endure®
diversifying crop protection






La protection intégrée dans l'agriculture européenne

Le Réseau d'Excellence ENDURE partage les fruits de 4 années de recherche avec les acteurs de la protection des cultures.

Résultats du projet
2007 - 2010

www.endure-network.eu

SIXTH FRAMEWORK PROGRAMME

Toute référence à ce document doit mentionner :
ENDURE (2010) - La protection intégrée dans l'agriculture européenne
INRA, 36 pp

AVANT PROPOS

L'Union Européenne attache une grande importance aux politiques de santé des plantes et de protection des plantes pour assurer la production alimentaire et la compétitivité du secteur agricole mais aussi la protection de la santé humaine et de l'environnement. Dans ce contexte, la Directive 2009/128/EC, adoptée le 21 octobre 2009, a établi un cadre nouveau pour « parvenir à une utilisation des pesticides compatible avec un développement durable en encourageant le recours à la lutte intégrée contre les ennemis des cultures et à des méthodes ou techniques de substitution, telles que les moyens non chimiques alternatifs aux pesticides». De fait, les États Membres devront s'assurer que les principes généraux de la protection intégrée tels que définis dans la Directive sont mis en œuvre par tous les utilisateurs professionnels à partir de 2014. Il est clair que la recherche a un rôle majeur à jouer pour que ceci soit possible.

Le Réseau d'Excellence (REX) ENDURE est le principal projet lancé par la Commission européenne (DG Recherche) pour développer une recherche intégrée d'excellence sur les stratégies durables de protection des cultures. Il a contribué à ce débat par une coordination et une intégration de collaborations de recherche entre les partenaires d'un large consortium d'universités, d'instituts de recherche, d'organisations d'agriculteurs, d'entreprises de lutte biologique et d'autres acteurs de la protection des plantes, en Europe et au-delà. Comme la Commission l'avait mentionné dans ses termes au début du projet : « Le projet doit s'imposer comme un leader mondial pour le développement et la mise en œuvre de stratégies durables de contrôle des bioagresseurs, et doit devenir le premier point de référence en Europe, non seulement pour les scientifiques mais aussi pour les législateurs et les utilisateurs ».

En développant des solutions nouvelles pour les agriculteurs, ENDURE contribue également à l'innovation que l'UE a identifiée comme un levier clé pour un futur prospère. En fait, ENDURE contribue déjà à deux des trois priorités de la nouvelle Stratégie Europe 2020 : « une croissance intelligente: développer une économie fondée sur la connaissance et l'innovation » et « une croissance durable: promouvoir une économie plus efficace dans l'utilisation des ressources, plus verte et plus compétitive ».

Maintenant qu'ENDURE atteint son terme, la Commission Européenne salue sa poursuite en tant que Groupe de Recherche Européen (GDRE) depuis Juillet 2010. Ce groupe continuera à travailler en faveur 1) de l'intégration des capacités et des ressources de recherche des organisations partenaires et 2) de la dissémination de l'excellence pour générer des synergies au niveau européen et international. La création du GDRE ENDURE répond aux attentes de la Commission en matière de durabilité du réseau au-delà de l'achèvement formel du contrat.

Je suis heureux d'annoncer qu'un nouveau projet, sélectionné sur le sujet « Protection intégrée des cultures dans les systèmes agricoles d'importance majeure en Europe », est en cours de négociation et va probablement débuter en Mars 2011 avec l'objectif global de conduire des recherches sur des approches, des stratégies, des techniques et des technologies nouvelles pour la protection intégrée. Il est important que le GDRE ENDURE établisse des liens avec cette initiative de façon à maximiser les synergies et à mieux contribuer à la mise en œuvre de la Directive 2009/128/EC et à la politique d'innovation.

La Commission salue aussi l'organisation de la Conférence internationale de Novembre 2010 qui constitue une étape majeure pour ENDURE et une occasion clé de rassembler chercheurs, conseillers, législateurs et autres parties prenantes, et de partager les résultats de quatre années de travail.

Pour finir, je voudrais remercier toutes les personnes et les équipes qui, directement ou indirectement, ont contribué à ENDURE et les féliciter pour leurs résultats.

Timothy Hall
Directeur d'Unité à la Commission Européenne, DG Recherche
Unité Agriculture, Forêts, Pêcheries, Aquaculture

Ce rapport a été préparé sous la supervision scientifique
du Comité Exécutif d'ENDURE :

P. Ricci (INRA, FR, coordinateur)
M. Barzman (INRA, FR, Asst. coord.)
F. Bigler (Agroscope, CH)
P. Boonekamp (PRI, NL)
I. Denholm (Rothamsted Research, UK)
B. Hommel (JKI, DE)
J. Kiss (SZIE, HU)
P. Kudsk (Aarhus Univ., DK)
A. Messéan (INRA, FR)
J.L. Sarah (CIRAD, FR)
M. Sattin (CNR, IT)
V. Troillard (INRA Transfert, FR)

SOMMAIRE

PRÉSENTATION GÉNÉRALE p.4

1

LES ÉTUDES DE CAS
Améliorer la durabilité des stratégies de protection des cultures et réduire la dépendance aux pesticides p.8

2

ACCOMPAGNEMENT ET CONSEIL
Interagir avec les conseillers agricoles et les formateurs européens en Protection Intégrée p.13

3

ÉVALUATION MULTICRITÈRE DE LA DURABILITÉ
Démonstration dans le cas des vergers de pommiers p.15

4

RECHERCHE
Priorités et perspectives scientifiques et technologiques en protection intégrée p.18

5

MISE EN ŒUVRE DE LA PROTECTION INTEGRÉE
Les ingrédients nécessaires pour une mise en œuvre réussie de la protection intégrée en Europe p.23

6

L'AVENIR D'ENDURE
Rester un point de référence en Europe et faire le lien avec d'autres continents p.25

ET MAINTENANT p.29

LISTE DES RESPONSABLES ENDURE p.32

ARTICLES SCIENTIFIQUES D'ENDURE p.34

PRÉSENTATION GÉNÉRALE : quatre années de recherche avec la communauté de la protection des cultures

DIVERSIFIER LA PROTECTION DES CULTURES

Nous entrons dans une période de changement pour la protection des cultures en Europe. Par le passé, les efforts se sont portés sur la réduction des effets néfastes des pesticides pour la santé des hommes et de l'environnement, tout en continuant à recourir essentiellement à la lutte chimique. La législation adoptée par l'Union Européenne en 2009 – le « paquet pesticides » - a pour conséquence que, dans les années à venir, les agriculteurs n'auront plus accès à toute la gamme des pesticides qu'ils utilisent aujourd'hui et qu'ils devront adopter les principes de la Protection intégrée, en introduisant des approches ou des techniques alternatives pour réduire leur dépendance à l'usage des pesticides. Cependant, il reste essentiel de gérer efficacement adventices, maladies et ravageurs (les bioagresseurs au sens générique). Le maintien de niveaux de rendement et de qualité stables pour la production végétale contribue à la compétitivité de l'agriculture européenne. Voici venu le temps de diversifier la protection des cultures.

ENDURE : UN RÉSEAU TRANSNATIONAL ET MULTIDISCIPLINAIRE

Réconcilier les objectifs environnementaux et de santé humaine avec la production constitue un défi considérable pour les agriculteurs comme pour tous les acteurs impliqués dans la protection des cultures. On attend beaucoup de la recherche pour fournir des solutions. Ce n'est qu'en partageant les ressources entre États membres et en créant des synergies à l'échelle de l'Union Européenne que la recherche pourra relever ce défi. Alors qu'il y a une tradition de recherche collaborative sur des bioagresseurs particuliers ou sur des cultures particulières, les États membres ont jusqu'ici appréhendé la question globale de la protection des cultures à un niveau national. Le rassemblement d'une communauté transnationale et multidisciplinaire telle que le réseau ENDURE n'a pas de précédent et représente en soi un résultat : 300 chercheurs environ, appartenant à 16 institutions de 10 pays européens, comprenant des organisations de recherche, des universités, des services de développement agricole et l'industrie de la lutte biologique ont travaillé ensemble pendant les quatre années écoulées.

LA VALEUR AJOUTÉE DE LA DIMENSION TRANSNATIONALE D'ENDURE

Le positionnement transnational d'ENDURE a déjà généré une valeur ajoutée considérable pour l'exploitation de connaissances préexistantes. En sélectionnant comme « études de cas » des combinaisons culture-bioagresseurs d'importance majeure, nous avons comparé les problèmes de bioagresseurs et les pratiques de protection des plantes utilisées dans divers pays européens. En effet, chaque pays a développé sa vision propre des problèmes de protection des cultures, qui trouvent sa source dans les spécificités de ses conditions pédoclimatiques et de son contexte socio-historique et agricole. Nous avons montré qu'il est possible de faire des progrès significatifs en partageant des expériences locales et en testant leur potentiel pour une mise en œuvre plus large au niveau européen. Comprendre pourquoi les pratiques diffèrent entre pays éclaire aussi les facteurs complexes qui gouvernent l'utilisation des pesticides et aide à identifier les principaux verrous et manques de connaissances qui freinent la poursuite du progrès. Nous avons développé des outils qui aideront les spécialistes à maintenir une vision paneuropéenne de l'évolution de certains bioagresseurs et des méthodes de lutte qui les concernent.

LA PROTECTION INTÉGRÉE DES CULTURES EST LE CONCEPT CENTRAL D'ENDURE

La protection intégrée est le concept autour duquel nous avons organisé les activités d'ENDURE. Ce n'est pas un concept nouveau et il faut saluer ceux qui l'ont conçu et tout particulièrement l'OILB pour son action soutenue depuis des années au niveau mondial pour développer et promouvoir ce concept, en particulier par la production de recommandations pour la production intégrée. La Directive pour l'usage durable des pesticides appelle maintenant à faire rapidement de la protection intégrée le standard de l'agriculture des 27 États membres. Nous pensons que cet objectif requiert des changements significatifs dans les priorités établies pour la recherche et l'innovation en protection des cultures. Nous avons adopté comme définition de travail de la protection intégrée celle utilisée en Californie pour sa mise en pratique : « une approche durable de la gestion des bioagresseurs qui combine des £outils biologiques, culturaux et chimiques de façon à minimiser les risques économiques, environnementaux et de santé humaine ». Les caractéristiques majeures de cette approche sont qu'elle repose sur la combinaison de méthodes complémentaires, qu'elle requiert une adaptation aux conditions locales et que les solutions intégrées sont évaluées de manière comparative sur des critères multiples permettant de mesurer leur durabilité globale. Nous voyons aussi la protection intégrée comme un processus de progrès continuel tendant vers des systèmes de production qui sont moins favorables aux bioagresseurs et plus résilients à leurs effets, de façon à être moins dépendants de méthodes de lutte directes.

ENDURE ADOPTE UNE APPROCHE HOLISTIQUE

Les chercheurs qui essaient de développer des solutions de protection intégrée se heurtent fréquemment à la fragmentation de la communauté de recherche en protection des cultures. Les spécialistes des différents types de bioagresseurs, les agronomes, les écologues, les économistes et les sociologues ont rarement l'occasion de travailler ensemble. Grace à sa communauté multidisciplinaire, ENDURE a eu une occasion unique d'adopter une approche holistique. Nous avons conçu un processus (les « études de cas système ») dans lequel ces différentes disciplines collaborent à la conception de systèmes de culture innovants et à leur évaluation en termes de gain de durabilité globale. Les sorties de ces études ont confirmé la validité du concept. Les méthodes et outils développés dans ce processus constituent des contributions significatives et seront réutilisés dans des initiatives ultérieures pour fournir des solutions de protection intégrée pour les principaux systèmes de production existant en Europe.

ENDURE ÉCLAIRE DES ASPECTS MAJEURS DES STRATÉGIES DE PROTECTION INTÉGRÉE

Grâce à la collaboration entre les différentes disciplines et compétences rassemblées à partir des institutions partenaires, ENDURE a produit une série de recherches qui enrichissent des aspects majeurs des stratégies de protection intégrée : accroître l'efficacité de la lutte chimique, développer des alternatives aux pesticides, recourir davantage aux processus écologiques pour gérer les populations de bioagresseurs à des échelles spatiotemporelles larges. Nous avons délibérément choisi de couvrir

un vaste champ de sujets afin d'évaluer les possibilités de percées futures et d'engager la recherche ultérieure dans les voies qui apparaissent les plus prometteuses au vu de cette première analyse. Dans le même temps, nous avons pris soin de pérenniser nos résultats et outils de recherche dans un « Laboratoire virtuel » qui puisse servir d'appui à de futures recherches collaboratives sur la protection intégrée.

LES CONSEILLERS SONT LA CIBLE PREMIÈRE D'ENDURE

Les expériences passées en protection intégrée ont établi que les innovations émergentes ne sont pas adoptées par les agriculteurs et que leur mise en œuvre est difficile si la recherche se tient à l'écart et cherche à produire des solutions toutes faites. La protection intégrée, parce qu'elle doit en outre s'adapter aux conditions locales, réclame un processus de co-innovation qui implique les utilisateurs finaux tout au long du processus. Du fait de la très grande diversité d'organisation de la profession agricole selon les pays européens, ENDURE a choisi d'atteindre les agriculteurs indirectement en s'adressant prioritairement aux conseillers agricoles. De fait, les études conduites par les sociologues d'ENDURE montrent que la contribution des conseillers et le mode d'organisation du conseil sont des facteurs clés de la mise en application de la protection intégrée. Sur ce point également, notre position transnationale nous permet d'apporter aux conseillers de la valeur ajoutée. Nous avons développé le Centre d'information d'ENDURE consultable en ligne, conçu pour répondre aux besoins exprimés par les conseillers. Cet outil leur fournit des informations pratiques concernant la protection intégrée, provenant d'une large gamme de pays européens et validés par les scientifiques d'ENDURE. Nous avons aussi produit un guide de formation et d'autres documents pour faciliter la formation à la protection intégrée. Un réseau international de conseillers a commencé à se rassembler autour de ces outils et nous nous attendons à ce que cette initiative unique s'amplifie avec le temps.

ENDURE APPORTE UN ÉCLAIRAGE SCIENTIFIQUE AUX DÉCIDEURS POLITIQUES

La mise en œuvre de la protection intégrée ne résulte pas seulement du développement d'innovations techniques et d'un partage de connaissance avec les conseillers et les agriculteurs. Elle implique des facteurs humains, sociaux et économiques que les chercheurs d'ENDURE, tant en biologie qu'en sciences humaines, ont cherché à appréhender ensemble. En évaluant les ingrédients du succès de la protection intégrée en Europe, ENDURE apporte un éclairage scientifique aux responsables politiques en charge de la mise en œuvre de la nouvelle règlementation sur les pesticides, tant au niveau national qu'européen. Pour cela, ENDURE participe à des réunions d'experts, produit des mémos à l'attention des décideurs et mobilise son expertise interne pour réaliser à la demande des études sur des sujets particuliers.

ENDURE A ACQUIS UNE RECONNAISSANCE INTERNATIONALE.

Au cours de ces quatre années écoulées, ENDURE est devenu visible au niveau international. Nous avons mis en œuvre un mécanisme de mobilité pour les chercheurs et d'écoles d'été pour les doctorants afin d'accroître la cohésion du réseau. Mais ces dispositifs ont aussi été ouverts à l'extérieur d'ENDURE et ont attiré des candidatures du monde entier. Nous avons mené des actions spécifiques pour établir des liens avec des partenaires de recherche hors d'Europe, en particulier avec l'Amé-

rique latine, la Chine et l'Afrique du Nord. En matière de communication, tout les livrables publiques et les articles produits par le projet sont accessibles sur notre site internet qui rapporte en temps réel les principaux évènements et résultats d'ENDURE à travers des articles attrayants. De nombreuses activités ont produit des guides qui synthétisent les résultats essentiels à destination de publics non scientifiques dans un format pratique. A travers ce site internet qui a reçu plus de 36000 visiteurs individuels de 189 pays et territoires différents et grâce à notre lettre électronique bimensuelle qui a une diffusion de plus de 2000 exemplaires, ENDURE est maintenant connu dans presque tous les pays du monde.

ENDURE RESTERA UN POINT DE RÉFÉRENCE EN PROTECTION DES CULTURES APRÈS 2010

Contribuer au développement d'une agriculture durable en Europe est un objectif à long terme qui suppose de maintenir dans les années à venir les efforts de collaboration engagés entre nos institutions partenaires. La décision des membres de notre consortium d'allouer du temps de personnel sur leurs fond propres pour qu'ENDURE puisse continuer au-delà de 2010 sous la forme d'un Groupe de Recherche Européen est à la fois une reconnaissance de ce qui a été déjà réalisé et la promesse de nouveaux succès. Nous avons planté un arbre ; le meilleur de la récolte reste à venir.

1 LES ÉTUDES DE CAS

Améliorer la durabilité des stratégies de protection des cultures et réduire la dépendance aux pesticides

Neuf études de cas ont été conduites en comparant entre pays européens les problèmes de bioagresseurs et les pratiques de protection des cultures sur une sélection de combinaisons culture-bioagresseur. Outre la description des situations dans les différents pays, nous avons aussi analysé pourquoi les pratiques diffèrent et dans quelle mesure les pratiques optimales mises au point dans un pays pourraient être adoptées par d'autres. À la suite des études de cas qui se focalisaient sur les changements au niveau de la culture, ENDURE a lancé trois « études de cas système » dont l'objectif était d'étudier les effets d'une reconception du système de culture et d'innovations de long terme sur la durabilité globale des systèmes.



La diversification des systèmes légumiers © INRA.

LES ÉTUDES DE CAS

Une activité centrale d'ENDURE a consisté à collecter et à exploiter les connaissances existantes sur la réduction et l'optimisation de l'usage des pesticides. L'usage actuel se caractérise par une aversion au risque des utilisateurs finaux qui ont tendance à utiliser plus de pesticide qu'il n'est nécessaire. Néanmoins, certains pays ont l'expérience que les utilisateurs sont prêts à réduire leur usage de pesticides quand ils disposent d'information sur l'utilisation optimale et quand on leur fournit des outils d'aide à la décision faciles à utiliser.

Neuf études de cas ont été lancées pour promouvoir la collecte et l'échange d'information sur l'optimisation de l'usage des pesticides.



La légumineuse *Stylosanthes guianensis*: une plante de couverture prometteuse pour les systèmes bananiers

Ces études de cas avaient en outre pour objectif d'analyser pourquoi les pratiques diffèrent entre pays et dans quelle mesure les pratiques optimales adoptées dans un pays pourraient être adoptées par d'autres. Huit des études de cas concernaient spécifiquement certains bioagresseurs sur certaines cultures, la neuvième s'adressant de manière plus générique au contrôle des adventices dans les cultures en ligne, en prenant le maïs comme modèle. Dans ces études, on a inclus à la fois des cultures majeures et mineures, annuelles et pérennes (Tableau 1).

CULTURES	BIOAGRESSEURS CIBLÉS
Blé	Maladies foliaires
Pomme de terre	Mildiou
Tomate	Aleurodes
Fruits à pépins	Tavelure, Stemphyliose, Carpocapse
Gestion intégrée des adventices	Adventices
Maïs	Principaux bioagresseurs
Banane	Maladies foliaires à *Mycosphaerella,* charançon noir et nématodes
Légumes de plein champ	Adventices et maladies telluriques
Vigne	Principaux bioagresseurs

Tableau 1- Cultures et bioagresseurs ciblés dans les études de cas d'ENDURE

On trouvera sur le site web d'ENDURE les résultats ainsi que des guides écrits pour les utilisateurs finaux (Figure 1). Nous ne présentons ici que quelques unes des conclusions auxquelles ces études de cas ont conduit qui illustrent l'intérêt de la démarche.

Exemple 1 : comparaison et explication des différences d'usage des pesticides entre pays

Une étude conduite récemment par les participants de l'étude de cas sur le blé révèle que l'indice de fréquence de traitements (IFT = nombre de doses standard appliquées par hectare pendant une saison de culture) diffère significativement entre le Royaume Uni, la France, l'Allemagne et le Danemark. Le Royaume Uni est en haut du classement avec un IFT de 7,7 tandis que les agriculteurs danois n'utilisent en moyenne que 2,3 doses standard de pesticides. L'Allemagne et la France sont en position intermédiaire avec des IFT respectifs de 5,8 et 4,0. On a trouvé des différences analogues pour le colza d'hiver. Ce constat a suscité des échanges de vue intenses sur les causes de telles différences. Les différences d'intensité dans les problèmes de bioagresseurs, par exemple des pressions plus élevées de maladies ou de ravageurs ou une fréquence plus grande de biotypes résistants aux pesticides, ne fournissent qu'une explication partielle. D'autres facteurs contribuent significativement à l'usage moindre de pesticides au Danemark : une plus grande utilisation d'outils de protection intégrée tels que des systèmes nationaux de prévision et d'avertissement concernant les principales maladies foliaires ainsi qu'une utilisation plus fréquente de variétés totalement ou partiellement résistantes et l'adoption de doses réduites de pesticides. Un autre paramètre important, en relation notamment avec l'utilisation de fongicides coûteux, est d'apprendre aux agriculteurs à prendre en considération les marges nettes plutôt que les marges brutes.





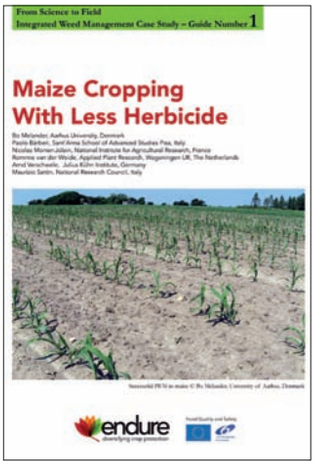


Figure 1 - Exemples de guides issus des études de cas d'ENDURE
(Source : http://www.endure-network.eu/)

Pour une culture comme le blé, le fait de partager les informations disponibles peut apporter une contribution majeure à la réduction d'usage et de dépendance aux pesticides. Pour aller plus loin dans ce partage, les participants au cas d'étude blé ont mis leurs forces en commun avec d'autres chercheurs du réseau ENDURE et de l'extérieur et ont développé une plateforme en ligne, EuroWheat (www.eurowheat.org), qui contient des informations sur la biologie des agents pathogènes, les résistances variétales, l'efficacité des fongicides, des outils d'aide à la décision, etc.

Exemple 2 : prise en compte des différences régionales dans la mise en œuvre de la protection intégrée

Contrairement à la plupart des autres études de cas, l'étude de cas sur la gestion intégrée des adventices a conduit une expérimentation commune. Il s'agissait de comparer du point de vue de l'efficacité, du coût et de l'impact environnemental trois traitements en culture de maïs : un traitement chimique classique, une approche intégrée combinant l'usage d'herbicide avec un travail mécanique sur le rang et une approche intégrée plus avancée qui minimisait encore davantage l'utilisation d'herbicide. L'étude a été conduite dans un site de chacun des trois pays : Italie, France et Danemark.

L'étude a montré que l'efficacité du traitement chimique classique et de l'approche intégrée était comparable dans les trois situations. La performance de l'approche intégrée avancée était satisfaisante en France, partiellement satisfaisante au Danemark mais non satisfaisante en Italie. Les différences observées dans les coûts des traitements étaient minimes, mais l'impact environnemental, déterminé avec l'indicateur français I-pest, était nettement réduit avec l'approche intégrée avancée. L'expérience a démontré que la réduction d'usage des herbicides est possible mais à des degrés divers selon la situation locale.

Exemple 3 : l'adoption de la protection intégrée peut être influencée par le marché

La tavelure, le carpocapse et la stemphyliose du poirier sont les principaux problèmes chez les fruits à pépins. L'étude de cas qui leur a été consacrée a examiné l'état de l'art en matière de prévention et d'adoption de stratégies de protection intégrée dans six régions de production : la région germano-suisse, l'Espagne, l'Italie, la Belgique, la Hollande et la Suède.



Poires atteintes de Stemphyliose (*S. vesicarium*). Cette maladie a provoqué une forte augmentation de l'usage des pesticides en vergers de poiriers

L'étude a montré que les informations sur la protection intégrée étaient disponibles dans toutes ces régions et largement adoptées par les producteurs, que les moyens de communication modernes étaient utilisés en routine et que les six régions utilisaient les mêmes outils de protection intégrée. Même si la protection intégrée est plus largement appliquée sur les fruits à pépins que sur les autres cultures, il existe des freins réels parmi lesquels le manque d'acceptation des variétés résistantes par le marché. Ce résultat souligne la nécessité d'impliquer toute la chaîne agroalimentaire dans la mise en œuvre de la protection intégrée.

LES ÉTUDES DE CAS SYSTÈME

Alors que les études de cas étaient focalisées sur les changements de court terme au niveau d'une culture, les études de cas système ont été consacrées à examiner comment il serait possible de réduire davantage la dépendance aux pesticides des principaux systèmes de culture européens et d'améliorer leur durabilité par une reconception des systèmes de culture mettant en œuvre des innovations à plus long terme. Trois études de cas système ont été engagées, deux sur des systèmes de grande culture et une sur une culture pérenne. La première concernait des systèmes de culture basés sur

des cultures d'hiver telles que les céréales d'hiver et le colza d'hiver et qui sont typiques de l'Europe du Nord-Ouest. La seconde était dédiée aux systèmes de culture à base de maïs. Le maïs est une culture importante dans toute l'Europe, mais il s'agit surtout de maïs grain en Europe du Sud et de maïs fourrage en Europe du Nord. L'étude sur un système pérenne a concerné les vergers de pommiers, une culture qui est commercialisée pour la consommation directe en frais, ce qui implique que les considérations et les acteurs de la chaîne agroalimentaire y jouent un rôle plus important en matière de protection des cultures et de mise en œuvre de la protection intégrée que dans les grandes cultures.

Les deux études de cas système sur grande cultures ont commencé par décrire les systèmes de culture existant puis sont passés à la conception de « systèmes avancés » qui utilisent des technologies disponibles mais qui sont encore peu mises en œuvre. La dernière étape a consisté à concevoir des « systèmes innovants » pour le futur, c'est-à-dire des systèmes qui mettent en œuvre des technologies émergentes qui devraient devenir disponibles dans un futur prévisible. Pour la conception des systèmes avancés et innovant on a utilisé une approche de construction de scénarios.

On a évalué la durabilité globale (économique, environnementale et sociale) des trois systèmes en utilisant le modèle DEXiPM développé dans ENDURE qui constitue un outil d'évaluation ex-ante de la durabilité des stratégies innovantes de protection des cultures fondé sur les connaissances expertes (Figure 2). L'utilisation de DEXiPM permet de reconcevoir les systèmes de culture selon un processus itératif jusqu'à maximiser la durabilité globale.

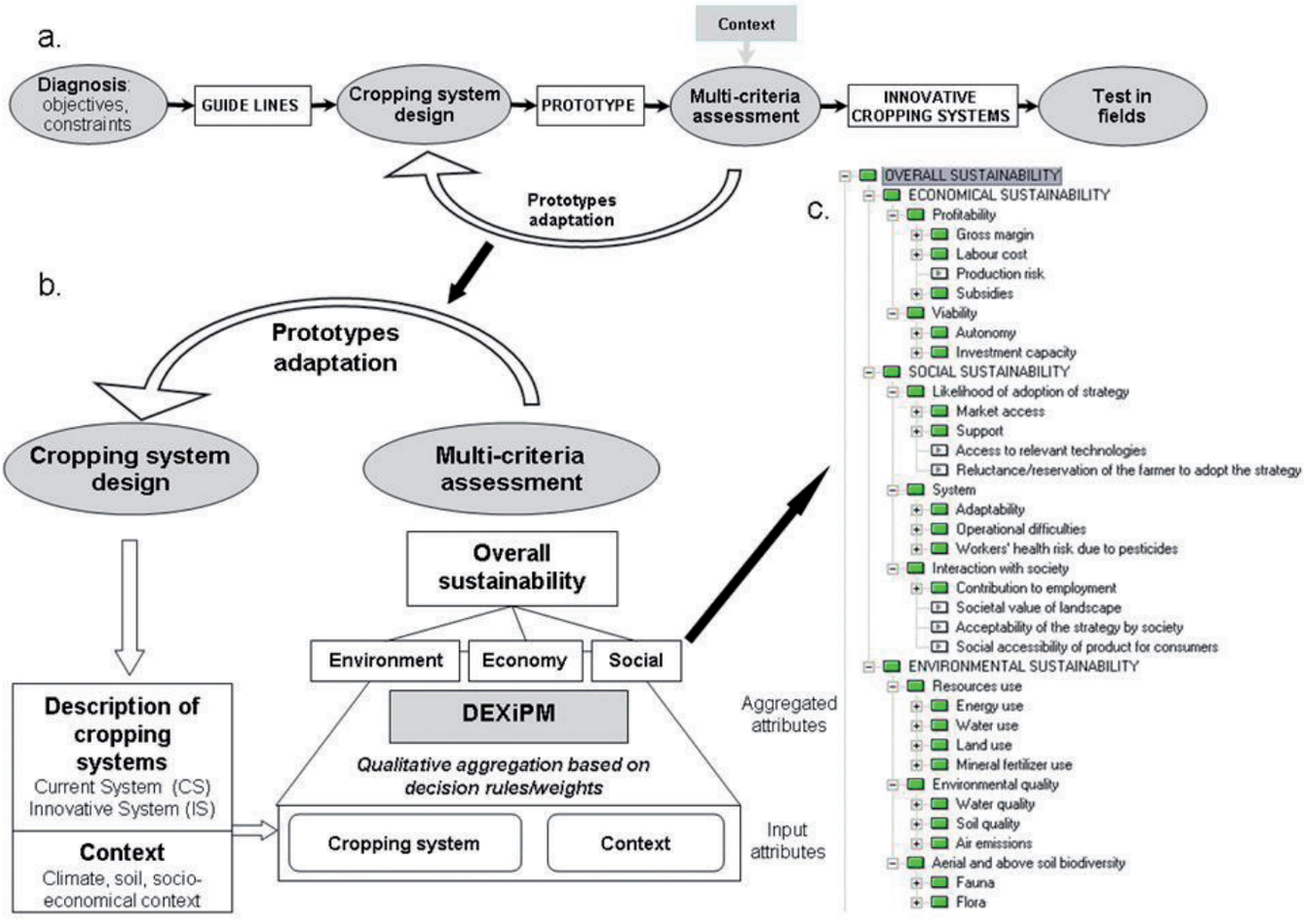


Figure 2 - Description générale de DEXiPM (b), détail de la partie supérieure de l'arbre de décision (c) et comment DEXiPM est inclus dans un processus de design de système de culture innovant (a).

Les études de cas système d'ENDURE représentent une des premières tentatives de concevoir et d'évaluer des systèmes de culture européens du futur. Bien que l'exercice soit encore un peu théorique à ce stade, ces études ont fourni des éléments et des idées pour expérimenter ultérieurement au champ des stratégies de protection intégrée des cultures.



Maïs en rotation dans la vallée de L'Ebre en Espagne
© UdL / Belén Lumbierres et Xavier Pons.

CONCLUSIONS

Les études de cas ont montré qu'en ciblant des changements de court terme au niveau de la culture il est possible de réduire significativement l'usage des pesticides mais rarement la dépendance aux pesticides. Cependant, se saisir de ces « fruits facilement accessibles » est une première étape vers la mise en œuvre de la protection intégrée qui peut être stimulée par le partage d'expérience par-delà les frontières. La seconde étape vers la protection intégrée consiste à développer des systèmes de culture plus durables qui soient moins dépendants des pesticides. C'est une étape plus difficile mais les sorties des études de cas système indiquent clairement qu'elle est possible. Il reviendra à des évaluations expérimentales à venir de déterminer comment réaliser les « systèmes de culture innovants » ébauchés dans les études de cas système d'ENDURE.

2 ACCOMPAGNEMENT ET CONSEIL

Interagir avec les conseillers agricoles et les formateurs européens en Protection Intégrée

La mise en place des politiques européennes en matière de protection des cultures nécessite de développer de nouveaux outils facilitant la mise en œuvre de la protection intégrée, qui soient validés scientifiquement, intégrés et diffusés vers les producteurs et, surtout, utilisés par eux dans leur pratique quotidienne.

Ce chapitre s'intéresse aux derniers maillons de la chaîne de la connaissance, qui sont probablement les plus difficiles. La conduite des cultures est très complexe et la protection des cultures est une partie des préoccupations quotidiennes. La protection chimique a longtemps garanti de récolter une culture productive. Bien que dans les dernières décennies les méthodes de protection intégrée aient été développées pour une mise en œuvre qui se centre sur la prévention, les systèmes d'alerte, les méthodes alternatives aux pesticides, et les technologies de précision, pas grand-chose n'a été mis en pratique par les producteurs. Ce n'est pas de la mauvaise volonté mais la protection intégrée est une combinaison de pratiques beaucoup plus complexe que l'utilisation de pesticides. Le producteur a besoin de beaucoup plus d'information sur les méthodes préventives comme les intercultures, la qualité des semences, les outils pour suivre la progression des problèmes phytosanitaires, l'utilisation de seuils de dégâts et d'outils d'aide à la décision (OAD) qui portent également sur la lutte biologique. En intégrant tous ces éléments, il/elle doit être en mesure de prendre la décision appropriée à n'importe quel moment de la saison, et être confiant que la perte de rendement sera acceptable au moment de la récolte. Ce système complexe doit également être compatible avec les décisions déjà complexes que l'agriculteur doit prendre pour conduire son exploitation. On comprend ainsi pourquoi il est très difficile pour l'agriculteur de changer ses pratiques de protection chimique pour aller vers la protection intégrée.

Le défi est alors de créer une rupture dans la manière actuelle dont travaillent les agriculteurs et de les amener à considérer la protection intégrée comme une méthode de protection fiable. L'approche la plus courante est que les scientifiques montrent aux producteurs que la protection intégrée fonctionne dans des parcelles de démonstration. Une critique des producteurs est qu'une parcelle de démonstration n'est pas une exploitation, intéressante mais pas transposable à une exploitation réelle. Et même si la réussite de la protection intégrée est démontrée dans une vraie ferme, l'agriculteur objectera que sa ferme qui se situe à quelques kilomètres est complètement différente. Et il aura probablement raison !

Donc si mettre la science en pratique est déjà un grand défi au niveau régional, comment les connaissances développées dans le réseau ENDURE en provenance de toute l'Europe peuvent-elles être utiles pour l'agriculteur dans chacun des pays ? N'est-ce pas un travail irréaliste ?

Peut-être, mais il y a un avantage : les producteurs s'appuient sur le conseil de conseillers en protection des cultures hautement compétents et spécialisés. Les approches innovantes des conseillers ont la confiance des agriculteurs tant que le résultat est bon. C'est pourquoi nous avons décidé dans ENDURE qu'en ce qui concerne l'accompagnement, ENDURE devrait se concentrer sur les conseillers plutôt que sur les producteurs directement. Un autre avantage est que les conseillers en Europe maîtrisent l'anglais, la langue utilisée pour communiquer toutes les sorties d'ENDURE. Nous avons

également veillé à éviter l'écueil d'un système d'innovation descendant, de la science vers les conseillers. Dans de nombreux pays nous avons pu observer que le transfert de connaissance depuis l'offre ne marche pas. L'essentiel de l'information scientifique n'est pas assez appliquée pour pouvoir être traduite par un conseiller en utilisation pratique. Un obstacle psychologique est que quelqu'un ne se saisit pas facilement d'une information qu'il n'a pas demandée. Ce dont nous avions besoin, c'est d'une chaîne de la connaissance pilotée par la demande, mais comment créer une demande à partir des conseillers ?

Nous avons tenté de répondre à cette question de deux manières. Premièrement nous avons informé des conseillers sur ENDURE et nous avons tenté de former un réseau de conseillers. Deuxièmement, nous avons mis en place le Centre d'information d'ENDURE (ENDURE IC : ENDURE Information Centre), un outil en ligne sur la protection intégrée, qui ne propose pas des articles scientifiques mais des informations pratiques, basées sur des résultats de recherche provenant des différents pays d'Europe (Figure 3). Nous avons anticipé le fait que les conseillers n'aient pas un bon réseau international et n'aient pas accès à l'information venant de l'étranger. Nous avons également anticipé le fait que les conseillers soient intéressés par les connaissances nouvelles puisqu'ils vivent dans un monde compétitif, avec le besoin de fournir un conseil innovant. Nous avons donc fait un prototype de l'ENDURE IC spécialement construit pour les conseillers, nous avons invité les conseillers de différents pays pendant des journées de démonstration au champ où nous avions une cabine avec notre prototype, et nous leurs avons demandé de nous donner leur avis après utilisation. Nous avons également présenté des jeux de cartes et d'autres supports de formation nouveaux où le conseiller doit choisir la bonne mesure de protection intégrée comme il doit le faire tous les jours dans son métier (Figure 4). De cette manière nous espérons avoir accomplit les deux enjeux, celui de construire un réseau où les conseillers apprennent les uns des autres et apprennent de la science en adoptant le ENDURE IC comme leur propre plateforme de connaissance. De cette manière nous avons essayé de construire une plateforme de connaissance pour les conseillers qui soit d'avantage conduite par la demande.



Figure 3 - Page d'accueil du Centre d'Information d'ENDURE (www.endureinformationcentre.eu)

Les deux articles de la version anglaise de ce document donnent plus de détails. Le premier article informe sur la façon dont l'ENDURE IC a été construit, quelle information est disponible et comment les conseillers peuvent y avoir accès de manière interactive. Le deuxième décrit la façon dont le prototype a été testé, les critères de sélection des sources, la manière d'élargir le contenu et le réseau de conseillers.

Les scientifiques d'ENDURE sont seulement l'interface de l'ENDURE IC. Nous avons conscience que le succès est fonction de l'élargissement et de l'enthousiasme du groupe de conseillers, qui dépendra de la qualité et de la quantité croissante de connaissances nouvelles intéressantes qu'on pourra y trouver. C'est pourquoi nous avons décidé qu'après la période de financement de la Commission européenne, l'ENDURE IC continuera à être alimenté, mis à jour et élargi au bénéfice des conseillers du réseau.



Figure 4 – Le guide de formation d'ENDURE regroupe 4 sections : des arguments convaincants, des méthodes de formation, des outils et des contenus et des modules de formation.

Mais il n'y a qu'une manière de vous convaincre… Essayez vous-même l'ENDURE IC à la Conférence de Paris pendant les ateliers (et ensuite quand vous voudrez).

3 ÉVALUATION MULTICRITÈRE DE LA DURABILITÉ

Démonstration dans le cas des vergers de pommiers

Nous avons étudié au travers d'une étude de cas les éléments à considérer pour une évaluation globale de la durabilité. Des experts de cinq régions ont suggéré des stratégies de protection des cultures qui ont été analysées par analyse du cycle de vie, évaluation des risques environnementaux et calcul des coûts complets de façon à agréger ces résultats dans une évaluation globale comparative. À la suite de ce travail, nous présentons un outil nouveau pour noter la durabilité et nous soulignons le potentiel de nouvelles stratégies de protection des cultures pour améliorer la durabilité environnementale et économique.

UN RÉSEAU POUR FAIRE FACE À LA COMPLEXITÉ DE LA PROTECTION INTÉGRÉE EN VERGERS

La politique agricole européenne exige la mise en œuvre de la protection intégrée d'ici 2014 et tous les membres de l'Union Européenne doivent proposer un plan d'action national adapté à leurs conditions régionales. Pour cela, nous avons besoin de méthodes et d'outils pour évaluer la durabilité globale des stratégies régionales de protection intégrée. Il existe bien des méthodes qui incluent les aspects environnementaux et socio-économiques (par exemple RISE), mais ces outils n'essaient pas d'agréger les différents aspects de la durabilité pour établir une note de durabilité globale d'un système.

La prise de décision multi-attributs offre un cadre méthodologique adapté à la définition d'arbres hiérarchiques d'attributs qui permettent de construire une note de durabilité globale. De telles études multi-attributs ont en commun de permettre de prendre en compte la complexité des systèmes agricoles de façon satisfaisante. Le nombre d'attributs utilisés dans ces modèles est très élevé, généralement supérieur à 80. Bien que les programmes informatiques manipulent aisément des arbres d'attributs de cette importance, il faut beaucoup d'effort pour comprendre et pour expliquer les relations de cause à effet dans ces modèles complexes.

L'objectif de l'activité de recherche sur l'évaluation multicritère était d'étudier une méthodologie adaptée à l'évaluation de la durabilité de systèmes de protection actuels ou innovants. Nous avons montré expérimentalement que la méthodologie que nous avons appelée 'SustainOS' est un excellent outil pour définir et optimiser des stratégies de protection des vergers région-spécifiques (Figure 7). Le réseau que nous avons établi pour l'étude de cas sur les vergers est un moyen très efficace de faire face à la complexité de l'optimisation de la protection des cultures pour mettre en évidence les points pertinents d'amélioration de la durabilité des systèmes de vergers.

DÉFINITION DE NOUVELLES STRATÉGIES DE PROTECTION DES CULTURES DANS LES VERGERS DE POMMIERS

Les stratégies de protection des vergers considèrent des problèmes majeurs (*) et mineurs. Il s'agit, en matière de maladie, de la tavelure* (Figure 5), de l'oïdium, du feu bactérien, des maladies de conservation, ou d'autres comme la pourriture du calice ; pour les arthropodes, du carpocapse* (Figure 6), d'autres lépidoptères, de pucerons, d'araignées rouges et d'autres ravageurs ; pour les adventices, de dicotylédones et de monocotylédones.

Des experts de cinq pays ont défini des stratégies de protection des vergers de pommier en fournissant des données quantitatives issues de leurs régions respectives. Pour chaque pays nous avons défini un système de base, deux systèmes avancés et un système innovant comme suit :



Figure 5 - Tavelure sur feuille et sur fruit. . © Agroscope ACW.

EBS= Système de base

Il est utilisé comme système de référence pour la comparaison avec les systèmes avancés et innovants. Il n'est pas nécessairement représentatif de ce qui se fait dans chaque région. Il est défini comme un système où on n'utilise que des pesticides chimiques de synthèse. Les pesticides sont choisis et utilisés selon le cadre légal en vigueur en 2009. Les critères de choix des pesticides sont principalement l'efficacité et le prix et, dans un deuxième temps, la sélectivité à l'égard des principaux ennemis naturels. La gestion de la résistance aux pesticides et les systèmes d'aide à la décision pour les bioagresseurs principaux sont pris en compte et utilisés.

AS1 et AS2 = Systèmes avancés

Ils sont tous les deux définis comme des systèmes de protection dans lesquels on préfère aux pesticides des techniques de lutte chimique non conventionnelles. AS2 est plus avancé qu'AS1 en termes de techniques utilisées et d'écotoxicité. Les techniques utilisées dans AS1 sont disponibles sur le marché et peuvent être mises en œuvre par l'arboriculteur moyen dans un délai d'environ cinq ans. Les techniques utilisées dans AS2 sont à des stades finaux de mise au point et sont donc utilisables par des arboriculteurs pionniers. La gestion de la résistance aux pesticides et les systèmes d'aide à la décision pour la plupart (AS1) ou la totalité (AS2) des bioagresseurs sont pris en compte et utilisés. Le critère principal de choix des pesticides est l'écotoxicité, avec une attention particulière portée à la sélectivité à l'égard des principaux ennemis naturels.

IS = Système innovant

Il est défini comme un système de protection où on réduit encore à un minimum l'écotoxicité. Les techniques de protection des cultures utilisées ne sont pas encore disponibles commercialement, mais sont déjà au stade de la recherche (par exemple les résistances génétiques multiples).



Figure 6 - Coddling moth: adult and damage. © Agroscope ACW.

Pays et régions étudiées :

Suisse et Allemagne (région du lac de Constance), Pays Bas, France (vallée du Rhône), Espagne (Lleida)

LES VERGERS DANS DIFFERENTS PAYS NÉCESSITENT DES STRATÉGIES DE PROTECTION INTÉGRÉE DIFFÉRENTES

Dans l'ensemble, l'analyse des systèmes AS1 et AS2 montre que dans les 5 pays la durabilité écologique peut être améliorée en utilisant des mesures alternatives qui sont déjà sur le marché. L'optimisation a été principalement réalisée en utilisant l'outil SustainOS (Figure 7) dans un processus itératif incluant des experts de chaque pays. L'information concernant la qualité environnementale et la toxicité humaine a été fournie par Analyse du Cycle de Vie (ACV) et le modèle d'évaluation du risque SYNOPS pour chaque molécule. La plupart du temps, la toxicité des systèmes de protection des cultures était principalement causée par une ou un nombre limité de molécules. Le processus d'optimisation a donc été basé sur les 3 approches suivantes :

- Remplacer les molécules actives avec le plus haut impact environnemental par des molécules avec un impact inférieur si possible.
- Remplacer ou réduire le nombre d'applications de molécules actives grâce à des méthodes alternatives (Ex : filets, variétés résistantes, phéromones, etc.)
- Réduire la dispersion des produits de plus de 75% (Ex : pulvérisateurs spéciaux, bordures, etc.)

La situation actuelle de la production de pommes en Europe est telle que les agriculteurs utilisent en fait une combinaison des stratégies de protection des cultures définie ici comme Système de base (BS) ou Systèmes avancés (AS1 et AS2). La proportion de ces différentes stratégies utilisées peut être variable selon les régions et les pays. Il est probable qu'une plus grande utilisation des stratégies AS2 dans tous les pays améliorera la durabilité écologique de la production de pommes en Europe.

Puisque le Système innovant (IS) a le meilleur potentiel d'amélioration de la durabilité globale de la protection des cultures dans les vergers de pommiers, nous recommandons la mise en œuvre de toutes les méthodes qui pourront accélérer le développement de méthodes alternatives qui ne fonctionnent aujourd'hui que dans les expérimentations ou les laboratoires.

Les stratégies de protection intégrée doivent être développées et mises en œuvre en fonction des caractéristiques régionales puisque le design de stratégies avancées diffère beaucoup d'une région à une autre. Un outil comme SustainOS pourrait être très utile pour déterminer et optimiser les systèmes avancés et innovants.

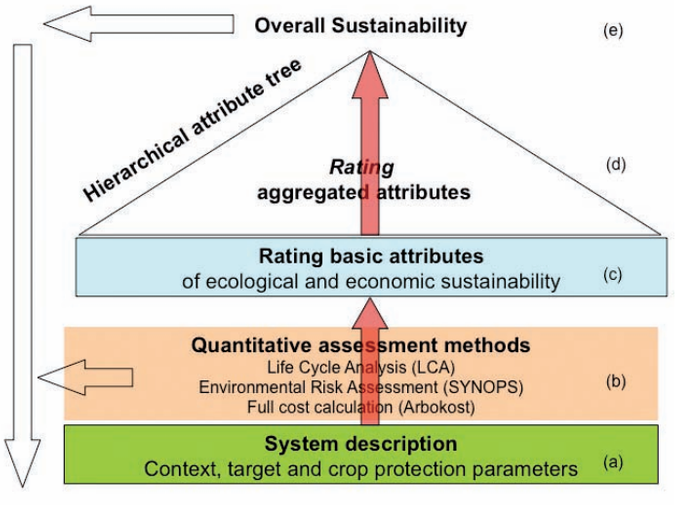


Figure 7 - La méthodologie SustainOS pour optimiser la durabilité globale des systèmes de vergers. Les flèches rouges montrent le sens du processus d'évaluation. Les flèches blanches montrent le sens du processus de réflexion visant à améliorer la description du système.

4 RECHERCHE

Priorités et perspectives scientifiques et technologiques en protection intégrée

Comme l'ont montré les études de cas d'ENDURE, beaucoup de connaissances existent qui peuvent être exploitées pour réduire les usages et les risques des pesticides (voir Chapitre 1). Mais les études de cas ont également identifié des verrous et des manques de connaissance qui freinent la poursuite du progrès. L'innovation est nécessaire également pour développer des approches plus durables de protection des cultures qui soient moins dépendantes des pesticides.

Le développement de ces innovations est un défi considérable pour les chercheurs, d'autant plus qu'il nécessite d'impliquer une large gamme de disciplines. ENDURE, en tant que réseau d'excellence, a eu un rôle essentiel pour construire une communauté de recherche paneuropéenne et multidisciplinaire qui puisse relever ce défi.

Mais quelle recherche est pertinente ? Notre compréhension fondamentale des systèmes culture-bioagresseur s'est considérablement accrue ces dernières années, sans que cela ait un impact majeur sur les pratiques des agriculteurs. Il ne suffit donc pas d'investir d'avantage dans la recherche. C'est pourquoi les préoccupations majeures d'ENDURE en matière de recherche au cours des quatre années écoulées ont consisté identifier les priorités, à explorer les fronts de connaissance et les technologies avancées pour évaluer leur contribution potentielle à la protection intégrée, à développer et partager des outils et des ressources pour appuyer la communauté de recherche en protection des cultures.

La protection intégrée ne se présente pas comme une recette unique et définitive. Elle évolue progressivement par incorporation de nouveautés scientifiques et technologiques. Certaines des contributions d'ENDURE ont eu pour objectif d'accroître l'efficacité de la lutte chimique afin de réduire son impact. D'autres ont envisagé comment rendre les alternatives aux pesticides plus efficaces et plus accessibles. À plus long terme, notre vision de la protection intégrée va au-delà de changements d'intrants individuels pour inclure les processus écologiques impliqués, aux échelles temporelles et spatiales auxquelles ces processus opèrent.

AMÉLIORER L'EFFICACITÉ DE LA LUTTE CHIMIQUE

À ce niveau, on doit exploiter toute la connaissance disponible sur le comportement, l'écologie et l'épidémiologie des bioagresseurs en même temps que les caractéristiques des méthodes de lutte, de façon à optimiser le nombre, la nature et le timing des interventions chimiques. Des outils d'aide à la décision (OAD) sont nécessaires pour faciliter ce processus complexe. De nombreux OAD, fondés sur des approches différentes, sont déjà disponibles. ENDURE a fait la revue de 70 d'entre eux au niveau européen et a identifié les « meilleures parties » de chacun d'eux en vue de les combiner dans des outils améliorés de nouvelle génération, mieux en phase avec les objectifs de la Directive pour l'utilisation durable des pesticides.

Les décisions (faut-il traiter, quand et comment ?) doivent se fonder non seulement sur de la modélisation et de la prévision mais aussi sur du suivi en temps réel des bioagresseurs et des conditions environnementales, avant, pendant et après la saison de culture. L'introduction

de ces données dans des moteurs de décision favorise une lutte mieux ajustée et peut aussi guider des engins de pulvérisation de précision, ce qui conduit à des réductions substantielles des quantités de pesticides appliquées. Bien que les systèmes innovants esquissés par les chercheurs d'ENDURE puissent apparaître bien futuristes, certains des composants et des technologies sont en train de devenir accessibles. De fait, il a déjà été possible de tester le concept d'un contrôleur de tâches pour la pulvérisation de précision au niveau du champ (Figure 8).

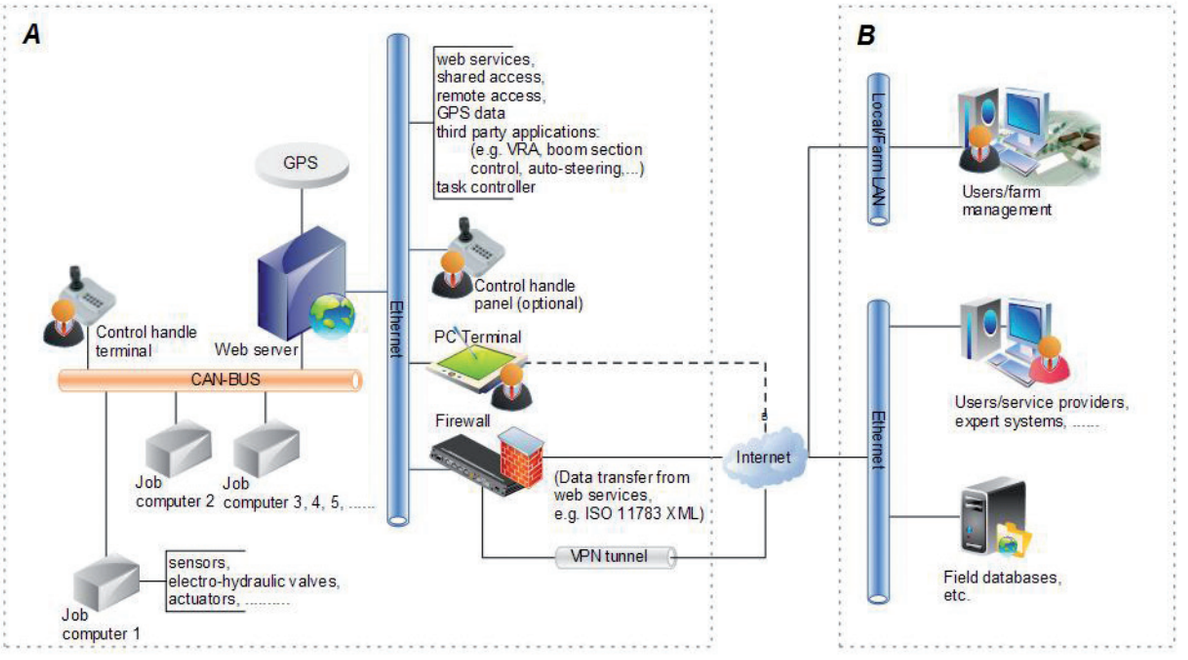


Figure 8 - Modèle générique pour un système de protection des plantes innovants. Les étapes 1, 2 et 3 sont réalisées avant la période de culture, les autres étapes pendant.

SURMONTER LES LIMITES AU DEVELOPPEMENT DES ALTERNATIVES BIOLOGIQUES AUX PESTICIDES

Les agents de lutte biologique ont fait la preuve de leur grande efficacité pour lutter contre les ravageurs, les maladies ou les adventices dans certaines situations (Figure 9). Cependant, au regard de l'effort de recherche investi depuis des dizaines d'années dans ces méthodes, il est plutôt décevant de constater l'offre restreinte en agents de lutte biologique sur le marché européen et le développement limité de leur application en pratique. En outre, la lutte biologique est surtout utilisée en cultures protégées et n'a eu encore que peu d'impact sur les grandes cultures et les cultures horticoles qui couvrent la plus grande partie surfaces. Le contexte de la nouvelle politique sur les pesticides crée des occasions de développement et ENDURE fait des recommandations sur la façon d'améliorer les perspectives de la lutte biologique, en considérant aussi bien le point de vue technique que les aspects économiques et sociaux. Nos études ont également fait la revue de la lutte biologique contre les insectes par conservation et ont identifié les priorités de recherche en matière d'écologie du paysage pour favoriser la gestion des habitats des organismes bénéfiques.

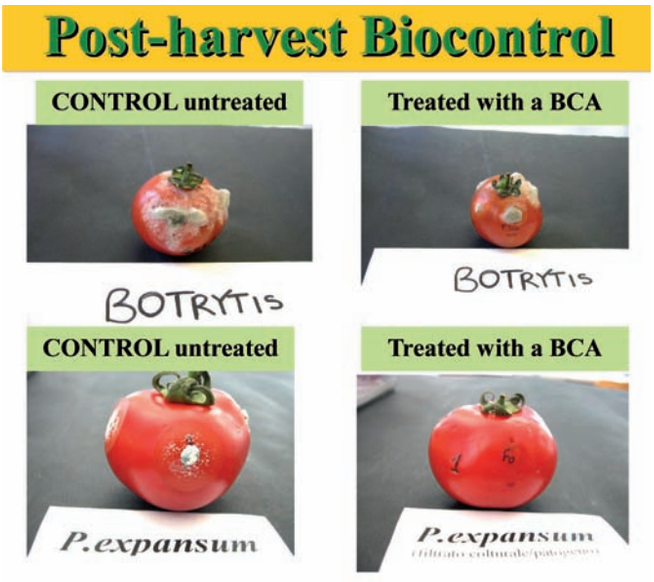


Figure 9 - Lutte biologique post-récolte : Tomates traitées avec un agent de lutte biologique après la récolte pour réguler les pathogènes *Botrytis cinerea* et *Penicillium expansum*.
© IP-CNR / Michelina Ruocco

Accroître le rôle de la résistance génétique des plantes est une des voies prioritaires pour réduire la dépendance aux pesticides. La principale limite réside dans la vitesse à laquelle les populations pathogènes sont susceptibles d'évoluer pour contourner les caractères de résistance introduits dans les variétés cultivées. Dans une perspective de développement durable, les gènes de résistance doivent être considérés comme une ressource naturelle rare et doivent être déployés avec précaution. A l'intérieur d'ENDURE, un large groupe de chercheurs (généticiens, phytopathologistes et modélisateurs) a exploré de manière collective les moyens d'exploiter la résistance génétique et d'en assurer la durabilité (Figure 10). Les résultats, issus d'études tant théoriques qu'empiriques, peuvent guider la façon de choisir et de combiner les gènes de résistance dans les stratégies d'amélioration variétale et la façon de déployer ces variétés résistantes dans l'espace et dans le temps.



Figure 10 - Évaluation de la résistance à la tavelure de pommiers dans une serre (INRA). Au premier plan : des plantes greffées en croissance ; à l'arrière plan : film plastique recouvrant les plantes inoculées pour maintenir un haut taux d'humidité relative pendant 48h après l'inoculation.

GÉRER LES PROCESSUS ÉCOLOGIQUES DANS LE TEMPS ET L'ESPACE

En raison de la persistance des stocks semenciers dans le sol, la gestion des adventices ne peut être raisonnée à l'échelle d'une seule saison de culture. Les expériences conduites dans différents pays suggèrent que la manipulation des rotations culturales est un levier puissant pour obtenir une flore adventice équilibrée, réduisant ainsi la dépendance aux herbicides. ENDURE a entrepris l'analyse de données collectées au champ dans cinq pays européens. Il a développé une méthodologie qui permet de comparer les quantités d'adventices enregistrées dans ces différents jeux de données. Les premiers résultats suggèrent que les rotations peuvent effectivement être utilisées pour modifier les infestations d'adventices dans de larges proportions et que cet effet est attribuable à une combinaison de dates de semis et de choix de cultures et d'herbicides sur un cycle de trois ans. On peut aussi examiner les effets de la gestion des cultures sur les communautés d'adventices en utilisant les traits qui caractérisent l'histoire de vie, la physiologie et la compétitivité des espèces d'adventices prises individuellement. ENDURE a créé une base de donnée des caractéristiques des adventices pour 21 espèces communes en Europe afin d'aider à la modélisation de la dynamique des populations (Figure 11). Cette base inclut tout les paramètres pertinents pour simuler le cycle de vie complet d'une adventice.

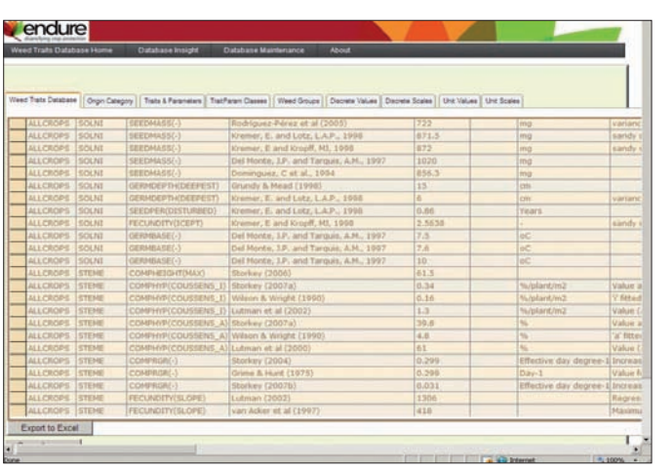


Figure 11 - Aperçu de la base de données sur les adventices.

La migration ou la dispersion des bioagresseurs et leur contrôle par leurs ennemis naturels sont des processus qui se développent à des échelles spatiales qui excèdent les limites du champ de l'agriculteur et qui nécessitent d'être appréhendés au niveau du paysage (Figure 12). On admet de plus en plus que la gestion du paysage peut être utilisée dans la lutte contre les bioagresseurs, mais il n'y a cependant que peu d'exemples encore de mise en œuvre pratique. En combinant son expertise en agronomie et en écologie des bioagresseurs, ENDURE a pu faire une revue des connaissances existantes au niveau mondial. La conclusion est que, dans les paysages agricoles, la distribution spatiale des ressources et leur dynamique dans le temps affectent significativement l'abondance des insectes ravageurs, via leurs ennemis naturels, et affecte aussi la diversité des adventices. L'organisation du paysage est donc un levier qui a fort potentiel pour contribuer à la protection intégrée.



Figure 12A - A farmed landscape with semi-natural habitats.
© Rothamsted Research.

RESPECTER LA LOGIQUE DE LA PROTECTION INTÉGRÉE

Tous les sujets qui précèdent ont été inclus dans le programme de recherche d'ENDURE pour leur contribution aux différents éléments requis pour la protection intégrée. C'est un concept central de la protection intégrée de ne pas se reposer sur une méthode unique mais sur la combinaison d'approches différentes et complémentaires. Typiquement, dans une perspective de protection intégrée, les agriculteurs doivent d'abord mettre en œuvre le principe de prévention en prenant des décisions stratégiques avant le début de la saison de culture : choix d'une rotation qui réduise les adventices et les problèmes pathologiques d'origine tellurique, choix de variétés ayant les résistances appropriées, choix de l'organisation spatiale des différentes cultures et variétés et introduction de zones non cultivées pour favoriser un paysage qui réduisent les bioagresseurs. Puis, dans le cours de la saison de culture, ils doivent donner priorité aux méthodes de lutte non chimiques – par exemple l'utilisation d'agents de lutte biologique – avant de décider de s'en remettre à des pesticides. Ils doivent aussi gérer les méthodes de lutte sur la base d'une prévision et d'un suivi de la situation des bioagresseurs au niveau de leurs champs afin de réduire l'utilisation des pesticides au strict nécessaire, avec l'aide d'un OAD.

Les chercheurs eux aussi doivent adopter cette perspective de la protection intégrée dans leur propre démarche. Cela signifie que les méthodes innovantes qu'ils peuvent concevoir ne seront pas évaluées pour leur efficacité propre, mais plutôt pour leur capacité à se combiner à d'autres méthodes à l'intérieur d'une stratégie globalement efficace. Dans ENDURE, chaque sujet de recherche a été confié à un groupe de chercheurs relevant d'institutions différentes et combinant souvent plusieurs disciplines. Ces groupes ont travaillé pour une part séparément, mais ils ont aussi apporté leur collaboration aux « études de cas système », contribuant à nourrir la conception de systèmes avancés ou innovants (cf. Chapitre 1).

LE LABORATOIRE VIRTUEL : UNE RESSOURCE EN APPUI AUX RECHERCHES SUR LA PROTECTION DES CULTURES

Les résultats de recherche d'ENDURE ne sont pas conçus comme des produits achevés mais plutôt comme des points de départ pour des recherches futures qui aideront au développement et à la mise en œuvre de la protection intégrée en Europe. La communauté multidisciplinaire rassemblée par ENDURE a pris soin de perpétuer les connaissances, les bases de données et les outils accumulés au cours du projet dans une ressource partagée : le Laboratoire Virtuel (Figure 13). Cette ressource est conçue pour venir en appui aux recherches

collaboratives menées dans ENDURE et au-delà. De fait, le laboratoire virtuel est une ressources inestimable qu'ENDURE est fier de maintenir, d'enrichir et de partager avec la communauté des chercheurs en protection des cultures.



Figure 13 - Page d'accueil du Laboratoire Virtuel d'ENDURE (http://vl.endure-network.eu/) montrant les 2 principales sections du LV et dans ce cas (ressources physiques) les différentes catégories de ressources disponibles.

Parmi les éléments clés du laboratoire virtuel, on peut citer (Figure 14):

- WTB, la base de données sur les traits des adventices, déjà citée,
- EuroWheat, une plateforme de partage d'information très complète pour venir en appui à la gestion intégrée des maladies du blé,
- Wheatpest, un modèle d'analyse des pertes de rendements sur blé dues à des cortèges de bioagresseurs,

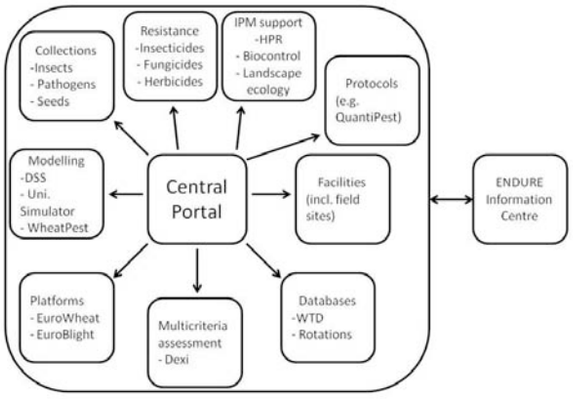


Figure 14 - Schéma montrant les aspects clés de la recherche en protection intégrée soutenus par le Laboratoire Virtuel d'ENDURE.

- Quantipest, une plateforme collaborative pour homogénéiser la caractérisation des bioagresseurs et de leurs dommages,
- UniSim (simulateur universel), un logiciel open-source pour de la modélisation écologique collaborative.

UNE COMMUNAUTÉ DE RECHERCHE QUI VA DE L'AVANT

Faire de la recherche ensemble et construire une ressource durable au travers du Laboratoire Virtuel ont servi à créer, pour la première fois, une communauté de recherche en protection des cultures ayant une pratique d'échanges entre pays et entre disciplines. Nous avons eu aussi à cœur de partager nos objectifs avec de jeunes scientifiques pour les sensibiliser aux enjeux de la protection intégrée et les attirer dans ce domaine de recherche critique. Trois écoles d'été ont été organisées sur des sujets importants : « la biodiversité utile à la protection intégrée », « les approches de modélisation en appui à la protection intégrée » et « les ravageurs, maladies et adventices nouveaux ou émergents ». Cette initiative a suscité un vif intérêt chez près de 300 candidats parmi lesquels nous avons sélectionné au total 49 doctorants venant de 29 pays représentant les cinq continents.

Une autre activité d'ENDURE a consisté à identifier les priorités futures pour permettre à la recherche de répondre aux défis qui lui sont lancés par la nouvelle réglementation des pesticides dans l'agriculture européenne. Pour éclairer cette analyse, ENDURE a examiné des futurs possibles pour la protection des plantes en Europe. Les cinq scénarios de cette prospective d'ENDURE 'La protection des cultures en Europe en 2030' diffèrent par leurs contextes agricoles et par les options prises pour gérer les bioagresseurs. Cet exercice fournit une base utile pour la programmation de la recherche. Il devrait aussi aider les décideurs publics et les autres parties prenantes du système agroalimentaire à établir leurs propres priorités. Il contribue ainsi aux autres objectifs d'ENDURE qui font l'objet du chapitre 5.

5 MISE EN ŒUVRE DE LA PROTECTION INTÉGRÉE

Les ingrédients nécessaires pour une mise en œuvre réussie de la protection intégrée en Europe

ENDURE prend du recul pour avoir une vue d'ensemble. Les chercheurs des sciences biophysiques et des sciences humaines et sociales réfléchissent ensemble aux facteurs clés de la mise en œuvre de la protection intégrée qu'ils soient sociaux, humains ou économiques. Leur relation aux politiques publiques est aussi prise en compte. Le réseau d'experts d'ENDURE propose des évaluations à la demande sur des questions spécifiques liées à la protection intégrée.

ENDURE définit la protection intégrée (IPM, Integrated Pest Management) comme «une approche durable pour gérer les organismes nuisibles combinant des outils biologiques, chimiques et des techniques culturales de manière à minimiser les risques économiques, environnementaux et sur la santé» . ENDURE appréhende la protection intégrée comme un processus en perpétuelle évolution qui contribue à réduire la dépendance aux pesticides dans les systèmes agricoles et dans lequel des solutions innovantes sont intégrées et adaptées aux conditions locales, à mesure qu'elles deviennent disponibles.

Historiquement, la protection intégrée est une approche de protection des plantes qui a été créée par les sciences biophysiques dans les années 1950. Depuis, chercheurs et conseillers techniques ont beaucoup travaillé à identifier des techniques ou des approches visant à développer des solutions afin que la pratique de la protection intégrée devienne une réalité. Le besoin d'une large mise en œuvre de la protection intégrée se fait de plus en plus urgent et de plus en plus réalisable à la fois. Plus urgent à cause des attentes de la société qui ont été récemment traduites en législation Européenne et qui sera bientôt transposée dans les différents États membres. Plus réalisable car des progrès significatifs en biologie et en agronomie rendent maintenant possible l'application pratique des principes de protection intégrée dans différents systèmes de culture. La communauté de protection des plantes réalise maintenant que des avancées sont aussi nécessaires au-delà des sciences biophysiques et en dehors de la recherche.

Le principe revient à prendre de la distance pour avoir une meilleure vue d'ensemble de la problématique. Ceci afin d'avoir une compréhension du système qui aide à répondre à des questions du type: «pourquoi les agriculteurs n'ont-ils pas encore adopté la protection intégrée» et «que faudrait-il pour guider les agriculteurs vers une adoption massive de la protection intégrée?». Les chercheurs d'ENDURE des sciences biophysiques et des sciences humaines et sociales ont abordé ensemble ces questions. La recherche montre que les agriculteurs sont seulement une partie d'un environnement social et économique plus large qui favorise actuellement la protection des plantes à base de pesticides. L'étude de ce réseau stable d'interactions sociales et de forces économiques nous permet d'identifier les changements nécessaires à une transformation profonde et durable de la protection des cultures.

La situation peut changer et ENDURE s'est intéressé à la manière dont les changements s'opèrent et comment ils peuvent être soutenus. Par exemple, des résultats montrent que les agriculteurs changent rarement leurs pratiques de protection des cultures du jour au lendemain et de manière isolée. Ils se déplacent plutôt progressivement le long de trajectoires de transition et leurs pratiques évoluent en interaction avec leur réseau

[1] Inspiré de la définition donnée par Cliff Ohmart (Vice-président de SurelHarvest, Californie, USA) lors de la Conférence Internationale ENDURE de 2008 «Diversifying Crop Protection» organisée à La Grande Motte (France) en octobre 2008.

social. Lors de la conférence internationale d'ENDURE en 2010, trois agriculteurs du Danemark, du Royaume-Uni et de la France sont invités à exprimer leurs attentes et leur retour d'expérience sur ces questions.

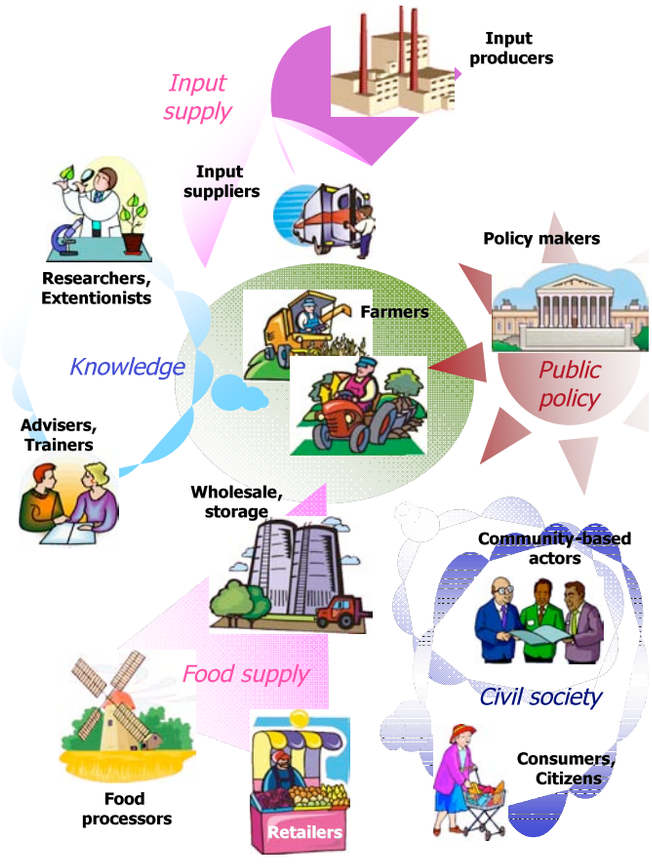


Figure 15 - «Nous travaillons tous ensemble».

La mise en œuvre de la protection intégrée est une priorité et un défi pour les années à venir, non seulement pour les agriculteurs et les conseillers techniques, mais aussi pour les acteurs de l'éducation, la recherche, l'industrie et la distribution, ainsi que les décideurs politiques, les groupes de protection de l'environnement, les associations de consommateurs et les agences de contrôle et de financement (Figure 15). En effet, beaucoup de ces parties prenantes interconnectées devront être impliquées dans les changements à venir. Elles se situent à la fois en amont (décideurs nationaux et européens, industrie chimique, recherche, conseil technique, etc.) et en aval (achats, transformation, distribution, etc.) de la filière agro-alimentaire. D'autres telles que les ONG, bien qu'extérieures au système agro-alimentaire, peuvent aussi contribuer aux changements en influençant les politiques visant à la réduction des risques liés à l'utilisation des pesticides.

Comprendre comment ces facteurs non-biophysiques peuvent être pris en compte pour produire des politiques qui soutiennent plus efficacement ces changements est le sujet de mémos publiés par ENDURE à l'attention des décideurs.



Bruxelles, Parlement Européen, Avril 2009 :
Présentation de la prospective ENDURE aux décideurs

À un plus haut niveau, nous avons aussi comparé les situations nationales entre États membres en termes d'utilisation des pesticides et d'approches politiques. En comparant les différences d'utilisation de pesticides sur le blé, nous avons trouvé que les liens entre les rendements et les coûts, ainsi que les interactions entre le climat, la gestion de l'exploitation et des facteurs sociaux et organisationnels, sont abordés de manière différentes à travers l'Europe. En étudiant les politiques nationales adoptées par différents États membres, nous avons pu en tirer des leçons et promouvoir l'échange d'expériences nationales. La conférence «IPM in Europe» offre l'opportunité d'écouter les témoignages de cinq représentants gouvernementaux impliqués dans le développement de leur Plan d'Action National en Allemagne, France, Royaume-Uni, Italie et Hongrie.

Enfin, nous voulons faire savoir que nous offrons un service d'évaluation sur des questions similaires à celles décrites ici et qui sont pertinentes pour la mise en place de politiques visant à l'application de la protection intégrée.

6 L'AVENIR D'ENDURE

Rester un point de référence en Europe et faire le lien avec d'autres continents

En créant les Réseaux d'Excellence, la Commission Européenne a affirmé son ambition de construire une coopération durable au niveau européen. ENDURE est l'un de ces Réseaux d'Excellence. Les objectifs généraux attribués à ce réseau étaient (1) de structurer la recherche européenne et les efforts de développement sur l'utilisation d urable de produits de protection des plantes et (2) de devenir un leader mondial du développement et de la mise en œuvre de stratégies durables de protection des plantes.

Pendant les quatre années de financement européen, le réseau a développé des outils pour intégrer ses moyens de recherche et organiser et diffuser les connaissances produites et assemblées vers ses différents publics cibles. Pour renforcer l'intégration entre partenaires, un ambitieux programme de mobilité a été mis en place. De plus, prenant en compte le caractère mondial de la question de la santé des plantes, et afin d'améliorer sa visibilité dans le monde, ENDURE a développé des relations spécifiques avec des partenaires non-européens. Toutes ces actions ont contribué aux deux principaux objectifs du réseau et leur futur a été réfléchi dans la perspective de la durabilité du réseau. Le réseau a commencé à se préparer à être un point de référence qui se maintiendra au-delà de la période de financement par l'Europe, et ceci sera permis par la création d'une structure pérenne qui perpétuera et renforcera l'intégration et la visibilité acquises.

INTÉGRER RESSOURCES ET CONNAISSANCES ET GARANTIR LE DÉVELOPPEMENT DE CES OUTILS DANS LE FUTUR

ENDURE a travaillé à intégrer ses outils et bases de données dans un système unique de manière à construire un point central de référence en matière de protection des plantes en Europe. Centraliser les connaissances et les données dans un seul système permet aux chercheurs de partager connaissances, techniques, méthodes et par conséquent bonnes pratiques (Figure 16). La gestion intégrée des connaissances (IKM: Integrated Knowledge Management) contribue à l'objectif d'ENDURE de devenir pérenne puisque les outils développés assurent la perpétuation de l'intégration construite pendant ces quatre années entre les membres du réseau. Les solutions techniques ont été mises en œuvre pour permettre à ces outils d'être améliorés, adaptés et maintenus dans le futur. Toutes les applications d'ENDURE ont été intégrées dans un serveur commun au sein du JKI, qui continuera d'être opérationnel après la fin du financement par l'Europe.

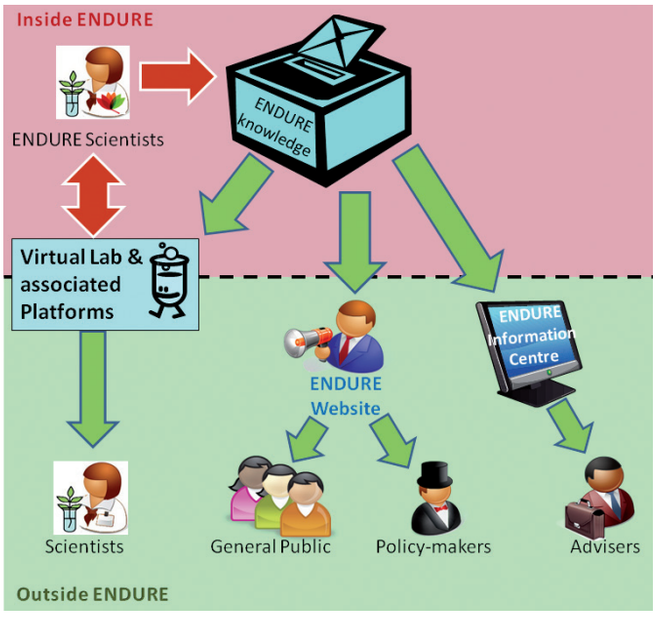


Figure 16 - La gestion intégrée des connaissances dans ENDURE

La nécessité d'assurer la future utilisation des outils développés par ENDURE a conduit au développement d'outils et de préconisations dédiés en matière de Propriété Intellectuelle. Le résultat majeur est l'élaboration d'un accord de licence générique qui peut être utilisé pour n'importe lequel des outils ENDURE pour permettre la partage de matériel avec des contributeurs extérieurs au réseau. De cette manière, une utilisation maximale du matériel est facilitée et les utilisateurs finaux ont le bénéfice supplémentaire de savoir exactement où ils en sont légalement par rapport à l'utilisation du matériel.

UN PROGRAMME DE MOBILITÉ CONCLUANT ET DES OPÉRATIONS DE RAPPROCHEMENT AVEC DE NOUVEAUX PARTENAIRES POUR RÉPONDRE À DES PROBLÉMATIQUES DE NIVEAU MONDIAL

Le programme de mobilité d'ENDURE a contribué à l'intégration de ses membres au sein de la communauté scientifique en supportant la mobilité de 64 scientifiques d'ENDURE, et à la création de relations spécifiques avec des partenaires non-européens (PNE) en permettant à huit scientifiques de ces pays de venir réaliser des travaux collaboratifs dans des laboratoires d'ENDURE (Figure 17). Quasiment tous les membres d'ENDURE ont participé au plan de mobilité interne en tant qu'institution d'origine ou bien d'accueil. La mobilité externe s'adressait à des scientifiques de pays non-européens en position d'établir une collaboration durable avec l'institution d'accueil. La mobilité a été un succès en améliorant l'intégration au sein du réseau et c'est pourquoi cette activité se prolongera dans le Groupement de Recherche Européen (GDRE) ENDURE.

En plus de ces actions spécifiques de mobilité, des relations avec des partenaires non-européens ont été établies grâce à différentes initiatives, notamment l'invitation de scientifiques de ces institutions à des ateliers, écoles chercheurs, et aux deux conférences internationales. La production d'outils dédiés a encouragé la création et la durabilité de ces liens (outils de communication en ligne et forum des PNE « après 2010 »). Après avoir forgé des liens entre ENDURE et des PNE pendant les quatre années de financement par la Commission européenne, une nouvelle approche structurelle a été conçue en lançant quatre réseaux régionaux dans la perspective de la pérennisation du réseau ENDURE au-delà de 2010 : le réseau européen devrait maintenant avoir des contreparties en Chine, au Brésil et en Amérique du Sud, dans le bassin Méditerranéen et en Afrique Sub-saharienne (Figure 18).

CRÉATION D'UN GROUPEMENT DE RECHERCHE EUROPÉEN COMME NOUVELLE ENTITÉ ENDURE PÉRENNE POUR RELEVER LES DÉFIS À VENIR

Durant ses quatre premières années d'existence, le réseau ENDURE a contribué à construire une communauté d'excellence pérenne au sein du paysage européen de la protection des plantes et au-delà. Penser sur le long terme a conduit à la création du groupement de recherche européen (GDRE) ENDURE qui poursuivra les quatre activités majeures qui assureront la pérennité d'ENDURE (Figure 19) :

1. Identifier les besoins de recherche et mettre en cohérence des programmes de recherche en protection des plantes en Europe.
2. Entretenir et partager les compétences et les outils au sein de la communauté scientifique, incluant : bases de données, programmes de formation et de mobilité.
3. Fournir une expertise scientifique en appui au développement et à la mise en œuvre de politiques publiques.
4. Mettre à disposition des conseillers techniques et des services d'accompagnement un ensemble de documents et d'informations validés par ENDURE.

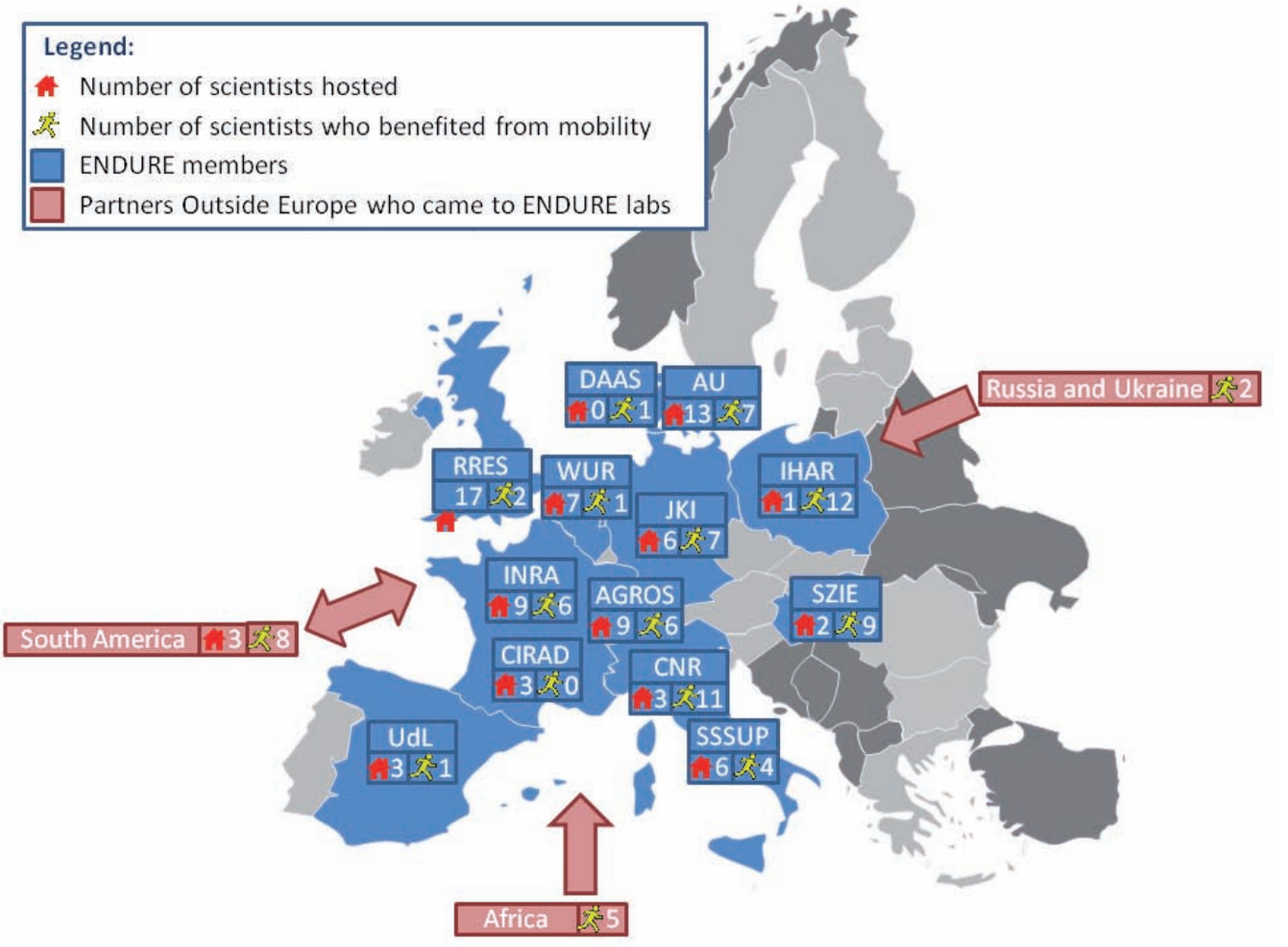


Figure 17 - Nombre de scientifiques d'ENDURE et des PNE qui ont profité du programme de mobilité.

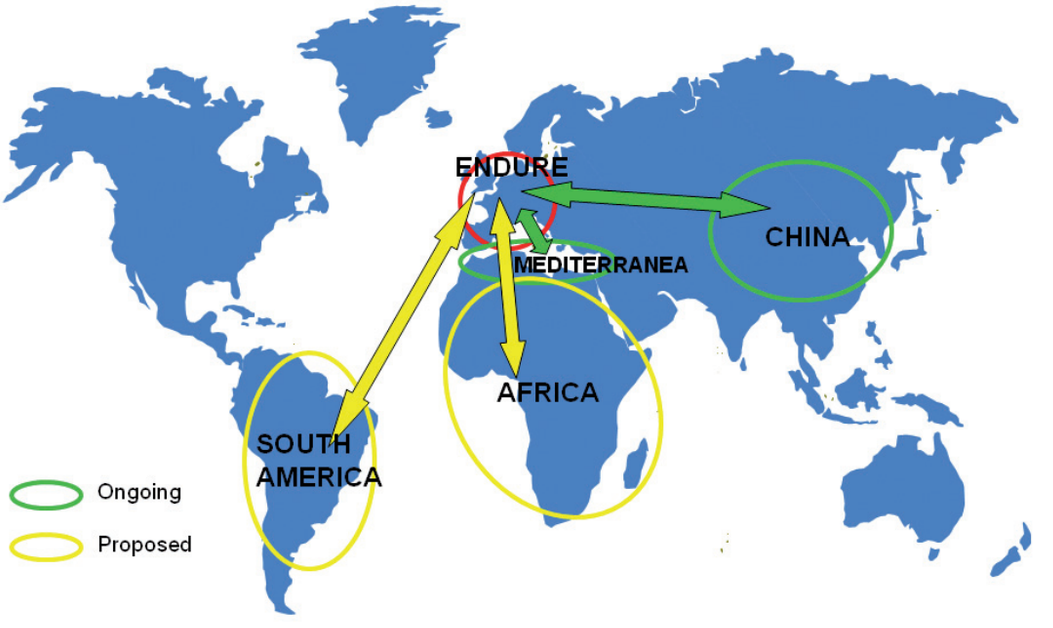


Figure 18 - Réseaux régionaux inspirés par ENDURE dans la perspective de sa durabilité.

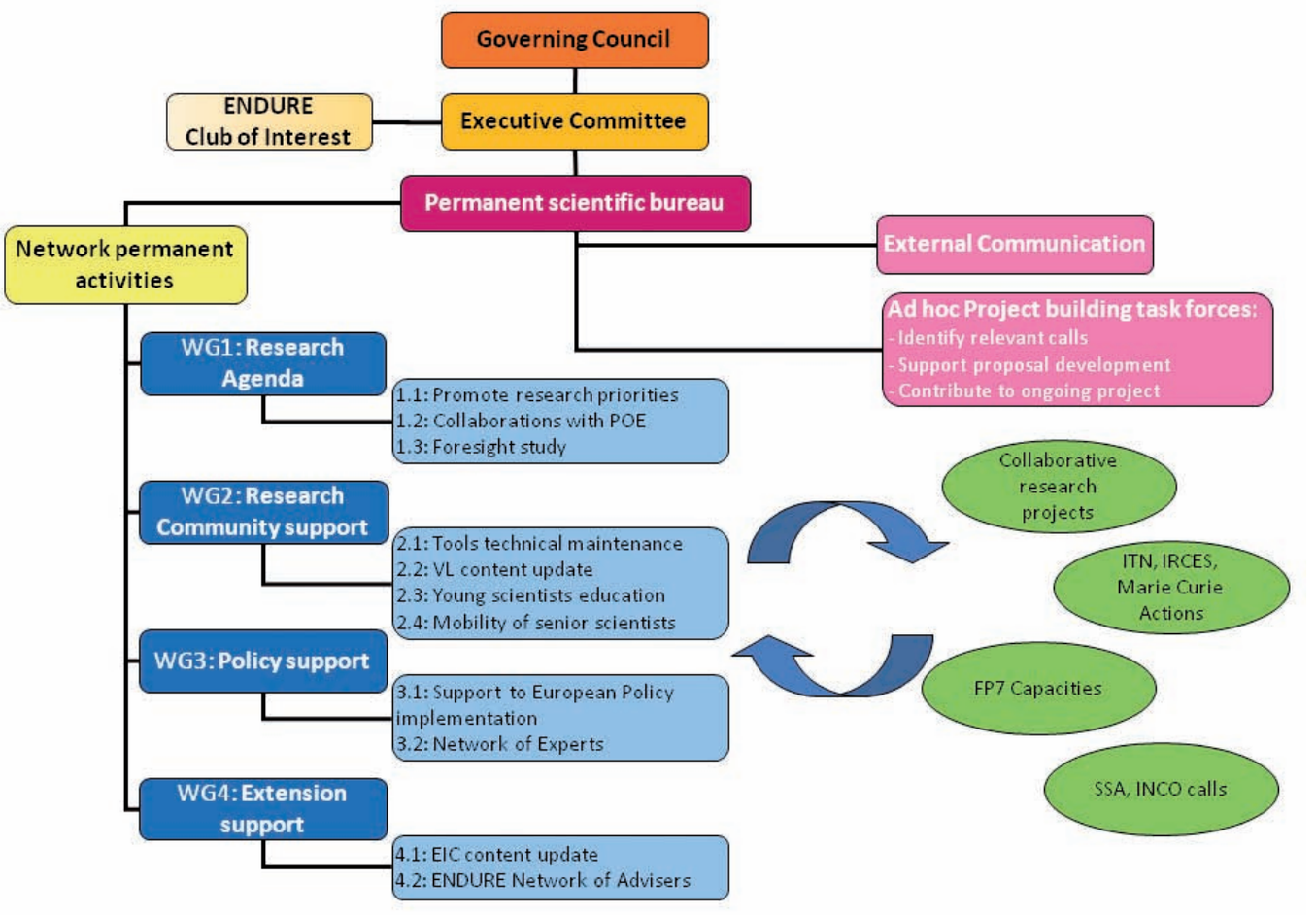


Figure 19 - Structure Structure of the ENDURE ERG

Durant les quatre dernières années, le réseau ENDURE a préparé activement la création du GDRE basée sur les fonds de ses propres partenaires. Ceci démontre la volonté politique et la compréhension des nouveaux défis en protection des cultures ainsi que la pertinence d'organiser la coopération à l'échelle européenne et internationale pour répondre aux enjeux qui dépassent les frontières nationales.

ET MAINTENANT…

ENDURE se tourne maintenant vers l'avenir pour construire sur la base des réussites de ces quatre dernières années rendues possible grâce au financement européen. Les institutions membres d'ENDURE ont décidé de mutualiser leurs ressources pour créer un Groupe de Recherche Européen (GDRE) permanent. Dans les années qui viennent, leur ambition est de devenir une ressource majeure pour nos trois publics cibles – conseillers techniques, décideurs politiques et chercheurs – qui sont maintenant mobilisés dans l'ensemble des 27 États membres autour du défi posé par le nouveau contexte politique.

Pour les conseillers techniques, ENDURE vise à devenir un point central de référence scientifique et technique. Le Centre d'Information ENDURE (EIC – ENDURE Information Centre) sera encore développé pour devenir une source clé d'information pratique et de supports de formation dans plusieurs langues européennes. Le réseau de conseillers techniques qu'ENDURE est en train de monter à travers l'Europe rendra possible les échanges d'expériences nationales et de savoir-faire, ainsi que les discussions sur les nouveaux défis émergeants des nouvelles demandes de la société. De nouveaux supports de formation permettront d'accompagner les agriculteurs dans leur transition vers la protection intégrée.

ENDURE se consacre à apporter son expertise scientifique pour éclairer les décideurs politiques, en particulier dans le contexte de la mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'utilisation durable des pesticides et son Article 14 qui rend obligatoire la mise en œuvre de la protection intégrée pour l'ensemble de l'agriculture européenne d'ici à 2014. A ce propos, ENDURE a commencé et continuera à apporter son soutien au développement et à la mise en œuvre des Plans d'Action Nationaux par les États membres et à produire des études d'expert d'intérêt pour la sphère politique.

Pour les chercheurs européens et internationaux, des outils de recherche accessibles à tous, des initiatives de mobilité internationale et la participation à des actions de formation créent une communauté de pratique opérationnelle autour de la protection intégrée. Les bases sont aussi posées pour faire d'ENDURE un espace institutionnel dédié à la réflexion stratégique à long terme et à la coordination des efforts de recherche nationaux et européens. Le GDRE ENDURE s'efforcera de devenir une plateforme de lancement de nouveaux projets et initiatives européennes et internationales et fera la promotion de priorités de recherche pour les agendas nationaux et européens. ENDURE maintiendra cet élan européen pour créer des synergies entre initiatives nationales, et ce afin de réduire la dépendance aux pesticides tout en préservant la compétitivité de l'agriculture européenne.

Pour tous les acteurs concernés par la protection des plantes et la question des pesticides, qu'ils soient ou non du monde de la recherche, ce Groupe de Recherche Européen fonctionnera comme un forum d'identification des futures initiatives de la recherche, du conseil agricole et des politiques publiques pour faire progresser les approches durables en protection des plantes.

ACTIVITIES	INSTITUTION	NAME	FIRST NAME
INTEGRATING ACTIVITES			
• **Ensure long-term strategy of ENDURE**	INRA	Ricci	Pierre
Ensure long-term strategy of ENDURE	INRA	Ricci	Pierre
Network of experts	INRA	Barzman	Marco
European Crop protection in 2030	INRA	Latxague	Emilie
Cross-linking with networks and projects	CIRAD	Sarah Hugon	Jean-Louis Rémy
Network durability	IT	Troillard	Vincent
• **Creation of a networked "virtual" laboratory in crop protection**			
Sharing of resources, facilities and protocols	RRES	Evans	Neal
Development of a modelling platform and integration of DSSs	AU	Rydahl Nielsen	Per
• **Human Resource Exchange**	CNR	Sattin Piccolo	Maurizio Federica
• **Integrated knowledge and communication within the Network**			
Tools for integrated knowledge management	JKI	Dachbrodt-Saaydeh	Silke
Reinforce Communication within the network	IT	Troillard	Vincent
JOINTLY EXECUTED RESEARCH ACTIVITIES			
• **Optimising and reducing pesticide use based on existing approaches**			
> Identification, configuration and evaluation of case studies	AU	Kudsk	Per
> Implementation of the case studies			
Wheat	AU	Nistrup Jørgensen	Lise
Potato	PRI	Schepers	Huub
Integrated weed management (IWM)	AU	Melander	Bo
Pomefruit	PRI	Heijne	Bart
Tomato	UdL	Gabarra Arno	Rosa Judit
Banana	CIRAD	Cote Risede	François Jean-Michel
Field Vegetables	INRA	Lucas	Philippe
Maize	AGROS	Mouron	Patrik
Grapevine	INRA	Gary	Christian
• **Optimising and reducing pesticide use based on existing approaches**			
Prevention of pest damage at the cropping system level	INRA	Aubertot	Jean-Noel
Exploitation of innovative technologies for implementing crop protection strategies	PRI AU	Zijlstra Thysen	Carolien Iver
Exploitation of landscape and community ecology	INRA	Lavigne	Claire
Design of crop protection strategies through modelling and experimentation	INRA	Messéan	Antoine
Orchard system study - Phase 1	PPO	Heijne	Bart

ACTIVITIES	INSTITUTION	NAME	FIRST NAME
Designing Innovative crop protectin strategies in arable rotations	INRA AU	Messéan Kusk	Antoine Per
Winter Crops Based Cropping Systems (WCCS)	AU RRES	Melander Evans	Bo Neal
Maize Based Cropping Systems (MBCS)	SZIE CNR	Kiss Sattin	Jozsef Maurizio
Meta-analyses of rotational effects on weeds and pests	RRES	Bohan	David
• Multi-sector evaluation of crop protection methods & cropping systems			
Assessment of crop protection strategies based on multicriteria methods	AGROS	Mouron	Patrik
Analysis of economic driving forces related to crop protection systems	AGROS	Mack	Gabriele
Environmental risk and benefit assessment	JKI	Strassemeyer	Jörn
Life Cycle Assessment	AGROS	Gaillard	Gérard
Societal assessment of current and novel low input crop protection strategies	INRA	Lamine	Claire
• Improving the basic understanding of the biology of the crop-pest systems			
Exploitation of plant genetic resistance	INRA	Durel	Charles-Eric
Exploitation of natural biological processes	IBMA CNR	Blum Ruocco	Bernard Michelina
Weed biology and management	AU	Holst	Niels
SPREADING ACTIVITIES			
• Joint training and education programmes			
Joint Programme of training research, key staff and end-users	SZIE	Kiss	József
Joint Educational Programme	SSSUP	Bàrberi	¨Paolo
• Technology Transfer	IT INRA	Lenée Barbier	Philippe Pascale
• External Communication	CIRAD	Nouaille	Christine
• Development of ENDURE-Information Centre for use by Advisors	PPO	Schoorlemmer	Herman
• Development of a framework for interaction between research and policy making	JKI	Dachbrodt-Saaydeh	Silke
• Management of the Consortium	IT	Troillard	Vincent

Remerciements

La contribution de Sybille Bui dans la préparation de ce rapport a été grandement appréciée.
Le coordinateur d'ENDURE remercie l'INRA pour son soutien technique et financier dans l'édition de ce document and pour l'organisation de la conférence internationale « IPM in Europe » organisée à Paris les 24 et 25 Novembre 2010.

LISTE DES ARTICLES SCIENTIFIQUES D'ENDURE

2007

Durel C.-E., Laurens F., Caffier V., Le Cam B., Sapoukhina N., 2007. Researches to improve pomefruit resistance to apple scab. *Carrefours des Innovations Agronomiques (1): 47-61.*

Gardarin A., Dürr C., Colbach N., June 2007. Analysis of the relationships between emergence processes and life history traits of weed species of North-Western Europe, *14th EWRS Symposium*, Hammar, Norway.

Heijne B., 2007. ENDURE: Best Practices in Europa. *Fruitteelt 97(48): 12-13.*

Willocquet, L., Aubertot, J.N., Lebard, S., Robert, C., Lannou, C., Mille B., Czembor, J., Savary, S., June 2007. WHEATPEST, a production situation – based simulation model of yield losses caused by multiple injuries for wheat in Europe, *Field Crops Research, 2008. 107(1): 12-28.*

2008

Casado D., Avilla, J., Patocchi A., Samietz J., Paaske K., Lavigne C., Sauphanor B., Parisi L., Heijne, B. 2008. State of the art of control strategies of codling moth, apple scab and brown spot in Europe. Poster. *IOBC Conference on Integrated Fruit Growing,* 28-30 October 2008, Avignon, France.

Chabrier Ch. and Quénéhervé P., 2008. Preventing nematodes from spreading: a case study with Radopholus similis in a banana field. *Crop Protection 27: 1237-1243.*

De Lapeyre de Bellaire L., Risède J-M, 2008. A laboratory method to evaluate Pseudocercospora musae's sensitivity to fungicides. *Fruits, 63(1): 53-56.*

Deike S., Pallutt B., Melander B., Strassemeyer J., Christen O., 2008: Long-term productivity and environmental effects of arable farming as affected by crop rotation, soil tillage intensity and strategy of pesticide use: A case-study of two long-term field experiments in Germany and Denmark. *Europ. J. Agronomy 29: 191–199.*

Delmotte S., 2008. Evaluation contextualisée de la durabilité pour la conception de systèmes de culture viticoles à l'échelle de la parcelle. *Mémoire de fin d'études de Montpellier SupAgro*, 80 p.

Didelot F., Brun L., Parisi L., 2007. Effects of cultivar mixtures on scab control in apple orchards. *Plant Pathology 56:1014-1022.*

Gouache D., Jorgensen L.N., Jahn M., Clark B., Antichi D., Góral T., Schepers H., Lucas P., Rolland B., Hornok, L. Septembre 2008. Limiter les maladies sans avoir recours aux fongicides ? *Perspectives Agricoles N° 348.*

Heijne B., 2008. Toepassing van geïntegreerde bestrijding van fruitmot, schurft en zwartvruchtrot in Europa Poster. *Fruit Knowlegde Day,* November 2008, Wageningen, The Netherlands.

Hovmøller M.S., Yahyaoui A.H., Milus E.A. and Justesen A.F., 2008. Rapid global spread of two aggressive strains of a wheat rust fungus. *Molecular Ecology 17, 3818-3826.*

Jørgensen L.N., Nielsen G.C., Ørum J.E., Jensen J.E., and Pinnschmidt H.O., 2008. Integrating Disease Control in Winter Wheat –Optimizing Fungicide Input. *Outlooks of Pesticide Management 19(5): 206-213.*

Jørgensen L.N., Nielsen G.C., Ørum J.E., and Noe E., December 2008. Controlling cereal disease with reduced agrochemical inputs – a challenge for both growers and advisers. *Cereal pathosystems.* BSPP presidential meeting, London. 23-34.

Jørgensen L.N., Noe E., Nielsen G.C., Jensen J.E., Ørum J.E., Pinnschmidt H. 2008, Problems with disseminating information on disease control in cereals to farmers. *European Journal of Plant Pathology. 121: 303-312.*

Lamine C., Meynard J-M., Perrot N., Bellon S., 2008. Analyse des formes de transition vers des agricultures plus écologiques : les cas de l'Agriculture Biologique et de la Protection intégrée, *Innovations Agronomiques, 29.*

Melander B., Bàrberi P. & Munier-Jolain N., 2008. Comparison of integrated weed management strategies in silage maize. *Proceedings 5th International Weed Science Congress*, Vancouver (CA), 23-27 June, 12-13.

Prete G., 2008. Surveiller en éradiquant : l'importance des « médiateurs de la surveillance et des réseaux informels dans la surveillance des risques sanitaires et environnementaux », *Sociologie du Travail. 50(4): 489-504.*

Salvioli A, Lumini E, Anca IA, Bianciotto V, Bonfante P., 2008. Simultaneous detection and quantification of the unculturable microbe Candidatus Glomeribacter gigasporarum inside its fungal host Gigaspora margarita. *New Phytologist; 180(1):248-57.*

Zande J.C. van de, V.T.J.M. Achten, J.M.G.P. Michielsen, M. Wenneker & A. Th. J. Koster, 2008. Towards more target oriented crop protection. *International Advances in Pesticide Application, Aspects of Applied Biology 84(2008): 245-252.*

2009

Arnó J., Gabarra R., Estopà M., Gorman K., Peterschmitt M., Bonato O., Vosman B., Hommes M. Albajes R., 2009. *Implementation of IPM programs on EUropea, greenhouse tomato production areas: Tools and constraints.* Edicions de la Universitat de Lleida.

Aubertot JN., Soudais J., Czembor J., Domeradzka O., 2009. *Evaluation of the predictive quality of WHEATPEST for spring wheat (/Triticum aestivum/)* in Poland.

Balestrini R., Magurno F., Walker C., Lumini E., Bianciotto V., 2009. Cohort of arbuscular mycorrhizal fungi in Vitis vinifera, a typical mediterrean fruit crop. *Environmental Microbiology Report 2(4):594-604.*

Borriello R., Lumini E., Bonfante P., Bianciotto V. Effects of different management practices on fungal biodiversity in agricultural soils. *European Geosciences Union General Assembly*, Vienna, Austria, April 2009.

Côte F.-X., Abadie C., Achard R., Cattan P., Chabrier C., Dorel M., de Lapeyre de Bellaire L., Risède J.M., Salmon F., Tixier P. 2009. Integrated pest management approaches developed in the French West Indies to reduce pesticide use in banana production systems. *Acta Horticulturae 828. 375-382.*

Czembor E. and Ochodzki P. Resistance of flint and dent maize forms for colonization by Fusarium spp. and mycotoxins contamination. Maydica, *Volume 54,* 2009.

Dedryver F., Paillard S., Mallard S., Robert O., Trottet M., Nègre S., Verplancke G., Thomas G., Chalhoub B. and Jahier J. The combination of resistance factors effective at different plant stages may explain the durability of resistance to stripe rust in the bread wheat cultivar Renan. *ITMI/COST Tritigen 2009*, August 31-September 4, 2009.

Delmotte S., Gary C., Ripoche A., Barbier J.M., Wery J., 2009. Contextualization of on farm ex ante evaluation of the sustainability of innovative cropping systems in viticulture, using a multiple criteria assessment tool (DEXi). In: van Ittersum M., Wolf J., van Laar G. (eds) Proceedings of AgSAP Conference 2009 - *Integrated Assessment of Agriculture and Sustainable Development, Setting the Agenda for Science and Policy,* Egmond aan Zee (The Netherlands): 180-181.

Djian-Caporalino C., Palloix A., Fazari A., Marteu N., Bongiovanni M. and Castagnone-Sereno P. Assessing the durability of resistance to root-knot nematodes Meloidogyne spp . in pepper (Capsicum annuum) genotypes. *2nd International Congress of Tropical Nematology,* 4-9 October 2009, Maceio, Alagoas State, Brazil.

Djian-Caporalino C., Védie H. (GRAB), and Arrufat A. (CIV-AMBio). De nouvelles pistes pour gérer les nématodes à galles. PHM, *Revue Horticole* juillet 2009. 515: 34-37.

Dorel M., Lakhia S., Pététin C., Bouamer S., Risède J-M., 2009. No-till banana planting on crop residues mulch. Effect on soil quality and crop functioning. *Fruits. 65(2): 55-68.*

Evans N. The ENDURE project - diversifying crop protection in Europe. *British Crop Production Council 2009 Congress*, Glasgow, Scotland.

Ferreira C.F., Van der Lee T.A.J., Zapater M.F., Carlier J., Goodwin S.B., Souza Jr., and Kema G.H.J., 2009. A genetic linkage map of Mycosphaerella fijiensis , using SSR and DArT markers. Genetics Society of America, *Fungal Genetics Conference,* Pacific Grove, March 17-22, 513.

Garcia S.A.L., Van der Lee T.A.J., Ferreira C.F., Te Lintel Hekkert B., Carlier J., Goodwin S.B., Guzmán M., Souza Jr. M.T., and Kema G.H.J., 2009. Development of VNTR markers to assess genetic diversity of Mycosphaerella fijiensis, the causal agent of black Sigatoka disease in bananas (Musa spp.). 7th International Mycosphaerella and Stagonospora Symposium, Ascona, Switzerland (August 18-22, 2008). *Conference Proccedings.*

Hayer F., Baumgartner DU., Bockstaller C., Gaillard G., Kägi T., Mamy L., Nemecek T., Strassemeyer J., 2009. *Multicriteria comparison of ecotoxicity methods focused on pesticides. Life Cycle Assessment IX – Toward the global life cycle economy,* 29 Sept. - 2 Oct. 2009, Boston, USA (Oral communication).

Heijne B., 2009. Toepassing geïntegreerde maatregelen geïnventariseerd (Inventory of applied integrated control methods). *Fruitteelt 99(3): 10-11.*

Jørgensen L.N., April 2009. Danmark har et lavt pesticidforbrug. *Landbrugsavisen 10.*

Jørgensen L.N. EuroWheat - bringing information on disease management together across borders. *British Crop Production Council 2009 Congress*, Glasgow, Scotland.

Latxague E., Barzman M., Bui S., Abrassart C., Ricci P., 2009. ENDURE Foresight Study: A Tool for Exploring Crop Protection in Europe in 2030 and Its Implications for Research. In: Feldmann F, Alford D V, Furk C: *Crop Plant Resistance to Biotic and Abiotic Factors,* 554-558 DeutschePhytomedizinische Gesellschaft, Braunschweig, Germany

Lumini E., Orgiazzi A., Borriello R., Bonfante P., Bianciotto V. A pyrosequencing analysis of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) communities in five Sardinian soils across a land-use gradient. FEMS 2009, *3rd Congress of European Microbiologists,* Gothenburg, Sweden.

Lumini E., Orgiazzi A., Borriello R., Bonfante P., Bianciotto V. Disclosing arbuscular mycorrhizal fungal biodiversity in soil through a land-use gradient using a pyrosequencing approach. *Environmental Microbiology (2010). 12(8): 2165–2179.*

Meissle M., Mouron P., Musa T., Bigler F., Pons X., Vasileiadis V.P., Otto S., Antichi D., Kiss, J., Pálinkás Z., Dorner Z., van der Weide R., Groten J., Czembor E., Adamczyk J., Thibord J.-B., Melander B., Cordsen Nielsen G., Poulsen R.T., Zimmermann O., Verschwele A., Oldenburg E.. Pests, pesticide use and alternative options in European maize production: current status and future prospects, *Journal of Applied Entomology, 2010. 134(5): 357-375.*

Milus E.A., Kristensen K. and Hovmøller M.S., January 2009. Evidence for Increased Aggressiveness in a recent Widespread Strain of Puccinia striiformis f.sp. tritici causing stripe rust on wheat. *Phytopathology. 99(1): 89-94.*

Motisi N., Montfort F., Faloya V., Lucas P., Doré T., May 2009, Growing Brassica juncea as a cover crop, then incorporating its residues provide complementary control of Rhizoctonia root rot of sugar beet, *Field Crop Research. 113(3): 238-245.*

Rhino B., Dorel M., Tixier Ph., Risède J-M. Effect of fallows on population dynamics of Cosmopolites sordidus, toward integrated management of banana fields with pheromone mass trapping. *Agricultural and Forest Entomology (2010). 12(2): 195-202.*

Risède J-M., Chabrier Ch., Dorel M., Lakhia K., Jenny C., and Quénéhervé P., 2009. Recent and up-coming strategies to counter plant-parasitic nematodes in banana cropping systems of the French West Indies. *Acta Horticulturae, 828:117-127.*

Sapoukhina N, Durel Ch.-E., Le Cam B., March 2009. Spatial deployment of gene-for-gene resistance governs evolution and spread of pathogen populations. *Theoretical Ecology. 2(4): 229-238.*

Stergiopoulos I., Van den Berg H., Okmen B., Beenen H., Kema G.H.J., and De Wit P.J.G.M., 2009. Homologues of the Cladosporium fulvum effector proteins are present in Mycosphaerella species. *Genetics Society of America, Fungal Genetics Conference,* Pacific Grove, March 17-22, 539.

Thyssen I., 2009. Architecture of information systems for automated arable farming. *JIAC Conference 2009,* Wageningen, The Netherlands, 6-8 July 2009.

Vinatier F., Tixier Ph., Le Page Ch., Duyck P-F, and Lescourret, F., 2009. COSMOS, a spatially explicit model to simulate the epidemiology of Cosmopolites sordidus in banana fields. *Ecological Modelling, 18: 2244-2254.*

Zande J., 2009. Plant-specific and canopy density spraying to control fungal diseases in bed-grown crops. *JIAC Conference* 2009, Wageningen, The Netherlands, 6-8 July 2009.

2010

Alaphilippe A., Lavigne C., Toubon, J.F. ; Sauphanor, B. ; Ricci, B. ; Strassemeyer, J., 2010. Environmental risk assessment of plant protection scenarios at a landscape scale in the Rhone Valley with the GIS-based indicator SYNOPS. 11th ESA Congress 29th August-3rd September 2010, Montpellier. *Proceedings: 887-888.*

Buurma J. S., Lamine C., Haynes, I., 2010. Transition to Consumer - Driven Value Chains in The Netherlands. *28th International Horticultural Congress.* 22-27 August 2010.

Djian-Caporalino C., Palloix A., Fazari A., Marteu N., Bongio-

vanni M., Sage-Palloix A.M., Nemouchi G. & Castagnone-Sereno P., 2010. Durable management of root-knot nematodes Meloidogyne spp. in pepper (Capsicum annuum) using resistant genotypes. *XIV^th EUCARPIA Meeting on Genetics and Breeding of Capsicum & Eggplant* 30th August-1st September 2010. pp. 125-126.

Djian-Caporalino C., Védie H. & Arrufat A. (2009). Luttes alternatives contre les nématodes à galles. Dossier « Moyens alternatifs ». Phytoma - *La Défense des Végétaux 624-625, 21-25.*

Holst N., 2010. WeedML: a Tool for Collaborative Weed Demographic Modeling. *Weed Science*, in press.

Labussière E., Barzman M., Ricci P., 2010 – European crop protection in 2030. *A foresight study. INRA publication* (November 2010)

Lamine C., Meynard JM., Bui S., Messéan A., 2010. Réductions d'intrants : des changements techniques, et après ? Effets de verrouillage et voies d'évolution à l'échelle du système agri-alimentaire. *Innovations Agronomiques (2010). 8:121-134.*

Lamine C., Tétart G., ChateauraynaudF. 2010. Le bio comme reconfigurateur des controverses sur les pesticides et les OGM (1995-2008). Colloque « *Pesticides* » de la SFER, March 2010.

Lê Van A., De Gracia M., Lasserre P., Caffier V., Le Cam B., Durel C-E., 2010. Evaluation of selection pressures exerted by apple major resistance genes and QTLs on Venturia inaequalis core collections. « 8^e *Rencontres de Phytopathologie - Mycologie de la Société Française de Phytopathologie (Journées Jean Chevaugeon 2010)* », 25-29 janvier 2010, Aussois, France, oral communication.

Lê Van A., Caffier V., Le Cam B., Lasserre P., Durel C-E., 2010. Selection pressures exerted by apple scab resistance QTL on Venturia inaequalis co-inoculated strains. *10th European Conference on Fungal Genetics*, Amsterdam, oral communication.

Lô-Pelzer E., 2010. DEXiPM, a model for qualitative multicriteria assessment of the sustainability of pest management cropping systems based on integrated crop management. Submitted to Agricultural Systems. AGRO2010, *The International Scientific Week around Agronomy,* Montpellier, August 29 to September 03, 2010. 323.

Motisi N., Doré T., Lucas P, Montfort F., 2010. Dealing with the variability in biofumigation efficacy through an epidemiological framework. *Soil Biology and Biochemistry* (In Press).

Mouron P., Aubert U., Heijne B., Naef A., Strassemeyer J., Hayer F., Gaillard G., Mack G., Hernandez J., Avilla J., Solé J., Saupanor B., Alaphilippe A., Patocchi A., Samietz J., Höhn H., Bravin E., Lavigne C., Bohanec M. and Bigler F., 2010. A multicriteria decision method assessing the overall sustainability of new crop protection strategies: the case of apple growing in Europe. IFSA congress 4-7 July 2010. pp. 931-941.

Ricci P., 2010 – Économiser en pesticides: contrainte ou opportunité ? *Innovations Agronomiques. 8: 1-13.*

Sasvari Z. and Posta K., 2010. Effect of different plant densities on the diversity of AMF community in a long-term maize monocrop system. *Spanish Journal of Agricultural Research, 2010. 8(1): 123-130.*

Storkey J, Moss SR & Cussans JW (2010) Using assembly theory to explain changes in a weed flora in response to agricultural intensification. *Weed Science (2010). 58(1): 39-46.*

Les photos sans droit d'auteur mentionnés dans ce document sont libres d'utilisation ou en provenance des ressources personnelles des auteurs.
Merci de contacter directement l'auteur concerné, si vous souhaitez utiliser une de ces photos.

endure®
diversifying crop protection

Composition du consortium

Recherche
INRA / FR
JKI / DE
RRES / UK
CIRAD / FR
CNR / IT
AGROS / CH
WUR (PRI, PPO, LEI) / NL
IHAR / PL

Éducation & R
SSSUP / IT
SZIE / HU
UdL / SP
AU / DK

Conseil technique
VFL / DK
ACTA / FR

Management
IT / FR

Industrie
IBMA / Int.



© INRA / JKI
novembre 2010
Publié par l'Inra