
 <p>LIBERTÉ • ÉGALITÉ • FRATERNITÉ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE</p> <p>MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT</p>	<p align="center">Appel à projets de recherche « Pour et Sur le Plan Ecophyto »</p> <p align="center">Edition 2012 : Pour et Sur trois dispositifs du Plan Epidémiosurveillance / DEPHY / Indicateurs</p>	
--	--	---

Rapport final du projet PSPE 1
DEXiFruits



Février 2016

Alaphilippe Aude, Frédérique Angevin, Anne Guérin, Pascale Guillermin, Alice Vélou, Franziska Zavagli





DEXiFruits: outil d'évaluation multicritère de durabilité des systèmes de culture en arboriculture fruitière

Liste

DEXiFruits@listes.inra.fr

Contact «DEXiFruits»

aude.alaphilippe@paca.inra.fr
anne.guerin@ifpc.eu
pguillermin@agrocampus-ouest.fr
zavagli@ctifl.fr
frederique.angevin@grignon.inra.fr

Site

<http://wiki.inra.fr/wiki/deximax/DEXiFruits/1+Accueil>

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

DEXiFruits 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 et nécessite des données facilement accessibles pour un arboriculteur ou un conseiller. Tous les critères sont qualitatifs ou correspondent à des classes de valeur, spécifiques à chaque espèce fruitière. L'utilisateur peut également comparer les performances du système de production évalué avec un système référent moyen.



Un outil facile à utiliser

Il suffit de renseigner des listes à choix multiples avec des données portant sur les caractéristiques du verger évalué et de son contexte:

- Pratiques culturales et apport d'intrants
- Coût de production et rendement
- Aménagement du verger
- Contexte de l'exploitation (haies, climat et sol, marché,...)

Des entrées : liste à choix multiples



Partenaires



Financeurs



A quoi sert DEXiFruits ?

- Evaluer la durabilité des systèmes sur les 3 piliers: environnement, économie et social
- Identifier ses forces et faiblesses
- Classer et comparer les systèmes entre eux ou avec un système référent
- Discuter, se questionner et améliorer les vergers actuels

Interface d'utilisation de DEXiFruits: IZI-Eval

Pour utiliser DEXiFruits, l'interface « IZI-Eval » est disponible gratuitement sur internet:

<http://wiki.inra.fr/wiki/deximax/DEXiFruits/1+Accueil>

DEXiFruits est disponible sur le même site, avec tous les documents support.

Comment évaluer la durabilité des vergers avec DEXiFruits

Liste

DEXiFruits@listes.inra.fr

Contact «DEXiFruits»

aude.alaphilippe@paca.inra.fr
anne.guerin@ifpc.eu
p.guillermin@agrocampus-ouest.fr
zavagli@ctifl.fr
frederique.angevin@grignon.inra.fr

Site

<http://wiki.inra.fr/wiki/deximax/DEXiFruits/1+Accueil>

Un système référent pour la comparaison

Un système dit « de référence » a été créé pour chaque espèce fruitière dans DEXiFruits. Il correspond à des pratiques et à un contexte moyen définis nationalement par des experts pour la pomme, la pêche et la pomme à cidre. Il peut être modifié selon les besoins ou le contexte.

Il permet à l'utilisateur de comparer les performances de son verger avec ce système.

Les entrées : 57 critères à renseigner en cliquant sur des listes de choix

Voici une sélection des informations à fournir :

	Critère	Système référent	
Paysage et exploitation	Importance et connectivité des habitats semi-naturels	Habitats favorables	Critère de contexte
	Mosaïque des cultures du paysage	Espace homogène peu favorable	
	Infrastructures agro-écologiques (IAE)	*** Habitats peu favorables	
Climat et sol	Sensibilité de la parcelle à la lixiviation	Oui	Critère de pratiques
	Sensibilité de la parcelle au ruissellement	*** Non	
Support de production	Compétences de l'arboriculteur et de ses employés	Fortes	Critère de pratiques
	Difficultés à recruter de la main d'œuvre	*** Possible	
Appréciation	Transfert de connaissances vers la société	Moyen	Critère de pratiques
	Satisfaction vis-à-vis du marché visé	*** Satisfait	
Résultats	Rendement	Moyen (de 50 et 70 T/ha)	Critère de pratiques
	Valeur de la production	Moyenne (de 20000 à 30000 €/ha)	
	Prix de vente	Faible (de 0,20 à 0,35 €/kg)	
	Coûts de production	*** Elevés (de 10000 à 15000 €/ha)	
Opérations culturales & intrants	Temps de travail	Moyen (de 500 à 749h/ha)	Critère de pratiques
	Utilisation des machines	Assez fréquente (de 20 à 34 passages)	
	Consommation en eau	Moyenne (entre 2000 et 5000m ³ /ha)	
	Amendements organiques	Autres apports ou aucun apport	
Aménagement de la parcelle	Apport d'azote minéral	Moyens (entre 40 et 80 U/ha)	Critère de pratiques
	IFT total	*** Elevé (entre 35 et 43)	
	Bandes fleuries	Aucune	
Organisation	Richesse des haies	*** Faible richesse	Critère de pratiques
	Difficultés physiques et pénibilité du travail	Acceptables	
	Complexité du système	*** Acceptable	

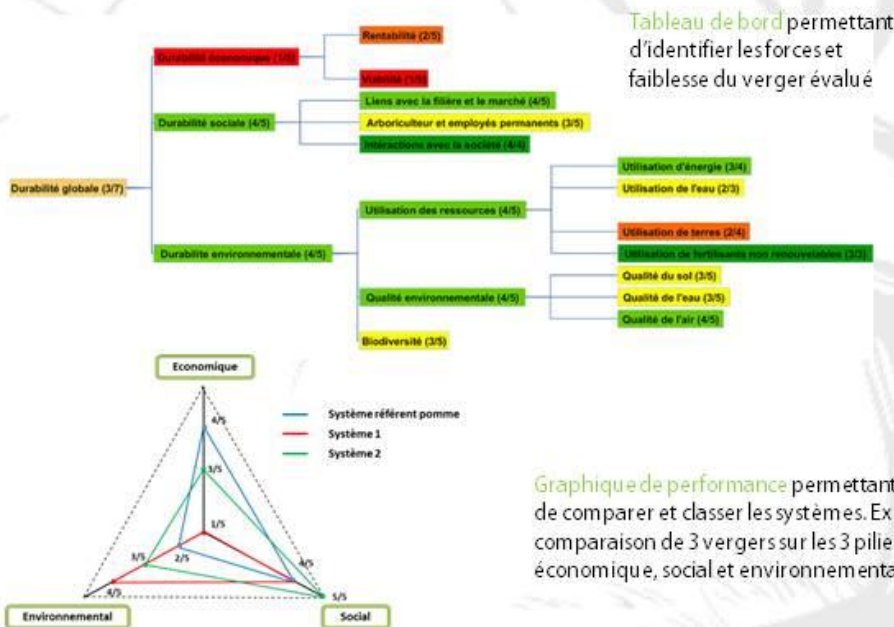
Partenaires



Financeurs



Les sorties : résultats de l'évaluation avec DEXiFruits





Pour en savoir plus ou demander un conseil technique, n'hésitez pas à vous rapprocher d'un partenaire DEXiFruits ou consulter notre site.

Ce rapport se compose de trois parties distinctes : (i) un récapitulatif des activités décrivant les travaux menés et les étapes de réalisation, ainsi que les collaborations engagées (ii) un rapport scientifique qui présente le développement de l’outil et des différentes fonctionnalités connexes et, (iii) la contribution de ce projet au plan Ecophyto.

Plan du rapport final

Fiche de présentation	2
Rapport d’activité	5
1. Moyens humains et techniques	5
2. Déroulé du projet par tâches et livrables	8
3. Collaborations	15
4. Listing des réalisations, produits et livrables	19
Rapport scientifique	21
1. Introduction : état de l’art et objectifs du projet	22
2. Les approches scientifiques et techniques utilisées pour développer DEXiFruits	23
3. Résultats : l’outil et ses documents d’accompagnement	32
4. Bilan du projet et perspectives immédiates	33
Contribution au plan Ecophyto	35
1. DEXiFruits : outils livrés	36
2. Utilisation de DEXiFruits réalisée et prévues	37
3. Perspectives générales	42
4. Un mot de conclusion des conceptrices	43
Bibliographie	44

 <p>LIBERTÉ • ÉGALITÉ • FRATERNITÉ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE</p> <p>MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT</p>	<p>Appel à projets de recherche « Pour et Sur le Plan Ecophyto »</p> <p>Edition 2012 : Pour et Sur trois dispositifs du Plan Epidémiosurveillance / DEPHY / Indicateurs</p>	
--	--	---

Rapport d'activité

DEXiFruits

Février 2016

Titre du projet : DEXiFruits : Développement d'un outil d'évaluation de la durabilité de systèmes de culture commun aux différentes filières arboricoles et au service des acteurs des réseaux

Ce projet avait pour ambition de fournir à la filière arboricole **un outil d'évaluation multicritère de la durabilité des systèmes de culture commun à l'ensemble des espèces fruitières**. Cet outil, pour et adapté aux besoins des acteurs de terrain, a été développé grâce à un partenariat entre des organismes de recherche, de formation et de développement.

Le rapport d'activité a pour objectif de rendre compte de la réalisation des tâches, de l'atteinte des jalons ainsi que de toutes les collaborations effectives hors et au sein du projet, incluant toutes les interactions avec d'autres initiatives (PSPE1 et autres).

Nous détaillerons ainsi les moyens humains et techniques mobilisés, les différentes étapes et les livrables obtenus et préciserons les collaborations mises en œuvre.

1. Moyens humains et techniques

1.1 Gouvernance du projet

La gouvernance du projet était assurée par la coordinatrice, la chargée de projet et l'ensemble des partenaires du projet réunis dans un comité de conception. Tous les membres de ce comité ont participé à toutes les tâches du projet. Par ailleurs, un comité de pilotage s'est réuni pour donner son avis sur les orientations prises dans le projet, l'état d'avancement ainsi que sur les perspectives envisageables.

1.1.1 *Coordination et animation*

La **coordinatrice** du projet DEXiFruits est Aude Alaphilippe, ingénieure de recherche à l'INRA UERI de Gotheron depuis 2008. Elle travaille sur la conception et l'évaluation multicritère de systèmes de culture de fruits.

Pour mener à bien ce projet, une **Chargée de projet** (Alice Vélou – ingénieure) a été embauchée en CDD à temps plein sur 28 mois (dont 23 mois financés par le projet DEXiFruits). Elle était en charge du développement de DEXiFruits et de l'animation du projet.

L'organisme porteur est l'Unité Expérimentale de Recherches Intégrées (UERI) INRA Gothenon (Drôme). Cette unité développe des programmes liés à la production intégrée en verger, avec pour objectif principal la réduction des intrants, notamment phytosanitaires.

1.1.2 Comité de conception

Le comité de conception de DEXiFruits était animé par la chargée de projet et composé de la coordinatrice et de l'ensemble des partenaires du projet. Les membres et organismes partenaires du projet impliqués dans ce comité étaient :

- Aude Alaphilippe, Alice Vélou : INRA UERI Gothenon
- Frédérique Angevin : INRA UAR Eco-Innov
- Franziska Zavagli : Ctifl - Centre technique interprofessionnel des fruits et des légumes
- Anne Guérin : IFPC - Institut Français des Productions Cidricoles
- Pascale Guillermin (Agrocampus Ouest centre d'Angers)

Le comité de conception avait pour rôle la coordination, la mise en œuvre opérationnelle de l'ensemble du projet et la discussion et la validation de la structure et le contenu de DEXiFruits. Ces travaux se sont traduits par l'organisation de 14 réunions (12 visioconférences et 2 réunions physiques) et 2 séries d'entretiens individuels avec la chargée de projet. Le détail de ces réunions est récapitulé dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1. Liste des réunions du comité de conception

Réunions du comité de conception		
numéro	date	objectifs
Réunion 1	05/11/2013	Présentation des missions de la chargée de projet - structuration des étapes du projet
Réunion 2	11/12/2013	Adéquation BDD DEPHY FERME et DEXiPM_Pomefruit - planification - versions existantes
Réunion 3	17/01/2014	Étapes du projet - explications de l'arbre - définition des critères d'entrée - méthode d'adaptation à l'ex-post
Entretiens 1	févr-14	Discussions de la structure et des critères d'entrée
Réunion 4	13/03/2014	Compte Rendu Entretiens 1 - discussions des propositions d'adaptation de la structure
Réunion 5	09/04/2014	Rapport intermédiaire scientifique - formation à DEXi et manipulation - discussions structure et pondérations
Réunion 6	13/05/2014	Discussions et validation de la structure et des pondérations de la branche environnementale (sauf biodiversité)
Réunion 7	11/06/2014	Discussions nombre de classes et seuils des classes pour la pomme
Entretiens 2	sept-14	Tests et discussions de l'outil
Réunion 8	25/11/2014	Avancées du projet - Discussions des améliorations grâce aux tests et aux entretiens 2
Réunion 9	27/01/2015	Avancées projet - déclinaisons pêche et cidre - discussions livrables - choix des options supplémentaires
Réunion 10	01/04/2015	InnoHort et COPIL - stages - identification des besoins - branche biodiversité
Réunion 11	30/07/2015	Point administratif et organisationnel - discussions des développements futurs
Réunion 12	12/10/2015	Séminaire St Malo - stage - propriété outil - livrables et autres - transfert et maintenance de l'outil
Réunion 13	01/12/2015	Mise en ligne - livrables et packages - actions de transfert
Réunion 14	05/02/2016	Lancement de l'outil - futurs -maintenance et organisation communauté DEXi

1.1.3 Comité de pilotage

Un comité de pilotage a été réuni en cours de projet, une fois la première version de l'outil et des documents d'accompagnement disponibles. Il avait pour objectif le suivi de projet et de ses livrables. Ce COPIL a été tenu à Paris le 15 juin 2015 en présence des membres du comité de conception ainsi que de représentants de plusieurs instances :

- Groupe d'Intérêt Scientifique (GIS) Fruit : S. Colleu (INRA),
- Groupe Expert Recherche (GER) Ecophyto : T. Caquet (INRA),
- Cellule d'Animation Nationale (CAN) Ecophyto : M. Debandt (APCA), N. Munier-Jolain (INRA) et Alain Garcin (Ctifl),
- ITAB : C-E. Parveaud,
- Et d'autres collaborateurs du projet (Y. Gilles (IFPC) et M. Dubuc (INRA)).

Des membres d'Ecophyto (E. Emonet et E. Pillet) ont également été invités mais étaient indisponibles.

1.2 Comité de validation et expertises

Pour mener à bien le projet, des interactions avec les dispositifs Ecophyto DEPHY EXPE et FERME, ainsi qu'avec les experts filières ont eu lieu. Ces interactions avaient pour but (1) l'aide au paramétrage de l'outil et à la création des systèmes référents livrés pour les espèces pomme, pêche et pomme à cidre et, (2) le test par l'expertise des outils développés. Ces interactions ne se sont pas organisées sous la forme d'un comité de validation formalisé, mais sous la forme de points d'experts, réunis ensemble ou sollicités individuellement. Le récapitulatif des personnes mobilisées est présenté dans le tableau 2.

Tableau 2 : Listing des experts ou personnes mobilisées pour le projet DEXiFruits

Etape du projet	Temps dédié	Nom	Organisme	Fonction
1.1	0,5 j	Gabriele Fortino	INRA	expert DEXi et DEXiPM - formation en nov 2013
1.1 + 1.3 + COPIL	10 j	Morgane Dubuc	INRA	CDD PSPE sur DEXiPM-Vigne
1.2	1 j	Laurence Albert	IFPC	chargée de mission biodiversité fonctionnelle en verger
1.2	1j	Sylvaine Simon	INRA	expert biodiversité arbo
1.2	1 j	Jean-Michel Ricard	CTIFL	expert biodiversité arbo
1.3	0,5 j	Damien Craheix	INRA	formation à l'analyse de sensibilité le 03/06/2014
1.3	0,5 j	Jacques-Eric Bergez	INRA	formation à l'analyse de sensibilité le 03/06/2014
2.1	0,5 j	Laurent Galet	INRA	agent technique pomme
2.1	1 j	Marie Charreyron	La Pugère	DEPHY EXPE Pomme
2.1	1 j	Audrey Piffady-Durieux	GRCETA	IR réseau DEPHY Pomme
2.1 + 2.2	5 j	Florent Abiven	INRA	BDD DEPHY FERME Arbo
2.1 + 3.2	3 j	Jean-Louis Sagnes	CA82	IT fruits à pépins - expert pomme
2.2	0,5 j	Dominique Chauffour	INRA	agent technique pêche
2.2	0,5 j	Armand Guillermin	INRA	agent technique pêche
2.2	0,5 j	Christian Hilaire	CTIFL	chargé du programme pêche
2.2	1 j	Claude Bussi	INRA	chargé projet Ecopêche
2.2	1 j	Dominique Grasselly	CTIFL	chargé de programme d'évaluation multicritère légumes
2.2	0,5 j	Daniel Plénet	INRA	chercheur verger pêche (irrigation...)
2.2	15 j	Xavier Cornilleau	AgroCampus Ouest	étudiants option Fruits et Légumes Alimentation et Marchés
2.2	15 j	Emmanuel Rivaud	AgroCampus Ouest	
2.2	15 j	Bentoumi Glynis	AgroCampus Ouest	
2.2	15 j	Margaux Champagne	AgroCampus Ouest	
2.2	15 j	Mathilde Tournebize	AgroCampus Ouest	
2.2	0,5 j	Marc Fratantuono	CA66	ingénieur Réseau Arbo
2.2	0,5 j	Philippe Blanc	SERFEL	responsable du programme d'expérimentation pêcheurs
2.2	0,5 j	Yannick Montrognon	SEFRA	responsable du programme matériel végétal et des essais
2.2	0,5 j	Bernard Antérieu	centre de gestion du	expert arbo
2.2 + 3.2 + COPIL	5 j	Alain Garcin	CTIFL	IT + CAN Arbo
2.2 + suivi stage	10 j	Claude-Eric Parveaud	ITAB	expert arbo bio
2.3	0,5 j	Jean-Charles Cardon	CRA Normandie	technicien cidricole
2.3	0,5 j	Gaël Lebon	CRA Normandie	technicien cidricole
2.3 + COPIL	3 j	Yann Gilles	IFPC	expert pomme à cidre
3.1	1 j	Solène Borne	INRA	assistant ingénieur - Pomme et pêche
3.1	1 mois	Agnès Salaün	CTIFL	stagiaire CTIFL - réseau DEPHY-Ecophyto
3.1	6 mois	Amélie Valadas	INRA	stagiaire DEXiFruits et SCEP-DEPHY
3.2	2 j	François Warlop	GRAB	atelier GRAB - tests pour les systèmes Bio
3.2	1 j	Gilles Libourel	GRAB	atelier GRAB - tests pour les systèmes Bio
3.2	3 j	Benoit Chauvin-Buthaud	CRA Rhone Alpes	conseiller arbo -aide pour l'organisation du Tech & Bio
3.2	4 j	Anne Glémin	INRA	construction flyer DEXiFruits
3.2	3 j	Sophie Pleinet	INRA	transfert - université virtuelle
3.2	3 j	Catherine Herry	INRA	transfert - université virtuelle
4.7	2 j	Sylvie Modeste	INRA	licence
COPIL	1 j	Marie Debandt	APCA	CAN Arbo
COPIL	1 j	Thierry Caquet	INRA	GER PSPE
COPIL	1 j	Nicolas Munier-Jolain	INRA	projet SCEP-DEPHY et CAN
COPIL	2 j	Sylvie Colleu	GIS Fruits	appui au projet

2. Déroulé du projet par tâches et livrables

Le projet DEXiFruits a commencé fin juillet 2013 avec les tâches administratives et le recrutement de la chargée de projet. Le développement de l'outil n'a démarré qu'à partir de l'arrivée de la chargée de projet début novembre 2013. Le projet s'est officiellement terminé le 30 septembre 2015 mais grâce à des financements externes, certaines actions non affichées dans la réponse à l'appel d'offres ont pu être réalisées, ainsi que la production des livrables et des rapports finalisée pour fin février 2016.

Présentation globale des étapes du projet

Pour son dépôt, le projet initial était découpé en 3 grandes étapes distinctes: (1) Cahier des charges de conception définissant les critères à considérer et recensant les indicateurs existants (2) Développement du modèle DEXiFruits en co-construction et en lien avec les réseaux DEPHY EXPE et (3) Test puis transfert de l'outil DEXiFruits (modèle, documents support et interface utilisateur) pour une utilisation en routine dans les réseaux DEPHY FERME arboricoles.

En pratique, les étapes 1 et 2 ont été conduites en parallèle lors du développement de l'outil générique et de ses déclinaisons. On peut à présent distinguer 4 grandes étapes effectives :

1. Développement du modèle générique (passage du modèle à l'outil terrain et possibilité de couplage à d'autres outils)
2. Paramétrage des déclinaisons pomme à couteau, pomme à cidre, pêche et test avec les réseaux EXPE d'Ecophyto,
3. Mise en œuvre et transfert
4. Rédaction des documents d'accompagnement de l'outil (tutoriels et supports de formation) et de ceux assurant la traçabilité des décisions.

Ces étapes sont positionnées de novembre 2013 à février 2016 sur la Figure 1. Elles seront brièvement expliquées, en mettant l'accent sur les collaborations extérieures au projet DEXiFruits. Les aspects scientifiques sont détaillés dans la seconde partie (p 21) de ce rapport.

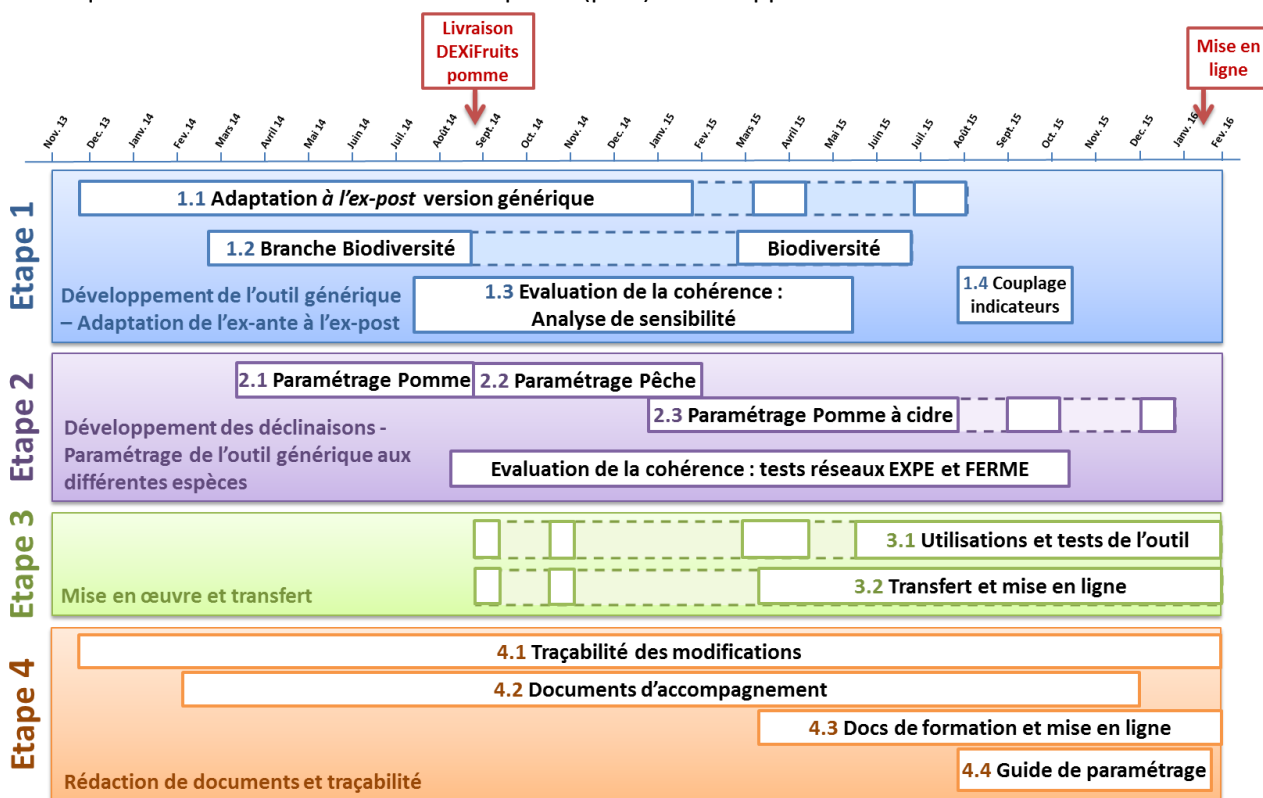


Figure 1: Étapes du projet DEXiFruits

2.1 Étape 1 : Développement de l'outil générique

Cette étape correspond à la construction et au développement méthodologique de l'outil. Les tâches réalisées sont (i) l'adaptation de l'arbre DEXiPM_pomefruit^{®1} (Alaphilippe et al. 2013), outil recherche dédié à la conception de systèmes de culture de fruits à pépin (évaluation *a priori* comprenant la reconstruction complète de la branche biodiversité grâce à l'apport de nouvelles expertises, (ii) l'étude des couplages possibles avec des indicateurs existants et (iii) l'évaluation de la cohérence de la structure de l'outil.

Cette étape nous a permis de livrer une première version **générique de DEXiFruits** en août 2014 comme annoncé dans le dépôt de projet.

2.1.1 Adaptation de l'outil recherche et développement de la version générique (Étape 1.1)

Cette version de DEXiFruits est un livrable.

DEXiFruits dérive d'un modèle d'aide à la conception de systèmes de culture de fruits à pépins : DEXiPM_Pomefruit[®]. Cet outil, développé dans le cadre du projet Alt'Carpo (APR Pesticide 2009), fait partie d'une famille d'outils (DEXiPM, Pelzer *et al.*, 2012) destinés à la recherche pour la conception de systèmes innovants (utilisation pour évaluer *ex ante* la durabilité de systèmes innovants en rupture peu consommateurs de pesticides). Les objectifs de cette étape étaient d'adapter le modèle pour qu'il puisse utiliser des données existantes, mesurées ou enregistrées (adaptation à l'utilisation *ex post*) et notamment celles collectées dans les réseaux DEPHY d'ECOPHYTO, tout en s'assurant de sa facilité et rapidité de prise en main et d'utilisation.

2.1.2 Construction de la branche biodiversité (Étape 1.2)

Depuis la version 2 de DEXiPM_Pomefruit[®] (Bigo, 2013), des améliorations sur la branche biodiversité de la version grande culture ont été apportées en 2014 dans le cadre d'un stage encadré par l'INRA - Eco-InnoV) et le James Hutton Institute (Ecosse). Il était donc d'abord nécessaire d'intégrer ces modifications, ce qui a été facilité par le suivi du stage (3 réunions de travail communes). Ensuite, la branche créée en grandes cultures a été discutée et validée par des spécialistes en biodiversité des systèmes arboricoles. Trois experts ont été sollicités pour une réunion d'une journée (30 mars 2015) :

- Sylvaine Simon (INRA UERI Gothenon)
- Jean-Michel Ricard (Ctifl Balandran)
- Laurence Albert (IFPC)

La nouvelle branche a ensuite été testée et discutée avec le comité de conception (Voir rapport scientifique pour des détails, §2.2.4, p 28).

2.1.3 Évaluation de la cohérence de la structure de l'arbre (Étape 1.3)

L'objectif de l'évaluation de la cohérence du modèle est de rendre le modèle suffisamment sensible et stable pour qu'il puisse discriminer les systèmes de culture entre eux. Cette étape a permis de vérifier la structure et de corriger les erreurs de construction, par la mise en œuvre d'une analyse de sensibilité, test statistique de Monte Carlo (Carpani *et al.*, 2012). La chargée de projet a été formée par Jacques-Eric Bergez (INRA) et Damien Craheix (INRA). Cinq sessions d'analyse ont été nécessaires pour évaluer la cohérence de la structure du modèle (de juillet 2014 à mai 2015).

¹ Ce modèle, comme DEXifruits a été développé grâce au logiciel DEXi (Bohanec *et al.*, 2015) qui permet de structurer, de façon transparente, des arbres de décision pour des problèmes complexes en fonction de critères d'entrée qualitatifs plus simples à renseigner et de fonctions d'utilité qui permettent de leur donner une importance relative les uns par rapport aux autres.

2.1.4 Couplage de DEXiFruits à d'autres indicateurs (Étape 1.4)

Afin d'améliorer la précision des sorties de DEXiFruits, des possibilités de couplage à des indicateurs d'évaluation déjà existants ont été étudiées. La méthodologie employée et les couplages effectifs à ces indicateurs/calculateurs sont présentés dans un livrable spécifique. En s'inspirant de la méthodologie de Fortino *et al.* (2012), nous avons étudié la possibilité de remplacer certains critères d'entrée de DEXiFruits ou branches par des indicateurs de pression et d'impact disponibles. Les indicateurs étudiés étaient :

- I-N (méthode INDIGO®) : Indicateur d'impact des pratiques de fertilisation en arboriculture. Son interface Excel a été financée par le projet.
- I-Phy (méthode INDIGO®) : Indicateur d'impact des pratiques de protection phytosanitaire en arboriculture.
- Synops : Indicateur d'impact des pratiques de protection phytosanitaire en arboriculture.
- EIQ : Indicateur d'impact des pratiques de protection phytosanitaire non spécifique à l'arboriculture.

Le résultat de cette étude, indique que le couplage est possible avec I-N et est partiellement possible avec EIQ et Synops, mais ne l'est pas pour I-Phy. Le détail de ce travail est présenté dans le rapport scientifique (cf. Rapport scientifique § 2.5, p 31).

2.2 Étape 2 : Développement des déclinaisons paramétrées pour les différentes espèces étudiées

Cette étape a consisté à paramétrer DEXiFruits (c'est-à-dire définir les valeur-seuils des critères d'entrée quantifiables et le système référent) pour les trois espèces mentionnées dans le dépôt du projet : la pomme à couteau, la pomme à cidre et la pêche. Sur la base de ces trois expériences, un mode d'emploi générique pour réaliser ce type d'adaptation à d'autres espèces a été rédigé. **Les déclinaisons et ce mode d'emploi sont des livrables.** Des analyses de sensibilité et des tests d'utilisation dans les réseaux DEPHY ont ensuite été réalisés pour ces trois espèces avec des systèmes bien connus des experts.

2.2.1 Paramétrage pour la pomme à couteau et tests (Étape 2.1)

La pomme à couteau a été la première espèce étudiée. Le développement de cette déclinaison s'est appuyée sur l'expertise des partenaires du projet et a nécessité un travail de bibliographie, ainsi que des interactions avec ECOPHYTO, notamment avec Jean-Louis Sagnes (CA 82), chargé de la BDD DEPHY FERME, expert pomme à couteau et IT CAN.

Des tests de cette déclinaison ont été réalisés par des expérimentateurs et des techniciens sur des systèmes de culture connus :

- BioREco (DEPHY EXPE - INRA) : 3 systèmes
- Expérimentation Ecophyto 2011 – bâche anti-pluie (Ctifl) : 2 systèmes
- AgroCampus Ouest : 2 systèmes

Plusieurs experts ont également pu tester cette déclinaison lors d'ateliers de formation : Audrey Piffady (GRCETA Basse Durance), Marie Charreyron (La Pugère), Dominique Grasselli (Ctifl).

Une première version a été livrée en août 2014 et mise en ligne en janvier 2016
<http://wiki.INRA.fr/wiki/deximasc/DEXiFruits/1+Accueil>

2.2.2 Paramétrage pour la pêche et tests (Étape 2.2)

Le paramétrage pour la pêche a été réalisé en partie par un groupe d'élèves d'AgroCampus Ouest dans le cadre d'un projet ingénieur² de septembre à décembre 2014. Ils ont interrogé la bibliographie, étudié la BDD DEPHY FERME et réalisés des entretiens auprès de 7 experts « pêche » :

- Claude Bussi (INRA) : chargé du projet EcoPêche
- Philippe Blanc (SERFEL) : responsable du programme d'expérimentation PECHER
- Yannick Montrognon (SEFRA) : responsable du programme matériel végétal et des essais de conduite en pêche
- Alain Garcin (Ctifl – IT Arbo CAN) : chargé programme AB fruits et correspondant évaluation multicritères fruits
- Marc Fratantuono (CA) : ingénieur Réseau pêche
- Daniel Plénet (INRA) : chercheur verger pêche (irrigation...)
- Christian Hilaire (Ctifl) : chargé du programme pêche

Ce projet ingénieur était suivi par Pascale Guillermin et la chargée de projet. Le travail réalisé a ensuite été repris et validé par le comité de conception. Cette déclinaison a également été testée sur quelques systèmes de la BDD DEPHY FERME, sur les trois systèmes de Gotheron du projet DEPHY EXPE EcoPêche et lors d'une réunion EcoPêche (atelier de prise en main et décision d'utiliser DEXiFruits dans leur projet).

La déclinaison pêche a été livrée lors de la mise en ligne en janvier 2016
<http://wiki.INRA.fr/wiki/deximasc/DEXiFruits/1-+Accueil>

2.2.3 Paramétrage à la pomme à cidre (Étape 2.3)

Ce paramétrage a été réalisé en collaboration avec l'IFPC et d'autres acteurs de la filière cidricole. Une première version a été mise au point avec la participation d'Anne Guérin et de Yann Gilles (IFPC). Elle a ensuite été soumise à deux techniciens de la filière cidricole pour validation et complément de l'expertise : Gaël Lebon et Jean-Charles Cardon (CRA Normandie).

Cette déclinaison a été testée sur des systèmes du projet CASDAR Verger Cidricole de Demain.

La déclinaison pomme à cidre a été livrée lors de la mise en ligne en janvier 2016
<http://wiki.INRA.fr/wiki/deximasc/DEXiFruits/1-+Accueil> .

2.3 Étape 3 : Mise en œuvre et transfert de DEXiFruits

2.3.1 Mise en œuvre et utilisation de l'outil (Étape 3.1)

L'outil a été testé lors d'ateliers de formation (cf. partie suivante) et dans le cadre de projets DEPHY EXPE. L'utilisation à grande échelle sur le réseau DEPHY FERME d'ECOPHYTO n'était pas réalisable, car la base de données actuelle de ce réseau est très incomplète. Cependant, le réseau DEPHY EXPE nous a permis de tester l'outil sur de nombreux systèmes, travail détaillé ci-dessous.

Réseau DEPHY EXPE Pomme

Dans le cadre du stage d'Agnès Salaün (Ctifl – stage M2 2015), l'outil a permis d'évaluer 23 systèmes du réseau DEPHY EXPE Pomme (responsable : Franziska Zavagli). Ce travail a également été remobilisé dans le cadre du projet SCEP-DEPHY.

² Spécialité Fruits et Légumes Alimentation et Marchés (FLAM)

Projet EXPE BioREco

L'outil a été utilisé avec les données du projet BioREco (JERI Gotheron) lors du stage d'Amélie Valadas. Une analyse de trajectoire a été réalisée sur 2 années pour 3 systèmes de culture de pomme. L'outil sera réutilisé dans ce projet.

Projet EXPE EcoPêche

L'outil a été utilisé pour comparer 3 systèmes EcoPêche du site de l'INRA de Gotheron. Il sera réutilisé par les partenaires sur les autres sites de ce projet.

2.3.2 Transfert de l'outil (Étape 3.2 et au-delà du projet)

Présentations de l'outil

Une vingtaine de présentations orales simples ou d'information ont été réalisées au cours du projet DEXiFruits. Ces présentations visaient tout type d'utilisateurs et avaient pour objectif de les informer du déroulement du projet, du développement de l'outil, de ses caractéristiques et de son utilisation et enfin de sa disponibilité (en fin de projet). Ces présentations étaient réalisées lors de réunions, séminaires, congrès internationaux, comités de pilotage de projet, groupes de travail... Le listing de ces présentations est disponible en §4 du rapport d'activité de DEXiFruits. Ces présentations ont été complétées d'articles techniques et d'annonces dans la presse agricole (Cf. § 41, p 199).

Des supports de présentation ont été conçus pour ces journées et salons.

- Un **flyer** a été créé à l'occasion du Tech&Bio en septembre 2015 en collaboration avec le service communication de l'INRA. Depuis, il est distribué à chaque présentation ou atelier et envoyé par mail si besoin est. C'est un recto-verso qui présente rapidement l'outil, ses objectifs, les partenaires et ses fonctionnalités. Il a été conçu pour être didactique, simple et synthétique (il est présenté en tête de ce rapport).

- Un **logo** a également été créé pour l'outil DEXiFruits :



Il est utilisé pour toute communication relative à l'outil ou au projet. Il est présent sur chaque document et chaque présentation. Les trois barres de couleurs repressent dans la figure arrondie repressentent les trois piliers de la durabilité. La figure arrondie fait également référence aux fruits et à leur diversité. Le slogan « For sustainability » ajoutée au logo explicite l'approche d'évaluation de la durabilité de l'outil.

- Un **poster** a également été créé à l'occasion du congrès international IPM de Poznan en janvier 2015. Ce poster initialement écrit en anglais a été traduit en français. Ils sont utilisés lors des salons et congrès et ont été distribués au format A4 lors des présentations et ateliers avant la création du flyer. Ce poster a été publié sur les plateformes ResearchGate³ et Academia⁴.

Une présentation nommée « **Guide d'utilisation de DEXiFruits et d'IZIEval⁵ (format ppt)** » a servi de base à tous les exposés réalisés. Ce document était adapté au public et aux objectifs de chaque rencontre, il a donc été testé de nombreuses fois et a évolué au cours du projet et du développement de l'outil.

³ https://www.researchgate.net/publication/273120921_DEXiFruits_an_easy-to-use_tool_to_evaluate_the_sustainability_of_fruit_production_systems

⁴ http://www.academia.edu/18840522/DEXiFruits_an_easy-to-use_tool_to_evaluate_the_sustainability_of_fruit_production_systems

Cette présentation dans sa version complète est disponible sur le wiki MASC-DEXiPM⁶. Elle a également servi de support pour les ateliers de formation à l'outil.

Ateliers de formation

En complément des présentations, une dizaine d'ateliers de découverte et d'utilisation de l'outil ont été organisés par les membres du comité de conception et par certains experts extérieurs. Ils ont été mis en place soit pour un petit groupe de personnes invitées (GRCETA, GRAB, projet EcoPêche, COPIL DEXiFruits, séminaire évaluation multicritère, formation des IT Arbo...) soit pour un public plus large lors de salons (Tech&Bio, SIVAL) ou de congrès internationaux (InnoHort et Eco.Fruit).

Ces ateliers de formation avaient deux objectifs :

- Permettre aux invités et/ou public de découvrir et surtout manipuler l'outil en présence des développeurs de l'outil
- Nous permettre de recueillir les avis, les impressions et les commentaires de chaque utilisateur pour encore améliorer et faire évoluer l'outil et ses documents d'accompagnement.

Après chaque manipulation, les utilisateurs étaient invités à répondre à un questionnaire de satisfaction.

Un document d'accompagnement type flyer double page a été créé pour ces ateliers de formation et est adapté à chaque espèce. Chaque testeur se voyait donc remettre ce document imprimé au début de chaque atelier. Ce document appelé « **Document d'aide au renseignement** » est également disponible sur le wiki MASC-DEXiPM⁴. Il présente rapidement l'outil, le système référent de l'espèce ainsi que tous les critères d'entrée (avec une définition simplifiée et l'ensemble des classes).

Un support de formation à l'outil au format Powerpoint a été conçu et mis en ligne. Par ailleurs, les utilisateurs peuvent contacter les membres du comité de conception par le biais d'un alias dexifruit@liste.inra.fr (adresse fournie sur le wiki).

Mise en ligne de l'outil

L'outil et ses documents d'accompagnement sont disponibles gratuitement, avec licence d'utilisation (CECILL_C⁷). Ils sont en ligne depuis janvier 2016 sur le wiki MASC-DEXiPM :

<http://wiki.INRA.fr/wiki/deximasc/DEXiFruits/1-+Accueil>

Deux types de packages sont téléchargeables :

- Le **package « utilisateur »** : dédié aux personnes qui souhaitent simplement utiliser l'outil pour évaluer leurs systèmes. Ce package contient :
 - L'outil DEXiFruits et la déclinaison à l'espèce désirée
 - Le tutoriel et ses extensions
 - Le guide d'utilisation de DEXiFruits et d'IZIEval (format ppt)
 - Le document d'aide au renseignement
- Le **package « éditeur/expert »** : dédié aux personnes qui souhaitent adapter l'outil à d'autres espèces. Il contient le guide de paramétrage (Cf. 3.2.5) et un modèle « blanc » permettant de créer des extensions du tutoriel pour les nouvelles espèces.

L'outil et son lien vers le wiki seront également présentés sur plusieurs autres sites ou plateformes internet :

⁵ IZI-Eval est une interface créée afin de faciliter les évaluations multicritères reposant sur des modèles développés grâce à la technologie DEXi en complétant les fonctionnalités présentes dans ce logiciel. (<http://wiki.inra.fr/wiki/deximasc/Interface+IZI-EVAL/Accueil>)

⁶ <http://wiki.inra.fr/wiki/deximasc/Main/WebHome>

⁷ Pour des détails : <http://www.cecill.info/>

- Présents en février 2016 :
 - Site de l'IFPC
- Proposés en février 2016 :
 - Plateforme ERYTAGE : une fiche sera déposée pour son référencement fin 2016.
 - Plateforme MEANS
 - Site du Ctifl : Inoki
 - Sites de l'INRA
 - Site du GIS Fruits
 - Site d'EcophytoPIC

Un travail a été effectué avec la formation permanente de l'INRA, Catherine Herry (INRA Nantes) et Sophie Pleinet (INRA Paris), pour créer un parcours de formation virtuel, a permis de structurer le wiki de façon à ce que l'utilisateur découvre l'outil et ses fonctionnalités tout en réfléchissant à ses objectifs d'évaluation. Ce parcours facilite l'autoformation et est accessible sur le site web (onglet 3).

2.4 Étape 4 : Rédaction des documents et traçabilité des décisions prises

Cette étape s'est déroulée tout au long du projet. Elle a abouti à la rédaction de certains livrables et de documents d'accompagnement.

2.4.1 Suivi et traçabilité des décisions (Étape 4.1)

Toutes les décisions prises par les membres du comité de conception ont été tracées dans les comptes rendus de réunion ou d'entretiens individuels. De plus, à chaque évolution majeure de l'outil, une nouvelle version était créée, traçant ainsi l'historique de toutes les versions de DEXiFruits.

Enfin, un fichier Excel interne au groupe retrace les justifications de tous les choix de structure et pondérations de l'outil.

2.4.2 Documents d'aide à l'utilisation (Étape 4.2)

Tutoriel d'utilisation et fiches critères

Ce document est un livrable.

L'objectif de ce document est de fournir rapidement à l'utilisateur les bases pour utiliser DEXiFruits. Il présente les caractéristiques de l'outil, une formation à l'utilisation d'IZIEval, des conseils et des préconisations d'utilisation ainsi que l'ensemble des fiches caractérisant chaque critère d'entrée (définition, source, place dans l'arbre). Ce document ne présente que les éléments génériques de l'outil. Les éléments spécifiques aux différentes espèces étudiées sont décrits dans les extensions du tutoriel.

Ce document a été créé dès le début du projet et s'inspire de la structure du tutoriel du modèle MASC 2.0⁸ (Craheix *et al.*, 2011).

Les extensions du tutoriel (Étape 4.3)

Ces documents sont des livrables.

Une extension du tutoriel existe pour chaque espèce étudiée. Elle décrit les valeurs-seuils des critères quantifiables et le système référent (Cf. rapport scientifique, §2.3.2 p28). Ces extensions comprennent également la source de chaque valeur et explicitent les choix faits.

⁸ <http://wiki.inra.fr/wiki/deximasc/package+MASC/>

Documents d'aide au renseignement des données d'entrée

Un autre type de document a également été créé en réponse à un besoin identifié lors du premier atelier de formation à l'outil. C'est un fichier synthétique adapté à chaque espèce, qui présente rapidement l'outil, le système référent de l'espèce ainsi que tous les critères d'entrée (avec une définition simplifiée et l'ensemble de leurs classes). Ce document est très utile et utilisé lors du renseignement de DEXiFruits et de l'évaluation des systèmes.

2.4.3 Support de formation pour l'outil DEXiFruits (Étape 4.3)

Cette présentation est un livrable.

Un guide didactique sous la forme d'une présentation PowerPoint a été créé pour animer les ateliers de formation à l'outil. Cette présentation comporte une rapide présentation de l'outil, des conseils d'utilisation, notamment pour la réalisation et l'interprétation des évaluations, ainsi qu'un guide d'utilisation de l'interface IZIEval.

2.4.4 Cadre méthodologique de paramétrage de DEXiFruits (Étape 4.4)

Ce document est un livrable.

Initialement appelé « Cadre méthodologique d'adaptation à d'autres espèces », le nom de ce document a évolué pour borner son contenu car il couvre uniquement l'adaptation dans le cas d'autres arbres fruitiers (ou, *a minima*, d'autres contextes de production). Ce document n'indique donc pas comment modifier la structure du modèle mais bien comment définir les paramètres (valeurs seuils et poids des critères, définition du système de référence – Cf §2.3 p28) à partir des acquis du projet sur l'adaptation au pêcher et à la pomme à cidre.

2.4.5 Suivis administratif et juridique

Dans le cadre du suivi du projet, des rapports intermédiaires et les présents rapports ont été rédigés et transmis aux financeurs et au GER. Des rapports financiers ont également été transmis.

Au niveau juridique, un travail a été mené avec les services juridiques INRA en concertation avec les instituts partenaires pour définir la propriété intellectuelle (INRA) et le type de licence (CECILL_C) sous lequel ce logiciel est mis à disposition⁹.

3. Collaborations

Cette partie liste les actions spécifiques réalisées par les partenaires institutionnels du projet (en plus de leur implication dans le comité de conception et le suivi de projet). Elle détaille aussi les collaborations avec d'autres projets PSPE et avec le plan Ecophyto.

3.1 Avec les partenaires institutionnels du projet :

3.1.1 AgroCampus Ouest, centre d'Angers

Les actions spécifiques réalisées étaient les suivantes :

- **Étape 2.1** : Expertise pomme à couteau et tests de la déclinaison pomme à couteau avec deux SdC
- **Étape 2.2** : Paramétrage pour la pêche : organisation et suivi du projet étudiants FLAM M2 de septembre à décembre 2014

⁹ L'utilisation DEXifruits se fait sous [licence CeCILL-C](http://www.cecill.info/), le téléchargement à partir du wiki valant acceptation de la licence. DEXifruits ne peut être exploité commercialement sans avoir préalablement contacté et obtenu l'accord des propriétaires du logiciel DEXi (Bohanec, 2015). La licence CeCILL-C permet d'utiliser MASC V2.0 sans limitation sous la propre responsabilité de l'utilisateur, les concepteurs et les propriétaires de DEXifruits ne pouvant être tenus pour responsables des résultats obtenus. Il est précisé que les éventuelles réutilisations de DEXifruits dans des développements logiciels devront suivre les conditions énoncées dans la licence CeCILL-C (<http://www.cecill.info/>).

- **Étape 3.4** : Lien avec l'enseignement agricole pour le parcours de formation
- **Étape 3.4** : Contacts pour l'organisation et la participation à l'atelier lors du SIVAL

3.1.2 Ctifl)

Les actions spécifiques réalisées ont consisté en :

- **Étape 1.2** : Expertise de Jean-Michel Ricard pour la construction de la branche biodiversité
- **Étape 2.1** : Expertise pomme à couteau et tests de la déclinaison pomme à couteau avec 2 SdC de l'expérimentation Ecophyto 2011 – bâche anti-pluie + tests lors d'une formation par Dominique Grasselli
- **Étape 2.2** : Expertise pêche d'Alain Garcin et Christian Hilaire pour le paramétrage de l'outil pour la pêche
- **Étape 3.1** : Mise en œuvre de DEXiFruits sur 23 systèmes du réseau DEPHY EXPE Pomme par une stagiaire M2 (Agnès Salaün)
- **Étape 3.2** : Rédaction d'un article pour InfoCtifl, lien vers le wiki pour le téléchargement sur le site Ctifl

3.1.3 IFPC

Les actions réalisées étaient notamment :

- **Étape 1.2** : Expertise de Laurence Albert pour la construction de la branche biodiversité
- **Étape 2.1** : Tests de la déclinaison pomme à couteau avec 3 SdC du CASDAR 'Verger Cidricole de Demain' (première étape du paramétrage à la pomme à cidre)
- **Étape 2.3** : Expertise pomme à cidre d'Anne Guérin et de Yann Gilles ; travaux de bibliographie et mobilisation des techniciens cidricoles
- **Étape 3.2** : Lien vers le wiki sur le site de l'IFPC
- **Étape 3.4** : Participation à l'atelier lors du SIVAL

3.1.4 INRA

Les actions détaillées ci-dessous sont celles qui ont mobilisé des personnels INRA autres que la coordinatrice (Aude Alaphilippe) et la chargée de projet (Alice Vélou). L'INRA est également représenté dans le comité de conception par Frédérique Angevin (Eco-Innov).

- **Étape 1.1** : Formation au logiciel DEXi par Damien Craheix (Eco-Innov). Expertise sur les outils DEXiPM et méthodologie d'adaptation (Frédérique Angevin) – Interactions avec Morgane Dubuc (Eco-Innov ; DEXiPM Vigne)
- **Étape 1.2** : Travaux sur la branche biodiversité de DEXiPM-grande culture (Stage Eco-Innov – James Hutton Institute) ; expertise de Sylvaine Simon (UERI Gotheron) pour la construction de la branche biodiversité
- **Étape 1.3** : Reprise des travaux de stages INRA précédents portant sur DEXiPM-Pomefruit (L. Lacour, 2011 et M.A. Bigo, 2013) - Formation à l'analyse de sensibilité par Jacques-Eric Bergez (AGIR)
- **Étape 1.4** : Interaction avec Christian Bockstaller (LAE –Colmar) pour le couplage de DEXiFruits avec des indicateurs issus de la méthode INDIGO®
- **Étape 2.1** : Tests de la déclinaison pomme à couteau sur 3 SdC de BioREco avec des techniciens de l'INRA Gotheron
- **Étape 2.2** : Expertise pêche de Daniel Plénet (PSH) et Claude Bussi (Gotheron) pour le paramétrage du modèle pêche - Tests de la déclinaison pêche sur 3 SdC d'Ecopêche (site de Gotheron) avec des techniciens de l'UERI
- **Étape 3.1** : Mise en œuvre de l'outil pour les projets BioREco (Sylvaine Simon) et Ecopêche (Daniel Plénet)

- **Etape 3.2 :** Aide et mise en ligne sur le wiki MASC-DEXiPM – Liens vers le wiki sur certains sites de l'INRA – Réflexion sur le parcours de formation virtuel avec la formation permanente (Catherine Herry et Sophie Pleinet ; formation permanente Nantes et Paris) – Nombreuses présentations (Frédérique Angevin)
- **Etape 4.1 :** Reprise des travaux pour MASC 2.0 et DEXiPM GC pour la traçabilité et le suivi des décisions (UERI – Eco-Innov).

-

3.2 Avec les projets PSPE

3.2.1 SCEP-DEPHY

Dans le cadre du projet SCEP DEPHY, il était prévu que DEXiFruits servirait d'outil d'évaluation des systèmes des réseaux DEPHY pour l'arboriculture, notamment pour identifier les systèmes de culture économes en produits phytosanitaires et économiquement performants (SCEP). Les données des réseaux FERME-arbo n'étant pas disponibles lors du déroulé du projet, ce travail a été réalisé sur les réseaux EXPE en verger de pommiers soient 23 systèmes du Réseau National EXPE Pomme (responsable : Franziska Zavagli) et 6 du réseau EXPE BioREco (responsable : Sylvaine Simon). Les résultats de leur évaluation ont été comparés avec leur classement SCEP (méthodologie créée par le projet SCEP-DEPHY basée sur l'IFT et le chiffre d'affaires) par A. Valadas (stage M1 6 mois DEXiFruits-SCEP-DEPHY).

3.2.2 IndRegArb

Le projet IndRegArb, déposé à ce même appel, a pour objectif le développement d'indicateurs de biodiversité fonctionnelle en arboriculture liés à l'impact des pratiques et le potentiel de régulation des auxiliaires. Ces indicateurs ne sont pour l'instant pas aboutis (pas mobilisables par les praticiens). Cependant, l'intérêt et la volonté de travailler sur le couplage avec DEXiFruits existe et des liens entre nos deux projets sont prévus hors projet DEXiFruits.

3.2.3 EQUIPE

Les premiers résultats du projet EQUIPE, qui vise à évaluer la qualité prédictive d'indicateurs pesticides, ont confirmé l'intérêt du couplage de DEXiFruits avec certains indicateurs dont EIQ.

3.3 Avec et pour les acteurs du plan Ecophyto

L'outil DEXiFruits a été développé et testé principalement en regard des connaissances et données des réseaux Ecophyto. De plus, l'outil est destiné aux acteurs d'Ecophyto et à d'autres acteurs de terrain (techniciens, arboriculteurs, conseillers,...). Des actions Pour Ecophyto et Sur Ecophyto ont donc jalonné le projet.

3.3.1 Avec les acteurs d'Ecophyto

La BDD DEPHY FERME Arbo

Pour rendre l'outil utilisable dans les réseaux DEPHY, nous devons nous assurer de l'adéquation entre les données d'entrée de DEXiFruits et leur disponibilité dans les réseaux. L'étape 1.1 de développement de l'outil générique a donc nécessité l'étude de la BDD DEPHY FERME Arbo. Grâce à cette étude, l'outil a été rendu plus facile et rapide d'utilisation, sans collecte de données spécifiques ni calcul préalable. La BDD DEPHY FERME Arbo a également été utilisée pour les étapes 2.1 et 2.2 pour déterminer certaines valeurs-seuils et références pour la pomme à couteau et la pêche. Des évaluations de certains systèmes ont également été réalisées pour le projet SCEP-DEPHY. Cependant cette base étant incomplète en arboriculture (systèmes renseignés partiellement, données non validées...), nous avons travaillé avec d'autres réseaux de systèmes, dont le réseau EXPE.

Une interaction avec le **groupe de travail multiperformance** (animation N. Munier Jolain) d'Ecophyto a été initiée dans le cadre du projet. Une réunion est prévue le 30 mars 2016 afin de faire le point sur la possibilité d'utiliser DEXiFruits pour le repérage de systèmes multi-performants en arboriculture.

Liens avec AgroSyst

Nous avons échangé avec la cellule d'Agrosyst. Pour le projet DEXiFruits, les données n'étaient pas encore disponibles, mais un couplage avec cette base de données pourrait être envisagé par la suite comme cela a été fait en grande culture (Cf §2.2 p 41).

Implications des IT et des IR

Nous avons également interagi avec la Cellule d'Animation Nationale et notamment les Ingénieur Territoriaux (IT) qui nous ont apporté leur expertise pour les étapes 2.1 et 2.2 (Jean-Louis Sagnes (CA 82) pour la pomme à couteau ; Alain Garcin (Ctifl) pour la pêche). Deux Ingénieur Réseaux (IR) ont également participé au développement de DEXiFruits : Audrey Piffady-Durieux (GRCETA Basse Durance) pour la pomme à couteau et Marc Fratantuono (CA 66) pour la pêche.

Tests de cohérence du modèle avec des projets DEPHY EXPE

Les projets DEPHY EXPE BioREco et EcoPêche ont permis de tester la cohérence de l'outil pour les étapes 2.1 et 2.2.

3.3.2 Pour les acteurs du plan Ecophyto

Transfert vers les IR

Une première présentation de l'outil aux IR arbo a été réalisée en novembre 2014 lors du séminaire Ecophyto DEPHY FERME et EXPE. Un point d'information a également été réalisé par Emeric Pillet au séminaire Ecophyto DEPHY Arbo (sept. 2015).

La formation des IR n'était pas prévue dans le projet initial, mais ce point semblait important. Les IT ont donc été formés à l'outil et formeront à leur tour les IR intéressés en 2016. Néanmoins, certains d'entre eux ont déjà eu l'occasion de manipuler l'outil lors du salon Tech&Bio en septembre 2015.

Mise en application dans les réseaux

Le projet DEPHY EXPE EcoPêche a souhaité utiliser DEXiFruits dans la suite de leur projet après un atelier qui leur été dédié en décembre 2015.

Le projet DEPHY EXPE BioREco utilisera également l'outil pour évaluer la trajectoire d'évolution de ses systèmes.

L'outil a également été utilisé pour l'évaluation de 24 systèmes du réseau national EXPE Pomme lors du stage d'Agnès Salaün en 2015 et son utilisation est prévue dans le cadre du projet Verger cidricole de Demain (Anne Guérin, IFPC). Les résultats de ces évaluations ont été présentés aux partenaires du projet et sont présentés en partie 2 du rapport « contribution au plan Ecophyto ».

4. Listing des réalisations, produits et livrables

4.1 Les livrables

Les livrables de ce projet ont été détaillés dans la partie 2 de ce rapport, ils correspondent à ce qui avait été annoncé dans le dépôt de projet :

- Les outils DEXiFruits :
 - La version générique V1
 - La déclinaison Pomme à couteau V1
 - La déclinaison Pêche V1
 - La déclinaison Pomme à cidre V1
- Les documents d'accompagnement :
 - Le tutoriel d'utilisation et ses fiches critère
 - Les 3 extensions du tutoriel (paramétrées pour chacun des déclinaisons espèce)
 - Le support de formation à DEXiFruits (présentation ppt)
- Le WIKI pour la mise en ligne de ces documents
- Le cadre de paramétrage de DEXiFruits
- La méthodologie de couplage de DEXiFruits à d'autres indicateurs (partie dans le rapport scientifique)
- Les rapports scientifiques et financiers (intermédiaires et finaux).



4.2 Articles et communications papier

Quelques articles et/ou informations sont également parus dans des journaux et/ou lettres d'information :

- InfoCTIFL, à paraître avril 2016.
- Lettre d'information du RMT ERYTAGE, automne 2015, n°1 – « Focus sur DEXiFruits, un outil à référencer »
- Dossier de presse du SIVAL, janvier 2016, Annonce de l'atelier DEXiFruits, p 43, URL : www.sival-angers.com/media/dp_sival2016bd_version161015__090419300_1636_16102015.pdf
- Catalogue du Tec&Bio 2015, septembre 2015, Annonce de l'atelier DEXiFruits, p 10, URL : www.tech-n-bio.com/tl_files/2015-programme/programme-complet2015.pdf
- IPM congress, janv 2015, Assessment and design of IPM tools, DEXiFruits: An easy-to-use tool derivated from PURE research to evaluate the sustainability of fruit production system, Book of Abstracts – Séminaire PURE IPM, Poznan (Poland), p11-12, URL: www.pure-ipm.eu/sites/default/files/content/files/Book%20of%20Abstracts%20-%20IPM%20Innovation%20in%20Europe_sessions-tools.pdf
- Article France Agricole, janv. 2016, DEXiFruits : un outil pour évaluer la durabilité du système, n°3623, p 30
- Film ECOPHYTO diffusé au salon de l'agriculture 2016.

4.3 Ensemble des activités de communication

Présentations et ateliers de formation réalisés durant le projet DEXiFruits						
Présentations: bleu clair						
Ateliers de formation ou tests d'utilisation: bleu foncé						
Date	Type de rassemblement	Rassemblement	Personne(s)	Lieu	Nombre personnes formées (ateliers)	Objet
13/02/2014	Séminaire	GTN expe systèmes	A. Vélu	CTIFL Balandran Nîmes		Présentation projet
17/02/2014	Séminaire	Unité de Gotheron	A. Vélu	INRA Gotheron		Présentation projet
05/06/2014	Séminaire	Séminaire St Malo PSPE	A. Vélu, A. Alaphilippe, F. Angevin et A. Guérin	Saint-Malo		Suivi projet PSPE
06/08/2014	ECOPHYTO	Avec JL Sagnes (IT Arbo - CA 82)	A. Alaphilippe et A. Vélu	Narbonne -CA		Présentation et déclinaison pomme
14/09/2014	Formation à l'outil	Avec CE Parveaud (ITAB-GRAB)	A. Vélu	INRA Gotheron		Présentation projet
29/09/2014	Formation à l'outil	Agrocampus-élèves	A. Vélu	Angers-Agrocampus	5	Présentation projet + travail déclinaison pêche
18/11/2014	Projet PSPE	SCEP tache 4	F. Angevin	Visio		Présentation projet
21/11/2014	Séminaire	DEPHY Ecophyto	A. Vélu	Paris APCA		Présentation projet: appet à test IR
15/01/2015	Congrès scientifique	Conférence IPM-PURE	A. Alaphilippe	Pologne		Présentation poster DEXiFruits
23/01/2015	Formation à l'outil	Test de l'outil pêche	A. Vélu	Gotheron	2	Présentation et test DEXiFruits
18/02/2015	Rencontres	Groupe "Vergers + durables"	A. Alaphilippe	Morges, Suisse		Présentation de l'outil
24/02/2015	Formation à l'outil	Test de l'outil pêche	A. Vélu	Gotheron	2	Présentation et test DEXiFruits
03/03/2015	Atelier de formation	Test du prototype de formation	A. Alaphilippe et A. Vélu	St Rémy de Provence - GRCETA	4	Test de formation de DEXiFruits pomme
24/03/2015	COFIL	COFIL BioREco	A. Vélu	Avignon		Présentation DEXiFruits
31/03/2015	COFIL	COFIL SCEP DEPHY	F. Angevin	Dijon		Présentation DEXiFruits
17/04/2015	ECOPHYTO	groupe multiperformance	A. Alaphilippe	visio		Présentation DEXiFruits et discussion
11/06/2015	Congrès scientifique	Innohort	A. Alaphilippe, A. Valadas et A. Vélu	Avignon	14	Formation à l'outil
12/06/2015	Congrès scientifique	Innohort	A. Alaphilippe	Avignon		Présentation de l'outil
19/06/2015	COFIL	COFIL DEXiFruits	Comité de conception	Paris	07/01/1900	Présentation du projet et discussion
22/09/2015	Séminaire	Ecophyto DEPHY Arbo	E. Pillet et A. Vélu	Valence - CA		Information sur l'outil
23 et 24/09/2015	Salon	Tech&Bio	A. Alaphilippe, A. Valadas et A. Vélu	Valence -Lycée du Valentin	11	Présentation et formation à l'outil
1 et 2/10/2015	Séminaire	Séminaire St Malo PSPE	A. Alaphilippe, F. Angevin, P. Guillermin, A. Vélu	Saint-Malo		Suivi projet PSPE
06/10/2015	Atelier de formation	GRAB	A. Alaphilippe, A. Valadas et A. Vélu	Avignon - GRAB	4	Présentation et formation à l'outil
15/10/2015	Séminaire	CETA des techniciens Sud-Est	A. Vélu	Sisteron		Présentation de l'outil
27/10/2015	Atelier de formation	Formation des IT Arbo	A. Vélu	Narbonne -CA	3	Présentation et formation à l'outil
01/10/2015	Séminaire	CETA des techniciens Sud-Ouest	JL Sagnes			Présentation de l'outil
30/10/2015	Séminaire	Réseau EMBA (lutte biologique)	F. Angevin	Montpellier Supagro		Présentation de l'outil
02/11/2015	Séminaire	CETA des techniciens Val de Loire	JL Sagnes			Présentation de l'outil
09/11/2015	Atelier de formation	GRAB	A. Alaphilippe	Avignon - GRAB	2	Test de l'outil
24/11/2015	Séminaire	GIS Fruits - journée OAD	A. Alaphilippe	Paris		Présentation de l'outil
01/12/2015	AG projet EXPE	Ecopêche	A. Vélu	Avignon - Inra		Présentation et formation à l'outil
11/12/2015	AG projet EXPE	BioREco	S. Simon			Information sur l'outil
11/12/2015	Congrès	Conférence Bolzano	A. Alaphilippe	Bolzano, Italie		Présentation de l'outil
13 et 14/01/2016	Salon	SIVAL	A. Alaphilippe, A. Guérin, P. Guillermin et A. Vélu	Angers	20	Présentation et formation à l'outil
15 au 17/02/16	Congrès scientifique	Eco-Fruit	A. Alaphilippe et F. Warlop	Hohenheim, Allemagne	20	Présentation et formation à l'outil
03/03/2016	Séminaire	Evaluation multicritère et lancement DEXiFruits	A. Alaphilippe, F. Angevin et A. Vélu	Inra Gotheron	A venir	Présentation et formation à l'outil

 <p>Liberté • Égalité • Fraternité RÉPUBLIQUE FRANÇAISE</p> <p>MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT</p>	<p align="center">Appel à projets de recherche « Pour et Sur le Plan Ecophyto »</p> <p align="center">Edition 2012 : Pour et Sur trois dispositifs du Plan Epidémiosurveillance / DEPHY / Indicateurs</p>	
--	--	---

Rapport scientifique

DEXiFruits

Février 2016

Ce présent document a pour objectif de montrer en quoi le projet a fait avancer la connaissance, évoluer les concepts, fourni des réponses, des méthodes ou des outils et posé de nouvelles questions. Après une brève introduction rappelant l'état de l'art et les objectifs du projet, nous détaillerons dans ce rapport les approches scientifiques et techniques utilisées pour la réalisation des objectifs du projet dont nous présenterons les résultats. Nous conclurons par une discussion des résultats et proposerons des perspectives pour la suite de ce projet.

1. Introduction : état de l'art et objectifs du projet

1.1 Etat de l'art et enjeux

1.1.1 Contexte général

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 2018. 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.

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 donc 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.

1.1.2 Durabilité en agriculture et modèles d'évaluation

L'évaluation de la durabilité d'un système de production est complexe (Sadok *et al.*, 2008). Des méthodes d'évaluation de la durabilité des systèmes de culture ont été mises au point au cours la dernières 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.*, 2012 Pelzer *et al.*, 2012).

La méthode MASC®, permettant l'évaluation de la durabilité de systèmes 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, Vasileiadis *et al.*, 2013) sont basés sur le même cadre méthodologique. Ils permettent une évaluation *a priori* de prototypes de systèmes de culture innovants en rupture. 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.

1.2 Objectifs du projet

Le projet DEXiFruits avait pour ambition de fournir à la filière arboricole **un outil d'évaluation multicritère de la durabilité des Systèmes de culture commun à l'ensemble des espèces fruitières**. Cet outil, pour et adapté aux besoins des acteurs de terrain, a été développé grâce à un partenariat entre des organismes de recherche, de formation et de développement. La version DEXiPM fruits à pépins, DEXiPM_pomefruit®, a servi de base au projet car il 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. 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. Dans le cadre du projet, DEXiFruits a été paramétré pour la **pomme à couteau**, la **pomme à cidre** et la **pêche**.

1.3 Déroulé du projet et contenu du rapport scientifique

Le projet (comme expliqué dans le rapport d'activité) s'est déroulé en 4 grandes étapes :

1. Développement du modèle générique (passage du modèle à l'outil terrain et possibilité de couplage à d'autres outils)
2. Paramétrage des déclinaisons pomme à couteau, pomme à cidre, pêche et test avec les réseaux EXPE d'Ecophyto,
3. Mise en œuvre et transfert
4. Rédaction des documents d'accompagnement de l'outil (tutoriels et supports de formation) et de ceux assurant la traçabilité des décisions.

Dans ce rapport scientifique on se focalisera sur les volets scientifiques et techniques du projet ; à savoir sur le développement de la version générique de l'outil, les déclinaisons spécifiques pour trois espèces, l'évaluation de la cohérence de sa structure et enfin l'étude des possibilités de couplage.

2. Les approches scientifiques et techniques pour développer DEXiFruits

2.1 Présentation de l'outil DEXiFruits et de ses fonctionnalités

2.1.1 La structure de DEXiFruits

DEXiFruits se présente sous la forme d'un **arbre hiérarchique de décision** (Fig. 2) construit grâce à la technologie DEXi (Bohanec, 2015). Cette structure permet de décomposer la durabilité (notion complexe) selon une approche classique en 3 piliers (durabilité économique, sociale et environnementale) puis en critères simples plus faciles à renseigner avec des données récupérables sur le terrain (**critères d'entrée**).

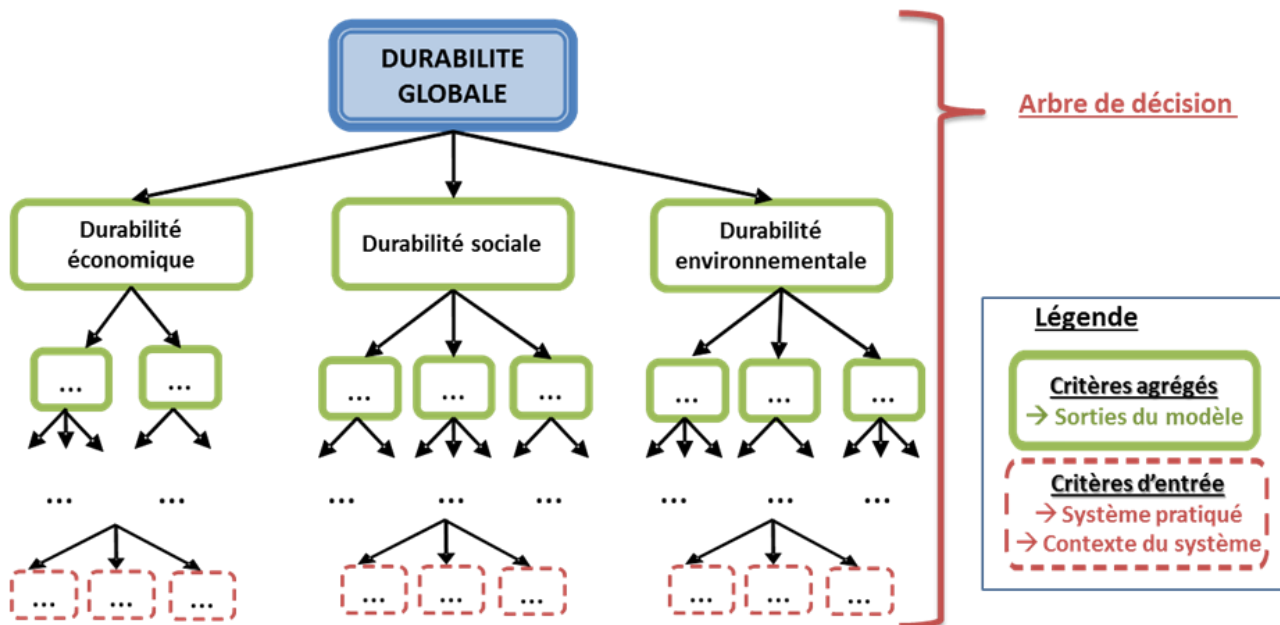


Figure 2: Schéma de la structure de DEXiFruits

Les données d'entrée sont entièrement **qualitatives** et renseignées selon des classes de valeurs (faible, moyen, fort ; par exemple). Les critères d'entrée sont agrégés grâce à des fonctions d'utilité du type « si... alors » (voir plus bas) qui permettent d'attribuer des poids relatifs entre critères. DEXiFruits possède **81 critères agrégés** et **57 critères d'entrée**.

La technologie DEXi permet d'avoir un accès facile à la structure de l'arbre et à toutes les pondérations, ce qui les rend totalement transparents pour les utilisateurs.

2.1.2 Les critères d'entrée

Les critères d'entrée correspondent soit à la description du **contexte** du système évalué (23 critères), soit à des relevés permettant de qualifier certaines **pratiques agronomiques et certains résultats agronomiques et économiques du système** (34 critères).

Tous ces critères sont décrits dans les fiches critère du livrable : « Tutoriel d'utilisation de DEXiFruits ». Chaque critère est défini par des **classes qualitatives**, du type « faible, moyen, élevé ». (Fig. 3)

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

Figure 3: Exemple de correspondance entre les classes (qualitatives) et les seuils (quantitatifs) d'un critère d'entrée

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** (Fig. 3). Ces valeurs-seuils sont paramétrées (ou à paramétrer) pour chaque espèce.

2.1.3 Les critères agrégés

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 (Fig 4).

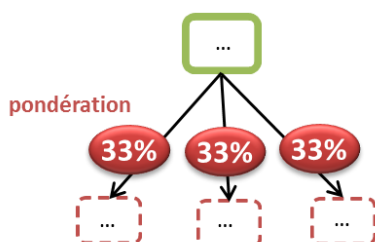


Figure 4: Illustration de la notion de pondération

Ici les 3 critères de niveau inférieur ont une importance équivalente sur le critère agrégé.

Les agrégations sont effectuées pour chaque critère grâce à des « **fonctions d'utilité** » représentées sous forme de tableaux de contingence (Fig. 5) renseignés à dire d'experts selon un raisonnement qualitatif du type « **si-alors** » tel que:

SI « critère 1 est très faible » **ET SI** « critère 2 est faible à moyen »
ALORS « critère agrégé est très faible »

Durabilité économique 33%	Durabilité sociale 33%	Durabilité environnementale 33%	Durabilité globale
Très faible	Très faible	Très faible	Très faible
Faible	Moyen	Très faible	Faible
Moyen	Très élevé	Faible	Moyen
Moyen	Elevé	Très élevé	Elevé
Très élevé	Elevé	Très élevé	Très élevé

Figure 5: Extrait du tableau de contingence de la Durabilité Globale

2.2 Construction du modèle DEXiFruits (Etape 1)

DEXiFruits dérive d'un modèle d'aide à la conception de systèmes innovants de production de fruits à pépins économes en pesticides : DEXiPM_Pomefruit®. Développé dans le cadre du projet Alt'Carpo (APR Pesticide 2009), il fait partie d'une famille de modèles destinés à la recherche et adaptés utilisation l'évaluation *ex ante de la durabilité*). Une adaptation à l'*ex post* a donc été nécessaire pour que DEXifruits puisse évaluer la

durabilité des systèmes de culture existants sur la base de données issues du terrain et notamment en se basant sur les données collectées dans les réseaux DEPHY d'ECOPHYTO, tout en s'assurant de sa facilité et rapidité de prise en main et d'utilisation.

L'adaptation du modèle DEXiPM_Pomefruit® au terrain s'est effectuée en plusieurs étapes: (i) l'adaptation de la structure de l'arbre aux données disponibles ; (ii) la définition des pondérations et (iii) un travail sur la dénomination et la définition de chacun des critères d'entrée, fourni avec l'outil dans le tutoriel d'utilisation. Ce travail a été réalisé avec une traçabilité de l'ensemble des adaptations réalisées et des décisions prises, et un suivi des justifications (document sous format Excel, disponible sur demande).

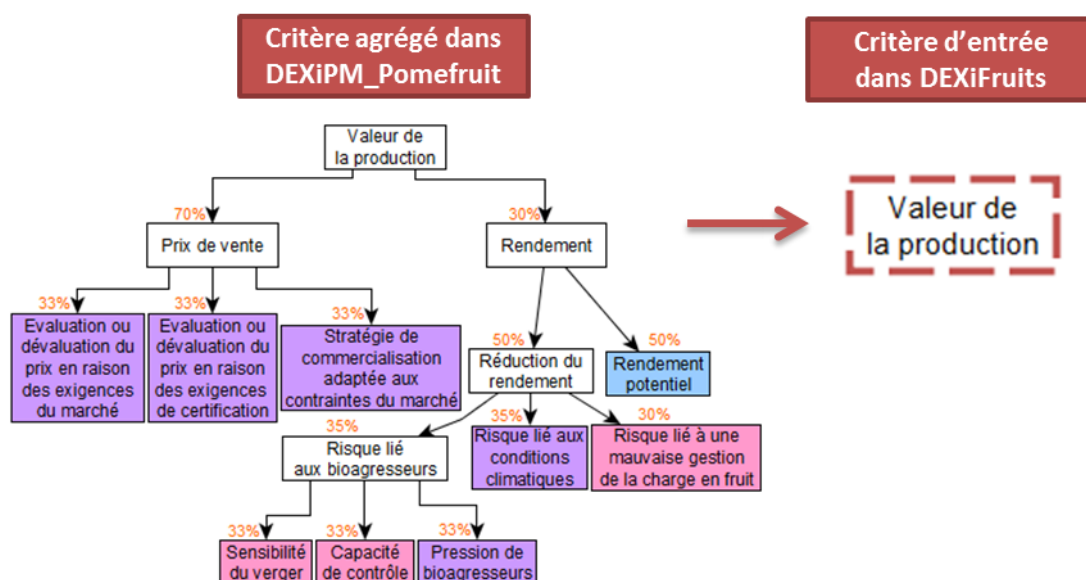


Figure 6: Structure de la branche "Valeur de la production" de DEXiPM_Pomefruit - Adaptation à l'ex-post

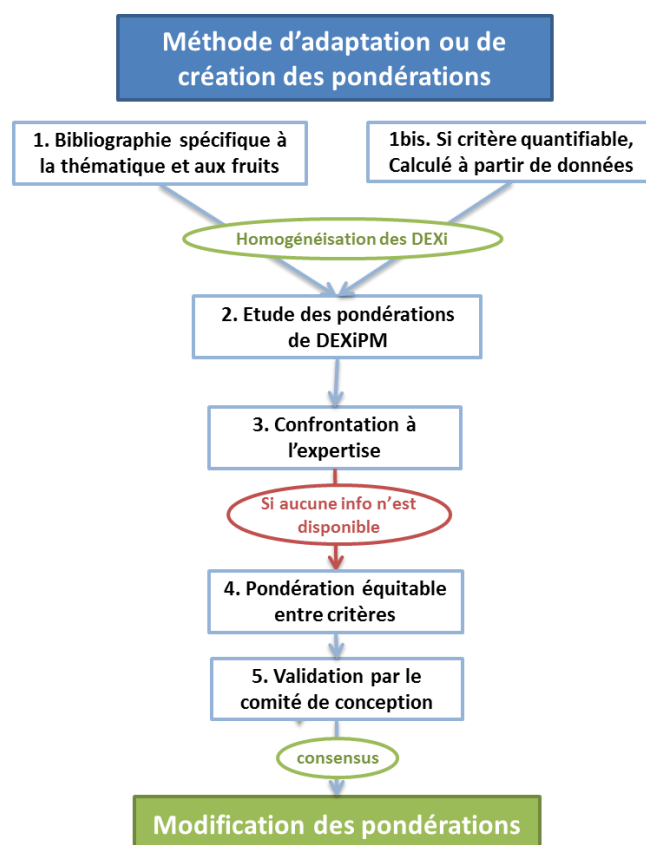


Figure 7 : Etapes pour la modification des pondérations

2.2.1 Adaptation de la structure de l'arbre

DEXiPM-Pomefruit® est un modèle qui permet d'évaluer 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 permettraient d'estimer ces critères sont donc supprimées (exemple Fig. 6). 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 nous sommes assurés de la disponibilité ou de la facilité d'acquisition des données pour renseigner les critères d'entrée. Les critères d'entrée peuvent donc être renseignés par des données disponibles sans observation ou calculs autres que ceux habituellement réalisés par les producteurs.

2.2.2 Modification des pondérations et du nombre de classes

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 la procédure ci-dessous (Fig. 7) :

1. Etude bibliographique et/ou base de données Ecophyto pour un critère quantifiable
2. Etude des pondérations proposées par DEXiPM_Pomefruit® et des justifications associées
3. Proposition de pondération et soumission à l'expertise filière des conceptrices
4. Si aucune information n'est disponible, une pondération identique entre critères est donnée
5. Validation par le comité de conception sur la base du consensus

Chaque critère a un **nombre de classes** spécifique. Ce nombre a été défini en suivant la même procédure que pour les pondérations. Il 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 (§ 2.4.2), a permis d'ajuster ce nombre.

2.2.3 Définition des critères d'entrée

Les définitions des critères d'entrée de DEXiPM_Pomefruit® étaient spécifiques à la production de pomme à couteau et poires. Pour DEXiFruits, ces définitions sont communes à toutes les déclinaisons (fruits à pépins et à noyaux), et sont donc génériques. Elles ont également été adaptées à l'évaluation d'un système (*ex post*). Pour cela, elles ont été retravaillées suivant la bibliographie disponible, homogénéisées avec les autres versions de DEXiPM, rediscutées avec le comité de conception et enfin, confrontées aux utilisateurs-testeurs. Dans le cadre de ces tests, nous avons vérifié et modifié au besoin la dénomination et la définition des critères d'entrées de manière à assurer au mieux une compréhension homogène par tous les utilisateurs ciblés.

Les définitions détaillées sont données dans le tutoriel d'utilisation, tandis que des définitions courtes sont récapitulées dans un feuillet A3, afin de faciliter la prise en main de l'outil. Enfin, dans les différentes interfaces d'utilisation (IZI-Eval et le logiciel DEXi), ces définitions simplifiées se retrouvent dans l'onglet appelé onglet modèle.

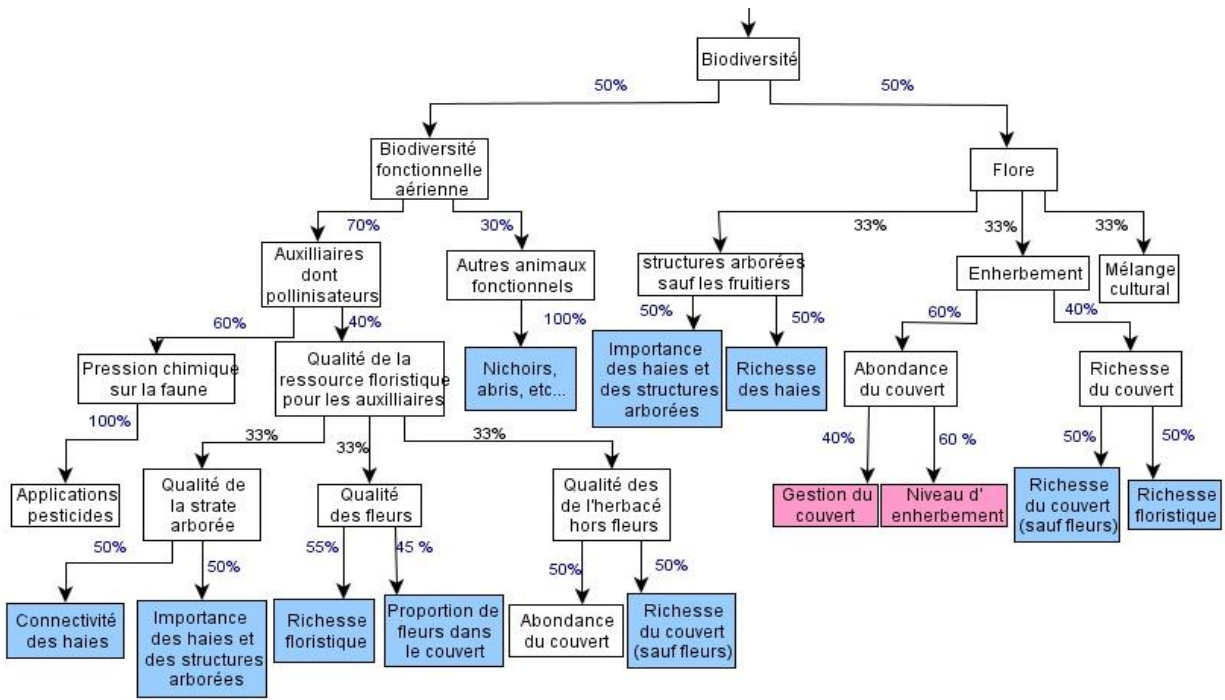


Figure 8a : Branche biodiversité de la version DEXiPM_pomefruit®

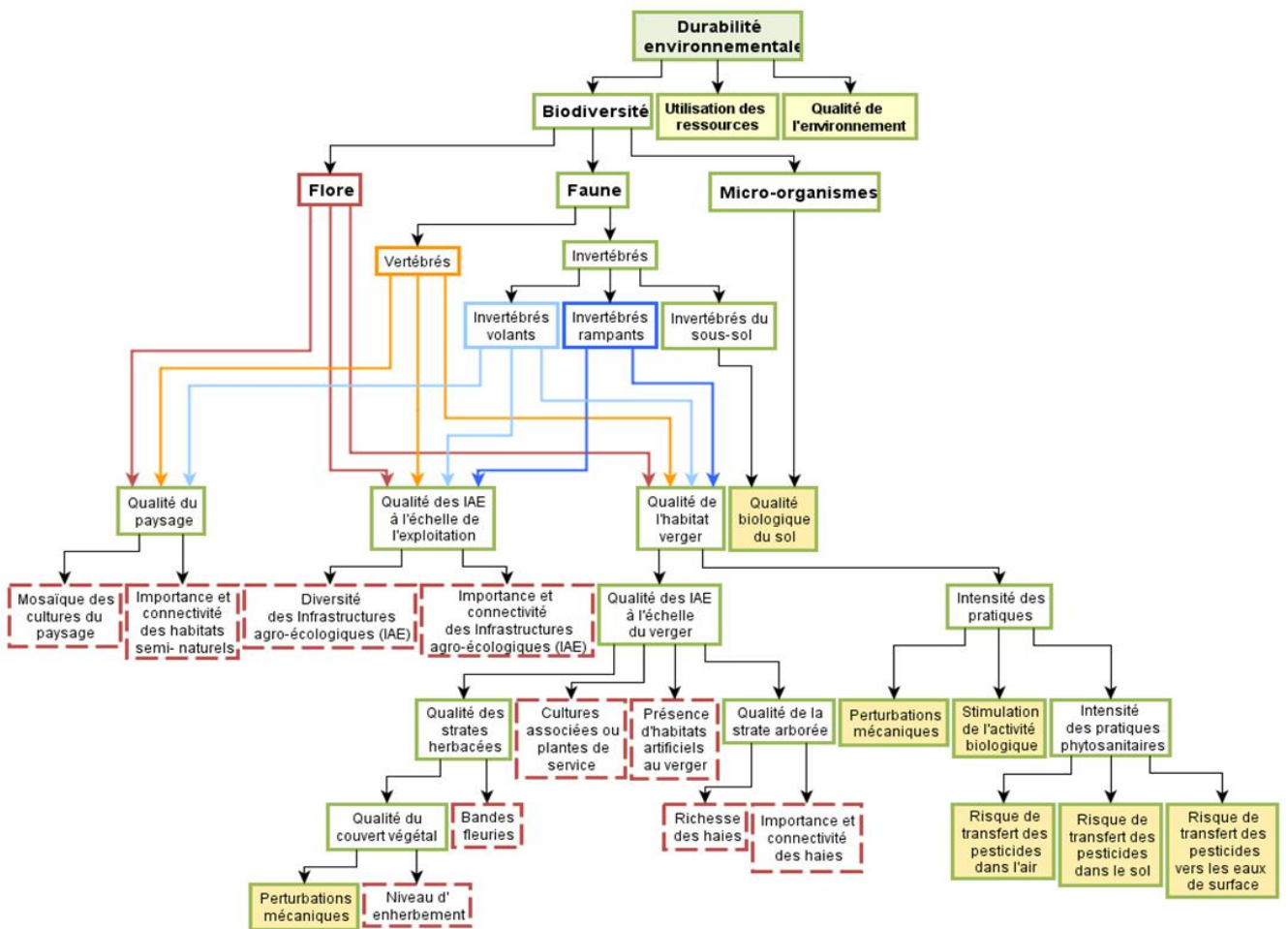


Figure 8b : Branche biodiversité de la version DEXiFruits (IAE : Infrastructures AgroEcologiques)

2.2.4 Construction d'une branche, exemple de la branche biodiversité (Etape 1.2)

Depuis la dernière version de DEXiPM_Pomefruit® (Fig. 8a), des améliorations sur la branche biodiversité de la version grande culture ont été apportées en 2014 dans le cadre d'un stage encadré par l'INRA Grignon (UAR Eco-Innov) et le James Hutton Institute (Ecosse).

Pour l'arboriculture, il a donc été nécessaire d'intégrer dans les arbres de décision, la nouvelle branche 'biodiversité', créée pour les grandes cultures puis de la faire valider.

Pour cela, des experts en biodiversité des systèmes arboricoles ont été mobilisés.

Les différentes versions leur ont été présentées comme base de travail et les discussions ont permis de créer un schéma de branche représenté Fig. 8b. La branche biodiversité de DEXiFruits prend en compte les aménagements et leur gestion à différentes échelles ainsi que les pratiques de l'arboriculteur qui ont un effet sur la faune, la flore et les micro-organismes qui composent et définissent la biodiversité dans un verger.

Après avoir été créée sous DEXi, la nouvelle branche a été testée sur des systèmes connus (voir § 2.4 évaluation de la cohérence du modèle) et soumise au comité de conception pour validation.

2.3 Développement des versions spécifique de DEXiFruits

Cette étape a consisté à paramétrer DEXiFruits pour les trois espèces mentionnées dans le dépôt du projet : la pomme à couteau, la pomme à cidre et la pêche. Nous détaillerons donc dans cette partie le travail effectué mais également la méthode générique de paramétrage adoptée.

2.3.1 Les fonctionnalités paramétrables

Comme l'outil DEXiFruits se veut être générique pour les fruits à pépins et à noyaux, son paramétrage aux trois espèces présentées doit s'envisager, au final, sans modifications dites structurelles (architecture, pondérations, nombre de classes par critère). Cependant, lors de la création des déclinaisons pomme et pêche, quelques modifications structurelles ont dû être apportées à la première version générique (version 0), pour trouver le meilleur compromis entre les caractéristiques propres de chaque espèce.

A l'issue de ce travail, seules deux fonctionnalités restent concernées par le paramétrage, il s'agit :

- Des **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. Par exemple, le rendement total d'un hectare de pomme à couteau ne sera pas le même que celui d'un hectare de pêche. Les valeurs-seuils doivent donc être paramétrées pour les déclinaisons aux espèces.
- Du **système référent** : ce système fictif représentatif de la moyenne nationale des systèmes de culture (SdC) pour une espèce donnée et qui permet de positionner le SdC évalué. Chaque critère d'entrée doit donc être renseigné de façon spécifique par espèce.

Le travail de paramétrage de s'appuyer sur :

- Des connaissances spécifiques et globales des systèmes de culture de l'espèce considérée (bibliographie, à dire d'experts)
- L'analyse des bases de données existantes (DEPHY FERME Arbo, Agreste...).

2.3.2 Paramétrage des valeurs seuils

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 qualité des seuils détermine la qualité de l'évaluation.

Leur détermination s'est appuyée sur une procédure appliquée de manière systématique et 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.

Pour 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 Ecophyto (Fig. 9).

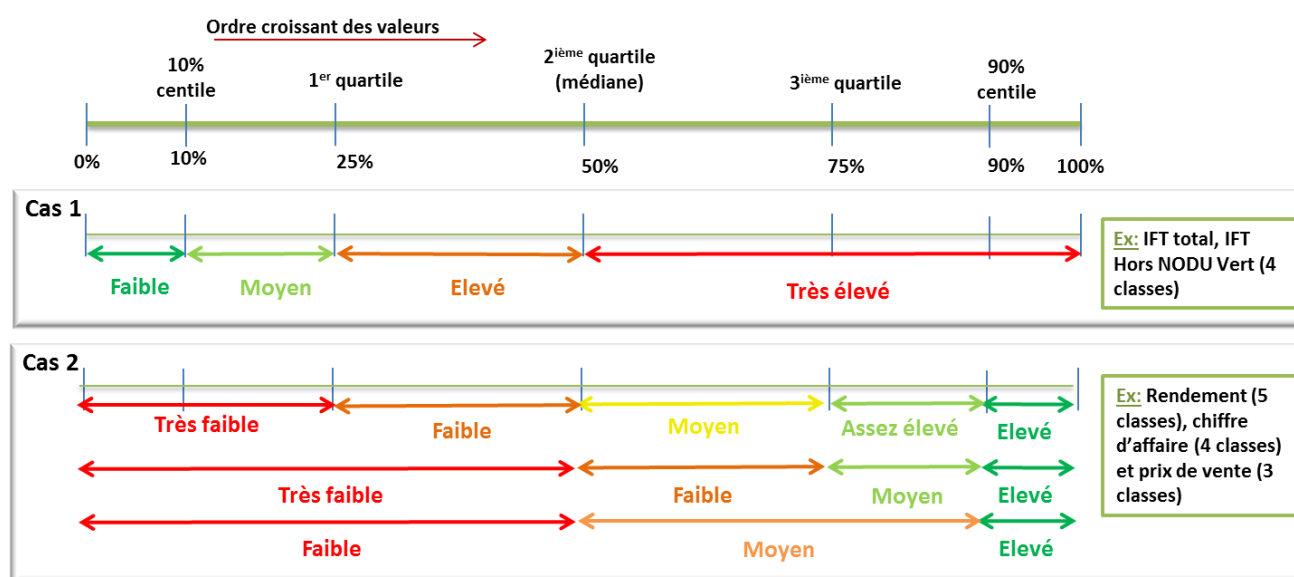


Figure 9 : exemples de choix des valeurs-seuils de certains critères quantitatifs grâce à la distribution des valeurs d'une base de données

Toutes ces valeurs ont été discutées et validées par le comité de conception pour la pomme à couteau ou par les experts pour la pêche et la pomme à cidre.

2.3.3 Caractérisation du système référent

Dans le cas de l'adaptation pour une espèce, un système référent est défini. Il s'agit d'un système fictif représentatif de la moyenne nationale des systèmes de culture pour une espèce donnée. Il permet lors de l'évaluation d'un SdC, 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. Ces deux travaux étaient réalisés en simultanément. 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. Il est utilisé pour comparer les performances du système évalué. Il permet également de compléter un critère d'entrée manquant lors de l'évaluation du système de culture ou de décontextualiser l'évaluation (utilisation du contexte du système référent pour

plusieurs systèmes, afin de ne comparer uniquement les différences de pratiques). Il sert de base de discussion des résultats générés par DEXiFruits, offrant une référence et un cadre de comparaison explicite.

2.4 Evaluation de la cohérence de la structure du modèle DEXiFruits (Etape 1.3)

2.4.1 Principes

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 (Big:

- **La vérification** analyse si le programme informatique fonctionne et s'il réagit comme attendu, c'est-à-dire qu'il calcule correctement les indicateurs voulus.
- **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 DEXiFruits avec les connaissances des experts de ces systèmes.
- **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). Elle peut permettre de mieux comprendre comment le modèle fonctionne, d'évaluer sa qualité et d'identifier les critères les plus sensibles, ainsi que de mettre en évidence les modifications possibles qui pourraient améliorer la représentation du système étudié (Carpani *et al.*, 2012). Pour DEXiPM, une analyse de la sensibilité de l'arbre a été faite (Fortino *et al.*, 2007). Pour DEXiFruits, plusieurs sessions d'analyse de sensibilité avec le test de Monte Carlo ont été menées au cours du projet.

2.4.2 Evaluation de la cohérence du modèle à dire d'expert

Lors de l'étape 2.1 (voir rapport d'activité), chacune des déclinaisons a été testée par les partenaires du projet sur leur système, afin de confronter les résultats DEXiFruits avec leur savoir expert. Pour la version pomme à couteau, l'INRA (techniciens et Sylvaine Simon) a testé 3 systèmes du DEPHY EXPE BioREco et le Ctifl a testé 2 systèmes de programme ECOPHYTO 2011. Pour la pêche, l'INRA (Claude Bussi) a testé la déclinaison pêche sur 3 système du verger de Gotheron DEPHY EXPE Ecopêche. Pour la pomme à cidre, 3 vergers issus du programme Vergers cidricoles de Demain ont été mobilisés.

2.4.3 Analyse de sensibilité de DEXiFruits : test de Monte Carlo

L'analyse de Monte Carlo (MC) (Carpani *et al.*, 2012) 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 (fig.10) 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. Les résultats sont ensuite traités avec le logiciel EXCEL et analysés.

Après un traitement des sorties de ce test avec Excel, 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 Fig. 10. : en rouge, 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 bleu), le profil de performance est de type gaussien avec des fréquences d'apparition supérieures ou égales à 10% pour toutes les classes.

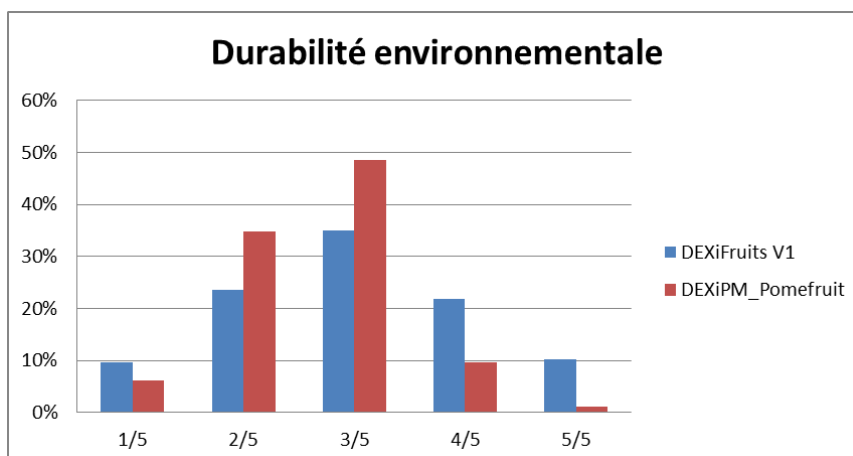


Figure 10 : exemple de rééquilibrage d'un critère suite au test de Monte Carlo : en rouge un profil déséquilibré (distribution non gaussienne et fréquence des classes extrêmes inférieures à 10%) et en bleu, le profil équilibré.

Les fréquences d'apparition des différentes classes d'un critère sont liées à sa fonction d'utilité mais aussi à la 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 suivant la méthode de M-A Bigo, 2013. 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.

2.5 Couplage de l'outil à d'autres indicateurs (Étape 1.4)

Des couplages avec des indicateurs de pression et d'impact disponibles peuvent permettre d'améliorer la précision de l'outil (Fortino *et al.*, 2012). Pour DEXifruits, les indicateurs étudiés sont :

- I-N (méthode INDIGO® (Griffith 2004)) : Indicateur d'impact des pratiques de fertilisation en arboriculture. Son interface Excel a été financée par le projet.
- I-Phy (méthode INDIGO®) : Indicateur d'impact des pratiques de protection phytosanitaire en arboriculture.
- Synops (Gutsche & Strassmeyer, 2007) : Indicateur d'impact des pratiques de protection phytosanitaire en arboriculture.
- EIQ (Kovach *et al.* 1992) : Indicateur d'impact des pratiques de protection phytosanitaire non spécifique à l'arboriculture.

Ce paragraphe présente un résumé succinct de l'étude de couplage réalisée et présentée dans un rapport spécifique. Les étapes principales sont :

En premier lieu, chaque indicateur est étudié pour évaluer son intérêt pour le couplage avec DEXiFruits : à savoir s'il apporte une information supplémentaire à celle de DEXiFruits. Il faut ensuite déterminer si les résultats de l'indicateur sont exploitables pour DEXiFruits en vérifiant si les échelles temporelles et spatiales

prises en compte sont les mêmes (une saison culturale pour une parcelle (ou un hectare)). La troisième étape consiste à déterminer quel(s) résultat(s) intégrer à DEXiFruits et quel(s) critère(s) remplacer. Enfin, comme pour tout critère de DEXiFruits, il faut créer des classes. Si les résultats possèdent déjà des échelles de classes ou des paliers, il peut être intéressant de les étudier (c'est le cas d'I-N et de Synops). Sinon, de même que pour les critères de DEXiFruits, il faut déterminer les valeurs-seuils suivant la méthodologie présentée dans la Fig. 9 de la partie 2.3.2.

Le résultat de cette étude, indique que le couplage est possible avec I-N et est partiellement possible avec EIQ et Synops, mais ne l'est pas avec I-Phy. Par contre, les versions de DEXiFruits couplées à ces méthodes n'ont pas été développées dans le cadre de ce projet.

3. Résultats : l'outil et ses documents d'accompagnement

Ces travaux de développement et de paramétrage de l'outil DEXiFruits nous ont permis de créer un outil et des déclinaisons fiables, faciles d'utilisation et évolutives :

- Version fruits à pépins et fruits à noyaux : DEXiFruits V1 générique.dxi
- Déclinaison pomme à couteau : DEXiFruits V1 pomme à couteau.dxi
- Déclinaison pomme à cidre : DEXiFruits V1 pomme à cidre.dxi
- Déclinaison pêche : DEXiFruits V1 pêche.dxi

A présent, l'objectif est donc qu'il soit utilisé par les acteurs de terrain mais également qu'il évolue, soit mis à jour, voir complété de paramétrages pour d'autres espèces.

3.1 Une utilisation facilitée par des documents d'accompagnement et d'autoformation

3.1.1 Les documents d'accompagnement

Pour que le modèle DEXiFruits soit un outil, nous devons fournir une interface utilisateur (IZI-Eval, développée par ailleurs) et des documents permettant son utilisation. Ainsi, un tutoriel d'utilisation générique (livrable du projet) et ses extensions pour chaque espèce ont été créés et sont mis à disposition dans les packages téléchargeables sur le site wiki.

- Le **tutoriel** fournit à l'utilisateur les bases pour utiliser DEXiFruits. C'est un document commun à toutes les espèces étudiées. Il présente les caractéristiques principales de l'outil, une formation à l'utilisation d'IZIEval, des conseils et des préconisations d'utilisation ainsi que l'ensemble des fiches critères. Ces dernières détaillent en détail chaque critère d'entrée (définition, classes et valeurs-seuils, justifications de leur place dans l'arbre).
- Des **extensions du tutoriel** pour chacune des trois espèces détaillent leurs fonctionnalités spécifiques (valeurs-seuils des critères quantifiables et système référent). Un modèle (ou version blanche) de ces extensions est disponible dans le cas où un paramétrage à une nouvelle espèce est réalisé en dehors du projet.

Aussi, nous avons créé des package regroupant modèle pour un téléchargement rapide et suivant les objectifs de l'utilisateur :

- Le **package « utilisateur »** : dédié aux personnes qui souhaitent simplement utiliser l'outil pour évaluer leurs systèmes. Ce package contient :
 - L'outil DEXiFruits et la déclinaison à l'espèce désirée Le tutoriel et ses extensions
 - Le guide d'utilisation de DEXiFruits et d'IZIEval
 - Le document d'aide à la saisie des critères d'entrée
- Le **package « éditeur/expert »** : dédié aux personnes qui souhaitent adapter l'outil à d'autres espèces. Il contient le guide de paramétrage (cf 3.2.5) et un modèle « blanc » permettant de créer des extensions du tutoriel pour les nouvelles espèces.

- Le **package « pour aller plus loin »** : dédié aux personnes qui souhaitent en savoir plus sur le projet DEXiFruits et sur la genèse de l'outil. Il contient le livrable « étude des couplages », et ce rapport.

3.1.2 L'autoformation

La formation des futurs utilisateurs n'était pas prévue dans le projet initial (excepté la livraison d'un guide d'utilisation au format Powerpoint), mais suite aux séminaires intermédiaires PSPE et avec le soutien financier de l'INRA et du Gis Fruits, nous avons pu mettre en place différentes actions dans ce sens (voir rapport d'activités). Nous avons donc créé, avec l'aide de la Formation Permanente de l'INRA, et mis en ligne sur le wiki, un parcours d'auto-formation didactique, pédagogique et à la portée de tous. Il contient :

- une présentation rapide des fonctionnalités de DEXiFruits nécessaires pour l'utiliser et comprendre les résultats
- un guide d'utilisation de l'interface IZIEval sous forme de captures d'écran
- des conseils et des préconisations sur l'utilisation des résultats.

L'outil et ses documents d'accompagnement sont ainsi présentés et téléchargeables au fur et à mesure de l'auto-formation.

3.2 Permettre l'évolution de l'outil

Comme il est mentionné dans le point 2.3.4, l'outil DEXiFruits n'a été paramétré que pour trois espèces : pomme à couteau, pomme à cidre et 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. Pour créer un **guide de paramétrage**, nous avons mobilisé l'expérience acquise lors du paramétrage de l'outil aux trois espèces. Ce guide de paramétrage contient un rappel des fonctionnalités modifiables de l'outil ainsi qu'une méthode de paramétrage de l'outil. Ce guide est un livrable du projet.

Toutes les décisions prises lors du développement de l'outil et ses déclinaisons aux espèces ont été tracées dans les comptes rendus de réunion ou d'entretiens individuels. A chaque évolution majeure de l'outil, une nouvelle version était créée, traçant ainsi l'historique de toutes les versions DEXiFruits. Un fichier Excel interne au groupe retrace les justifications de tous les points de structure et pondérations de l'outil. Dans le cadre d'une nouvelle étude approfondie de cet outil (nouvelle adaptation, nouveau développement), cette traçabilité pourra être réutilisée et servira de base aux évolutions futures. Ces documents ne seront pas mis en ligne, mais sont disponibles sur demande.

4. Bilan du projet et perspectives immédiates

Le projet DEXiFruits conduit sur deux ans par l'INRA, l'IFPC, le Ctifl et AgroCampus Ouest centre d'Angers a abouti à la mise au point de l'outil. Début 2016, cet outil possède trois déclinaisons paramétrées pour la pomme à couteau, la pêche et la pomme à cidre. Il a été vérifié, testé et a subi plusieurs analyses de sensibilité. Cet outil, à destination des acteurs de terrain, est accompagné de documents pédagogiques et d'une formation en ligne pour favoriser son utilisation et sa prise en main. De nombreux tests, ateliers de formation, présentations et communications ont déjà été réalisés.

En tout, le développement de cet outil pour l'arboriculture aura mobilisé plus de 100 personnes sur 8 ans (experts filières, méthode et thématiques depuis DEXiPM_pomefruit® et DEXiFruits).

4.1 Perspective d'utilisation dans le cadre d'Ecophyto

Cette partie est développée dans le rapport « contribution au plan ECOPHYTO » (§2 p38) et concerne les utilisations dans les réseaux EXPE et FERMES.

4.2 Un outil évolutif : perspectives immédiates

4.2.1 Maintenance de l'outil et mise à jour

Dans le projet DEXiFruits initial, la maintenance n'était pas prévue. Cependant les pratiques et les systèmes de culture évoluent au cours du temps. Par ailleurs, l'outil doit pouvoir évoluer en fonction des connaissances nouvelles (biodiversité, éventuellement écotoxicité...) et du retour des utilisateurs. L'outil doit pouvoir évaluer ces nouveaux systèmes et être mis à jour régulièrement.

Plusieurs actions ont été entreprises afin d'assurer une maintenance à minima :

- une liste de contacts : dexifruits@listes.inra.fr active pour permettre aux utilisateurs de poser leurs questions aux conceptrices
- un bilan avec les partenaires, un an après sa mise en ligne (début 2017).

4.2.2 Guide pour l'interprétation des résultats



A la suite des calculs réalisés sur différents réseaux EXPE, un premier guide d'utilisation de DEXiFruits est proposé. Brièvement, selon les objectifs d'évaluation que l'on se fixe, l'outil DEXiFruits permet différents types d'évaluations :

- Comparer et/ou classer des systèmes entre eux :
 - Sur un thème précis (ex : utilisation de produits phytosanitaires et durabilité)
 - Etude de la trajectoire ou de l'évolution d'un système (évaluation sur plusieurs années)
 - Simulation de changements de pratiques (ex : comparaison de 2 ou plusieurs stratégies)
- Faire une analyse fine de plusieurs SdC :
 - Identification des points forts et faibles
 - Identification des leviers (éléments de contexte ou pratiques) d'importance
- Discuter et partager (aide à l'animation de réunion)
 - Echanges sur la notion de durabilité
 - Partages de connaissances et co-conception de systèmes innovants autour de nouvelles combinaisons de pratiques.

Cependant, nous souhaiterions développer des méthodologies afin de faciliter d'une part l'analyse fine et d'autre part l'interprétation des résultats. Dans le cadre des projets Vergers cidricoles de demain et du réseau DEPHY EXPE national Pommes, des échanges autour des résultats générés sont prévus en 2016 et 2017. Nous espérons pouvoir nous en inspirer pour dégager des méthodologies et guides autour de ces utilisations.

4.2.3 Ouverture à l'international

Au congrès InnoHort de juin 2015, s'est tenu le premier atelier de formation de DEXiFruits. Cet atelier s'est déroulé en anglais devant 17 personnes. En février 2016, un second atelier en anglais s'est tenu au congrès EcoFruit. Un certain nombre de participants ont montré pour utiliser DEXiFruits dans leur contexte de production. Cette ouverture à l'international est une réelle opportunité pour faire connaître ce type d'outil. Mais cette ouverture demande de l'investissement, notamment pour l'adapter aux besoins internationaux ; par exemple, DEXiFruits utilise des indicateurs français (IFT par exemple), indicateurs qui ne sont pas toujours ceux utilisés dans d'autres pays. Des opportunités de partenariat sont et seront étudiées.

 <p>LIBERTÉ • ÉGALITÉ • FRATERNITÉ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE</p> <p>MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT</p>	<p>Appel à projets de recherche</p> <p>« Pour et Sur le Plan Ecophyto »</p> <p>Edition 2012 : Pour et Sur trois dispositifs du Plan</p> <p>Epidémiosurveillance / DEPHY / Indicateurs</p>	
--	--	---

Contribution au plan Ecophyto (et à l'agroécologie)

DEXiFruits

Février 2016

Ce rapport « Contribution au plan Ecophyto » a pour objectif de rendre compte des sorties opérationnelles du projet : les livrables effectivement produits et transférés, les sorties encore à l'état de prototypes, les sorties projetées ou envisageables ainsi que les connaissances, informations ou recommandations nécessaires pour faire évoluer les dispositifs

1. DEXiFruits : outils livrés

1.1 L'outil DEXiFruits

L'outil DEXiFruits a été développé et testé principalement en regard des connaissances et données des réseaux Ecophyto. C'est un arbre hiérarchique à l'arborescence transparente et dont tous les critères de base « les feuilles » sont qualitatifs et faciles à renseigner par un arboriculteur. Ceci permet de l'utiliser pour faire, dans un premier temps, le **diagnostic des forces et faiblesses** d'un système et de proposer ultérieurement des modifications/ innovations tout en évaluant leurs conséquences d'un point de vue économique, environnemental et social. L'utilisateur peut comparer les performances de son système avec d'autres systèmes existants ou innovants et avec un **système référent moyen** livré avec l'outil et modifiable selon le contexte.

1.2 Les livrables du projet

Les livrables de ce projet ont été détaillés dans les rapports précédents. Ils correspondent à ce qui avait été annoncé lors du dépôt du projet :

- Les outils DEXiFruits, à savoir :
 - une version générique pour les cultures fruitières à noyaux et à pépins métropolitaines. Elle sera utilisable avec IZIEval10, une interface utilisateur et DEXi (Bohanec *et al.*, 2015), le logiciel qui permet des modifications dans la structure de l'outil (accès à l'arborescence et à toutes les fonctions d'utilité de l'outil).
 - trois déclinaisons de l'outil, adaptées à trois productions : la pomme à couteau, la pomme à cidre et la pêche. Les paramétrages ont été développés avec les experts filières et/ou avec la BDD DEPHY FERME Arbo. Ils sont présentés dans un document d'accompagnement livré avec l'outil.
- Les documents d'accompagnement :
 - Le tutoriel d'utilisation et ses fiches critère
 - Les 3 extensions du tutoriel (une par déclinaison espèce)
- Les supports de formation :
 - Le support de formation à DEXiFruits (présentation ppt)
 - Le parcours d'autoformation mis en ligne sur la page wiki dédiée à DEXiFruits
- Les documents pour accompagner l'évolution de l'outil
 - Le cadre de paramétrage de DEXiFruits à d'autres espèces
 - La méthodologie de couplage de DEXiFruits avec des indicateurs.

A l'exception des documents pour accompagner l'évolution de l'outil, l'intégralité des livrables est mise en ligne sur le Wiki DEXi-MASC, dans une partie dédiée à DEXiFruits.

1.3 Les actions de transfert réalisées

Comme il était prévu lors du dépôt de projet, des documents d'accompagnement et de formation à l'outil ont été créés. En réponse aux commentaires faits lors du premier séminaire de St Malo, nous avons axé nos efforts sur le transfert de l'outil vers les utilisateurs. En plus de la création d'un support de formation Powerpoint et d'un parcours de formation sur le web, nous avons réalisé des actions de formation à l'outil et de formation pour les personnes susceptibles de former d'autres utilisateurs.

Plusieurs présentations et formations ont été réalisées dont : séminaire DEPHY (nov. 14), InnoHort (juin 15), séminaire DEPHY Arbo (sept. 15), SIVAL (janv. 2016), Séminaire Gotheron (mars 2016).

¹⁰ <http://wiki.inra.fr/wiki/deximasc/Interface+IZI-EVAL/Accueil>

Transfert aux acteurs du plan Ecophyto plus particulièrement à ceux des réseaux DEPHY

Tous les porteurs d'EXPE en production de fruits, ont manipulé ou ont été sensibilisés à l'outil.

Pour les réseaux FERME, les Ingénieurs territoriaux arbo, se sont proposés pour organiser des formations à l'utilisation de l'outil, destinées aux Ingénieurs Réseaux (IR). En parallèle, nous avons réalisé des actions de communication vers les IR, afin qu'ils aient connaissance de l'outil et se portent candidats pour l'utiliser dans leur réseau :

- Présentation au séminaire Ecophyto DEPHY (nov. 2014)
- Point sur DEXiFruits et invitation à participer à l'atelier du Tech&Bio lors du séminaire DEPHY Arbo
- Atelier de formation au Tech&Bio
- Présentations aux CETA des Techniciens (Sud-Est et Sud-Ouest)

2. Utilisation de DEXiFruits réalisée et prévue

2.1 Utilisation de l'outil dans les réseaux DEPHY EXPE

Dans le projet initial, il était prévu d'évaluer des systèmes de culture arboricoles des réseaux DEPHY FERME (en lien avec le projet SCEP-DEPHY et la formation des IR) et des réseaux DEPHY EXPE. Cependant la base de données point zéro en arboriculture était très incomplète. L'évaluation à grande échelle sur le réseau DEPHY FERME d'ECOPHYTO n'était donc pas réalisable. Nous avons donc travaillé avec différents réseaux EXPE : le projet BioREco, le projet EcoPêche, ainsi que sur réseau DEPHY EXPE Pomme. Nous vous présentons ici un extrait des résultats à paraître dans InfosCtifl d'avril 2016.

2.1.1 Rapide description des systèmes évalués

23 systèmes du réseau national Pomme ont été étudiés en moyennant leurs résultats sur 2 années (2013 et 2014). Les systèmes de culture du réseau national EXPE Pomme mettent en œuvre différents leviers qu'ils soient au stade d'expérimentation ou déjà employés dans des vergers commerciaux. L'objectif de ces combinaisons de leviers est de réduire l'IFT entre 30 à 70 % par rapport à un système de référence du site d'expérimentation planté avec une variété sensible à la tavelure. Au total, 12 leviers sont mobilisés (tab 1).

Leviers de niveau E	Leviers de niveau S	Leviers de niveau R
Adaptation des doses et volumes de bouillies	Confusion sexuelle	Bâche anti-pluie
Traitement par aspersion	Eclaircissage mécanique privilégié	Filet Alt' Carpo
Utilisation de modèles	Entretien du sol non chimique	Variété résistante
	Prophylaxie	
	Produits de BC avec micro-organismes	
	Lâchers d'auxiliaires	

Tableau 1 : Classement des leviers techniques mobilisés sur le réseau national EXPE Ecophyto Pomme selon le cadre de lecture de Hill et MacRae (1996) : Efficience (E) - Substitution (S) – Reconception (R)

Pour les données nécessaires à l'évaluation de la durabilité avec DEXiFruits qui n'étaient pas disponibles, le système référent pomme à couteau a été utilisé pour renseigner notamment les critères contextuels, soit 22 des 57 critères d'entrée de DEXiFruits.

2.1.2 Résultats globaux de durabilité

Le premier niveau d'analyse consiste à observer la **note de durabilité globale**, ainsi que celle de chacun des **3 piliers** la composant.

La **figure 1** représente les notes de durabilité globale des différents systèmes de culture du réseau national EXPE Ecophyto Pomme. Sur une échelle allant 1 (durabilité très faible) à 7 (durabilité très élevée), le « système référent », défini dans la déclinaison pomme à couteau de DEXiFruits et qui sert de référence nationale, a une note de durabilité globale de 4/7. Pour le réseau, ces notes sont comprises entre 1 et 6. Dans le groupe mobilisant les leviers « E » et « S » (tableau 1), la majorité des systèmes de culture ont une durabilité faible (de 1 à 2/7). Pour les groupes mobilisant les leviers « R » mettant en œuvre un ou plusieurs leviers de re-conception, le nombre de systèmes de culture présentant une note de durabilité moyenne à élevée (4 à 6/7) est plus important. Cependant, globalement, seuls six systèmes de cultures du réseau atteignent une note égale ou supérieure au système référent.

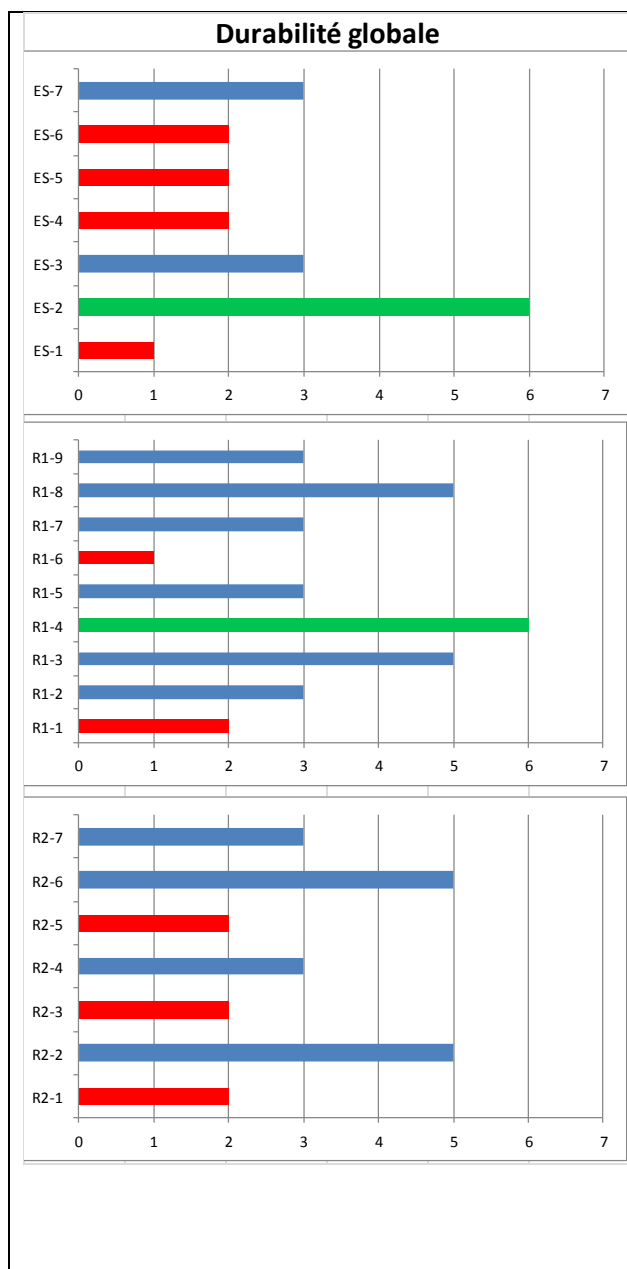


Figure 1 : Notes de durabilité globale de DEXiFruits obtenues pour les systèmes de cultures du réseau national EXPE Ecophyto Pomme

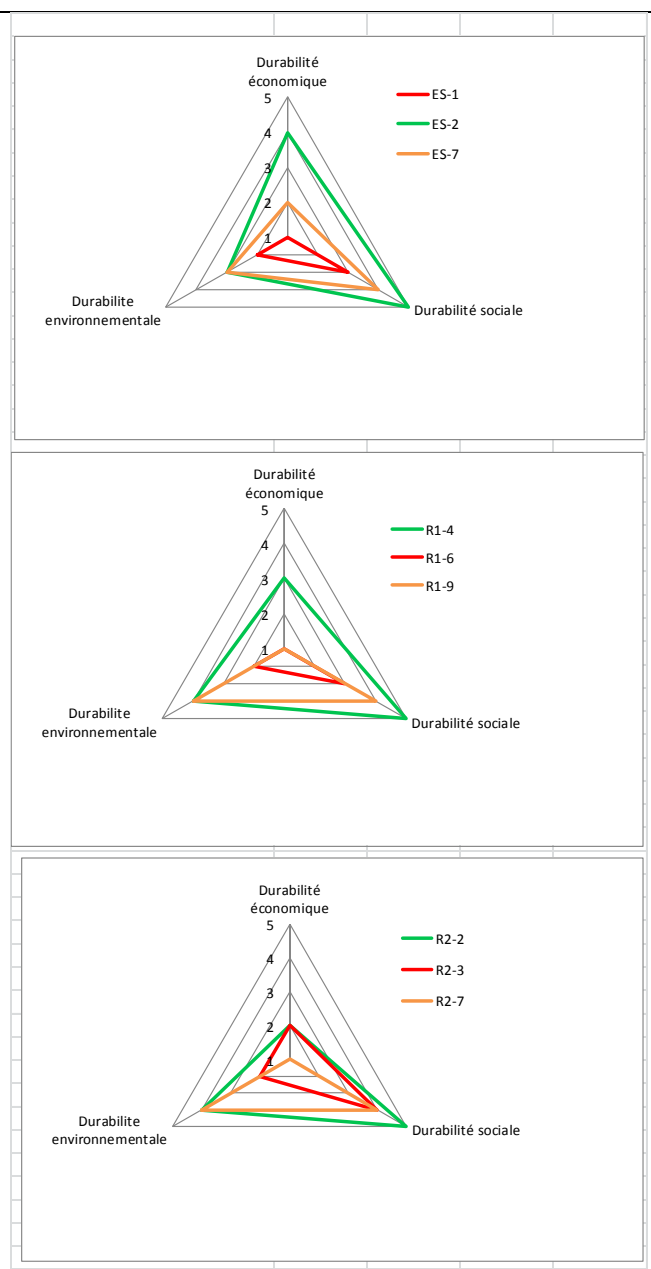


Figure 2 : Exemple de comparaison de systèmes selon les trois piliers de la durabilité globale de DEXiFruits

L'évaluation globale se poursuit par l'analyse des résultats de chacun des trois piliers de la durabilité, à savoir la durabilité économique, sociale et environnementale. Ainsi, quelques systèmes du réseau sont sélectionnés et leurs résultats présentés sous la forme d'un graphique radar (**figure 2**). On constate que les systèmes ayant une durabilité globale faible (ES-1, R1-6 et R2-3) ont généralement des résultats économiques et environnementaux faibles voir très faibles. A l'inverse, les systèmes ayant une durabilité globale correcte (systèmes ES-2, R1-4 et R2-2) possèdent tous une très bonne durabilité sociale et une bonne note de durabilité économique et/ou environnementale. Les systèmes à durabilité globale moyenne (ES-7, R1-9, R2-7) ont un profil intermédiaire. Chaque pilier ayant par définition un poids équivalent (33%) pour l'estimation de la note de la durabilité globale, une bonne note pour un des piliers peut être compensée par la mauvaise note d'un autre.

2.1.3 Exemple d'analyse détaillée

Une fois l'évaluation globale réalisée, il est possible d'effectuer un diagnostic plus fin des résultats obtenus. Pour cela, deux types de graphiques sont disponibles :

- des graphiques radars (de type de ceux présentés en figure 2) où les critères à représenter sont choisis suivant l'objectif de l'évaluation (ex. « IFT_{total} hors Bio-contrôle (NODU vert) », « coûts de la protection des cultures » et « rentabilité »),
- des tableaux de bord comme celui représenté par la **figure 3** qui permettent de visualiser l'ensemble des branches de l'arbre DEXiFruits ou seulement une partie, et d'analyser les points forts et faibles du système, grâce au code couleur (en rouge les critères correspondant aux classes les plus 'défavorables' et en vert ceux correspondant aux plus 'favorables').

La **figure 3** illustre le cas d'un système qui combine un filet Alt'Carpo de type mono-parcelle et des bâches anti-pluie. La note de durabilité globale de ce système est faible, parce que la durabilité économique et la durabilité environnementale sont faibles.

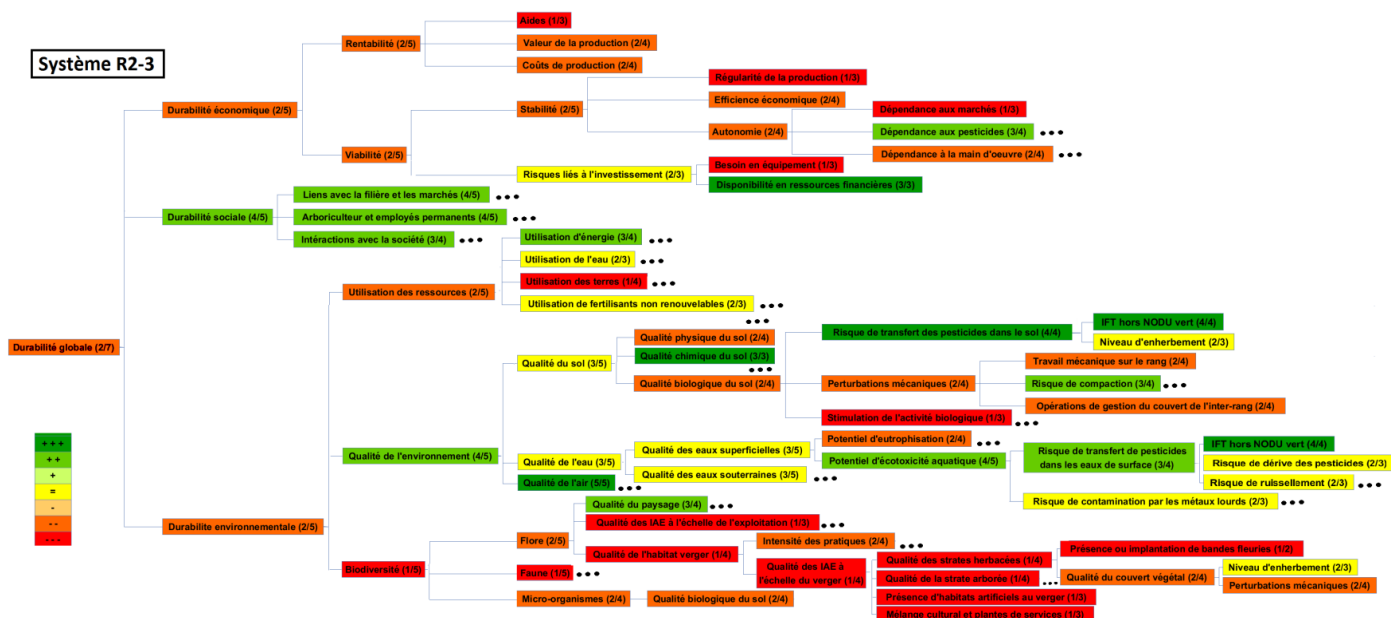


Figure 3 : Exemple de tableau de bord issu de DEXiFruits

La durabilité économique s'appuie sur les notions de rentabilité et de viabilité. Dans le cas présent, les rendements et les prix de vente sont faibles ce qui entraîne une valeur de production faible qui ne peut pas contrebalancer des coûts de production élevés. Cette faible rentabilité, combinée au fait que le verger est en situation d'alternance (production non régulière d'une année sur l'autre), que les heures de travail à

l'hectare sont élevées et que les produits sont écoulés sur un seul marché sans possibilité de diversifier les débouchés jouent sur la stabilité de l'exploitation. À cela s'ajoute un risque lié à l'investissement évalué comme « moyen », compte tenu d'un besoin en équipements spécifiques (filet Alt'Carpo et bâches anti-pluie) au système et coûteux.

La durabilité environnementale se décompose en trois branches :

- l'utilisation des ressources (énergie, eau, terres et fertilisants non renouvelables),
- la qualité de l'environnement (compartiments sol, eau et air)
- la biodiversité (flore, faune et micro-organismes).

Dans le cas présent, seule la qualité de l'environnement a une bonne note (3/4) notamment grâce à un IFT hors NODU vert (IFT hors Biocontrôle) faible, une pratique de l'enherbement sur l'inter-rang, et l'emploi de cuivre en quantités moyenne.

Concernant les autres critères, les surfaces dédiées à la Biodiversité à l'échelle de l'exploitation et les aménagements autour de la parcelle (bandes fleuries, richesse des haies, présence d'habitats artificiels, ...) sont restreints et la qualité biologique du sol est faible, ce qui entraîne un indicateur pour la biodiversité très faible. A cela s'ajoute une utilisation forte des ressources.

2.1.4 Conclusions sur les possibilités d'utilisation dans les réseaux DEPHY EXPE

Dans cette partie, un exemple d'utilisation de DEXiFruits montre qu'il permet de classer les systèmes sur leur note de durabilité globale et des trois piliers économique, social et environnemental, ainsi que de réaliser des analyses détaillées pour identifier les points forts/ faibles grâce au tableau de bord (figure 3). Ainsi il est possible :

- de comprendre comment une note finale d'évaluation est obtenue en remontant l'arbre du critère racine aux feuilles de l'arbre en passant par le résultat des critères agrégés.
- de repérer quelles sont les forces et les faiblesses d'un système de culture. Ce type de graphique permet alors d'envisager des pistes d'amélioration à partir des faiblesses identifiées.
- d'identifier d'éventuels effets antagonistes (exemple : un temps de travail élevé pour la durabilité économique se traduit par une bonne contribution à l'emploi pour la durabilité sociale).

Les systèmes de culture de certains DEPHY EXPE (BioREco, EcoPêche, réseau EXPE Pomme), ont déjà été évalués avec l'outil DEXiFruits. D'autres projets de ce type pourraient également être intéressés pour l'utiliser, une présentation et un accompagnement de ces expérimentateurs pourraient être alors envisagés, notamment pour aller plus loin dans l'analyse et l'interprétation des résultats.

2.2 Utilisation dans le réseau DEPHY FERME: étude des possibilités

Pour ce réseau, les systèmes des réseaux DEPHY FERME n'ont donc pas pu être évalués. Ceci est dû au fait que :

- la base de données DEPHY FERME Arbo n'était pas suffisamment complète (des manques pour beaucoup d'opérations, aucune action de fertilisation, résultats (CA, IFT) parfois très étranges, pas de coûts de production...);
- les diagnostics techniques rédigés par les IR pour compléter les informations contenues dans la BDD DEPHY FERME Arbo ne sont pas homogènes ;
- Les IR étaient peu mobilisables pour compléter les informations manquantes ;
- Les données déjà entrées dans la base de données AgroSyst n'étaient pas disponibles pour cette étude.

2.2.1 Possibilité de couplage avec Agrosyst

Nous avons comparé les informations qui devraient être disponibles dans Agrosyst avec les critères d'entrée à renseigner dans DEXiFruits. Les graphiques 1 et 2 montrent que la plupart des données de pratiques et de résultats d'exploitation nécessaires à DEXiFruits seront dans Agrosyst (23 des 24 critères d'entrée Fig 4).

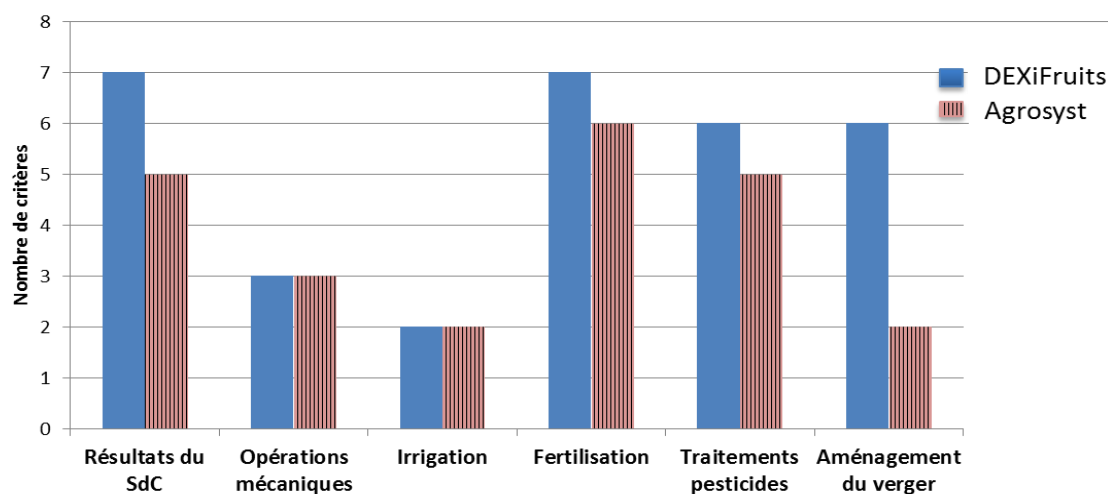


Figure 4. Comparaison des critères d'entrées DEXiFruits décrivant pratiques et résultats du système avec les données collectées dans Agrosyst, représentées par familles de critères

Pour les paramètres de contexte, les éléments du contexte agro-environnemental seront bien décrits dans Agrosyst (8 sur 10 critères), en revanche les éléments de description du contexte socio-économique seront moins bien collectés (5 sur 13 critères).

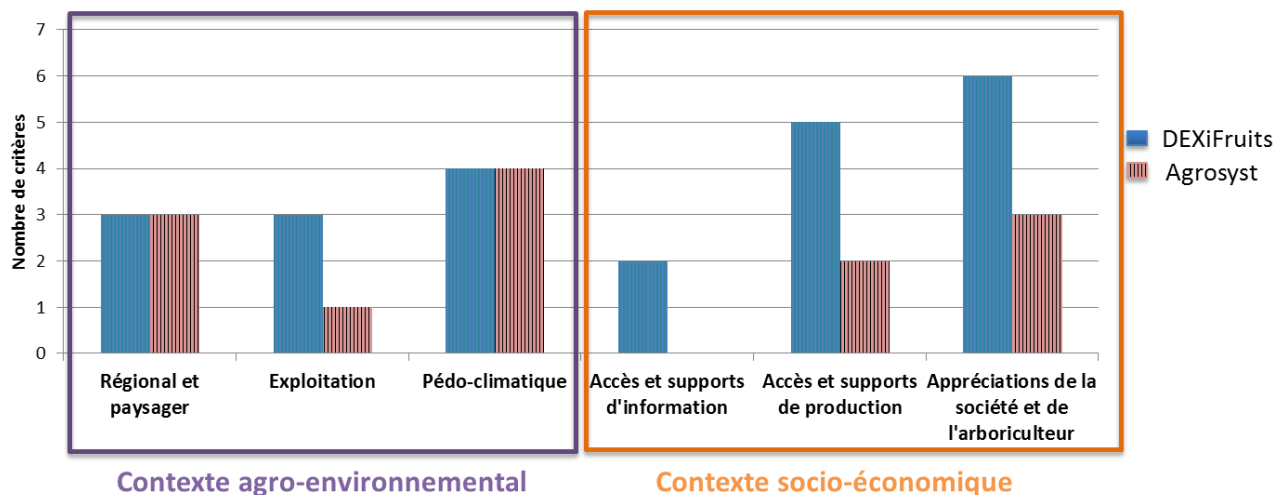


Figure 5. Comparaison des critères d'entrées DEXiFruits décrivant le contexte du système avec les données qui devraient être collectées dans Agrosyst, représentées par familles de critères

Le couplage futur de DEXiFruits avec AgroSyst serait une bonne solution pour éviter de mobiliser les IR. Ce couplage est rendu possible grâce à la capacité du logiciel DEXi à récupérer des tableurs de données, ainsi qu'au formatage sous Excel des données de sortie d'AgroSyst. Ces travaux sont en discussions.

2.2.2 Repérage de systèmes multiperformants

L'outil DEXiFruits pourrait être utilisé par les acteurs des réseaux DEPHY, pour identifier les systèmes non pas économes en produits phytosanitaires et économiquement performants (SCEP), mais durables. Pour discuter

cette possibilité d'utilisation, un travail préliminaire sur 29 parcelles de réseaux EXPE a été réalisé : il s'agissait de comparer les résultats de DEXiFruits (note de durabilité globale et des trois piliers) à ceux du classement SCEP, selon la méthodologie actuellement utilisée pour repérer les SCEP et basée sur deux indicateurs : le chiffre d'affaires = rendement commercial x prix de vente fixe et l'IFT_{total hors Bio-contrôle}. Ce travail a fait l'objet d'un rapport de stage (A. Valadas, 2015).

Les tests d'évaluation à grande échelle sur le réseau EXPE Pomme ont montré que, bien que les classements SCEP et DEXiFruits (basés sur 57 critères liés aux trois volets de la durabilité) diffèrent, une cohérence demeure entre les deux méthodes. Les systèmes classés SCEP obtiennent de bonnes notes de durabilité avec DEXiFruits, tandis que ceux jugés non durables sur l'un des piliers de la durabilité, ne sont pas classés SCEP. Les différences de classement observées sont essentiellement dues à la diversité des critères utilisés dans DEXiFruits, avec notamment des critères relevant du volet social qui permettent de définir les priorités de l'agriculteur (en termes d'organisation par ex.).

Il serait envisageable d'utiliser les deux approches SCEP et DEXiFruits, le classement SCEP permettant un premier tri et DEXiFruits permettant un diagnostic pour un réel changement de pratiques. Sur la base de ce travail préliminaire, on peut envisager une automatisation du repérage des systèmes performants sur la BDD DEPHY grâce à l'extension DEXiEval, qui permet de réaliser un grand nombre d'évaluation en simultanément et IZI-Eval (format CSV).

3. Perspectives générales

3.1 Adaptation à d'autres espèces et à d'autres filières

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. Pour permettre le paramétrage futur de l'outil pour d'autres espèces, un « guide de paramétrage à d'autres espèces » a été créé. Ce guide présente une méthode globale pour paramétrer l'outil : une méthode d'identification des spécificités propres à chaque espèce, des acteurs à mobiliser et un guide de modification de l'outil grâce au logiciel DEXi.

Le projet EXPE CAPReD offre une base solide pour le développement des versions abricot et cerise. Des contacts ont été pris en ce sens notamment avec le Ctifl et les chambres d'agriculture concernées par ces espèces.

Concernant l'adaptation à d'autres filières, certains acteurs d'autres filières nous ont interpellés pour les aider à adapter leur modèle DEXiPM (s'il était disponible) ou pour adapter DEXiFruits à leur filière. Trois filières se sont manifestées (Cultures Tropicales, Vigne et Légumes de plein champ) et des liens avec ces communautés ont été établis (M. Dubuc et R. Métral, SupAgro pour DEXiVigne) (J. Alainguillaume et V. Faloya, INRA Rennes pour DEXi Légumes). Les objectifs sont double (i) assurer une harmonisation des outils créés et (ii) transmettre l'expertise et les acquis du projet DEXiFruits.

Ce développement d'outils commun à toutes les filières permettrait d'offrir à Ecophyto une méthodologie alternative et commune, à mobiliser pour l'évaluation de ses réseaux.

3.2 Un outil pour l'enseignement agricole

Lors d'échanges, dont le SIVAL et le RMT ERYTAGE, nous avons constaté que ces outils intéressent beaucoup l'enseignement agricole (initial, supérieur, continu...). Il pourrait être intéressant de développer avec des organismes de formation, des contenus pédagogiques qui pourraient mobiliser DEXiFruits dans le cadre de travaux pratiques sur l'approche système, la durabilité en agriculture et/ou l'évaluation multicritère. Les contacts initiés dans le cadre de l'axe formation du RMT ERYTAGE vont être suivis et pourraient aboutir à la création d'un parcours pédagogique dédié à l'enseignement agricole.

3.3 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 a modifié 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.

4. 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.

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

Bibliographie :

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, 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.

Bigo MA. 2013. Rapport de stage de fin d'étude présenté pour l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome AgroParisTech, 86 pages

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

Bohanec M., Messéan A., Scatosta 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, 247-261.

Carpani M, Bergez JE 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 JE, 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.

Fortino G, Lô-Pelzer E, Bockstaller C, Messéan A. 2007. Report on sensitivity of DEXiPM. Deliverable DR2.28 – ENDURE. 22p.

Fortino G, Vasileiadis VP, Angevin F, Messéan A. 2012. Adapting DEXiPM model for ex post assessment of the sustainability of innovative cropping systems. *ESA12*, Helsinki, Finland. pp 92-93.

Griffith P. 2004. Construction d'un tableau de bord arbo-environnemental à partir de la méthode INDIGO(R). ENSAIS-INRA-Ctifl-ACTA, Colmar.

Gutsche V, Strassmeyer J. 2007. SYNOPSIS – ein Modell zur Bewertung des Umwelt-Risiko-potentials von chemischen Pflanzenschutzmitteln. *Pflanzenschutzbl. Deut. Pflanzenschutzbd.*, 59 (9) 197-210.

Hill SB, MacRae RJ. 1996. Conceptual Framework for the Transition from Conventional to Sustainable Agriculture. In : *Journal of Sustainable Agriculture*. 7(1), 81-87.

Kovach J., Petzoldt C., Degni J. & Tette J. 1992. A method to measure the environmental impact of pesticides. *New York's Food Life Sci. Bull.*, 139, 1–8.

Lacour L. 2011. Rapport de stage de fin d'étude présenté pour l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome AgroCampus Ouest.

Monod H, Naud C, Makowski D, 2006. Uncertainty and sensitivity analysis for crop models. In: *Working with Dynamics Crop Models* (eds WallachD, JonesJW & MakowskiD), 55–96. Elsevier Science, Amsterdam, Netherlands.

Mouron P, Heijne B, Naef A, Strassemeyer J, Hayer F, Avilla J, Alaphilippe A, Höhn H, Hernandez J, Gaillard G, Gabriele Mack G; Joan Solé J, Sauphanor B, Samietz J, Patocchi A, Bravin E, Lavigne C, Bohanec M, Aubert U,

Bigler F., 2012. Sustainability assessment of crop protection systems: SustainOS methodology and its application for apple orchards. *Agricultural Systems* 113, 1–15.

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 ME, Harrison SR, and Wegener MK. 1999. Validation of multicriteria analysis models. *Agricultural Systems* 62, 105–116.

Reau R, Doré T. Eds. 2008. *Systèmes de culture innovants et durables : quelles méthodes pour les mettre au point et les évaluer ?* Educagri Editions. Dijon. 176 pages.

Sadok W, Angevin F, Bergez JE, 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.

Salaün A. 2015. *Evaluation multicritère de systèmes de culture en verger de pommiers dans le cadre du réseau national Expé Ecophyto Pomme*. Mémoire de fin d'études AgroCampus Ouest-CFR Rennes. 25 pages.

Valadas A. 2015. *Comment exploiter les résultats de DEXiFruits pour évaluer la durabilité des systèmes de culture de fruits*. Rapport de Césure. SupAgro Montpellier. 91 pages.