

## Vers une typologie des pesticides à l'échelle du bassin de la Seine

Maxime Bignon<sup>1</sup>, Hélène Blanchoud<sup>1,\*</sup>, Thomas Puech<sup>2</sup>, Nicolas Gallois<sup>3</sup>,  
Josette Garnier<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Sorbonne-Université, UMR 7619 METIS, Paris

<sup>2</sup> INRAE, UR 055 ASTER, Mirecourt

<sup>3</sup> ARMINES/MINES ParisTech, PSL Université, Centre de Géosciences, Fontainebleau

\* [josette.garnier@sorbonne-universite.fr](mailto:josette.garnier@sorbonne-universite.fr)

\* [helene.blanchoud@sorbonne-universite.fr](mailto:helene.blanchoud@sorbonne-universite.fr)

### Résumé

*Ce rapport constitue un premier bilan des travaux réalisés depuis le début de l'année 2021 pour l'estimation des apports de pesticides à l'échelle du bassin versant de la Seine. L'objectif final de cette étude est d'aboutir à la création d'une première base de données répertoriant les principales pratiques phytosanitaires du territoire de Seine-Normandie depuis les années 1970 afin de modéliser leur transfert. Plus précisément, il s'agit d'enrichir d'un volet orienté « pratiques phytosanitaires » la base de données ARSEINE (Puech et al., 2018) qui détaille, dans sa version actuelle, des données fines descriptives des pratiques agronomiques du territoire. Les différentes étapes d'ores et déjà réalisées sont ici présentées, lesquelles se concentrent essentiellement sur la réalisation d'une typologie de matières actives de pesticides. Ce rapport s'articule selon trois points majeurs : la présentation des bases de données utilisées et leurs relations, la méthode utilisée pour réaliser une liste de substances actives d'intérêt la plus exhaustive et représentative de la diversité de molécules utilisées et pragmatique possible en limitant au maximum le nombre de substances retenues, et enfin, la méthode employée pour déterminer une typologie de substances actives d'intérêt sur la base de la liste de substances actives prédéterminée. L'objectif de cette typologie est de pouvoir extrapoler les simulations faites sur une substance à l'ensemble des individus issus du même groupe. Enfin, une partie supplémentaire illustre les travaux en cours, concernant les enquêtes menées afin de collecter des données descriptives des pratiques phytosanitaires historiquement réalisées sur le territoire depuis 1970.*

### Points clefs

- ✓ Présentation et articulation des sources d'information ou des bases de données utilisées.
- ✓ Description des méthodes employées pour obtenir, à la fois, la liste de substances actives d'intérêt et la typologie de pesticides.
- ✓ Présentation des préparatifs relatifs à la réalisation d'enquêtes sur le recueil de données descriptives des pratiques phytosanitaires historiques du territoire.

## **Abstract**

This report is a first statement on a work in progress since the beginning of 2021, dealing with the complex problem of pesticides transfer in the environment. The main goal of this study is to create a first database documenting main pesticides-practices, historically applied in the Seine-Normandie area, from the 1970s on. Technically speaking, this work mainly consists in extending the ARSEINE database (Puech et al., 2018), which finely details nitrogen-oriented agricultural systems and practices all over the area, with a new data module describing past major pesticides practices. All main phases of this work aiming at building a large-scaled pesticide typology is detailed in this document.

This report is divided into three main sections: **(i)** presentation of each databases and sources of informations used as well as the way they connect with each other, **(ii)** description of the method used in order to create a pesticide list, as exhaustive and complete as possible, and **(iii)** description of all methods used to create a pesticides typology, using the list elaborated in **(i)** and **(ii)**. Finally, the last part, currently in progress, focuses on a process of survey in order to collect data on “pesticide practices” on the Seine-Normandie area since 1970.

## **Key points**

- ✓ Presentation and articulation of each source of information or database used.
- ✓ Description of methods used to create a list of interesting pesticides used for a typology of pesticides.
- ✓ Presentation of the survey which will be used as a basis to collect data on pesticides practices.

## Introduction

Le changement climatique et l'importante exposition aux substances actives des pesticides sont deux sujets qui intéressent sérieusement l'opinion publique. Cependant, nous n'avons pris conscience de leur importance que trop récemment. Tandis que l'urgence de changer nos habitudes de consommation, ainsi que de produire une nourriture plus saine se fait de plus en plus pressante, il est primordial de comprendre comment les différentes pratiques vont évoluer au cours de la décennie à venir. C'est dans cet objectif que la volonté de comprendre les modalités de transfert des pesticides à l'échelle du bassin de la Seine est devenue nécessaire pour compléter les études réalisées sur les transferts et transformations de l'azote ainsi que leur modélisation à l'échelle régionale (Gallois et al., 2018 ; Puech et al., 2018 ; Passy et al., 2018 ; Billen et al., 2019 ; Garnier et al., 2019). Ce travail fait suite à l'étude de modélisation des pollutions diffuses d'origine agricole sur le territoire Seine-Normandie (Gallois et al., 2018 ; Puech et al., 2018). En particulier, les travaux de Puech et al. (2018, 2020) ont permis d'aboutir à la réalisation d'une base de données (base ARSEINE - Puech et al., 2019), décrivant finement les systèmes de culture (*i.e.* rotations et itinéraires techniques) et leurs évolutions spatio-temporelles, à l'échelle du bassin Seine-Normandie (~101 000 km<sup>2</sup>). Cette base de données a, par la suite, été interfacée avec la plateforme STICS-MODCOU, pour en modéliser l'impact environnemental. Des scénarios ont également été effectués à l'horizon 2050.

L'objectif poursuivi ici est désormais de compléter cette base de données en y incluant des éléments descriptifs des modalités d'application propres aux substances phytosanitaires sur l'ensemble du bassin de la Seine, également dans une perspective finale de modélisation via l'emploi du couplage PeSTICS-STICS-CaWaQS3.x (Gallois et al., 2020 ; Kilic et al., 2021). Ce travail a été organisé selon les principales étapes suivantes (cf. Figure 1) :

- La consultation et la mise en relation de diverses bases de données entre elles,
- La réalisation d'une typologie de matières actives ayant pour but de regrouper ces dernières selon leurs paramètres physico-chimiques,
- La réalisation d'enquêtes sur les pratiques phytosanitaires sur le territoire de Seine-Normandie,
- La confrontation de ces données aux dires d'experts afin d'en assurer leur validation, avant ajout à la base de données ARSEINE.

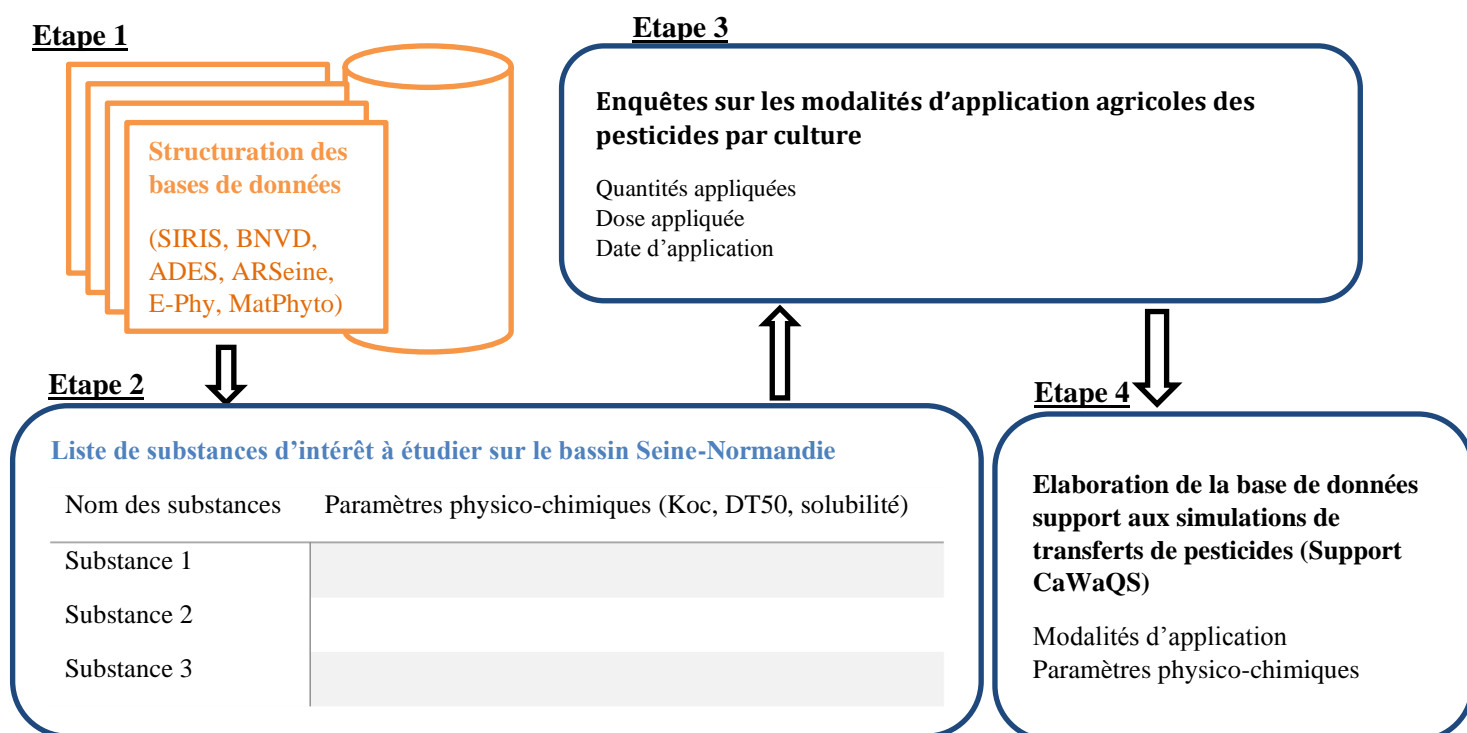


Figure 1. Schéma organisationnel du travail à réaliser.

Certaines des principales étapes de travail sont d'ores et déjà finalisées, en particulier celles ayant permis d'aboutir à une typologie de pesticides, et sont détaillées dans ce rapport.

Contrairement aux nitrates, les pratiques phytosanitaires correspondent à l'application de nombreuses substances de propriétés physico-chimiques diverses. En 2021, 412 substances actives sont autorisées en France (<https://www.data.gouv.fr>), et il faut ajouter à cela les anciens pesticides retirés du marché, mais utilisés pendant les 30 dernières années. Il serait illusoire de vouloir quantifier les usages d'un si grand nombre de substances et de modéliser leur transfert dans le bassin de la Seine. Les travaux précédents du PIREN-Seine ont permis d'intégrer un module de transfert spécifique des pesticides PeSTICS dans la chaîne de modélisation. Les premières simulations ont été réalisées pour l'atrazine et l'isoproturon sur des bassins versants de taille raisonnable (Rat et al., 2006 ; W. Queyrel, 2014) dans le périmètre desquels un effort considérable de détermination des intrants a été réalisé (Schott et al., 2004 ; Nicola et al., 2011).

La mise en place de la banque nationale des ventes auprès des distributeurs (BNV-D) en 2008 offre de nouvelles perspectives de définition des intrants phytosanitaires et permet d'envisager une cartographie des pratiques sur le territoire Seine-Normandie (Puech et al., 2018b). Pour autant, le recul historique nécessaire pour tenir compte de l'inertie du transfert sol-nappe-rivière dans le bassin de la Seine impose de renseigner les usages à partir des années 1970. Afin d'adapter cette démarche sur le bassin de la Seine, des choix dans la sélection des matières actives d'intérêt doivent être faits. L'approche développée ici est d'identifier certains pesticides qui seraient représentatifs d'un groupe de produits, tant par leur période d'homologation que par leur usage ou leur potentiel de transfert. La première étape a donc été de recenser toutes les bases des données permettant de préciser les données requises (étape 1) puis d'identifier des profils statistiques homogènes des pesticides afin d'établir une liste de substances d'intérêt par sélection d'une substance par groupe (étape 2) et ainsi faciliter le travail d'enquête des usages à partir de cette liste restreinte sur la période 1970 - 2010 (étape 3).

## **1. Présentation des sources et bases de données**

Ce travail nécessite le recueil et le croisement de plusieurs sources d'informations et de bases de données afin de les faire interagir dans le but de répondre à l'objectif précédemment fixé, à savoir créer une typologie des pesticides regroupant à la fois des informations sur les paramètres physico-chimiques des matières actives et sur les pratiques au cours de la période 1970-2010 sur le territoire de Seine-Normandie.

### **1.1. La Banque Nationale des Ventes de produits pharmaceutiques par les Distributeurs agréés (BNVD)**

Cette banque<sup>1</sup> nationale est fondée sur des déclarations, par les distributeurs agréés, des bilans annuels des ventes de pesticides pour chaque département depuis 2008. Ces déclarations sont faites dans le cadre des dispositions relatives à la redevance pour pollutions diffuses définies dans le cadre de la Loi sur l'eau et les milieux aquatiques de décembre 2006. Cette base a, entre autres, été mobilisée lors de précédents travaux visant à une reconstitution locale (région du Provençal) de l'évolution spatio-temporelle des pratiques culturales (Puech et al., 2015). Ces travaux ont ainsi permis de préciser les quantités annuelles vendues sur les Unité de Modélisation Agricole, l'unité géographique spatialisée.

### **1.2. Le Système d'Intégration des Risques par Interaction des Scores pour les pesticides (SIRIS)**

Cette base de données<sup>2</sup> recense les paramètres physico-chimiques tels que la durée de demi-vie (DT50), le potentiel de sorption sur la matière organique (le Koc), et la solubilité pour les diverses matières actives. Ces paramètres sont à la base du formalisme de modélisation du transfert de pesticides dans PeSTICS. Cet outil est une méthode semi-quantitative de tri des substances selon une hiérarchisation des paramètres incluant ceux de la base de données et les données d'usages des pesticides (quantité appliquée, dose) et permet une classification des matières actives selon leur potentialité à être détectées dans les principaux compartiments constitutifs de l'hydrosystème : eaux de surface et eaux souterraines. Il existe plusieurs types de formulaires à remplir en fonction des objectifs visés et du contexte. Il peut être possible de renseigner les quantités en termes de matières actives ou de produits en précisant ou non la surface agricole concernée.

<sup>1</sup> <https://agriculture.gouv.fr/ventes-de-produits-phytopharmaceutiques-pour-lannee-2019>

<sup>2</sup> Consultable ici : <https://siris-pesticides.ineris.fr/bdd>

### 1.3. E-phy

Le site E-phy<sup>3</sup> est un catalogue des spécialités commerciales de produits phytopharmaceutiques, de leur composition, ainsi que leurs usages homologués en France. Il rassemble également les informations concernant la réglementation liée à l'utilisation des produits en précisant si cette dernière est approuvée ou bien interdite sur le territoire français. Ce site est mis à jour par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES). Cette base de données permettra de faire le lien entre les bases de données relatives aux matières actives (propriétés physico-chimiques) et celles relatives aux spécialités commerciales (données d'enquêtes des pratiques phytosanitaires) puis de faire le lien avec les pratiques d'utilisation des pesticides (cultures traitées) mais aussi avec les périodes d'homologation des matières actives (dates d'homologation et de retrait).

### 1.4. MatPhyto

Ce site présente sous forme de base de données une compilation de l'ensemble des Index phytosanitaires de l'Association de Coordination Technique Agricole (ACTA) depuis 1961, notamment l'ensemble des pesticides présents dans ces index et l'évolution de leurs usages. La base de données MatPhyto<sup>4</sup> recense notamment les périodes d'homologation des substances actives pour chaque culture ou groupe de cultures.

### 1.5. ADES

ADES<sup>5</sup> (portail d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines), recense, à l'échelle nationale, des données de *monitoring* des eaux souterraines. Outre des informations sur le suivi quantitatif (niveau piézométrique), il donne accès à des indicateurs variés caractérisant l'état physico-chimique et l'état chimique des eaux souterraines depuis 1997 sur 3500 qualitomètres. De fait, il rend ici possible non seulement une cartographie de l'occurrence des résidus de pesticides (cf. Figure 2) dans les différentes formations aquifères du territoire, mais également des informations précisant le niveau de fiabilité de ces mesures.

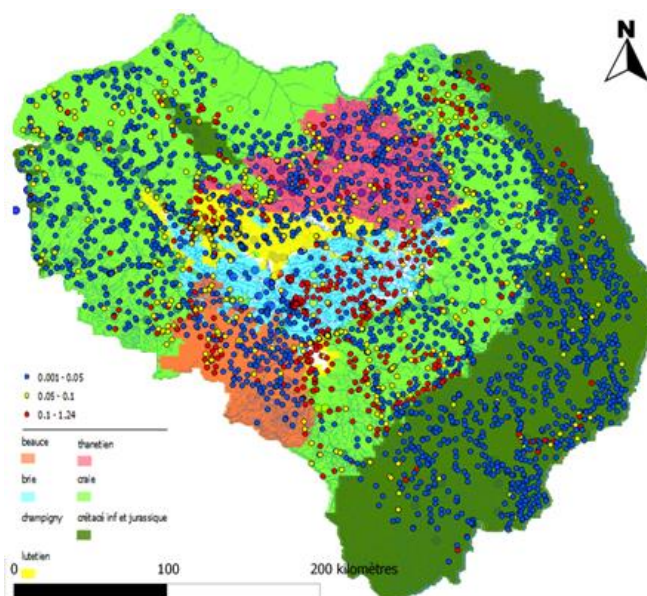


Figure 2. Carte du bassin Seine - Normandie représentant les aquifères superficiels et les concentrations moyennes en dééthylatrazine (DEA) dans les eaux souterraines sur la période 2006 - 2013 (données issues de la base de données ADES).

La base de données ARSEINE a été réalisée par ASTER entre 2013 et 2018 et capitalise plus de vingt années de travaux conduits dans le cadre du PIREN-Seine. ARSEINE caractérise les dynamiques spatiales (95 Unités spatiales dites de modélisation agricole - cf. Figure 3) et temporelles (1970-2015) des principaux

<sup>3</sup> Consultable ici : <https://ephy.anses.fr/>

<sup>4</sup> Consultable ici : <http://matphyto.acta-informatique.fr/Search>

<sup>5</sup> Consultable ici : <https://ades.eaufrance.fr/>



systèmes de culture à l'échelle du bassin Seine-Normandie. L'agriculture du bassin est décrite à partir d'environ 4500 systèmes de culture différents mobilisant des données issues de l'enquête Ter-Uti / Ter-Uti Lucas, des recensements agricoles 1970 à 2010, des enquêtes pratiques culturales (1994 à 2011) et d'enquêtes auprès de 123 acteurs de la profession agricole. Les conduites culturales sont décrites dans ARSEINE à partir des principales pratiques (fertilisation azotée minérale et organique, irrigation, travail du sol, interculture). Les données issues des systèmes de culture sont le support de la partie agricole de la chaîne de modélisation ARSEINE-STICS-MODCOU (Gallois et al., 2018). Le travail conduit dans le cadre du PIREN-Seine vise à compléter ce système d'information avec les pratiques de conduite phytosanitaire en vue de la modélisation de leurs transferts dans les différents compartiments de l'hydrosystème du bassin Seine-Normandie.

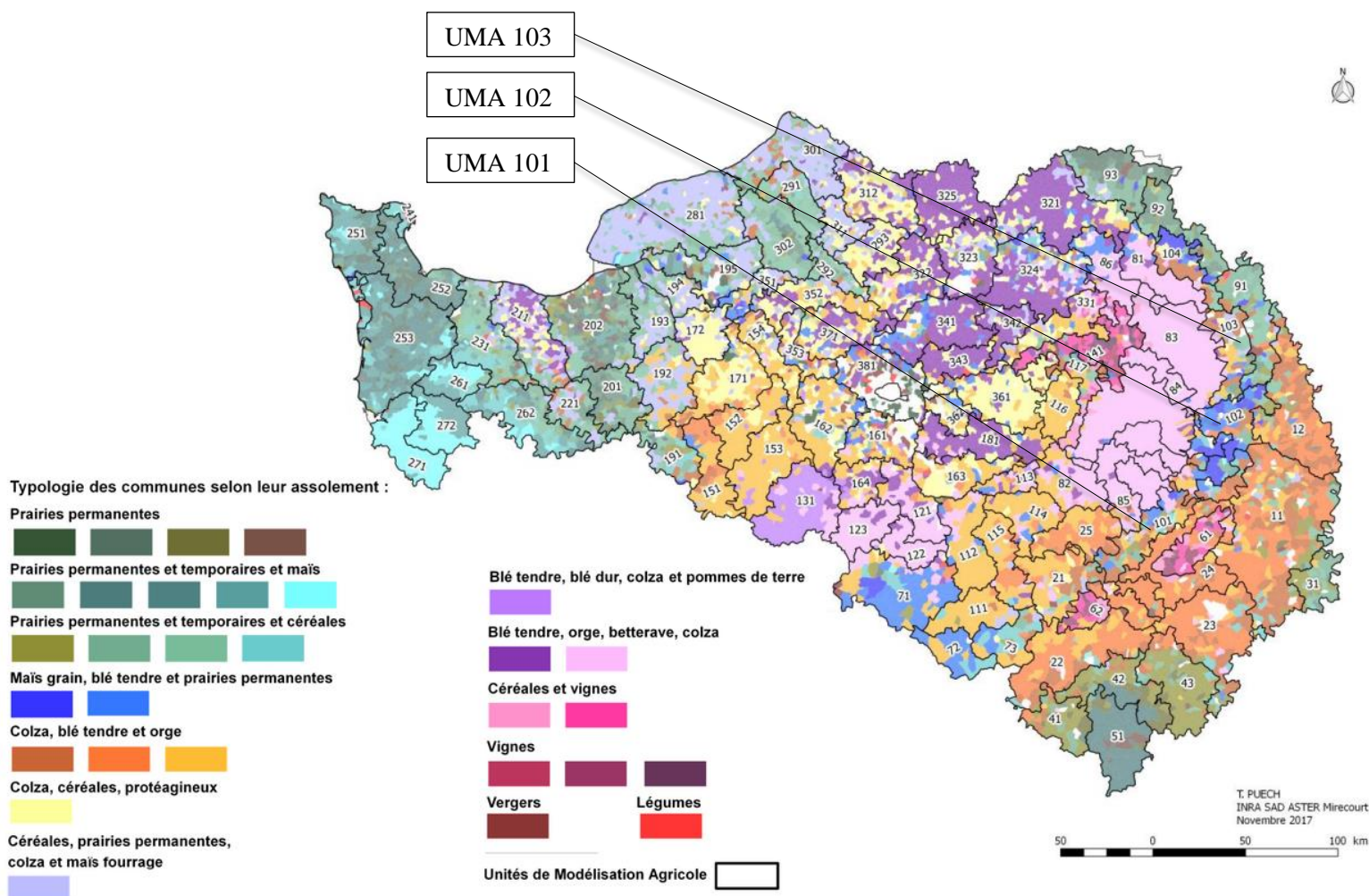


Figure 3. Typologie des assolements et délimitation des unités de modalisation agricole sur le bassin Seine-Normandie (sources : recensement agricole 2010, Puech et al., 2018).

## 2. Généralisation de la démarche d'étude des pesticides à l'ensemble du bassin Seine - Normandie

L'étude de la question du transfert des matières actives sur le bassin Seine-Normandie étant une question très vaste, les travaux menés antérieurement ont contribué à faire des petits focus, qu'ils soient en termes de zone d'étude, de période temporelle ou de matières actives étudiées en elles-mêmes. Dans cette phase 8, il s'agit donc, sur la base des études antérieures, d'élargir l'étude des pesticides à l'ensemble du bassin Seine-Normandie.

### 2.1. Détermination de périodes temporelles homogènes

A partir de la base de données ARSEINE, nous avons choisi de conserver les périodes temporelles homogènes déterminées lors de l'étude de Puech et al. (2018). Le but de ce travail est d'identifier ces périodes afin de faciliter la recherche des cultures prédominantes par unités de modélisation agricole (UMA) et par période. Ces périodes sont alors désignées comme étant des périodes temporelles relativement homogènes en termes de pratiques culturales (itinéraires techniques). ARSEINE permet en outre de caractériser les évolutions (assolement, successions de cultures) ayant eu lieu au sein de ces périodes à l'échelle des UMA (cf. Figure 3). Les périodes identifiées sont : 1970-1980, 1981-1992, 1993-2005 et 2006-2014.

### 2.2. Détermination de l'évolution des assolements dans le temps et l'espace

Dans l'optique d'obtenir un échantillon représentatif et condensé des pratiques agricoles liées aux modalités d'application des pesticides, nous nous sommes intéressés aux quatre cultures majoritaires par périodes de temps présentées dans le tableau 1 et des 95 UMA. Ainsi, chacune de ces unités se verra affectée de quatre cultures par périodes de temps homogènes déterminées précédemment. Il sera alors plus facile par la suite, lors de la réalisation des enquêtes de terrain, de cibler la collecte de données autour de ces types de cultures.

Tableau 1. Tableau représentant les 4 cultures prédominantes et de leur surface (en pourcentage de surface agricole utilisée, SAU) par période de temps et par UMA.

UMA	Rang	1970-1980		1981-1992		1993-2005		2006-2014		Effectifs cumulés croissants des SAU (%)
		Culture	% de SAU	Culture	% de SAU	Culture	% de SAU	Culture	% de SAU	
101	1	PP	44,6	PP	33,7	BT	26,1	BT	27,0	1970-1980 78,1
101	2	BT	17,3	BT	23,3	PP	23,1	PP	21,0	1981-1992 77,5
101	3	OP	9,1	MG	10,3	Co	9,9	OH-Esc	11,3	1993-2005 67,3
101	4	MG	7,1	OH-Esc	10,2	OH-Esc	8,2	Co	11,1	2006-2014 70,4
102	1	PP	40,9	PP	31,6	PP	23,3	BT	22,7	1970-1980 76,9
102	2	BT	18,0	BT	23,5	BT	22,9	PP	21,0	1981-1992 79,1
102	3	MG	9,6	MG	12,8	MG	15,1	MG	15,0	1993-2005 68,5
102	4	OH-Esc	8,4	OH-Esc	11,2	Co	7,3	OP	10,2	2006-2014 68,8
103	1	PP	34,0	PP	28,5	BT	27,7	BT	27,1	1970-1980 73,4
103	2	BT	22,7	BT	27,1	PP	22,8	PP	21,0	1981-1992 73,9
103	3	OH-Esc	9,2	OH-Esc	12,7	Co	8,5	Co	13,5	1993-2005 66,1
103	4	OP	7,5	MG	5,6	OP	7,1	OP	6,5	2006-2014 68,1

NB : **PP** : Prairie permanente / **BT** : Blé tendre / **OP** : Orge printemps / **MG** : Maïs grain / **OH-Esc** : Orge d'hiver-Escourgeon / **Co** : Colza

Le tableau 1 ci-dessus montre l'exemple des UMA 101 (Champagne humide), 102 (Perthois et Champagne humide) et 103 (Argonne et Champagne humide). Pour l'UMA 101, les cultures prédominantes sont la prairie permanente, le blé tendre, l'orge de printemps et le maïs grain. Ces cultures représentent respectivement 44,6 %, 17,2 %, 9,1 % et 7,1 % de la surface agricole utile (SAU) totale de l'UMA, soit un total de 78,1 % de la SAU totale de l'UMA pour la période 1970-1980 (encadrée en rouge).

### 2.3. Détermination de la typologie de substances actives

La principale difficulté dans ce travail réside dans la diversité de molécules de pesticides existantes depuis le début de leur emploi. En effet, la base de données SIRIS recense 639 substances ; cependant, le nombre de pesticides réellement utilisés est sous-estimé et s'approcherait des 1 000 substances. De plus, à cela s'ajoute une complexité dans le recueil d'informations concernant certaines substances. En effet, une substance active ne peut être suivie que si nous désirons la tracer ou bien déterminer sa concentration. De plus, la capacité d'une substance à être quantifiée est liée à la capacité technique de quantification des laboratoires d'analyses. Une substance active peut donc être effectivement retrouvée dans l'environnement, mais sans pouvoir forcément être quantifiée.

Enfin, dans un souci d'optimisation du temps de simulation du transfert de ces substances dans les sols, il est apparu nécessaire de restreindre au possible le nombre de substances en priorisant les substances actives représentatives. Il s'agira donc dans cette partie de décrire la méthodologie mise en place pour réaliser une liste restreinte de substances d'intérêt, pour lesquelles des enquêtes sont en cours de réalisation sur les pratiques agronomiques relatives aux modalités d'application des pesticides de 1970 à aujourd'hui.

Pour ce faire, le choix a été fait de procéder selon les principales étapes illustrées en figure 4.

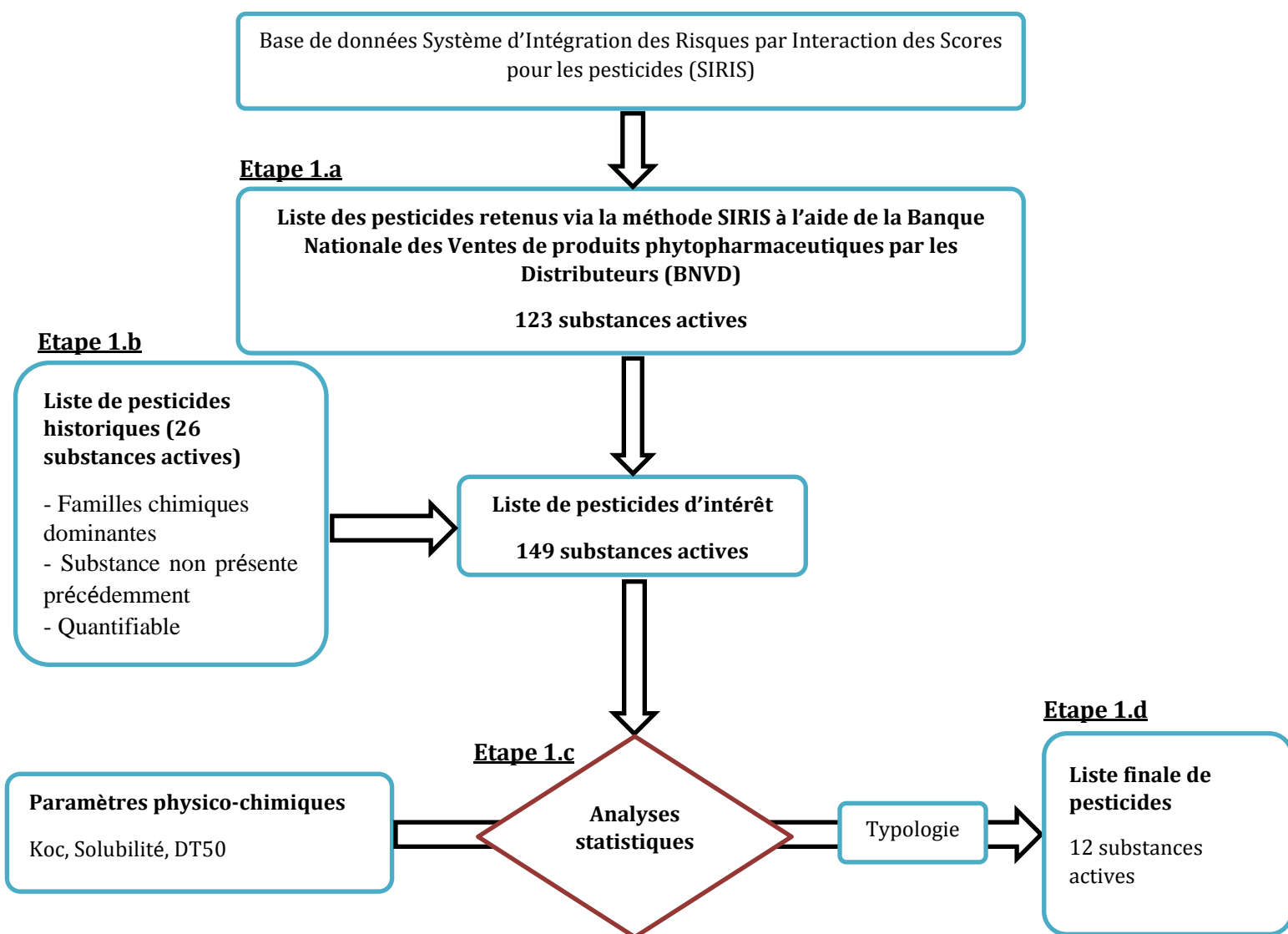


Figure 4. Schéma organisationnel des étapes successives pour obtenir la typologie des substances actives.



### 2.3.1. Détermination d'une liste de pesticides retenus via la méthode SIRIS

Dans le but d'élaborer cette liste de pesticides, il est nécessaire d'utiliser une source d'information la plus exhaustive possible. Nous avons utilisé la base de données SIRIS (INERIS, cf. Figure 4, étape 1.a.). Cet outil nécessite de renseigner soit les quantités utilisées sur le bassin versant soit la dose appliquée de la substance associée à la surface d'application. Il est donc utilisable pour le bassin de la Seine à partir des données totales appliquées issues de la BNV-D, c'est-à-dire à partir de 2008.

Afin de renseigner les quantités utilisées pour chaque substance active (cf. Tableau 2) nous nous sommes servis des travaux (Puech et al, 2018) quantifiant les usages des pesticides à l'échelle du bassin de la Seine. Le désavantage de cette étape 1.a. est d'utiliser la BNV-D comme support d'information, qui ne rassemble des données que sur les quantités vendues à partir de 2008.

Tableau 2. Formulaire de réponse proposé dans SIRIS par l'INERIS afin de renseigner les quantités vendues de substances actives. Fournit des informations d'identification de substance (CAS, Synonymes etc.).

Substances actives	CAS	Synonymes des noms	Synonymes des CAS	Quantité (Kg)
1,3-dichloropropene	542-75-6			
2,4,5-t	93-76-5			
2,4-d	94-75-7			
2,4-d ethylhexyl ester	1928-43-4			
2,4-d sel de diméthylamine	2008-39-1			
2,4-db	94-82-6			

Ainsi, une fois que le formulaire (cf. Tableau 2) est rempli avec l'intégralité des quantités appliquées sur le bassin de la Seine-Normandie sur la période 2008-2017, il en résulte un document de synthèse représentant le classement des substances actives susceptibles de se retrouver d'une part dans les eaux de surface et d'autre part dans les eaux souterraines. Nous avons ensuite choisi de ne nous intéresser qu'aux cent premières substances actives de chaque liste. Après correction des redondances entre ces deux listes, 123 substances actives utilisées sur la période 2008-2017 sont identifiées (cf. Figure 4, étape 1.a.).

### 2.3.2. Liste de matières actives historiques (Etape 1.b.)

Etant donné le recul historique que l'on s'impose (*i.e.* depuis 1970), une liste complémentaire de substances actives a été élaborée pour les usages antérieurs à 2008. A titre d'exemple, l'atrazine ou la simazine sont toutes deux interdites en France depuis 2003 (et figurent donc *a priori* hors de la liste d'intérêt), mais elles restent ici cruciales dans le cadre de ces travaux, car encore très largement mesurées dans le milieu (Chen et al., 2019).

Nous avons cherché les familles chimiques principales de pesticides qui ont été conçues au fil du temps (cf. Tableau 3). Nous avons alors utilisé plusieurs sources, notamment le site internet du Sénat et le site internet MatPhyto. Les carbamates ont par exemple été créés entre 1950 et 1960 et sont encore utilisés en 2000.

Tableau 3. Graphique représentatif de l'évolution des familles chimiques au cours du temps.

	HERBICIDES	FONGICIDES	INSECTICIDES
Avant 1900	Sulfate de cuivre Sulfate de fer	Soufre Sels de cuivre	Nicotine
1900 - 1920	Acide sulfurique		Sels d'Arsenic
1920 - 1940	Colorants nitrés		
1940 - 1950	Phytohormones...		Organo-chlorés Organo-phosphorés
1950 - 1960	Triazines, Urées substituées Carbamates	Dithiocarbamates Phtalimides	Carbamates
1960 - 1970	Bipyridyles, Toluidines...	Benzimidazoles	
1970 - 1980	Amino-phosphonates Propionates...	Triazoles Dicarboximides Amides, Phosphites Morpholines	Pyréthrinoides Benzoylurées (régulateurs de croissance)
1980 - 1990	Sulfonylurées...		
1990 - 2000		Phénylpyrroles Strobilurines	Néonicotinoïdes

TABEAU : HISTORIQUE DE L'ÉVOLUTION DES TROIS PLUS GRANDES FAMILLES D'ACTIVITÉ DES ANNÉES 1900 À NOS JOURS. SOURCE : WWW.SENAT.FR

A l'aide de cette information, la liste suivante de familles chimiques de substances actives présentes à partir des années 1970 a été déterminée :

Triazines	Sulfonylurées	Phosphites
Urées substituées	Dithiocarbamates	Morpholines
Carbamates	Phtalimides	Organo-chlorés
Dipyridyles	Benzimidazoles	Organo-phosphorés
Toluidines	Triazoles	Pyréthrinoides de synthèse
Amino-phosphonates	Dicarboximides	Benzoyl urées
Aryloxyphénoxy-propionates	Amines, Amides	

Le site internet MatPhyto est une base de données compilant l'ensemble des index phytosanitaires de l'Association de Coordination Technique Agricole (ACTA) depuis 1961. Elle rassemble donc des données sur les substances actives retirées du marché français. De fait, elle est ici utilisée comme support. Dans une optique de validation des simulations à réaliser à terme, il est crucial de d'ores et déjà intégrer ici la notion de mesure de ces substances dans le milieu naturel. Par conséquent, le choix a été fait de se restreindre également à des substances pour lesquelles un suivi est disponible (AESN, 2021). La base de données ADES (cf. §. 1.5.) est, à ce titre, mobilisée ici.

Concernant la liste historique, 26 substances actives (cf. Figure 4 1.b.) sont concernées et ont été ajoutées aux 123 substances précédemment obtenues (soit un total actualisé à 149 substances actives d'intérêt - cf. annexes).

### **2.3.3. Obtention de la typologie de matières actives (Etape 1.c. et 1.d.)**

Précédemment, nous avons détaillé les diverses étapes pour obtenir une liste restreinte de matières actives. Ici, nous allons expliciter la méthode retenue pour obtenir une typologie de matières actives. Cette typologie vise à réduire le nombre de substances à modéliser en identifiant des groupes de matières actives aux propriétés physico-chimiques proches.

Un premier tri a été fait dans la liste de 149 matières actives d'intérêt en élaborant une typologie de matières actives à l'aide d'une analyse statistique. Une fois les classes de matières actives obtenues, nous pourrions déterminer un individu représentatif de ce groupe, dit « parangon ». Il servira d'individu cible aux simulations.

#### **2.3.3.1. Les paramètres physico-chimiques retenus**

Blanchoud et al. (2002) ont décrit les paramètres physico-chimiques mobilisés pour la modélisation des transferts vers l'hydrosystème dans PeSTICS :

- Le temps de demi-vie (DT50), qui caractérise la longévité de la matière active dans l'environnement,
- Le coefficient de partition solide/liquide (Koc) caractérise l'affinité des molécules non ioniques pour les sols,
- La solubilité.

D'autres paramètres physico-chimiques sont cependant intéressants, mais relativement compliqués à trouver sur les bases de données ou les sites internet. C'est le cas pour l'énergie d'activation qui caractérise la capacité de la substance à être métabolisée, la réaction échéante amenant à la synthèse d'une autre molécule. Les constantes cinétiques de sorption et d'adsorption ont également été envisagées. Cependant, ces données n'étaient pas toutes présentes dans les bases de données connues dans le domaine.

Par la suite, d'autres paramètres ont été aussi envisagés, mais n'ont cependant pas été retenus, à l'image des indicateurs caractérisant l'ampleur d'emplois des pesticides. En effet, il existe également la Quantité de substances actives vendues (QSA) sur une période de temps ou par année ou le nombre de doses unitaires (NODU) défini dans le cadre du plan Ecophyto (2020) : <https://agriculture.gouv.fr/ecophyto-et-sortie-du-glyphosate-le-gouvernement-renforce-la-transparence-et-mobilise-l'expertise>

Bien que ces paramètres soient primordiaux dans la thématique des pesticides, ils présentent toutefois des inconvénients qui limitent leur emploi ici. En effet, il s'agit de caractériser des pesticides en fonction de paramètres qui leur sont propres. Or, la QSA peut être mise en défaut car elle ne prend pas en compte la dose appliquée lors du traitement. Le NODU correspond à un nombre de traitements moyens appliqués annuellement à l'ensemble des cultures. Ceci fait référence à la notion de « dose-unité » qui mentionne une dose spécifique à un couple « substance-culture », l'inconvénient étant qu'une substance active se voit attribuer plusieurs doses. Ainsi, il devient difficile de réaliser des comparaisons entre diverses substances.

C'est à la lumière de ces faits que nous nous sommes restreints aux paramètres physico-chimiques suivants : le temps de demi-vie (DT50), le coefficient de partition solide/liquide (Koc), la solubilité pour réaliser l'analyse statistique permettant d'obtenir la typologie.

#### **2.3.3.2. La méthode employée pour obtenir la typologie**

Dans cette section, nous allons détailler le raisonnement qui nous a amené à choisir la méthode employée pour réaliser la typologie (cf. Figure 4, Etape 1.c.). Dans un premier temps, les paramètres utilisés étant des paramètres quantitatifs, il faut que l'outil statistique qui sera utilisé soit compatible avec ce type de données. Cherchant à réaliser des regroupements, nous nous sommes tournés vers le classement hiérarchique, discipline appartenant à la classification automatique (logiciel R, package « FactoMineR »).

La méthode employée consiste à avoir recours à un ACP (Analyse en Composantes Principales). Les données ont été normalisées en passant par une transformation logarithmique et l'analyse réalisée à l'aide de

la fonction « *PCA* ». La normalisation est une étape permettant de limiter la dispersion des individus très excentrés. De ce fait, ceci permet d'obtenir des groupes présentant des nombres d'individus moins contrastés. Néanmoins, des individus ont dû être écartés, car leurs caractéristiques physico-chimiques se sont révélées être trop excentrées. Il s'agit du fosetyl-aluminium, du flutolanil, de la cyperméthrine, du flutriafol et du diquat.

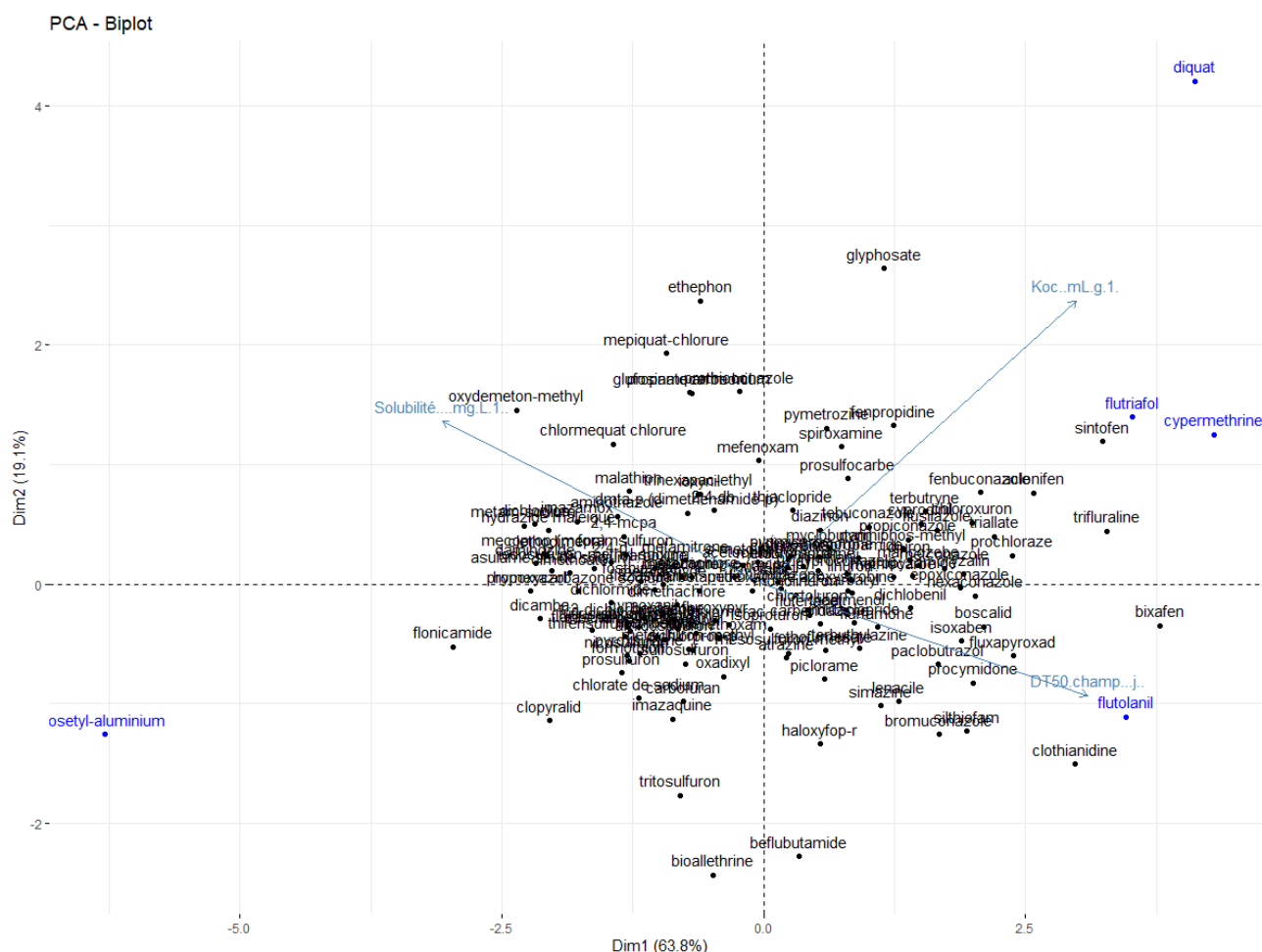


Figure 5. Représentation graphique de la dispersion des individus et des variables.

La Figure 5 représente la projection des variables (paramètres physico-chimiques) et des matières actives (individus) sur le cercle des corrélations sur le premier plan factoriel. Afin d'avoir une meilleure répartition du nuage de points, les substances indiquées en bleu foncé ne seront donc pas prises en compte par l'analyse statistique, car ce sont les substances ayant des valeurs extrêmes, les isolant du reste des substances actives. La classification se fera sur les résultats de l'ACP.

A la suite de ceci, la fonction « *HCPC* » reprend les résultats de la fonction « *PCA* » et les utilise pour réaliser la classification ascendante hiérarchique en créant 10 groupes (cf. Figure 6 et tableau 4). Au début de l'année, l'objectif était de s'intéresser à une trentaine de substances actives. Cependant, la classification ascendante hiérarchique indiquait que trois groupes de substances actives étaient suffisants, nous avons donc opté pour un choix intermédiaire avec 10 groupes retenus. Le but est d'identifier des groupes d'individus similaires dans un jeu de données. Le principe de cette classification est de calculer la distance entre chaque individu et 10 points aléatoires sur le plan factoriel, puis chaque individu est affecté au groupe dont le centre est le plus proche. Puis, le barycentre est calculé pour chaque groupe. Cette affectation des individus est répétée jusqu'à ce que les barycentres n'évoluent plus. Il est important de préciser que le nombre de substance par groupe (cluster) n'est pas fixe.

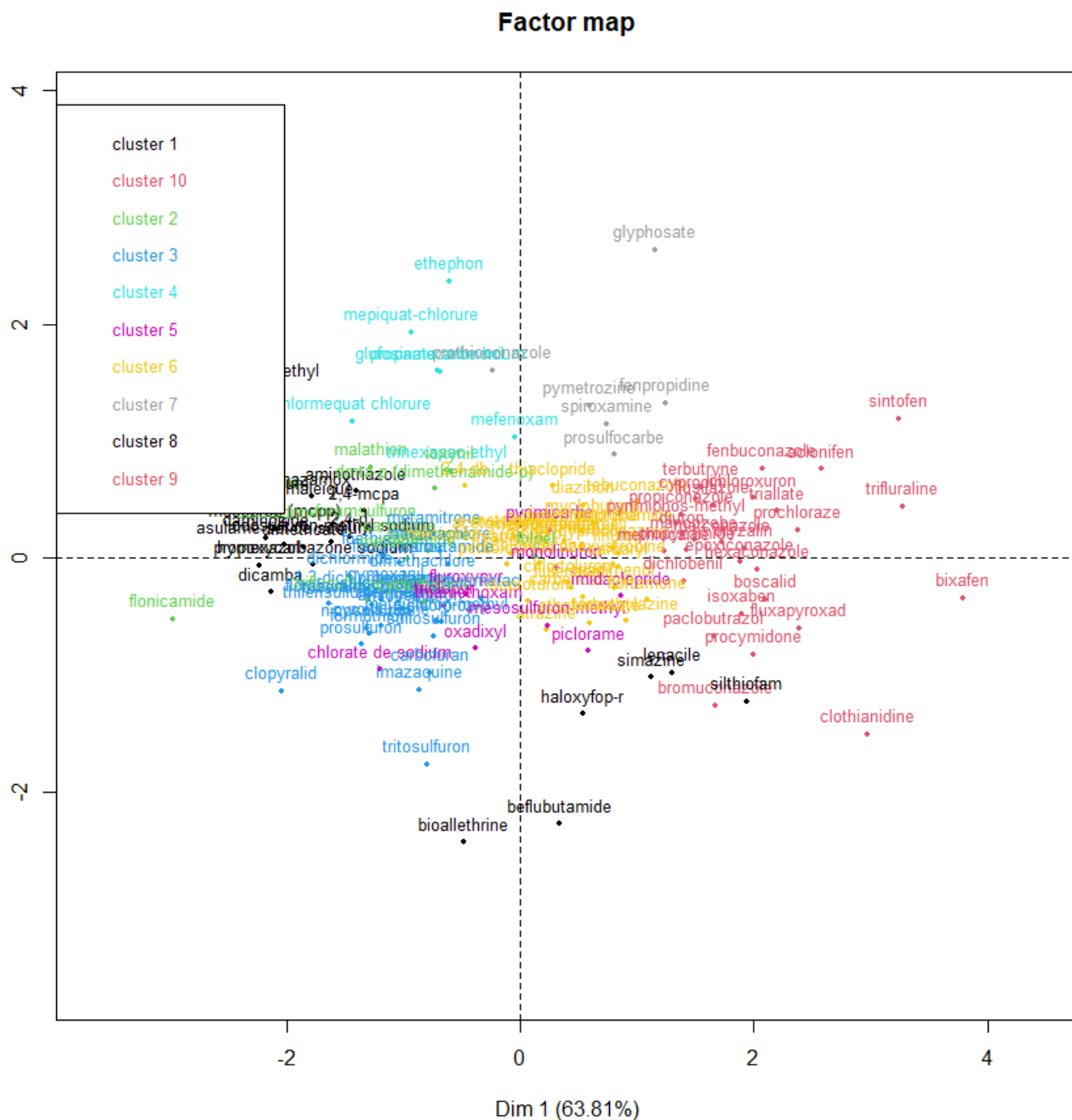


Figure 6. Graphique représentant la répartition des individus et leur appartenance à un groupe au sein de la typologie.



Ainsi, nous avons pu affecter à chaque substance active le groupe auquel elle est la plus proche. Nous extrayons ainsi les substances actives dites « parangon » suivantes (cf. Figure 4, Etape 1.d.) :

Groupe 1 : Mecoprop

Groupe 2 : Métaldéhyde

Groupe 3 : Nicosulfuron

Groupe 4 : Chlormequat chlorure

Groupe 5 : Imidaclopride

Groupe 6 : Atrazine, S-metolachlore, Chlortoluron

Groupe 7 : Glyphosate

Groupe 8 : Haloxyfop-r

Groupe 9 : Mancozèbe

Groupe 10 : Boscalid

## 2. Description et caractérisation de la typologie

### 3.1. Descriptif par les valeurs moyennes des 10 groupes des 3 paramètres quantitatifs

Pour chaque groupe, une substance a été choisie pour un intérêt particulier (molécules recherchées, d'intérêt écotoxicologique, d'enjeu réglementaire). Il est à noter que les pesticides régulièrement détectés dans les eaux de surface et souterraines comme l'atrazine, le S-metolachlore et le chlortoluron appartiennent au même groupe 6. Ceci n'est pas surprenant, les propriétés physico-chimiques des substances du groupe 6 présentant un risque de transfert élevé. Il a été décidé de conserver 3 substances appartenant à des familles chimiques et des usages phytosanitaires différents dans ce groupe 6.

Tableau 4. Tableau descriptif des caractéristiques des présentes présentes au sein des groupes.

Groupe	Nombre de substances	<i>Koc</i> (moyenne)	Solubilité (moyenne)	<i>DT50</i> (moyenne)
1	15	48,5	339 132,0	10,7
2	13	127,1	2 673,1	3,6
3	28	43,0	2 681,4	14,9
4	7	863,8	1 191 600,0	22,7
5	10	111,0	81 748,8	98,1
6	30	333,5	331,3	32,3
7	6	5 526,3	2 003,0	22,0
8	6	101,3	4,2	73,9
9	20	3 176,2	19,9	90,3
10	9	1 092,7	15,5	505,8

A l'aide du Tableau 4 et des Figures 7-9, nous avons une meilleure idée des caractéristiques physico-chimiques moyennes des substances actives présentes au sein de chaque groupe. Concernant le *Koc*, il s'agit des groupes 4, 7, 9 et 10 qui présentent des substances actives ayant des *Koc* plus élevés (respectivement une moyenne de 863, 5526, 3176 et 1092  $mL.g^{-1}$ ) que les substances issues des autres groupes. Les groupes restants (1, 2, 3, 5, 6, 8) semblent présenter des substances ayant des *Koc* plus faibles (entre 43 et 333  $mL.g^{-1}$ ).

Concernant la solubilité, les groupes 1, 4 et 5 présentent des substances actives ayant une solubilité plus élevée que les substances présentes dans les autres groupes. En effet, ces groupes ont respectivement une solubilité moyenne de 339 132, 1 191 600 et 81 748,8  $mg.L^{-1}$ . Contrairement aux autres groupes qui présentent une solubilité moyenne allant de 4,2 à 2 681,4  $mg.L^{-1}$ .

Enfin, concernant la demi-vie (*DT50*), les groupes comprenant des substances avec une demi-vie relativement élevée sont les groupes 5, 8, 9 et 10 avec une *DT50* respective moyenne de 98,1, 73,9, 90,4 et 505,8 jours, tandis que la *DT50* moyenne des autres groupes varie de 3,6 à 32,3 jours.

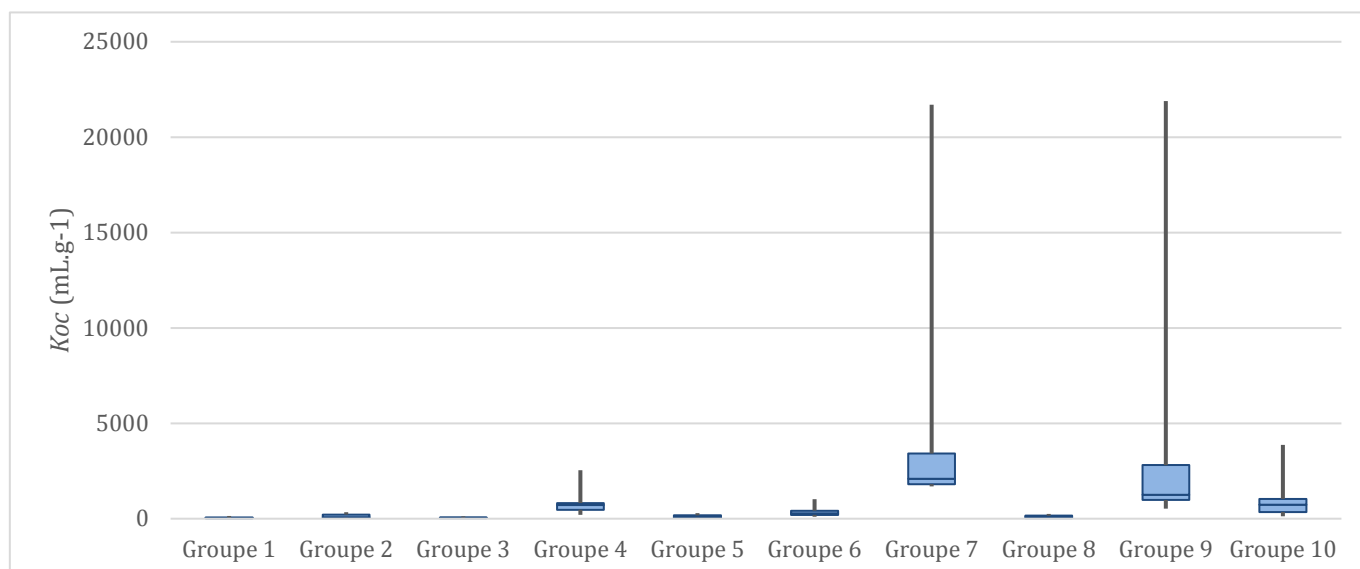


Figure 7. Diagrammes « boîtes à moustaches » des 10 groupes de substances actives relatifs au Koc.

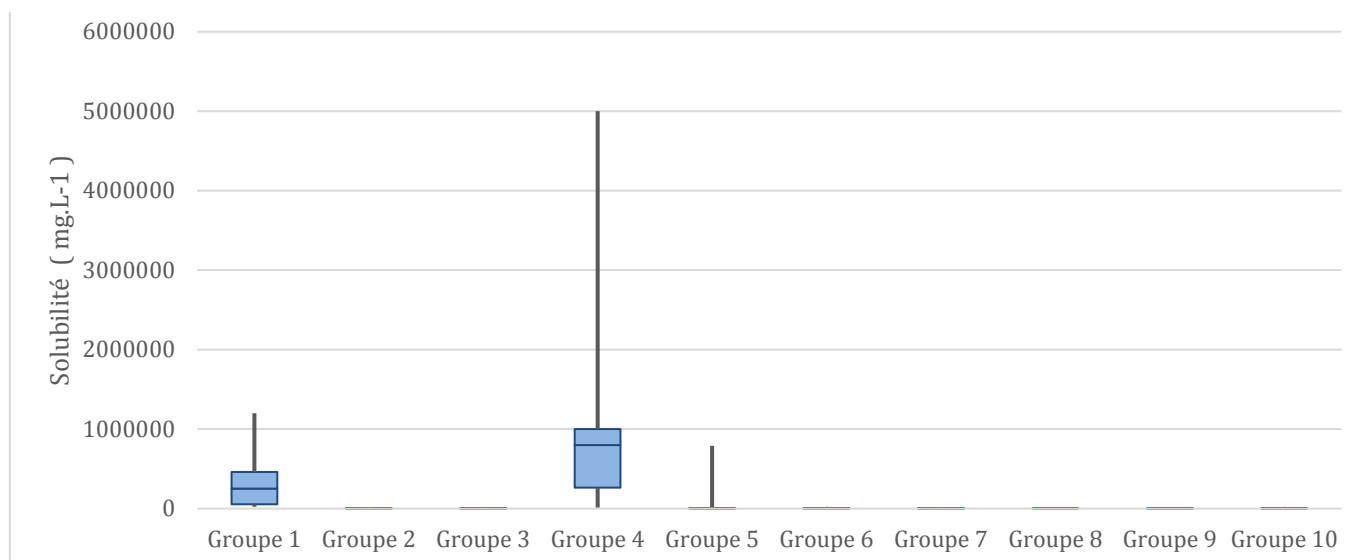


Figure 8. Diagrammes « boîtes à moustaches » des 10 groupes de substances actives relatifs à la solubilité.

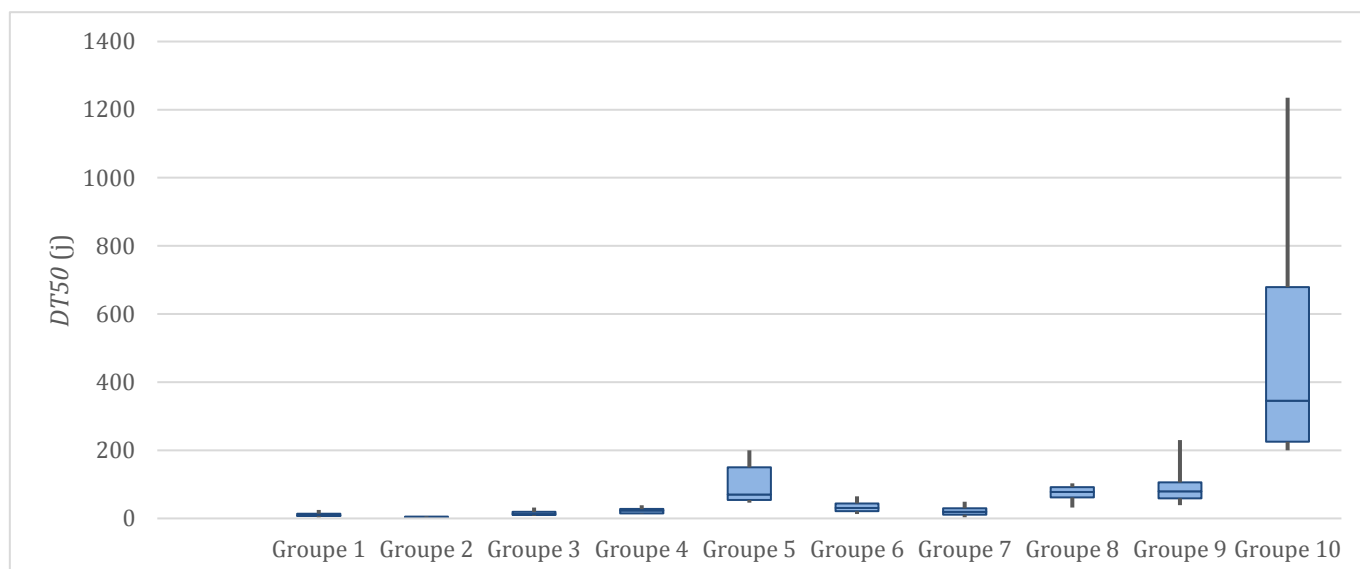


Figure 9. Diagrammes « boîtes à moustaches » des 10 groupes de substances actives relatifs au DT50.

### 3.2. Description des effectifs des 10 groupes ventilés par activité biologique

Le Tableau 5 représente la répartition des types d'activité biologique des matières actives au sein des 10 groupes identifiés. Il est important de préciser qu'il s'agit de types d'activité biologique, car une même substance peut avoir plusieurs effets.

Tableau 5. Tableau de répartition du nombre des types d'activité biologiques au sein des 10 groupes.

Groupe	Herbicide	Insecticide	Fongicide	Autre
1	9	4	2	2
2	7	3	2	0
3	22	2	1	2
4	1	0	2	4
5	6	3	1	0
6	19	3	8	1
7	2	1	3	0
8	4	1	1	0
9	10	2	7	1
10	0	1	7	1

Les effectifs des types d'activité biologique du Tableau 5 ne sont donc pas forcément corrélables aux effectifs des substances présentes au sein de chaque groupe. Globalement, l'activité biologique « herbicide » est très représentée au sein des groupes. Elle l'est particulièrement au sein des groupes 1, 2, 3, 5, 6 et 8. Au sein du groupe 4, les effets qualifiés de « autres » sont plus représentés. Pour les groupes 7 et 9, les effectifs sont plutôt bien répartis entre l'effet « herbicide » et « fongicide ». Enfin, concernant le groupe 10, l'activité biologique « fongicide » est la plus représentée.

Le Tableau 6 présente les caractéristiques physico-chimiques des substances identifiées comme étant des parangons des groupes auquel elles appartiennent. Par chaque paramètre quantitatif, deux valeurs sont présentées : la valeur pour le paramètre en question de la substance concernée d'une part, ainsi que la valeur moyenne du groupe pour le même paramètre entre parenthèse d'autre part. Les valeurs en gras sont celles où la valeur moyenne du groupe et la valeur propre aux substances sont du même ordre de grandeur. Cette approche, certes subjective, permet d'appréhender la cohérence de la représentativité des substances parangons par rapport à l'ensemble de leur groupe. De ce fait, on peut remarquer que dans l'ensemble, les substances choisies présentent des valeurs comparables à la valeur moyenne du groupe en question.

Tableau 6 : Présentation des caractéristiques des matières actives « parangon » des groupes

Substance	Famille chimique	Activité biologique	Koc ( $mL \cdot g^{-1}$ )	Solubilité ( $mg \cdot L^{-1}$ )	DT50 champ (j)	Groupe
Mecoprop (mcpp)	Aryloxyacide	Herbicide	<b>31,5 (48,5)</b>	<b>250 000,0 (339 000)</b>	<b>8,2 (10,7)</b>	1
Métaldehyde	Cyclo-octane	Molluscicide	<b>85,0 (127,5)</b>	200,0 (2671)	<b>4,4 (3,6)</b>	2
Nicosulfuron	Sulfonylurée	Herbicide	<b>20,7 (43)</b>	7 500,0 (2681)	<b>19,3 (14,9)</b>	3
Chlormequat chlorure	Ammonium quaternaire	Régulateur de croissance	<b>203,0 (863)</b>	<b>1 000 000,0 (1 191 600)</b>	<b>14,5 (22,7)</b>	4
Imidaclopride	Néonicotinoïde	Insecticide	<b>225,0 (111)</b>	610,0 (81 748)	174,0 (98,1)	5
Atrazine	Triazine	Herbicide	<b>100,0 (333,5)</b>	35,0 (331,3)	<b>29,0 (32,3)</b>	6
S-metolachlore	Chloroacetamide	Herbicide	<b>226,0 (333,5)</b>	<b>480,0 (331,3)</b>	<b>21,0 (32,3)</b>	6
Chlortoluron	Urée	Herbicide	<b>208,0 (333,5)</b>	74,0 (331,3)	<b>34,0 (32,3)</b>	6
Glyphosate	Acide aminé	Herbicide	21 699,4 (5 526,3)	10 500,0 (2003)	<b>31,5 (22)</b>	7
Haloxypop-r	Aryloxyacide	Herbicide	<b>48,0 (101)</b>	<b>7,9 (4,2)</b>	<b>60,0 (73,9)</b>	8
Mancozebe	Thiocarbamate	Fongicide	997,5 (3 176,2)	<b>11,0 (19,9)</b>	<b>60,0 (90,3)</b>	9
Boscalid	Amide	Fongicide	<b>809,0 (1 092,7)</b>	<b>4,6 (15,5)</b>	<b>200,0 (505,8)</b>	10

## Conclusion et perspectives

Aux moyens de diverses bases de données, compte tenu de la diversité des substances actives, nous avons pu limiter le nombre de substances actives d'intérêt (149 sur plus de 600 initialement). La principale difficulté a résidé dans l'articulation des différentes bases de données, de façon à pouvoir croiser les informations provenant de sources différentes.

Ce travail consistera donc à mettre en application les travaux de thèse de Queyrel (2014) qui ont démontré les bénéfices de s'intéresser aux pratiques phytosanitaires pour étudier le transfert des pesticides au sein de l'environnement. Il fait également suite aux travaux de Puech et al. (2015-2018) ayant permis de réaliser les 7 ouvrages « Modélisation des pollutions diffuses d'origine agricole sur le bassin Seine-Normandie ». La typologie réalisée lors de cette première phase de l'étude sera complétée par la réalisation d'enquêtes auprès d'organismes très proches du milieu agricole et qui ont un rôle d'accompagnateur, de conseiller ou de fournisseur en intrants (chambre d'agriculture, coopérative, DRAAF, Agreste...) pour attribuer les utilisations de pesticides aux itinéraires techniques du bassin de la Seine.

La liste de substances actives, ainsi que la répartition des substances au sein des 10 groupes, étant effectuées, l'objectif est désormais de collecter les données sur les pratiques d'utilisation des pesticides réalisées par les agriculteurs sur la période 1970-2014 sur le bassin Seine-Normandie. Une fois cette étape réalisée, il s'agira de réaliser des itinéraires techniques des pesticides clés représentatifs des cultures pour une période et une unité spatiale données (UMA, pour le grain spatial) et des périodes temporelles homogènes en termes de rotations de cultures, précédemment identifiées (Puech et al., 2018). Lorsque ces itinéraires techniques déterminés à l'aide des données recueillies seront validés par des experts (à identifier), ils seront alors ajoutés à la base de données ARSEINE sous la forme d'un module pesticides indépendant afin d'obtenir des itinéraires techniques complets nécessaires aux simulations du cycle du végétal par PeSTICS. À court terme, le travail est donc de recenser les pratiques d'utilisation des pesticides réalisées sur le bassin Seine-Normandie depuis 1970, et donc de recueillir des informations à propos des modalités d'application des pesticides (substance concernée, date d'application, dose appliquée). Enfin, dans le but de faciliter le recueil d'informations lors de la réalisation d'enquêtes sur le terrain, un questionnaire ainsi qu'une fiche réponse ont été élaborés en ciblant les pratiques par zone géographique, par période temporelle et par culture (Cf. Annexes). Nous recueillons l'information à l'échelle des spécialités commerciales, cependant, à l'aide de la base de données E-phy, nous pouvons caractériser les usages à l'échelle des substances actives.

L'ensemble des données concernant la région de l'Île-de-France sur la période 1970-2000 a désormais été collectée. Concernant la région de la Normandie et certains départements de la région Bourgogne-Franche Comté, les discussions sont en cours. Globalement, la région Grand-Est semble très prometteuse car des contacts ont d'ores et déjà commencé à rassembler quelques données. Cependant, le département d'Eure-et-Loir semble ne présenter que peu de données. En parallèle aux enquêtes, le traitement des données recueillies est amorcé. Il consiste alors, pour chaque programme d'application des pesticides, à isoler le nom des produits utilisés ainsi que leur dosage et la date de leur application.

A l'issue de ce travail, nous serons en mesure de déterminer un ou quelques itinéraires techniques types par culture, par maille géographique et par période, qui seront affectés aux itinéraires techniques présents dans la base de données ARSEINE en vue la modélisation. Ces itinéraires techniques seront vérifiés et validés par dires d'experts afin de s'assurer de la cohérence des itinéraires obtenus par période et par unité géographique. Une fois que ces derniers seront validés, ils seront implémentés de façon appropriée aux itinéraires techniques préalablement enregistrés dans la base de données ARSEINE.

## Bibliographie

- AESN. (2021). Contamination des cours d'eau et des eaux souterraines du bassin Seine-Normandie par les pesticides et leurs produits de dégradation. Document de synthèse de l'état des lieux 2019, Agence de l'Eau Seine-Normandie, 76 p. Consultable à l'adresse : <http://www.eau-seine-normandie.fr/node/3771>
- Billen G., Garnier J., Le Noë J., Viennot P., Gallois N., Puech T., Schott C., Anglade J., Mary B., Beaudoin N., Léonard J., Mignolet C., Théry S., Thieu V., Silvestre M., Passy P. (2019). The Seine watershed water-agro-food system: long-term trajectories of C, N, P metabolism. In: *Flipo N, Labadie P, Lestel L (2020). The Seine River basin, Handbook of Environmental Chemistry, Springer*. doi: 10.1007/698\_2019\_393
- Blanchoud H., Benoit M., Billen G., Chevreuil M., Ledoux E. and Rat A. (2002). Modélisation du transfert des pesticides dans le bassin versant de la Marne : Programme Piren-Seine, rapport d'activité.
- Chen N., Valdes D., Marlin C., Blanchoud H., Guerin R., Rouelle M., Ribstein P. (2018). Water, nitrate and atrazine transfer through the unsaturated zone of the Chalk aquifer in northern France. *Sci Total Environ.* 2019 Feb 20;652:927-938. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.10.286.
- Gallois N., Puech T., Viennot P. (2018). Modélisation des pollutions diffuses d'origine agricole sur le bassin Seine-Normandie. Vol 7 : Modélisation des transferts de produits phytosanitaires vers les eaux souterraines : Cas de l'atrazine et de ses métabolites sur le bassin amont de la Vesle (Marne). Rapport technique INRA/ARMINES/MINES ParisTech, 141 p.
- Gallois N., Rivière A., Flipo N. (2020). Développements numériques au sein de la plateforme de modélisation des hydrosystèmes CaWaQS: Introduction de premières fonctionnalités de transport conservatif, rapport de synthèse de phase 8 du PIREN-Seine, 25 p.
- Garnier J., Marescaux A., Guillon S., Vilmin L. Rocher V., Billen G., Thieu V., Silvestre M., Passy P., Groleau A., Tallec G., Flipo N. (2019). Ecological functioning of the Seine River: from long-term modelling approaches to high-frequency data analysis. In: *Flipo N, Labadie P, Lestel L (2020). The Seine River basin, Handbook of Environmental Chemistry, Springer*. doi:10.1007/698\_2019\_379.
- Kilic D., Rivière A., Wang S., Gallois N., Flipo N. (2021). Développement du transport de chaleur et de soluté au sein de la plateforme de modélisation des hydrosystèmes CaWaQS, rapport de synthèse de phase 8 du PIREN-Seine, 30 p.
- Nicola L., Schott C., Mignolet C. (2011) Dynamique de changement des pratiques agricoles dans le bassin versant de l'Orgeval et création de la base de données APOCA (Agricultural Practices of the Orgeval Catchment Area), rapport de synthèse de phase 6 du PIREN-Seine, 49 p.
- Passy P., Viennot P., Gallois N., Billen G., Garnier J., Silvestre M., Thieu V. (2018). Modélisation des apports diffus d'azote et de phosphore aux masses d'eau de surface du bassin Seine-Normandie. Rapport technique d'étude Sorbonne-Université/ARMINES/MINES ParisTech, 60p.
- Puech T., Schott C., Mignolet, C. (2018a). Évolution des bases de données pour caractériser les dynamiques des systèmes de culture sur le bassin Seine-Normandie. Modélisation des pollutions diffuses d'origine agricole sur le bassin Seine-Normandie, Volume 1/7. 228.
- Puech T., Schott C., Mignolet, C. (2018b). Évolution de l'usage des produits phytosanitaires sur le bassin Seine-Normandie., Rapport technique d'étude INRA, volume 6/7 in: Modélisation des pollutions diffuses d'origine agricole sur le bassin Seine-Normandie, étude INRA/ARMINES/MINES ParisTech , 84 p
- Puech T., Schott C., Mignolet C. (2019) ARSEINE - Base de données régionalisées sur le bassin Seine-Normandie. 2019. {hal-02789678}



Puech, T., Schott, C., Mignolet, C. (2020). Characterising the diversity and spatial differentiation of crop management at a regional scale. *European Journal of Agronomy* 120, 13p. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126112>

Puech T., Schott C., Mignolet C., Gallois N., Viennot P. (2015). Modélisation exploratoire de la pollution des eaux souterraines par deux pesticides : Isoproturon et Atrazine, in: Modélisation hydrogéologique des pollutions diffuses d'origine agricole. Rapport PIREN-Seine phase 7.

Queyrel W. (2014). Modélisation du devenir des pesticides dans les sols à partir d'un modèle agronomique : évaluation sur le long terme. Thèse de doctorat, Sciences agricoles. Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, 276 p.

Rat A., Ledoux E., Viennot P. (2006). Transferts de pesticides vers les eaux souterraines, modélisation à l'échelle d'un bassin versant (Cas d'étude du bassin amont de la Vesle). Rapport PIREN-Seine phase 5, 116p.

Schott C., Mignolet C., Benoît M. (2004). Dynamique des pratiques phytosanitaires sur le bassin versant de la Vesle de 1970 à 2003 : constitution d'une base de données spatialisée pour la modélisation des flux de pesticides vers les eaux souterraines. Rapport PIREN Seine phase 5.

Viennot P., Gallois N. (2018). Modélisation de la pollution diffuse d'origine agricole des grands aquifères du bassin de Seine-Normandie : Scénarios d'évolution climatique - Impacts et incertitudes. Rapport technique d'étude, 117 p.

## Annexes

Tableau récapitulatif des 149 substances actives :

fluroxypyr	dicamba	triflusulfuron-	metazachlore
chlorate de sodium	bentazone	methyl	tebuconazole
imidaclopride	quinmerac	mefenoxam	methiocarbe
thiamethoxam	2,4-mcpa	sintofen	mancozebe
mesosulfuron-	metaldehyde	pyrimiphos-methyl	nicosulfuron
methyl	linuron	imazaquine	tribenuron-methyle
hydrazide maleique	metconazole	cyprodinil	epoxiconazole
aminotriazole	pyrimethanil	prochloraze	aclonifen
dichlorprop-p	2,4-db	1,3-dichloropropene	cypermethrine
dimethachlore	trinexapac-ethyl	cymoxanil	fluxapyroxad
clethodime	pyrimicarbe	carbetamide	prothioconazole
2,4-d	metamitrone	metam-sodium	ethephon
sulcotrione	s-metolachlore	azoxystrobine	pymetrozine
fosetyl-aluminium	fosthiazate	acetochlore	carbaryl
chloridazone	asulame sel de	chlormequat	carbendazime
clomazone	sodium	chlorure	diazinon
thifensulfuron-	carbofuran	mecoprop-p (mcpp-	dichlorvos
methyle	mecoprop (mcpp)	p)	diuron
metribuzine	clopyralid	lenacile	fenbuconazole
triclopyr	paclobutrazol	dmta-p	flazasulfuron
dichlormide	bromuconazole	(dimethenamide-p)	flusilazole
carboxine	fenpropidine	amidosulfuron	flutriafol
diquat	glyphosate	propoxycarbazone	folpel
metobromuron	ioxynil	sodium	isoxaben
dimethomorphe	tritosulfuron	triadimenol	malathion
flufenacet	silthiofam	haloxyfop-r	myclobutanil
piclorame	mesotrione	bioallethrine	oryzalin
cyproconazole	boscalid	flutolanil	procymidone
chlortoluron	bixafen	dichlobenil	terbuthylazine
ethofumesate	sulfosulfuron	oxydemeton-methyl	triallate
flurtamone	daminozide	mepiquat-chlorure	atrazine
flonicamide	chlorprophame	glufosinate	chloroxuron
florasulame	trifluraline	ammonium	cyanazine
beflubutamide	dimethoate	propamocarbe hcl	formothion
prosulfuron	foramsulfuron	spiroxamine	hexaconazole
metsulfuron-methyl	isoproturon	napropamide	monolinuron
imazamox	pyroxsulame	thiaclopride	oxadixyl
iodosulfuron-	clothianidine	propyzamide	simazine
methyl-sodium	hymexazol	pethoxamide	terbutryne
cycloxydime		propiconazole	
		prosulfocarbe	

Tableau récapitulatif des 145 substances actives et leur groupe associé :

Substance	Groupe		
hydrazide maleique	1	sulfosulfuron	3
aminotriazole	1	pyroxsulame	3
2,4-d	1	imazaquine	3
imazamox	1	1,3-dichloropropene	3
iodosulfuron-methyl-sodium	1	cymoxanil	3
dicamba	1	carbetamide	3
2,4-mcpa	1	amidosulfuron	3
asulame sel de sodium	1	metazachlore	3
mecoprop (mcpp)	1	nicosulfuron	3
daminozide	1	tribenuron-methyle	3
dimethoate	1	flazasulfuron	3
hymexazol	1	formothion	3
metam-sodium	1	trinexapac-ethyl	4
propoxycarbazone sodium	1	mefenoxam	4
oxydemeton-methyl	1	chlormequat chlorure	4
clethodime	2	mepiquat-chlorure	4
carboxine	2	glufosinate ammonium	4
flonicamide	2	propamocarbe hcl	4
cycloxydime	2	ethephon	4
metaldehyde	2	fluroxypyr	5
ioxynil	2	chlorate de sodium	5
mesotrione	2	imidaclopride	5
foramsulfuron	2	thiamethoxam	5
triflusulfuron-methyl	2	mesosulfuron-methyl	5
dmta-p (dimethenamide-p)	2	triclopyr	5
dichlorvos	2	piclorame	5
folpel	2	pyrimicarbe	5
malathion	2	monolinuron	5
dichlorprop-p	3	oxadixyl	5
dimethachlore	3	chloridazone	6
sulcotrione	3	clomazone	6
thifensulfuron-methyle	3	metobromuron	6
metribuzine	3	dimethomorphe	6
dichlormide	3	flufenacet	6
florasulame	3	cyproconazole	6
prosulfuron	3	chlortoluron	6
metsulfuron-methyl	3	ethofumesate	6
bentazone	3	flurtamone	6
quinmerac	3	linuron	6
metamitrone	3	pyrimethanil	6
fosthiazate	3	2,4-db	6
carbofuran	3	s-metolachlore	6
clopyralid	3	chlorprophame	6
tritosulfuron	3	isoproturon	6
		azoxystrobine	6

acetochlore	6
mecoprop-p (mcpp-p)	6
triadimenol	6
napropamide	6
thiaclopride	6
pethoxamide	6
tebuconazole	6
carbaryl	6
carbendazime	6
diazinon	6
myclobutanil	6
terbuthylazine	6
atrazine	6
cyanazine	6
fenpropidine	7
glyphosate	7
spiroxamine	7
prosulfocarbe	7
prothioconazole	7
pymetrozine	7
beflubutamide	8
silthiofam	8
lenacile	8
haloxyfop-r	8
bioallethrine	8
simazine	8
metconazole	9
trifluraline	9

sintofen	9
pyrimiphos-methyl	9
cyprodinil	9
dichlobenil	9
propyzamide	9
propiconazole	9
methiocarbe	9
mancozebe	9
epoxiconazole	9
aclonifen	9
diuron	9
fenbuconazole	9
flusilazole	9
isoxaben	9
oryzalin	9
triallate	9
chloroxuron	9
terbutryne	9
paclobutrazol	10
bromuconazole	10
boscalid	10
bixafen	10
clothianidine	10
prochloraze	10
fluxapyroxad	10
procymidone	10
hexaconazole	10

Questionnaire d'enquête de recensement des pratiques phytosanitaires

## **Formulaire d'enquête**

Date de remplissage du formulaire : \_\_/\_\_/\_\_\_\_

### **Préambule :**

La réalisation d'enquêtes sur les pratiques d'usages des pesticides vise à s'intéresser aux substances/molécules et pas particulièrement aux spécialités commerciales. Si l'information recueillie concerne les produits, il faudra alors le préciser.

### **I. Identité de la personne enquêtée**

Nom :

Prénom :

Structure :

Poste :

Date d'entrée dans la structure :

### **II. Contexte**

Zone géographique concernée par cette enquête :

Période concernée :

### **III. Pratiques culturelles liées aux pesticides**

A l'échelle d'une culture et d'un type de traitement :

Quelles sont les modalités des programmes de traitement majoritaires :

-Dose (kg/ha) :

-Date d'application :

-Application systématique/situationnelle :

-Applications multiples pour cette substance ou bien en une seule fois ?

-Représentativité de cet itinéraire

### **IV. Questions supplémentaires**

Possibilité d'accès à une source d'information papier/informatique ?    Oui      Non

Quels contacts nous recommanderiez-vous ?



## Fiche réponse à l'enquête de recensement des pratiques phytosanitaires

### Fiche réponse substances

Nom :

Date de remplissage du formulaire :

Prénom :

**Culture concernée :**

**Zone concernée :**

## Objectif

Description du/des programmes de traitements possibles	Période
<b>Calendrier des applications des substances</b>	
	Janv.
	Fév.
	Mars
	Avril
	Mai
	Juin
	Juil.
	Août
	Sept.
	Oct.
	Nov.
	Déc.
	Représentativité du programme (%)

## Table d'illustrations

Tableau 1 : Tableau représentant les 4 cultures prédominantes et de leur surface (en pourcentage de SAU) par période de temps et par UMA.....	7
Tableau 2 : Formulaire de réponse proposé dans SIRIS par l'INERIS afin de renseigner les quantités vendues de substances actives. Fournit des informations d'identification de substance (CAS, Synonymes etc....) .....	9
Tableau 3 : Graphique représentatif de l'évolution des familles chimiques au cours du temps.....	10
Tableau 4 : Tableau descriptif des caractéristiques des présentes présentes au sein des groupes .....	14
Tableau 5 : Tableau de répartition du nombre des types d'activité biologiques au sein des 10 groupes .....	16
Tableau 6 : Présentation des caractéristiques des matières actives "parangon" des groupes .....	16
Figure 1 : Schéma organisationnel du travail à réaliser.....	3
Figure 2 : carte du bassin Seine - Normandie représentant les aquifères superficiels et les concentrations moyennes en dééthylatrazine (DEA) dans les eaux souterraines sur la période 2006 - 2013 (données issues de la base de données ADES).....	5
Figure 3 : Typologie des assolements et délimitation des unités de modalisation agricole sur le bassin Seine-Normandie (sources : recensement agricole 2010, Puech et al., 2018) .....	6
Figure 4 : Schéma organisationnel des étapes successives pour obtenir la typologie des substances actives...	8
Figure 5 : Représentation graphique de la dispersion des individus et des variables .....	12
Figure 6 : Graphique représentant la répartition des individus et leur appartenance à un groupe au sein de la typologie.....	13
Figure 7 : Diagrammes "boîtes à moustaches" des 10 groupes de substances actives relatifs au Koc.....	15
Figure 8 : Diagrammes "boîtes à moustaches" des 10 groupes de substances actives relatifs à la solubilité..	15
Figure 9 : Diagrammes "boîtes à moustaches" des 10 groupes de substances actives relatifs au DT50 .....	15