

## Modèle rapport final PSPE1 – VESPA

### 3. Rapport scientifique

#### Table des matières

Modèle rapport final PSPE1 – VESPA 3. Rapport scientifique.....	1
Contexte : problématique, état de l’art et enjeux .....	1
Appropriation d’une démarche.....	2
Matériel et méthode .....	4
Sélection de résultats illustratifs .....	5
Contenu des BSV interrogé à partir de la base web sémantique.....	5
Comportements face à l’incertitude .....	6
Sources et valeur de l’information .....	9
Lier les choix individuels supportés par les informations fournies à un état sanitaire global et sa dépendance aux ‘phytos’ .....	11
Comprendre le choix des acteurs et identifier la place d’une information sanitaire .....	12
Discussion conclusive .....	16
Quel support et quelle modulation du risque décrit dans les messages d’alerte : la place à accorder aux mesures prophylactiques. ....	16
Articulation Alerte / observation vérificatrice. ....	17
Bénéfices indirects .....	17
Références citées .....	18

#### Contexte : problématique, état de l’art et enjeux

Comme présenté dans le texte introductif de l’appel PSPE1, « *le plan écophyto et plus largement le projet d’agroécologie pour la France ambitionnent de susciter, de soutenir et d’accompagner une évolution des pratiques vers une meilleure durabilité économique sociale et environnementale de l’agriculture française tout en reconnaissant la pluralité des modèles d’agriculture qui seront amenés à coexister* ». Dans ce qu’ils auront de commun, quels que soient les modèles d’agriculture, ces plans impliquent notamment de faire acquérir aux agriculteurs une meilleure appréhension de la réalité des risques phytosanitaires et des impacts immédiats ou différés de leurs pratiques. Le conseil peut contribuer à ce qu’ils adoptent des solutions innovantes dans leurs systèmes de culture. Via la fourniture de références, cet éclairage est susceptible d’assurer un accompagnement qui les aide à repenser leur stratégie de gestion des bioagresseurs au sein du contexte sociotechnique de leur exploitation, des filières d’approvisionnement et de négoce et de leurs territoires. En amont, cela nécessite d’identifier comment l’action des différents acteurs publics et privés peut créer les conditions qui favorisent les transitions vers une approche renouvelée de la protection des cultures.

Le Plan Ecophyto 2018 comporte, dans ses différents axes, la mise en place de dispositifs accompagnateurs, dont un réseau d'épidémiologie (axe 5 du plan). Ce réseau couvre l'ensemble des régions, assurant le suivi hebdomadaire de plusieurs milliers de parcelles et rédigeant annuellement environ 3000 bulletins de santé du végétal mis en libre accès. Le réseau contribue également à la détection de l'émergence de pathogènes réglementés, même si ce n'est pas son objectif premier. La montée en puissance de ce réseau a soulevé en particulier la question de sa valorisation effective directe d'éclairage de la décision des agriculteurs mais aussi de sa contribution à d'autres objectifs que l'orientation des pratiques phytosanitaires tels que : la caractérisation de la dynamique de changement du cortège de ravageurs au cours du temps en réponse à des changements globaux du climat, des assolements, des sensibilités variétales, d'adoption de pratiques à risque, d'accroissement des échanges mondiaux, etc.

Dans le projet VESPA nous en avons cerné 3 facettes correspondant chacune à une lacune de connaissances et, *a priori*, susceptibles de complémentarité : 1- la possibilité de valorisation de séries longues pour avoir une meilleure vision des épidémies et de leur dynamique butait sur l'absence d'archives accessibles et utilisables facilement, 2- la possibilité de relier les observations conduites dans un réseau d'épidémiologie à un bilan sanitaire afin de poser les bases génériques d'une analyse d'optimisation<sup>1</sup> et 3- une vision plus précise de la valeur que les destinataires attribuent à l'information qui leur est délivré afin de mieux cerner l'intérêt ou les différents intérêts d'un réseau d'épidémiologie. Enfin, les BSV peuvent constituer eux-mêmes des objets d'étude originaux non seulement quant à leurs fondements scientifiques, leur organisation et leur fonctionnement technique mais aussi pour leur valeur de relais d'un message qui peut évoluer avec l'expression des attentes et s'avérer ainsi un canal d'accompagnement du changement.

## Appropriation d'une démarche

Nous avons organisé la ligne directrice du projet VESPA sur la base des propositions faites par différentes équipes autour d'un fil directeur sur les éléments à entrer dans la balance de l'évaluation de ce qu'apporte un réseau d'épidémiologie. Tous les pays n'en ont pas et la question se posait légitimement de savoir si la France s'offrait 'sa danseuse' ou si elle profitait pleinement de l'existence de ce dispositif que d'aucun pourrait nous envier. La construction du projet VESPA revêtait donc un côté un peu artificiel mais venant sans aucun doute combler un déficit. Pour être honnête, l'ambition de pouvoir réunir tous les éléments travaillés dans une même équation 'coût/bénéfice' n'a pas été pleinement atteint. Sans doute trop d'ambition à imaginer pouvoir réunir des éléments relevant d'un même périmètre et venant couvrir une échelle de pas de temps cohérente. Sans doute aussi quelques difficultés à évaluer l'articulation entre les approches et le besoin de temps pour concrétiser pleinement les retombées synergiques pouvant en découler.

Un point de départ que nous connaissons est le montant de l'enveloppe budgétaire allouée à l'axe épidémiologie végétale maintenant inscrite au sein du plan Ecophyto. L'épidémiologie végétale diffère de celle conduite pour les animaux (organisée en plateforme) et une raison profonde sous-jacente pour expliquer partiellement la différence est qu'en santé végétale il est finalement considéré comme entrant dans l'ordre des choses que chaque année une fraction de la production soit perdue pour des raisons diverses là où il est intolérable de perdre un animal dans un cheptel.

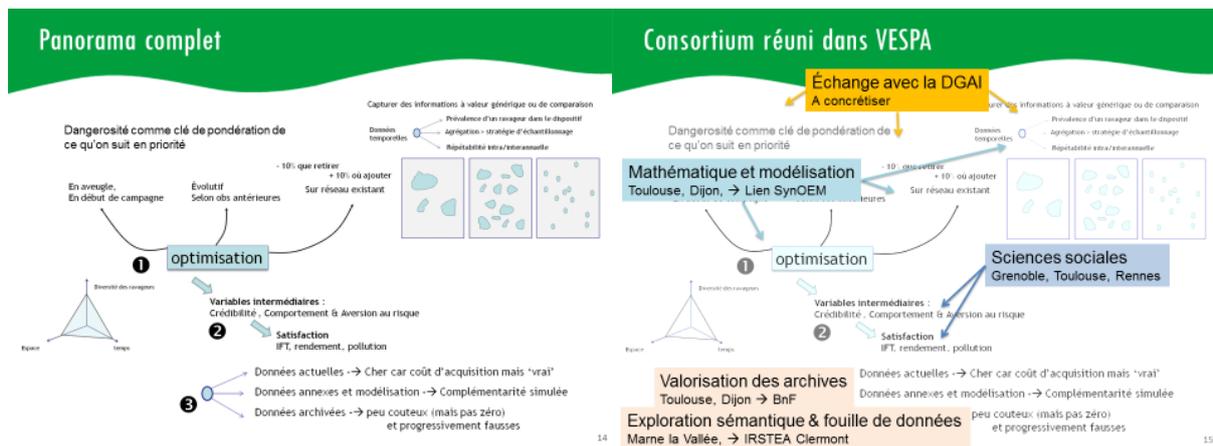
---

<sup>1</sup> Capter le bon niveau d'information utile et ne basculer ni dans les trous dommageables de connaissance amenant à ne pas anticiper des risques sanitaires majeurs ni, à l'inverse, pêcher par excès d'information amenant une redondance entre données collectées, voire poussant éventuellement à susciter des interventions à des échelles locales pour un risque finalement sans suite.

Cette différence mérite d'être relevée car elle explique que la santé végétale soit *a priori* perçue et gérée comme un compromis à optimiser entre le coût de la protection phytosanitaire et le maintien de rendement à en attendre. Quasiment jamais dans le monde animal on ne discute la légitimité et nécessité des soins là où l'on peut discuter de la dépendance aux produits phytopharmaceutiques. Ce n'est sans doute pas un hasard si la transition agroécologique se concentre plus spontanément sur les cultures que sur l'élevage.

Pour autant, le modèle dominant y compris tel que relayé par les politiques ou les actions syndicales est celui d'une agriculture intensive, exempte de défaut et susceptible de gagner la compétition de certains marchés mondiaux fasse à la concurrence d'autres grandes nations productrices de matières premières agricoles. Dans la facette cachée qui sous-tend cette position, l'évolution de l'agriculture au cours des trente glorieuses ainsi que l'efficacité du modèle intensif d'itinéraire technique pour atteindre de hauts rendements ne sont globalement que peu remis en question. L'agriculteur se retrouve donc le destinataire conscient ou inconscient d'injonctions paradoxales contradictoires pouvant se résumer à 'produisez beaucoup et bien'. Au sein de ce paradigme, l'épidémiologie végétale se présente donc selon un schéma de conceptualisation qui lui est propre et que nous avons essayé de 'chainer' pour en saisir les tensions, la logique et les déficits de connaissance.

Ce schéma est présenté en figure 1



**Légende figure 1** – Chainage d'optimisation de l'épidémiologie végétale ; conceptualisation réalisée dans le projet VESPA telle que présentée au séminaire intermédiaire Ecophyto des 4 et 5 juin 2014.

C'est sur cette base, objet de débats internes comme avec des partenaires externes que nous avons identifié ce que nous voulions réunir en portant notre attention sur 3 points :

- 1- Même si les avancées du numérique sont susceptibles de changer la donne, il est illusoire de penser '**tout savoir**' sur '**tout**' et '**tout le temps**' et il y a donc lieu de réaliser des arbitrages sur ce que l'on suit et comment. Cette question relève d'un problème d'optimisation ce que la modélisation peut permettre de traiter et d'adapter aux caractéristiques des contextes de production (dont assolement, distance entre parcelles, etc) et des organismes biologiques suivis (réservoir des épidémies, spectre d'hôtes, modalité de contamination de proche en proche, prévisibilité de présence interannuelle, pour n'en citer que quelques-uns), ces derniers étant plus souvent des bioagresseurs que des organismes auxiliaires.
- 2- Le travail d'épidémiologie végétale se traduit sur le très court terme par l'émission de messages d'alerte à destination des décideurs mais ceux-ci ont potentiellement d'autres sources d'informations ; ils raisonnent sur le court terme mais intègrent aussi la nécessité de

ménager le moyen et long terme. Par ailleurs, un réseau d'alerte réunit aussi les éléments d'une histoire de la protection phytosanitaire ce qui en soit a une valeur et représente une piste d'amélioration du futur ainsi qu'une source pour aborder des questions sans réponse autour i) de la fluidité de la dynamique des cortèges biologiques présents, ii) ce qui constitue une entrée ou sortie de crise (phyto)sanitaire, iii) un jeu de données à large échelle pour certaines modélisations du fait de l'existence de variations dans le temps et l'espace tout particulièrement en lien avec la notion de prévisibilité interannuelle<sup>2</sup>. Il y avait donc un important travail à mener sur la valeur globale potentielle des informations collectées ; cette valeur venant se surajouter aux bénéfices de court terme. La balance entre les différentes formes et supports des bénéfices constitue là encore un lieu de compromis entre objectifs et allocation des moyens.

- 3- Enfin, il importait de voir comment les alertes étaient perçues et utilisées. Ce point traité dans la littérature notamment dans sa facette d'évaluation de l' 'aversion au risque' pouvait présenter au moins deux facettes qui nous semblaient relativement orphelines : la première consistait à considérer que les avertissements n'arrivent pas dans un monde vierge mais viennent en appui ou en contradiction d'autres sources d'informations collectées par les décideurs. Dans ce contexte, une valeur habituellement admise par les économistes est que l'information vienne conforter la décision et donc réduire l'incertitude quant à la pertinence des choix à réaliser. Le petit soupir d'aise que l'on pousse quand on pense 'je m'y attendais' est l'expression de cette valeur qu'il est envisageable de tenter de chiffrer. L'autre facette consiste à rebâtir le cheminement logique de la décision est de regarder quelles en sont les composantes que l'on peut tenter de quantifier étape par étape avant de reconstruire l'arbre décisionnel complet.

Vous l'aurez compris, ces éléments ont servi de trame pour la conduite de nos travaux comme des animations qui ont jalonné les trois années de conduite du projet Vespa.

## Matériel et méthode

### Approches scientifiques utilisées.

Différentes méthodes ont été retenues pour couvrir chacune des principales facettes. Le rapport d'activité du projet VESPA y fait largement référence dans la mesure où cela traduit assez fidèlement la manière dont les équipes ont abordé leur questionnement, ce qu'elles ont mis en place et les hypothèses qu'ils ont émises ce faisant. On renverra donc utilement le lecteur à la consultation de ce document.

Très sommairement, les principales approches sont synthétisées dans l'encadré ci-dessous

#### ---- Encadré synthétique des méthodologies déployées ---

- La compilation des archives a nécessité une chaîne de numérisation, reconnaissance automatique des caractères et mise en format pdf multicouche (c.a.d. superposition de l'image à sa reconnaissance de caractère permettant une recherche 'texte').
- La mise au point d'un portail permettant la consultation des archives a nécessité d'automatiser l'export d'informations de caractérisation des ressources mais aussi de constituer des vocabulaires registres qui permettent de consulter pour une même requête

<sup>2</sup> En gros si les cartes d'alertes sont chaque année les mêmes, il n'y a pas lieu de les réactualiser alors que si la carte est à chaque fois nouvelle, disposer de l'historique n'est pas d'une grande utilité.

l'ensemble des documents pertinents que le ravageur soit nommé par son nom usuel, son nom complet ou raccourci, son nom latin...

- Un travail complémentaire sur les ontologies a été nécessaire pour permettre de mettre les BSV en connexion open data avec d'autres sources. Il s'agissait notamment d'homogénéiser les données de caractérisation et de standardiser notamment une liste des cultures selon leur usage (ce qui faisait défaut). Une telle liste était nécessaire car l'usage auquel est destinée une culture modifie le profil des dégâts ainsi que la liste des ravageurs jugés opportuns de suivre. Cette mise en rapport des données d'épidémiologie avec toutes les autres données de l'open data, s'est faite en utilisant les outils d'annotation sur le Web de données liées et les technologies web sémantique associées.
- L'évaluation de la contribution des messages de l'épidémiologie à la réduction des incertitudes a été réalisée par approche d'économie expérimentale
- L'exploration des décisions économiques en avenir incertain s'est largement appuyée sur différents développements théoriques dont la théorie des Perspectives pour élaborer son propre cadre d'analyse de la gestion du risque phytosanitaire à travers une cascade de décisions tactiques d'intervention de protection et d'acquisition d'informations.
- La modélisation du lien entre la densité d'un réseau d'épidémiologie, l'état sanitaire résultant à large échelle ainsi que le bilan du recours à la protection phytosanitaire s'est fait en couplant un modèle épidémiologique classique à un modèle de règle de décision. L'ensemble est traité par simulations bayésiennes.

## Sélection de résultats illustratifs

### Contenu des BSV interrogé à partir de la base web sémantique

L'archive développée nous a permis à titre illustratif de son opérationnalité d'interroger l'ensemble des BSV pour réaliser une partition de 19 448 Bulletins de Santé du Végétal selon les filières végétales, les régions et période de publication. Le résultat est présenté dans la figure ci-dessous. Cette dernière illustre à la fois l'hétérogénéité de la répartition par région et grands types de culture et, dans le même temps, vient souligner la richesse de l'information disponible avec souvent autour de 150 à 200 documents susceptibles de couvrir une situation avec des expertises qui elles-mêmes résument tout un dispositif et un croisement des avis discutés en comité rédactionnel.

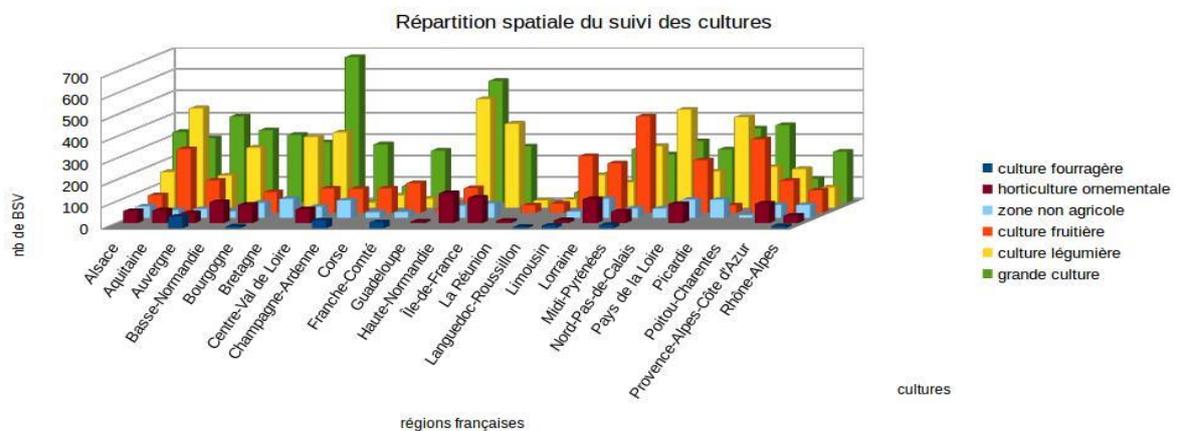


Figure 2: graphique représentant les résultats de la requête sur le nombre de BSV par région et par culture.

## Comportements face à l'incertitude

### (i) Perception des risques sur l'activité agricole

Le degré d'exposition de l'activité agricole à différents risques, selon les réponses au questionnaire des 25 professionnels, est présenté Figure 3. La volatilité des cours des cultures est considérée comme le risque auquel l'activité agricole est la plus exposée, suivie des aléas climatiques. Parmi les risques phytosanitaires, c'est la pression des adventices qui ressort le plus, suivie des maladies fongiques et des ravages d'insectes. Ces différences ne sont toutefois pas statistiquement significatives.

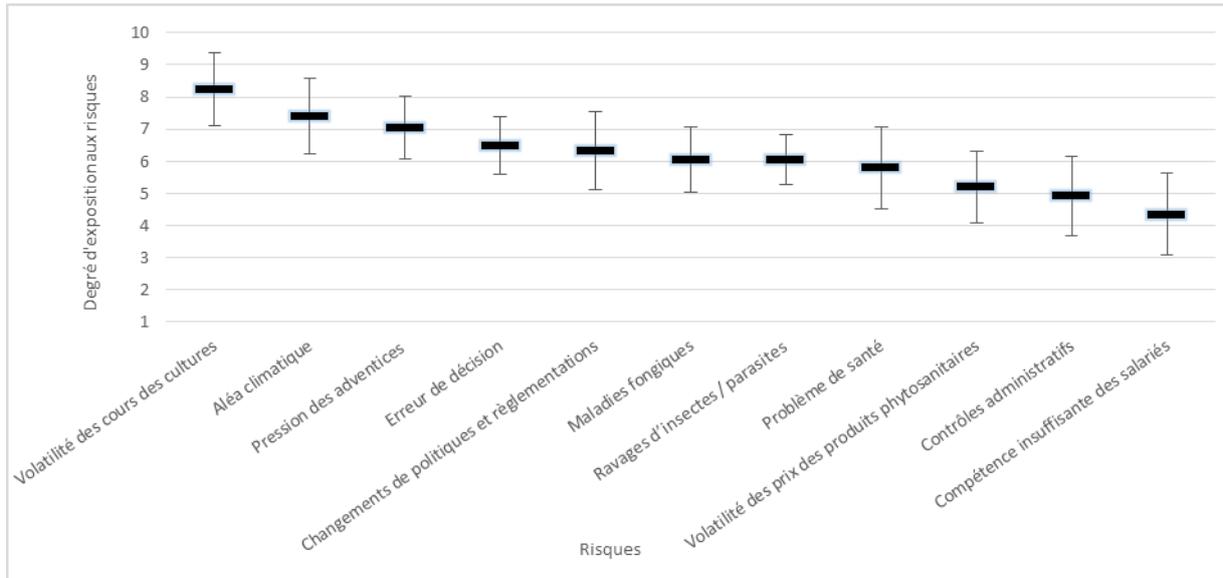


Figure 3 : Degré d'exposition de l'activité agricole à différents risques

Résultats des 25 professionnels. L'échelle va de 1 (activité pas du tout exposée) à 10 (activité très exposée). Les barres épaisses indiquent la réponse moyenne et les barres fines l'écart-type.

### (ii) Gestion des risques phytosanitaires

La Figure 4 présente le comportement des participants dans les 3 situations risquées. Comme on s'y attendait, on observe d'une part que plus le coût de traitement augmente, moins les participants traitent et d'autre part que, pour un coût de traitement donné, plus le risque est fort, plus les participants traitent.

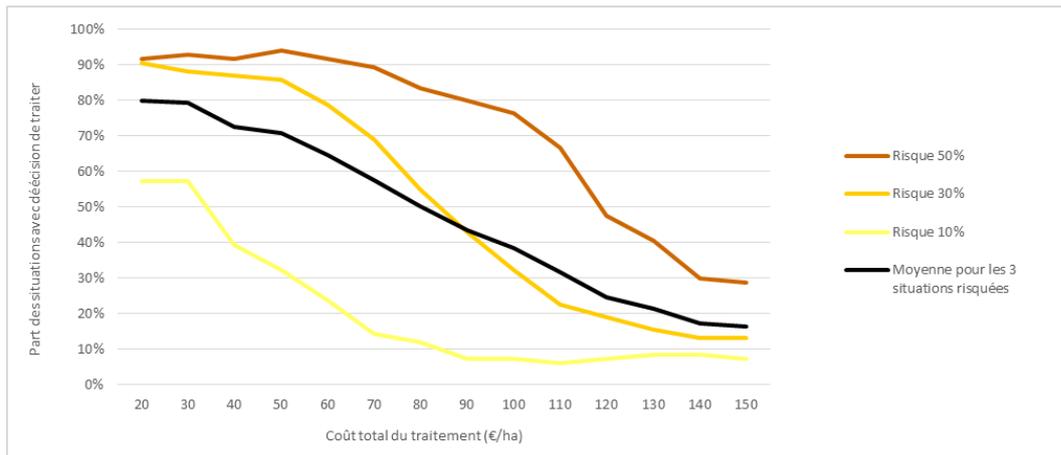


Figure 4 : Comportements dans les situations risquées, en fonction du coût du traitement

Moyennes pour les 84 participants. En abscisse, il s'agit du coût total de traitement : produit + main d'œuvre + matériel + carburant.

En situation ambiguë (Figure 5), on retrouve la même tendance de diminution des traitements face à l'augmentation du coût de traitement. On constate que les décisions de traitement sont peu influencées par la présence d'ambiguïté, qu'elle soit forte (courbe grise) ou faible (courbe jaune). En revanche, on constate une incidence forte sur les décisions de l'apport d'une bonne (courbe verte) ou d'une mauvaise (courbe rouge) nouvelle, ce qui souligne l'intérêt d'un réseau d'épidémiosurveillance.

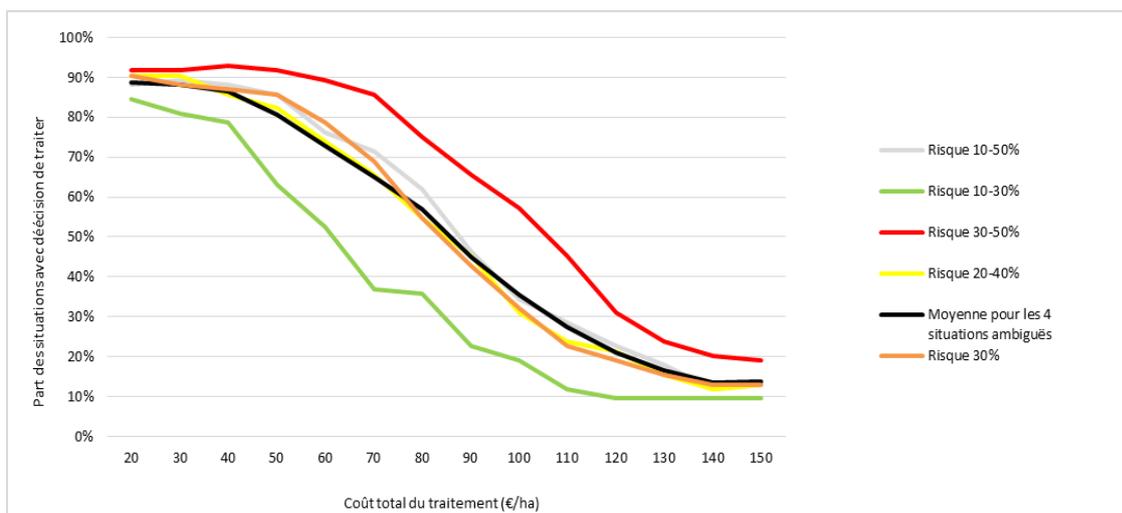


Figure 5 : Comportements dans les situations ambiguës et pour le risque d'attaque de 30%, en fonction du coût du traitement

Moyennes pour les 84 participants. En abscisse, il s'agit du coût total de traitement : produit + main d'œuvre + matériel + carburant.

### (iii) Évaluation des préférences des participants

Le Tableau 3 présente les types de comportements face au risque évalués en situation de risque 30%. Une grande majorité des participants (70,2%) a de l'aversion pour le risque, pour certains de façon très forte ; 13,1% sont neutres au risque ; 16,7% ont du goût pour le risque. Dans la littérature en économie agricole, il est observé une forte hétérogénéité des coefficients d'aversion au risque des

agriculteurs. Toutefois, il apparaît que, globalement, les agriculteurs présentent une faible aversion au risque relativement à la population en général et notre travail confirme ces résultats.

Le Tableau 4 présente les types de comportements face à l'ambiguïté, évalués pour le risque 10-50%. Une grande majorité des participants (60,7%) a de l'aversion pour l'ambiguïté, pour certains de façon très forte ; 13,1% sont neutres à l'ambiguïté ; 26,3% ont du goût pour l'ambiguïté. Notre travail confirme ainsi l'aversion à l'ambiguïté des agriculteurs mise en évidence par Gassmann (2014) ; dans la littérature en économie expérimentale, Dimmock et al. (2015) trouvent également des résultats relativement proches des nôtres.

Tableau 3 : Distribution des coefficients d'aversion au risque

Coefficient d'aversion au risque	Nombre de participants	Proportion de participants	Comportement face au risque
> 3,783	1	1,2%	<b>Goût pour le risque (16,7%)</b>
2,741 - 3,783	1	1,2%	
2,065 - 2,741	1	1,2%	
1,566 - 2,065	2	2,4%	
1,168 - 1,566	9	10,7%	
0,831 - 1,168	11	13,1%	<b>Neutralité au risque (13,1%)</b>
0,535 - 0,831	13	15,5%	<b>Aversion pour le risque (70,2%)</b>
0,266 - 0,535	12	14,3%	
0,014 - 0,266	10	11,9%	
0 - 0,014	8	9,5%	
0	16	19,0%	
TOTAL	84	100,0%	

Valeurs calculées pour les 84 participants, en situation de risque 30%.

Tableau 4 : Distribution des coefficients d'aversion à l'ambiguïté

Coefficient d'aversion à l'ambiguïté	Nombre de participants	Proportion de participants	Comportement face à l'ambiguïté
0	1	1,2%	<b>Goût pour l'ambiguïté (26,3%)</b>
0-0,097	4	4,8%	
0,097- 0,213	2	2,4%	
0,213 - 0,328	11	13,1%	
0,328 - 0,444	4	4,8%	
0,444 - 0,560	11	13,1%	<b>Neutralité à l'ambiguïté (13,1%)</b>
0,560 - 0,676	12	14,3%	<b>Aversion pour l'ambiguïté (60,7%)</b>
0,676 - 0,792	10	11,9%	
0,792 - 0,907	8	9,5%	
0,907 - 1,000	21	25,0%	
TOTAL	84	100,0%	

Valeurs calculées pour les 84 participants, en situation de risque 10-50% sous l'hypothèse que les participants sont neutres au risque.

## Sources et valeur de l'information

### (i) Différentes sources d'information sur le risque phytosanitaire

Les sources d'information utilisées par les professionnels pour connaître les risques d'attaque sont présentées sur la Figure 6. Les observations personnelles dans les parcelles constituent les principales sources, suivies du BSV. Les groupes d'échanges techniques, les instituts techniques, les conseillers agricoles et les bulletins d'information des Chambres et coopératives sont également mobilisés. A l'inverse, les firmes phytosanitaires et les manifestations et salons professionnels ne sont cités par aucun participant.

Des questions plus spécifiques ont mis en évidence un bon taux d'utilisation du BSV : ainsi, 76% des 25 professionnels répondants l'utilisent, parmi lesquels 53% systématiquement, 37% régulièrement et 10% rarement. Toutefois, cette utilisation est variable selon les zones géographiques (Figure 7). La principale limite invoquée est le manque de précision des informations du BSV par rapport aux situations et parcelles individuelles ; le fait que le BSV ne donne pas de conseil de traitement, mais seulement une aide à la décision, est également souligné.

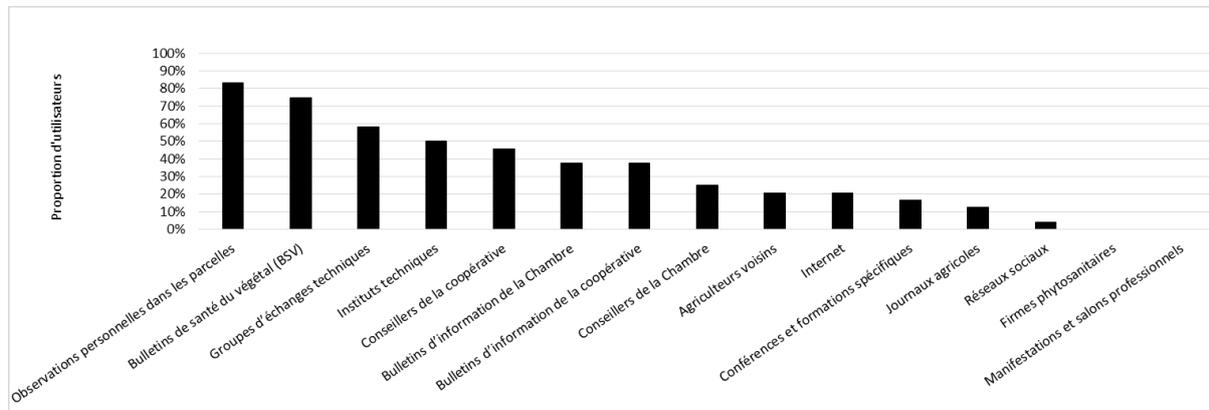


Figure 6 : Sources d'information utilisées pour connaître les risques d'attaque

Résultats des 24 professionnels répondants.

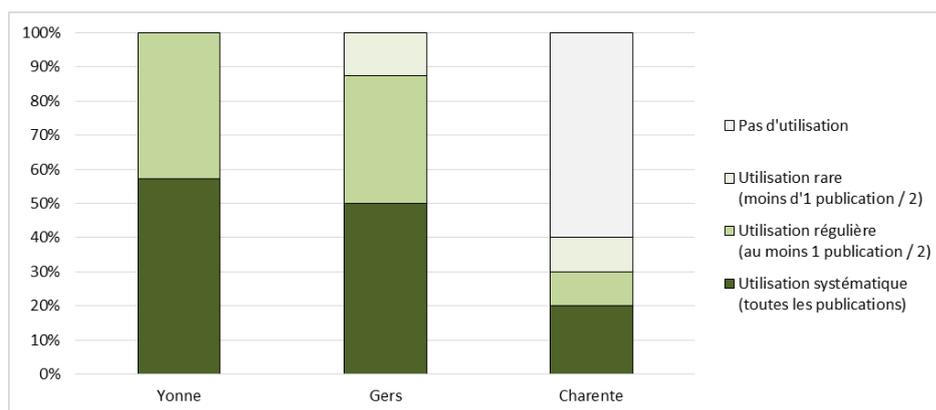


Figure 7 : Fréquence d'utilisation du BSV par département

Résultats des 25 professionnels répondants.

### (ii) Valeur de l'information

Le modèle retenu pour appuyer cette étude permet de donner une estimation de la valeur de l'information en fonction des comportements des participants et des décisions qu'ils prennent dans différents contextes informationnels. Cette valeur de l'information est différente selon le coût de traitement. Le Tableau 5 présente une synthèse des valeurs de l'information ainsi estimées : valeur moyenne (représentée sur la Figure 9) et proportion de participants révélant une valeur positive de l'information.

Deux principaux enseignements ressortent. Tout d'abord, quelle que soit la situation considérée, les participants accordent en moyenne une valeur positive à l'information, cette valeur étant généralement significative. Cette valeur est supérieure avec une réduction complète de l'ambiguïté, ce qui est sans doute une situation peu réaliste. Une information de type RES, conduisant à adapter les choix en fonction de l'information révélée (partitionnement), a une valeur comprise entre 2 et 3€/ha pour des coûts de traitement situés entre 50 et 80€/ha. Le second résultat important est que, globalement, la valeur de l'information augmente avec le coût de traitement. Ce résultat s'explique par le fait que le coût de l'erreur est plus important avec des coûts de traitement plus élevés, ce qui tend à plus valoriser l'information qui permet d'éviter de faire de telles erreurs. On notera que cette valeur moyenne plus élevée de l'information est liée à des valeurs positives de plus grande ampleur, la fréquence de valeurs positives vs négatives étant sensiblement la même selon les différents coûts de traitement. En effet, cette distribution entre valeurs positives et négatives change peu en fonction du type d'information et du coût de traitement (gamme de 63 à 80%). Par ailleurs, les résultats (non présentés) montrent que, globalement, les participants ayant de l'aversion à l'ambiguïté révèlent aussi plus fréquemment une valeur positive pour l'information et, inversement, les participants ayant du goût pour l'ambiguïté révèlent plus fréquemment une valeur négative pour l'information.

*Tableau 5 : Valeur moyenne des différents types d'information et fréquence de valeur positive de l'information selon le coût de traitement*

Coût de traitement	Réduction complète de l'ambiguïté	Réduction partielle de l'ambiguïté	Partitionnement (= valeur de l'épidémiosurveillance)
20	7,53*** (79%)	5,88** (77%)	3,02* (74%)
30	6,17*** (76%)	5,48*** (79%)	2,38* (75%)
40	4,13** (76%)	1,05 (74%)	1,12 (69%)
50	4,67*** (76%)	1,58 (74%)	2,72** (76%)
60	4,29*** (79%)	0,80 (74%)	2,27** (70%)
70	4,37*** (79%)	1,23 (70%)	2,32** (63%)
80	5,26*** (80%)	0,88 (69%)	2,70*** (68%)
90	9,21*** (77%)	2,99*** (73%)	5,95*** (77%)
100	12,69*** (79%)	5,23*** (73%)	8,17*** (77%)
110	13,52*** (79%)	4,82*** (73%)	7,56*** (75%)
120	15,62*** (75%)	8,08*** (77%)	9,83*** (77%)
130	17,84*** (75%)	9,52*** (79%)	9,93*** (75%)
140	19,12*** (76%)	8,73*** (75%)	9,05*** (75%)
150	19,52*** (76%)	8,57*** (76%)	9,10*** (75%)

Valeurs calculées pour les 84 participants. Les valeurs d'information et les coûts de traitement sont en €/ha.

\* Significativement supérieur à 0 au seuil de 10% ; \*\* Significativement supérieur à 0 au seuil de 5% ; \*\*\* Significativement supérieur à 0 au seuil de 1%. Significativités mesurées à l'aide d'un test de Student. Toutes les valeurs sont significativement différentes de 0 au seuil de 1% en utilisant les tests non paramétriques de Kolmogorov-Smirnov et Mann-Whitney.

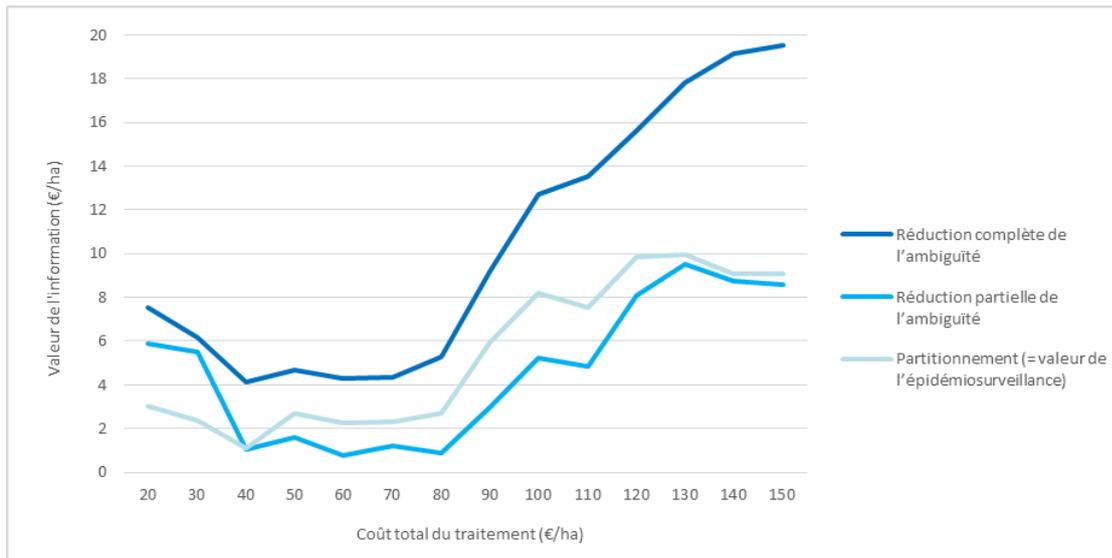


Figure 9 : Valeur moyenne des différents types d'information en fonction du coût du traitement

Moyennes pour les 84 participants. En abscisse, il s'agit du coût total de traitement : produit + main d'œuvre + matériel + carburant.

## Lier les choix individuels supportés par les informations fournies à un état sanitaire global et sa dépendance aux 'phytos'

Le simulateur que nous avons élaboré prend en entrée la liste des parcelles dont l'état sanitaire sera observé chaque année, ainsi que la longueur de l'historique du RES qui sera utilisé dans la règle de décision. Il retourne alors des séries spatio-temporelles simulées de l'état sanitaire de toutes les parcelles, ainsi que des statistiques sur le nombre de parcelles infectées et le nombre de traitement appliqués sur la durée de l'étude. Cela permet d'évaluer et de comparer différents choix de RES. La figure 10 reprise ci-dessous vient illustrer une des sorties du simulateur : une épidémie a été simulée sur un petit parcellaire de 25 parcelles, et pour 4 répartitions différentes des 5 parcelles constituant le RES (parcelles en vert dans les grilles de droite). Les probabilités moyennes d'infection de chaque parcelle sont représentées en niveau de rouge dans les grilles de gauche. Ces graphiques simples illustrent que certains dispositifs de surveillance seront plus performants que d'autres. On peut intuitivement saisir que si deux observations se font à des distances inférieures à la tâche moyenne des épidémies, une partie de l'information capturée est redondante ; on aurait donc gagné à distribuer autrement les points d'observation. Il y a évidemment une tension entre délimiter au plus juste l'étendue d'une épidémie et découvrir tous les foyers épidémiques sur un territoire donné.

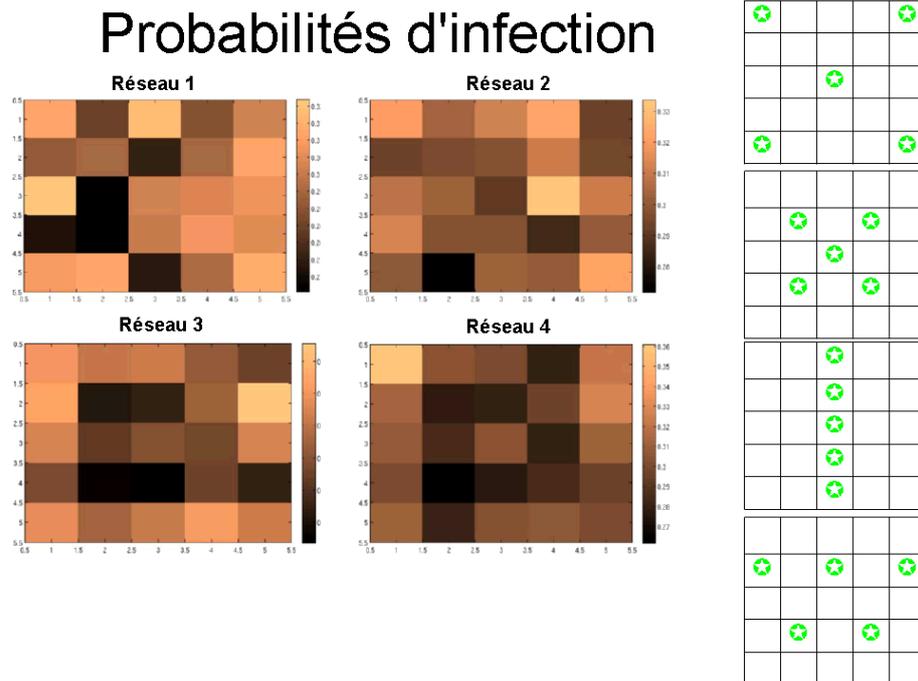


Figure 10 : Simulation des niveaux d'épidémies moyens constatés sur un petit parcellaire de 5 par 5 parcelles, selon la disposition retenue des cinq parcelles faisant l'objet d'une épidémiosurveillance.

### Comprendre le choix des acteurs et identifier la place d'une information sanitaire

Dans le cas d'un agriculteur confronté à un risque phytosanitaire le point de référence peut dépendre de la manière dont cet agriculteur aborde la question d'intervenir ou non. Deux types d'attitude sont *a priori* possibles. Un agriculteur qui raisonne dans les termes suivants : « *Je n'interviens que si ce que j'apprends du risque le justifie.* » aurait pour situation de référence la situation « sans intervention », *i.e.* son revenu de référence aurait pour base le revenu « sans intervention ». Dans la suite, un agriculteur qui raisonne de cette manière sera dit de type « TAJ » pour « Traitement à justifier ». Pour un agriculteur de ce type le *statu quo* est de ne pas intervenir. En revanche, un agriculteur peut se placer selon une perspective différente, il peut également raisonner dans les termes suivants : « *Je programme toujours l'intervention. Mais je fais l'impasse sur cette intervention si ce que j'apprends du risque le permet.* » Dans ce cas le *statu quo* est d'intervenir<sup>3</sup>. Dans la suite un agriculteur qui raisonne de cette façon sera dit de type « IAJ », pour « Impasse à justifier ». Un agriculteur de type « IAJ » a pour situation de référence la situation « avec intervention », *i.e.* son évaluation de la décision d'intervention aura pour revenu de référence le revenu « avec intervention de protection » qui constitue un cas certain<sup>4</sup> dans le modèle considéré.

<sup>3</sup> Il peut notamment programmer sa commande de produits phytosanitaires dès qu'il a arrêté son assolement ce qui peut lui permettre de bénéficier d'un prix attractif lié au volume et regroupement de sa commande.

<sup>4</sup> Si il traite alors il bénéficie de la protection

Figure 12. Timing des décisions d'intervention et d'acquisition d'information lorsqu'un signal est disponible au coût  $m$   
Cas avec réception préalable des messages d'un signal gratuit

Situation initiale : BSV consultés	Première décision	Résultat final			
		Revenu obtenu	Probabilité estimée du résultat lors de la première décision	Revenu espéré lors de la première décision	
Probabilité estimée de l'infestation après réception du message $\bar{e}$ : $p_{i\bar{e}}$	<b>Intervention</b>	$y - w$	1	$y - w$	
	<b>Impasse</b>	$y$ $y - \delta$	$\frac{p_{i\bar{e}}}{p_{i\bar{e}}}$	$y - p_{i\bar{e}}\delta$	
	<b>Dépistage</b>	Infestation : $\hat{i}$ $q_{i\bar{e}}$ <b>Intervention</b> 1 $y - w - m$ $q_{i\bar{e}}$ $y - m$ Absence d'infestation : $\hat{s}$ $q_{s\bar{e}}$ <b>Impasse</b> $\frac{p_{s\bar{e}}}{p_{s\bar{e}}}$ $y - m$ $q_{s\bar{e}}p_{s\bar{e}}$ $-q_{i\bar{e}}w$ $\frac{p_{s\bar{e}}}{p_{s\bar{e}}}$ $y - \delta - m$ $q_{s\bar{e}}p_{s\bar{e}}$ $-q_{s\bar{e}}p_{s\bar{e}}\delta$			
	<i>Réception des messages émis par <math>\bar{e}</math></i>	<i>Probabilité estimée de la réception des messages lors de la première décision</i>	<i>Seconde décision</i>	<i>Probabilité estimée du résultat lors de la seconde décision</i>	<i>Revenu obtenu</i>
	<i>Résultat du dépistage</i>			<i>Résultat final</i>	

Tableau 12a. Situations de référence, décisions d'intervention de protection et EP conditionnels

	Choix de protection face au risque d'infestation : dommage $\delta$ avec une probabilité $p_i$ et dommage nul avec une probabilité $1 - p_i$			
Attitude face au risque en $p_i$	IAJ : Impasse à justifier		TAJ : Traitement à justifier	
Situation et revenu de référence	Culture protégée		Culture non protégée	
Revenu de référence	$y - w$		$\tilde{y}_i = \begin{cases} y \text{ avec probabilité } 1 - p_i \\ y - \delta \text{ avec probabilité } p_i \end{cases}$	
Conditions sur $p_i$	$p_i \leq \tau(w, \delta; a)$	$\tau(w, \delta; a) \leq p_i$	$p_i \leq w\delta^{-1}$	$w\delta^{-1} \leq p_i$
Décision de protection	Impasse	Intervention	Impasse	Intervention
EP conditionnel	Non	Oui	Oui	Non
Espérance d'utilité si décision optimale	$y - p_i\delta$ $-ap_i(\delta - w)$	$y - w$	$y - p_i\delta$ $-ap_i(1 - p_i)\delta$	$y - w$ $-a(1 - p_i)w$
Coût psychologique	$ap_i(\delta - w)$	0	$ap_i(1 - p_i)\delta$	$a(1 - p_i)w$
Intervention d'assurance	Si $\tau(w, \delta; a) \leq p_i \leq w\delta^{-1}$		Jamais	

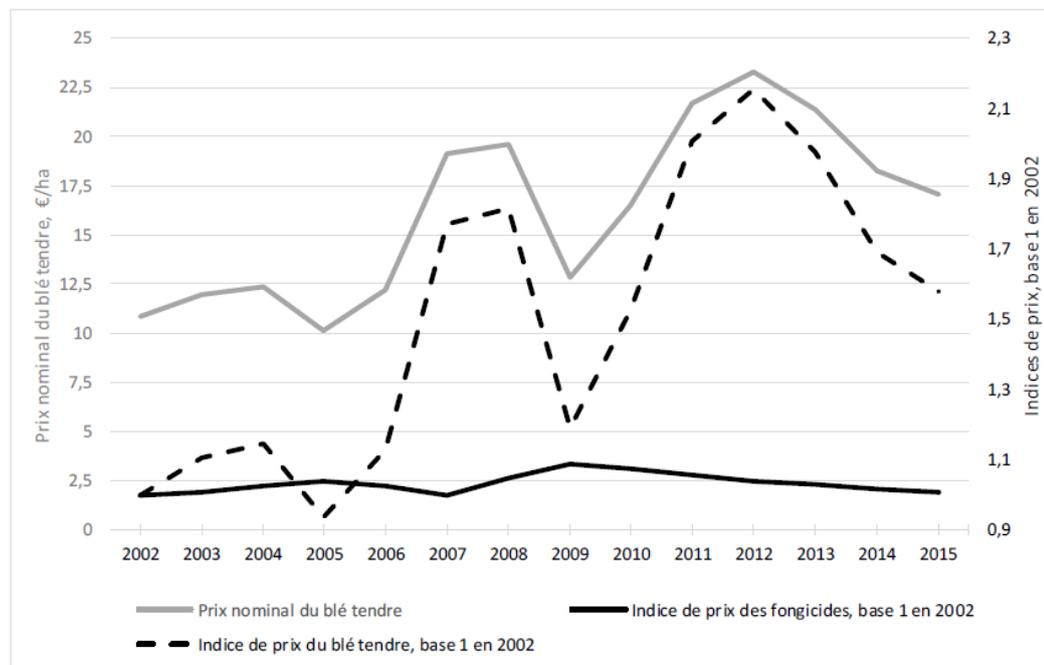
Lorsque l'on considère successivement les décisions d'intervention de protection d'un agriculteur de type « IAJ » puis celui d'un agriculteur de type « TAJ », force est de constater que sur une part importante de l'espace des paramètres, l'agriculteur TAJ fait au mieux jeu égal avec l'agriculteur IAJ. L'émission d'un BSV pour stimuler l'action de dépistage modifie ce résultat. Toutefois, dans une version ici très résumée, le comportement 'Impasse à justifier' ressort globalement gagnant. Si on ajoute de plus une valeur psychologique à savoir sa culture protégée du mieux que l'on peut règlementairement le faire, l'écart va au-delà de la stricte valeur comptable et augmente d'autant l'avantage du comportement IAJ.

Ainsi l'aversion face au risque de perte et la rentabilité des pesticides peut conduire les agriculteurs à adopter la situation de la « Culture (parfaitement) protégée » comme leur situation de référence. Dans ce cas, il est difficile d'inciter les agriculteurs à remettre en cause leur importante utilisation de pesticides : toute alternative implique une prise de risque difficile à assumer pour qui considère la « Culture protégée » comme son point de référence.

Une conséquence corolaire pour un RES est qu'il faut qu'il fournisse une information d'une très grande qualité pour permettre de temps en temps à la stratégie de traitement à justifier de prendre le dessus.

Une augmentation du prix des pesticides pourrait amener les agriculteurs à être plus tolérants vis-à-vis du risque phytosanitaire en les amenant à abandonner la « Culture protégée » en tant que situation de référence. Ce n'est toutefois pas les signaux qu'envoie la situation constatée à ce jour comme l'illustre la figure 11 (noté 4 dans la saisie d'écran) donnant l'évolution relative du prix du blé tendre et des fongicides en prenant 2002 comme année de référence. La Figure 11 montre que les prix du blé étaient stables autour de 11-12 €/q de 2002 à 2006 et qu'ils ont pratiquement doublé (en moyenne) à partir de 2007 tout en devenant plus aléatoires. Les prix des fongicides des céréales sont, en comparaison, restés relativement stables sur la période. Ils ont augmenté d'environ 10% sur la période 2002- 2009 puis ont diminué d'environ 10% sur la période 2009-2015.

Figure 4. Prix des fongicides des céréales et du blé tendre sur la période 2002-2015

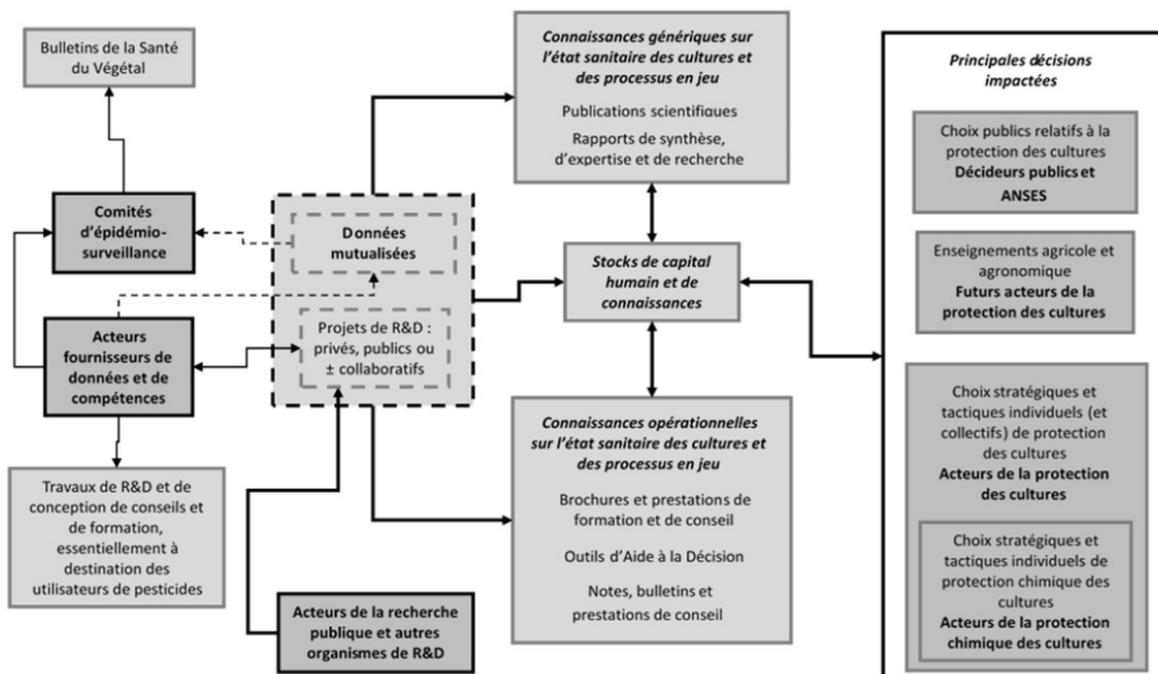


Sources : Bases de données en accès public de l'INSEE et de AGRESTE

Sur la base des données collectées, les programmes de protection engageant des niveaux de dépenses de fongicides comprises entre 60 et 95 €/ha ont des niveaux de rentabilité économique très proches en moyenne, avec des écarts ne dépassant pas 15 €/ha. Mais ces différences de dépenses de fongicides impliquent des pertes maximales très variables, d'environ 20 €/ha pour les programmes les plus « sécuritaires », jusqu'à 60 €/ha pour le programme ciblant une nuisibilité moyenne. Dans ces conditions les agriculteurs n'ont pas besoin d'être très averses face au risque pour choisir des programmes de protection fongicide plutôt « sécuritaires » : une petite perte de rentabilité en moyenne engendrant une diminution importante du risque de pertes potentielles. Ce qui apparaît ici est que les fongicides du blé tendre sont d'un très bon rapport coût/efficacité.

Si on considère que les agriculteurs ont trop recours aux 'phytos', c'est soit que leur intérêt individuel n'est que très imparfaitement aligné sur l'intérêt de la société ; autrement dit, ils ne bénéficient pas de l'arsenal réglementaire et politique pour adopter l'attitude qui serait souhaitable pour le plus grand nombre (comme capter une partie d'une économie de dépollution, par exemple). L'autre possibilité est que la perception des risques encourus pour leur culture soit mal évaluée par les agriculteurs. Ceci n'aurait rien d'étonnant dans un contexte où l'agriculture a fortement évolué au cours des dernières années mais il faut alors envisager de lui apporter les informations à même de l'aider à recalculer ses propres évaluations. Les données d'un RES peuvent servir à ça. Ainsi la capitalisation des données produites par un RES peut être à l'origine d'une importante production d'informations et de connaissances pour les gestions privée et publique des risques phytosanitaires. Cependant, ce potentiel ne pourra se concrétiser qu'à certaines conditions<sup>5</sup> qui seront difficilement réunies.

Figure 15. Fonctionnement du RES en France : production de données et de connaissances, acteurs impliqués et décisions impactées



Un RES très bien conçu produit des informations de grande qualité. Mais ces informations n'ont réellement de valeur pour les agriculteurs que s'ils sont véritablement intéressés par leur utilisation.

<sup>5</sup> Tel qu'une ouverture libre aux données

Si un RES fournit aux agriculteurs les moyens de raisonner la protection de leurs cultures, d'autres instruments de politique publique doivent être mis en œuvre pour inciter les agriculteurs à utiliser ces moyens. Dans le cas où on estime que les agriculteurs utilisent « trop » de pesticides, un accroissement du prix des pesticides accroît la valeur de l'information sur le risque phytosanitaire et suscite l'intérêt des agriculteurs pour utiliser cette information.

## Discussion conclusive

Dans un monde parfait, la discussion serait très largement axée sur l'articulation des facettes explorées car elles sont de toute évidence très imbriquées les unes aux autres.

i) Les données d'archives contiennent des références utiles ; ii) la mise des BSV en accès sous données liées, un moyen de générer des modèles épidémiologiques ; iii) les modèles épidémiologiques à leur tour un moyen de disposer d'une image générale des situations phytosanitaires comme résultant de l'interaction entre des principes épidémiologiques et des sommes d'actions des acteurs ; iv) l'analyse des règles de décision avec ou sans recours à un RES le moyen d'accéder à sa valeur à différentes échelles, etc. Rien de tout ceci n'aura été conduit de manière suffisamment approfondie et cela demeure donc un devenir. Il ressort toutefois des différentes facettes des impressions et faisceaux convergents d'analyse. Trois points peuvent ici être mis en avant : la place des mesures prophylactiques, l'articulation d'une alerte à la nécessité d'une observation, l'importance d'étayer les bénéfices indirects ou touchant plus des aspects stratégiques que purement tactiques.

## Quel support et quelle modulation du risque décrit dans les messages d'alerte : la place à accorder aux mesures prophylactiques.

Le passage de la description régionale – donnée par le BSV - à la prise de décision par l'agriculteur pose la question de la traduction d'une appréciation moyenne régionale à une estimation du risque et à la prise de décision à l'échelle locale. Cette appréciation moyenne est le plus souvent qualitative et issue d'un échantillonnage d'observations ponctuelles descriptives éventuellement renforcée par l'utilisation de modèles épidémiologiques dont les sorties de simulations seront ou non concordantes pour préciser le risque. Jusqu'à récemment, la plupart des modèles n'exploitaient que les données météorologiques ce qui revient à ne pas moduler la prévision par d'autres facteurs potentiellement actifs. Le type de sol ou l'assolement sont souvent mentionnés comme d'importance mais on peut faire l'hypothèse que leur poids est déjà intégré dans les BSV de manière implicite dans l'émission d'un message adapté à l'échelle régionale. Un point qui semble plus problématique concerne l'intégration des mesures prophylactiques. Peu de choses émergent qui soient susceptibles de venir moduler le message de risque selon l'état d'un inoculum primaire ou une plus ou moins grande sensibilité de la culture : la date de semi, le choix variétal et parfois le précédent sont parfois mentionnés mais cela reste encore assez anecdotique. On voit bien là poindre un problème puisque cela laisse sous-entendre que les mesures prophylactiques ne sont pas suffisamment efficaces pour moduler le risque. C'est là un message plutôt négatif pour appuyer un accompagnement des agriculteurs dans le changement. Une démarche proactive qui mette plus fortement l'accent sur ce qu'ils ont pu faire de manière préventive aurait une portée générique. A termes, il semble donc pertinent que des covariables biotiques et abiotiques (tel que l'environnement de la parcelle par des infrastructures agroécologiques, la présence d'auxiliaires dans des pièges trappes ou l'observation directe de l'ampleur de la régulation sur des dispositifs de choix de proies mis à disposition ; cf. projet PSPE Casimir) viennent moduler le contenu de l'avis émis. D'autres messages pourraient

apporter des indications sur l'état des inocula pendant la période d'inter-culture (voire, dans les réservoirs naturels) afin de susciter un intérêt pour cibler ces stades souvent critiques pour l'organisme bien qu'en dehors de sa période néfaste. De telles informations pourront dans un premier temps être collectées et exploitées afin d'affiner les extrapolations qu'il peut en être fait. (Le réseau Dephy semble particulièrement pertinent pour réaliser cela ce qui milite pour qu'il soit largement support des observations d'épidémiosurveillance). Au-delà des variations de perception et tolérance à l'incertain (aversion au risque), des gammes de seuils psychologiques que les acteurs peuvent éventuellement s'appliquer, une marge de perception demeurera quant à la pertinence de privilégier des actions de court ou de moyen terme, autrement dit de trancher quand cela s'y prête entre les options de prise de décision tactique ou stratégique. Il y a donc un autre travail accompagnateur à éclairer : celui des retombées indirectes sur les parcelles voisines (étendue spatiale) ou sur le risque épidémique dans les années futures (étendue temporelle).

### Articulation Alerte / observation vérificatrice.

Par définition un RES renvoie des messages d'alerte quand le risque n'est pas réalisé mais potentiel. Cela est nécessaire pour permettre aux acteurs de positionner une intervention quelle que soit sa nature. Le groupe de rédacteurs s'est entendu pour décider s'il s'agissait d'un signal faible ou pas avant de rédiger son message. Ce dernier renvoie quasi systématiquement à la nécessité de confronter cet avis d'expertise à la réalité du terrain avant toute intervention. Dans l'approche conduite pour décortiquer la prise de décision, un effort tout particulier a été fait pour intégrer cette étape de confrontation à la réalité de terrain. Il modifie la répartition des cas ou un agriculteur dans un état d'esprit 'Traitement à Justifier' fait mieux qu'un agriculteur devant justifier une impasse. Nos travaux permettent d'aller plus loin dans l'analyse de cette comparaison. Par ailleurs la règle de décision de traiter ou pas tel que nous la simulons à l'échelle d'un territoire peut aussi en partie dépendre d'une confrontation à une observation actuelle ou passée.

On voit ainsi qu'une partie de l'effort sur la performance d'un RES se déplace sur les conséquences au niveau de chaque acteur pour replacer sa propre situation dans ce référentiel. Peu de choses viennent actuellement étayer cette étape du processus.

### Bénéfices indirects

Sans doute s'agit-il là d'un point majeur de discussion. Un a pour mission première de venir en support de l'émission de messages d'alerte d'atteinte à la santé des cultures. Il est organisé autour de cet objectif et optimisé pour le remplir. Dans le même temps Vespa a souligné comme d'autres l'importance de cette caractérisation si on la regarde sur un pas de temps long et le montage des archives visait précisément à favoriser cette facette. En gros, l'ambition poursuivie consiste autant à resituer les crises dans une perspective plus globale pour disposer d'une forme de prise de recul avec comme optique d'aider les gens à réévaluer leur propre perception du risque qu'à faciliter la modélisation épidémique et la reconstitution de dynamiques. Ce sont les points essentiels qui ont été soulevés comme relevant des valorisations indirectes par notre travail. On pourrait cependant aller plus loin : si on considère que la somme des décisions prises individuellement ne colle pas aux attendus de l'intérêt collectif, c'est qu'il existe pour les uns et pas pour les autres d'autres formes de retombées qui ne sont pas considérées de la même manière par tous. Le cadre fixé par l'ambition du plan ecophyto vient précisément marquer cet écart de perception. Il souligne que la réglementation et les incitations politiques ne couvrent que de manière incomplète l'alignement des ambitions des parties prenantes.

Enfin, il y a lieu de réfléchir à l'utilisation que l'épidémiologie peut faire des informations et des bases de données fournies par le dispositif d'épidémiosurveillance et les conséquences sur les modèles épidémiologiques (suivi de l'évolution des pratiques et des épidémies). Que peut-nous apprendre ce dispositif sur l'évolution des pressions biotiques au fil du temps, en fonction du changement climatique et des changements de pratiques liés notamment au plan Ecophyto ?

Nous avons dans ce rapport fait le choix de balayer l'ensemble de ce que les uns et les autres avaient engagés. Ce rapport s'en fait état sans pouvoir entrer dans les détails, ce qui paraissait cohérent vis-à-vis d'un public élargi et pas nécessairement spécialiste. Evidemment, Nous assumons le choix d'avoir réuni différentes facettes de l'épidémiosurveillance dans une même étude, là où chacune aurait pu faire à elle seule, l'objet d'approfondissements.

## Références citées

- Bontems P., Thomas A, 2000. *Information Value and Risk Premium in Agricultural Production: The Case of Split Nitrogen Application for Corn*. American Journal of Agricultural Economics 82:59–70.
- Brunette M., Choumert J., Couture S., Montagné-Huck C., 2015. *A Meta-analysis of the Risk Aversion Coefficients of Natural Resource Managers Evaluated by Stated Preference Methods*. Document de travail du LEF n°2015-13.
- Carpentier A., 1996. *Efficacité privée et publique de la gestion du risque phytosanitaire: le rôle de l'information*. Cahiers d'économie et sociologie rurales 39-40 : 37-62.
- Chavas J.-P., Chambers R. G., Pope R. D., 2010. *Production Economics and Farm Management: a Century of Contributions*. American Journal of Agricultural Economics 92 : 356-375.
- Dimmock S.G., Kouwenberg R., Mitchell O.S., Peijnenburg K., 2015. *Estimating ambiguity preferences and perceptions in multiple prior models: Evidence from the field*. Journal of Risk and Uncertainty 219-244.
- Gassmann X., 2014. *Elicitation Des Préférences Des Agricultures Pour Le Risque Et L'ambiguïté Par Une Approche Expérimentale*. Thèse Université Rennes I.
- Liu E. M., 2013. *Time to change what to sow: Risk preferences and technology adoption decisions of cotton farmers in China*. Review of economics and statistics 95: 1386-1403.
- Reynaud A., Couture S., Dury J., Bergez J., 2010. *Farmer's risk attitude: reconciling stated and revealed preference approaches?* Selected paper presented at the Fourth World Congress of Environmental and Resource Economics, Montreal, Quebec.
- Reynaud A., Couture S., 2012. *Stability of risk preference measures: results from a field experiment on French farmers*. Theory and Decision 73: 203-221.
- Williams B. K., Johnson F. A., 2015. *Value of information in natural resource management: technical developments and application to pink-footed geese*. Ecology and Evolution 5 : 466–474.