

# Évaluation de la faisabilité d'utiliser des matrices cultures-expositions pour estimer les expositions aux produits phytopharmaceutiques dans une cohorte de travailleurs agricoles

Laetitia Bénézet, Béatrice Geoffroy-Perez, Johan Spinosi, Mounia El Yamani

## PRÉSENTATION DU PROGRAMME MATPHYTO

Le terme « pesticides », désigne les substances ou préparations utilisées pour la prévention, le contrôle ou l'élimination d'organismes (plantes, animaux, champignons ou bactéries) jugés indésirables car provoquant des dommages aux denrées alimentaires, aux produits agricoles, au bois ou aux aliments pour animaux. Ce terme générique inclut les produits phytopharmaceutiques (PPP), les produits biocides, les antiparasitaires externes à usage vétérinaire ou humain. Les pesticides regroupent des substances très hétérogènes tant du point de vue de leur structure chimique, de leurs propriétés, que de leur mode d'action sur les organismes cibles.

Les PPP concernés par cette étude sont des préparations protégeant les végétaux et les produits de culture. Leur utilisation est destinée à :

- protéger les végétaux contre tous les organismes nuisibles, ou à prévenir leur action,
- exercer une action sur les processus vitaux des végétaux,
- assurer la conservation des produits végétaux,
- détruire les végétaux indésirables,
- détruire des parties de végétaux, freiner ou prévenir une croissance indésirable des végétaux.

Chaque préparation se compose d'une ou plusieurs substances actives, responsables des propriétés du PPP et de substances appelées co-formulants. Ces dernières permettent de donner à la préparation une forme appropriée à son application. Il s'agit par exemple d'anti-mousse, de diluant ou d'agent mouillant [1].

L'agriculture française est marquée par une grande diversité des cultures, des territoires, mais aussi des systèmes de production, ce qui entraîne une utilisation très variable des PPP. L'exposition professionnelle à ces produits touche une population importante d'agriculteurs ; elle reste cependant difficile à estimer car il n'existe pas de recueil historique et exhaustif des utilisations professionnelles agricoles individuelles des PPP. Pour pallier ce manque, la Direction santé travail de Santé publique France a mis en place, en collaboration avec l'équipe associée Santé publique France-Unité Mixte de Recherche Épidémiologique et de Surveillance Transport Travail Environnement (Umrestte)/ Université de Lyon1, le programme Matphyto, consistant en la réalisation de matrices cultures-expositions (MCE) aux PPP [2]. Il s'agit de bases de données comprenant des indices

d'exposition aux PPP selon les cultures en France, c'est un outil d'aide à l'évaluation rétrospective des expositions aux PPP en milieu agricole.

Matphyto a pour objectif de développer des MCE pour chacune des principales cultures agricoles françaises. Ces MCE décrivent l'utilisation des grands groupes de phytopharmaceutiques (herbicides, insecticides, fongicides), déclinés par grandes familles chimiques (phytohormones de synthèse, organophosphorés...) et substances actives spécifiques. Matphyto couvre l'ensemble du territoire français métropolitain et, depuis peu, les départements ultramarins.

La réalisation des MCE nécessite un travail de revue bibliographique pour chaque culture étudiée. Les données disponibles sont souvent parcellaires et de qualité hétérogène. À travers des revues spécialisées, des publications d'Agreste (service des statistiques du ministère de l'Agriculture), le soutien d'experts des instituts techniques agricoles ou des chambres d'agriculture, un ensemble de connaissances sur chaque culture est rassemblé : conduite culturale, répartition géographique et historique d'utilisation sur le territoire français, principaux ravageurs et pratiques phytopharmaceutiques qui en résultent, etc. Ces données compilées sont ensuite découpées géographiquement ainsi qu'en périodes d'exposition homogènes. Trois indicateurs d'exposition pour chaque groupe, famille chimique et substance active sont évalués pour chaque période et chaque zone géographique. Il s'agit de la probabilité d'exposition (proportion d'exploitations utilisant annuellement une substance donnée), de la fréquence d'utilisation (nombre moyen de passages annuels d'une substance donnée sur la parcelle) et de l'intensité d'exposition (dose moyenne pour une substance donnée utilisée à chaque passage). Les MCE sont ensuite validées par un groupe d'experts agricoles.

Le programme, financé depuis 2012 en partie par le Plan Ecophyto, a déjà réalisé plusieurs MCE concernant les cultures des céréales à paille, de la pomme de terre et du maïs. La finalité de ces MCE est d'être croisées avec des données populationnelles pour produire des indicateurs d'exposition aux PPP en milieu agricole. L'étude présentée est le premier test de croisement d'une MCE avec des données populationnelles.

## PRÉSENTATION DE LA COHORTE COSET-MSA

Dans le cadre de la surveillance épidémiologique de la santé en relation avec le travail, Santé publique France met en place le programme Coset (Cohortes pour la surveillance épidémiologique en lien avec le travail). Ce programme est conçu comme un outil généraliste, couvrant des champs larges en termes de pathologies ou de situations de travail, dont l'objectif principal est la connaissance et la surveillance de la morbidité de la population selon les conditions de travail et les nuisances professionnelles à court, moyen et plus long termes. Ce programme est mis en œuvre au travers d'échantillons représentatifs des actifs et anciens actifs en France. Il repose sur la mise en commun de données longitudinales concernant les actifs affiliés aux principaux régimes de protection sociale [3].

Dans ce cadre, une cohorte composée d'actifs salariés et non-salariés affiliés à la Mutualité sociale agricole (MSA), la cohorte Coset-MSA, est mise en œuvre par Santé publique France en collaboration avec la Caisse centrale de la MSA (CCMSA). À l'inclusion, des personnes tirées au sort parmi l'ensemble des actifs affiliés à la MSA (salariés, exploitants, conjoints d'exploitant, aides familiaux), sont invitées par courrier postal à remplir un questionnaire permettant de décrire leur état de santé, leur historique de carrière et d'expositions professionnelles ; ces informations de questionnaire sont complétées par des données issues des systèmes d'information (SI) existants (Système national d'information interrégime de l'Assurance Maladie (SniirAM), accidents du travail et maladies professionnelles, cotisations et retraite de la MSA (SI-MSA)). Les participants sont suivis périodiquement et sur le long terme, notamment après leur départ à la retraite afin de tenir compte des effets différés des expositions. Le suivi est prévu selon deux

modalités : un suivi actif par questionnaire et un suivi passif par recueil de données issues des SI existants.

Parmi les thématiques qui seront explorées dans cette cohorte, un volet consacré aux expositions professionnelles aux PPP a été développé. Il est inscrit et financé par l'action 114 du plan Ecophyto-1, consacré à l'amélioration de la connaissance des expositions professionnelles et de leurs conséquences sur la santé. Les informations recueillies dans la cohorte Coset-MSA permettront de documenter les expositions aux PPP dans la population des travailleurs agricoles, puis d'analyser au fil du suivi les liens entre ces expositions et les risques de pathologies d'intérêt (dont des pathologies chroniques).

L'évaluation des expositions sera possible grâce au recueil à l'inclusion dans la cohorte des données professionnelles individuelles nécessaires pour un croisement avec les MCE développées dans le cadre du programme Matphyto.

Avant le lancement de la cohorte Coset-MSA à l'échelle nationale, une cohorte pilote a été développée en 2010, afin de tester les différents processus et outils de recueil. La population cible de cette étude était représentée par les salariés et non-salariés, âgés de 18 à 65 ans, actifs en tant qu'affilié au Régime agricole en 2008 dans un des départements métropolitains suivants : Bouches-du-Rhône, Finistère, Pas-de-Calais, Pyrénées-Atlantiques, Saône-et-Loire.

À partir des données recueillies (issues du questionnaire et des SI) dans ce pilote, un premier croisement a été entrepris afin de valider la pertinence de ces informations pour l'utilisation des MCE, en se limitant à la MCE « cultures de céréales à paille ».

## CROISEMENT DES DONNÉES DE LA COHORTE COSET-MSA AVEC LA MCE MATPHYTO CÉRÉALES À PAILLE

### Objectifs

L'objectif de la présente analyse est de tester la faisabilité de croiser la MCE céréales à paille avec les données recueillies dans la phase pilote de la cohorte Coset-MSA afin de produire des indicateurs d'exposition aux PPP en milieu professionnel agricole. Il a été décidé d'effectuer dans un premier temps le croisement en transversal c'est-à-dire de ne s'intéresser qu'à l'exposition de l'année 2010, date de la situation d'emploi à l'inclusion. Cela permet de se placer dans un cadre méthodologique plus simple, le croisement avec la carrière entière, en cours, faisant appel à des hypothèses statistiques plus complexes.

Les objectifs spécifiques de cette étude sont :

- d'estimer des prévalences d'exposition aux PPP en relation avec la culture de céréales à paille au sein de la population cible du pilote Coset-MSA ;
- d'examiner l'apport des informations professionnelles disponibles dans les systèmes d'information de la MSA pour tenir compte de la non-réponse partielle au questionnaire.

### Méthodes

#### Population

Un échantillon de 10 000 personnes salariés et non-salariés agricoles, tirés au sort parmi les actifs des 5 départements métropolitains a été invité à participer à l'étude pilote Coset-MSA. Au total, 2 363 personnes ont renvoyé un auto-questionnaire complété. Par ailleurs, des données administratives concernant la situation professionnelle des personnes tirées au sort ont été collectées à partir des SI-MSA.

Le taux de participation dans la cohorte Coset-MSA n'excédant pas 25 %, la non-réponse totale est susceptible d'engendrer des biais de sélection lorsque celle-ci est liée aux variables d'intérêt. C'est pourquoi, compte tenu des objectifs descriptifs du projet, un travail méthodologique, effectué précédemment sur les données du même échantillon pilote a montré qu'il était possible, à partir des données disponibles dans les SI pour les répondants et les non-répondants, d'appréhender ces effets de sélection [4]. Il a permis de proposer une méthode afin de corriger les poids de sondage initiaux pour prendre en compte la non-réponse totale au questionnaire dans les estimations de prévalence.

Ce premier croisement avec la MCE s'appuie sur les réponses au questionnaire relatives à l'emploi actuel (en 2010) : profession codée (nomenclature PCS version 1994 de l'Insee), année d'activité, département (déclaré dans le questionnaire, à défaut le département de tirage au sort correspondant au lieu de travail), et déclaration de cultures de céréales à paille.

Sur les 2 363 individus ayant rempli un questionnaire, 442 (19 %) n'ont décrit aucun emploi en 2010 et ont été, de fait, exclus de la population d'analyse (figure 1). Les premières estimations de prévalences d'exposition ont été réalisées à partir des 1 921 individus ayant renseigné au moins un emploi en 2010 avec correction des estimations pour la non-réponse totale.

### La MCE céréales à paille

La MCE céréales à paille, spécifique de la France métropolitaine, concerne des céréales qui, une fois récoltées (pour leur grain), produisent également de la paille. Il s'agit du blé tendre (65 % des surfaces de céréales à pailles en 2010) de l'orge (21 %) et du blé dur (7 %). Les céréales à paille recouvrent plus de 7,5 millions d'hectares soit 28 % de la surface agricole utile (SAU) métropolitaine. En excluant les prairies (permanentes, temporaires et annuelles) ainsi que les jachères, la part des céréales à paille dans la SAU des exploitations en France métropolitaine en 2010 atteint 47 % [5].

Les PPP concernés par cette MCE sont l'ensemble des herbicides, fongicides et insecticides susceptibles d'avoir été utilisés pour le traitement des céréales à paille depuis 1960. Il s'agit des traitements effectués sur les parties aériennes des plantes (pulvérisation), dans le sol (produits incorporés), ou sur les semences (poudre, enrobage). L'usage des PPP est décrit pour chaque groupe, famille chimique ou substance active. Seules sont prises en considération les substances actives des PPP. Les surfactants, additifs, solvants, destinés à la stabilisation de la molécule et/ou à améliorer sa pénétration dans l'organisme-cible ne sont pas pris en compte dans la MCE.

Les spécificités locales (climat, sols, type d'exploitations...) interfèrent sur les pratiques agricoles et notamment sur l'usage

des PPP. Afin de prendre en compte ces différences, sans pour autant se focaliser sur des pratiques trop fines, la MCE délimite deux zones géographiques : le Nord et le Sud de la France. Si la part respective des différentes familles chimiques disponibles pour les traitements des céréales à paille ne diffère pas beaucoup entre les deux régions, le nombre total de traitements appliqués sur les parcelles varie quant à lui de manière conséquente. Ainsi, il a été constaté globalement une plus forte utilisation de PPP dans la moitié Nord du pays.

Selon la MCE, les familles chimiques du groupe des herbicides<sup>1</sup> utilisés sur les céréales à paille sont les colorants nitrés, les phytohormones, les triazines, les hydroxy-benzonitriles, les dérivés de l'acide benzoïque, les urées substituées, les chloronitrophenols, les toluidines, les benzamides, les sulfonilurées, les aryloxyphénoxy-propionates (Fops), les pyridinocarboxamides, les diphényléthers, les acides picoliniques et les carbamates.

Les familles chimiques du groupe des insecticides décrites dans la MCE sont : les organochlorés, les organophosphorés, les pyréthrinoides, les carbamates et les chloronicotiniles.

Les familles chimiques du groupe des fongicides décrites dans la MCE sont : les organomercuriques, les composés organiques du cuivre, les carbamates et dithiocarbamates, les composés minéraux, les triazoles, les chloronitriles, les phtalimides, les anilino-pyrimidines, les pipéridines, les morpholines et les strobilurines.

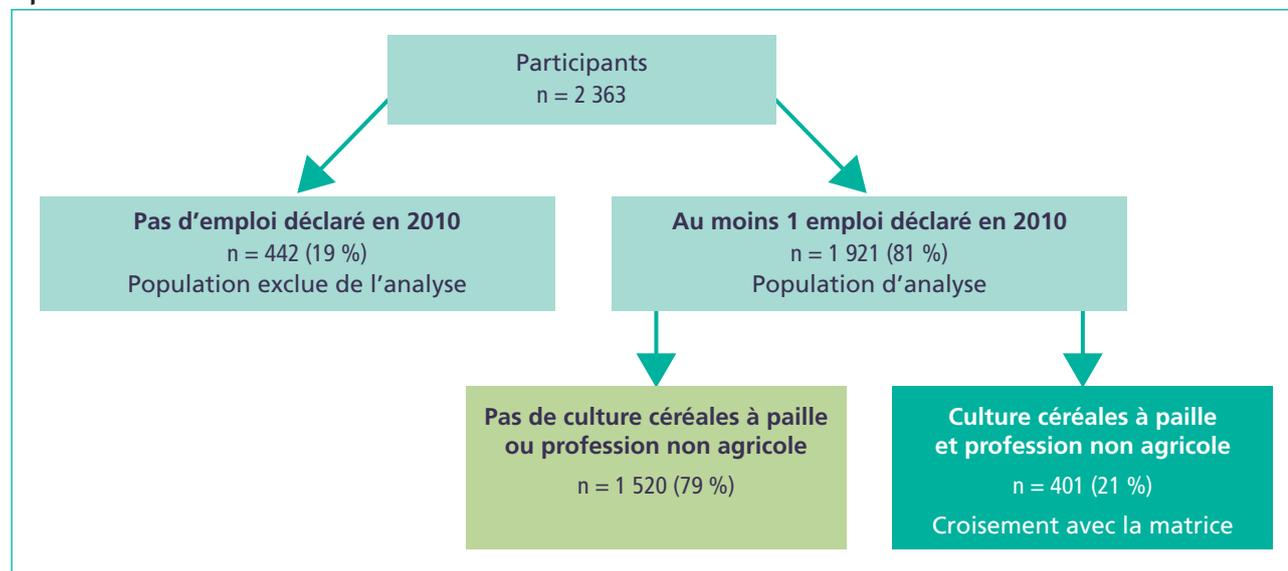
### Application de la MCE céréales à paille

Lors du croisement de la MCE avec les données de l'étude pilote Coset-MSA et au cours des comparaisons réalisées, le choix a été fait de ne considérer qu'un seul emploi par individu. Pour

1. La MCE céréales à paille ne prend pas en compte actuellement l'utilisation du glyphosate, herbicide non sélectif. La prise en considération de cet herbicide se fera ultérieurement car elle nécessite de prendre en compte les différentes rotations culturales constatées en grandes cultures (céréales à paille, maïs, colza, tournesol, pois, etc.).

FIGURE 1

### Description de la population de l'étude pilote Coset MSA selon la déclaration de cultures de céréales à paille dans le questionnaire



les 66 personnes identifiées avec plusieurs emplois en 2010, l'emploi le plus récent a été conservé si aucun emploi n'était concerné par des cultures de céréales à paille ; sinon a été conservé en premier lieu l'emploi avec profession agricole (code PCS commençant par 1 ou 69) et concerné par des cultures de céréales à paille.

Le croisement avec la MCE céréales à paille a permis d'affecter une probabilité individuelle d'exposition aux 401 personnes ayant une profession agricole et concernées par des cultures de céréales à paille (figure 1). Ces probabilités d'exposition ont été évaluées pour chaque groupe de PPP et chaque famille chimique décrits par la MCE. Les 1 520 autres personnes se sont vues affecter une probabilité d'exposition nulle.

Le nombre de personnes exposées a été estimé par la somme des probabilités individuelles d'exposition dans la population d'analyse (*i. e.* : deux personnes avec chacune une probabilité de 50 % = 1 personne exposée). La prévalence d'exposition est ensuite calculée en rapportant le nombre de personnes exposées à la population incluse dans l'étude, ce qui revient à faire la moyenne des probabilités d'exposition. L'intervalle de confiance à 95 % (IC 95 %) a été obtenu par le calcul de l'intervalle de confiance d'une moyenne.

La prévalence d'exposition et son intervalle de confiance ont été estimés sur l'échantillon de répondants au questionnaire puis sur la population cible de l'étude (actifs agricoles des 5 départements pilotes) en utilisant les poids de sondage corrigés pour la non-réponse [4].

### Prise en compte de la non-réponse partielle au questionnaire – imputation

Parmi les 442 individus n'ayant pas décrit d'emploi en 2010 dans le questionnaire, 276 avaient cependant des données d'emploi

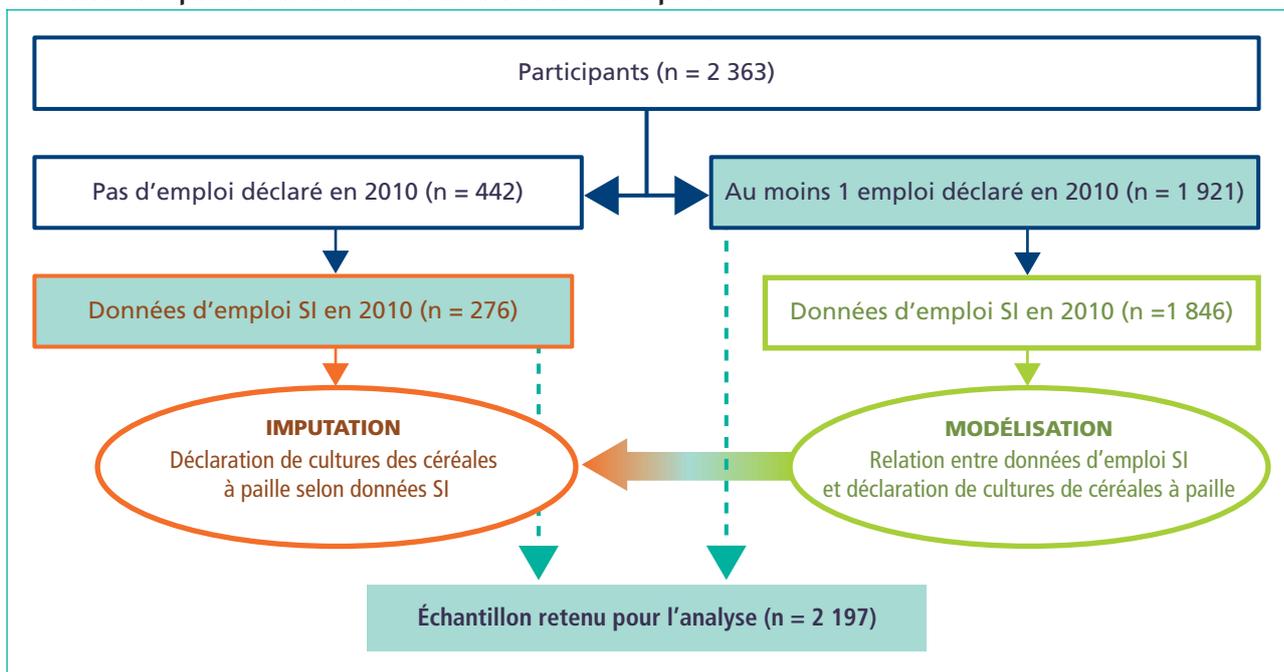
en 2010 dans les SI-MSA (*cf.* figure 2), évoquant un remplissage incomplet du questionnaire. Si ces personnes sont concernées par les cultures de céréales à paille dans des proportions différentes que le reste de la population incluse, cela introduit un biais dans les estimations de prévalences d'exposition en population.

Les données des SI-MSA étant nombreuses et *a priori* pour certaines d'entre elles (en particulier l'activité principale de l'exploitation ou de l'entreprise) liées à la culture de céréales à paille, il était possible de les utiliser pour imputer la variable « culture de céréales à paille » chez ces 276 individus. La déclaration de culture de céréales à paille dans le questionnaire et les données d'emploi en 2010 dans les SI-MSA étaient disponibles pour 1 846 individus. En raison de la forte proportion de salariés travaillant dans le secteur tertiaire et du fait que les informations disponibles dans les SI-MSA sont différentes entre salariés et non-salariés, les analyses ont été stratifiées selon le statut. La méthode d'imputation consistait, dans chaque groupe (non-salariés/salariés) à modéliser par régression logistique la probabilité  $p$  de déclarer une culture de céréales à paille dans le questionnaire à partir des données des SI-MSA et à déterminer le seuil  $s$  qui maximise le pouvoir prédictif de chaque modèle. Dans un second temps, pour chaque groupe, le modèle retenu a été appliqué aux individus n'ayant pas déclaré d'emploi en 2010, en fonction de leurs données connues dans les SI-MSA la même année. En fonction de la probabilité prédite  $p$ , la règle suivante a été appliquée : si  $p < s$  alors la valeur imputée pour la culture de céréales à paille est 0 (emploi non concerné par la culture de céréales à paille), et si  $p \geq s$  alors la valeur imputée est 1 (emploi concerné par la culture de céréales à paille).

La MCE a ensuite été appliquée à l'échantillon des 1 921 personnes avec des données de questionnaires auxquels ont été ajoutées les 276 personnes pour lesquelles la variable « culture de céréales à paille » a été imputée.

FIGURE 2 |

### Processus d'imputation de la variable « culture de céréales à paille »



## Résultats

### Estimation des prévalences d'exposition

Dans l'échantillon retenu, les estimations de prévalences d'exposition aux PPP en 2010 dans le cadre de la culture de céréales à paille étaient de 20,9 % pour les fongicides, 19,9 % pour les herbicides et 16,0 % pour les insecticides.

Après prise en compte des pondérations, les prévalences d'exposition estimées dans la population cible en 2010 étaient de 19,9 % pour les fongicides, 18,9 % pour les herbicides et 14,7 % pour les insecticides. Le détail par famille chimique est présenté dans le tableau 1.

### Modélisation de la culture de céréales à paille à partir des données des SI-MSA

Dans l'échantillon des 1 846 personnes, utilisé pour modéliser la déclaration de culture de céréales à paille, 48,2 % des non-salariés déclaraient un travail en rapport avec cette culture contre 6,6 % des salariés.

Chez les non-salariés, la probabilité  $p$  de déclarer une culture de céréales à paille dans le questionnaire était significativement associée :

- au sexe (probabilité plus élevée chez les hommes que chez les femmes) ;
- au département d'affiliation, avec la probabilité la plus élevée pour le département du Pas-De-Calais et la plus faible pour le département des Pyrénées-Atlantiques ;
- à la superficie de l'exploitation, la probabilité augmentant avec la superficie ;
- à l'âge, la probabilité diminuant avec l'âge ;
- au code risque accident de travail (AT), la probabilité de déclarer cette culture étant principalement associée aux activités d'élevages (bovins lait ou mixte, cultures et élevages non spécialisés et autres élevages) ainsi qu'aux cultures céréalières et industrielles ;
- au régime maladie du chef d'exploitation avec une probabilité plus élevée de déclarer cette culture chez les exploitants exerçant leur activité à titre principal ou exclusif.

TABLEAU 1

Évaluation des prévalences d'exposition aux produits phytopharmaceutiques en 2010 utilisés pour le traitement des cultures de céréales à paille dans l'échantillon (n = 1 921) et dans la population cible de l'étude pilote

	Prévalence calculée dans l'échantillon		Prévalence estimée dans la population cible*	
	%	(IC 95 %)	%	(IC 95 %)
<b>Fongicides</b>	<b>20,9</b>	<b>(19,1 - 22,7)</b>	<b>19,9</b>	<b>(17,8 - 21,9)</b>
Triazoles	19,8	(18,1 - 21,6)	18,9	(17,0 - 20,8)
Strobilurines	14,4	(13,1 - 15,6)	13,5	(12,2 - 14,9)
Chloronitriles	6,3	(5,7 - 6,8)	6,0	(5,4 - 6,6)
Pipéridines	5,2	(4,8 - 5,7)	5,0	(4,5 - 5,5)
Anilino-Pyrimidine	4,2	(3,8 - 4,5)	4,0	(3,6 - 4,4)
Carbamates	2,1	(1,9 - 2,3)	2,0	(1,8 - 2,2)
Morpholines	2,1	(1,9 - 2,3)	2,0	(1,8 - 2,2)
<b>Herbicides</b>	<b>19,9</b>	<b>(18,1 - 21,6)</b>	<b>18,9</b>	<b>(17,0 - 20,8)</b>
Phytohormones	9,9	(9,1 - 10,8)	9,4	(8,5 - 10,4)
Urées Substituées	9,9	(9,1 - 10,8)	9,4	(8,5 - 10,4)
Sulfonylurées	9,9	(9,1 - 10,8)	9,4	(8,5 - 10,4)
FOPS	9,9	(9,1 - 10,8)	9,4	(8,5 - 10,4)
Pyridinocarboxamides	9,9	(9,1 - 10,8)	9,4	(8,5 - 10,4)
Diphényléthers	8,0	(7,2 - 8,6)	7,6	(6,8 - 8,3)
Hydroxy Benzonitriles	5,9	(5,4 - 6,5)	5,7	(5,1 - 6,2)
Acides picoliniques	6,0	(5,4 - 6,5)	5,7	(5,1 - 6,2)
Dérivés acide benzoïque	2,0	(1,8 - 2,2)	1,9	(1,7 - 2,1)
Benzamides	2,0	(1,8 - 2,2)	1,9	(1,7 - 2,1)
Toluidines	1,0	(0,9 - 1,1)	0,9	(0,8 - 1,0)
Carbamates	0,5	(0,5 - 0,6)	0,5	(0,4 - 0,5)
<b>Insecticides</b>	<b>16,0</b>	<b>(14,5 - 17,3)</b>	<b>14,7</b>	<b>(13,3 - 16,2)</b>
Pyréthroïdes	12,7	(11,6 - 13,9)	11,8	(10,6 - 13,0)
Carbamates	8,0	(7,3 - 8,7)	7,4	(6,6 - 8,1)
Chloronicotiniles	4,8	(4,4 - 5,2)	4,4	(4,0 - 4,9)

\* En utilisant les poids de sondage corrigés pour la non-réponse.

Chez les salariés, la probabilité *p* de déclarer une culture de céréales à paille dans le questionnaire était significativement associée :

- au sexe (probabilité plus élevée chez les hommes que chez les femmes);
- au code risque AT, la probabilité de déclarer cette culture étant principalement associée aux cultures et élevages non spécialisés, à l'élevage spécialisé de gros animaux, aux entreprises de travaux agricoles et aux cultures spécialisées;
- à l'effectif salarié de l'établissement, la probabilité diminuant avec l'augmentation de la taille de l'établissement.

Le seuil *s* qui maximisait le pouvoir prédictif du modèle était de 0,527 chez les non-salariés et de 0,066 chez les salariés. Ainsi, pour un individu donné, lorsque la probabilité prédite par le modèle était supérieure ou égale à cette valeur, l'individu a été classé parmi les personnes concernées par la culture de céréales à paille.

Sur les 276 individus réintégré dans l'analyse, (158 non-salariés et 118 salariés), la modélisation des cultures de céréales

à paille à partir des données disponibles dans les SI-MSA a permis d'imputer la notion de culture de céréales à paille à 69 (43,7 %) des 158 non-salariés et 28 (23,7 %) des 118 salariés.

### Estimation des prévalences d'exposition après imputation de la culture de céréales à paille

La proportion d'individus concernés par la culture de céréales à paille dans l'échantillon, initialement de 20,9 %, a été évaluée à 22,7 % après imputation de cette culture aux personnes en activité mais n'ayant pas déclaré d'emploi en 2010.

Après application de la MCE céréales à paille aux 2 197 individus retenus pour cette nouvelle analyse, les prévalences d'exposition aux PPP dans la population cible en 2010, augmentent légèrement, elles sont estimées à 21,1 % pour les fongicides, 20,1 % pour les herbicides et 15,6 % pour les insecticides. Le détail par famille chimique est présenté dans le tableau 2.

I TABLEAU 2 I

### Évaluation des prévalences d'exposition aux produits phytopharmaceutiques en 2010 pour le traitement des cultures de céréales à paille dans l'échantillon (n = 2 197) et dans la population cible de l'étude pilote (résultats après imputation)

	Prévalence calculée dans l'échantillon		Prévalence estimée dans la population cible*	
	%	(IC 95 %)	%	(IC 95 %)
<b>Fongicides</b>	<b>22,7</b>	<b>(20,9 - 24,4)</b>	<b>21,1</b>	<b>(19,2 - 23,1)</b>
Triazoles	21,5	(19,9 - 23,2)	20,1	(18,2 - 21,9)
Strobilurines	15,6	(14,4 - 16,8)	14,4	(13,1 - 15,7)
Chloronitriles	6,8	(6,3 - 7,3)	6,3	(5,8 - 6,9)
Pipéridines	5,7	(5,2 - 6,1)	5,3	(4,8 - 5,8)
Anilino-Pyrimidine	4,5	(4,2 - 4,9)	4,2	(3,8 - 4,6)
Carbamates	2,3	(2,1 - 2,4)	2,1	(1,9 - 2,3)
Morpholines	2,3	(2,1 - 2,4)	2,1	(1,9 - 2,3)
<b>Herbicides</b>	<b>21,5</b>	<b>(19,9 - 23,2)</b>	<b>20,1</b>	<b>(18,2 - 21,9)</b>
Phytohormones	10,8	(9,9 - 11,6)	10,0	(9,1 - 11,0)
Urées Substituées	10,8	(9,9 - 11,6)	10,0	(9,1 - 11,0)
Sulfonylurées	10,8	(9,9 - 11,6)	10,0	(9,1 - 11,0)
FOPS	10,8	(9,9 - 11,6)	10,0	(9,1 - 11,0)
Pyridinocarboxamides	10,8	(9,9 - 11,6)	10,0	(9,1 - 11,0)
Diphényléthers	8,6	(7,9 - 9,3)	8,0	(7,3 - 8,8)
Hydroxy Benzonitriles	6,5	(6,0 - 7,0)	6,0	(5,5 - 6,6)
Acides picoliniques	6,5	(6,0 - 7,0)	6,0	(5,5 - 6,6)
Dérivés acide benzoïque	2,2	(2,0 - 2,3)	2,0	(1,8 - 2,2)
Benzamides	2,2	(2,0 - 2,3)	2,0	(1,8 - 2,2)
Toluidines	1,1	(1,0 - 1,2)	1,0	(0,9 - 1,1)
Carbamates	0,6	(0,5 - 0,6)	0,5	(0,5 - 0,6)
<b>Insecticides</b>	<b>17,3</b>	<b>(15,9 - 18,6)</b>	<b>15,6</b>	<b>(14,2 - 17,0)</b>
Pyréthroïdes	13,8	(12,7 - 14,9)	12,5	(11,3 - 13,6)
Carbamates	8,6	(8,0 - 9,3)	7,8	(7,1 - 8,5)
Chloronicotiniles	5,2	(4,8 - 5,6)	4,7	(4,3 - 5,1)

\* En utilisant les poids de sondage corrigés pour la non-réponse

## CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Un des objectifs poursuivis par cette étude est de regarder la faisabilité d'utiliser les MCE pour estimer des prévalences d'exposition aux PPP dans le pilote de la cohorte Coset-MSA. Les travaux effectués ont permis de tester avec succès le croisement des données recueillies dans le cadre de la phase pilote de la cohorte Coset-MSA dans 5 départements métropolitains en 2010 avec une des MCE du programme Matphyto et notamment de vérifier que les données collectées sont suffisantes pour ce croisement.

La stratégie adoptée permet de valider Matphyto en tant qu'outil de choix pour l'évaluation rétrospective des expositions professionnelles aux PPP dans le contexte agricole français. S'agissant du deuxième objectif poursuivi, cette analyse montre également qu'il est nécessaire de tenir compte de la non-réponse partielle au questionnaire dans les estimations et que les données des SI-MSA permettent d'appréhender les différences entre les personnes ayant rempli correctement leur historique professionnel et les personnes n'ayant fourni aucune information dans cette section du questionnaire. En effet, les résultats montrent une bonne cohérence entre les informations recueillies par questionnaire et les informations administratives, ce qui permet de lever une des limites relative à la qualité des données déclaratives, telles que les données sur les cultures recueillies par autoquestionnaire dans l'étude pilote Coset-MSA. De plus, les caractéristiques des salariés réintroduits dans l'analyse après imputation montrent qu'ils sont en proportion plus susceptibles d'être concernés par cette culture que les salariés avec des données professionnelles renseignées dans le questionnaire.

Dans le projet Coset-MSA, l'utilisation des MCE est particulièrement adaptée compte tenu des limites de l'évaluation rétrospective de l'exposition individuelle aux PPP par questionnaire. En effet, les travailleurs n'ont le plus souvent pas connaissance des PPP auxquels ils ont été exposés et sont susceptibles d'oublier des produits utilisés lors d'activités anciennes. L'interrogation directe sur l'utilisation des produits, engendre donc de nombreuses erreurs de classement, sans compter la complexité du questionnaire qui représente un frein à la participation. De plus, ces erreurs de classement peuvent être différentielles, la réponse pouvant dépendre de l'état de santé (on peut par exemple supposer que des sujets malades se remémoreront plus facilement des expositions passées).

Ainsi, les matrices cultures-expositions présentent l'avantage majeur de ne nécessiter que les intitulés d'emploi, beaucoup moins susceptibles d'être oubliés par les participants.

Cette approche permet en outre de caractériser de façon relativement fine les expositions possibles aux PPP à partir des types de cultures, et selon une méthode semi-automatique, garantissant une évaluation homogène au sein d'un groupe de population.

La présente analyse avait pour but de tester la faisabilité de croiser une des MCE Matphyto avec les données recueillies dans la phase pilote de la cohorte Coset-MSA afin de produire des indicateurs d'exposition aux PPP en milieu professionnel agricole.

Cette étude reste à ce stade exploratoire; les prévalences d'exposition aux PPP estimées sur la sous-population étudiée ne peuvent être extrapolées aux actifs en France puisque l'étude pilote Coset-MSA ne portait que sur 5 départements qui ne sont pas représentatifs des pratiques agricoles françaises s'agissant des céréales à paille. De plus, la MCE s'attache à décrire les usages des PPP sur les cultures, elle n'est donc adaptée qu'à la population agricole et exclut *de facto* les expositions chez les professionnels non agricoles; ils ont été considérés dans cet exercice comme non exposés, alors que 2 % d'entre eux déclaraient néanmoins dans le questionnaire occuper un emploi « en rapport avec la culture de céréales à paille ».

En revanche, la constitution de l'échantillon par tirage au sort dans la population cible représente un atout majeur. Grâce à la correction des estimations pour la non-réponse totale, les prévalences obtenues reflètent d'autant mieux l'exposition des actifs agricoles des 5 départements choisis pour l'étude pilote. La mise en œuvre de ce croisement sur les données de Coset-MSA à l'échelon national permettra de produire des estimations pour les actifs agricoles en France.

Enfin, il faut garder à l'esprit que comme toute MCE, celle utilisée revêt certaines caractéristiques inhérentes à ce type d'outil. Elle fournit des indices d'exposition moyennés qui correspondent à des pratiques parfois hétérogènes; ces indices ne prennent pas en compte par exemple les différences entre petites et grandes exploitations, les variations concernant des zones agricoles sèches ou humides, ou l'utilisation de matériel moderne ou ancien. Cependant, dans des travaux d'estimation de prévalence sur une base populationnelle large, le fait d'avoir des indices moyennés sans distinguer les situations individuelles n'est pas une limite en soi.

Cette analyse montre qu'en 2010, 21,1 % (IC 95 % : 19,2 - 23,1) des actifs relevant du régime agricole (salariés et exploitants) sur les 5 départements considérés travaillaient sur des exploitations dont les céréales à paille étaient traitées par des fongicides, 20,1 % (IC 95 % : 18,2 - 21,9) par des herbicides et 15,6 % (IC 95 % : 14,2 - 17,0) par des insecticides. Les triazoles arrivent en tête pour les fongicides, les pyréthriinoïdes pour les insecticides, quant aux herbicides, les familles chimiques utilisées sur les céréales à paille sont nombreuses sans que l'une d'elle n'apparaisse majoritaire. Notre étude n'a pas vocation à relier l'exposition aux PPP, utilisés sur les céréales à paille, à un quelconque effet sur l'état de santé des personnes affiliés au régime de la MSA. Il est utile tout de même de souligner que de nombreuses publications internationales et autorités sanitaires s'interrogent sur un possible lien entre l'exposition à certains PPP et la survenue de certaines maladies [6].

Aucun niveau d'exposition rapporté dans la littérature, qui permettrait des comparaisons avec les prévalences estimées, n'a pu être retrouvé. Les études retrouvées sont assez différentes en termes de populations d'étude, d'indicateurs produits et de méthodologie; de plus les résultats obtenus ici, – *i. e.* les prévalences d'exposition indiquées ne concernent que la population affiliée dans les 5 départements de l'étude pilote. Les chiffres de prévalence d'exposition aux PPP indiqués dans ce rapport restent donc des estimations préliminaires,

limitées à la population cible de l'étude pilote et ne peuvent pas être extrapolés à d'autres contextes. Ils n'ont pas non plus de prétention de couvrir les multiples situations d'exposition pouvant se présenter dans le milieu agricole.

Par ailleurs, ces estimations de prévalence d'exposition ne prennent pas en compte les expositions en lien avec d'autres types de cultures ni les expositions liées aux activités antérieures puisqu'une seule MCE a été appliquée : celle des céréales à paille. Les prévalences obtenues ne reflètent donc que partiellement l'exposition potentielle de la population étudiée aux PPP. Cependant, la construction des MCE se poursuit et a vocation à couvrir l'ensemble des types de cultures en France ; cela permettra ainsi de prendre en compte à terme, l'essentiel des expositions professionnelles aux PPP des actifs agricoles. De plus, le croisement entre les données de l'étude pilote Coset MSA et la MCE céréale à paille n'a été effectué que pour la seule année 2010.

Cette étude se poursuit actuellement par des développements méthodologiques, afin d'élaborer des indices d'exposition prenant en compte l'ensemble des cultures, et de les combiner pour obtenir des indicateurs d'exposition sur l'ensemble de la carrière professionnelle des affiliés au Régime agricole. D'autres indices d'exposition fournis par les MCE, tels que la fréquence d'application et l'intensité d'exposition pourront également être

utilisés pour caractériser de manière plus fine l'exposition des personnes aux PPP dans le cadre de leur exercice professionnel. À terme, ces indicateurs d'exposition pourront être décrits selon le sexe, l'âge, le statut de salarié vs exploitant, ou dans des sous-populations d'intérêt.

En parallèle, l'extension nationale de la cohorte à l'échelle nationale est en cours de préparation, elle inclura l'ensemble des départements métropolitains français mais également les exploitants des Antilles et de l'île de la Réunion pour lesquelles des MCE spécifiques des cultures ultramarines sont en cours d'élaboration.

L'application de l'ensemble des MCE sur la cohorte nationale Coset-MSA permettra de disposer d'indicateurs à l'échelle de la population relevant du Régime agricole et de caractériser les populations les plus exposées professionnellement aux produits phytopharmaceutiques en France.

À plus long terme, Coset-MSA sera un outil pour observer la survenue d'événements de santé au cours du temps au sein de la population d'actifs affiliés à MSA. Le suivi épidémiologique de la cohorte permettra notamment d'apporter des arguments sur l'éventuelle relation entre les expositions à certaines classes de PPP et la survenue d'effets sanitaires.

## BIBLIOGRAPHIE

[1] Anses : Que sont les produits phytopharmaceutiques ? Présentation et cadre réglementaire. <https://www.anses.fr/fr/content/que-sont-les-produits-phytopharmaceutiques>

[2] Spinosi J, Févotte J. Le programme Matphyto – Matrices cultures-expositions aux produits phytosanitaires. Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire, juin 2008, 16 p, [http://www.invs.sante.fr/publications/2008/matphyto/rapp\\_sci\\_matphyto.pdf](http://www.invs.sante.fr/publications/2008/matphyto/rapp_sci_matphyto.pdf)

[3] Geoffroy-Perez B, Chatelot J, Santin G, Bénézet L, Delézire P, Imbernon E. Coset : un nouvel outil généraliste pour la surveillance épidémiologique des risques professionnels. Bull Epidemiol Hebd. 2012 ; (22-23) : 276-77

[4] Santin G., Geoffroy B., Bénézet L., Delézire P., Chatelot J., Sitta R., Bouyer J, Gueguen A. SNIIR-AM Cohorts Group. In an occupational health surveillance study, auxiliary data from administrative health and occupational databases effectively. J Clin Epidemiol. 2014 Jun ; 67 (6) : 722-30.

[5] Agreste, données issues des enquêtes réalisées par le Service de la Statistique et de la Prospective du Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt. <https://stats.agriculture.gouv.fr/disar/>. JCE. 2014 (67) : 722-730

[6] Inserm (dir.). Pesticides : Effets sur la santé. Rapport. Paris : Inserm, 2013, XII-1001 p. (Expertise collective). <http://ipubli.inserm.inist.fr/handle/10608/4819>

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier le Ministère de l'agriculture et l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques, pour le soutien financier issu de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan Ecophyto 2018 apporté aussi bien à la cohorte Coset-MSA qu'au programme Matphyto.

Nos remerciements vont également à la Caisse centrale de la MSA pour sa collaboration au projet Coset-MSA, en particulier son appui méthodologique et opérationnel pour la conception de l'étude pilote et la mise à disposition des données nécessaires à sa mise en œuvre.

## RÉSUMÉ

### Introduction

Il existe une difficulté majeure à connaître les expositions aux pesticides des travailleurs agricoles. Celle-ci est due à la multiplicité des produits phytopharmaceutiques (PPP) utilisés pour une même culture et à la variété des substances actives utilisées au cours du temps.

### Matériels et méthodes

Une étude a été menée en 2010 auprès d'un échantillon d'actifs du Régime agricole dans 5 départements français (étude pilote Coset-MSA) et a permis de collecter notamment, via un questionnaire autoadministré, les cultures relatives à l'emploi actuel. La notion de culture de céréales à paille a été croisée avec une matrice cultures-expositions (MCE) spécifique, développée dans le cadre du programme Matphyto. Ce programme consiste en la réalisation de matrices cultures-expositions aux PPP comprenant, pour chaque culture, des indices caractérisant l'exposition aux PPP par grand groupe, par grande famille chimique et par substance active spécifique.

Les probabilités d'exposition aux PPP, en 2010, ont été estimées par la somme des probabilités individuelles d'exposition données par la MCE pour les différents groupes et familles de pesticides utilisés en France sur les céréales à paille. La non-réponse partielle au questionnaire a été prise en compte par imputation grâce aux données administratives disponibles dans les systèmes d'information du Régime agricole, et la non-réponse totale par repondération.

### Résultats

Les premières estimations montrent qu'en 2010, 21,1 % (IC 95 % : 19,2 - 23,1) des actifs relevant du Régime agricole sur les 5 départements considérés travaillaient sur des exploitations dont les céréales à paille étaient traitées par des fongicides, 20,1 % (IC 95 % : 18,2 - 21,9) par des herbicides et 15,6 % (IC 95 % : 14,2 - 17,0) par des insecticides. Les triazoles arrivent en tête pour les fongicides, les pyréthrinoïdes pour les insecticides, quant aux herbicides, les familles chimiques utilisées sur les céréales à paille sont nombreuses sans que l'une d'elle n'apparaisse majoritaire.

### Conclusion

Les travaux effectués ont permis de tester avec succès le croisement des données recueillies dans le cadre de la phase pilote de la cohorte Coset-MSA avec une des MCE du programme Matphyto et de vérifier que les données collectées sont suffisantes pour ce croisement. Cette analyse montre également l'intérêt des données administratives pour appréhender la non-réponse partielle au questionnaire. Ce travail sera poursuivi par la prise en compte de la carrière entière et des autres cultures. Son application à la cohorte nationale Coset-MSA permettra de disposer d'indicateurs à l'échelle de la population relevant du Régime agricole et de caractériser les populations les plus exposées professionnellement aux PPP en France.

**Mots clés :** Coset, Matphyto, produits phytopharmaceutiques, exposition professionnelle, travailleurs agricoles

Citation suggérée :

Bénézet L., Geoffroy-Perez B., Spinosi J., El Yamani M. Évaluation de la faisabilité d'utiliser des matrices cultures-expositions pour estimer les expositions aux produits phytopharmaceutiques dans une cohorte de travailleurs agricoles. Saint-Maurice : Santé publique France; 2016. 9 p. Disponible à partir de <http://www.santepubliquefrance.fr>