pour objectif d'identifier les modifications possibles qui pourraient améliorer la représentation du système étudié (Carpani *et al.*, 2012). L'analyse de Monte Carlo est basée sur une sélection aléatoire

de scénarios, correspondant chacun à une combinaison de valeurs de tous les critères d'entrée. Dans cette analyse, tous les scénarios sont échantillonnés de manière équiprobable, donnant un poids égal à toutes les combinaisons de critères d'entrée. Ensuite, pour chacun des critères d'entrée et agrégés, on obtient la distribution des fréquences des différentes classes obtenues par simulation, présentée sous forme d'histogramme (Figure 3) encore appelé profil de performance. La méthode de Monte Carlo est générale et fonctionne bien pour des modèles complexes (Carpani *et al.*, 2012). De plus, l'utilisation de cette méthode a été facilitée par son intégration à l'interface IZIEval qui, couplée avec le logiciel R, calcule directement les probabilités d'apparition des classes de tous les critères de l'arbre.

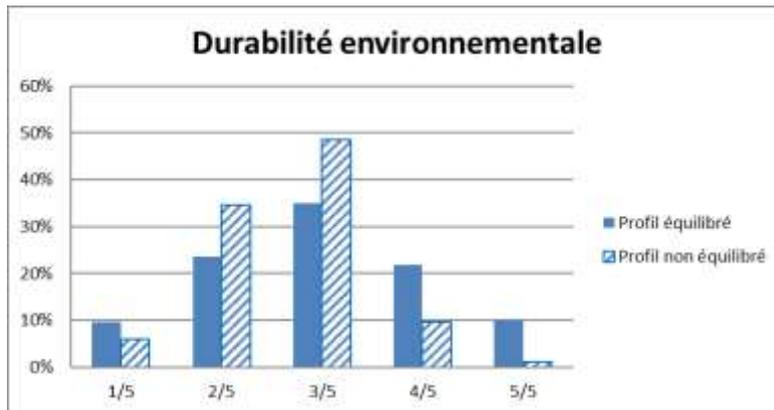


Figure 3 : Exemple de rééquilibrage d'un critère suite au test de Monte Carlo : en hachuré un profil non équilibré (distribution non gaussienne et fréquence des classes extrêmes inférieures à 10%) et en gris uni le profil équilibré.

Après un traitement des sorties de ce test, les résultats ont permis de détecter les critères agrégés déséquilibrés : un profil de performance équilibré est de type gaussien avec des classes extrêmes suffisamment représentées (10% minimum par classe). Voir l'exemple de rééquilibrage de la durabilité globale présenté en Figure 3 : en hachuré, l'ancien profil de performance qui présente un profil non gaussien avec des classes extrêmes dont la fréquence d'apparition est inférieure à 10%. Une fois rééquilibrée (histogramme en gris uni), le profil de performance est de type gaussien avec des fréquences d'apparition supérieures ou égales à 10% pour toutes les classes.

Les fréquences d'apparition des différentes classes d'un critère sont liées à sa fonction d'utilité mais aussi à celles des critères qui le renseignent. En conséquent, l'arbre a été considéré dans son ensemble. Les fonctions d'utilité des critères agrégés étaient donc rééquilibrées des feuilles vers la racine de l'arbre. A chaque ajustement, l'analyse de Monte Carlo était refaite pour s'assurer de l'équilibre du critère modifié et de ses critères sus-jacents.

3. Un outil générique et des déclinaisons par espèce fruitière

Comme l'outil DEXiFruits se veut générique pour les fruits à pépins et à noyaux, son paramétrage à différentes espèces n'implique aucune modification dite structurelle (architecture, pondérations, nombre de classes par critère). Ainsi, seules deux fonctionnalités sont concernées par le paramétrage :

- Les **valeurs-seuils** : elles permettent de discrétiser les valeurs des critères d'entrée de type quantitatif en valeurs qualitatives (les classes) et sont spécifiques à chaque espèce.
- Le **système référent** : système fictif représentatif de la moyenne nationale des systèmes de culture (SdC) pour une espèce donnée et qui permet de positionner le SdC évalué.

Le travail de paramétrage de ces fonctionnalités s'appuie sur la bibliographie et les dires d'experts, ainsi que l'analyse des bases de données existantes (DEPHY FERME Arbo, Agreste...).

3.1. Paramétrage des valeurs-seuils

Chaque critère est défini par des classes qualitatives, du type « faible, moyen, élevé » (Figure 4). Cependant certains critères sont de nature quantitative (ex : le rendement). Aussi, dans DEXiFruits, les classes de ces critères peuvent être définies à l'aide de valeurs-seuils (Figure 4). Ces valeurs-seuils sont paramétrées (ou à paramétrer) pour chaque espèce.

Rendement			
classes	faible	moyen	élevé
seuils	<20T/ha	[20; 50] T/ha	> 50 T/ha

Figure 4: Exemple de correspondance entre les classes (qualitatives) et les seuils (quantitatifs) d'un critère d'entrée.

Pour chaque espèce, le paramétrage des valeurs-seuils répond à 4 impératifs. Elles doivent être :

- Spécifiques à l'espèce considérée,
- Représentatives du contexte et des pratiques actuelles,
- Cohérentes avec la définition du critère,
- Suffisamment discriminantes pour identifier des différences entre les systèmes évalués.

La détermination des valeurs-seuils a été réalisée en suivant une procédure dépendante de la disponibilité des données, calculs, écrits et/ou dires d'experts. Si aucune donnée n'était disponible alors des classes génériques (sans valeur seuil, de type faible - moyen - fort) sont appliquées et ce sera à l'utilisateur de choisir la classe qui correspond le mieux à son système en se basant sur le système référent. Dans le cas de la pêche et la pomme à couteau, certaines valeurs-seuils ont été définies à partir de la distribution des données de la base de données DEPHY FERME Arbo. Suivant le nombre de classes et donc de valeurs-seuils à déterminer pour un critère, le 1^{er}, 3^{ème} quartile et/ou la médiane étaient calculées avec les données disponibles dans la base de données DEPHY FERME Arbo.

3.2. Définition du système référent

Il s'agit d'un système fictif représentatif de la moyenne nationale des systèmes de culture pour cette espèce. Il permet lors de l'évaluation d'un système de culture, de le positionner et de le comparer avec une référence explicite.

Pour créer les systèmes référents de chaque espèce, nous avons utilisé les mêmes sources de données et de connaissances que pour la création des valeurs-seuils. La détermination des systèmes référents s'est basée sur de la bibliographie, des dires d'experts et/ou sur la moyenne de la distribution de données issues des bases de données mobilisées dans le cadre du projet. Le système référent est livré avec la déclinaison de l'outil.

4. Perspectives

4.1 Un outil évolutif

L'outil générique a été développé pour pouvoir être utilisé pour tous les fruits à pépins et fruits à noyaux. Cependant, cet outil n'a été paramétré que pour la pomme à cidre, à couteau et la pêche. Ce paramétrage s'est appuyé sur les données de réseaux d'expérimentation, sur la base DEPHY FERME Ecophyto et sur les connaissances au moment du projet (année 2013-2015). L'outil DEXiFruits est évolutif et modifiable, ce qui permet un autre paramétrage de l'arbre (sans modification structurelle) comme :

- La prise en compte d'une nouvelle espèce.

- La prise en compte d'un contexte particulier (pour un réseau ou une région...).
- La mise à jour de l'outil.

Un cadre méthodologique de paramétrage de DEXiFruits a donc été créé pour guider les utilisateurs. Ce guide contient un rappel des fonctionnalités modifiables de l'outil ainsi qu'une méthode de paramétrage de l'outil.

4.2 Un outil support d'animation et de discussion dans des groupes

En grande culture, MASC, un outil similaire, a été mobilisé dans des ateliers regroupant conseillers et producteurs. Lors de ces ateliers, l'outil MASC a offert un support de discussion et d'animation. En effet, les résultats de l'outil ont permis des comparaisons entre systèmes de cultures, avec des échanges portant sur les pratiques de producteurs et tenant compte des éléments de contexte propres à chaque situation. Cet outil, est toujours utilisé comme outil d'animation et il a fait évoluer le conseil en offrant aux conseillers un support traitant des performances globales.

DEXiFruits pourrait également contribuer à l'animation de groupe et pourquoi pas au conseil, en offrant un diagnostic de systèmes de culture en moins de 30 minutes. Lors des ateliers de formation organisés, nous avons également constaté des interactions entre utilisateurs autour des résultats obtenus avec DEXiFruits, ainsi que sur les pratiques ou éléments de contexte expliquant ces résultats.

Un mot de conclusion des conceptrices

Nous avons travaillé à la création d'un outil dédié aux systèmes de culture de fruits avec l'objectif de faire progresser la production arboricole française vers des systèmes de culture de plus en plus durables et ce, sur les 3 piliers de la durabilité. Pour ce faire, l'outil DEXiFruits permet à chacun de comparer différents systèmes de culture et/ou d'évaluer les performances générales et spécifiques de son/ses système(s), afin d'aider au diagnostic de ses points forts et faibles et ainsi permettre d'envisager les changements et améliorations nécessaires.

Du modèle DEXiPM_pomefruit® à l'outil DEXiFruits, **plus de 100 personnes auront été mobilisées sur 8 ans** (experts filières, méthodologiques et thématiques). L'outil a été construit avec les porteurs d'expérimentations systèmes en arboriculture et en interaction avec les acteurs d'Ecophyto, ce qui a permis de prendre en compte les besoins des acteurs de terrain, tout en facilitant sa diffusion.

Nous espérons que DEXiFruits soit un outil vivant, avec une communauté d'utilisateurs qui le fasse évoluer.

Remerciements à toutes les personnes qui ont contribué au développement de cet outil dans sa version recherche et/ou terrain et en particulier aux stagiaires Lucile Lacour, Marie-Astrid Bigot et Amélie Valadas.

Références bibliographiques

Alaphilippe A., Angevin F., Buurma J., Caffi T., Capowiez Y., Fortino G., Heijne B., Helsen H., Holb I., Mayus M., Rossi V., Simon S., Strassemeyer J., 2013. Application of DEXiPM® as a tool to co-design pome fruit systems towards sustainability IOBC Bull. 91:531-535.

Angevin F., Fortino G., Bockstaller C., Pelzer E., Messéan A., 2017. Assessing the sustainability of crop production systems: Toward a common framework. Crop Protection 97: 18-27.

Angevin F., Fortino G., Pelzer E., Bockstaller C., Messéan A., 2012. Evaluation multicritère de la contribution des systèmes de cultures au développement durable, DEXiPM : un outil d'évaluation de la durabilité globale des systèmes de culture répondant aux critères de la production intégrée, Formation permanente du Centre INRA de Toulouse, le 25 mai 2012.

Bohanec M., 2015. DEXi: Program for Multi-Attribute Decision Making, User's Manual, Version 5.00. IJS Report DP-11897, Jožef Stefan Institute, Ljubljana.

Carpani M., Bergez J.E. and Monod H., 2012. Sensitivity analysis of a hierarchical qualitative model for sustainability assessment of cropping systems. *Environmental Modelling & Software* 27-28, 15–22.

Craheix D., Angevin F., Bergez J.E., Bockstaller C., Colomb B., Guichard L., Reau R., Doré T., 2011. MASC 2.0, un outil d'évaluation multicritère pour estimer la contribution des systèmes de culture au développement durable. *Innovations Agronomiques*, 20, 35-48.

Pelzer E., Fortino G., Bockstaller C., Lamine C., Angevin F., Guérin D., Guichard L., Reau R. et Messéan A., 2012. Assessing innovative cropping systems with DEXiPM, a qualitative multi-criteria assessment tool derived from DEXi. *Ecological Indicators* 18, 171-182.

Qureshi M.E., Harrison S.R. and Wegener M.K., 1999. Validation of multicriteria analysis models. *Agricultural Systems* 62, 105–116.

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

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0)



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « *Innovations Agronomiques* », la date de sa publication, et son URL)