

Évolution des traitements phytosanitaires en vue de simuler leurs impacts sur la qualité de l'eau : synthèse sur l'Orgeval

Laurine Nicola, Céline Schott, Catherine Mignolet

Laurine.Nicola@mirecourt.inra.fr

INRA, UR SAD ASTER, 662 av. Louis Buffet, 88500 Mirecourt, France

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Introduction | 2 |
| 2 | Contexte et objectifs de l'étude | 3 |
| 2.1 | Présentation du secteur d'étude : Le bassin versant de l'Orgeval | 3 |
| 2.2 | Enjeux de la protection des eaux dans le bassin versant de l'Orgeval | 3 |
| 2.3 | Contexte scientifique de l'étude | 3 |
| 2.4 | Objectifs de ce rapport | 4 |
| 3 | Matériel et Méthode | 4 |
| 3.1 | Source de données utilisées | 4 |
| 3.1.1 | Reconstitution des pratiques agricoles | 4 |
| 3.1.2 | Comparaison et validation des pratiques agricoles | 5 |
| 3.1.3 | Interprétation des dynamiques des pratiques agricoles | 6 |
| 3.2 | Indicateurs choisis pour la description des pratiques agricoles | 6 |
| 3.2.1 | Indice Fréquence Traitement | 6 |
| 3.2.2 | Nombre de produits et nombre de passages | 7 |
| 3.2.3 | Quantité de matière active appliquée par hectare | 7 |
| 3.2.4 | Pourcentage de parcelles traitées (fréquence des MA) | 7 |
| 3.2.5 | La dose moyenne de matière active par année | 7 |
| 3.3 | Description des pratiques de traitements à travers différents indicateurs | 7 |
| 3.4 | Evolution des dynamiques des matières actives | 8 |
| 3.5 | Relations entre les différents paramètres de l'itinéraire technique | 8 |
| 3.6 | Validation et valorisation de la méthodologie | 8 |
| 4 | Résultats et discussions | 9 |
| 4.1 | Description des pratiques de traitements à travers différents indicateurs | 9 |
| 4.1.1 | Réduction de la pression phytosanitaire ? | 9 |
| 4.1.2 | Quelles MA doit on rechercher dans les eaux ? | 11 |
| 4.2 | Evolution des pratiques d'utilisation des matières actives | 12 |
| 4.2.1 | Evolution des principales familles herbicides du blé tendre d'hiver | 12 |
| 4.2.2 | Evolution des principales MA utilisées sur le maïs grain | 15 |
| 4.3 | Relations entre les différents paramètres de l'itinéraire technique | 17 |
| 4.4 | Validation et valorisation de la méthodologie | 19 |
| 4.4.1 | Effet du changement d'échelle et des sources de données utilisées | 19 |
| 4.4.2 | Effet taille de l'échantillon | 20 |
| 4.4.3 | Généralisation des méthodes de conception | 21 |
| 5 | Conclusions et perspectives | 22 |
| 6 | Bibliographie | 23 |

1 Introduction

Dans le cadre du Grenelle de l'environnement, la présence des pesticides dans les eaux (souterraines et de surface) a été considérée comme un problème d'intérêt majeur. Suite à la Directive Cadre sur l'Eau, les pays membres se doivent de mettre en place des moyens adaptés à la préservation ou la restauration d'une eau de « bonne qualité » pour les grandes masses d'eau d'ici 2015 (Blanchoud et al, 2008). Concernant les produits phytosanitaires et les eaux de surface, il s'agit à la fois d'obtenir un bon état chimique (respect de certaines concentrations de substances prioritaires) et un bon état écologique (apprécié selon des critères biologiques notamment). Les impacts des pesticides tant sur l'environnement que sur la santé humaine, nécessitent de comprendre leur dynamique de transfert dans les eaux.

C'est pourquoi le PIREN-SEINE, s'est intéressé au développement de modèles évaluant les transferts de pesticides dans le système « sol-rivière-nappe ». L'INRA - ASTER de Mirecourt concentre ses recherches sur les méthodes à mettre en place pour renseigner les modèles sur les pratiques agricoles actuelles et passées, notamment par la création de bases de données spatialisées sur l'évolution de ces pratiques permettant de quantifier les intrants agricoles apportés à l'échelle des territoires étudiés. Ces outils de modélisation sont primordiaux pour comprendre les mécanismes impliqués dans l'élaboration de la qualité de l'eau, car ils permettent de tester des scénarios de changements des pratiques agricoles et ainsi, de déterminer les actions à mettre en place pour arriver à une amélioration de la qualité des eaux.

Les travaux présentés dans ce rapport s'inscrivent dans le cadre des recherches menées sur le bassin versant de l'Orgeval, site –atelier du PIREN-Seine, et ont pour finalité de présenter comment sera constituée la base de données (BDD) sur les pratiques phytosanitaires qui permettra aux modélisateurs de simuler les transferts de pesticides appliqués sur le bassin versant de l'Orgeval de 1990 à 2008. Au regard des molécules les plus problématiques retrouvées dans les analyses d'eau (urées substituées, sulfonilurées et triazines), et des cultures les plus représentées sur le bassin versant de l'Orgeval, nous avons concentré dans un premier temps notre étude sur les pratiques agricoles du blé tendre d'hiver (40% de la SAU) et du maïs grain (14% de la SAU) (Nicola et Schott, 2010).

Pour reconstituer ces pratiques, il a fallu caractériser à la fois les dynamiques dans le temps de l'assolement des cultures à l'échelle communale et les Itinéraires Techniques (ITK). Nous présenterons dans ce rapport la partie sur les ITK (cf. Nicola, 2009 pour la reconstitution de l'assolement). Une grande diversité de données hétérogènes et discontinues a été utilisée pour reconstituer les ITK, les valider et interpréter les dynamiques des différentes variables qui les composent. Ces travaux ont été facilités par la création en 2010 d'une base de données intermédiaire dans laquelle toutes les formes d'enquêtes disponibles (carnets de plaine, SRPV, SCEES et dires d'expert) ont été saisies.

Après avoir resitué le contexte de l'étude et présenté la méthodologie adoptée, nous décrirons les pratiques de traitements générales pour le blé tendre d'hiver et le maïs grain à travers différents indicateurs. De façon plus détaillée, nous retracerons les dynamiques continues des matières actives par la suite. Puis nous essaierons d'identifier les relations entre les différents paramètres des ITK et leur évolutions au cours du temps. Enfin, nous verrons en quoi nos travaux peuvent enrichir les méthodes de reconstitutions des pratiques puisque ces méthodes sont encore loin d'être

clairement définies.

2 Contexte et objectifs de l'étude

2.1 Présentation du secteur d'étude : Le bassin versant de l'Orgeval

L'Orgeval est un affluent du Grand Morin situé sur le plateau de la Brie en Seine et Marne au nord de Coulommiers. Ce bassin est un sous bassin versant de la Marne. Il s'étend sur 103 km² dans la Petite Région Agricole (PRA) de la Brie laitière et comporte 5 sous bassins versants ; les Avenelles, le Mélarchez, Choqueuse, Goins et Quatre cents (Riffard et al, 2002). Le contour de la zone d'étude recoupe celui de 18 communes dont la plupart ne sont que partiellement incluses dans le bassin. Le bassin versant de l'Orgeval est situé en totalité en territoire rural. La part de la Surface Agricole Utile (SAU) dans l'occupation du sol représente 81% de l'espace. 18% sont attribués à la forêt et le pourcent restant se partage entre les zones urbanisées et les routes (Huet, 1997). Cette forte présence de l'espace agricole justifie le fait que l'on s'intéressera, dans l'étude, uniquement à la pollution agricole.

2.2 Enjeux de la protection des eaux dans le bassin versant de l'Orgeval

Le Grand Morin est considéré comme une des principales sources de pollution par les pesticides pour la Marne, à l'amont de la station de traitement de Neuilly sur Marne qui alimente en eau potable environ un tiers de la région Parisienne. Or le bassin versant de l'Orgeval est un affluent du Grand Morin. La présence d'atrazine (herbicide principalement utilisé sur le maïs) dans 100% des prélèvements malgré son interdiction en 2003, ainsi que celle des urées substituées (herbicides des céréales, partiellement interdites dans le plan Ecophyto 2018), questionnent sur le rôle de la nappe dans le transport des pesticides vers le Grand Morin. Peu de connaissances sont disponibles sur le transfert des pesticides en dessous de la zone racinaire, les relations entre le sol et la nappe, et les relations de la nappe vers les cours d'eau, d'où la difficulté à évaluer la vulnérabilité de la ressource en eau.

2.3 Contexte scientifique de l'étude

Le bassin versant de l'Orgeval a été choisi pour l'étude des pesticides car depuis 1962 il constitue la base du Gis Oracle. Ce groupement d'intérêt scientifique a été créé pour travailler sur un observatoire de recherche en environnement sur les bassins versants des rivières du Grand Morin et du Petit Morin et développer des études sur les étiages, la qualité de l'eau et l'impact des activités humaines sur l'environnement. De nombreuses bases de données, en termes d'hydrologie, géologie, qualité des eaux sont donc déjà disponibles depuis 1962 et faciliteront le travail des modélisateurs. Cette étude s'inscrit également dans le projet EC2CO Phyt'Oracle intitulé, Etude de la vulnérabilité de la ressource en eau potable vis-à-vis des pesticides : Variabilité de comportement dans le système sol-nappe-rivière et modélisation. Le projet associe des équipes de l'UMR Sisyphe 7619, du Cemagref Antony, de l'INRA de Mirecourt et de MINES Paris Tech. En utilisant la base de données sur les intrants phytosanitaires, il sera possible :

- D'identifier la dynamique de transferts des pesticides dans le système sol-nappe-rivière.
- De prévoir les contaminations actuelles (temps de réponse des systèmes hydrologiques à des contaminations à la surface du sol).
- De caractériser le temps de résilience des contaminations anciennes.
- De comparer les résultats de simulations pour des molécules anciennes et nouvelles.

2.4 Objectifs de ce rapport

Le présent rapport a pour objectifs de :

- Décrire les pratiques de traitements sur les cultures majoritaires à travers différents indicateurs,
- Retracer et comprendre les dynamiques des matières actives,
- Comprendre les relations entre les différents paramètres de l'itinéraire technique à l'échelle de la parcelle et leur évolution au cours du temps,
- Apporter des connaissances méthodologiques sur le traitement des données issues de l'observation des pratiques agricoles.

Ces différentes étapes, en plus de leur intérêt scientifique, sont cruciales pour la réalisation de la base de données. En effet, toutes les variables qui renseignent sur les pratiques agricoles ne pourront être conservées dans la base. C'est pourquoi, la description des pratiques nous permettra d'identifier les variables pertinentes.

Les pratiques réelles annuelles seront agrégées en pratiques majoritaires par périodes homogènes. L'évolution des variables dans le temps, l'identification des régularités techniques et des facteurs qui régissent l'usage des intrants, nous permettront de segmenter temporellement la BDD en limitant les pertes d'informations dues à l'agrégation des données. De plus, pour tenir compte de la variabilité des données, un pourcentage d'incertitude sera défini pour chacune des variables.

Les variables sur les itinéraires techniques, en plus d'interagir entre elles, peuvent avoir des impacts sur les usages des intrants ou encore leur devenir dans les sols. Ces observations seront valorisées pour la définition de la structure de la BDD.

Enfin, cette méthodologie de traitement de données issues de l'observation des pratiques agricoles sera validée en vue d'être extrapolée à différentes échelles spatiales.

3 Matériel et Méthode

3.1 Source de données utilisées

3.1.1 *Reconstitution des pratiques agricoles*

Pour reconstituer les itinéraires techniques, nous disposons des carnets de plaine pour 17 exploitations de l'Orgeval de 1990 à 2009 soit 1366 parcelles pour le blé et 228 pour le maïs et 1000 autres parcelles pour les autres cultures de l'assolement qui n'ont pas encore été exploitées. Les carnets de plaine, ou carnets de champs, sont des carnets tenus par les agriculteurs avant l'obligation règlementaire de 2006 dans lesquels figurent toutes les opérations techniques effectuées par culture et par parcelle pendant une année culturale. Une grande diversité d'informations y est renseignée (cf. **figure 1**) :

16 Surface : 6,07 Type de sol : LUNON Culture : Blé Précédent : MAÏS

Culture Intermédiaire : Espèce : semée le : détruite le : mode de destruction :

Préparation du sol : labour

Semis

| Date | variété | dose/ha | PMG | traitement de semences | Observations |
|----------|---------|---------|-----|------------------------|----------------------|
| 25/10/05 | APACHE | 6,1 | | T2 | 306 g/L ² |
| 29/10/05 | EBONY | 130 g/L | 45 | Gaïlet O.N. 10/10 | 293 g/L ² |

Fumure minérale et Amendements (organiques ou calcaire)

AZOTE : Reliquat Sortie Hiver : 11,13, 13, 12, 12 kg d'azote/ha Objectif de rendement : 95 qx ou t/ha

Conseil azote Sortie Hiver : unités Conseil suivi en végétation : unités

| Date | type | dose/ha | N | P | K | Mg | S | Ca | Observations |
|----------|-----------|---------|----|---|---|----|---|----|---------------------------------|
| 25/10/05 | 278 + 140 | 195 | 52 | - | - | 8 | - | - | Gaïlet O.N. 10/10 |
| 19/10/05 | 391 | 235 | 90 | - | - | - | - | - | Faïte lab |
| 25/10/05 | 291 | 1052 | 60 | - | - | - | - | - | |
| 21/10/05 | 777 | 103 | 28 | - | - | - | - | - | 3070 2 ^e G hiver '06 |
| TOTAL | | | | | | | | | |

Protection des Cultures

| Date | stade | produits, matières actives | dose/ha | Justification de l'intervention, cible, conditions climatiques |
|----------|--------|-----------------------------|---------------|--|
| 09/10/05 | 2T | Tolpén, piridat, Holois | 1,5 | Fox Pro 0,3 |
| 11/10 | 1 cm | Acidifol 1,5 | 0,167 | Vulcan + Gaïlet sur champ |
| 21/04 | 1 cm | OSY-CSSUN | 22 | Sur EBONY uniquement |
| 11/04 | 2 cm | Gaïlet O.N. + Holois | | Sur Apache |
| 12/04 | 2 cm | Carbén Dill | | Sur Apache (Aïlin) |
| 21/10/05 | 1-2N | OPDS | 0,22 | Sur APV, Seta |
| 22/10/05 | 1-2N | DUPLOSAN 1,5 (1,5) + Holois | 0,3 | Sur Apache (S&P) |
| 23/10/05 | 1-2N | NOBODUS | 0,38 | Gaïlet J.P.S. |
| 10/10/05 | D-2F | PARSOZ + DACTO 0,2 + MFL | | HR 25 pour march TD S&P TD |
| 31/10/05 | Flouze | Sur Apache 0,3 + BARK 0,02 | Sur Apache 23 | sur Apache) Post |
| 21/06 | Flouze | Sur 0,5 + BARK 0,2 | 4 | sur Champ |

Irrigation

| Date | Dose | | | |
|------|------|--|--|--|
| | | | | |

Récolte

| Date | rendement | humidité - P.S. - taux de protéines - PMG | Résidus de récolte (enfouis ou exportés) |
|-------|-----------|---|--|
| 16/07 | 92 g/ha | | |

Figure 1: Exemple d'une fiche parcelle pour le blé tendre d'hiver issue d'un carnet de plaine

des informations générales qui concernent la parcelle (surface, type de sol, culture, précédent cultural), d'autres plus précises sur l'interculture (dates et densités de semis, travail du sol...), la fertilisation (dates, engrais, doses, nombre d'unités..), les produits phytosanitaires (dates, stades de la culture, type de produits, doses, justification de l'intervention) et la récolte (dates, rendements...).

Nous disposons en moyenne pour le blé tendre d'hiver de 68 parcelles par année pour 10 exploitations différentes. L'échantillon est un peu plus faible pour le maïs puisqu'il est présent en minorité par rapport au blé dans l'assolement avec en moyenne 16 parcelles par année pour 5 exploitations différentes. Cependant, nous pouvons considérer que l'échantillon dans son ensemble est significatif et représentatif de la zone d'étude puisque le parcellaire des 17 exploitations enquêtées représente 54 % de la SAU du bassin versant.

3.1.2 Comparaison et validation des pratiques agricoles

Différentes sources de données ont été utilisées pour comparer et valider les pratiques agricoles :

- Les enquêtes du Service Régional de la Protection des Végétaux en île de France entre 1997 et 2008. Il s'agit d'enquêtes directes en exploitation durant lesquelles les agriculteurs remplissent un questionnaire sur l'itinéraire technique réalisé sur leurs parcelles. Ces enquêtes sont relativement précises bien qu'il ne soit pas possible d'identifier l'agriculteur enquêté ni de le localiser dans son département.
- Les enquêtes du Service de la Statistique et de la Prospective (SSP), publiées par AGRESTE pour les années 1994, 2001 et 2006. Ces enquêtes renseignent également sur l'itinéraire technique et sont réalisées à l'échelle nationale mais ont été prévues pour être représentatives à l'échelle régionale.
- Les dires d'experts, en particulier ceux d'un conseiller technique ayant un recul important sur les pratiques du secteur d'étude et opérant dans différents Centres d'Etudes Techniques Agricoles (CETA) de Seine et Marne.

L'ensemble des données sur les itinéraires techniques a été saisi dans une base de données Access structurée avec les différents onglets ; interculture, travail du sol, fertilisation et produits phytosanitaires.

3.1.3 Interprétation des dynamiques des pratiques agricoles

Pour comprendre les dynamiques observées dans les pratiques et identifier des facteurs qui régissent les usages des intrants, des enquêtes auprès d'acteurs agricoles comme les agriculteurs, les négociants ou les commerciaux des coopératives ont été effectuées. En parallèle, les archives de la revue de presse de la France agricole (totalité des numéros pour les années 1994, 1999, 2008 et certains des années 1996, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2009), ont été dépouillées pour reconstituer le contexte des usages des intrants (Nicola et Schott, 2010).

3.2 Indicateurs choisis pour la description des pratiques agricoles

Les pratiques phytosanitaires sont spécifiques à un type de culture, à des ravageurs, des maladies ou encore des adventices. Les combinaisons possibles sont multiples et varient en fonction des traitements, des doses, du nombre ou des dates de passages. Au niveau de l'exploitation, l'agriculteur orientera son choix des pratiques en fonction des conseils de son ou ses prescripteurs, de ses choix personnels ou stratégiques et de bien d'autres facteurs. De ce fait, pour une même culture, les pratiques phytosanitaires peuvent être différentes d'une exploitation à l'autre, voire même, pour un agriculteur donné, d'une parcelle à l'autre. Pour observer l'évolution des pratiques phytosanitaires sur le bassin versant de l'Orgeval et la comparer à d'autres cultures ou d'autres secteurs, des indicateurs de pression phytosanitaire ont été utilisés. Quels que soient la représentativité et le contenu informatif de ces indicateurs, ils peuvent rarement rendre compte de tous les aspects complexes de pratiques phytosanitaires. Il est donc nécessaire de constituer un ensemble d'indicateurs pour décrire plus exactement la situation et tenir compte des aspects multifactoriels des mécanismes en jeu.

3.2.1 Indice Fréquence Traitement

L'Indice de Fréquence de Traitement (IFT), mis au point au Danemark et utilisé dans le cadre d'Ecophyto 2018, est un indicateur qui permet de décrire l'utilisation des produits phytosanitaires à l'échelle de la parcelle, de l'exploitation ou d'un bassin versant. Il tient compte du nombre de doses épandues à l'hectare par année par rapport aux doses homologuées sur une surface donnée. Afin de comparer l'IFT des exploitations du bassin versant de l'Orgeval avec les IFT calculés à

partir des données SSP à l'échelle régionale, les mêmes procédures de calcul ont été appliquées. Ainsi, les huiles, mouillants, adjuvants, les traitements de semences, de post récoltes ou encore les apports de cuivre, de soufre et de zinc réalisés dans un objectif herbicide ou fongique ne figurent pas dans le calcul de l'IFT. En revanche, tous les traitements phytosanitaires appliqués en interculture (période entre la récolte du précédent et le semis de la culture) et sur la culture sont comptabilisés dans l'IFT.

3.2.2 *Nombre de produits et nombre de passages*

Le nombre total de produits phytosanitaires commerciaux utilisés durant la campagne culturale permet de rendre compte de la diversité des produits utilisés au cours du temps. Cet indicateur simple à établir est couramment mis en œuvre dans les analyses de données réalisées par le SSP, bien qu'il présente quelques limites. Il ne tient pas compte de la dose utilisée lors du traitement ni des matières actives qui composent le produit ni des risques environnementaux, sanitaires et écotoxicologiques. Deux passages à mi-dose comptent pour deux traitements alors qu'un passage à dose pleine compte pour un traitement. Le nombre de passages caractérise le nombre de pulvérisations faites sur une campagne culturale. Lors d'un passage, plusieurs produits commerciaux peuvent être appliqués.

3.2.3 *Quantité de matière active appliquée par hectare*

Cet indicateur représente la Quantité de chaque Matière Active (QMA) contenue dans différents produits commerciaux utilisés durant la campagne par ha de culture concernée ou sur un territoire donné. Il peut aussi être calculé pour toutes les Matières Actives (MA) appliquées sur une culture pendant une année culturale.

3.2.4 *Pourcentage de parcelles traitées (fréquence des MA)*

Le pourcentage de parcelles traitées reflète la fréquence d'utilisation des matières actives. Lorsque le pourcentage est supérieur à 100, la matière active a été appliquée plus d'une fois sur la même parcelle. L'unité spatiale de la parcelle a été préférée à celle des surfaces afin d'accorder le même poids à toutes les parcelles enquêtées et ne pas sous représenter les pratiques des parcelles plus petites ou celles pour lesquelles les données de superficie ne sont pas renseignées.

3.2.5 *La dose moyenne de matière active par année*

Il s'agit de la dose moyenne (kg/ha) de matière active que reçoit une parcelle pendant la campagne culturale. Lorsque plusieurs applications de MA sont réalisées sur la même parcelle, nous avons au préalable fait la somme des quantités annuelles par parcelle pour calculer cette dose moyenne. Contrairement à la QMA, cet indicateur considère uniquement les parcelles où il y a eu au moins une application de la MA.

3.3 Description des pratiques de traitements à travers différents indicateurs

Les pratiques de traitements sont décrites à travers les différents indicateurs présentés ci-dessous. Par ailleurs, les 20 MA les plus utilisées en termes de quantités et de fréquences sur toute la période d'étude, rapportées à la SAU du bassin versant, pour le blé et le maïs sont mises en évidence. Les quantités de MA ne sont pas exprimées en kg/ha mais en tonne déversée sur la SAU du bassin versant afin d'observer la part de chaque culture dans la contamination des eaux. L'utilisation conjointe des indicateurs quantitatifs et de fréquences permet de cibler les MA pertinentes à rechercher dans les eaux en vue de limiter les coûts engendrés par l'utilisation des appareillages de détection. Les MA les plus quantifiées serviront à la calibration des modèles de

transferts à différentes échelles alors que les MA les plus fréquentes et présentes à des limites inférieures aux limites de quantification orienteront les recherches vers le développement de nouvelles techniques analytiques.

3.4 Evolution des dynamiques des matières actives

Les évolutions des dynamiques des familles chimiques herbicides et de leurs matières actives respectives sont retracées en termes de quantités, de fréquences, mais aussi de dates d'apports pour le blé tendre d'hiver. Comme les MA du maïs grain sont moins nombreuses que celles du blé, toutes les catégories (herbicides, insecticides et fongicides) sont conservées. Les dynamiques de ces différentes variables sont retracées annuellement sur la période d'étude grâce aux données continues fournies par les carnets de plaine. Pour expliquer les différentes variations de ces dynamiques, des informations sur le contexte réglementaire, économique et pédoclimatique sont utilisées. Les données pluviométriques récoltées par le Cemagref Antony sur les 8 postes du bassin versant de l'Orgeval ont été moyennées (sur la période automnale) pour expliquer les dates de traitements de l'isoproturon. Ces dates de traitements sont regroupées en période automnale, hivernale, printanière et estivale.

3.5 Relations entre les différents paramètres de l'itinéraire technique

L'évolution des dates et densités de semis et des pourcentages de parcelles labourées en fonction des précédents du blé tendre d'hiver sont observées au cours du temps. Elles sont ensuite mises en relation avec l'indicateur fréquence traitement herbicide pour illustrer les potentiels impacts des changements des itinéraires techniques sur les pratiques phytosanitaires.

3.6 Validation et valorisation de la méthodologie

Pour valider la méthode de reconstitution des pratiques, la fiabilité des informations utilisées est vérifiée selon, leur origine, l'échelle spatiale considérée et la taille de l'échantillon. Les échelles pertinentes à ce jour en termes de comparaisons, sont l'échelle de la Seine et Marne qui correspond à l'échelle spatiale des données du SRPV et l'échelle de la Fosse de Melun, zone sur laquelle, on met en place des mesures de prévention de la pollution diffuse dans un premier temps sur les nitrates puis sur les produits phytosanitaires. La fosse de Melun s'étend sur 2000 km² sur une bonne partie sud de la Seine et Marne, englobant notamment les bassins de l'Yerres et de l'Ancoeur. Elle regroupe les champs captant au calcaire de Champigny des usines d'Arvigny, de Boissise-la-Bertrand et de Champigny Sud.

Des indicateurs de pression phytosanitaire sont comparés pour le bassin versant de l'Orgeval et la Seine et Marne. Pour la fosse de Melun, la comparaison se fera pour la fertilisation azotée et le fractionnement des apports puisque les données sur les usages des produits phytosanitaires n'ont pas encore été exploitées. Les données ponctuelles du SSP (1994 ; 2001 ; 2006) et celles du SRPV (1997 ; 2008) (Fosse de Melun) sont comparées aux données continues des carnets de plaine pour la fertilisation minérale azotée du blé tendre d'hiver. Ces comparaisons constituent une première étape pour extrapoler ces données des carnets de plaine à d'autres échelles spatiales que celle du bassin de l'Orgeval.

4 Résultats et discussions

Cette partie résultat n'est pas exhaustive, les exemples les plus pertinents ont été choisis pour illustrer chacun des objectifs.

4.1 Description des pratiques de traitements à travers différents indicateurs

4.1.1 Réduction de la pression phytosanitaire ?

Les quantités totales de matières actives toutes catégories confondues appliquées sur le blé tendre d'hiver et sur le maïs grain diminuent de moitié au cours de la période d'étude (Blé : 1990: 8kg/ha ; 2008 : 3kg/ha. Maïs : 1990 : 2kg/ha ; 2008 : 1 kg/ha) (cf. figure 2). Les matières actives fortement dosées ont été interdites ou abandonnées au profit de matières actives efficaces à moindres doses. Il est alors difficile de conclure à une diminution de la pression phytosanitaire.

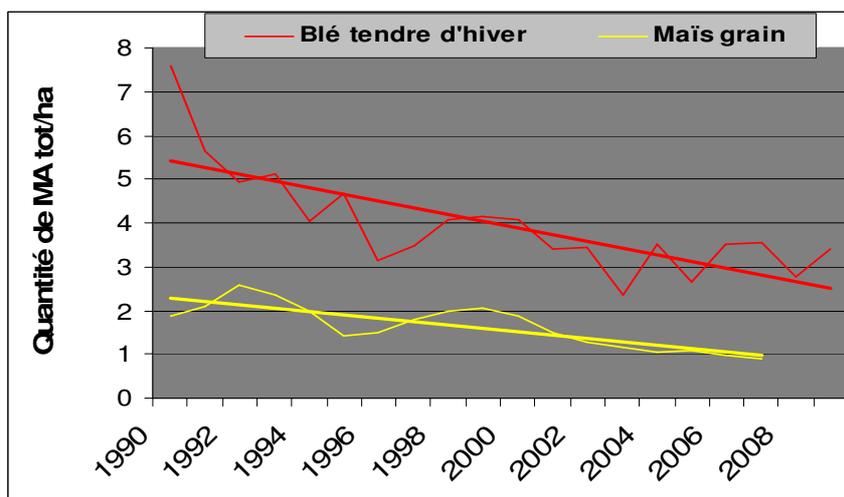


Figure 2 : Evolution des quantités de matières actives totales utilisées pour la culture du blé tendre d'hiver et de maïs grain dans le bassin versant de l'Orgeval de 1990 à 2009 (Source : carnets de plaine).

D'après l'Indice de Fréquence de Traitement total (IFT-tot), dont la valeur stagne autour de 5 pour le blé tendre d'hiver et autour de 1,7 pour le maïs grain sur toute la période d'étude, la pression phytosanitaire est constante (cf. figure 3). L'augmentation du nombre de produits pour les 2 cultures qui ne se répercute pas sur les valeurs de l'IFT-tot, souligne le recours à des doses réduites. Pour le blé, 8 produits en 4 passages sont utilisés en 1990 contre 12 produits en 6 passages en 2008. Pour le maïs grain, 2 produits sont utilisés en 1,5 passages en 1990 contre 4,5 produits en 2,3 passages en 2008. Selon les dires des acteurs locaux, l'augmentation du nombre de produits résulterait de l'ubiquité des résistances chimiques conduisant à l'utilisation d'une diversité plus importante de familles chimiques. Les interdictions successives sur les mélanges de certaines matières actives ces dernières années, seraient à l'origine de l'augmentation du nombre de passages. Malgré un IFT relativement faible par rapport à celui du blé, la culture de maïs n'est pas sans poser de problèmes environnementaux. Il convient de rappeler que l'indicateur IFT est bien un indicateur de l'intensité d'utilisation des produits phytosanitaires et non un indicateur de risque environnemental.

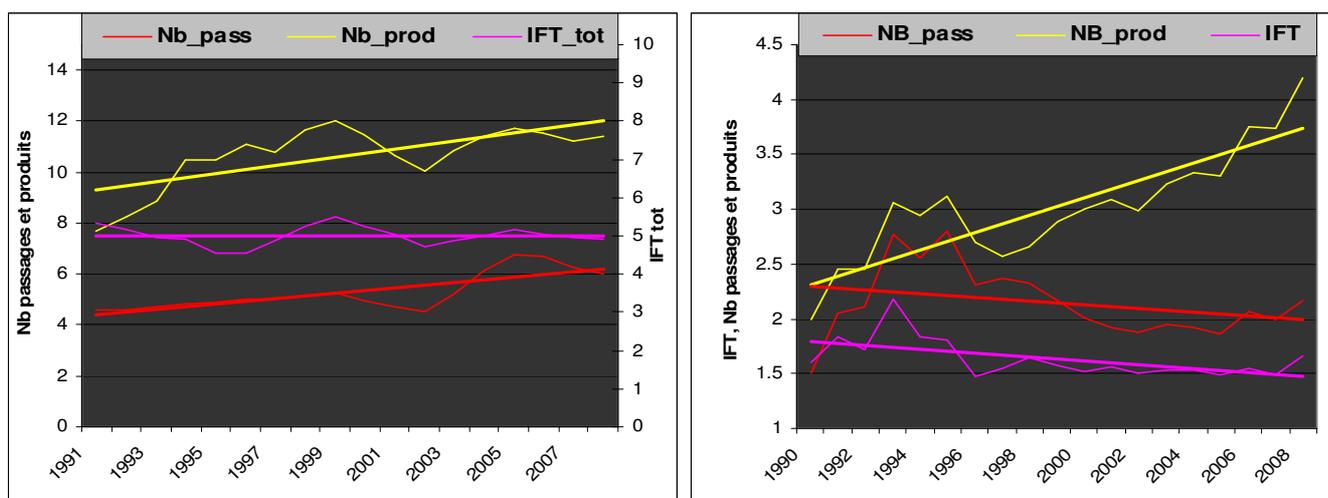


Figure 3: Evolution de l'Indicateur Fréquence Traitement total, du nombre de passages et de produits pour la culture du blé tendre d'hiver (à gauche) et de maïs grain (à droite) dans le bassin versant de l'Orgeval de 1990 à 2009. (Source : carnets de plaine, moyenne triennale glissante)

Les variations des IFT sont plus marquées lorsque l'on décline l'IFT-tot en fonction des différentes catégories de traitements (cf. figure 4). Pour le blé tendre d'hiver, hormis les IFT insecticides et régulateurs de croissance qui restent stables sur les 20 ans, l'IFT fongicide diminue fortement alors que l'IFT herbicide augmente.

La réduction des fongicides fait suite au raisonnement des pratiques avec la prise en compte de la pression fongique. Les traitements ne sont plus systématiques pendant les périodes sèches, et lorsqu'ils sont effectués, les mêmes résultats sont obtenus avec des doses réduites. Les fongicides qui constituaient la part financière la plus importante pour les phytosanitaires dans les années 90, ont été les premiers ciblés lorsqu'il a fallu réduire le budget.

La forte occurrence des espèces adventices résistantes, la raréfaction des solutions chimiques et la simplification des rotations sont des éléments mis en avant par les acteurs locaux pour expliquer l'augmentation des IFT herbicides à la fois sur le blé et sur le maïs. Aucun fongicide ni régulateur de croissance n'a été utilisé sur le maïs grain. Le développement des méthodes de lutttes auxiliaires, comme celles des trichogrammes, hyménoptères parasitoïdes de la pyrale, a permis une réduction conséquente de l'IFT insecticide sur la zone pour le maïs (cf. figure 4). Plus souples à positionner qu'un traitement chimique, ces techniques sont plus efficaces et pas forcément plus onéreuses, surtout dans le contexte de ces dernières années où les débuts de vols des pyrales du maïs étaient très étalés et les pics de captures plus aléatoires.

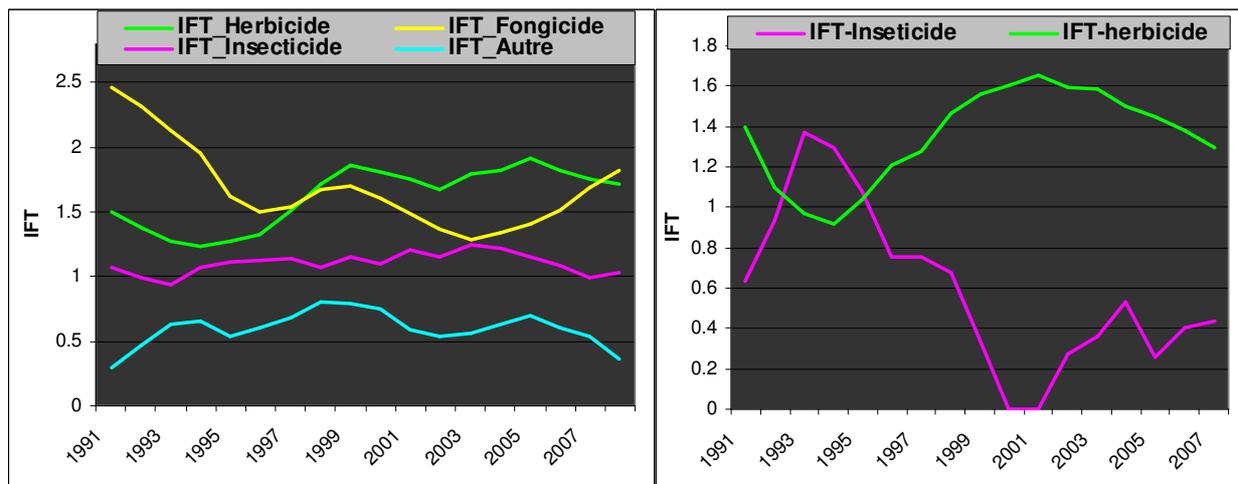


Figure 4: Evolution de l'Indicateur Fréquence Traitement herbicide, fongicide, insecticide et régulateur de croissance pour la culture du blé tendre d'hiver (à gauche) et de maïs grain (à droite) dans le bassin versant de l'Orgeval de 1990 à 2009. (Source : carnets de plaine, moyenne triennale glissante)

4.1.2 Quelles MA doit on rechercher dans les eaux ?

Pendant ces 20 années, la forte présence du blé tendre d'hiver dans l'assolement ainsi que le développement croissant de ces bio agresseurs puis de leurs résistances aux produits phytosanitaires ont conduit les firmes phytosanitaires à développer de nombreuses MA pour cette culture. Nous avons identifié 132 MA différentes utilisées sur les 20 années pour le blé tendre d'hiver contre 44 pour le maïs, soit un total de 150 MA puisque certaines MA sont communes aux 2 cultures. Les matières actives herbicides et en particulier, celles appartenant à la famille des urées substituées (isoproturon, chlortoluron, metabenzthiazuron et néburon) et des triazines (atrazine), sont à la fois les plus présentes en termes de diversité (55% des MA du blé et 77% des MA du maïs) (cf. figure 5) et de quantités appliquées (1.68kg/ha/an pour le blé tendre d'hiver et 1.42kg/ha/an pour le maïs grain) pour les 2 cultures.

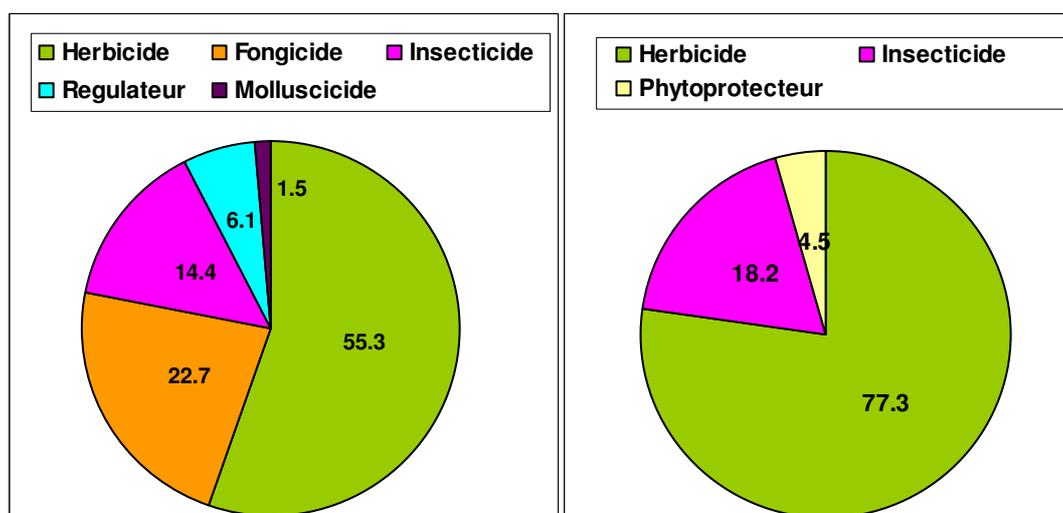


Figure 5: Répartition des matières actives utilisées par catégorie de traitement pour la culture du blé tendre d'hiver (à gauche) et de maïs grain (à droite) dans le bassin versant de l'Orgeval de 1990 à 2009. (Source : carnets de plaine)

En effet, les 20 matières actives les plus appliquées en termes de quantités sont essentiellement des matières actives herbicides fortement dosées et retirées du marché pour 7 d'entre elles, alors que les indicateurs de fréquences mettent en évidence essentiellement des fongicides puisque les traitements sont fractionnés en 3 voire 4 apports (cf. figure 6). Les indicateurs de fréquences mettent aussi en évidence d'autres familles chimiques plus récentes qui ne sont pas présentes dans le listing quantitatif puisqu'elles sont faiblement dosées. C'est le cas des herbicides Sulfonylurés (iodosulfuron, mesosulfuron), des aryloxyphénoxypropionates (-FOP-clodinafop, fenoxaprop) ou encore des fongicides Strobilurines (Kresoxim, azoxystrobine). Les MA qui font aujourd'hui l'objet d'un suivi dans les eaux de la zone d'étude sont celles qui sont les plus présentes en termes de quantité (10 suivies sur les 20 identifiées) contrairement à celles qui sont les plus présentes en termes de fréquence (6 suivies sur les 20 identifiées).

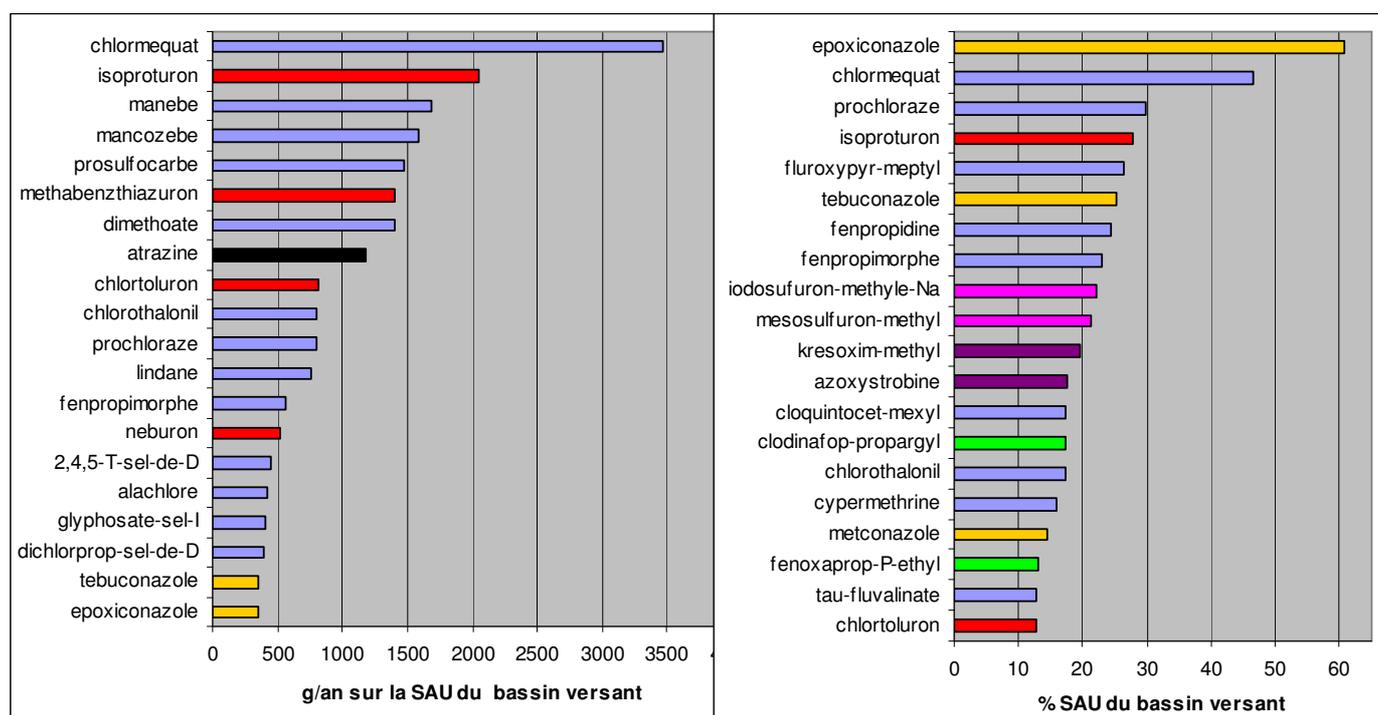


Figure 6: Top 20 des matières actives les plus utilisées en termes de quantités (à gauche) et de fréquences (à droite), sur la SAU du bassin versant de l'Orgeval pour les cultures de blé et de maïs grain de 1990 à 2009. (Source : carnets de plaine)

Le chlorméquat, régulateur de croissance est la première MA utilisée en termes de quantités (en moyenne 3 t/ an) et la 2^{ème} en termes de fréquences (en moyenne 46%/an) sur la SAU du bassin versant de l'Orgeval. Il fait partie des premières matières actives phytosanitaires découvertes. Son utilisation à la fin des années 70 pour réduire les risques de verse est à l'origine de l'intensification des pratiques de fertilisation minérale azotée. Aujourd'hui le raisonnement des pratiques de fertilisation ainsi que le développement de variétés résistantes à la verse dispensent de son utilisation. Pourtant, son faible coût n'incite pas les agriculteurs à prendre le risque de ne pas traiter. L'isoproturon, matière active herbicide racinaire de la famille des urées suit le chlorméquat avec une application de 2 tonnes en moyenne chaque année sur 26% de la SAU du bassin.

Les MA les plus utilisées en termes de quantités sont surtout utilisées sur le blé tendre d'hiver puisque c'est la culture principale du bassin. 4 MA utilisées sur maïs (atrazine, lindane, néburon,alachlore) et qui sont d'ailleurs toutes retirées du marché aujourd'hui, sont toutefois présentes dans le TOP 20 des MA les plus utilisées en termes de quantités mais absentes du TOP 20 des MA

les plus utilisées en termes de fréquences. Citons le cas de l'atrazine, herbicide racinaire du maïs qui est appliqué en moyenne à 1,2 t/an sur la SAU du bassin alors qu'elle a été retirée du marché en 2003. L'époxiconazole, matière active fongicide de la famille des Triazoles ne figure pas dans le TOP 20 des MA les plus utilisées en termes de quantités alors qu'elle est la première MA la plus utilisée en termes de fréquence sur 60% de la SAU du bassin.

Les indicateurs des pratiques phytosanitaires ne mettent pas en évidence les mêmes matières actives et sont de ce fait très complémentaires et indispensables pour dresser un bilan de la pression phytosanitaire sur toute la période d'étude.

4.2 Evolution des pratiques d'utilisation des matières actives

4.2.1 *Evolution des principales familles herbicides du blé tendre d'hiver*

Les Urées (isoproturon, chlortoluron, néburon, linuron, diuron, méthabenthiazuron et métoxuron), à mode d'action racinaire, sont très présentes sur toute la période d'étude, avoisinant très souvent les 100% de parcelles traitées, voire plus, à la fin des années 1990 (cf. **figure 7**). Les Fops, à mode d'action foliaire (clodinafop-propargyl et diclofop-méthyl) sont homologuées au début des années 90 pour renforcer l'action des urées au printemps et se retrouvent, elles aussi, utilisées sur 100% des parcelles au début des années 2000. Puis suite à l'apparition des vulpins résistants au début des années 2000, elles ne sont plus utilisées que sur 40 % des parcelles aujourd'hui.

En parallèle, de nouvelles matières actives appartenant à la famille des Sulfonylurées (mésosulfuron, flupyrsulfuron, sulfosulfuron...) et présentant de nombreux avantages de par leur double action foliaire et racinaire et leur faible grammage à l'hectare, sont homologuées au début des années 2000. Elles viennent petit à petit remplacer les Fops et les urées dont l'usage diminue à partir de 2004. En effet, les retraits d'homologations (néburon 1998, méthabenzthiazuron 2007), les restrictions de doses en 2004 (isoproturon et chlortoluron) et les restrictions d'usages en 2008 (interdiction d'application sur parcelles drainées et pendant la période de reproduction des oiseaux et des mammifères pour l'isoproturon en matière active seule - les spécialités commerciales contenant de l'isoproturon en mélange ne sont pas concernées par la restriction-), sont à l'origine de cette diminution.

La réglementation et les résistances chimiques ont piloté l'usage des familles herbicides sur la période d'étude. On peut toutefois s'interroger sur l'impact à long terme des réglementations. En effet, les incohérences de restrictions d'usages de l'isoproturon poussaient à l'utilisation de produits commerciaux (avec de l'isoproturon en mélange) homologués plus récemment et beaucoup plus coûteux que la MA seule qui, elle, était interdite. On comprend pourquoi ces restrictions d'usage, justifiées par la nécessité de préserver la ressource en eau, perdent de plus en plus toute crédibilité aux yeux des agriculteurs.

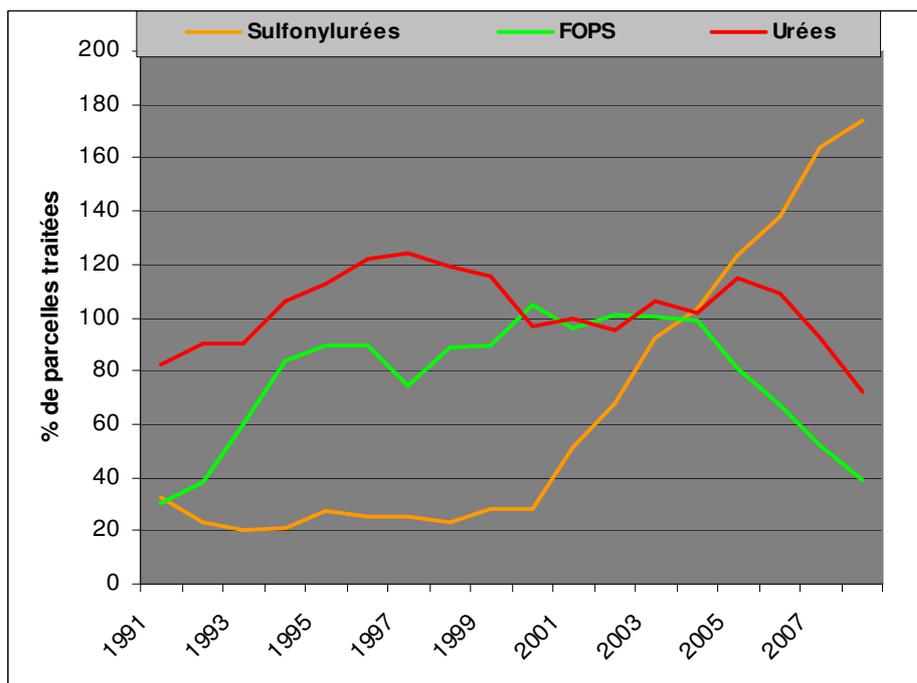


Figure 7: Evolution du pourcentage de parcelles traitées par famille de matières actives herbicides anti-graminées du blé tendre d'hiver dans le bassin versant de l'Orgeval de 1990 à 2009. (Source : carnets de plaine)

L'isoproturon est de loin la première urée utilisée sur toute la période d'étude. Il est aujourd'hui (depuis 2010) de nouveau autorisé sur parcelles drainées et est interdit seulement en période d'écoulement des drains. Mais cette fois-ci, cette restriction s'applique à l'ensemble des spécialités contenant de l'isoproturon, en mélange ou non. Cette période d'écoulement des drains n'étant pas définie, la matière active pourrait être réutilisée.

Le chlortoluron est la deuxième urée utilisée sur la zone d'étude, de manière moins importante que l'isoproturon en raison des phytotoxicités qu'il engendrait sur le blé. Aujourd'hui, il est de plus en plus sollicité pour répondre à l'envahissement du ray-grass dans les parcelles et remplacer petit à petit l'isoproturon.

Les restrictions de doses pour les deux urées n'ont pas modifié les doses moyennes appliquées, c'est la réglementation qui a aligné les doses homologuées sur les doses appliquées (cf. figure 8). Sur toute la période d'étude pour l'isoproturon et le chlortoluron, les doses ont été réduites automatiquement en raison des types de sols du secteur, très pauvres en argiles et colloïdes. La présence de ces éléments dans les sols neutralisent l'efficacité des MA racinaires et nécessitent l'utilisation de doses pleines.

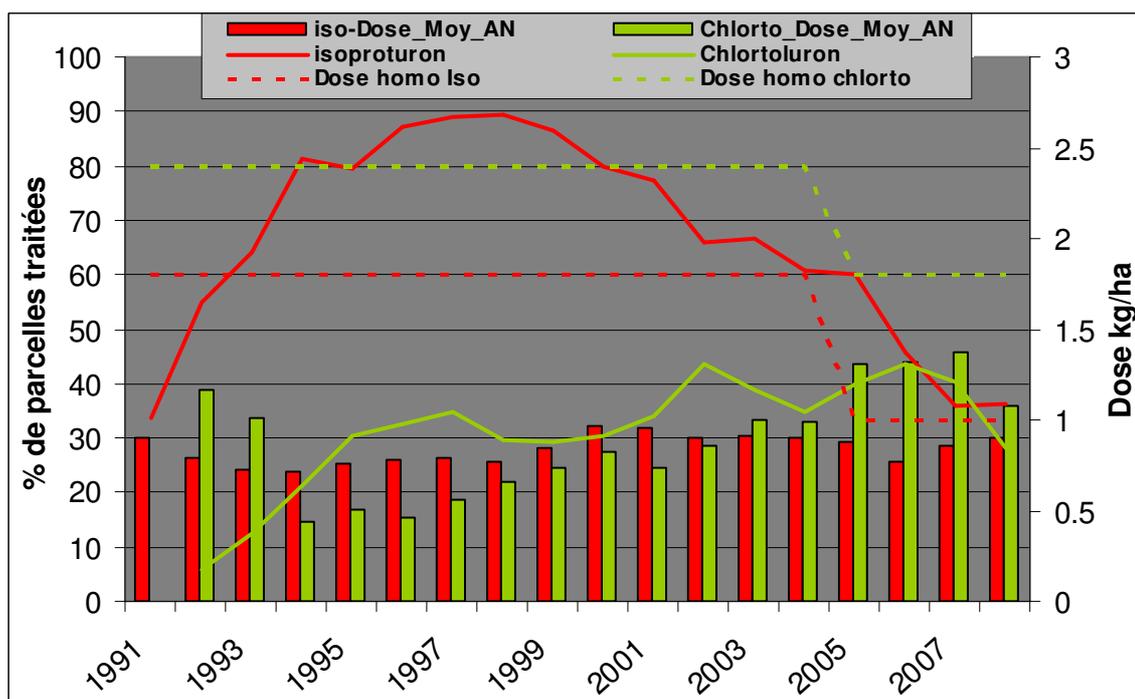


Figure 8 : Evolution des quantités (kg/ha/an), des doses moyennes (kg/ha/an), des doses homologuées (kg/ha/an) d'isoproturon et du chlortoluron et des pourcentages de parcelles traitées pour le blé tendre d'hiver dans le bassin versant de l'Orgeval de 1990 à 2009. (Sources : carnets de plaine)

L'isoproturon est en majorité appliqué à l'automne (entre septembre et novembre) (cf. figure 9). Ses applications sont jusqu'ici cohérentes avec les analyses d'eau qui relèvent des pics de pollution de la MA en automne après les premiers épisodes pluvieux correspondant à la recharge des nappes. Toutefois, les dates d'applications de l'isoproturon sont soumises à une forte variabilité interannuelle.

Cette variabilité est expliquée avec la variable pluviométrique automnale. Ainsi, lors des années d'automne pluvieux, en raison des sols non portants parce que gorgés d'eau, les applications sont décalées au printemps. Pour les années 1999 à 2002, la pluviométrie automnale varie entre 320 et 360 mm et 65% à 80% des parcelles reçoivent l'isoproturon au printemps (cf. figure 9). A l'inverse, pour les années 2005 à 2009 qui connaissent une pluviométrie plus faible variant de 125 à 225 mm, entre 50 et 90% des parcelles reçoivent les applications d'isoproturon en automne.

En plus de renseigner les modèles, les connaissances sur les dates d'apports sont des informations précieuses pour répartir les prélèvements d'échantillons d'eau au moment les plus proches des applications. Pour l'isoproturon, à moins de pouvoir anticiper les précipitations d'une année sur l'autre, il serait préférable de répartir les prélèvements sur les périodes automnales, hivernales et printanières.

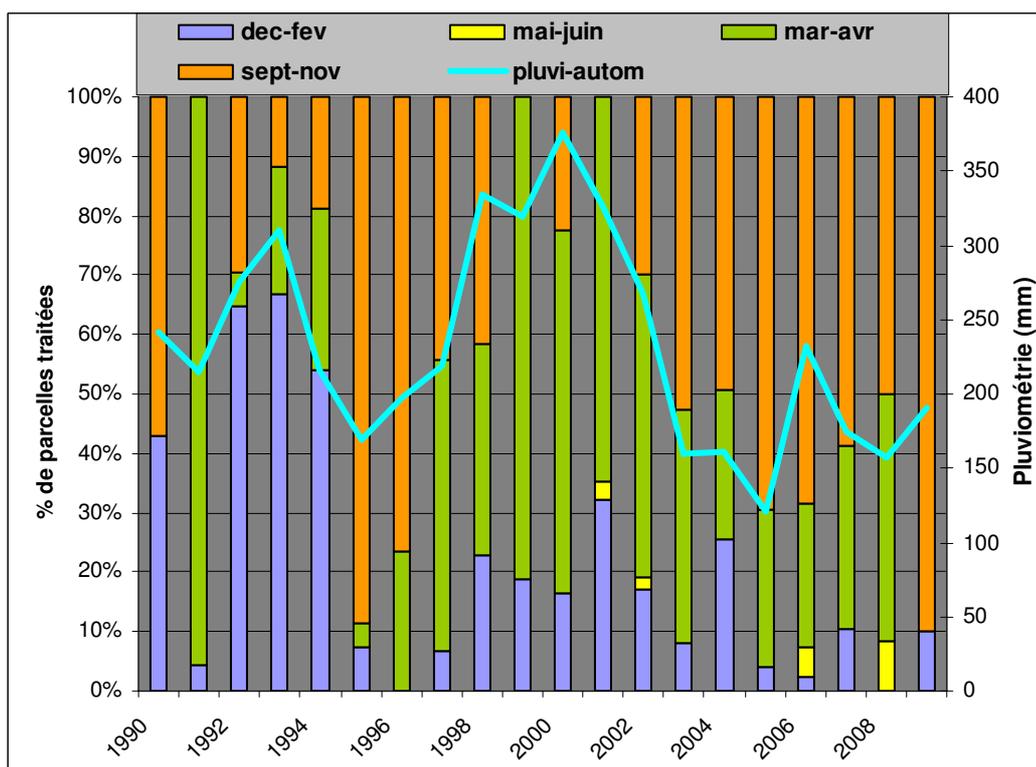


Figure 9: Evolution des périodes d'application de l'isoproturon sur le blé tendre d'hiver et de la pluviométrie dans le bassin versant de l'Orgeval de 1990 à 2009. (Source : carnets de plaine, données pluviométrique du Cemagref Antony)

4.2.2 Evolution des principales MA utilisées sur le maïs grain

Les matières actives utilisées dans les années 90 sur maïs grain ne sont plus du tout celles utilisées aujourd'hui (cf. figure 10). Un grand turn-over s'est opéré sur toute la période d'étude et a été régi par la réglementation en grande partie. La quasi-totalité des matières actives utilisées dans les années 90 a été retirée par la suite. Citons le cas de l'atrazine qui a été la matière active la plus utilisée en termes de quantités sur le maïs grain. Bien que retirée en 2003 du marché, elle a été utilisée officiellement jusqu'en 2006, de manière plus sporadique.

Pour d'autres matières actives, les dates de retraits coïncident parfaitement avec les dates d'arrêt d'usages, comme c'est le cas pour le lindane (HCH gamma), matière active insecticide appartenant à la famille des Organochlorés, qui est utilisée jusqu'en 1998, année de son retrait d'utilisation. C'est le cas également du dinoterbe, matière active herbicide appartenant à la famille des Phénols, qui a été utilisée jusqu'en 1997, date de retrait d'utilisation, ou encore de la simazine, matière active herbicide appartenant à la famille des Triazines qui est interdite d'utilisation et n'est plus utilisée depuis 2001.

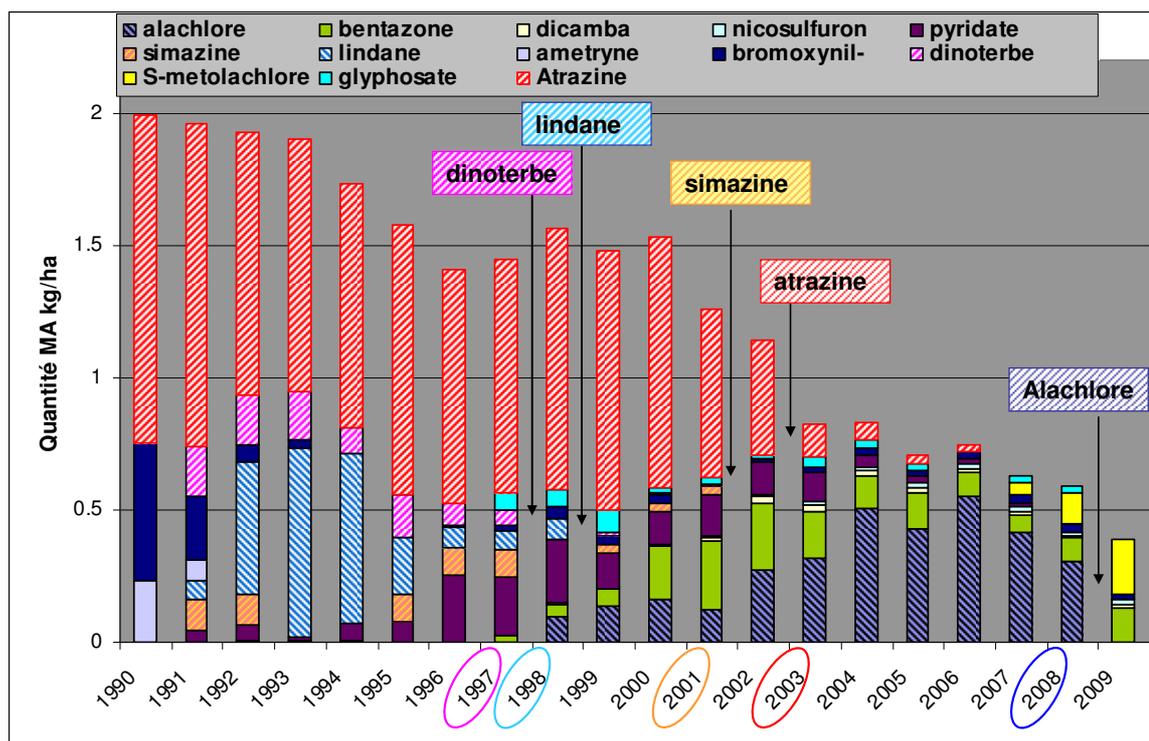


Figure 10 : Evolution des quantités des 14 matières actives les plus appliquées sur le maïs du bassin versant de l'Orgeval de 1990 à 2008. (Source : carnets de plaine)

Ces retraits et en particulier celui de l'atrazine ont engendré de nombreuses nouvelles homologations au début des années 2000 (cf. figure 10). Ces nouvelles MA homologuées à faibles doses sont davantage mises en évidence sur le graphique des fréquences (cf. figure 11). Les firmes phytosanitaires ont relancé le marché avec des matières actives herbicides concurrentes déjà existantes telles que l'alachlore, matière active appartenant à la famille des Chloroacetamide, et qui par la suite a été retirée en 2008, le nicosulfuron, matière active appartenant à la famille des Sulfonylurées ou encore la sulcotrione matière active appartenant à la famille des Tricétones. L'utilisation de ces deux dernières MA est en augmentation depuis 1999 jusqu'en 2009 (cf. figure 11). 15 % des parcelles sont traitées avec de la sulcotrione en 1999 contre plus de 50 % en 2009 et 10% des parcelles avec du nicosulfuron en 1999 contre 100 % des parcelles en 2009.

Ces nouvelles MA sont, à en juger par les dires d'experts, moins performantes que l'atrazine, en ce qui concerne les propriétés physico-chimiques, les spectres d'actions et les souplesses d'utilisation. C'est pourquoi, les firmes phytosanitaires ont aussi créé d'autres herbicides pouvant être aussi performants que l'atrazine, avec « un profil écotoxicologique revisité », à partir de dérivés provenant de molécules déjà existantes comme l'acatéchlore, matière active appartenant à la famille des Chloroacetamides, le S-métolachlore, de la même famille, inspiré du métolachlore retiré du marché en 2001, ou encore la mésotrione, matière active appartenant à la famille des Tricétones. La mésotrione, homologuée en 1999, est utilisée à partir de 2003 sur 25% des parcelles et jusqu'à 55 % des parcelles en 2009 (cf. figure 11).

Peu de MA herbicides sont utilisées sur toute la période d'étude. Citons les rares exemples de la bentazone, MA appartenant à la famille des Thiadiazinones, le pyridate, MA appartenant à la famille des Pyridazines (cf. figure 10) et le bromoxynil, MA appartenant à la famille des Hydroxy-benzonitril (cf. figure 11).

Cet exemple de différences d'usages de MA d'une année sur l'autre illustre bien l'importance d'avoir recours à des données continues pour minimiser les biais lors de la segmentation temporelle de la base de données en périodes homogènes. Par ailleurs, comme il sera difficile de

tenir compte de toutes les variations pour la segmentation des pratiques, il est aussi primordial de pouvoir hiérarchiser le poids à accorder à chaque MA.

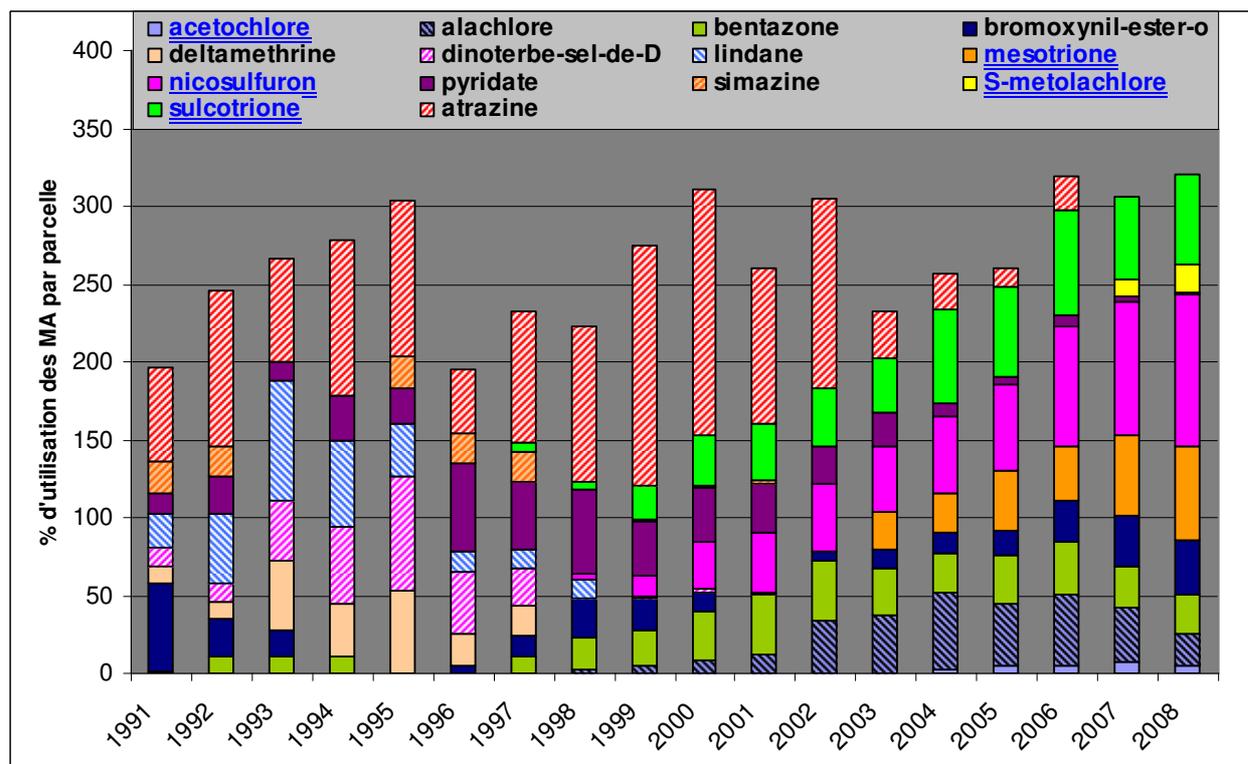


Figure 11: Evolution des pourcentages de parcelles traitées par les 14 matières actives les plus appliquées sur le maïs du bassin versant de l’Orgeval de 1990 à 2008. (Source : carnets de plaine)

4.3 Relations entre les différents paramètres de l’itinéraire technique

Au cours des 20 dernières années, pour le blé tendre d’hiver, les agriculteurs ont avancé les dates de semis d’une dizaine de jour (+ 8 jours soit le 10/10), diminué les densités de semis (de 320 gr/m² en 1990 à 180 gr/m² en 2008) et réduit le pourcentage de parcelles labourées de moitié.

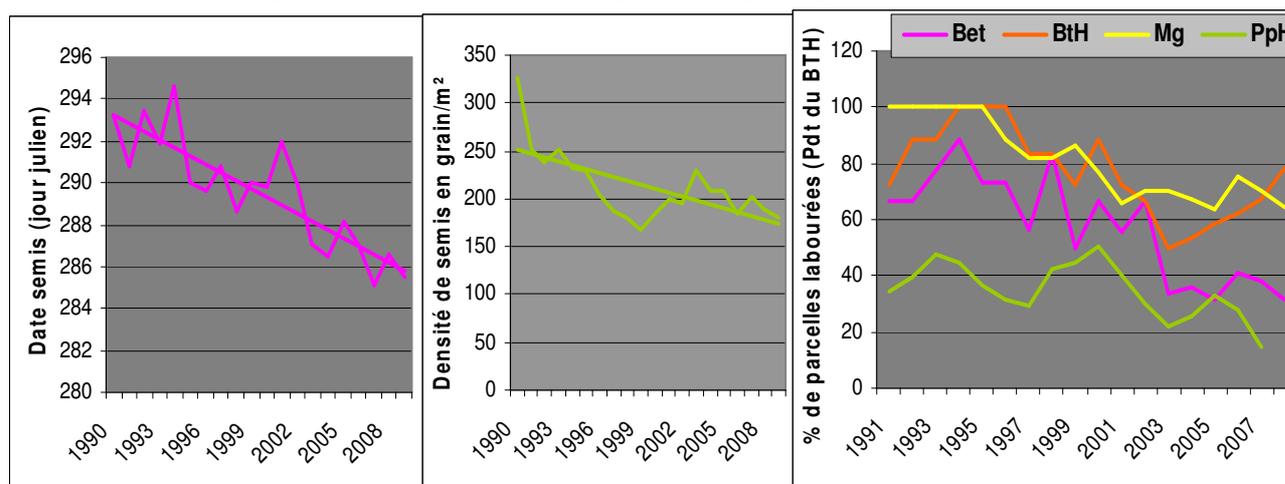


Figure 12 : Evolution des dates, des densités de semis et du pourcentage de parcelles labourées en fonction des précédents du blé tendre d’hiver du bassin versant de l’Orgeval de 1990 à 2008. (Source : carnets de plaine, moyenne triennale glissante)

En effet, les obtenteurs ont réduit le panel des variétés précoces (celles que l'on sème plus tard dans la saison). En parallèle, les exploitations se sont équipées de semoirs plus précis pour semer moins densément et ont modifié leurs objectifs de production. La production de blé de valeur boulangère, riche en protéines, impose des densités de semis réduites pour diminuer la faim d'azote. Depuis les années 2000, les pratiques sans labour se sont bien développées en particulier sur les parcelles hydromorphes mais différemment en fonction des précédents du blé. Les blés de maïs ou les blés de blé, qui sont des blés plus sujets aux maladies fongiques, sont deux fois plus labourés que les blés de pois et de betterave. Dans les années 1990, les blés de maïs et de blé sont labourés pour 90% des parcelles contre 50% des blés de betterave et de pois. En 2009 la diminution du labour concerne tous les blés. Les blés de maïs et de blé sont labourés sur 70% des parcelles contre 30% des parcelles de blés de betterave et de pois (cf. figure 12).

L'ensemble de ces modifications d'itinéraires techniques n'est pas sans impact sur l'usage des intrants et en particulier sur celui des herbicides. D'après les premiers résultats (cf. figure 13 et 14) qui sont confirmés par la littérature scientifique (Champaux et al, 2006), le labour, les semis tardifs (après le 20 octobre) et les densités de semis élevées (> 180 kg/ha) permettraient de réduire la pression herbicide de respectivement de 12, 13 et 11 %.

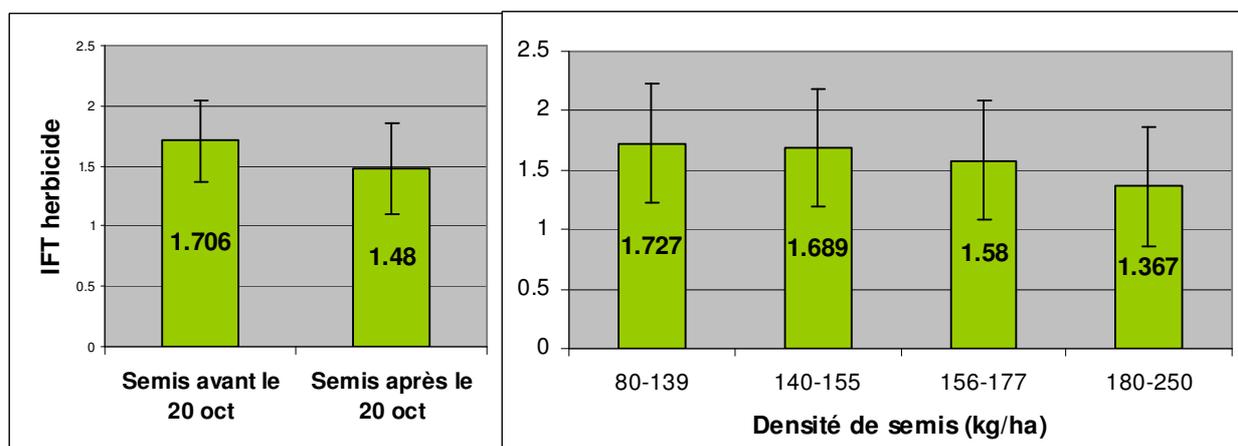


Figure 13: Comparaison des IFT herbicides avec la date de semis et la densité de semis pour le blé tendre d'hiver du bassin versant de l'Orgeval de 1990 à 2008. (Source : carnets de plaine)

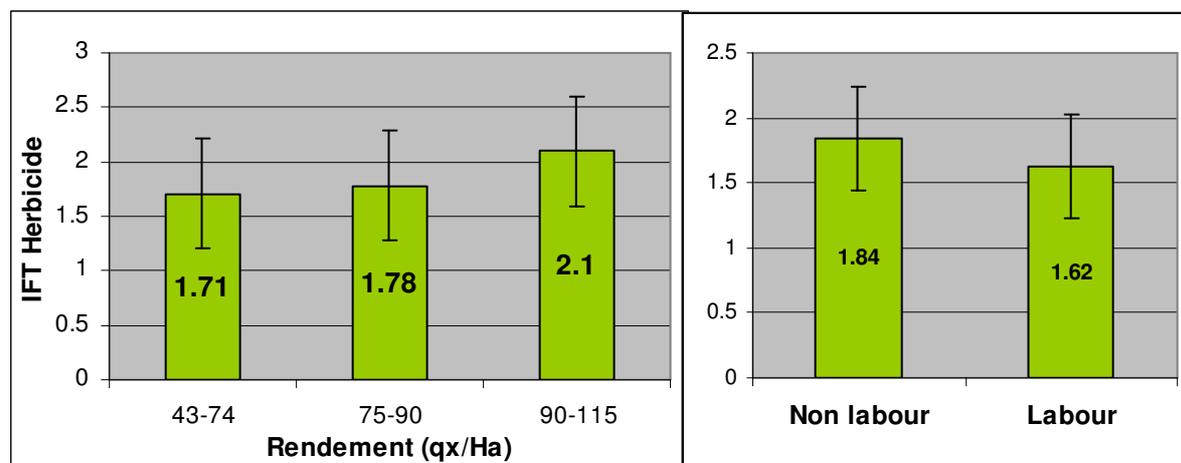


Figure 14: Comparaison des IFT herbicides avec le labour et le rendement pour le blé tendre d'hiver du bassin versant de l'Orgeval de 1990 à 2008. (Source : carnets de plaine)

En effet, le retard des dates de semis perturbe le cycle physiologique des adventices qui est calé sur la culture et rend possible la réalisation de faux semis répétés. Le labour enfouit le stock semencier superficiel, détruit les adventices germées, diminue le taux de germination par effet de dilution des semences sur l'épaisseur travaillée. Par contre, sur le long terme, il remonte en surface les semences restées en profondeur. Il a toujours été considéré comme le premier levier pour la gestion du salissement des parcelles. Les densités de semis élevés exercent une concurrence forte sur les adventices, grâce à l'établissement d'une couverture du sol importante.

Toujours d'après la littérature scientifique, ces modifications d'itinéraires techniques présentent des avantages pour réduire aussi l'utilisation d'autres traitements chimiques tels que les fongicides et les insecticides. En effet, le retard des dates de semis réduit le nombre de cycles possibles pour les maladies, par une diminution de la durée végétative et limite les risques d'attaques de pucerons à l'automne. Le labour a également un effet positif sur les champignons en fonction de la mobilité de leur inoculum et contribue à la limitation d'insectes telluriques. En revanche, les densités de semis élevées favorisent la pression fongique, notamment pour l'oïdium et la septoriose qui requièrent un micro-climat humide pour leur développement. Elles augmentent également les risques de verse.

Les évolutions des itinéraires techniques, à travers l'exemple de ces 3 variables, illustrent bien les évolutions des systèmes de culture vers la dépendance aux phytosanitaires herbicides et pourraient aussi être une source d'explication pour l'augmentation des IFT herbicides (cf. **figure 4**). Ces augmentations peuvent se justifier par l'augmentation des rendements obtenus. En effet, d'après la **figure 14**, une augmentation de la pression herbicide de 11% sur le blé augmente les rendements de 15%. Aujourd'hui le raisonnement à la marge brute, n'est pas le plus adopté par les agriculteurs qui identifient davantage leurs performances aux rendements obtenus. Il serait donc intéressant par la suite de calculer les gains de la diminution de la pression herbicide en termes de marges brutes. Ces premières analyses exploratoires permettent déjà d'anticiper la structure de la base de données avec la prise en compte du couple « précédent-culture ». Les précédents du blé ont différents impacts sur le pourcentage de labour et donc indirectement sur la pression herbicide. De ce fait, dans la base de données, les blés de maïs et betterave ne seront pas conduits de la même façon pour le travail du sol et les herbicides que les autres blés. D'autres relations entre variables et usages des intrants restent encore à mettre en évidence, notamment l'impact des retards de semis, des densités de semis élevées et le retour du labour sur les autres traitements.

4.4 Validation et valorisation de la méthodologie

4.4.1 *Effet du changement d'échelle et des sources de données utilisées*

La comparaison des indicateurs phytosanitaires (IFT-tot, nombre de passages et de produits) pour l'Orgeval et la Seine et Marne met en évidence un effet de changement d'échelle (cf. **figure 15**). L'effet source de données est écarté puisque l'IFT et le nombre de passages sont similaires. En revanche, l'utilisation d'un nombre de produits supérieur dans l'Orgeval répond bien à une spécificité du secteur. L'étude approfondie des facteurs qui régissent l'usage des intrants pourrait être une source d'explication supplémentaire à cette particularité.

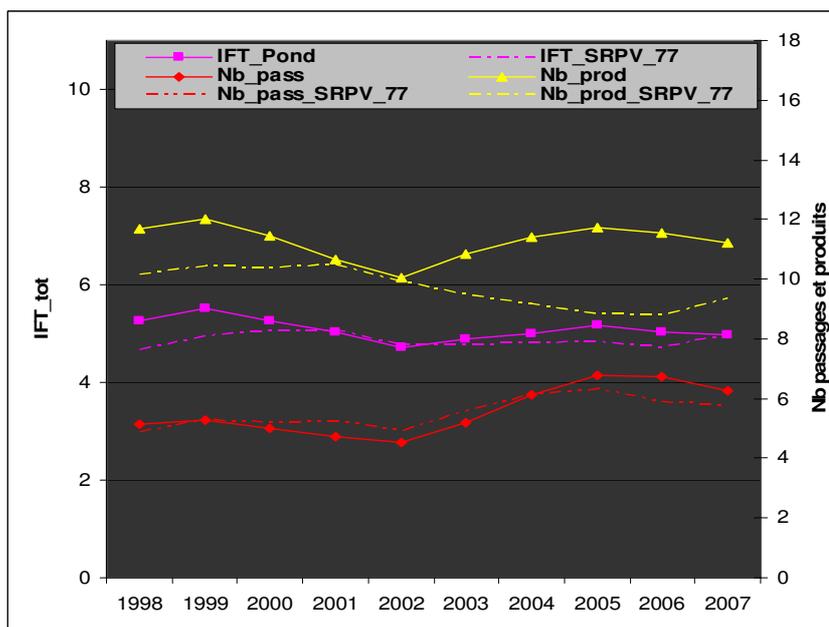


Figure 15: Comparaison des indicateurs phytosanitaires (IFT, nombre de passages et produits) dans le bassin versant de l'Orgeval et en Seine et Marne pour le blé tendre d'hiver de 1997 à 2008. (Source : carnets de plaine et données SRPV)

4.4.2 Effet taille de l'échantillon

Alors que la moyenne de l'IFT-tot du blé tendre d'hiver pour toutes les exploitations enquêtées du bassin versant est très stable au cours du temps (cf. **figure 3 et 15**), le même IFT observé par exploitation fluctue de manière beaucoup plus importante (entre 2 et 9) selon les années ou les exploitants au cours de la période d'étude (cf. **figure 16**). Compte tenu de la variabilité inter-exploitation et interannuelle des pratiques, plus l'échantillon d'enquêtes sera important, plus les résultats seront lissés et nous permettront d'aboutir à des pratiques majoritaires les moins biaisées. L'effet taille de l'échantillon est donc un critère à ne pas négliger pour la suite des travaux qui concerneront davantage les pratiques minoritaires où les échantillons d'enquêtes sont plus faibles.

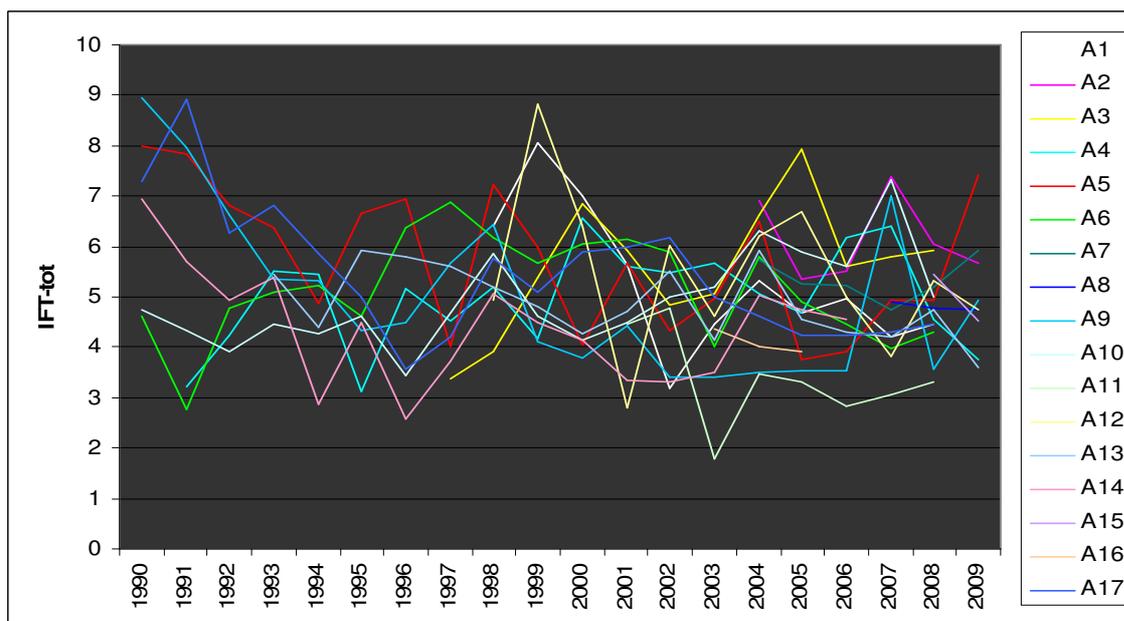


Figure 16: Evolution de l'IFT-tot par exploitation du blé tendre d'hiver pour le bassin versant de l'Orgeval de 1990 à 2008 (Source : carnets de plaine).

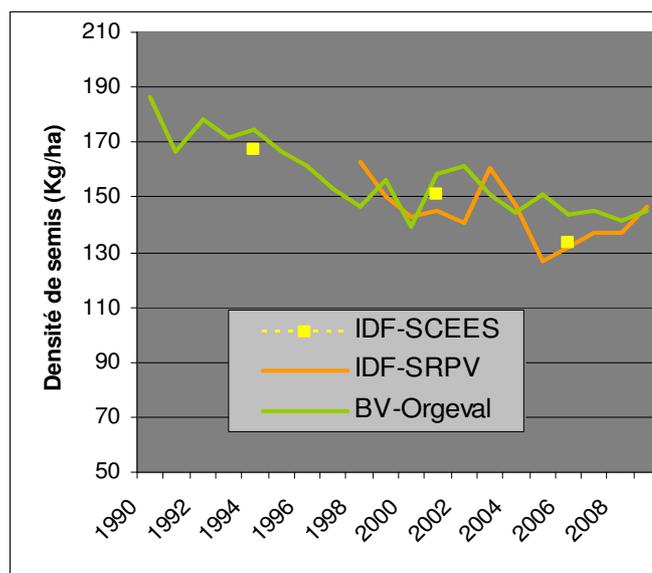


Figure 17 : Evolution de l'IFT tot du blé tendre d'hiver par exploitation du bassin versant de l'Orgeval de 1990 à 2008. (Source : carnets de plaine)

4.4.3 Généralisation des méthodes de conception

Pour le blé tendre d'hiver, les dynamiques de fertilisation minérale azotée et du fractionnement des apports observées dans l'Orgeval sont très similaires à celles mises en évidence par les données du SRPV Ile de France et ou par les données du SSP sur la Fosse de Melun (cf. figure 17). Il ne semble donc pas y avoir d'effet de changement d'échelle pour ces variables. C'est pourquoi, il est possible, après validation auprès d'experts de la zone, d'utiliser les données continues des carnets de plaine pour segmenter en sous périodes homogènes la période d'étude à d'autres échelles spatiales que celle de l'Orgeval.

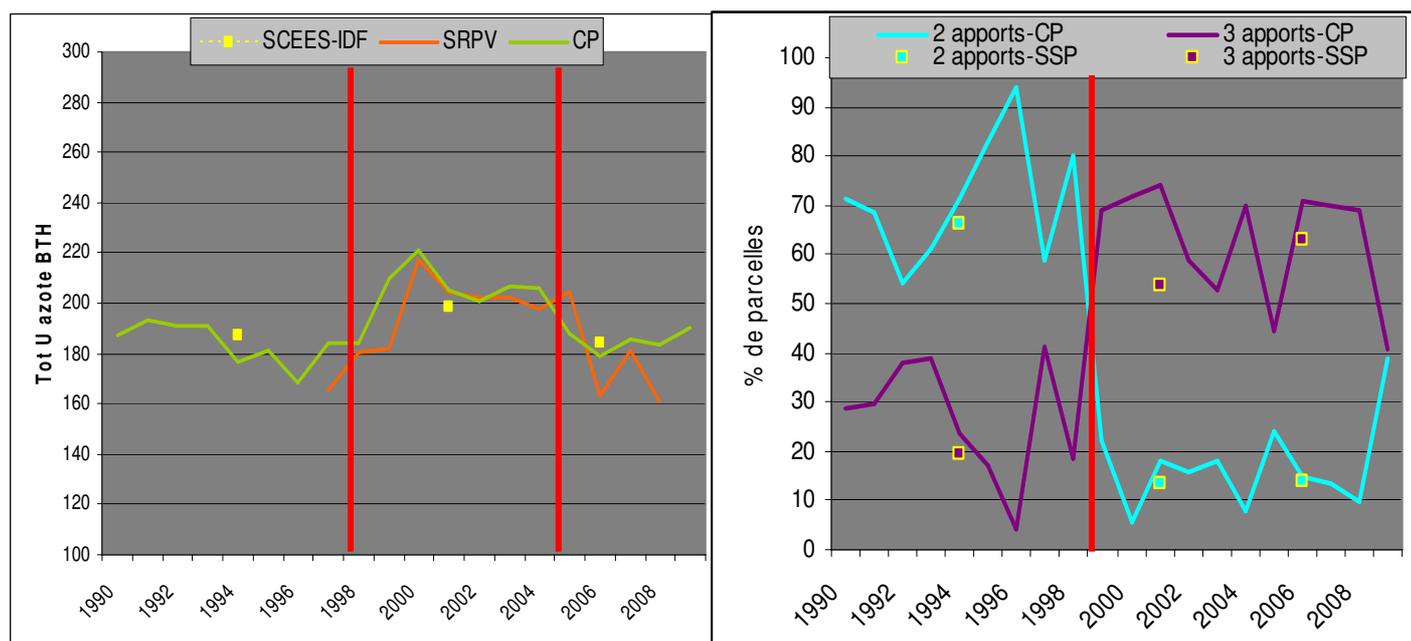


Figure 18: Comparaison de la fertilisation azotée totale minérale du blé tendre d'hiver (à gauche) et du fractionnement des apports (à droite) dans l'Orgeval, dans la Fosse de Melun et en Seine et Marne (seulement à gauche) de 1990 à 2008 et segmentation temporelle en périodes homogènes (sources : carnets de plaine, SSP (1994 ; 2001 ; 2006) et SRPV (1997 ; 2008))

Sur les 20 dernières années, trois périodes homogènes ont été identifiées pour la fertilisation minérale azotée. Le début de l'intensification de la fertilisation azotée remonte aux années 80 et correspond à l'apparition des premiers régulateurs de croissance. Pour amortir le coût des régulateurs qui étaient bien plus chers qu'aujourd'hui, la fertilisation azotée a atteint des sommets dans ces années où l'optimum technique correspondait à l'optimum économique.

Au début de la première période (1990-1997), la gestion de l'azote a été beaucoup mieux pilotée, en raison d'une prise de conscience du fait qu'il était possible d'exprimer son potentiel de rendement tout en diminuant les doses. La diminution du prix du blé et l'apparition de la directive nitrate sont aussi des explications à cette diminution.

Depuis 1990, la fertilisation est relativement stable (en moyenne 180 U) puis en 1998, début de la deuxième période (1998-2004), la fertilisation azotée augmente d'une trentaine d'unités (cf. figure 17). L'utilisation d'appareils (Infratec) pour mesurer les protéines dans les céréales s'est répandue et a encouragé les agriculteurs à fractionner les apports et à ajouter des unités supplémentaires à l'épiaison lors du troisième apport pour avoir des blés de valeur boulangère. La diminution du poids dans l'assolement, en raison des contaminations par le champignon *Aphanomyces*, constitue aussi une source d'explication à l'augmentation de la fertilisation azotée (Nicola et Schott, 2010). En effet, comme il a été démontré dans les précédents rapports, la fertilisation des blés est différente en fonction de ses précédents. Les blés de précédents protéagineux, comme les blés de pois, sont moins fertilisés (-15% de l'azote minéral total soit 30U) que les blés d'autres précédents. Puisque les blés de pois étaient moins fréquents dans l'assolement à cette période, les moyennes de fertilisation azotée minérale sont plus élevées. Les experts expliquent le pic de fertilisation en

2000 par le surdosage volontaire de l'azote pour compenser les pertes abondantes par lessivage dues aux fortes pluies de l'année.

Au cours de la troisième période (2005-2009), la fertilisation azotée diminue et se rapproche, comme dans la première période, des 180U. La féverole, culture protéagineuse ayant remplacé petit à petit le pois, contribue à cette diminution, tout comme l'apparition du troisième programme d'action de la directive nitrates. Le retour progressif des engrais organiques (ex : fientes de poules et boues de station d'épuration) sur les têtes de rotation est aussi une source d'explication pour cette diminution.

Par la suite des écarts-types seront calculés à partir des différentes sources de données utilisées pour donner un ordre de grandeur des variations des variables ; fertilisation azotée minérale et fractionnement des apports pour le blé tendre d'hiver.

5 Conclusions et perspectives

La reconstitution de pratiques aussi complexes et diversifiées que les pratiques agricoles est indissociable de la compréhension du contexte dans lequel elles évoluent. Les travaux exploratoires effectués dans la phase V du PIREN-SEINE, nous ont permis d'identifier deux principaux facteurs expliquant l'évolution des usages des intrants agricoles :

1 - Des facteurs internes aux systèmes de culture d'ordre agronomique tels que les paramètres de l'itinéraire technique (effet des densités et dates de semis et du labour sur l'usage des herbicides). Les différences de pratiques du labour et du pilotage de la fertilisation azotée en fonction des précédents du blé peuvent aussi conduire à des différences dans la gestion des intrants. Les résistances de certains bio agresseurs à des familles chimiques sont à l'origine d'une diversification des produits employés. D'autres facteurs agronomiques régissant les pratiques phytosanitaires, déjà identifiés par la littérature scientifique, sont encore à confirmer sur nos données comme les rotations culturales et les variétés utilisées.

2 - Les facteurs externes aux systèmes de culture sont également à prendre en compte. Citons les facteurs réglementaires qui de par, les retraits, les homologations, les restrictions d'usages et de doses des produits commerciaux, contrôlent l'utilisation des intrants. Les usages des intrants sont aussi fortement influencés par un ensemble de facteurs sociaux, tels que les sources de conseils des agriculteurs, le voisinage ou encore les stratégies propres à l'agriculteur. Citons l'exemple des insecticides du maïs qui ont été remplacés par les trichogrammes pour des questions de praticité. La gestion des intrants est également étroitement dépendante des facteurs économiques et en particulier des prix des produits et des cultures. Les facteurs géographiques, comme l'influence du paysage sur la culture, peuvent aussi générer des différences dans les traitements. Prenons l'exemple de parcelles voisines à la culture et extérieures à l'exploitation qui peuvent être sources d'adventices. Enfin les facteurs pédoclimatiques, en plus de réguler les populations des bio agresseurs, constituent une source importante d'explication sur l'usage des intrants. Citons les exemples du type de sol qui détermine directement la dose des herbicides racinaires employés et de la pluviométrie qui conditionne les dates d'application de l'isoproturon.

Ces facteurs ne sont pas exhaustifs. Il s'agira par la suite de comprendre et hiérarchiser le poids des différents déterminants expliquant les évolutions d'usages des intrants agricoles afin d'expliquer la diversité des pratiques phytosanitaires, d'identifier les leviers sur lesquels agir dans le cadre du programme Ecophyto 2018 et d'alimenter les méthodes de reconstitution des pratiques agricoles.

Les carnets de plaine constituent aujourd'hui la source de données la plus fiable et la plus complète dont nous disposons pour la reconstitution des pratiques agricoles. Cependant cette démarche d'enquêtes n'est pas envisageable sur des grandes aires géographiques. C'est pourquoi, en l'absence d'un effet de changement d'échelle, ces données pourront être extrapolées à d'autres territoires. En revanche, dans le cas contraire, seuls les déterminants seront transposables. Il s'agira de moduler les pratiques agricoles d'un territoire à un autre type de sol ou à un autre contexte climatique en fonction des différents déterminants observés (ex : relation « sol-dose » pour les herbicides racinaires / relation « dates d'application-pluviométrie » pour l'isoproturon). Contrairement à l'étude des pratiques agricoles, celle des déterminants est plus envisageable sur des grands territoires et donc primordiale pour la suite des travaux.

6 Bibliographie

Blanchoud H, Barriusio E, Tournebize J, Schott C, Tallec G, Habets F, Laverman A, 2008. Projet d'étude de la contamination du continuum sol-nappe-rivière dans le bassin versant de l'Orgeval. Programme PIREN-Seine : Introduction Thème « Pesticides », 1 Thème « PESTICIDES » Introduction générale H. Blanchoud.

Champaux C, 2006. Recours à l'utilisation de pesticides en grandes cultures. Evolution de l'indicateur de fréquence de traitements au travers des enquêtes « pratiques cultures » du SCEES entre 1994 et 2001.

Huet M.C 1997. Coût et faisabilité d'une bonne gestion de l'interculture dans les exploitations agricoles du bassin versant de l'Orgeval, Cemagref.

Nicola L, 2009. Etude des pratiques de désherbage du blé tendre dans le bassin versant de l'Orgeval : caractérisation des pratiques phytosanitaires de 1990 à 2008 et propositions de stratégies alternatives à la lutte chimique. Rapport de stage de master 2 pro « Espace Rural et Environnement »

Nicola L, Schott C, 2010. Etude des pratiques de désherbage du blé tendre d'hiver dans le bassin versant de l'Orgeval de 1990 à 2008. Rapport-PIREN-Seine

Riffard M, Augeard B, Kao C, Andreassian V, Ansart P, et Chaumont C, 2002. Synthèse des recherches effectuées sur le bassin versant de l'Orgeval, affluent du Grand Morin, sur la thématique ruissellement/érosion Etude réalisée par le Cemagref, groupement d'Antony, pour le compte de: Syndicat du Grand Morin Mairie de Crécy-la-Chapelle77580 Crécy-la-Chapelle 1962–2002.