# INDIC'eau

# Un indicateur théorique du risque d'exposition des PPP vers la ressource en eau spécifique au contexte wallon.

Dossier CRA-W 23-02

Guillaume Bergiers, Bastien Durenne, Florence Williscotte et Bruno Huyghebaert (2023). Pôle eau. Unité 7 : sols, eaux et productions intégrées, Département Durabilité, Systèmes et prospectives. Centre wallon de Recherches agronomiques (CRA-W), 5030 Gembloux, Belgique.

# 1. Table des matières

1. Introduction ..... 11
1.1. Contexte ..... 11
1.2. Problématique des pesticides au niveau des masses d'eau de Wallonie ..... 12
1.3. Résumé du projet depuis 2021. ..... 16
2. Méthodologie ..... 18
2.1. Synthèse des réflexions ..... 18
2.2. Les différents types d'indicateurs ..... 20
2.3. Développement de l'indicateur relatif aux masses d'eau ..... 22
a) État de l'art ..... 22
b) Les indicateurs de cause ou d'usage ..... 24
c) Dans le cadre du projet INDIC'eau (2020-2022) ..... 25
d) Collecte des données, obtention des QAC et ISAC'eau ..... 27
e) Calcul de la dose maximale autorisée (DMA) ..... 29
2.4. Pondération et développement de l'indicateur ESO ..... 31
a) Indices de lixiviation ..... 31
b) Paramètres physico-chimiques de l'indice de lixiviation « M.leach » ..... 33
c) Le temps de demi-vie (DT50 au champ) ..... 34
d) Coefficient d'adsorption au sol ..... 36
e) La solubilité dans l'eau à 20°C ..... 37
f) Transformation du M. Leach et risque ESO ..... 38
g) Valeurs de l'indice de lixiviation et des paramètres ..... 39
2.5. Pondération et développement de l'indicateur ESU ..... 41
3. Résultats ..... 45
3.1. Carte d'identité des s.a. d'INDIC'eau ..... 46
3.2. Analyse des données INDIC'eau dans le cas des captages. ..... 63
a) Culture de la betterave sucrière ..... 65
b) Culture de maïs ..... 71
c) Culture de la pomme de terre ..... 77
d) Discussion au niveau d'INDIC'eau pour les captages ..... 84
3.3. Analyse des données récoltées dans le cadre du SSA. ..... 85
a) Culture de la betterave sucrière ..... 85
b) Culture de colza d'hiver et navettes ..... 92
c) Culture du maïs ..... 98
3.4. Valeurs seuils d'ISAC'eau ..... 104

a) Culture de la betterave sucrière ..... 105
b) Culture de colza d'hiver et navettes ..... 107
c) Culture du maïs ..... 109
3.5. Autres cultures suivies au niveau du SSA ..... 111
a) Culture de froment d'hiver ..... 111
b) Culture de pomme de terre ..... 113
3.6. Automatisation du calcul d'INDIC'eau ..... 114
a) Cadre d'utilisation de l'outil automatisé INDIC'eau 2.0 ..... 114
b) Tutoriel de l'outil ..... 115
c) Exemple d'utilisation de l'outil automatisé ..... 122
4. Discussion et perspectives INDIC'eau 3.0 ..... 125
5. Références bibliographiques ..... 127
6. Annexes ..... 129
6.1 Couleurs des s.a. pour les graphiques ISAC ou ISAC'eau ..... 129

**Liste des figures**

Figure 1 : État des masses d'eau souterraine et force motrice de la dégradation (SPW, 2022). ... 11

Figure 2 : Teneurs en pesticides dans les eaux souterraines (depuis janvier 2006 ; réseaux DCE et additionnel) (SPW, 2022). ... 12

Figure 3 : Impact des pesticides sur la production d'eau potable à partir d'eau souterraine (SPW, 2021) ... 13

Figure 4 : Réseau de surveillance de l'état des masses d'eau souterraine (SPW, 2022). ... 14

Figure 5 : Indice de qualité pour les pesticides sur le réseau DCE 2012-2016 (SPW, 2020). ... 15

Figure 6 : Indice de qualité pour les pesticides sur le réseau DCE 2015-2019 (SPW, 2024). ... 15

Figure 7 : Précision de différentes méthodes d'évaluation des risques environnementaux des pesticides en fonction de leur faisabilité (Mamy *et al*. 2008). ... 20

Figure 8 : Liste des 46 indicateurs répertoriés dans le projet GUIDE (Keichinger *et al*., 2013). ... 22

Figure 9 : Présentation synthétique du mode de calcul des indicateurs évalués dans le projet EQUIPE. ... 23

Figure 10 : Méthodologie du calcul de l'IFT exploitant (Service Agriculture du Gouvernement Français, 2018). ... 24

Figure 11 : Base de données permettant par produit commercial d'obtenir la formulation et la composition en substances actives. ... 26

Figure 12 : Exemple de fichier pour l'encodage des données dans INDIC'eau. ... 28

Figure 13 : Exemple de la dernière version du fichier pour l'encodage des données à partir de 2021. ... 28

Figure 14 : Exemple d'encodage de données dans le cadre d'INDIC'eau au niveau d'un centre d'action de PROTECT'eau. ... 29

Figure 15 : Extrait de la page 51 du document « Conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance Aclonifen, European Food Safety Authority, 2008 » https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2008.149r ... 35

*Figure 16: Carte représentant les différentes zones climatiques considérées par l'EPPO https://www.eppo.int/media/uploaded_images/ACTIVITIES/plant_protect_products/zonal_assessment/EPPO_zonal_maps.pdf* ... 36

Figure 17 : Extrait de la page 52 du document « Conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance Aclonifen, European Food Safety Authority, 2008 » https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2008.149r ... 37

Figure 18 : Extrait de la page 36 du document « Conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance Aclonifen, European Food Safety Authority, 2008 » https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2008.149r ... 38

Figure 19 : Échelle de valeur des indices de lixiviation des substances actives de la liste négative. Les molécules avec le plus haut score (à droite) sont les molécules présentant un risque théorique plus élevé de lixiviation. ... 40

Figure 20 : Diagramme représentant les molécules en fonction de leur risque théorique pour les eaux de surface. Les couleurs indiquent le niveau de risque ou d'attention à porter lors de leur

application (rouge : très élevé, orange : élevé, jaune : moyen). Cette classification est basée sur « l'inverse » du risque ESO avec avis d'expert.... 43
Figure 21 : ISAC'eau pour la culture de la betterave sucrière.... 66
Figure 22 : CPP des parcelles de betteraves sucrières.... 68
Figure 23 : ISAC'eau des différents scenarios en betterave sucrière.... 70
Figure 24 : CPP extrapolée à la surface moyenne en betterave sucrière sur la ZAC (89ha).... 70
Figure 25 : ISAC'eau pour la culture de maïs.... 72
Figure 26 : CPP des parcelles de maïs.... 74
Figure 27 : ISAC'eau des différents scénarios en maïs.... 76
Figure 28 : CPP extrapolée à la surface moyenne en maïs sur la ZAC (50,6 ha).... 76
Figure 29 : ISAC'eau pour la culture de pomme de terre.... 78
Figure 30 : CPP des parcelles de pommes de terre.... 80
Figure 31 : ISAC'eau des différents scénarios en pomme de terre.... 82
Figure 32 : CPP extrapolée à la surface moyenne en pomme de terre sur la ZAC (74,1 ha).... 82
Figure 33 : Protocole et efficacité du désherbage mécanique. En bleu les traitements chimiques, en vert les passages mécaniques et en orange les passages avec la désherbineuse (Source : FAR MEMO 2022, IRBAB).... 86
Figure 34 : ISAC des itinéraires de désherbage en culture de betterave sucrière.... 87
Figure 35 : ISAC'eau des itinéraires de désherbage en culture de betterave sucrière.... 88
Figure 36 : Score INDIC'eau des itinéraires de désherbage en culture de betterave sucrière.... 89
Figure 37 : QAC (g/ha) des itinéraires en betteraves sucrières.... 90
Figure 38 : CPP (g) des parcelles de betteraves sucrières du réseau SSA.... 91
Figure 39 : ISAC des itinéraires de désherbage en culture de colza.... 93
Figure 40 : ISAC'eau des itinéraires de désherbage en culture de colza.... 94
Figure 41 : Score INDIC'eau des itinéraires de désherbage en culture de colza.... 95
Figure 42 : Quantité de substance active (QAC (g/ha) des itinéraires en culture de colza.... 96
Figure 43 : CPP (g) des parcelles de colza du réseau SSA.... 97
Figure 44 : ISAC des itinéraires de désherbage en culture de maïs.... 99
Figure 45 : ISAC'eau des itinéraires de désherbage en culture de maïs.... 100
Figure 46 : Score INDIC'eau des itinéraires de désherbage en culture de maïs.... 101
Figure 47 : QAC (g/ha) des itinéraires en culture de maïs.... 102
Figure 48 : CPP (g) des parcelles de maïs du réseau SSA.... 103
Figure 49 : Exemple de réduction d'ISAC'eau par rapport au maximum autorisé.... 105
Figure 50 : ISAC'eau des parcelles de betteraves sucrières du réseau SSA et de centres d'actions de PROTECT'eau, avec trois seuils : les percentiles 90, 50 et 25.... 106

Figure 51 : ISAC'eau des parcelles de colza du réseau SSA et de centres d'actions de PROTECT'eau, avec trois seuils : les percentiles 90, 50 et 25. ..... 108

Figure 52 : ISAC'eau des parcelles de maïs du réseau SSA et de centres d'actions de PROTECT'eau, avec trois seuils : les percentiles 90, 50 et 25. ..... 110

Figure 53 : ISAC et valeurs seuils en froment d'hiver du réseau SSA ..... 112

Figure 54 : ISAC et valeurs seuils en culture de pommes de terre du réseau SSA. ..... 113

Figure 55 : Capture d'écran montrant l'icône de l'application sur laquelle il faut cliquer. ..... 116

Figure 56 : Fenêtre de l'application à l'ouverture ne nécessitant pas d'interaction. ..... 116

Figure 57 : Interface de l'outil automatisé. ..... 117

Figure 58 : Liste des produits commerciaux de l'outil. ..... 118

Figure 59 : Liste des cultures de l'outil. ..... 118

Figure 60 : Fenêtre vous permettant de sauvegarder votre fichier. ..... 119

Figure 61 : Capture d'écran de l'outil automatisé INDIC'eau. La colonne « Produit commercial » sert à sélectionner le produit appliqué. La colonne « Dose hectare (l ou Kg/ha) » sert à introduire la dose du produit. La colonne « Culture » sert à sélectionner la culture sur laquelle le produit est appliqué. La colonne « Parcelle » sert à indiquer le nom de la parcelle de l'agriculteur. La colonne « Surface parcelle (ha) » sert à indiquer la surface de la parcelle en hectare. La colonne « Date application » sert à indiquer la date de l'application. ..... 122

Figure 62 : Capture d'écran du ficher de sortie du programme automatisé INDIC'eau. ..... 123

Figure 63 : Capture d'écran du ficher de sortie du programme automatisé INDIC'eau (feuille 2) ..... 124

Figure 64 : Graphique des ISAC'eau de l'exemple en pommes de terre. ..... 124

**Liste des tableaux**

Tableau 1 : classification selon le code couleur des substances actives reprises dans INDIC'eau en fonction du risque théorique moyen, élevé ou très élevé de transfert vers les eaux de surface (ESU). ..... 19

Tableau 2 : Liste de substances actives ayant un impact potentiel sur la ressource en eau (ESO: eaux souterraines et ESU: eaux de surface) ..... 26

Tableau 3 : Tableau présentant tous les indices de lixiviation de la littérature scientifique. ..... 32

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des valeurs des paramètres pour chaque substance actives ainsi que l'indice de lixiviation obtenu. ..... 39

Tableau 5 : Ce tableau présente les substances actives avec leurs indices de lixiviation respectifs et classés par ordre décroissant ..... 40

Tableau 6: Tableau récapitulatif des valeurs des paramètres pour chaque substance actives ainsi que de l'indice théorique de risque pour les eaux de surface (ESU) obtenu. ..... 42

Tableau 7 : Tableau présentant les substances actives avec leur indice correspondant de risque ESU classées par ordre décroissant (du risque théorique le plus élevée pour les ESU vers le moins élevé). ..... 43

Tableau 8 : Carte d'identité des substances actives (Partie 1). ..... 46

Tableau 9 : Carte d'identité des substances actives (Partie 2). ..... 48

Tableau 10 : Carte d'identité des substances actives (Partie 3). ..... 49

Tableau 11 : Carte d'identité des substances actives (Partie 4). ..... 52

Tableau 12 : Carte d'identité des substances actives (Partie 5). ..... 54

Tableau 13 : Carte d'identité des substances actives (Partie 6). ..... 56

Tableau 14 : Carte d'identité des substances actives (Partie 7). ..... 57

Tableau 15 : Carte d'identité des substances actives (Partie 8). ..... 59

Tableau 16 : Carte d'identité des substances actives (Partie 9). ..... 61

Tableau 17 : DMA des différentes s.a. des schémas de désherbage en culture de betterave sucrière. ..... 65

Tableau 18 : Calculs des ISAC moyen par s.a. pour chaque scénario pour la culture de la betterave sucrière. ..... 69

Tableau 19 : DMA des différentes s.a. actives des schémas de désherbage en culture de maïs. ..... 71

Tableau 20 : Calculs des ISAC moyen par s.a. pour chaque scénario en culture de maïs. ..... 75

Tableau 21 : DMA des différentes s.a. actives des schémas de désherbage en culture de pommes de terre. ..... 77

Tableau 22 : Calculs des ISAC moyen par s.a. pour chaque scénario en culture de pommes de terre. ..... 81

Tableau 23 : Statistiques des itinéraires en culture de betterave sucrière. ..... 105

Tableau 24 : Statistiques des itinéraires en culture de colza ..... 107

Tableau 25 : Statistiques des itinéraires en culture de maïs ..... 109

# Liste des abréviations

| Abréviation | Signification |
|---|---|
| ANSES | Agence national de sécurité sanitaire |
| CDP'eau | Cellule Diagnostic Pesticide dans les Eaux |
| CPP | Charge de Pression Potentielle |
| CRA-W | Centre wallon de Recherches agronomiques |
| DCE | Directive cadre sur l'eau |
| DMA | Dose maximale autorisée |
| DT50 | Temps de demi-vie |
| EFSA | European food safety agency |
| EPPO | European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). |
| ESO | Eaux souterraines |
| ESU | Eaux de surface |
| FADN | Farm accountancy data network |
| g/ha | gramme par hectare |
| g/l | gramme par litre |
| GUS | Groundwater Ubiquity Score |
| IFT | Indicateur de fréquence de traitement |
| IFT-MA | Indicateur de fréquence de traitement par matière active |
| INRA | Institut National de la Recherche Agronomique |
| IRSTEA | Institut de la recherche en sciences et technologie pour l'environnement et l'agriculture |
| ISA | Indice de substance active |
| ISAC | Indice de substances actives par culture |
| ISAC'eau | Indice de substances actives de la liste INDIC'eau par culture |
| ISSeP | Institut Scientifique de Service Public |
| kg | Kilogramme |
| l | litre |

| | |
|---|---|
| l/ha | litre par hectare |
| log10 | logarithme à base 10 |
| NAPAN | Nationaal Actie Plan d'Action National |
| OC | Organic carbon |
| pH | potentiel hydrogène |
| PLI | Pesticide Load Indicator |
| PPDB | Pesticide Properties DataBase |
| PPP | Produits Phytopharmaceutiques |
| PRIBEL | Pesticide Risk Indicator for Belgium |
| QAaC | Quantité Appliquées d'adjuvant par culture |
| QAC | Quantités appliquées par culture |
| QAfC | Quantité Appliquées de fongicides par culture |
| QAhC | Quantité Appliquées d'herbicides par culture |
| QAiC | Quantité Appliquées d'insecticides par culture |
| QArC | Quantité Appliquées de régulateurs par culture |
| QSA | quantitative des substances actives appliquées |
| s.a. | substance active |
| SPF | Service Public Fédéral |
| SPW | Service Public de Wallonie |
| UE | Union Européenne |
| ZAC | Zone d'Alimentation du Captage |
| ZCC | Zone Contrat Captage |

# 1. Introduction

## 1.1. Contexte

La Directive européenne 2009/128/CE instaure aux états membres un cadre d'action communautaire pour parvenir à une utilisation raisonnée des pesticides (herbicides, fongicides et insecticides) afin d'assurer une compatibilité avec le développement durable et une préservation de l'environnement. Au niveau fédéral, la rédaction et la réalisation du plan d'action national NAPAN (Nationaal Actie Plan d'Action National) constituent le point central de l'application de cette directive. D'un point de vue régional, via la deuxième version du programme wallon de réduction des pesticides (PWRPII 2018-2022), la Wallonie s'engage clairement dans une politique forte de prévention en vue de limiter l'impact des pesticides sur l'environnement et la santé humaine.

L'utilisation des produits phytopharmaceutiques (PPP) a contribué fortement à l'intensification de l'agriculture et à l'augmentation de la production agricole, mais a également engendré une contamination de l'environnement par la diffusion de résidus de pesticides notamment (Figure 1). Parmi les différents compartiments environnementaux, la ressource en eau (souterraine et de surface) fait l'objet d'une attention particulière car la pression sur l'eau potable est de plus en plus accrue. Le suivi de l'état chimique des différentes masses d'eau de surface (constitutives des bassins hydrographiques) et l'analyse récente de l'état patrimonial des eaux souterraines montrent depuis un certain nombre d'années des contaminations en PPP au niveau wallon.

La problématique des PPP n'atteint pas l'ampleur de celle des nitrates mais très souvent, le dépassement de la norme de potabilité comporte des pics de concentration et se solde par l'abandon du captage ou, lorsque celui-ci est stratégique, par l'installation d'un traitement par adsorption sur charbon actif. Pour rappel, pour les eaux souterraines et les eaux potabilisables, la norme à ne pas dépasser est de 0,1 µg par litre d'eau (1g/10.000 $m^3$) pour chacune des substances actives détectées et quantifiées et de 0,5 µg par litre d'eau pour la somme de ces substances.

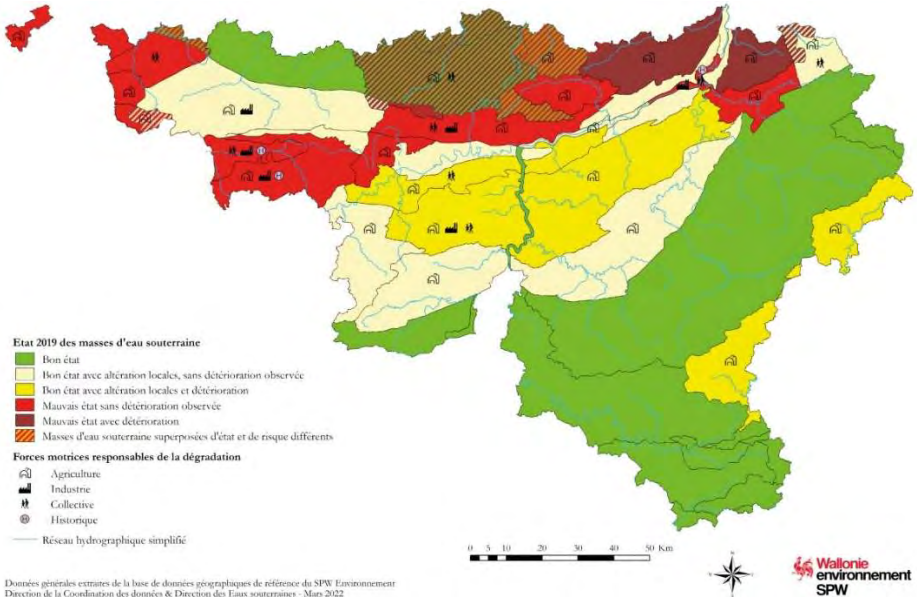



Figure 1 : État des masses d'eau souterraine et force motrice de la dégradation (SPW, 2022).

Dans cette optique, le projet INDIC'eau a pour but le développement et la mise en place d'un indicateur de risque de transfert des produits phytopharmaceutiques vers la ressource en eau (souterraine et de surface). Au niveau régional, cet indicateur pourrait être déterminé pour un ensemble de parcelles, une exploitation agricole ou un territoire et comparé à une valeur de référence ou historique. Au niveau du cultivateur, il devrait permettre d'évaluer les progrès en termes de réduction de l'utilisation des PPP et également de situer ses pratiques au regard de celles du territoire afin d'identifier les améliorations possibles. INDIC'eau par définition constitue un outil d'encadrement destiné aux centres d'actions de PROTECT'eau et aux agriculteurs partenaires ; et non un moyen de contrôle.

## 1.2. Problématique des pesticides au niveau des masses d'eau de Wallonie

Ce sont les herbicides qui sont responsables de la majorité des problèmes posés aux producteurs d'eau potable (Figure 2), qu'ils soient d'usage agricole ou non et certaines substances désormais interdites sont cependant persistantes au niveau des masses d'eau souterraine. Par exemple, l'atrazine (utilisée principalement en culture du maïs) est interdite depuis septembre 2004 mais cette substance active et ses métabolites associés (dont la désethylatrazine) restent parmi les molécules les plus fréquemment retrouvées.

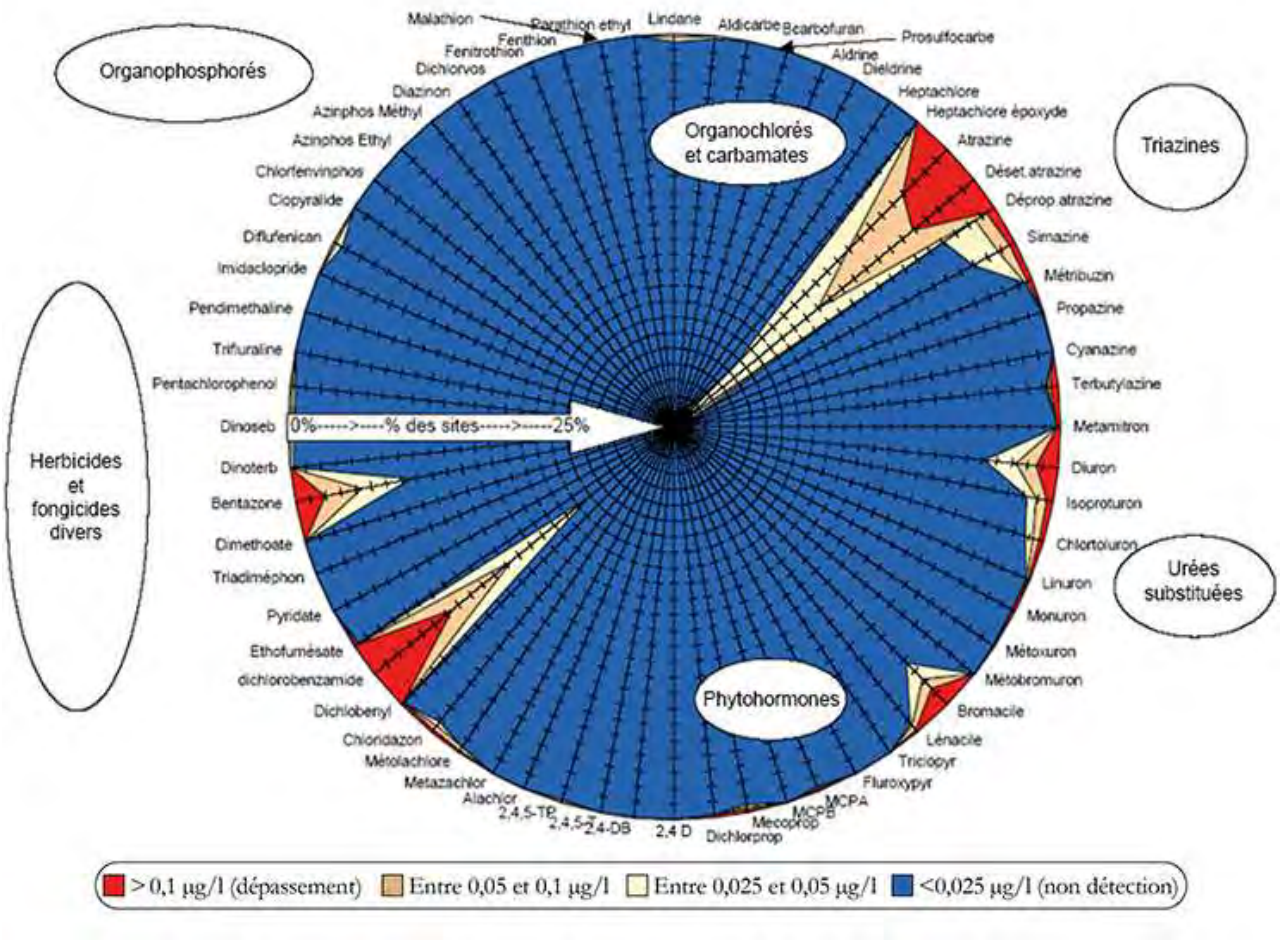



Figure 2 : Teneurs en pesticides dans les eaux souterraines (depuis janvier 2006 ; réseaux DCE et additionnel) (SPW, 2022).

A l'échelon national ou européen, de plus en plus de captages sont pollués par des contaminations relatives aux PPP et notamment au niveau régional (Figure 3), avec une grande proportion d'herbicides utilisés dans les stratégies de désherbage chimique de différentes cultures regroupant pour la majorité, les céréales, la betterave, la pomme de terre, le maïs et le colza.

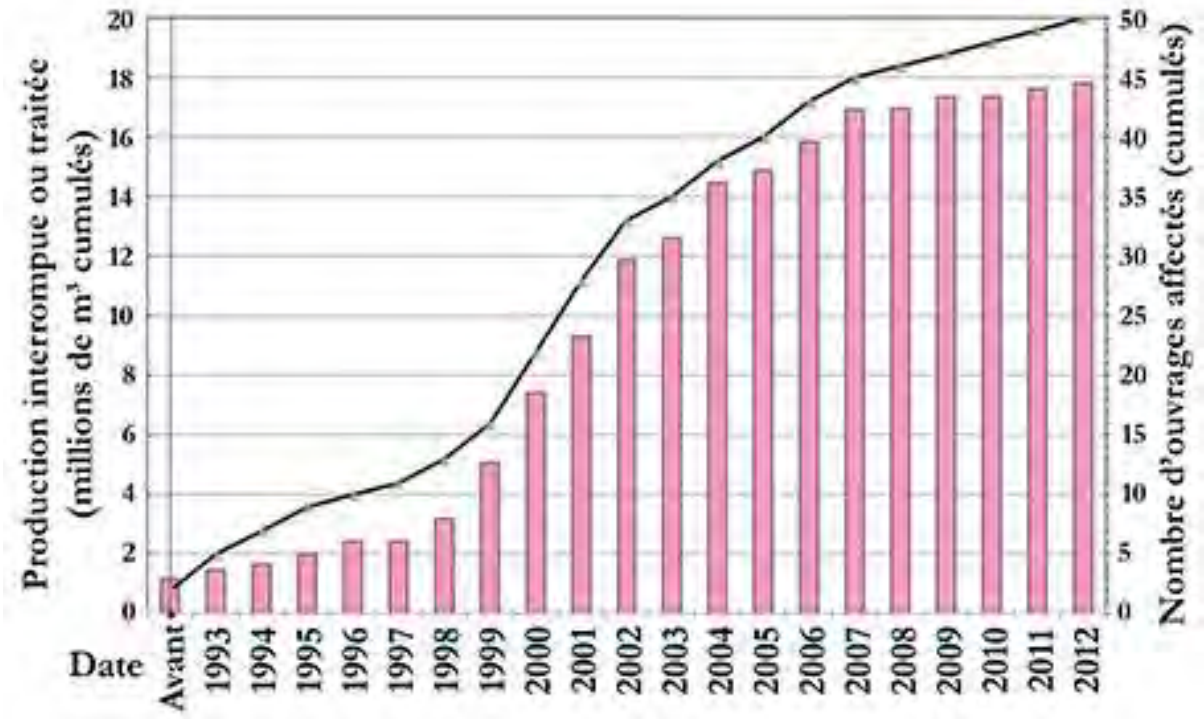



Figure 3 : Impact des pesticides sur la production d'eau potable à partir d'eau souterraine (SPW, 2021)

L'objectif d'INDIC'eau est de développer *in fine* un indicateur de risque de transfert/d'exposition des PPP vers la ressource en eau. Cet indicateur pourrait être déterminé pour un ensemble de parcelles, une exploitation ou un territoire et comparé à une valeur de référence ou historique. Il pourrait être utilisé pour appuyer la mise en œuvre de politiques publiques, mais aussi en faveur de l'exploitant agricole.

Le réseau wallon de surveillance de l'état chimique des eaux souterraines compte environ 400 sites de contrôle dont environ 50 % sont gérés par les producteurs d'eau (Figure 4). Bon nombre de pesticides, y compris certaines substances actives dont l'usage est aujourd'hui interdit, sont recherchés dans les eaux souterraines destinées à la consommation humaine.

Des limites maximales admissibles dans les eaux de surface sont également édictées dans le Livre 2 du code de l'environnement contenant le Code de l'Eau pour se conformer à la Directive Cadre Eau (Dir. 2000/60).

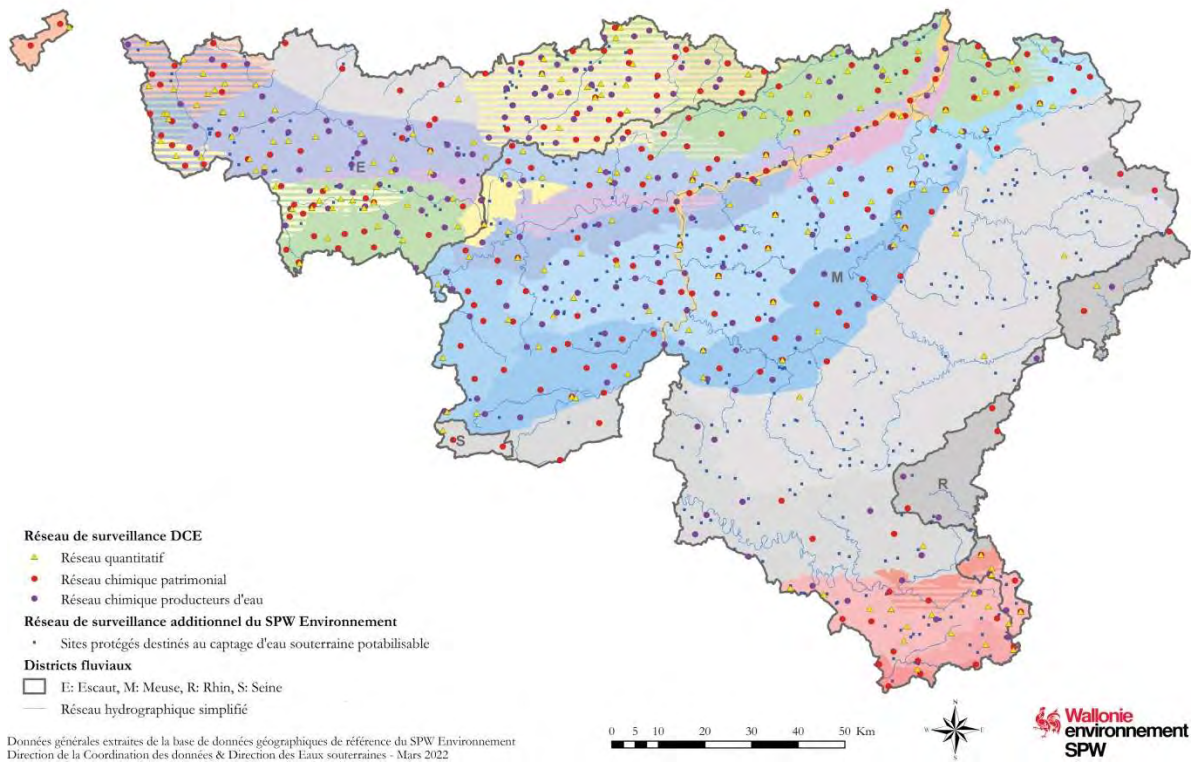



Figure 4 : Réseau de surveillance de l'état des masses d'eau souterraine (SPW, 2022).

Bon nombre de pesticides, y compris certaines substances actives dont l'usage est aujourd'hui interdit, sont retrouvées au niveau de la ressource en eau (souterraine et de surface). Le réseau wallon de surveillance (DCE) de l'état chimique des eaux souterraines compte environ 400 sites de contrôle dont environ 50 % sont gérés par les producteurs d'eau.

Ce sont les herbicides racinaires qui sont principalement responsables de la majorité des problèmes posés aux producteurs d'eau potable (Figure 5). Les herbicides contaminent également les eaux de surface par érosion et/ou ruissellement, tout comme la cyperméthrine, un insecticide impliqué principalement au niveau de problèmes de dérive lors de la pulvérisation.

Les herbicides les plus impactant pour les eaux souterraines sont repris dans l'indice de qualité pour les pesticides sur le réseau. Ces données sont disponibles pour 2012-2016 DCE. (Figure 5) et 2015-2019 (Figure 6) au niveau des rapports de l'état des nappes d'eau souterraine de la Wallonie (portail de l'État de l'Environnement Wallon).

On retrouve, de manière non exhaustive, l'atrazine (interdite), le chlortoluron, la bentazone, le bromacile (interdit), la simazine (interdite), les métabolites du S-métolachlore, le métazachlore, le MCPA et la terbuthylazine.

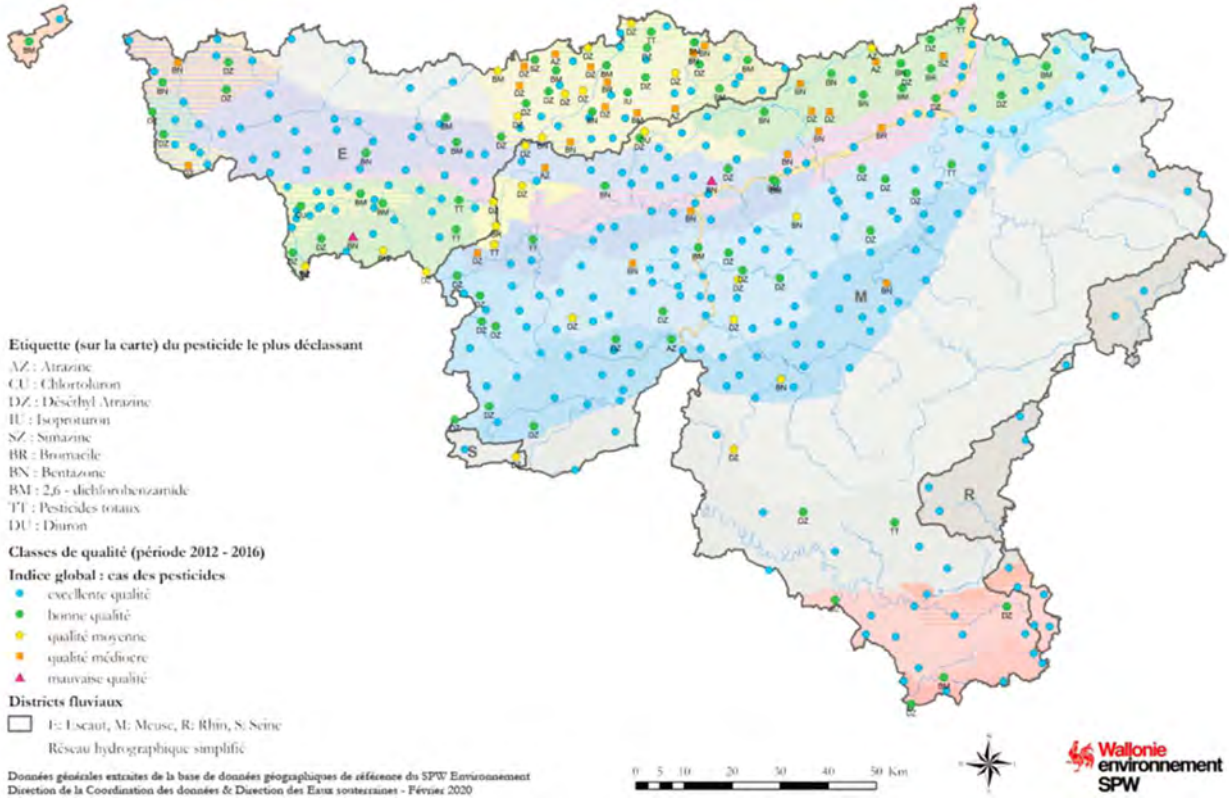



Figure 5 : Indice de qualité pour les pesticides sur le réseau DCE 2012-2016 (SPW, 2020).

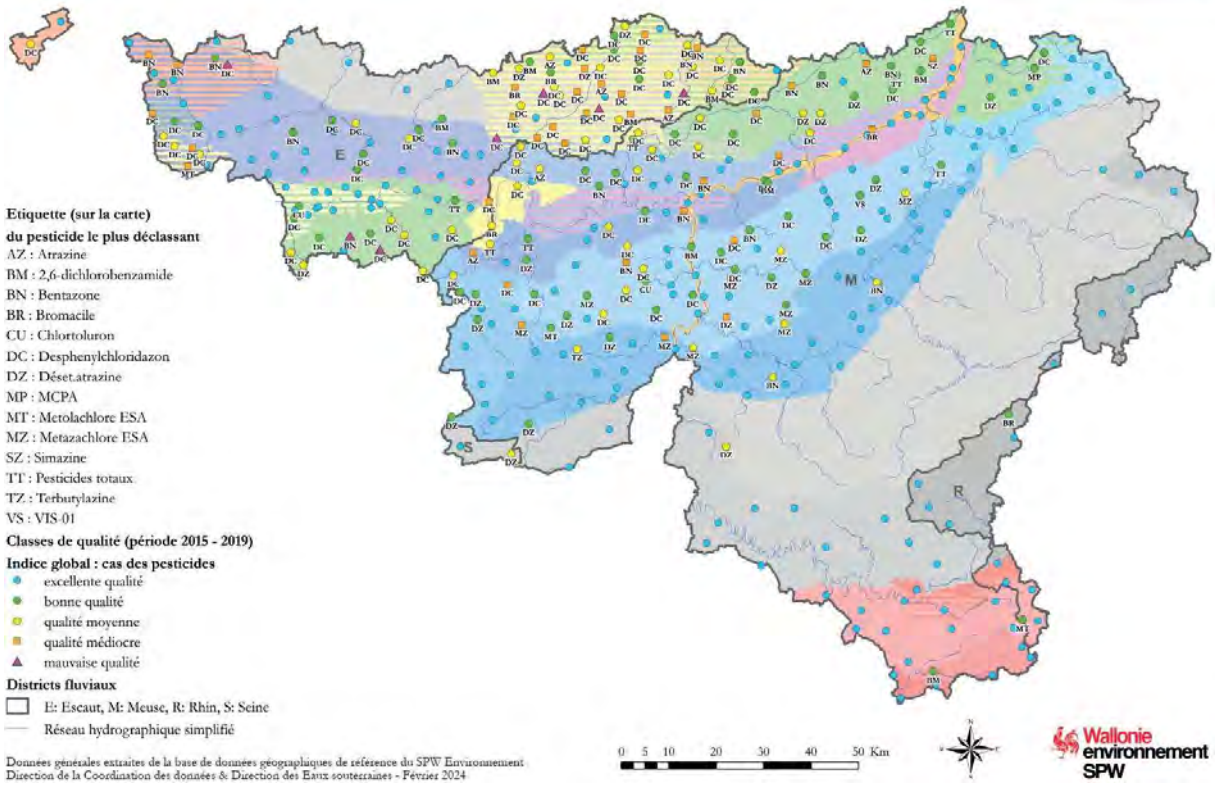



Figure 6 : Indice de qualité pour les pesticides sur le réseau DCE 2015-2019 (SPW, 2024).

## 1.3. Résumé du projet depuis 2021.

### a) Phase pilote 2021-2022

D'un point de vue régional, la Wallonie s'est engagée dans une politique forte de prévention en vue de limiter l'impact des produits phytopharmaceutiques (PPP) sur l'environnement et la santé humaine. L'utilisation des pesticides a contribué fortement à l'intensification de l'agriculture et à l'augmentation de la production agricole, mais a également engendré une contamination de l'environnement par la diffusion de résidus de substances actives (s.a.) et/ou de leurs métabolites associés (Le Bellec *et al.*, 2015).

Parmi les différents compartiments environnementaux, la ressource en eau fait l'objet d'une attention particulière en Wallonie et notamment, au niveau de la protection des captages pour la production d'eau potable. Dans ce contexte, l'objectif d'INDIC'eau a été de développer, en partenariat avec l'association sans but lucratif (asbl) PROTECT'eau, un indicateur de risque de transfert/d'exposition des PPP vers la ressource en eau, qui soit spécifique et applicable au contexte des exploitations agricoles wallonnes, ceci à partir des données récoltées d'usage de PPP pour l'année culturale 2020-2021 pour la phase pilote. Les différents points ont été réalisés selon la méthode décrite ci-dessous:

- Mise en place expérimentale de l'indicateur en partenariat avec les responsables des différents centres de PROTECT'eau et la cellule phyto.

- Collecte des données, calcul, validation et suivi de l'indicateur au sein des exploitations et retour aux agriculteurs partenaires.

Méthode – mise en œuvre :

1) Suivi et accompagnement des conseillers en partenariat avec les responsables de centre pour la récolte des données et analyse des QAC pour ensuite calculer l'ISAC'eau pour chaque exploitation partenaire.

2) Développement à partir de l'indice ISAC'eau obtenu pour chaque exploitation à partir de la liste de l'indicateur correspondant au risque pour les masses d'eau et application de celui-ci au sein des exploitations participantes.

3) Interprétation des résultats avec les différents centres de PROTECT'eau concernés, amélioration de l'outil, et retour aux agriculteurs en partenariat avec la cellule communication (réunions, animation-débats, phytolicences…), en vue du suivi de l'indicateur à long terme.

Pour sensibiliser les agriculteurs à la prévention des contaminations des masses d'eau par les PPP, INDIC'eau se fonde sur une analyse des produits commerciaux appliqués. Leur sensibilité à l'infiltration et au ruissellement est aussi prise en compte via les paramètres physico-chimiques caractéristiques de chaque substance active que les pesticides peuvent contenir. En combinant un indice de traitement dédié aux pesticides problématiques pour la ressource en eau (ISAC'eau) à un code couleur pour les eaux de surface (ESU) et via une pondération par un indice de lixiviation développé en interne à partir du LEACH modifié (M.LEACH) pour les eaux souterraines (ESO), l'outil dans son ensemble permet l'estimation théorique de l'impact des pesticides au niveau ESU et ESO respectivement.

De plus, il promeut également, sur base de l'analyse objective des usages des s.a. problématiques au niveau de l'exploitation, la mise en place d'alternatives afin de diminuer (substitutions chimiques) le transfert potentiel des PPP vers la ressource en eau voir même de le supprimer (désherbage mécanique).

### b) Réseau SSA 2023

L'objectif à partir de 2023 était pluriel, à savoir, suivre l'indicateur de risque d'exposition des PPP vers la ressource en eau sur le long terme au niveau des fermes du Survey Surfaces Agricoles (SSA), qui une fois mobilisées par le CRA-W se sont montrées intéressées. L'étendue du territoire correspond en majorité à la RW. L'idée étant à plus long terme de pouvoir définir des valeurs historiques et/ou de référence grâce notamment au suivi via la mise en place d'un réseau d'exploitations correspondant au SSA nitrate. Celui-ci peut également être complété par les données collectées concernant INDIC'eau au niveau des centres d'action PROTECT'eau.

Il s'agit donc d'un observatoire anonymisé des pulvérisations réalisées au sein du réseau SSA (avec aussi des données issues des centres) : choix des PPP, techniques de pulvérisation, méthodes de travail (suivi ou pas par un phytoman, visites du parcellaire), collecte de métadonnées (adventices clés, cibles particulières…). Les données récoltées par les centres permettent la prise en compte de la notion de pression en PPP par exploitation, avec une estimation de la quantité de substances actives sur le nombre d'hectares concernés : la CPP (charge de pression potentielle), et ce, notamment au travers du suivi dans les contrats captage.

Les DMA ont été définies depuis 2021 et déjà adaptées le cas échéant. Avec une surveillance continue de celles-ci à partir des infos communiquées par Phytoweb et l'asbl Corder. L'analyse des données de pulvérisation provenant des agriculteurs partenaires identifiés au sein du réseau SSA et celles fournies par les centres d'action de PROTECT'eau (Huy, Libramont, Marquain et essentiellement Philipeville) a permis de proposer pour ce rapport une grille non exhaustive de lecture et d'interprétation de cette première série de données triennales (2021-2022-2023). Un premier traitement de celles-ci a permis de dégager les tendances et les différents itinéraires par culture en fonction des métadonnées et en déduire de la manière la plus opportune des seuils (bas et haut) caractérisant ceux qui pourraient être potentiellement les plus appropriés pour la ressource en eau.

Il est évident qu'un échange avec les agriculteurs ou les centres d'action ayant fourni des données est primordial en vue de bien interpréter et de poursuivre le travail dans le cadre de l'encadrement. L'exploitation des ISAC'eau à disposition est d'autant plus significatif au vue des données disponibles par culture et ceci aussi pour établir des valeurs seuils annuelles et en fonction de la poursuite de la collecte des données, de facto des valeurs historiques (n-1). Tous ces indicateurs et valeurs chiffrées par culture doivent être interprétés en fonction des conditions climatiques et du parcellaire agricole de l'année culturale (exemple de la régionalité avec haut rendement en fonction de la spéculation). Il est prévu en 2024 au niveau de l'asbl PROTECT'eau de réaliser une septantaine de diagnostics en ferme, à partir de l'outil automatisé INDIC'eau 2.0.

# 2. Méthodologie

## 2.1. Synthèse des réflexions

Pour cibler spécifiquement la protection de la ressource en eau et afin de rationaliser le temps de travail dédié à la récolte des données d'applications des pesticides utilisés au niveau des exploitations partenaires, une liste négative des substances actives a été établie. Elle est composée majoritairement d'herbicides qui peuvent être appliqués dans les principales cultures en Région wallonne (Belgique) et qui présentent un impact avéré au niveau des eaux souterraines et des eaux de surface.

On retrouve les molécules suivantes : mécoprop-p, 2.4-D, bentazone, MCPA, métribuzine, métamitrone, diméthénamide-P, métazachlore, chloridazon, métobromuron, S-métolachlore, éthofumésate, flufénacet, terbuthylazine, chlortoluron, lénacile, prosulfocarbe, aclonifen, bifénox, pendiméthaline, diflufénican et la cyperméthrine. L'usage du chloridazon n'est plus autorisé en Belgique depuis le 30-06-2021 et n'est donc pas repris dans l'indicateur. Les données parcellaires avec les doses à l'hectare sont ainsi récoltées par exploitation dans un fichier Excel simplifié reprenant via un menu déroulant les produits commerciaux incluant une ou plusieurs s.a. problématiques précitées, pour ensuite être validées avant analyse et interprétation.

Ces données ont été collectées par les équipes des antennes locales de PROTECT'eau qui sont réparties sur l'ensemble du territoire wallon. Les doses à l'hectare de PPP ont permis de calculer les Quantités de substances actives Appliquées par Culture (QAC) qui sont donc définies à l'hectare (g/ha), ceci après décomposition de chaque produit commercial sur base de sa formulation.

QAC (Quantités Appliquées par Culture) : représente la somme des s.a. considérées à l'hectare par culture (s'exprimant en g/ha)

Afin d'éviter l'écueil de l'Indicateur de Fréquence de Traitement (IFT) développé en France (Guichard *et al.*, 2017) et basé sur les produits commerciaux, l'ISAC a été mis en place et correspond à un Indice de Substances Actives par Culture en tant qu'indicateur d'usage des PPP non biaisé (Durenne *et al.*, 2021, Bergiers *et al.*, 2023).

Concrètement, l'ISAC est égal aux QAC divisées par la DMA correspondante, à savoir la dose maximale autorisée par s.a. à l'hectare (g/ha) pour la culture en question. Cette étape normalise les traitements de manière similaire à un IFT basé sur les substances actives. Chaque DMA doit être validée pour chaque s.a. en fonction de la culture, en tenant compte de tous les PPP commercialisés au niveau de la Belgique et contenant la s.a. considérée.

ISAC (Indice de Substances Actives par Culture) = QAC/DMA (dose maximale autorisée de s.a. à l'hectare par culture en g/ha)

En restreignant le calcul de l'ISAC aux molécules de la liste négative, un ISAC'eau est obtenu et permet aisément une comparaison entre les différents itinéraires techniques réalisés par les agriculteurs regroupés sous des conditions régionales pédoclimatiques et phytotechniques similaires. On obtient ainsi de manière anonyme et indépendante de la taille de l'exploitation, une valeur objective permettant de quantifier le recours aux pesticides potentiellement problématiques pour la ressource en eau. Et enfin, on peut comparer de façon non biaisée, pour l'année culturale en question, les schémas de traitements choisis par les différents agriculteurs.

Afin d'avoir une estimation du risque de transfert des PPP vers la ressource en eau, INDIC'eau s'est construit ensuite, après avoir quantifié les usages de PPP problématiques au sein de l'exploitation (ISAC'eau), sur base d'un code couleur en fonction des différentes s.a. renseignées

pour l'estimation du risque eaux de surface (ESU) et en utilisant un score théorique par pondération avec un indice développé d'après le M. Leach pour le risque eaux souterraines (ESO). Une quinzaine d'indices de lixiviation des s.a. vers les eaux souterraines existe en ce qui concerne le risque ESO.

Ceux-ci prennent en considération les paramètres correspondant aux caractéristiques physico-chimiques des molécules (Akay Demir *et al.*, 2019). En comparant les différentes variables impliquées dans chaque indice, le coefficient d'adsorption est majoritairement pris en compte, suivi par le temps de demi-vie (DT50 au champ) et enfin la solubilité dans l'eau à 20°C.

L'indice LEACH modifié (M.LEACH) reprend judicieusement l'ensemble des trois variables pour son calcul. Sur base d'un indice M. LEACH adapté, le risque ESO a été développé en le pondérant avec les ISAC'eau. Les variables utilisées pour l'indice de lixiviation sont contextualisées au niveau wallon et ont été obtenues à partir des données disponibles auprès de l'Autorité Européenne de Sécurité des Aliments (EFSA) et en concordance avec celles de la Pesticide Properties DataBase (PPDB).

Estimer avec un indice le risque ESU n'est pas simple et nécessite une intégration de données géomatiques au niveau parcellaire, ainsi qu'une prise en compte indéniable des conditions météorologiques pendant et après l'application des PPP (Bockstaller *et al.*, 2017). Pour INDIC'eau, le code couleur utilisé par s.a. a été défini sur base d'une relation inverse liée au risque ESO en utilisant les mêmes variables, pour classer les s.a. en fonction de leur risque intrinsèque théorique de transfert vers les eaux de surface et a été validé en s'appuyant sur les données et situations réelles retrouvées au niveau du terrain en Wallonie (avis d'experts).

Le Tableau 1 reprend la classification des trois groupes incluant les différentes s.a. avec leur attribution de la couleur jaune, orange ou rouge en fonction que le risque ESU soit moyen, élevé ou très élevé, respectivement. Il s'agit bien d'une estimation théorique du risque de transfert vers les eaux de surface afin de sensibiliser les agriculteurs à la préservation de la qualité chimique de celles-ci.

Tableau 1 : classification selon le code couleur des substances actives reprises dans INDIC'eau en fonction du risque théorique moyen, élevé ou très élevé de transfert vers les eaux de surface (ESU).

| **Couleur (Risque ESU)** | **Substances actives concernées** |
|---|---|
| Jaune (moyen) | mécoprop-p, 2.4-D, bentazone, MCPA, métribuzine, métamitrone |
| Orange (Elevé) | diméthénamide-P, métazachlore, chloridazon, métobromuron, S-métolachlore, éthofumésate |
| Rouge (Très élevé) | flufénacet, terbuthylazine, chlortoluron, lénacile, prosulfocarbe, aclonifen, bifénox, pendiméthaline, diflufénican, cyperméthrine |

Il est important de préciser qu'en définitive, la contamination effective des eaux de surface par ces s.a. dépendra bien évidemment :

- De l'usage du PPP pour la culture considérée compte tenu des conditions d'application dont les phénomènes de dérive ;
- Des données géopédoclimatiques correspondant à l'emblavement du parcellaire agricole incluant ainsi les facteurs influençant l'érosion et le ruissellement principalement (présence de pente, battance des limons, cultures sarclées…).

## 2.2. Les différents types d'indicateurs

La mesure directe de l'impact des PPP sur l'environnement peut s'avérer onéreuse et particulièrement laborieuse dans le cas des différents compartiments que sont l'eau, le sol et l'air (Figure 7). Il s'agit la plupart du temps d'effectuer des prélèvements pour ensuite les analyser via des techniques de chimie analytique faisant appel par exemple à la chromatographie et à la détection par spectrométrie de masse. De nombreux groupes d'action se sont dès lors orientés vers le développement d'indices, une série prenant notamment en compte les caractéristiques physico-chimiques des substances actives (s.a.) au niveau du transfert de celles-ci vers les nappes phréatiques (Akay Demir *et al.*, 2019).

Quelle que soit l'échelle considérée (régionale, nationale ou européenne), de nombreux indicateurs ont ainsi été développés combinant de manière partielle ou totale la notion d'utilisation de pesticides (quantités appliquées *in situ* ou vendues) et celle du risque (découlant de l'exposition à une molécule pondérée par sa dangerosité) pour la santé humaine et/ou l'environnement.

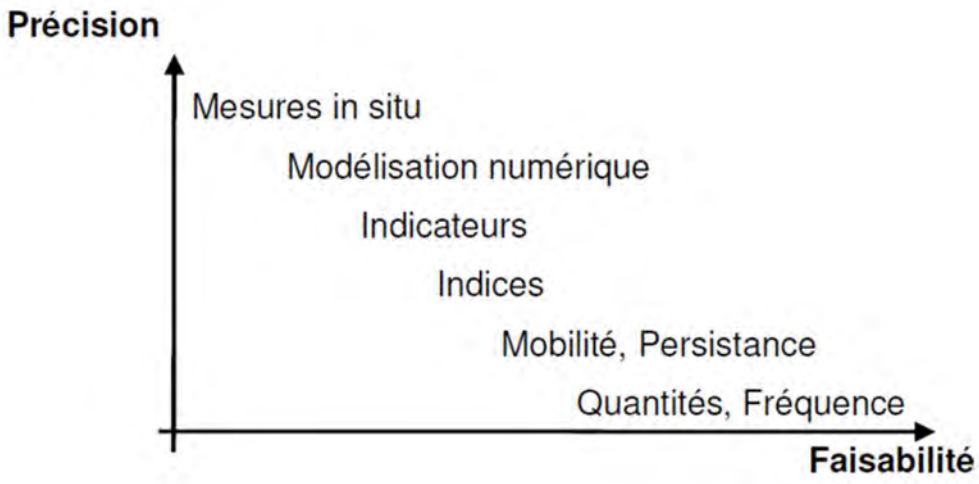



Figure 7 : Précision de différentes méthodes d'évaluation des risques environnementaux des pesticides en fonction de leur faisabilité (Mamy *et al*. 2008).

Au niveau national et sur base de l'exemple des pays européens, la stratégie mise en place pour définir un indicateur, prenant en compte simultanément l'aspect utilisation mais aussi l'impact des PPP sur l'environnement, nécessite réflexion et concertation entre tous les différents acteurs concernés (pouvoirs publics, institutions académiques et agriculteurs ou leurs représentants) (Kudsk *et al.*, 2018).

Cette étape prend souvent un laps de temps considérable à l'échelle de plusieurs années, de par la quantité de données nécessaire et du nombre de PPP concernés. Le débat butte généralement au niveau du choix des paramètres écotoxicologiques à prendre en considération dans l'indicateur et le poids à attribuer à chacun d'eux dans le calcul final.

La Commission européenne a défini deux indicateurs « de risque » qui permettent d'analyser l'évolution de la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques. Les indices HRIs (Harmonized Risk Indicators) disponibles ici sont calculés selon la méthode définie et détaillée à l'annexe IV de la directive 2009/128/CE.

Les indices HRI1 et HRI2 se basent sur l'abondance relative (%) des produits phytopharmaceutiques mis sur le marché depuis les années 2011-2013. Avec HRI1 l'abondance est basée sur la masse de substance active mise sur le marché annuellement. Avec HRI2, l'abondance est basée sur le nombre d'autorisations d'urgence délivrées annuellement.

Les substances actives sont rassemblées en quatre groupes et sept catégories selon leur nature (L'ordre des groupes et des catégories correspond à l'augmentation intrinsèque du danger des substances actives en dehors de toute considération quant à leur application):

- Le groupe 1 est composé des micro-organismes à faible risque (catégorie A) et des substances chimiques à faible risque (catégorie B).
- Le groupe 2 est composé des micro-organismes (catégorie C) et substance chimiques (catégorie D) approuvés selon le règlement 1107/2009 et qui ne sont pas repris dans les autres groupes.
- Le groupe 3 est composé des substances candidates à la substitution, réparties en deux catégories E et F selon les critères de classement en tant que candidat à la substitution.
- Le groupe 4 est composé des substances chimiques qui ne sont pas (ou plus) approuvées selon le règlement 1107/2009. Ces substances forment la catégorie G.

En construisant les indicateurs HRI1 et HRI2 de cette façon, la Commission européenne utilise les statistiques disponibles pour illustrer les effets de la politique européenne de réduction des risques liés à la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques (d'après Phytoweb, 2022).

Les états membres présentant la démarche la plus aboutie sont le Danemark (Pesticide Load Indicator, PLI), les Pays-Bas (Environmental Indicator for Pesticides), la Suède (national risk index for health and the environment and the toxicity index) et l'Allemagne (risk index for aquatic non-target organisms and risk index for terrestrial non-target organisms) (European Commission, 2017).

Au niveau belge, PRIBEL (Pesticide Risk Indicator for Belgium) est un indicateur d'impacts multiples (dérivé de POCER II, lui-même étant le prolongement de POCER I) qui a été développé pour évaluer simultanément le risque d'exposition professionnelle aux PPP pour l'homme et celui multifactoriel pour l'environnement. Il est composé de plusieurs indices tenant compte du facteur « danger » (estimé via les données écotoxicologiques des s.a., de la dose d'application par hectare (/ha)) et du facteur « fréquence » (estimé via le nombre d'applications de s.a. /ha, la superficie et les ventes nationales par culture) (Steurbaut, 2006). Malheureusement, PRIBEL n'est maintenant plus d'actualité, les compétences en matière de plan de réduction des pesticides étant passées au niveau régional.

Finalement, au niveau flamand, l'indicateur « spread equivalents », ∑Seq est utilisé depuis 1996 au niveau des politiques publiques en matière d'environnement, s'orientant principalement sur le risque pour la ressource en eau. Il est plus simple que POCER et est calculé à partir des données annuelles de vente de chaque s.a. en kg par an, de la $DT_{50}$ (durée de demi-vie) dans le sol et de sa concentration maximale acceptable pour la potabilité de l'eau (De Smet *et al.*, 2005).

Récemment, cet indicateur a été amélioré en substituant les données de vente par des données d'utilisation des pesticides, collectées au niveau du réseau de ferme monitoré RICA (réseau d'information comptable agricole) ou en anglais le FADN (farm accountancy data network) (Fevery *et al.*, 2015). Pour la Région Wallonne, ces données peuvent être disponibles au niveau de la DAEA (Direction de l'Analyse Economique Agricole).

## 2.3. Développement de l'indicateur relatif aux masses d'eau

### a) État de l'art

Concernant l'estimation spécifique du risque pour la ressource en eau, le terme « indicateur » regroupe en réalité une quantité d'outils très divers de par leur nature, leur structure, les variables prises en compte mais également du contexte et des objectifs poursuivis initialement, comme indiqué dans le projet GUIDE (Keichinger *et al.*, 2013).

Celui-ci, mené par des équipes de l'INRA, l'ANSES, l'IRSTEA et des agences de l'eau au niveau français, vise à la mise au point d'un outil d'aide à la sélection d'indicateurs de risques liés à la présence des produits phytopharmaceutiques dans les milieux aquatiques. Une liste d'indicateurs potentiels issue du projet GUIDE est reprise à Figure 8.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| AARI | EPRIP | I-Phy | PIRI | SIRIS |
| ADCSOR | EYP | IRPeQ | FOOTWAYS-PITSA | SRI |
| ARTHUR | FA-IL | JPC | PMR | SYNOPS |
| CHEMS-1 | F-PURE | Laskowski | POCER | SyPEP |
| CSS | GHI | NRI | PRIBEL | SYSCOR |
| DAE-G | GUS | PAF | Rating Systems | THP |
| DIAPHYT | HAIR | PEI | Responsible Choice | |
| EcoRR | HD (1) | p-EMA | REXTOX | |
| EEP | HD (2) | PERI | Rpest | |
| EIQ | Hornsby | PRSCalifornia | SCS/ARS/CES | |

Figure 8 : Liste des 46 indicateurs répertoriés dans le projet GUIDE (Keichinger *et al.*, 2013).

Les outils disponibles pour une approche pragmatique, basée sur les données issues des exploitations, tel que décrit dans la littérature, font appel dans un premier temps à une estimation quantitative des substances actives appliquées (QSA).

Afin de pouvoir mettre en place notre indicateur dédié à la protection de la ressource en eau et ceci de façon spécifique aux données récoltées dans le contexte agricole wallon, il convient d'adopter une démarche similaire à celle présentée dans le tableau relatif aux travaux du projet EQUIPE (Figure 9) et notamment en mettant en place des indicateurs de cause mobilisables à l'exploitation.

Le projet EQUIPE a été réalisé afin d'évaluer la qualité prédictive d'indicateurs pesticides de transfert vers les eaux et leurs différentes mises en œuvre.

*« Dans l'ensemble, plus les indicateurs prennent en compte les processus en intégrant des variables du milieu, de pratiques et de propriétés de substances actives plus la corrélation s'améliore en restant toutefois sur des valeurs faibles (<0,55). De ces travaux, il apparaît que les indicateurs complexes dans l'ensemble restent des prédicteurs médiocres des transferts des substances actives vers les eaux. En revanche, le modèle MACRO qui prend en compte les mécanismes de manière fine présente une bonne qualité prédictive. Son usage est donc à recommander quand c'est possible, mais, sa mise en œuvre demande un paramétrage précis du sol et du climat. Avec les progrès informatiques en termes de gestion de données, la disponibilité des informations pédologiques et climatiques, leur utilisation au niveau local (parcelle, exploitation et territoire, aire d'alimentation de captage, département, région, national) peut s'envisager (D'après Bockstaller et al., 2017)».*

Quantitatif → Qualitatif

Indicateur de cause (simple) ↓

Indicateur basé sur modèle Opéra-tionnel quantitatif

Modèle complexe

| Mode de construction | Quantitatif | Score (rang) | Classe |
|---|---|---|---|
| Dose | **QSA, IFT-MA** | | |
| Dose * Coef transfert | **NRI$^{u}$** | | |
| [Dose, Propriétés SA] | | **SIRIS$^{o, u}$** | **EIQ$^{o, u}$** |
| [Dose, application, aménagement] X [Propriétés SA] | | **ADSCOR$^{CT\ LT\ u}$** | |
| [Dose, sensibilité milieu] | | | **DEXiPM$^{o, u\ LT\ HT}$** |
| [Dose, application, aménagement, Propriétés SA]X[milieu, climat] | | | **DAEG$^{o, u}$, ARTHUR$^{LF\ o, u}$** |
| [Dose, application, aménagement, Propriétés SA, milieu, climat] | | **I-Phy 1$^{LF\ o, u}$ et 2$^{LF\ o, u}$** | |
| f(Dose * Coef transfertf *sol*climat) | **POCER$^{o, u}$** | | |
| f(Dose, application, aménagement, propriétés SA, milieu, climat) | **EPRIP1 $^{o, u}$ et 2$^{u}$, DRAINAGE Hair$^{o}$ SYNOPS$^{u}$** | | |
| Modèle complexe à base mécanistique | **MACRO$^{o}$** | | |

Figure 9 : Présentation synthétique du mode de calcul des indicateurs évalués dans le projet EQUIPE.

* : multiplication, [ ] : arbre de décision, []X-[ ] : séparation en 2 modules, LF : logique floue, f() : fonction, o module transfert verticaux, u module transfert de surface, LT et HT : toxicité faible et élevée pour DEXiPM. QSA : quantité substance active ; IFTSA : calcul de l'IFT pour chaque application de substance active avec les mêmes valeurs de dose de référence que pour l'IFT-SA en cours de développement ; DEXiPM : modules de transfert lié à l'utilisation des produits phytosanitaires du modèle DEXiPM. I-Phy2 : nouvelle version de l'indicateur I-Phy (I-Phy1) pour transfert verticaux. (o) pour le transfert de surface (u) ; DRAINAGE-HAIR : métamodèle développé dans le projet HAIR à partir du modèle MACRO (Bockstaller et al. 2017).

## b) Les indicateurs de cause ou d'usage

Au niveau européen, il existe plusieurs indicateurs dédiés à l'analyse quantitative du nombre de traitement et des doses appliquées à l'échelle des parcelles agricoles. Les pionniers ayant introduit la notion d'indice de fréquence de traitements (IFT) sont les danois avec une mise en place dès le milieu des années 1980. L'indice es basé sur les données issues des ventes et calculé par rapport à une dose autorisée pour chaque s.a. (normalisation). Cet indice est en cours d'adaptation pour intégrer les données enregistrées de manière obligatoire et directement en ligne par l'agriculteur (« spray records ») (Akay Demir et al., 2019) (Kudsk *et al.*, 2018). Les français se sont inspirés des recherches danoises pour développer leur indicateur de fréquence de traitements phytopharmaceutiques (IFT) dans le cadre du plan « Ecophyto 2018 », lancé en 2008. Il est fondé sur une normalisation des produits commerciaux par leur dose d'homologation à partir des pratiques déclarées par les agriculteurs. Ceci en complément du NODU (nombre de doses unités), qui dérive et correspond à l'IFT mais appliqué aux s.a. et calculé à partir des déclarations annuelles de vente de pesticides par les distributeurs (Service Agriculture du Gouvernement Français, 2018).

L'IFT est largement utilisé dans le réseau DEPHY (dédié à l'étude de systèmes économes en pesticides), afin de mesurer la dépendance des pratiques agricoles vis-à-vis des PPP. Mais les résultats peuvent être largement biaisés étant donné que d'après le calcul de l'IFT, l'application de produits commerciaux contenant plusieurs s.a. est plus favorable que l'emploi d'une association équivalente de produits monosubstances, ce qui ne devrait pas être le cas (Guichard *et al.*, 2017) (Durenne *et al.*, 2021). Malgré l'échec du plan Ecophyto, et l'écueil de l'IFT défini ci-dessus, la méthodologie employée pour définir cet indicateur n'en reste pas moins intéressante en ce qui concerne la subdivision de celui-ci en plusieurs sous-indicateurs : par traitement, pour l'exploitant, au niveau régional ou infra-régional et vis-à-vis d'une valeur de référence (Service Agriculture du Gouvernement Français, 2018) (

Figure 10).

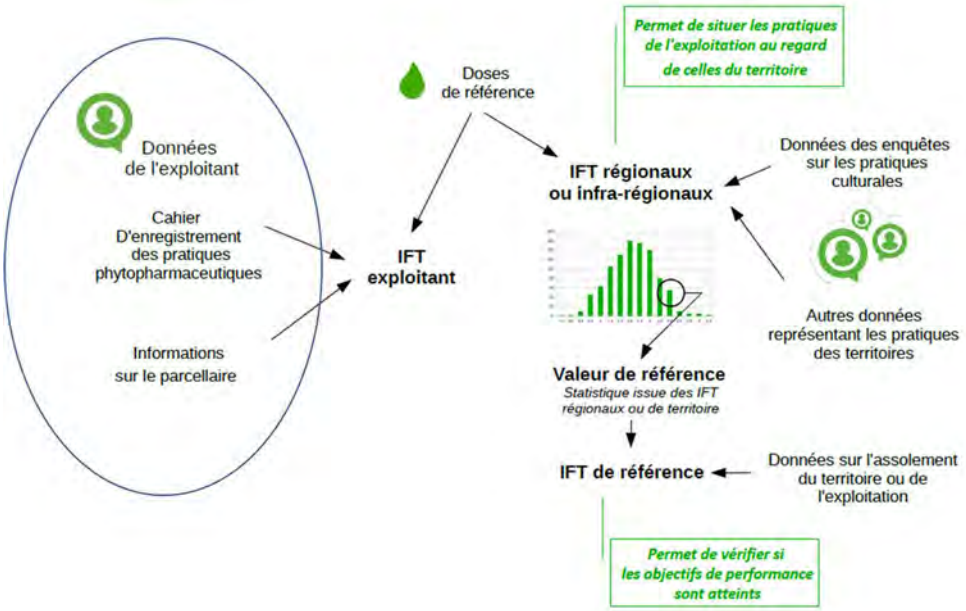



Figure 10 : Méthodologie du calcul de l'IFT exploitant (Service Agriculture du Gouvernement Français, 2018).

Il y'a donc lieu de distinguer les indicateurs concernant l'évaluation de l'utilisation des pesticides au niveau de l'exploitation agricole à postériori, de ceux ayant un objectif prédictif de l'impact des PPP sur les différents compartiments de l'environnement avant utilisation (eau, sol et air). En ce qui concerne l'utilisation à postériori, il faut également considérer la nature des données choisies et requises pour le calcul de l'indicateur sélectionné. On peut, en effet, prendre en compte des unités de produits commerciaux ou de substances actives en les additionnant simplement ou en les normalisant par rapport à une norme de référence (dose maximale autorisée dans l'état membre concerné), ceci pour mettre en évidence un indice de traitement vis-à-vis d'une préconisation légale.

L'utilisation des quantités appliquées de substances actives, obtenues via enquête auprès des agriculteurs ou après enregistrement dans une base de données, reflète de manière plus significative la réalité du terrain. En effet, les quantités vendues recensées entre autres au niveau national peuvent présenter un biais pour le calcul d'indicateurs, en ce sens qu'elle regroupe par exemple les usages non-agricoles et agricoles, et qu'enfin, toutes les quantités achetées ne sont pas forcément appliquées.

## c) Dans le cadre du projet INDIC'eau (2020-2022)

Nous avons décidé de calculer les QAC de manière similaire au QSA et nous avons développé en interne (CRA-W) un indice (ISAC) afin de normaliser les traitements au niveau des différentes cultures de manière similaire à l'IFT-MA (Figure 9).

⇨ QAC (Quantités Appliquées par Culture) : représente la somme des s.a. considérées à l'hectare par culture (s'exprimant en g/ha)

QAhC : ∑ des substances actives herbicides à l'hectare

QAfC : ∑ des substances actives fongicides à l'hectare

QAiC : ∑ des substances actives insecticides à l'hectare

QArC : ∑ des substances actives de régulateurs à l'hectare

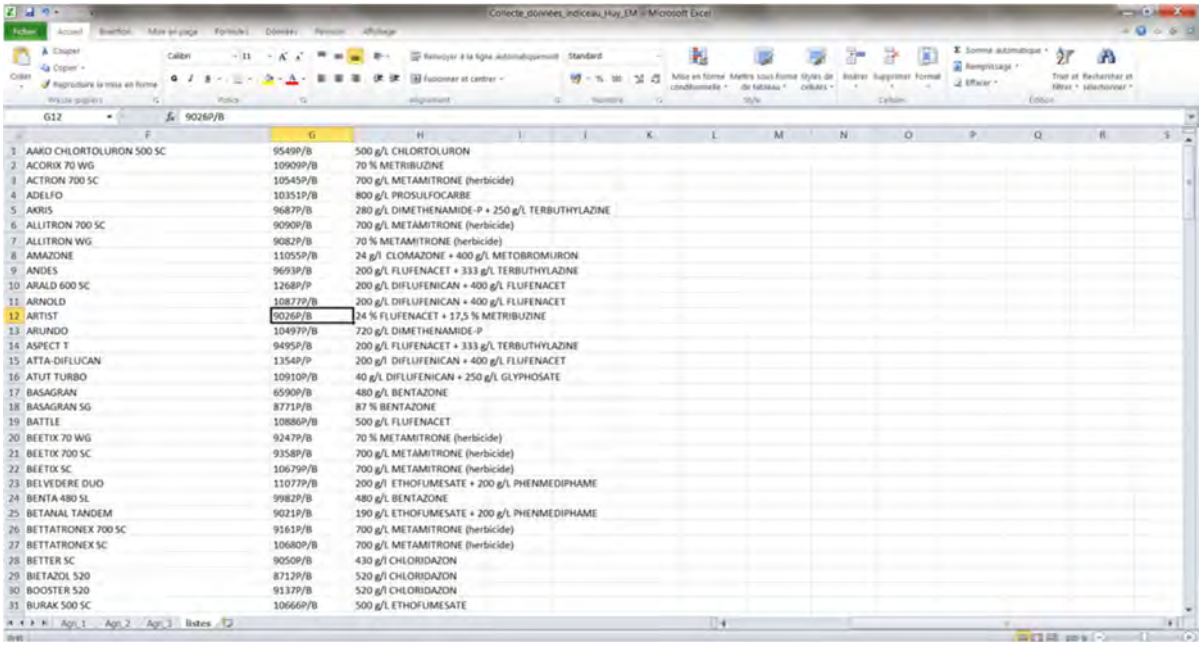
QAaC : ∑ des substances actives d'adjuvant à l'hectare

⇨ ISAC (Indice de Substances Actives par Culture) = QAC/DMA (dose maximale autorisée par s.a. par hectare et par culture en g/ha)

Cet indice (ISAC) est indépendant de la taille de l'exploitation et représente la somme des ISA. IL permet une comparaison des fréquences d'application de matières actives entre agriculteurs, ceci par rapport aux QAC, en s'affranchissant des effets de dose efficace pour chaque s.a.

La méthode de travail pour arriver au QAC et à l'ISAC combine, sur un fichier Excel, les données brutes de pulvérisations récoltées auprès des agriculteurs (produits commerciaux appliqués et doses) à une base de données interne afin de disposer des substances actives correspondantes, de la formulation, de la composition pour chaque produit commercial (Figure 11) et enfin de la DMA (qui est pour l'instant définie en interne en tant que valeur de référence) représentant la quantité

maximale autorisée par substance active pouvant être appliquée à l'hectare pour une culture définie.



| | | |
|---|---|---|
| AAKO CHLORTOLURON 500 SC | 9549P/B | 500 g/L CHLORTOLURON |
| ACORIX 70 WG | 10909P/B | 70 % METRIBUZINE |
| ACTRON 700 SC | 10545P/B | 700 g/L METAMITRONE (herbicide) |
| ADELFO | 10351P/B | 800 g/L PROSULFOCARBE |
| AKRIS | 9687P/B | 280 g/L DIMETHENAMIDE-P + 250 g/L TERBUTHYLAZINE |
| ALLITRON 700 SC | 9090P/B | 700 g/L METAMITRONE (herbicide) |
| ALLITRON WG | 9082P/B | 70 % METAMITRONE (herbicide) |
| AMAZONE | 11055P/B | 24 g/l CLOMAZONE + 400 g/L METOBROMURON |
| ANDES | 9693P/B | 200 g/L FLUFENACET + 333 g/L TERBUTHYLAZINE |
| ARALD 600 SC | 1268P/P | 200 g/L DIFLUFENICAN + 400 g/L FLUFENACET |
| ARNOLD | 10877P/B | 200 g/L DIFLUFENICAN + 400 g/L FLUFENACET |
| ARTIST | 9026P/B | 24 % FLUFENACET + 17,5 % METRIBUZINE |
| ARUNDO | 10497P/B | 720 g/L DIMETHENAMIDE-P |
| ASPECT T | 9495P/B | 200 g/L FLUFENACET + 333 g/L TERBUTHYLAZINE |
| ATTA-DIFLUCAN | 1354P/P | 200 g/l DIFLUFENICAN + 400 g/L FLUFENACET |
| ATUT TURBO | 10910P/B | 40 g/L DIFLUFENICAN + 250 g/L GLYPHOSATE |
| BASAGRAN | 6590P/B | 480 g/L BENTAZONE |
| BASAGRAN SG | 8771P/B | 87 % BENTAZONE |
| BATTLE | 10886P/B | 500 g/L FLUFENACET |
| BEETIX 70 WG | 9247P/B | 70 % METAMITRONE (herbicide) |
| BEETIX 700 SC | 9358P/B | 700 g/L METAMITRONE (herbicide) |
| BEETIX SC | 10679P/B | 700 g/L METAMITRONE (herbicide) |
| BELVEDERE DUO | 11077P/B | 200 g/l ETHOFUMESATE + 200 g/L PHENMEDIPHAME |
| BENTA 480 SL | 9982P/B | 480 g/L BENTAZONE |
| BETANAL TANDEM | 9021P/B | 190 g/L ETHOFUMESATE + 200 g/L PHENMEDIPHAME |
| BETTATRONEX 700 SC | 9161P/B | 700 g/L METAMITRONE (herbicide) |
| BETTATRONEX SC | 10680P/B | 700 g/L METAMITRONE (herbicide) |
| BETTER SC | 9050P/B | 430 g/l CHLORIDAZON |
| BIETAZOL 520 | 8712P/B | 520 g/l CHLORIDAZON |
| BOOSTER 520 | 9137P/B | 520 g/l CHLORIDAZON |
| BURAK 500 SC | 10666P/B | 500 g/L ETHOFUMESATE |

Figure 11 : Base de données permettant par produit commercial d'obtenir la formulation et la composition en substances actives.

Afin de récolter les données les plus pertinentes vis-à-vis des ressources en eau au niveau de la région wallonne et cibler les efforts et actions futures à mener, nous avons défini pour le projet INDIC'eau une liste négative de substances actives (principalement herbicides) ayant un impact potentiel sur la ressource en eau (ESO : eaux souterraines et ESU : eaux de surface) (Tableau 2).

La liste INDIC'eau reprend des s.a. jugées comme préoccupantes (ESO & ESU) avec 20 herbicides et 1 insecticide et sert de base depuis 2021 (le chloridazon n'est plus utilisé depuis mi-2021), à l'analyse de l'indicateur qui lui est associé, avec une perspective primordiale de prévention sur le terrain. Pour rappel, la liste d'INDIC'eau n'a pas été établie sur des valeurs seuils potentiellement définies dans Calypso et/ou Aquaphyc mais bien en fonction de s.a. préoccupantes (au niveau régional et national) en concertation avec le SPW et le SPF. Ceci est résumé dans la carte d'identité des 21 s.a. fournie dans le cadre du projet INDIC'eau où intervient notamment des s.a. citées dans le code de l'eau, le SEQ-ESO, la CDP'eau, par le SPF pour suivi au niveau des eaux de surface notamment et possiblement via avis d'experts (exemple du bifénox pour ESU). Enfin l'aspect des quantités utilisées pour certaines d'entre elles n'est pas à négliger.

Tableau 2 : Liste de substances actives ayant un impact potentiel sur la ressource en eau (ESO: eaux souterraines et ESU: eaux de surface)

| ***Substance active*** | *Produit commercial usuel* | *Culture cible principale* | *Risque potentiel* |
|---|---|---|---|
| ***2,4D*** | U-46-D-500 | Céréales | ESO |
| ***Aclonifen*** | CHALLENGE | Pommes de terre | ESU |
| ***Bentazone*** | BASAGRAN SG | Pois, oignons | ESO |
| ***Bifénox*** | FOX 480 SC | Céréales | ESU |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Chloridazon*** | PYRAMIN SC 520 | Betterave | ESO |
| ***Chlortoluron*** | LENTIPUR 500 SC | Céréales | ESO |
| ***Cyperméthrine*** | FASTAC | Céréales/Colza | ESU |
| ***Diflufénican*** | DIFLANIL 500 SC | Céréales | ESU |
| ***Diméthénamide-P*** | FRONTIER ELITE | Betterave | ESO |
| ***Ethofumésate*** | KEMIRON SC | Betterave | ESO |
| ***Flufénacet*** | FLUENT 500 SC | Céréales | ESU |
| ***Lénacile*** | VENZAR | Betterave | ESO |
| ***MCPA*** | U 46 M | Céréales | ESU |
| ***Mécoprop-p (MCPP)*** | DUPLOSAN | Céréales | ESO |
| ***Métamitrone*** | GOLTIX 700 SC | Betterave | ESO |
| ***Métazachlore*** | BUTISAN S | Colza | ESO |
| ***Métobromuron*** | PROMAN | Pommes de terre | ESU |
| ***Métribuzine*** | SENCOR SC | Pommes de terre | ESU |
| ***Pendiméthaline*** | STOMP AQUA | Céréales | ESO |
| ***Prosulfocarbe*** | DEFI | Pommes de terre | ESU |
| ***S-métolachlore*** | DUAL GOLD | Maïs | ESO |
| ***Terbuthylazine*** | CALLISTAR | Maïs | ESO |

## d) Collecte des données, obtention des QAC et ISAC'eau

Concrètement, au niveau de la collecte des données au sein des centres d'actions de PROTECT'eau et pour les exploitations partenaires, il s'agit d'encoder de manière anonyme les pratiques de l'agriculteur correspondant à l'utilisation de substances actives d'herbicides (en toute grande majorité), faisant partie de la liste négative définie précédemment.

Chaque entrée au niveau du fichier Excel, qui a été développé avec un encodage sur base de menus déroulants pour augmenter l'ergonomie (

Figure 12), correspond à un traitement avec un produit commercial pour l'ensemble des cultures et pour chaque parcelle de l'exploitation. L'encodage doit être effectué avec la dernière version du fichier mise à disposition par le CRA-W (Figure 13). Cette collecte sert ensuite de base pour calculer les QAC (quantités de substances actives appliquées par culture en g/ha) de l'exploitant, pour ensuite obtenir l'ISAC'eau correspondant pour chaque exploitation, basé sur la liste négative.

Pour rappel, cet indice est indépendant de la taille de l'exploitation et est normalisé par la dose maximale agréée de la substance active considérée, permettant ainsi une comparaison aisée avec des pratiques d'autres agriculteurs ou à des valeurs « baromètres » ou de référence.

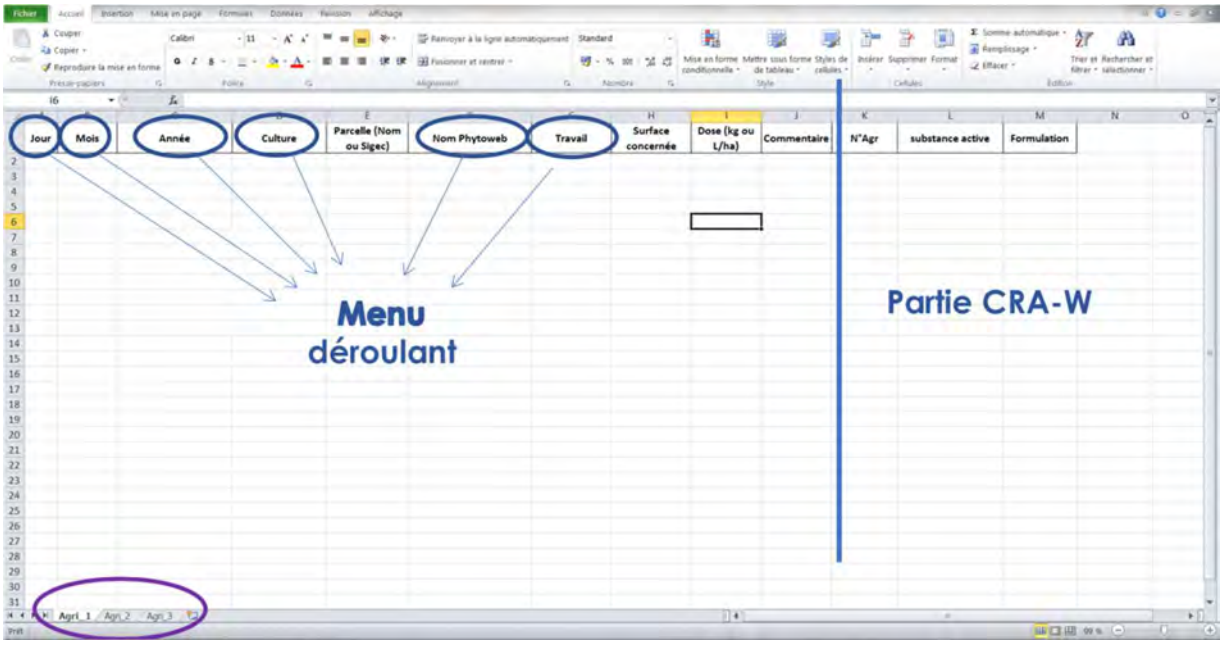



Figure 12 : Exemple de fichier pour l'encodage des données dans INDIC'eau.

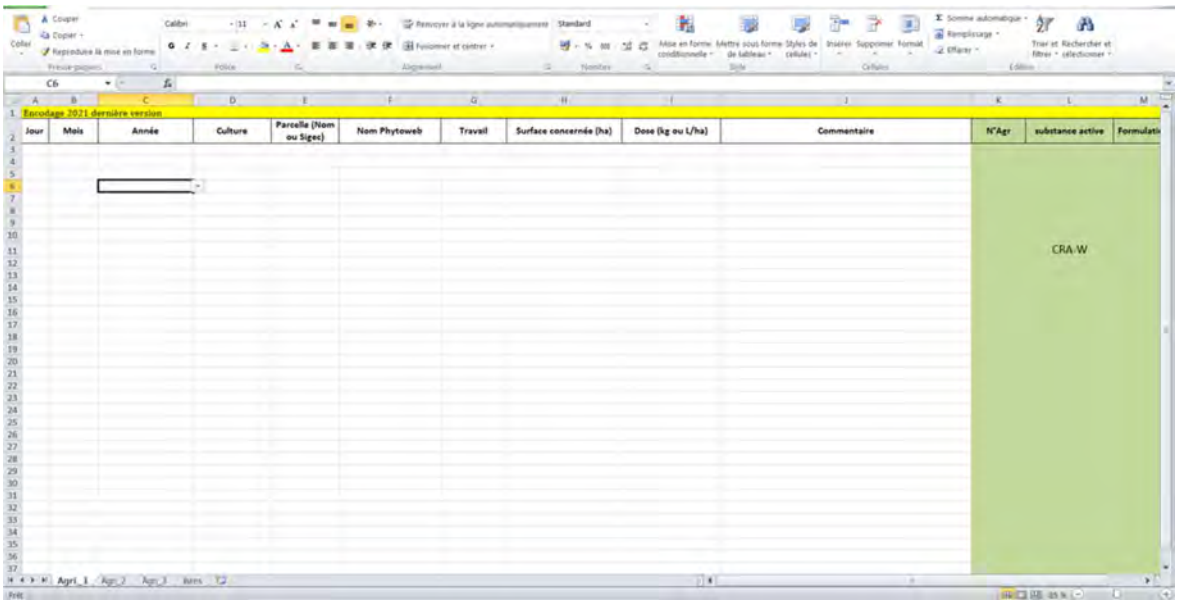



Figure 13 : Exemple de la dernière version du fichier pour l'encodage des données à partir de 2021.

Il s'agit de récolter de manière précise et fiable les surfaces traitées et les doses appliquées des produits commerciaux correspondant aux substances actives de la liste négative. Des informations additionnelles sont également compilées. Un exemple anonyme de récolte des données est présenté à la Figure 14 pour le centre d'actions en question. La correspondance entre ces produits et la composition en une ou plusieurs substances actives est effectuée par le CRA-W dans le cadre du calcul des QAC et de l'ISAC de l'exploitant.

La phase active de collecte des données correspondant à la phase pilote, pouvant ainsi amener à la prise en main de l'outil au niveau des différents centres de PROTECT'eau, a commencé en début d'automne 2020 pour se poursuivre avec les cultures en 2021. La phase pilote regroupe dans un premier temps, de 2 à 4 agriculteurs volontaires et fiables par centre reprenant Gembloux, Huy, Libramont, Marquain, Philippeville, ceci tenant compte également des spécificités/cultures liées aux différentes régions de Wallonie. La collecte s'effectue de manière totalement anonyme sur base du développement d'un outil de conseil.

| Jour | Mois | Année | Culture | Parcelle (Nom ou Sigec) | Nom Phytoweb | Travail | Surface concernée | Dose (kg ou L/ha) | Commentaire |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14 | mai | 2021 | Betterave sucrière | Parcelle exemple n°2 | BETANAL TANDEM | Lutte dicotylée | 4 | 0,9 | |
| 14 | mai | 2021 | Betterave sucrière | Parcelle exemple n°2 | ALLITRON 700 SC | Lutte dicotylée | 4 | 0,75 | |
| 29 | mai | 2021 | Betterave sucrière | Parcelle exemple n°2 | ETHOMAT 500 | Lutte graminée | 4 | 0,3 | |
| 29 | mai | 2021 | Betterave sucrière | Parcelle exemple n°2 | ALLITRON 700 SC | Lutte dicotylée | 4 | 0,75 | |
| 29 | mai | 2021 | Betterave sucrière | Parcelle exemple n°2 | LENAZAR WP | Lutte dicotylée | 4 | 0,1 | |
| 8 | juin | 2021 | Betterave sucrière | Parcelle exemple n°2 | ETHOMAT 500 | Lutte graminée | 4 | 0,25 | |
| 8 | juin | 2021 | Betterave sucrière | Parcelle exemple n°2 | ALLITRON 700 SC | Lutte dicotylée | 4 | 0,5 | |
| 8 | juin | 2021 | Betterave sucrière | Parcelle exemple n°2 | FRONTIER ELITE | Lutte dicotylée/graminée | 4 | 0,5 | |
| 15 | juin | 2021 | Betterave sucrière | Parcelle exemple n°2 | FRONTIER ELITE | Lutte dicotylée/graminée | 4 | 0,7 | |

Figure 14 : Exemple d'encodage de données dans le cadre d'INDIC'eau au niveau d'un centre d'action de PROTECT'eau.

Les données récoltées au niveau des quatre centres d'action ayant participé : Huy, Libramont, Marquain, Philippeville ainsi que les QAC et les ISAC'eau calculés permettent d'établir concrètement un diagnostic pour l'exploitant sur ces pratiques (application de PPP) pour l'année culturale considérée, et pour chaque culture impliquant des substances actives présentes au sein de la liste définie dans le cadre du projet INDIC'eau.

## e) Calcul de la dose maximale autorisée (DMA)

La dose maximale autorisée (DMA) est la quantité de substance active ne pouvant être légalement dépassée lors de l'application du pesticide qui l'a contient sur une période précise et à l'hectare. Une DMA est donc déterminée pour une substance active sur une culture et à l'hectare. Les DMA pour certaines substances actives sont précisées dans les actes d'agréation, par exemple la métamitrone, tandis que d'autres doivent être calculées sur base de la dose maximale applicable de chaque produit.

En effet, pour chaque produit commercial, une dose maximale applicable est renseignée au niveau de l'acte d'agréation. En partant de cette dose maximale, il est facile de calculer la quantité de substance active que celle-ci représente : il suffit de multiplier la dose maximale du produit par la concentration en substance active. En répétant cette action pour tous les produits commerciaux contenant la substance active considérée, on obtient la quantité maximale de cette s.a. à pulvériser de manière légale.

Cependant, certaines précautions doivent être prises dans les réflexions autour de l'analyse de s.a. : la détermination de la dose maximale autorisée pour quelques produits est parfois sujette à interprétation. C'est pour cette raison, qu'un partenariat avec l'asbl CORDER est nécessaire pour mettre en place une validation croisée des DMA. En cas de différence entre les DMA obtenues,

l'analyse est affinée et la raison de cette différence déterminée et discutée. Une DMA est alors validée par les deux équipes.

Outre les problèmes d'interprétations, d'autres difficultés ont été rencontrées lors de la détermination des DMA. Celles-ci sont listées ci-dessous de manière non-exhaustive.

- Certains actes d'agréation sont fournis uniquement en langue néerlandaise.
- Les informations fiables provenant des actes d'agréation sont disponibles uniquement en format « PDF », rendant la recherche et l'analyse plus longue et complexe. L'accès à une base de données compilant ces informations faciliterait le travail.
- Toutes les doses maximales (par substance active) ne sont pas renseignées dans chaque acte. Exemple du produit « Akris ».
- Le nombre de pulvérisations autorisées sur la saison culturale (et par conséquent la quantité de substance active appliquée) n'est pas toujours évidente à déterminer, ce qui la rend sujette à interprétation. Ce nombre de pulvérisations peut être augmenté temporairement suite à des conditions météorologiques défavorables risquant d'impacter la production culturale à cause d'un développement important de maladies ou de bioagresseurs (par exemple, en pommes de terre).
- Les données évoluent, en fonction de l'arrivée de nouveaux produits, de nouvelles doses, de changement des DMA officielles, … Une surveillance ainsi qu'une mise à jour des données est nécessaire.

## 2.4. Pondération et développement de l'indicateur ESO

### a) Indices de lixiviation

L'indicateur du risque potentiel de transfert vertical des substances actives problématiques pour la ressource en eau souterraine (risque ESO) est calculé par parcelle et s'exprime sous forme d'un score. Celui-ci est une pondération de l'indice de substance active (ISA) par l'indice de lixiviation propre à chaque substance active. L'indice de lixiviation utilisé dans INDIC'eau pour le risque ESO est basé sur une estimation théorique de la probabilité de la s.a. à être lixiviée, ceci en prenant uniquement en compte des paramètres physico-chimiques.

Une quinzaine d'indices de lixiviation vers les eaux souterraine sont répertoriés dans la littérature scientifique, prenant en considération une vingtaine de variables (édaphiques et physico-chimiques).

En comparant les variables physico-chimiques dans chaque indice et en les dénombrant, il apparaît que le coefficient d'adsorption au sol est utilisé dans près de 65% des indices, suivi par le temps de demi-vie (DT50) qui est utilisé dans près de 40% des indices et enfin la solubilité (près de 20% des indices). L'utilisation du reste des variables est soit anecdotique soit du même ordre (+/-15%). Il est par conséquent primordial d'utiliser un indice qui prend en compte ces 3 paramètres.

Le Tableau 3 reprend une liste des indices de lixiviation existants (Akay Demir *et al.*, 2019). Deux indices sont particulièrement intéressants, le « M.leach » et le « GUS ».

- Le GUS (Groundwater Ubiquity Score) (Gustafson, 1989) permet de classer les substances actives par rapport à leur aptitude à être transférées vers les eaux souterraines. Il a été élaboré en confrontant des mesures de concentrations en pesticides dans les eaux, obtenues in situ, aux coefficients d'adsorption et des temps de demi-vie des s.a.. L'indice GUS est calculé de la façon suivante : GUS = log(DT50) x [4 – log (Koc)] et a été largement utilisé dans le cadre des analyses réalisées par la CDP'eau du CRA-W. En fonction de la valeur obtenue, les pesticides présentent un risque de contamination des nappes élevé (GUS > 2.8) ou un risque de contamination des nappes faible (GUS < 1.8). La catégorie « substances limites » (1,8 < GUS < 2,8) se retrouve dans un « intervalle de transition ».
- Le M.leach permet de classer les substances actives en fonction de leur potentiel de lixiviation. Un des avantages de cet indice est la combinaison des trois paramètres physico-chimiques les plus souvent utilisés. Cet indice a l'avantage de considérer la solubilité dans l'eau à 20°C, contrairement au GUS. La solubilité est importante car elle caractérise bien les herbicides racinaires utilisés dans les cultures traditionnelles en Wallonie (au plus le produit est soluble, au mieux il pénètre dans les plantes).

Tableau 3 : Tableau présentant tous les indices de lixiviation de la littérature scientifique.

| Index | Equation | Evaluation Criteria | Reference |
|---|---|---|---|
| GUS | $GUS = [4 - \log(K_{oc})] * \log(t_{1/2})$ | GUS > 2.8: Leachable<br>GUS = 1.8 to 2.8: Intermediate<br>GUS < 1.8: Nonleachable | Gustafson (1989) |
| LIX | $LIX = \exp(-k * K_{oc})$<br>Or $LIX = \exp\left(-\frac{0.693}{t_{1/2}} * K_{oc}\right)$ | LIX = 1: Maximally leachable<br>LIX = 0.1–1: Leachable<br>LIX = 0 to 0.1: Transition<br>LIX = 0: Nonleachable | Spadotto (2002) |
| LEACH | $LEACH = \frac{S_w * t_{1/2}}{V_P * K_{OC}}$ | Comparison (Lower values; lower leaching potential) | Laskowski et al. (1982) |
| M.LEACH | $M.LEACH = \frac{S_w * t_{1/2}}{K_{OC}}$ | Comparison (Lower values; lower leaching potential) | Papa et al. (2004) |
| LIN | $LIN = -0.531 \log K_{OW} + 0.518 \log S_w - 0.495 \log K_{OC} - 0.023 \log V_P - 0.452 \log K_H$ | Comparison | Gramatica and Di Guardo (2002) |
| GLI | $GLI = 0.579\, LIN + 0.558\, GUS + 0.595\, MLEACH$ | GLI > 1: High<br>GLI = −0,5 to 1: Medium<br>GLI < −0,5: Low | Papa et al. (2004) |
| Hornsby Index | $HI = \left(\frac{K_{oc}}{t_{1/2}}\right) * 10$ | HI ≤ 10: High<br>HI ≥ 2000: Low | Hornsby (1992) |
| Briggs's RF | $Log(1/R_F - 1) = Log(Kow) + Log(OM) - 1.33$ | RF = 0.90–1.0: Class 5 (Very High)<br>RF = 0.89–0.65: Class 4 (High)<br>RF = 0.64–0.35: Class 3(Moderate)<br>RF = 0.34–0.10: Class 2 (Low)<br>RF = 0–0.09: Class 1 (Very low) | Helling and Turner (1968); Briggs,1981 |
| Hamaker's RF | $R_F = \frac{1}{[1 + (K_{OC} * f_{OC} * \rho_b * (\sigma^{-0.67} - 1)]}$ | RF = 0.64–1: High<br>RF = 0.35 to 0.64: Moderate<br>RF = 0.1 to 0.35: Low<br>RF < 0.1: Very low | Hamaker (1975) |
| PLP Index | $PLP_{value} = \frac{R * F * t_{1/2}}{K_{oc}} PLP_{index} = (\log PLP_{value})(14.3) + 57$ | $PLP_{index}$ = 90 to 100:Very high<br>$PLP_{index}$ = 70 to 89: High<br>$PLP_{index}$ = 50 to 69: Moderate<br>$PLP_{index}$ = 30 to 49: Low<br>$PLP_{index}$ = 0 to 29: Very low | Warren and Weber (1994) |
| GWCP | $GWCP = \frac{PLP + SLP}{2}$ | GWCP > 150: High<br>GWCP = 75 to150: Moderate<br>GWCP < 75: Low | McLaughlin et al. (1994) |
| AF | $R_F = \left[1 + \frac{\rho_b * f_{oc} * K_{oc}}{\theta_{FC}} + \frac{\theta_g * K_H}{\theta_{FC}}\right] AF = \exp\left[\frac{-0.693 * d * R_F * \theta_{FC}}{q * t_{1/2}}\right]$ | AF = 0 to −1: High<br>AF = −1 to −2: Moderate<br>AF = −2 to −3: Low<br>AF = −3 to −4: Very Low<br>AF < −4: Nonleachable | Rao et al. (1985) |
| AFT & AFR | $AFT = \ln AF/(-0.693) AFR = \ln AFT + k$ | Comparison | Li et al. (1998) |
| LPI | $RF = \left[1 + \frac{\rho_b * f_{oc} * K_{oc}}{\theta_{FC}} + \frac{\theta_g * K_H}{\theta_{FC}}\right] LPI = \frac{1000 * t_{1/2} * q}{0.693 * R_F * Z}$ | LPI > 90: Very high<br>LPI = 75 to 89: High<br>LPI = 50 to74: Moderate<br>LPI = 25 to 49: Low<br>LPI = 0 to 24: Very Low | Meeks and Dean (1990) |
| VI | $VI = \frac{200 * k * \theta_{FC}}{d * \rho_b * (\%OM)} * \left(\frac{t_{1/2}}{K_{OC}}\right) * F_{DGW}$ | Comparison | Gurdak (2014) |

t1/2: half-life (days) ; ΘFC: volumetric water content at field capacity; F:fraction of pesticide reaching the soil during application; Kow: octanol/water partition coefficient, Koc: organic-carbon adsorption coefficient (ml/g organic carbon), KH: Henry's constant; Θg: gas content; Vp: vapor pressure (mmHg); RF: retardation factor; V: volatility (bar) foc: organic carbon fraction; R: rate of pesticide application (kg/ha); FDGW: factor related with the depth to groundwater; k: reaction rate constant (1/day); Θ: volumetric soil water content; Z or d: depth to groundwater (m) q: net groundwater recharge rate (m/day); ρb: soil bulk density (kg/m³); OM: organic matter (percent); Sw: water solubility (mg/l).

## b) Paramètres physico-chimiques de l'indice de lixiviation « M.leach »

Le calcul de l'indice de lixiviation « M.leach » nécessite 3 paramètres (la solubilité, le temps de demi-vie au champ et le coefficient d'adsorption). Ces paramètres doivent avoir une valeur caractéristique pour chaque substance active. De ces valeurs, dépendront les indices de lixiviation et par conséquent le classement des substances actives les unes par rapport aux autres. L'utilisation d'une donnée provenant d'une source fiable et officielle est une prérogative. Les sources considérées dans INDIC'eau sont celles de l'EFSA et de la commission européenne.

L'EFSA est une agence européenne financée par l'Union européenne qui fonctionne indépendamment des institutions législatives et exécutives européennes et des États membres de l'UE. Une des missions de l'EFSA est de fournir des avis scientifiques suites à des demandes de la Commission européenne, du Parlement européen ou des États membres de l'UE.

Lors de l'évaluation des substances actives, les experts de l'EFSA analysent les informations scientifiques sur celles-ci et remettent des avis. Ces informations sont reprises dans des dossiers d'évaluation (Peer review). Ces dossiers sont publics et peuvent être consultés sur le site de l'EFSA. Les informations reprises dans ces dossiers peuvent être considérées comme fiables et applicables dans les conditions européennes.

Pour le projet INDIC'eau, une analyse systématique de chaque dossier pour chaque substance active a été réalisée. Cette analyse concerne les trois variables décrites plus haut (paramètres physico-chimiques) et sont reprises dans les annexes. Ces analyses ont mis en évidence certaines lacunes en termes de données, qui sont reprises ci-dessous de manière non-exhaustive.

- Toutes les substances actives n'ont pas le même nombre de données.
- La recherche d'informations est chronophage.
- Tous les dossiers ne sont pas accessibles sur le site de l'EFSA.
- Il n'y a pas forcément de données pour tous les types de sols.
- Toutes les données ne sont pas toujours européennes et standardisées.

Malgré ces lacunes, les données de l'EFSA restent fiables car elles résultent d'un consensus d'experts. Le choix des valeurs est un processus propre à chaque paramètre. La démarche adoptée est détaillée dans les sous sections (2.4 (c), 2.4 (d), 2.4 (0). Cependant une démarche commune de hiérarchisation des différentes sources est adoptée quel que soit le paramètre étudié. En effet, toutes les informations ne sont pas retrouvées dans les dossiers « Peer review » de l'EFSA. Il est parfois nécessaire d'aller voir les sources proposées dans la base de données de la commission européenne. La hiérarchisation des sources utilisées dans le projet INDIC'eau est effectuée de la manière suivante :

- Source n°1 : Dossiers de l'EFSA (Peer review)
  https://www.efsa.europa.eu/en/publications
- Source n°2 : Base de données de la commission européenne
  https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/active-substances/?event=search.as
- Source°3 : L'EFSA met à disposition des « Rapporteur Assessment Report » pour une consultation publique. Cette source peut servir de complément d'information pour la compréhension des données dans les « Peer review » de l'EFSA.

## c) Le temps de demi-vie (DT50 au champ)

Le temps de demi-vie ($DT_{50}$ au champ), est la durée au bout de laquelle la quantité de substance active est diminuée de moitié par dégradation naturelle au champ. Ceci correspond à une cinétique de dissipation ou de dégradation de moitié de la substance active dans des conditions réelles (au champ).

Pour l'obtention de cette valeur, il faut analyser les données fournies par l'EFSA et choisir celles qui sont les plus pertinentes. Pour réaliser ce choix, des critères généraux ont été établis. Ces critères instaurent une démarche à suivre pour l'analyse des données de toutes les substances actives, assurant ainsi une continuité et une répétabilité tout au long du processus. Dans la majorité des cas les choix sont simples, mais dans d'autres le choix peut s'avérer plus complexe. Les différents critères à appliquer sont précisés ci-dessous.

- Critère n°1 : Il est préférable de prendre la DT50 au champ. Si celle-ci n'est pas présente il faut prendre par défaut la DT50 en laboratoire en condition aérobie.

- Critère n°2 : Il est préférable de prendre la DT50 normalisée. Si celle-ci est absente il faut prendre par défaut la DT50 non normalisée.

- Critère n°3 : Il faut considérer les valeurs mesurées dans les pays qui sont dans la même zone climatique que la Belgique (climat maritime), et exclure les données des pays appartenant aux autres zones. Il peut arriver que toutes les données fournies proviennent d'un autre continent. Dans ce cas, il faut exclure les valeurs provenant de régions où il n'y a pas de doute quant au climat de la région (exemple : la Californie).

- Critère n°4 : Il est préférable d'utiliser la variable (moyenne géométrique, moyenne, médiane) proposée par l'EFSA. Si plusieurs variables sont proposées, il faut prendre la plus pertinente par rapport aux données. En cas de doute, il vaut mieux prendre en premier lieu la moyenne géométrique, en second lieu la moyenne, et enfin la médiane.

- Critère n°5 : Si uniquement l'intervalle de valeurs est proposé par l'EFSA, et qu'aucune information complémentaire suffisamment robuste n'est présente dans les deux autres sources, il faut prendre la valeur maximale.

Dans les annexes du rapport INDIC'eau de 2021, tous les extraits des documents qui ont permis de choisir la DT50 utilisée pour calculer l'indice de lixiviation de chaque substance active, sont repris. Pour montrer la démarche adoptée un exemple de choix de DT50 est présenté ci-dessous. Cet exemple sert aussi de canevas pour permettre une rapide introduction aux dossiers de l'EFSA et une aide quant à l'interprétation des annexes. L'exemple présenté est celui de l'aclonifen.

Dans un dossier de l'EFSA, il y a des annexes appelées « Appendix – list of endpoints ». Dans ces annexes il y a des tableaux avec des valeurs qui sont considérées comme étant fiables par les experts de l'EFSA (= endpoints). La Figure 15, présente les données de DT50 pour l'aclonifen. Ce tableau se trouve dans le document « *Conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance Aclonifen, European Food Safety Authority, 2008* » à la page 51. Un lien hypertexte est présent sous chaque tableau renseigné dans les annexes et renvoie vers la source (site web ou document).

*EFSA Scientific Report* (2008) 149, 1-80, Conclusion on the peer review of aclonifen
Appendix 1 – list of endpoints

Laboratory studies ‡

| Parent | Aerobic conditions |
|---|---|

Field studies ‡

| Parent | Aerobic conditions | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Soil type (indicate if bare or cropped soil was used) | Location (country or USA state) | X [1] | pH | Depth (cm) | $DT_{50}$ (d) actual | $DT_{90}$(d) actual | St. (chi² ) | $DT_{50}$ (d) Norm. | Method of calculation |
| silty loam | Goch-Nierswalde, Germany | | 5.9 | 0 – 10 | 61 | 202 | 13.3 | | SFO |
| silty loam | Meißner-Vockerode, Germany | | 6.4 | 0 – 10 | 119 | 395 | 25.9 | | SFO |
| sandy loam | Schwichteler, Germany | | 6.3 | 0 – 30 | 195 | 649 | 11.3 | | SFO |
| sandy loam | Niederkirchen, Germany | | 7.3 | 0 – 30 | 13 / 57[1] | 188.7 | 7.2 | | FOMC ($\alpha$ = 0.72, $\beta$= 8.29) |
| clay loam (cropped with sunflower) | Almacelles, Spain | | 7.8 | 0 – 30 | 51/ 108[1] | 357 | 18.5 | | FOMC ($\alpha$ = 1.279, $\beta$= 70.628) |
| sandy silt loam (cropped with sunflower) | Cruas, France (Southern EU) | | 8.2 | 0 – 30 | 31 | 104 | ~~0.95~~ 14.7 | | SFO |
| **Geometric mean/median ($DT_{50}$) for SFO** | | | | | **80.4 / 84.5** | - | - | | **not normalised** |

[1] first order $DT_{50}$ ($DT_{50} = DT_{90}/3.32$ see FOCUS Degradation Kinetics)

| pH dependence ‡ (yes / no) (if yes type of dependence) | no |
|---|---|

Figure 15 : Extrait de la page 51 du document « Conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance Aclonifen, European Food Safety Authority, 2008 » https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2008.149r

Le premier critère indique qu'il faut prendre la DT50 au champ (Field studies). Le tableau de la Figure 15 indique qu'il y a eu six essais en champs pour déterminer ce paramètre. Les localisations géographiques, les conditions de pH, le type de sol, et d'autres paramètres sur les essais sont également renseignés.

Le deuxième critère indique qu'il est préférable de prendre la DT50 normalisée. Dans le cas de l'aclonifen, ce critère ne peut pas être respecté. Le troisième critère indique qu'il faut exclure les données provenant de pays qui ne sont pas dans la zone climatique dite maritime. La carte à la Figure 16, montre les pays appartenant aux différentes zones climatiques (EPPO). Dans le cas de l'aclonifen, seules les valeurs provenant d'Allemagne seront considérées.

Le quatrième critère indique qu'il faut prendre la variable proposée par l'EFSA. Dans ce cas-ci, il s'agit de la moyenne géométrique. Une fois toutes ces informations assemblées, le calcul de la moyenne géométrique des valeurs sélectionnées (61 ; 119 ; 195 ; 57) peut être effectuée. La DT50 au champ pour l'aclonifen est donc de 94,4 jours.

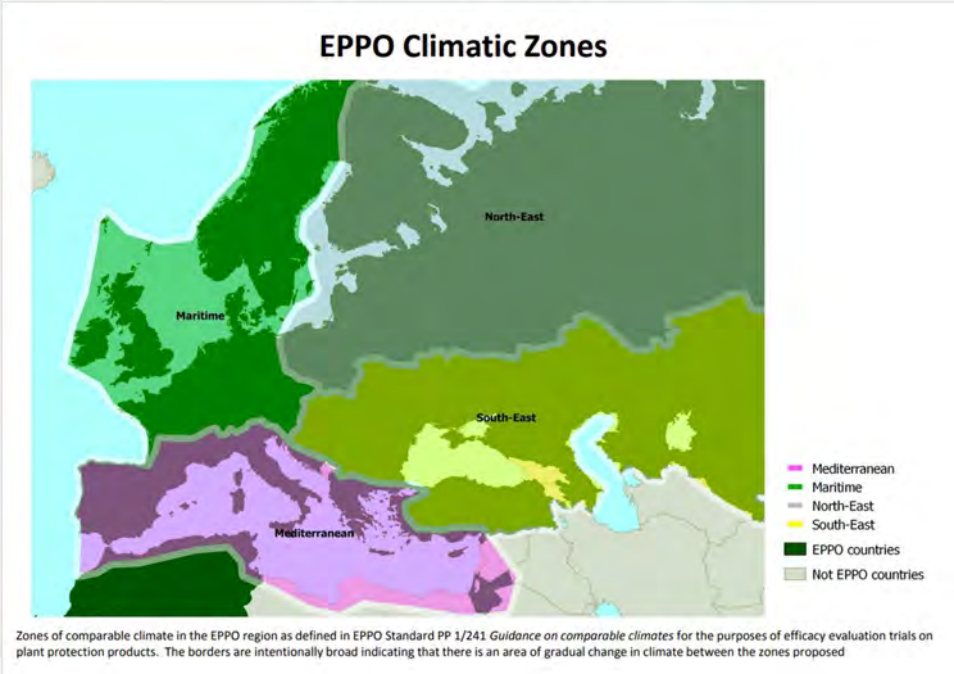



*Figure 16: Carte représentant les différentes zones climatiques considérées par l'EPPO* [https://www.eppo.int/media/uploaded_images/ACTIVITIES/plant_protect_products/zonal_assessment/EPPO_zonal_maps.pdf](https://www.eppo.int/media/uploaded_images/ACTIVITIES/plant_protect_products/zonal_assessment/EPPO_zonal_maps.pdf)

La même analyse a été effectuée pour toutes les molécules de la liste INDIC'eau (Tableau 2). Le détail de ces analyses se trouve dans les annexes du rapport INDIC'eau de 2021. Un tableau récapitulatif des données récoltées est présent au Tableau 4.

## d) Coefficient d'adsorption au sol

Un paramètre essentiel à la description du comportement des pesticides dans le sol est le coefficient d'adsorption. Ce paramètre varie en fonction d'autres paramètres (type de sol et de réseaux cristallin au sein du sol, le pourcentage matière organique ainsi que sa nature, humidité du sol, du pH …) et est le reflet / bilan de différents mécanismes d'adsorption et désorption qui varient eux-mêmes en fonction du couple « molécules étudiées » et « sol ». Il peut y avoir des liaisons ioniques, des liaisons de complexation, des interactions polaires avec échange de molécules, … Le coefficient d'adsorption est le « bilan » des tous ces mécanismes. Au vu de la complexité de ces phénomènes et il faut rester prudent quant à l'interprétation de ce coefficient.

Pour obtenir ce paramètre soit des essais en laboratoire sont réalisés (détermination des isothermes d'adsorption avec une suspension de matériau adsorbant) soit ce paramètre est approximé en fonction d'autres propriétés physico-chimiques de la substance étudiée. Dans les deux cas, la détermination de l'isotherme d'adsorption est définie pour une substance.

Il existe trois types d'isothermes qui reflètent la manière dont une substance va être adsorbée en fonction de la phase dissoute. En fonction de l'isotherme caractérisant la substance, un paramètre le caractérisant (Kd ou Kf) est déterminé mathématiquement. Ce paramètre est alors paramétrisé (via la formule suivante ((kd ou kf / %OC) *100) par un pourcentage de carbone organique (OC pour « Organic carbon »), ce qui donne les paramètres « Kdoc » ou « Koc/Kfoc ».

Le tableau de la Figure 17 représente les données fournies par l'EFSA pour l'aclonifen. Cet extrait se trouve dans le document « Conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance Aclonifen, European Food Safety Authority, 2008 ». Trois

essais ont été réalisés sur trois sols différents. Le coefficient d'adsorption considéré pour l'aclonifen est la moyenne arithmétique de tous les essais. Contrairement aux données de la DT50, celles pour les coefficients d'adsorption sont plus simples à choisir car il suffit de considérer la valeur proposée par l'EFSA pour toutes les données.

Étant donné la non spécificité géographique des essais et la grande variabilité des valeurs mesurées, il est conseillé de prendre un maximum de valeurs pour caractériser le coefficient d'adsorption d'une substance. Dans le cas de l'aclonifen, le coefficient d'adsorption utilisé est le « Kfoc » et la valeur utilisée est la moyenne arithmétique des valeurs (5318 ; 5447 ; 10612) qui vaut 7126 mL/g.

**Soil adsorption/desorption (Annex IIA, point 7.1.2)**

| Parent ‡ | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Soil Type | OC % | Soil pH | $K_d$ (mL/g) | $K_{oc}$ (mL/g) | $K_f$ (mL/g) | $K_{foc}$ (mL/g) | 1/n |
| loam | 1.1 | 6.4 | | | 58.5 | 5318 | 0.878 |
| sandy loam | 1.7 | 7.3 | | | 92.6 | 5447 | 0.885 |
| Loamy sand | 2.5 | 5.7 | | | 265.3 | 10612 | 1.003 |
| Arithmetic mean/median for PELMO calculation | | | | $K_{foc}$ = | | **7126** | **0.922** |
| pH dependence, Yes or No | | | no | | | | |

[10] X This column is reserved for any other property that is considered to have a particular impact on the degradation rate.

http://www.efsa.europa.eu **52 of 80**

Figure 17 : Extrait de la page 52 du document « Conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance Aclonifen, European Food Safety Authority, 2008 » https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2008.149r

La même analyse a été effectuée pour toutes les molécules de la liste INDIC'eau (Tableau 2). Le détail de ces analyses se trouve dans les annexes du rapport INDIC'eau de 2021. Un tableau récapitulatif des données récoltées est présent au Tableau 4.

## e) La solubilité dans l'eau à 20°C

La solubilité dans l'eau est donnée pour une température (20°C), à un pH précis (pH =7). Il arrive que plusieurs solubilités soient proposées en fonction de différentes températures ou de pH. Dans ces cas-là, la valeur qui sera utilisée sera celle qui se rapproche le plus possible des conditions précisées ci-dessus. Ces différences sont précisées dans le tableau récapitulatif.

*EFSA Scientific Report* (2008) 149, 1-80, Conclusion on the peer review of aclonifen
Appendix 1 – list of endpoints

**Physical and chemical properties (Annex IIA, point 2)**

| | |
|---|---|
| Melting point (state purity) ‡ | 81.2 °C (996 g/kg) |
| Boiling point (state purity) ‡ | Decomposition before boiling |
| Temperature of decomposition (state purity) | 297 °C (996 g/kg) |
| Appearance (state purity) ‡ | yellow powder (996 g/kg, pure and 994 g/kg, technical material ) |
| | |
| Vapour pressure (state temperature, state purity) ‡ | $1.6 \times 10^{-5}$ Pa at 20 °C<br>$1.4 \times 10^{-4}$ Pa at 35 °C<br>$1.1 \times 10^{-3}$ Pa at 50 °C (all 993 g/kg)<br>$3.2 \times 10^{-5}$ Pa at 25 °C (calculated) |
| Henry's law constant ‡ | $3.03 \times 10^{-3}$ Pa $m^3$ $mol^{-1}$ at 20 °C |
| Solubility in water (state temperature, state purity and pH) ‡ | 1.40 mg/L at 20 °C (997 g/kg) at pH 5, 7 and 9 |

Figure 18 : Extrait de la page 36 du document « Conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance Aclonifen, European Food Safety Authority, 2008 » https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2008.149r

La Figure 18 reprend un extrait du dossier EFSA concernant l'aclonifen, la solubilité est de 1,40 mg/l (= mg/L) dans l'eau à une température de 20°C pour les pH de 5,7 et 9.

La même analyse a été effectuée pour toutes les molécules de la liste INDIC'eau (Tableau 2). Le détail de ces analyses se trouve dans les annexes du rapport INDIC'eau de 2021. Un tableau récapitulatif des données récoltées est présent au Tableau 4.

## f) Transformation du M. Leach et risque ESO

Pour des raisons pratiques il a fallu modifier la formule originale du M.leach. En effet les valeurs que donnent le M.leach pour les substances de la liste INDIC'eau (Tableau 2) peuvent varier d'un facteur $10^{14}$. Cette plage de valeurs est trop importante pour pouvoir être facilement visualisée. Par conséquent des transformations mathématiques doivent être appliquées à la formule de base. Ces modifications ne transforment en rien la nature du M.leach car celui-ci ne fait que comparer les substances entre elles.

La première modification est une transformation logarithmique qui permet, par une simple changement d'échelle, de réduire la plage des valeurs. Par exemple le M.leach du mécoprop-p est de « 120238 », tandis que celui de la cyperméthrine est de « 0,000000583 ». Avec une transformation logarithmique en base 10, ces mêmes valeurs deviennent « 5,08 » pour le mécoprop-p et « -6,23 » pour la cyperméthrine.

La deuxième transformation est l'ajout d'une constante. Cette modification permet d'éviter d'avoir des valeurs d'indice de lixiviation négatifs, qui auraient pour conséquence, lors du calcul du risque ESO, de diminuer le risque de l'utilisation d'une des substances problématiques pour la ressource en eau.

Ainsi transformés la valeur de l'indice de lixiviation des deux exemples est « 15,08 » pour le mécoprop-p et « 3,77 » pour la cyperméthrine. En outre, ces transformations permettent de placer les valeurs des indices de lixiviation des substances actives de la liste négative dans une plage facile d'utilisation (entre 0 et 20). Les modifications appliquées à l'indice M.leach sont résumés dans la formule ci-dessous.

$$Indice\ de\ lixiviation = \log10[\text{M.leach}] + \text{constante}$$

## g) Valeurs de l'indice de lixiviation et des paramètres

Les valeurs des trois paramètres étudiés (la solubilité, la DT50 au champ et le coefficient d'adsorption) pour chaque substance active de la liste négative sont repris dans le Tableau 4. Ces paramètres ont servi à calculer l'indice de lixiviation via la formule décrite ci-dessous.

$$Indice\ de\ lixiviation = log10[(solubilité * DT50)/\ Coefficient\ d'adsorption\ au\ sol] + 10$$

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des valeurs des paramètres pour chaque substance actives ainsi que l'indice de lixiviation obtenu.

| Substance active | Indice de lixiviation | Solubilité (mg/L) à 20°c | DT50 au champ (Jour) | Coefficient d'adsorption (mL/g) |
|---|---|---|---|---|
| *2,4-D* | 13,34 | 24 300 | 4,4 [c] | 48,47 |
| *aclonifen* | 8,27 | 1,4 | 94,8 | 7 126 |
| *bentazone* | 13,04 | 7 112 | 4,7 | 30,2 |
| *bifénox* | 6,42 | 0,1 | 18,7[d] | 7 143 |
| *chloridazon* | 11,39 | 422 | 11,7 | 199 |
| *chlortoluron* | 11,24 | 74 [a] | 42 | 180,7 [f] |
| *cyperméthrine* | 3,77 | 0,009 | 12,6 | 194 425 [e] |
| *diflufénican* | 7,45 | 0,05 | 194 | 3417 |
| *diméthénamide-p* | 11,32 | 1499 | 5,5 | 393 [b] |
| *éthofumésate* | 11,22 | 50 [a] | 39,1 | 118 |
| *flufénacet* | 10,89 | 56 | 27,8 | 202 [f] |
| *lénacile* | 9,72 | 2,9 | 23,3 | 130 |
| *MCPA* | 13,98 | 29 390 [a] | 24 [C] | 74 [f] |
| *mécoprop-p* | 15,08 | 250 000 | 10,1 | 21 |
| *métamitrone* | 12,21 | 1770 | 11,1 | 122,3 |
| *métazachlore* | 11,54 | 450 | 8,5 | 110 |
| *métobromuron* | 11,43 | 328 | 13,1 | 160 |
| *métribuzine* | 12,50 | 1050 | 11,5 | 37,9 |
| *pendiméthaline* | 7,21 | 0,309 | 72,2 | 13 792 |
| *prosulfocarbe* | 8,89 | 13 | 10,1 | 1693 |
| *s-métolachlore* | 11,70 | 480 [a] | 22 | 213 |
| *terbuthylazine* | 9,75 | 6,6 | 19,5 | 231 |

[a]: 25°C ; [b] : valeur maximale ; [c] : Lab values under aerobic conditions ; [d]: DT50 hors Europe ; [e]: Kdoc ; [f]: Koc

La présentation des valeurs brutes de l'indice de lixiviation des s.a. n'est pas didactique. C'est pour cette raison qu'une représentation graphique est proposée à la Figure 19.

Cette représentation est composée d'une échelle allant de 1 à 20. Il s'agit des valeurs entières de l'indice de lixiviation, auxquelles les s.a. ont été associées selon leur valeur d'indice. Par exemple, la valeur de l'indice de lixiviation du chloridazon est « 11,39 ». Cette substance est reprise au niveau de la case avec la valeur « 11 » de l'indice de lixiviation sur la Figure 19. Cette représentation permet de visualiser les groupes de substances actives dont le comportement est décrit comme étant similaire.

Plus la valeur de l'indice de lixiviation est élevée, plus la s.a. est potentiellement lessivable. Pour rappel, ce classement de la propension à la lixiviation est basé uniquement sur trois paramètres physico-chimiques des substances actives (la solubilité, la DT50 au champ et le coefficient d'adsorption).

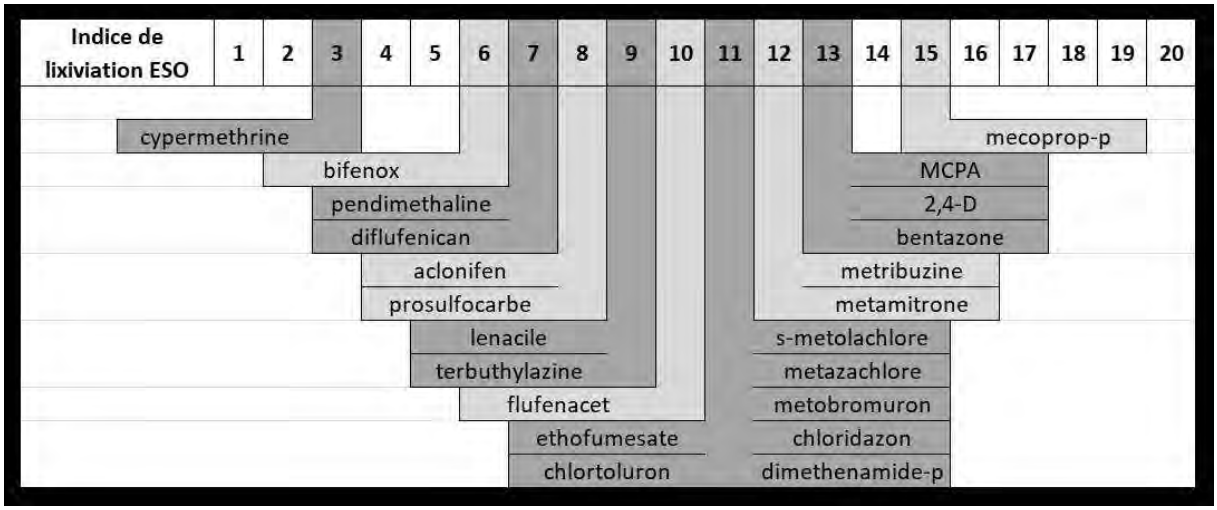



Figure 19 : Échelle de valeur des indices de lixiviation des substances actives de la liste négative. Les molécules avec le plus haut score (à droite) sont les molécules présentant un risque théorique plus élevé de lixiviation.

Afin de pouvoir étudier plus facilement les indices de lixiviation, les valeurs sont présentées par ordre décroissant (potentiel de lixiviation le plus élevé vers le plus faible) dans le Tableau 5. Il est important de considérer que les valeurs de l'indice résultent d'une expression logarithmique. Par conséquent, le passage d'une unité à l'autre équivaut à une augmentation du potentiel de lixiviation d'un facteur 10.

Tableau 5 : Ce tableau présente les substances actives avec leurs indices de lixiviation respectifs et classés par ordre décroissant

| *Substance active* | *Indice de lixiviation* |
|---|---|
| *mécoprop-p* | 15,08 |
| *MCPA* | 13,98 |
| *2,4-D* | 13,34 |
| *bentazone* | 13,04 |
| *métribuzine* | 12,40 |
| *métamitrone* | 12,21 |
| *s-métolachlore* | 11,70 |

| | |
|---|---|
| *métazachlore* | 11,54 |
| *métobromuron* | 11,43 |
| *chloridazon* | 11,39 |
| *diméthénamide-p* | 11,32 |
| *chlortoluron* | 11,24 |
| *éthofumésate* | 11,22 |
| *flufénacet* | 10,89 |
| *terbuthylazine* | 9,75 |
| *lénacile* | 9,72 |
| *prosulfocarbe* | 8,89 |
| *aclonifen* | 8,27 |
| *diflufénican* | 7,45 |
| *pendiméthaline* | 7,21 |
| *bifénox* | 6,42 |
| *cyperméthrine* | 3,77 |

## 2.5. Pondération et développement de l'indicateur ESU

Le développement d'un indice de risque pour les eaux de surface basé uniquement sur les propriétés physico-chimiques d'une substance active est très délicat. En effet, celui-ci dépend principalement des conditions d'application (conditions météorologiques, techniques de pulvérisation, développement de la culture, ainsi que des zones tampons, pente de la parcelle ainsi que de celles aux alentours…). Une intégration des données géomatiques est nécessaire pour une meilleure gestion de ces conditions.

Cependant, lors du développement de l'indice de lixiviation il a pu être observé que celui-ci, une fois « inversé » met en avant les substances actives les plus problématiques pour les eaux de surface (ESU). Il est logique que les substances les moins lixiviées, soient les plus susceptibles de se retrouver dans les ESU par érosion. L'effet « miroir » de l'indice de lixiviation a été exploité pour caractériser les substances actives potentiellement à risque pour la ressource en eau de surface. Cependant, comme il ne s'agit pas d'un indice publié dans la littérature scientifique, les résultats sont présentés en tant qu'un indicateur coloré et modulable en fonction des avis d'experts. En outre, la formule a été modifiée afin de faire apparaître la $DT_{50}$ au numérateur. L'objectif de cet indicateur est de mettre en évidence, pour les molécules les plus problématiques (ellipse en rouge dans la Figure 20), l'attention tout particulière qu'il faut accorder aux bonnes pratiques de pulvérisation lors de leurs applications. Les valeurs obtenues par la formule du risque ESU (ci-dessous) sont répertoriées dans le Tableau 6 :

$$Indice\ du\ risque\ ESU = log10\left[\frac{Coefficient\ d'adsorption\ au\ sol * DT50}{solubilité}\right] + 10$$

Tableau 6: Tableau récapitulatif des valeurs des paramètres pour chaque substance actives ainsi que de l'indice théorique de risque pour les eaux de surface (ESU) obtenu.

| Substance active | Indice de risque ESU | Solubilité (mg/L) à 20°c | DT50 au champ (Jour) | Coefficient d'adsorption (mL/g) |
|---|---|---|---|---|
| **2,4-D** | 7,94 | 24 300 | 4,4 [c] | 48,47 |
| **aclonifen** | 15,68 | 1,4 | 94,8 | 7 126 |
| **bentazone** | 8,30 | 7 112 | 4,7 | 30,2 |
| **bifénox** | 16,13 | 0,1 | 18,7[d] | 7 143 |
| **chloridazon** | 10,74 | 422 | 11,7 | 199 |
| **chlortoluron** | 12,01 | 74 [a] | 42 | 180,7 [f] |
| **cyperméthrine** | 18,43 | 0,009 | 12,6 | 194 425 [e] |
| **diflufénican** | 17,12 | 0,05 | 194 | 3417 |
| **diméthénamide-p** | 10,16 | 1499 | 5,5 | 393 [b] |
| **éthofumésate** | 11,97 | 50 [a] | 39,1 | 118 |
| **flufénacet** | 12,00 | 56 | 27,8 | 202 [f] |
| **lénacile** | 13,02 | 2,9 | 23,3 | 130 |
| **MCPA** | 8,78 | 29 390 [a] | 24 [C] | 74 [f] |
| **mécoprop-p** | 6,93 | 250 000 | 10,1 | 21 |
| **métamitrone** | 9,88 | 1770 | 11,1 | 122,3 |
| **métazachlore** | 10,32 | 450 | 8,5 | 110 |
| **métobromuron** | 10,81 | 328 | 13,1 | 160 |
| **métribuzine** | 9,72 | 1050 | 11,5 | 37,9 |
| **pendiméthaline** | 16,51 | 0,309 | 72,2 | 13 792 |
| **prosulfocarbe** | 13,12 | 13 | 10,1 | 1693 |
| **s-métolachlore** | 10,99 | 480 [a] | 22 | 213 |
| **terbuthylazine** | 12,83 | 6,6 | 19,5 | 231 |

[a]: 25°C ; [b] : valeur maximale ; [c] : Lab values under aerobic conditions ; [d]: DT50 hors Europe ; [e]: Kdoc ; [f]: Koc

La présentation des valeurs brutes de l'indice de risque ESU des s.a. n'est pas didactique. Une représentation graphique simplifiée est proposée à la Figure 20. Cette figure catégorise les s.a. de la liste INDIC'eau en trois catégories en fonction de leur indice de risque pour les ESU. La couleur rouge indique un risque très élevé, la couleur orange indique un risque élevé et la couleur jaune indique un risque moyen. Les indicateurs colorés sont reportés dans le tableau de bord destiné aux agriculteurs. Les indications colorées choisies (rouge, orange et jaune) ont l'avantage de pouvoir être facilement lisibles et compréhensibles sans indications.

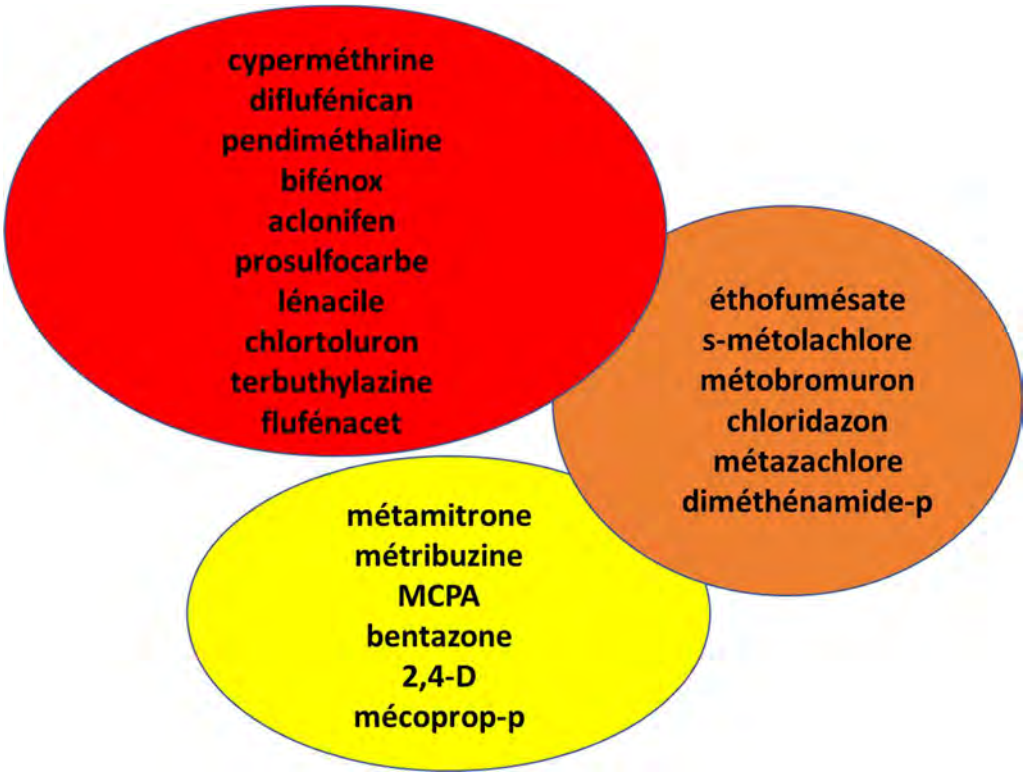



Figure 20 : Diagramme représentant les molécules en fonction de leur risque théorique pour les eaux de surface. Les couleurs indiquent le niveau de risque ou d'attention à porter lors de leur application (rouge : très élevé, orange : élevé, jaune : moyen). Cette classification est basée sur « l'inverse » du risque ESO avec avis d'expert.

Le Tableau 7 présente les valeurs numériques obtenues pour l'indice de risque ESU de chaque s.a.. Plus l'indice a une valeur élevée, plus cette s.a. présente un risque théorique élevé pour les ESU. Ces valeurs ont servi de base pour la catégorisation de ces s.a. au sein de leurs différentes catégories de risque.

Cette catégorisation est basée sur avis d'experts et peut évoluer au cours du temps. Pour rappel, ce classement effectué par l'indice du risque ESU est basé uniquement sur trois paramètres physico-chimiques (la solubilité, la DT50 au champ et le coefficient d'adsorption).

En outre, il est important de considérer que les valeurs de l'indice résultent d'une expression logarithmique. Par conséquent, le passage d'une unité à l'autre équivaut à une augmentation du risque pour les ESU d'un facteur 10.

Tableau 7 : Tableau présentant les substances actives avec leur indice correspondant de risque ESU classées par ordre décroissant (du risque théorique le plus élevée pour les ESU vers le moins élevé).

| Substance active | indice du risque ESU |
|---|---|
| cyperméthrine | 18,43 |
| diflufénican | 17,12 |
| pendiméthaline | 16,51 |
| bifénox | 16,13 |
| aclonifen | 15,68 |
| prosulfocarbe | 13,12 |

| | |
|---|---|
| lénacile | 13,02 |
| terbuthylazine | 12,83 |
| chlortoluron | 12,01 |
| flufénacet | 12,00 |
| éthofumésate | 11,97 |
| s-métolachlore | 10,99 |
| métobromuron | 10,81 |
| chloridazon | 10,74 |
| métazachlore | 10,32 |
| diméthénamide-p | 10,16 |
| métamitrone | 9,88 |
| métribuzine | 9,72 |
| mésotrione | 9,44 |
| MCPA | 8,78 |
| bentazone | 8,30 |
| 2,4-D | 7,94 |
| mécoprop-p | 6,93 |

# 3. Résultats

La partie résultat se compose de trois grandes parties :

I. **la carte d'identité des 21 s.a.,**
II. **les résultats INDIC'eau liés aux données récoltées dans le cadre des contrats captage et du suivi des agriculteurs du SSA, et ce avec y compris la détermination de valeurs seuils par culture pour l'année 2022,**
III. **l'exécutable, qui est un programme qui permet de calculer facilement l'INDIC'eau 2.0 dans son ensemble.**

La carte d'identité est un délivrable fournit à PROTECT'eau sous format Excel qui apporte des informations concernant les 21 s.a. de la liste INDIC'eau. Diverses informations y sont présentées, comme entre autre: le mode d'action, les cibles, le risque pour les ESO ou les ESU, des caractéristiques physico-chimiques et un bilan succin des détections et contaminations, provenant d'une analyse de PRIOR'eau et de la CDP'eau. Il s'agit d'une finalisation de la carte d'identité initiée en 2021 en collaboration avec la cellule phyto et avant le début du projet DRAKKAR.

La deuxième partie concerne les résultats INDIC'eau dans son ensemble (ISAC, ISAC'eau, QAC et CPP). En effet, beaucoup de données ont pu être compilées en 2023 grâce à la récolte des conseillers PROTECT'eau et du suivi du SSA assuré par le CRA-W (démarchage d'une trentaine d'agriculteurs et suivi effectif d'une douzaine).

Ces données proviennent donc soit des différents centres d'action PROTECT'eau (Huy, Libramont, Marquain et Philippeville) ou soit du réseau SSA pour 50% via des fiches de culture qu'il a fallu encoder et 50% de fichiers Excel complétés par les agriculteurs eux-mêmes.

On retrouve dans cette partie :

- l'analyse détaillée des données du captage de Claminforge soumise aussi dans le cadre du rapport triennal. Le but était également de proposer des pistes d'interprétation des itinéraires phytotechniques et leurs suivis sur 3 ans avec en point de mire, la réduction de la CPP (charge de pression potentielle) par s.a. sur une zone définie.
- le travail à partir des données récoltées dans le cadre du réseau SSA, avec en lien une proposition de définition des valeurs seuils pour 2022 d'ISAC'eau pour les trois cultures prioritaires (betteraves sucrières, colza et maïs) correspondant également au projet SUBSTIPHYT'eau et d'ISAC pour la culture de froment d'hiver et de pommes de terre ou des s.a. préoccupantes pour les ESU sont largement utilisées.

La troisième partie, et donc le dernier volet des résultats, présente le cadre d'utilisation de l'outil automatisé du calcul d'ISAC'eau INDIC'eau 2.0, ainsi qu'un tutoriel d'utilisation de l'outil avec un exemple d'utilisation.

## 3.1. Carte d'identité des s.a. d'INDIC'eau

La carte d'identité est présentée dans son entièreté au travers des différents tableaux successifs (Tableau 8 ➔ Tableau 16) et regroupant toute l'information pour les substances actives d'INDIC'eau (le chloridazon n'est plus autorisé depuis 2021 et non repris dans l'indicateur).

Tableau 8 : Carte d'identité des substances actives (Partie 1).

| Substance active | Produit commercial usuel | Culture cible principale | Risque potentiel | Description |
|---|---|---|---|---|
| 2,4D | U-46-D-500<br>Damex Forte Super | Céréales | ESO | Le 2,4-D est un herbicide systémique sélectif approuvé pour une utilisation dans l'UE et utilisé pour lutter contre les mauvaises herbes. Le 2,4-D est utilisé principalement en tant qu'herbicide post-émergence pour contrôler une grande variété de mauvaises herbes à feuilles larges. |
| Aclonifène | Challenge<br>Novitron Damtec | Pommes de terre | ESU | L'aclonifène est un herbicide utilisé pour lutter contre les graminées et les dicotylées à feuilles larges. |
| Bentazone | Basagran SG<br>CORUM | Pois et haricots; oignons*,lin*<br><br>*plus autorisé (cfr SUBSTIPHYT'eau) | ESO | La bentazone est un herbicide utilisé pour lutter contre les mauvaises herbes annuelles, très sélectif vis-à-vis des céréales et des graminées. La molécule peut être utilisée pour le désherbage en postémergence du pois, du haricot et du lin. |
| Bifénox | Fox 480 SC | Céréales | ESU | Bifénox est un herbicide pour le contrôle des mauvaises herbes à feuilles larges et de certaines graminées. |
| Chloridazon | / | Betterave | ESO | Le choridazon est un herbicide pour le contrôle des mauvaises herbes à feuilles larges et des graminées. |
| Chlortoluron | Lentipur 500 SC<br>Tolurex | Céréales | ESO | Le chloroturon est un herbicide à base d'urée couramment utilisé en céréales pour lutter notamment contre les graminées annuelles peu développées. Son comportement est fortement influencé par la pluviosité et le type de sol. Il est utilisé en traitement automnal et au printemps |
| Cyperméthrine | Fastac<br>CYPELCO<br>INTERCYP 0,8 GR | Céréales/Colza | ESU | La cyperméthrine est une substance active avec un large champ d'action, elle est efficace contre les insectes volants et rampants, elle agit par contact et par ingestion. La cyperméthrine est constituée de 8 isomères (4 isomères cis et 4 trans). Il existe sur le marché des mélanges d'isomères de la cyperméthrine avec différents ratios cis/trans, ces mélanges ont été nommés : l'alpha cyperméthrine, la bêta-cyperméthrine, la thétacyperméthrine et la zêta-cyperméthrine. |
| Diflufénican | Diflanil 500 SC<br>Arnold<br>TRINITY | Céréales | ESU | Un herbicide utilisé pour contrôler les graminées et les mauvaises herbes à feuilles larges souvent utilisé dans les mélanges. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Diméthenamide-P | Frontier elite<br>AKRIS<br>BUTISAN GOLD | Betterave | ESO | Un herbicide de pré-levée souvent utilisé pour lutter contre les graminées annuelles, les mauvaises herbes à feuilles larges annuelles. |
| Ethofumésate | Cristobal 500<br>Kemiron SC<br>OBLIX 200 EC | Betterave | ESO | Actif vis-à-vis des graminées annuelles, très sélectif en betterave sucrière et fourragère en post-levée. |
| Flufénacet | ANDES<br>Fluent 500 SC<br>Glosset SC | Céréales | ESU | Le flufénacet est un herbicide sélectif approuvé pour une utilisation dans l'UE et souvent utilisé en combinaison avec d'autres herbicides pour lutter contre les graminées et certaines mauvaises herbes à larges feuilles, Il doit être appliqué très tôt, sur des adventices de petite taille ou non encore germées. |
| Lénacile | Venzar<br>Venacil<br>SAFARI DUOACTIVE | Betterave | ESO | Le lénacile est un herbicide « diazine » pour le contrôle sélectif des mauvaises herbes. |
| MCPP | Duplosan Super | Céréales | ESO | Comme tous les herbicides auxiniques, le mécoprop-P sert principalement à gérer les mauvaises herbes à feuilles larges (dicotylédones). |
| MCPA | U 46 M<br>BOFIX<br>DUPLOSAN SUPER | Céréales | ESU | Le MCPA est un herbicide pour lutter contre les mauvaises herbes annuelles et pérennes à larges feuilles. |
| Métamitron | ACTRON 700 SC<br>Goltix 700 SC<br>KEZURO | Betterave | ESO | Un herbicide efficace contre les graminées et les mauvaises herbes à feuilles larges dans les cultures de betteraves. |
| Métazachlore | Butisan S<br>Fuego<br>RAPSAN TURBO | Colza | ESO | Le métazachlore est utilisé comme herbicide sélectif dans les cultures de colza d'hiver et d'été, ainsi que dans les cultures maraîchères, principalement celles de choux et de poireaux. La quantité totale de métazachlore utilisée est nettement plus élevée en Wallonie qu'en Flandre en lien avec la culture de colza d'hiver. |
| Métobromuron | Proman<br>PROMURON 500 | Pommes de terre | ESU | Un herbicide utilisé en prélevée et appliqué à la surface du sol pour lutter contre les mauvaises herbes et les graminées. |
| Métribuzine | Sencor SC<br>ARTIST<br>METRIC | Pommes de terre | ESU | Herbicide actif contre de nombreuses dicotylées excepté gaillet-gratteron et de nombreuses graminées annuelles. |
| Pendiméthaline | Stomp aqua<br>BISMARK<br>MOST MICRO | Céréales | ESO | La pendiméthaline agit par inhibition de la germination et sur les très jeunes plantules. |
| Prosulfocarbe | Defi<br>ROXY 800 EC<br>FIDOX | Pommes de terre | ESU | Le prosulfocarbe est une substance herbicide racinaire. |
| S-métolachlore | CAMIX<br>Dual gold<br>LECAR | Maïs | ESO | Le S-métolachlore est une substance active herbicide à mode d'action racinaire de la famille des chloracétamides. |
| Terbuthylazine | ASPECT T<br>Callistar<br>CLICK PRO | Maïs | ESO | La terbuthylazine est un herbicide de la famille des triazines employé en majorité en combinaison avec d'autres substances actives herbicides, pour la culture du maïs notamment. Elle est abosrbée par les racines et les feuilles de l'adventice. |

Tableau 9 : Carte d'identité des substances actives (Partie 2).

| Substance active | Adventices/ Insectes ciblé,e,s | Mode d'action |
|---|---|---|
| 2,4D | Coquelicot | (Perturbation division cellulaire et croissance, groupe 4_Auxine synthétique). Sélectif, systémique, absorbé par les racines et augmente la biosynthèse et la production d'éthylène provoquant une division cellulaire incontrôlée et endommageant ainsi le tissu vasculaire. |
| Aclonifène | Chénopode blanc, capselle bourse-à-pasteur, fumeterre officinal, mercuriale annuelle, mouron des oiseaux, renouée faux liseron, sené | (Phytotoxicité via radicaux libres liés à l'oxygène, groupe 32_inhibition de la solanesyl diphosphate synthase). Herbicide de la famille des diphényl éthers utilisé pour le contrôle en prélevée des graminées et des mauvaises herbes à feuilles larges. |
| Bentazone | Matricaire camomille, capselle bourse à pasterue, chénopode, colza, datura, ethuse, morelle noire, pourpier, renouée persicaire, sénéçon | (Phytotoxicité via radicaux libres liés à l'oxygène, groupe 6_inhibition de la photosynthèse (PSII) via D1 histidine 215 binders). Un herbicide de contact de postlevée à base de la famille des diazines utilisé pour lutter contre les mauvaises herbes annuelles. |
| Bifénox | Véronique, lamier et violette (pensée) | (Phytotoxicité via radicaux libres liés à l'oxygène, groupe 14_inhibition de la protoporphyrinogen oxidase). Herbicide de la famille des diphényl éthers. |
| Chloridazon | / | (Phytotoxicité via radicaux libres liés à l'oxygène, groupe 5_inhibition de la photosynthèse (PSII) via D1 serine 264 binders). Herbicide de la famille des triazinones. |
| Chlortoluron | Vulpin, mouron des oiseaux et camomille | (Phytotoxicité via radicaux libres liés à l'oxygène, groupe 5_inhibition de la photosynthèse (PSII) via D1 serine 264 binders). Herbicide de la famille des urées. |
| Cyperméthrine | Pucerons, mouche grise et criocère des céréales | La Cyperméthrine agit par contact et ingestion sur un grand nombre d'insectes, à des doses très faibles. Elle empêche la transmission des impulsions nerveuses le long du système nerveux des insectes, en bloquant le canal sodium des membranes nerveuses. Elle possède également un effet répulsif : inhibition de la ponte chez les adultes et de nourriture chez les larves. |
| Diflufénican | Véronique, violette, lamier et mouron des oiseaux | (Phytotoxicité via radicaux libres liés à l'oxygène, groupe 12_inhibition de la phytoene desaturase). |
| Diméthenamide-P | Morelle, véronique et amaranthe | (Perturbation métabolisme cellulaire, groupe 15_inhibition des acides gras à longues chaines). Herbicide de la famille des chloroacétamides. |
| Ethofumésate | Arroche, renouées, morelle, mercuriale, mouron, fumeterre, … | Action sur plantes sensibles en inhibant dans les méristèmes apicaux la fréquence de division cellulaire. |
| Flufénacet | Vulpin, jouet du vent, mouron des oiseaux et véronique | Sélectif avec une activité méristématique. Il inhibe la division cellulaire des méristèmes suite à une absorption du produit par les racines et l'hypocotyle |
| Lénacile | Arroche, renouée liseron | (Phytotoxicité via radicaux libres liés à l'oxygène, groupe 5_inhibition de la photosynthèse (PSII) via D1 serine 264 binders). Herbicide de la famille des uraciles. |
| MCPP | Dicotylées | Division cellulaire et croissance. Site d'action: groupe 4: auxine de synthèse. Dérèglement de la croissance de la plante. |

| | | |
|---|---|---|
| MCPA | Laiteron, chardon des champs, bleuets, chénopode | Perturbation division cellulaire et croissance, groupe 4_Auxine synthétique). |
| Métamitron | chénopode, arroche, fumeterre, pensée, matricaire | (Phytotoxicité via radicaux libres liés à l'oxygène, groupe 5_inhibition de la photosynthèse (PSII) via D1 serine 264 binders). Herbicide de la famille des triazinones. |
| Métazachlore | Gaillet gratteron, arroche, camomille, capselle bourse à pasteur, coquelicot, chénopode blanc, folle avoine, ,,, | (Perturbation métabolisme cellulaire, groupe 15_inhibition des acides gras à longues chaines). Herbicide de la famille des chloroacétamides. |
| Métobromuron | vulpin des champs, capselle bourse-à-pasteur, chénopode blanc, galinsoge, matricaire camomille, mouron des oiseaux, renouée faux-liseron et renouée des oiseaux | (Phytotoxicité via radicaux libres liés à l'oxygène, groupe 5_inhibition de la photosynthèse (PSII) via D1 serine 264 binders). Herbicide de la famille des urées. |
| Métribuzine | Pâturin annuel, vulpin des champs, datura, ethuse, galinsoge, lamier pourpre, matricaire camomille, mourou des oiseaux, spergule | (Phytotoxicité via radicaux libres liés à l'oxygène, groupe 5_inhibition de la photosynthèse (PSII) via D1 serine 264 binders). Herbicide de la famille des triazinones. |
| Pendiméthaline | Véronique, violette et lamier | (Perturbation division cellulaire et croissance, groupe 3_inhibition de l'assemblage des microtubules). |
| Prosulfocarbe | Pâturin annuell, vulpin des champs, capselle bourse-à-pasteur, gaillet gratteron | (Perturbation métabolisme cellulaire, groupe 15_inhibition des acides gras à longues chaines). Herbicide de la famille des thiocarbamates. |
| S-métolachlore | Panic pied-de-coq, sétaire verticilée, digitaire, ray-grass, vulpin, amarante, fumeterre, lamier, matricaire camomille, morelle noire, véronique | (Perturbation métabolisme cellulaire, groupe 15_inhibition des acides gras à longues chaines). Herbicide de la famille des chloroacétamides. |
| Terbuthylazine | Panic pied-de-coq, pâturin sétaire, digitaire, chénopode, morelle noire, arroche, mouron des oiseaux, camomille, renouée des oiseaux et persciaire et sénéçon | (Phytotoxicité via radicaux libres liés à l'oxygène, groupe 5_inhibition de la photosynthèse (PSII) via D1 serine 264 binders). Herbicide de la famille des triazines. |

Tableau 10 : Carte d'identité des substances actives (Partie 3).

| **Substance active** | **Racinaire ou foliaire** | **Comportement/caractéristique et focus H2O** |
|---|---|---|
| 2,4D | Foliaire | Il n'est pas persistant dans le sol mais peut persister dans les systèmes aquatiques dans certaines conditions. Il est très soluble dans l'eau, volatil et a un haut potentiel de lessivage dans les eaux souterraines en raison de ses propriétés chimiques. Diverses formes du 2,4-D, notamment l'acide libre, les sels et les esters de la substance, sont employées dans les préparations d'herbicides et toutes ces formes libèrent l'acide en tant qu'ingrédient actif. |
| Aclonifène | Racinaire et foliaire | Il n'est pas volatil et ne devrait pas s'infiltrer dans les eaux souterraines. Il est modérément persistant dans les systèmes pédologiques et peut être très persistant dans les systèmes aquatiques dans certaines conditions. Il n'est pas très soluble dans l'eau mais dans de nombreux solvants organiques. |

| | | |
|---|---|---|
| Bentazone | Foliaire | La bentazone résiste à l'hydrolyse à tous les pH que l'on observe normalement dans l'environnement. Elle se dégrade assez rapidement par photolyse dans l'eau avec une demi-vie de 62 heures. Ce mécanisme de transformation semble constituer sa principale voie de dégradation dans l'eau. Au sol, elle se dégrade très lentement par photolyse (demi-vie > 941 heures). La bentazone est faiblement persistante à persistante dans les sols en conditions aérobies. Elle est modérément persistante dans l'eau (demi-vie de 80 jours). Sous forme vapeur, la bentazone se dégrade rapidement en réagissant avec les radicaux hydroxyles produits photochimiquement. |
| Bifénox | Foliaire | Il a une faible solubilité aqueuse, est volatil et ne devrait pas se lessiver dans les eaux souterraines. Utilisé uniquement en céréales d'hiver contre dicotylées annuelles. |
| Chloridazon | Racinaire | Retiré depuis 2021. Il est modérément persistant dans le système pédologique et peut également être persistant dans les systèmes aquatiques dans certaines conditions. |
| Chlortoluron | Racinaire | Il est modérément soluble dans l'eau, volatil avec un potentiel élevé de lessivage vers les eaux souterraines. Le chlortoluron est un herbicide racinaire dont le comportement est fortement influencé par la pluviosité (trop de pluie induit un manque de sélectivité) et le type de sol (une teneur en matière organique élevée provoque une baisse d'efficacité). Sa persistance d'action est faible car il disparait rapidement pendant la période hivernale. Il est très sélectif des céréales (excepté aux stades 1 à 3 feuilles, BBCH 11-13) et efficace contre les graminées annuelles peu développées dont le vulpin et les dicotylées classiques comme le mouron des oiseaux et la camomille. En froment d'hiver, le chlortoluron ne peut cependant être utilisé que sur des variétés tolérantes. |
| Cyperméthrine | **Insecticide** | Bien que ses propriétés chimiques suggèrent qu'il ne devrait pas s'infiltrer dans les eaux souterraines, il a été détecté. Il est considéré comme un polluant marin grave. Il est modérément persistant dans les sols mais est susceptible de se dégrader modérément rapidement dans les systèmes aquatiques à la lumière du jour. |
| Diflufénican | Racinaire et foliaire | Sur la base des propriétés de la substance active, on peut conclure que le diflufénican se dégrade très lentement dans le sol. En outre, son adsorption sur les particules du sol est très élevée. Par conséquent, le diflufénican ne sera pas lessivé facilement du sol, par exemple à la suite de fortes pluies, mais sera très sujet à l'érosion des particules de sol auxquelles le diflufénican s'est adsorbé. En outre, le transport à longue distance de ce composé dans les eaux de surface doit être dûment pris en considération, car cette substance active se dégrade très lentement dans l'eau et la dégradation photolytique est négligeable. Sur la base du potentiel négligeable de volatilisation à partir de la surface des plantes et du sol (faible volatilité, adsorption au sol), on considère que l'exposition à l'air et donc le transport à longue distance dans l'air sont insignifiants pour le diflufénican. |
| Diméthenamide-P | Racinaire | Herbicide normalement appliqué sur le sol mais pouvant être utilisé en post-levée. L'herbicide est absorbé par les racines et par l'épicotyle. Il n'y a peu ou pas d'action foliaire et peu de diffusion dans la plante. |
| Ethofumésate | Racinaire et foliaire | Solubilité dans l'eau faible et persistance élevée dans le sol où il est lentement dégradé par les microorganismes. La molécule est absorbée par les jeunes pousses lorsqu'après germination de la graine, elles traversent la couche surperficielle du sol traité. |
| Flufénacet | Racinaire | Il est modérément soluble dans l'eau et peu volatile. Il peut, dans certaines conditions être persistant dans le sol et dans les sédiments et systèmes hydriques. Le flufenacet, actif contre les graminées et quelques dicotylées, doit être appliqué très tôt, sur des adventices de petite taille ou non encore germées. Il peut dès lors être pulvérisé en préémergence et juste après la levée de la culture. |
| Lénacile | Racinaire | Il est modérément persistant dans le sol et persistera dans les systèmes aquatiques. Il a une faible solubilité dans l'eau, présente un risque élevé de lessivage dans les eaux souterraines en raison de ses propriétés chimiques et est semi-volatile. |
| MCPP | Foliaire | Le mécoprop sous forme de sel de diméthylammonium se dissocie rapidement pour former l'acide correspondant ou encore sa base conjuguée (l'ion carboxylate) selon le pH du milieu. Le mécoprop résiste à l'hydrolyse à tous les pH normalement retrouvés dans l'environnement. Le mécoprop est faiblement persistant dans les sols. Sa demi-vie de biodégradation est de 8,2 jours. Dans un système eau-sédiment en conditions aérobies, il est modérément persistant. Sa demi-vie mesurée en phase aqueuse est de 37 jours. Son principal métabolite est le 4-chloro-2-méthylphénol, qui est susceptible d'être photodégradé avec une demi-vie de 3,5 jours. La valeur de Koc du mécoprop |

| | | |
|---|---|---|
| | | est de 31 ml/g. Ceci indique qu'il est mobile dans les sols. Son potentiel de lessivage est modéré. Il est donc susceptible de contaminer l'eau souterraine lorsqu'il est appliqué sur un sol sablonneux. Sous forme dissoute, il peut aussi contaminer l'eau de surface par ruissellement. |
| MCPA | Foliaire | Compte tenu de la grande solubilité du MCPA dans l'eau et du fait qu'il ne se fixe pas aux particules du sol, il faut s'attendre à ce que le MCPA soit sensible au lessivage. Le MCPA n'est cependant pas sensible à l'érosion. Les voies d'émission via l'air peuvent également être exclues en raison de la faible volatilité de la substance. Cependant, la pollution ponctuelle peut jouer un rôle important dans l'émission de MCPA dans les eaux de surface en raison de mauvaises pratiques telles que le non-respect des zones tampons et la vidange et le nettoyage des équipements de pulvérisation à proximité de l'eau ou sur des surfaces dures. La substance active est facilement soluble dans l'eau. Le MCPA a une faible adsorption dans le sol et n'adhère donc pas au sol. Le MCPA a une faible volatilité. |
| Métamitron | Racinaire | Il est impliqué bien souvent dans des pollutions diffuses en tant que base du système FAR. Les trois principaux produits formés par hydrolyse dépendent du pH. L'hydrolyse ne joue qu'un rôle mineur dans les processus globaux de dégradation du métamitrone dans l'eau, mais elle peut être importante à des pH élevés. |
| Métazachlore | Racinaire | Le métazachlore est une substance active racinaire entrant dans la composition de nombreux programmes de désherbage du colza, en raison de son spectre d'action sur dicotylées et surtout sur graminées. Il entre aussi bien dans la composition d'herbicides de préémergence que d'herbicides de postémergence. Cette substance active est stable dans l'eau, mobile dans le sol et se décompose en deux métabolites connus : les métazachlores ESA et OA. Le métazachlore et ses métabolites font partie de la liste des pesticides mesurés dans le cadre de la surveillance de la qualité de l'eau. Des dépassements sont constatés principalement dans les eaux souterraines (surtout en Entre Sambre et- Meuse et en Condroz). |
| Métobromuron | Racinaire et foliaire | Il est modérément soluble dans l'eau, est assez volatil et il existe un risque modéré qu'il puisse s'infiltrer dans les eaux souterraines. Il est modérément persistant dans les systèmes pédologiques et peut également être persistant dans les plans d'eau, selon les conditions. |
| Métribuzine | Racinaire et foliaire | Absorbé par les racines et le feuillage des mauvaises herbes, il agit en bloquant la photosynthèse. Son spectre d'activité est large, principalement en ce qui concerne les dicotylédones, mais aussi les graminées. La métribuzine est très soluble dans l'eau. La valeur de sa constante d'adsorption sur le carbone organique (Koc) varie de 3 à 47 ml/g, indiquant qu'elle est mobile à très mobile dans les sols. Son potentiel de lessivage est élevé. Elle peut donc contaminer l'eau souterraine par lixiviation. |
| Pendiméthaline | Racinaire | Utilisé en pré-émergence. La pendimethaline complète idéalement le chlortoluron ou le prosulfocarbe en élargissant leur spectre antidicotylées aux VVL (mais pas au gaillet gratteron) et en renforçant leur activité sur les graminées. |
| Prosulfocarbe | Racinaire | Impliqué dans des phénomènes de dérive. Le prosulfocarbe n'est plus une référence contre les graminées. Il constitue toutefois un partenaire de choix contre un certain nombre de graminées et de dicotylées annuelles dont les VVL (violettes, véroniques, lamiers). Il est très valable contre le gaillet gratteron mais inefficace sur camomille. |
| S-métolachlore | Racinaire | Le S-métolachlore est une substance active soluble dans l'eau et avec un faible coefficient d'adsorption sur les sols. Le S-métolachlore est modérément mobile dans les sols (Koc = 110 à 369 ml/g). Étant donné qu'il est modérément persistant, il présente un potentiel de lessivage élevé. Il peut donc contaminer l'eau souterraine par lixiviation. Le S-métolachlore et ses deux produits de dégradation (métolachlore-ESA et métolachlore-OA) ont été détectés dans l'eau souterraine et dans l'eau de surface. |
| Terbuthylazine | Racinaire et foliaire | Impliqué dans des phénomènes de ruissellement. Souvent en combinaison qui est active contre les graminées et dicotylédones annuelles. Bien qu'agréée uniquement en association, la terbuthylazine présente divers avantages. En effet, elle renforce l'efficacité des produits de contact et accélère la vitesse d'action des partenaires. Depuis la publication du communiqué de presse du SPF du 30 octobre 2015, tout agriculteur qui souhaite appliquer un produit à base terbuthylazine sur une parcelle qui longe une eau de surface se voit contraint d'implanter une zone tampon végétative de 20 m le long de celle-ci. |

Tableau 11 : Carte d'identité des substances actives (Partie 4).

| Substance active | Commentaire PRIOR'eau | Commentaire CDP'eau |
|---|---|---|
| 2,4D | **SEQESO**<br>ESO : Quelques contaminations<br>ESO : Quelques détections < norme<br>ESO : Beaucoup de détections < LOQ | / |
| Aclonifène | Principalement problème de ruissellement<br>ESU : PAS de normes (NQE)<br>ESU : Pas mal de détections au-dessus de 100 ng/L<br>ESU : Pas mal de détections entre 25 et 100 ng/L<br>ESU : Beaucoup de détections en dessous de 25 ng/L | / |
| Bentazone | **SEQESO**<br>Molécule très problématique avec des restrictions d'utilisation pas évidente à respecter<br>ESO : Énormément de contaminations et de détections !<br>ESU : PAS de normes (NQE)<br>ESU : Beaucoup de détections | 14 cas sur 36 sont caractérisés par un dépassement en bentazone de la norme de qualité |
| Bifénox | Cas eaux de surface, avis d'expert cabinet ENVI<br>ESU : PAS de normes (NQE)<br>ESU : Quelques détections au dessus de 100 ng/L<br>ESU : Quelques détections entre 25 et 100 ng/L<br>ESU : Beaucoup de détections (et très faible) en dessous de 25 ng/L | / |
| Chloridazon | **SEQESO**<br>Rétiré depuis 06/2021 | 7 cas sur 36 sont caractérisés par un dépassement en métabolite B du chloridazon de la norme de qualité 2 cas sur 36 est caractérisé par un dépassement en chloridazon |
| Chlortoluron | **SEQESO**<br>ESO : Contamination des eaux souterraines<br>ESO : Beaucoup de détections en 25 et 100 ng/L<br>ESO : Beaucoup de détections < 25 ng/L<br>ESU : PAS de normes (NQE)<br>ESU : Beaucoup de détections au-dessus de 100 ng/L<br>ESU : Beaucoup de détections entre 25 et 100 ng/L<br>ESU : Beaucoup de détections en dessous de 25 ng/L | 2 cas sur 36 sont caractérisés par un dépassement en chlortoluron de la norme de qualité |
| Cyperméthrine | Impliqué dans des contaminations au niveau des eaux de surface principalement via des phénomènes de dérive,<br>ESU : PAS de normes (NQE)<br>ESU : Beaucoup de détections au-dessus de 100 ng/L<br>ESU : Beaucoup de détections entre 25 et 100 ng/L<br>ESU : Beaucoup de détections en dessous de 25 ng/L | / |
| Diflufénican | Principalement problème de ruissellement<br>ESO : Peu de détections entre 25 et 100 ng/L<br>ESO : beaucoup de détections < 25 ng/L<br>ESU : PAS de normes (NQE)<br>ESU : Pas mal de détections au-dessus de 100 ng/L<br>ESU : Beaucoup de détections entre 25 et 100 ng/L<br>ESU : Beaucoup de détections en dessous de 25 ng/L | 1 cas sur 36 est caractérisé par un dépassement en diflufénican de la norme de qualité |
| Diméthenamide-P | ESO : Quelques contaminations<br>ESO : Quelques détections entre 25 et 100 ng/L<br>ESO : Beaucoup de détections < 25g/L | 3 cas sur 36 sont caractérisés par un dépassement en diméthénamide-P de la norme de qualité |
| Ethofumésate | Contamination fréquente des eaux souterraines<br>ESO : Quelques contaminations<br>ESO : Quelques détections entre 25 et 100 ng/L<br>ESO : beaucoup de détections en dessous de 25 ng/L | 1 cas sur 36 est caractérisé par un dépassement en éthofumésate de la norme de qualité |

| | | |
|---|---|---|
| Flufénacet | Principalement problème de ruissellement<br>ESO s.a.: Pas mal contaminations<br>ESO s.a.: Pas mal détections entre 25 et 100 ng/L<br>ESO s.a.: Beaucoup de détections en dessous de 25ng/L<br>ESO met. : métabolites OA et ESA : beaucoup de détections : Pas de normes<br>ESU : PAS de normes (NQE)<br>ESU : Beaucoup de détections au dessus de 100 ng/L<br>ESU : Beaucoup de détections entre 25 et 100 ng/L<br>ESU : Beaucoup de détections en dessous de 25 ng/L | / |
| Lénacile | Contamination fréquente des eaux souterraines<br>ESO : Quelques contaminations<br>ESO : Pas mal de détections entre 25 et 100 ng/L<br>ESO : Énormément de détections en dessous de 25 ng/L<br>ESU : PAS de normes (NQE)<br>ESU : Pas mal de détections au dessus de 100 ng/L<br>ESU : Beaucoup de détections entre 25 et 100 ng/L<br>ESU : Beaucoup de détections en dessous de 25 ng/L | / |
| MCPP | Contamination fréquente des eaux souterraines<br>ESO : Quelques contaminations<br>ESO : Quelques détections entre 25 et 100 ng/L<br>ESO : Énormément de détections en dessous de 25 ng/L<br>ESU : PAS de normes (NQE)<br>ESU : Beaucoup de détections en dessous de 25 ng/L | / |
| MCPA | **SEQESO**<br>ESO : pas mal de contaminations<br>ESO : Beaucoup détections entre 25 et 100 ng/L<br>ESO : Énormément de détections en dessous de 25 ng/L<br>ESU : PAS de normes (NQE)<br>ESU : ESU : Beaucoup de détections au-dessus de 100 ng/L<br>ESU : Beaucoup de détections entre 25 et 100 ng/L<br>ESU : Beaucoup de détections en dessous de 25 ng/L | 2 cas sur 36 sont caractérisés par un dépassement en MCPA de la norme de qualité |
| Métamitron | ESO : pas mal de contaminations<br>ESO : Beaucoup détections entre 25 et 100 ng/L<br>ESO : Énormément de détections en dessous de 25 ng/L<br>ESO : met. Désamino-métamitron (pas de norme) : Quelques détections | 3 cas sur 36 sont caractérisés par un dépassement en métamitron de la norme de qualité |
| Métazachlore | **SEQESO (métabolite ESA)**<br>ESO : pas mal de contaminations<br>ESO : pas mal de détections entre 25 et 100 ng/L<br>ESO : Beaucoup de détections en dessous de 25 ng/L<br>ESO : métabolites OA (pas de norme) et ESA (norme =100 ng/L) : beaucoup de détections et contaminations<br>ESO : métabolites 3/4/5/6/( pas de normes) : pas mal de détections<br>ESU : PAS de normes (NQE)<br>ESU : Quelques détections au-dessus de 100 ng/L<br>ESU : Pas mal de détections entre 25 et 100 ng/L<br>ESU : Beaucoup de détections en dessous de 25 ng/L | / |
| Métobromuron | Principalement problème de ruissellement<br>ESO : Quelques détections entre 25 et 100 ng/L<br>ESO : Beaucoup de détections en dessous de 25 ng/L | / |
| Métribuzine | **SEQESO**<br>Principalement problème de ruissellement<br>ESO : Pas mal de contaminations<br>ESO : Beaucoup de détections entre 25 et 100 ng/L<br>ESO : Beaucoup de détections en dessous de 25 ng/L<br>ESU : PAS de normes (NQE)<br>ESU : Quelques détections au-dessus de 100 ng/L<br>ESU : Quelques détections entre 25 et 100 ng/L<br>ESU : Beaucoup de détections en dessous de 25 ng/L | 1 cas sur 36 est caractérisé par un dépassement en métribuzine de la norme de qualité |
| Pendiméthaline | ESO : Quelques détections entre 25 et 100 ng/L<br>ESO : Beaucoup de détections en dessous de 25 ng/L | / |

| | | |
|---|---|---|
| Prosulfocarbe | Principalement problème de ruissellement<br>ESO : Quelques détections entre 25 et 100 ng/L<br>ESO : Beaucoup de détections en dessous de 25 ng/L<br>ESU : PAS de normes (NQE)<br>ESU : Beaucoup de détections au dessus de 100 ng/L<br>ESU : Beaucoup de détections entre 25 et 100 ng/L<br>ESU : Beaucoup de détections en dessous de 25 ng/L | / |
| S-métolachlore | **SEQESO (s.a. et métabolite ESA)**<br>ESO : Pas mal de contaminations<br>ESO : Beaucoup détections entre 25 et 100 ng/L<br>ESO : Énormément de détections en dessous de 25 ng/L<br>ESO met. : métabolites ESA (norme = 1000ng/L) et OA (pas de norme)<br>met. ESA : Énormément de détections et pas mal de contaminations<br>met. OA : Beaucoup de détections<br>ESU : PAS de normes (NQE)<br>ESU : Beaucoup de détections au-dessus de 100 ng/L<br>ESU : Beaucoup de détections entre 25 et 100 ng/L<br>ESU : Beaucoup de détections en dessous de 25 ng/L | 5 cas sur 36 sont caractérisés par un dépassement en S-métolachlore de la norme de qualité |
| Terbuthylazine | **SEQESO**<br>Contamination fréquente des eaux de surface et possibilité eaux souterraines<br>ESO : Pas mal de contaminations<br>ESO : Beaucoup détections entre 25 et 100 ng/L<br>ESO : Énormément de détections en dessous de 25 ng/L<br>ESU : PAS de normes (NQE)<br>ESU : ESU : Beaucoup de détections au-dessus de 100 ng/L<br>ESU : Beaucoup de détections entre 25 et 100 ng/L<br>ESU : Beaucoup de détections en dessous de 25 ng/L | 3 cas sur 36 sont caractérisés par un dépassement en terbuthylazine de la norme de qualité |

Tableau 12 : Carte d'identité des substances actives (Partie 5).

| **Substance active** | **SAgE** | **Eaux de surface & plan de réduction des émissions** |
|---|---|---|
| 2,4D | https://www.sagepesticides.qc.ca/Recherche/RechercheMatiere/DisplayMatiere?MatiereActiveID=432&searchText=2,4-D%20(2-%C3%A9thylhexyl%20ester)&isProduct=False | |
| Aclonifène | | https://fytoweb.be/fr/plan-de-reduction/modifications-structurelles/charte-contre-les-depassements-des-valeurs-de-5 |
| Bentazone | https://www.sagepesticides.qc.ca/Recherche/RechercheMatiere/DisplayMatiere?MatiereActiveID=37 | |
| Bifénox | | |
| Chloridazon | | |
| Chlortoluron | | |
| Cyperméthrine | https://www.sagepesticides.qc.ca/Recherche/RechercheMatiere/DisplayMatiere?MatiereActiveID=116&searchText=cyperm%C3%A9thrine&isProduct=False | |

| | | |
|---|---|---|
| Diflufénican | | https://fytoweb.be/fr/plan-de-reduction/modifications-structurelles/charte-contre-les-depassements-des-valeurs-de |
| Diméthenamide-P | https://www.sagepesticides.qc.ca/Recherche/RechercheMatiere/DisplayMatiere?MatiereActiveID=525&searchText=dim%C3%A9th%C3%A9namide-P&isProduct=False | https://fytoweb.be/fr/plan-de-reduction/modifications-structurelles/charte-contre-les-depassements-des-valeurs-de-6 |
| Ethofumésate | https://www.sagepesticides.qc.ca/Recherche/RechercheMatiere/DisplayMatiere?MatiereActiveID=274&searchText=%C3%A9thofumesate&isProduct=False | |
| Flufénacet | https://www.sagepesticides.qc.ca/Recherche/RechercheMatiere/DisplayMatiere?MatiereActiveID=60&searchText=fluf%C3%A9nacet&isProduct=False | https://fytoweb.be/fr/plan-de-reduction/modifications-structurelles/charte-contre-les-depassements-des-valeurs-de-3 |
| Lénacile | | |
| MCPP | https://www.sagepesticides.qc.ca/Recherche/RechercheMatiere/DisplayMatiere?MatiereActiveID=510 | |
| MCPA | https://www.sagepesticides.qc.ca/Recherche/RechercheMatiere/DisplayMatiere?MatiereActiveID=467&searchText=MCPA%20(ester)&isProduct=False | https://fytoweb.be/fr/plan-de-reduction/modifications-structurelles/charte-contre-les-depassements-des-valeurs-de-1 |
| Métamitron | | |
| Métazachlore | | https://fytoweb.be/fr/plan-de-reduction/modifications-structurelles/charte-contre-les-depassements-des-valeurs-de-4 |
| Métobromuron | | |
| Métribuzine | https://www.sagepesticides.qc.ca/Recherche/RechercheMatiere/DisplayMatiere?MatiereActiveID=77&searchText=m%C3%A9tribuzine&isProduct=False | |
| Pendiméthaline | | |
| Prosulfocarbe | | |
| S-métolachlore | https://www.sagepesticides.qc.ca/Recherche/RechercheMatiere/DisplayMatiere?MatiereActiveID=335&searchText=S-m%C3%A9tolachlore&isProduct=False | https://fytoweb.be/fr/plan-de-reduction/modifications-structurelles/charte-contre-les-depassements-des-valeurs-de-0 |
| Terbuthylazine | | https://fytoweb.be/fr/plan-de-reduction/modifications-structurelles/charte-contre-les-depassements-des-valeurs-de-2 |

Tableau 13 : Carte d'identité des substances actives (Partie 6).

| Substance active | Mleach | Indice de lixiviation | Solubility in Water (mg/L) | pKa (Dissociation constant pKa) at 25 °C | nature pKa |
|---|---|---|---|---|---|
| 2,4D | 2205,9005570 | 13,34 | **24300 : EFSA*** | **3,4 : PPDB**<br>**3,4 : EFSA** | **Strong acid** |
| Aclonifène | 0,0186248 | 8,27 | **1,4 : EFSA*** | **-3,15 : PPDB** | **very strong acid** |
| Bentazone | 1106,8344371 | 13,04 | **7112 : EFSA*** | **3,51 : PPDB** | **Weak acid** |
| Bifénox | 0,0002618 | 6,42 | **0,1 : EFSA*** | **not applicable** | **not applicable** |
| Chloridazon | 24,8110553 | 11,39 | **422 : EFSA*** | **3,38** | **Very weak acid** |
| Chlortoluron | 17,1997786 | 11,24 | **74 : EFSA*** | **none** | **none** |
| Cyperméthrine | 0,0000006 | 3,77 | **0,009 : EFSA*** | **not applicable** | **No dissociation** |
| Diflufénican | 0,0028387 | 7,45 | **0,05 : EFSA*** | **none** | **none** |
| Diméthenamide-P | 20,9783000 | 11,32 | **1499 : EFSA*** | **not applicable** | **not applicable** |
| Ethofumésate | 16,5677966 | 11,22 | **50 : EFSA*** | **not applicable** | **No dissociation** |
| Flufénacet | 7,7069307 | 10,89 | **51**<br>**56 : EFSA*** | **not applicable** | **No dissociation** |
| Lénacile | 0,5197692 | 9,72 | **2,9 : EFSA*** | **10,7** | **very weak acid** |
| MCPP | 120238,095 | 15,08 | **250000 : EFSA*** | **3,7** | **Weak acid** |
| MCPA | 9531,8918919 | 13,98 | **29390 : EFSA*** | **3,73** | **Weak acid** |
| Métamitron | 160,6459526 | 12,21 | **1770 : EFSA*** | **not applicable** | **No dissociation** |
| Métazachlore | 34,7727273 | 11,54 | **450 : EFSA*** | **not applicable** | **No dissociation** |
| Métobromuron | 26,8550000 | 11,43 | **328 : EFSA*** | **12** | **none** |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Métribuzine | 318,6015831 | 12,50 | **1050 : EFSA*** | **1,3** | **Strong acid** |
| Pendiméthaline | 0,0016176 | 7,21 | **0,309 : EFSA*** | **2,8** | **Strong acid** |
| Prosulfocarbe | 0,0775546 | 8,89 | **13 : EFSA*** | **not applicable** | **No dissociation** |
| S-métolachlore | 49,5774648 | 11,70 | **480 : EFSA*** | **not applicable** | **No dissociation** |
| Terbuthylazine | 0,5571429 | 9,75 | **6,6 : EFSA*** | **1,9** | **none** |

Tableau 14 : Carte d'identité des substances actives (Partie 7).

| **Substance active** | **DT50 (Lab) (days)** | **DT50 (champ) (days)** | **DT50 (Lab) Range** | **DT50 (champ) Range** | **DT90 (champ) (days)** | **DT90 (champ) Range** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2,4D | **4,4 : PPDB<br>4,4 : EFSA*** | **28,8 : PPDB<br>none : EFSA** | **1,2 - 94 : PPDB<br>1,2 - 94 : EFSA** | **22 - 38 : PPDB<br>none : EFSA** | **96,3 : PPDB<br>yet : EFSA** | **74-127 : PPDB<br>yet : EFSA** |
| Aclonifène | **62,3 : PPDB<br>none : EFSA** | **80,4 : PPDB<br>94,8 : EFSA*** | **29,5-93,6 : PPDB<br>none : EFSA** | **13-195 : PPDB<br>none : EFSA** | **316 : PPDB<br>yet : EFSA** | **104-649 : PPDB<br>yet : EFSA** |
| Bentazone | **20 : PPDB<br>yet : EFSA** | **7,5 : PPDB<br>4,7 : EFSA*** | **8-35.0 : PPDB<br>yet : EFSA** | **3 - 31,3 : PPDB<br>yet : EFSA** | **31,9 : PPDB** | **12,9-87,7 : PPDB** |
| Bifénox | | **17,3 : PPDB<br>18,7 : EFSA*** | | **8,3-32,1 : PPDB** | **57,6 : PPDB** | **27,7-106,6 : PPDB** |
| Chloridazon | | **18,6 : PPDB<br>11,7 : EFSA*** | | **3-105** | **60,8** | **9-349** |
| Chlortoluron | | **12.5 : PPDB<br>42 : EFSA*** | | **none** | **none** | **none** |
| Cyperméthrine | | **21,9<br>12,6 : EFSA*** | | **9,3-31,2** | **72,6** | **30,9-103,6** |
| Diflufénican | | **64,6 : PPDB<br>194 :EFSA*** | | **224-621<br>64,6-571*** | **540,8** | **127-1900*** |
| Diméthenamide-P | | **15,8 : PPDB<br>5,5 : EFSA** | | **10,0-20,0** | **70,1** | **48-167** |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ethofumésate | | **37,8 : PPDB**<br>**39,1 : EFSA** | | **13,5-110** | **264** | **72-522** |
| Flufénacet | | **39 : PPDB**<br>**27,8 : EFSA** | | **7,04-37,4** | **132,4** | **24,4-191,4** |
| Lénacile | | **39,8 : PPDB**<br>**23,3 : EFSA*** | | **18-88** | **131,8** | **61-291** |
| MCPP | **5.24 : PPDB** | **21 : PPDB** | **4.0-8.2: PPDB** | **5-17: PPDB** | **25.5: PPDB** | **19.9-33.6: PPDB** |
| MCPA | **24 : EFSA*** | **25** | | **none** | **none** | **none** |
| Métamitron | | **11,1 : PPDB**<br>**11,1 : EFSA*** | | **6,6-11** | **36,8** | **22,0-73** |
| Métazachlore | | **6,8 : PPDB***<br>**8,5 : EFSA*** | | **2,8-21,3** | **none** | **none** |
| Métobromuron | | **22,4**<br>**13,1 : EFSA*** | | **5,4-64,5** | **141** | **none** |
| Métribuzine | **11,5 : EFSA*** | **19** | | **none** | **none** | **none** |
| Pendiméthaline | | **100,6**<br>**72,2 : EFSA*** | | **39,8-187** | **423,2** | **144-582** |
| Prosulfocarbe | | **9,8**<br>**10,1 : EFSA*** | | **6,5-13** | **33,2** | **22-48** |
| S-métolachlore | | **22 : EFSA*** | | **3,55-55,7** | **111,8** | **27,6-256** |
| Terbuthylazine | | **21,8**<br>**19,5 : EFSA*** | | **6,43-149** | **72,6** | **1,6-497** |

Tableau 15 : Carte d'identité des substances actives (Partie 8).

| **Substance active** | **Koc (mL $g^{-1}$)** | **Koc range** | **Kfoc (mL $g^{-1}$)** | **Kfoc range** | **GUS =** log [(DT50) x (4-log(Koc))] => le potentiel de lessivage est faible si l'indice de GUS < 1,8, moyen si l'indice de GUS est ≥ 1,8 et < 2,8 et élevé si l'indice de GUS ≥ 2,8 **PPDB** |
|---|---|---|---|---|---|
| 2,4D | **39,3 : PPDB**<br>**none : EFSA** | **23-68 : PPDB**<br>**none : EFSA** | **24 : PPDB**<br>**48,47 : EFSA*** | **12,0 - 42,0 : PPDB**<br>**12 - 382,42 : EFSA** | **3,82 : PPDB** |
| Aclonifène | **none : PPDB**<br>**none : EFSA** | **none : PPDB**<br>**none : EFSA** | **7126 : PPDB**<br>**7126 : EFSA*** | **5318-10612 : PPDB**<br>**5318 - 10612 : EFSA** | **0,28 : PPDB** |
| Bentazone | **55,3 : PPDB** | **13 - 176 : PPDB** | **59,6 : PPDB**<br>**30,2 : EFSA*** | **3,0 - 158 : PPDB** | **1,95 : PPDB** |
| Bifénox | **none : PPDB** | **none : PPDB** | **6475 : PPDB** | **5000-23000 : PPDB** | **0,23 : PPDB** |
| Chloridazon | **120** | **none** | **199 : EFSA*** | **89-340** | **2,16** |
| Chlortoluron | **180,7 : EFSA*** | **none** | **147.22 : PPDB** | **none** | **none** |
| Cyperméthrine | **307558** | **80653-574360** | **194 425 : EFSA*(Kdoc)** | **none** | **-1,99** |
| Diflufénican | **5504** | **3841-6598** | **2215 : PPDB**<br>**3417 : EFSA*** | **1531,6-7431** | **1,19** |
| Diméthenamide-P | **none** | **none** | **227 : PPDB**<br>**393 : EFSA*** | **90-474** | **1,97** |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ethofumésate | **none** | **none** | **118 : PPDB**<br>**118 : EFSA*** | **48-247** | **3,04** |
| Flufénacet | **401 : PPDB**<br>**202 : EFSA*** | **none** | **273,3 : PPDB**<br>**130 : EFSA*** | **161,6-643,5** | **2,49** |
| Lénacile | **165** | **75-245** | **130 : PPDB**<br>**130 : EFSA*** | **75-254** | **3,02** |
| MCPP | **none : PPDB**<br>**none: EFSA** | **none : PPDB**<br>**none : EFSA** | **59.8 : PPDB**<br>**21 : EFSA*** | **12-167: PPDB**<br>**12-167: EFSA** | **2,94 : PPDB** |
| MCPA | **733,88 : PPDB**<br>**74 : EFSA*** | **none** | **57,96 : PPDB** | **38-157** | **2,98** |
| Métamitron | **77,7** | **22,9-132,5** | **86,4 : PPDB**<br>**122,3 : EFSA*** | **22,4-303** | **2,16** |
| Métazachlore | **54** | **29,2-73,1** | **79,6 : PPDB**<br>**110 : EFSA*** | **72,5-83,5** | **1,75** |
| Métobromuron | **197** | **none** | **160 : EFSA*** | **122-199** | **2,42** |
| Métribuzine | **none** | **none** | **48,3**<br>**37,9 : EFSA*** | **26,8-81,5** | **2,96** |
| Pendiméthaline | **17491** | **10241-36604** | **13792 : EFSA*** | **8942-27578** | **-0,28** |
| Prosulfocarbe | **none** | **none** | **1693 : EFSA*** | **1367-2339** | **0,76** |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| S-métolachlore | **none** | **none** | **200,2<br>213 : EFSA*** | **112-368** | **2,32** |
| Terbuthylazine | **none** | **none** | **231 : EFSA*** | **151-333** | **2,19** |

Tableau 16 : Carte d'identité des substances actives (Partie 9).

| **Substance active** | **Métabolites** | **Fish - Acute 96 hour $LC_{50}$ (mg $l^{-1}$)** | **Fish - Chronic 21 day NOEC (mg $l^{-1}$)** | **Aquatic invertebrates - Acute 48 hour $EC_{50}$ (mg $l^{-1}$)** | **Aquatic invertebrates - Chronic 21 day NOEC (mg $l^{-1}$)** | **CLP Classification 2013** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2,4D | 2,4-dichlorophenol<br>2,4-dichloro-1-methoxybenzene<br>4-chlorophenol | 100 | 27,2 | 134,2 | 46,2 | H412 |
| Aclonifène | non | 0,67 | 0,005 | 1,2 | 0,016 | H400<br>H410 |
| Bentazone | 2-amino-N-isopropylbenzamide<br>N-methyl bentazone | >100 | 48 | >100 | >101 | H412 |
| Bifénox | bifenox acid | 0,67 | 0,009 | 0,66 | 0,00015 | H410 |
| Chloridazon | 5-amino-4chloro-3(2H)-pyridazinone<br>5-amino-4chloro-2-methyl-3(2H)-pyridazinone | 41,3 | 3,16 | 132 | 6,23 | H400<br>H410 |
| Chlortoluron | 3-(3-chloro-p-toly)-1-methylurea | 20 | 0,4 | 67 | 16,7 | H400<br>H410 |
| Cyperméthrine | 3-phenoxybenzoic acid<br>3-(2,2-dichlorovinyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylic | 0,00151 | 3E-05 | 0,00021 | 0,00004 | H400 |
| Diflufénican | 2-(3-trifluoromethylphenoxy)nicotinamide<br>2-(3-trifluoromethylphenoxy)nicotonitic acid | >0,099 | 0,015 | >0,24 | 0,052 | H412 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Diméthenamide-P | 2-((2,4-dimethyl-3thienyl)-((1S)-2-methoxy-1-methyl-ethyl)amino)-2-oxo-ethanesulfonic<br>2-((2,4-dimethyl-3thienyl)-((1S)-2-methoxy-1-methyl-ethyl)amino)-2-oxo-acetic-acid<br>2-((2,4-dimethyl-3thienyl)-((1S)-2-methoxy-1-methyl-ethyl)amino)-2-oxo-ethylsulfinylacetic acid | 2,6 | 2,56 | 3,2 | 1,25 | H400 |
| Ethofumésate | none | 10,92 | 0,156 | 13,52 | 0,25 | H411 |
| Flufénacet | FOE sulphonic acid<br>FOE oxalate<br>FOE alchol | 2,13 | 0,2 | 30,9 | 3,26 | H400<br>H410 |
| Lénacile | 3-cyclohexyl-6,7-dihydro-7-1H-cyclopentapyrimidine-2,,4,5-(3H)trione<br>3-cyclohexyl-6,7-dihydroxy-7-1H-cyclopentapyrimidine-2,,4,5-(3H)trione | >2,0 | 2,3 | >8,4 | 0,48 | H400<br>H410 |
| MCPP | (2R)-2-(4-chloro-2-methylphenoxy)propanoic acid | > 93 | > 50 | > 91 | 22.7 | H411 |
| MCPA | 2-methyl-4-chlorophenol<br>Cloxyfonac | >72 | 15 | >190 | 50 | H400<br>H410 |
| Métamitron | desamino-metamitron | >=190 | 7 | 5,7 | 10 | H400 |
| Métazachlore | metazachlor oxalic acid<br>metazachlor sulfonic acid | 8,5 | 2,15 | 33 | 0,1 | H400<br>H410 |
| Métobromuron | desmethoxy-metobromuron | 43 | 0,25 | 44,1 | >=10 | H410 |
| Métribuzine | diketo-metribuzin<br>desaminodiketo-metribuzin<br>desamino-metribuzin | 74,6 | 5,6 | 49 | 0,305 | H400<br>H410 |
| Pendiméthaline | 2-methyl-3,5-dinitro-4(pentan-3ylamino)benzoic acid | 0,196 | 0,006 | 0,147 | 0,0145 | H400<br>H410 |
| Prosulfocarbe | prosulfocarb sulfoxide | 0,84 | 0,31 | 0,51 | 0,045 | H411 |
| S-métolachlore | metolachlor oxanilic acid<br>metolachlor ethane sulfonic acid<br>2-((2-Ethyl-6-methyl-phenyl)-oxalylamino)-propionic acid | 1,23 | 0,78 | 11,2 | 5,2 | H400<br>H410 |
| Terbuthylazine | desethyl-terbuthylazine<br>hydroxy-terbuthylazine<br>2-hydro-desethyl-terbuthylazine | 2,2 | 0,09 | 21,2 | 0,019 | H400<br>H410 |

## 3.2. Analyse des données INDIC'eau dans le cas des captages.

Pour rappel, l'ensemble de la méthodologie et des premiers résultats de la phase pilote d'INDIC'eau de 2021-2022 a été publié dans le rapport de la convention-cadre PROTECT'eau correspondant. Il convient de toujours prendre les résultats et de les analyser par culture pour éviter des interprétations erronées ou hâtives.

À partir de 2022, un travail conséquent a été entrepris par les centres d'action PROTECT'eau, concernés tout particulièrement par la thématique « pesticides » afin de sensibiliser le grand public et les agriculteurs à l'outil INDIC'eau (nombreuses phytolicences).

Notamment dans le cadre des contrats captage pour les centres d'action de Marquain et Philippeville, il a donc fallu ensuite récolter les données de pulvérisation entre 2020 et 2022. Pour rappel, afin de cibler spécifiquement la protection de la ressource en eau et afin de rationaliser le temps de travail dédié à la récolte des données d'applications des pesticides utilisés au niveau des exploitations partenaires, une liste des substances actives, jugées comme les plus problématiques a été établie. Elle est composée majoritairement d'herbicides qui peuvent être appliqués dans les principales cultures en Région wallonne (Belgique) et qui présentent un impact avéré au niveau des eaux souterraines et des eaux de surface. On retrouve les molécules suivantes : mécoprop-p, 2.4-D, bentazone, MCPA, métribuzine, métamitrone, diméthénamide-P, métazachlore, chloridazon (plus utilisé depuis le 30/06/2021 et donc non pris en compte dans l'indicateur), métobromuron, S-métolachlore, éthofumésate, flufénacet, terbuthylazine, chlortoluron, lénacile, prosulfocarbe, aclonifen, bifénox, pendiméthaline, diflufénican et la cyperméthrine. Les données d'usages parcellaires avec les doses à l'hectare sont ainsi récoltées par exploitation dans un fichier Excel simplifié reprenant via un menu déroulant les produits commerciaux incluant une ou plusieurs s.a. problématiques précitées, pour ensuite être validées avant analyse et interprétation.

Les résultats obtenus avec INDIC'eau dans le cadre des contrats captage ont été également communiqués par PROTECT'eau à la Société Publique de Gestion de l'Eau (SPGE). Pour rappel, le Contrat captage est un dispositif complémentaire à la réglementation mise en place pour préserver ou améliorer la qualité de l'eau. Il prévoit l'élaboration d'un plan d'actions établi en concertation avec les acteurs de terrain. Il invite le public visé à prendre part aux solutions à mettre en œuvre pour la thématique nitrate et pesticides. Celui-ci s'inscrit dans la mission de protection des prises d'eau potabilisables de la SPGE.

La constitution d'un Contrat captage ne se fait pas en un jour : c'est un travail de plusieurs années. Composé de quatre grandes étapes, le projet territorial s'étale sur quatre ans. La première année permet d'établir le programme d'actions concerté suite aux résultats du diagnostic dressé. Les trois suivantes vont permettre de concrétiser ce plan d'actions, avec un bilan et un ajustement à chaque fin de cycle. Au terme du Contrat, des solutions sont trouvées et mises en place par les partenaires scientifiques et les agriculteurs, qui peuvent poursuivre leur activité avec de nouvelles pratiques afin de préserver les ressources en eau. Plus d'informations concernant le diagnostic peuvent être demandées auprès de la CDP'eau du CRA-W.

Dans le cadre du Contrat captage, un suivi des itinéraires techniques de quelques agriculteurs adhérents au Contrat a été réalisé par PROTECT'eau. Les données récoltées ont ensuite été analysées par le CRA-W dans le but de soumettre un rapport triennal de Claminforge. Celles-ci et une analyse détaillée sont reprises ci-dessous pour la culture de la betterave sucrière, du maïs et la pomme de terre.

L'ISAC (**i**ndice de **s**ubstance **a**ctive par **c**ulture) est donc défini comme la somme des quantités de s.a. par culture (QAC) ramenées à la dose maximale autorisée (DMA) de s.a. à l'hectare par culture en $g.ha^{-1}$, correspondant donc à une somme d'ISA (indice de substance active pour une application d'un PPP). En restreignant le calcul de l'ISAC aux molécules de la liste négative vis-à-vis des ESU et ESO, un ISAC'eau est obtenu et permet aisément une comparaison entre les différents itinéraires techniques réalisés par les agriculteurs regroupés sous des conditions régionales pédoclimatiques et phytotechniques similaires. Il convient de travailler par culture. Il est toutefois possible de comparer des ISAC ou ISAC'eau entre cultures différentes moyennant interprétation avec prise en compte de facteurs de correction liés aux DMA.

On obtient ainsi, de manière anonyme et indépendante de la taille de l'exploitation, une valeur objective permettant de quantifier le recours aux pesticides potentiellement problématiques pour la ressource en eau. Et enfin, on peut comparer de façon non biaisée, pour l'année culturale en question, les schémas de traitements choisis par les différents agriculteurs pour chaque culture considérée.

Un calcul de la **Charge de Pression Potentielle (=CPP)**, exprimée en gramme, a aussi été réalisé pour la surface totale de chacune des parcelles renseignées par le centre d'action, et une extrapolation à partir du SIGEC a ponctué l'interprétation. Ceci dans le but de pouvoir estimer la pression exercée liée à l'utilisation d'une **s.a. définie comme problématique** à l'échelle d'un territoire et donc particulièrement dans le cas d'un captage problématique, d'une ZAC (zone d'alimentation du captage).

Cela permet également, sur base d'un principe de précaution d'affirmer sans être suffisant qu'en diminuant la CPP pour une s.a. problématique, le risque de contamination d'un captage diminue.

Finalement, pour chacune des cultures, des scénarios « types » ont été extrapolés à partir des données des agriculteurs. Ceux-ci représentent la diversité des itinéraires rencontrés sur la ZAC. Par la suite, une CPP a donc été extrapolée pour l'ensemble des surfaces emblavées pour la culture considérée à partir du SIGEC de trois années. Cette analyse permet de prendre en compte la quantité de substance active appliquée sur la ZAC en fonction du scénario considéré, et ainsi pouvoir quantifier des réductions d'usage en fonction des stratégies de désherbage adoptées.

## a) Culture de la betterave sucrière

Pour la culture de betterave sucrière, différents schémas de désherbage chimique ont été utilisés par les agriculteurs de la ZAC. Ces schémas sont détaillés par année ci-après avec un calcul de l'ISAC'eau défini en fonction de la Dose Maximale Autorisée (DMA) par substance active pour la culture de betterave sucrière à l'année (Tableau 17). Dans le cas de la betterave sucrière, pour les 3 années (2020, 2021 et 2022) et les substances actives reprises dans le tableau ci-dessous, aucune DMA n'a évolué.

Tableau 17 : DMA des différentes s.a. des schémas de désherbage en culture de betterave sucrière.

| **Substance active** | **DMA (g ha-1)** |
|---|---|
| Diméthénamide-P | 1000 |
| Éthofumésate | 1000 |
| Lénacile | 500 |
| Métamitrone | 3500 |

L'**année 2020** a été caractérisée par deux stratégies de désherbage chimique différentes (Figure 21). La première stratégie, réalisée par l'agriculteur 02A en 2020 sur ses parcelles P001 et P002 est caractérisée par l'utilisation de betteraves « CONVISO ». Seulement une partie de l'itinéraire technique est décrit ici, car les autres substances actives utilisées dans le schéma de désherbage chimique ne sont pas reprises dans la liste des 21 substances actives. Les traitements ont été réalisés en deux fois, avec une application d'éthofumésate (« OBLIX 500SC ») pour les deux parcelles. Le produit « CONVISO ONE » est notamment composé de foramsulfuron et de thiencarbazone-méthyl. Celui-ci a également été appliqué les deux fois sur chaque parcelle. Une application de phenmedipham (« CORZAL ») a aussi été réalisée les deux fois. Enfin, du clopyralid (« MATRIGON ») a été appliqué uniquement lors du deuxième traitement. L'ISAC'eau total de ce traitement est de 0,22.

La deuxième stratégie de **l'année 2020** est un FAR classique avec quatre traitements (Figure 21). Les trois premiers sont des répétitions d'éthofumésate (« OBLIX 500 SC ») et de métamitrone (« GLOTRON 700 SC ») à des doses légèrement différentes. Le dernier traitement est une application de diméthénamide-p à dose pleine (1 l) du produit « FRONTIER ELITE ». L'ISAC'eau total de ce traitement est de 1,47.

L'**année 2021** a été caractérisée par trois schémas de traitements FAR différents (Figure 21). Ceux-ci sont caractérisés par des associations différentes parmi les substances actives (s.a.) mentionnées dans le graphique. Le premier est représenté par 3 s.a. (le diméthénamide-P, l'éthofumésate et le métamitron). Le second est caractérisé par l'utilisation de 4 substances actives (le diméthénamide-P, l'éthofumésate, le lénacile et le métamitron). Finalement, le dernier est composé de 3 s.a. (l'éthofumésate, le lénacile et le métamitron). D'autres substances telles que le triflusulfuron-méthyle, la cléthodime, le quinmérac et le phenmedipham ont été utilisées en complément.

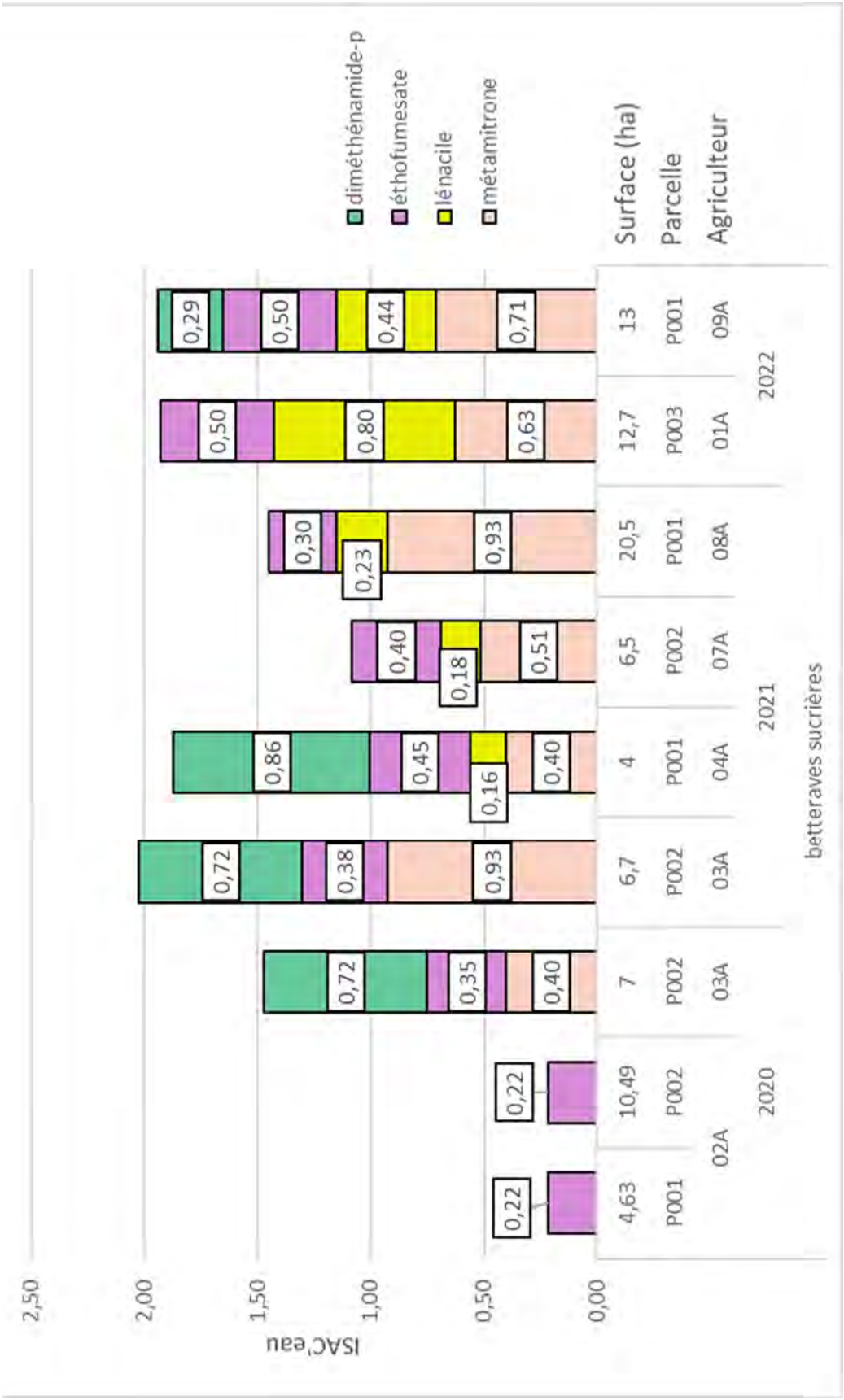



Figure 21 : ISAC'eau pour la culture de la betterave sucrière.

**L'année 2022** a été caractérisée par 2 stratégies de type FAR, la première contient 3 s.a. (éthofumésate, lénacile et métamitrone) et la seconde est composée d'une substance active supplémentaire ; le diméthénamide-P. La parcelle de l'agriculteur 09A est caractérisé par 6 traitements FAR, avec l'utilisation d'autres molécules (triflusulfuron-méthyle, la cléthodime, le quinmérac et la phenmedipham) (Figure 21).

Pour chacune des parcelles, la quantité totale de substance active correpsondant à l'ISAC'eau appliqué sur la parcelle à été calculée et est présentée dans le graphique ci-dessous. Le calcul s'effectue comme suit : l'ISAC'eau de la substance active est multiplié par la DMA, le tout est ensuite multiplié par la surface de la parcelle. La métamitrone représente une part importante dans la quantité de substance active appliquée. Ceci s'explique par sa DMA importante (3500 g $ha^{-1}$). En revanche, le lénacile représente qu'une faible portion de substance active (DMA = 500 g $ha^{-1}$). La CPP par parcelle permet de rendre compte du poids de chacune d'entre elles au sein de la CPP totale. Les ISAC'eau du précédent graphique ont été simplifier à deux décimales. Hors, les calculs de la CPP sur le gaphique (Figure 22) suivant ont été calculés avec toutes les décimales par Excel. Par conséquent, si le lecteur effectue les calculs avec les deux décimales, les résultats pourraient parfois être légèrement différents.

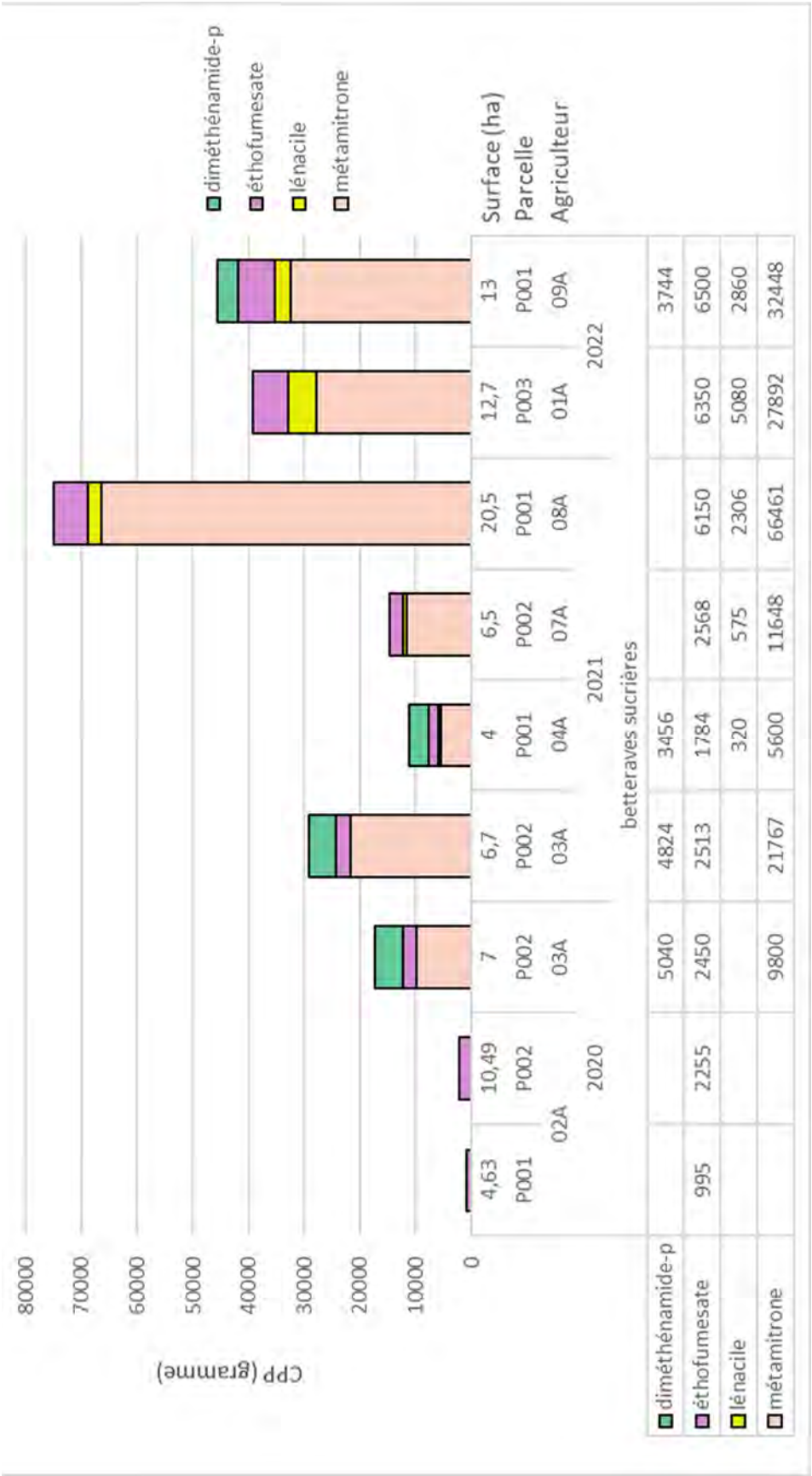



Figure 22 : CPP des parcelles de betteraves sucrières.

Suite à l'analyse des itinéraires techniques des agriculteurs et des parcelles de la ZAC, différents scénarios ont été extrapolés. Ceci dans l'objectif de représenter les différentes possibilités d'itinéraires appliqués sur la ZAC. Il est à noter qu'il ne s'agit que d'un échantillon de l'ensemble des parcelles de betteraves sucrières présentes dans la ZAC. Les ISAC'eau pour ces scénarios sont repris dans le tableau ci-dessous (Tableau 18), avec les agriculteurs et parcelles utilisés pour calculer les ISAC'eau moyens.

Tableau 18 : Calculs des ISAC moyen par s.a. pour chaque scénario pour la culture de la betterave sucrière.

| S.A. | Scénario 1 | Scénario 2 | Scénario 3 | Scénario 4 |
|---|---|---|---|---|
| Métamitron | (0,63+0,51+0,93)/3 = ISAC'eau moyen = **0,69** | (0,29+0,4+0,71)/3 = ISAC'eau moyen = **0,47** | (0,4+0,93)/2 = ISAC'eau moyen = **0,67** | |
| Lénacile | (0,8+0,18+0,23)/3 = ISAC'eau moyen = **0,40** | (0,4+0,16+0,44)/3 = ISAC'eau moyen = **0,33** | | |
| Éthofumésate | (0,5+0,4+0,3)/3 = ISAC'eau moyen = **0,40** | (0,51+0,45+0,5)/3 = ISAC'eau moyen = **0,49** | (0,35+0,38)/2 = ISAC'eau moyen = **0,37** | (0,22 + 0,22) /2 = ISAC'eau moyen = **0,22** |
| Diméthénamid-P | | (0,43+0,86+0,29)/3 = ISAC'eau moyen = **0,53** | (0,72 + 0,72)/2 = ISAC'eau moyen = **0,72** | |
| Agri/parcelle | 2022 P003 01A<br>2021 P002 07A<br>2021 P001 08A | 2021 P001 04A<br>2022 P001 09A | 2020 P002 03A<br>2021 P002 03A | 2020 P001 02A<br>2020 P002 02A |

Les ISAC'eau sont repris du tableau sous forme de graphique ci-dessous (Figure 23 et Figure 24). Le scénario 1 présente une utilisation d'éthofumésate, de lénacile et de métamitrone. Le scénario 2 présente une utilisation de diméthénamide-P, d'éthofumésate, de lénacile et de métamitrone. Le scénario 3 présente une utilisation de diméthénamide-p, d'éthofumésate et de métamitrone. Le scénario 4 (betterave CONVISO) présente uniquement l'utilisation d'éthofumésate.

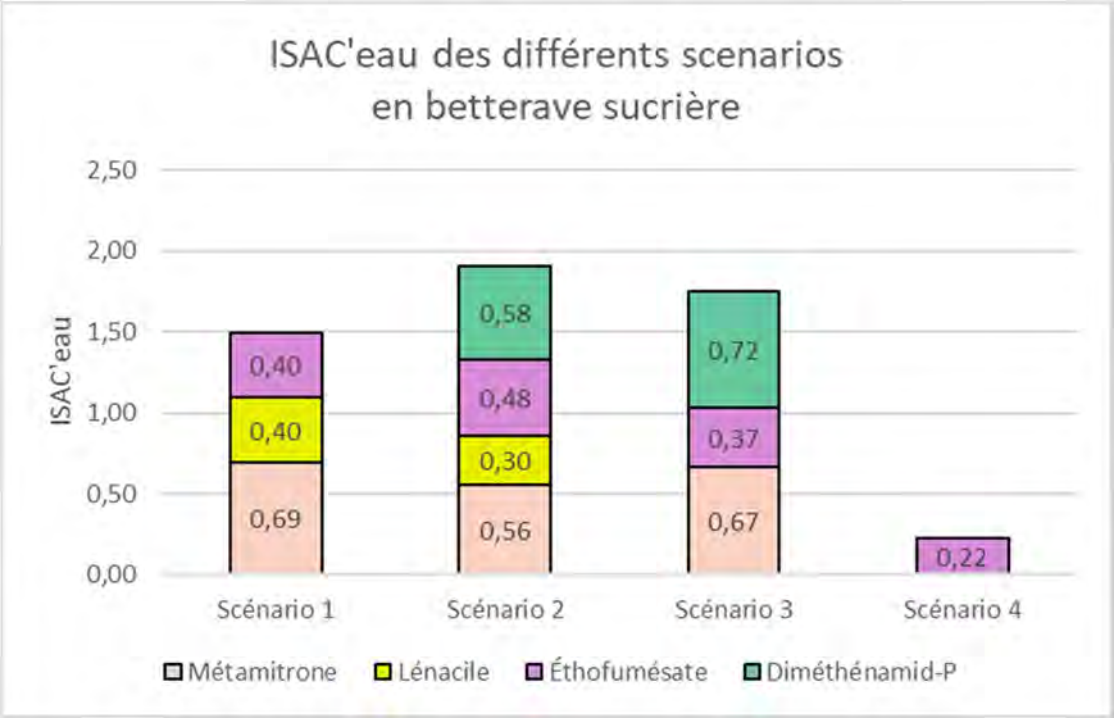
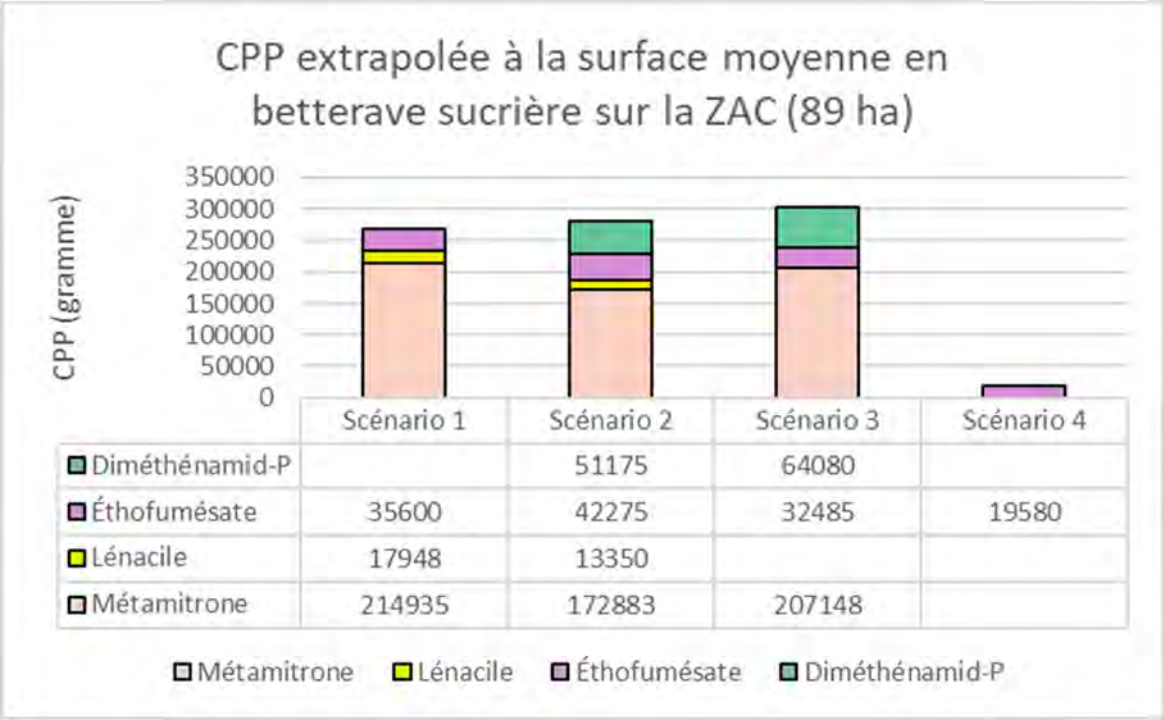



Figure 23 : ISAC'eau des différents scenarios en betterave sucrière.

Le graphique suivant (Figure 24) présente la CPP des 4 scénarios pour la surface moyenne en betterave sucrière de la ZAC, qui est calculé à partir des informations du SIGEC (de 2020 à 2022). Cette surface moyenne extrapolée est de 89 ha. La CPP par substance active est également renseignée.




| | Scénario 1 | Scénario 2 | Scénario 3 | Scénario 4 |
|---|---|---|---|---|
| Diméthénamid-P | | 51175 | 64080 | |
| Éthofumésate | 35600 | 42275 | 32485 | 19580 |
| Lénacile | 17948 | 13350 | | |
| Métamitrone | 214935 | 172883 | 207148 | |

Figure 24 : CPP extrapolée à la surface moyenne en betterave sucrière sur la ZAC (89ha).

L'objectif est d'avoir une vision de ces différences et de l'impact que pourrait avoir un choix d'un type de scenario sur la CPP totale de Claminforge.

Un choix d'itinéraire réfléchi sur l'ensemble d'une ZAC peut avoir des conséquences importantes en termes de réduction de la CPP. En effet, la réduction la plus forte observée peut atteindre un pourcentage allant à près de 90 % lors de l'utilisation de betteraves « CONVISO », ceci pour les s.a. considérées dans l'ISAC'eau. Il faut cependant nuancer le propos et rappeler qu'il s'agit ici de réduction de la CPP sur la culture de betteraves sucrières, et non à l'échelle d'une rotation. Visualisée à l'échelle de la ZAC, la CPP permet de vérifier la diminution de la pression potentielle sur la surface totale emblavée par substance active.

## b) Culture de maïs

Pour cette culture, différents schémas de désherbage chimique ont été utilisés par les agriculteurs de la ZAC. Ces schémas sont détaillés par année ci-après avec un calcul de l'ISAC'eau défini en fonction de la DMA par substance active pour la culture de maïs à l'année. Dans le cas du maïs, seul une DMA a changé au cours des trois années, celle de la pendiméthaline. Cependant, cette substance active n'a été utilisée qu'en 2020. Par conséquent, seule la DMA d'usage à ce moment-là a été prise en compte.

Tableau 19 : DMA des différentes s.a. actives des schémas de désherbage en culture de maïs.

| **Substance active** | **DMA (g ha$^{-1}$)** |
|---|---|
| Flufénacet | 450 |
| Pendiméthaline (en 2020) | 1137,5 |
| S-métolachlore | 1536 |
| Terbuthylazine | 750 |

Pour l'**année 2020**, seul un schéma de traitement a été transmis à PROTECT'eau (Figure 25). Celui-ci est composé de trois substances actives : la terbuthylazine, la pendiméthaline et le flufénacet. Deux schémas de traitement distincts ont été utilisés pour l'**année 2021**. Le premier est composé de terbuthylazine et de flufénacet. Ce schéma de traitement a été utilisé par deux agriculteurs différents avec des quantités appliquées relativement similaires. Finalement, pour l'**année 2022**, un seul schéma de traitement est disponible. Il contient uniquement de la terbuthylazine et présente un ISAC'eau de 0,55.

L'itinéraire de désherbage en **2020**, de l'agriculteur 07A, est composé de trois substances actives de la liste (Figure 25). Celui-ci a utilisé le produit « PROMESS » (terbuthylazine et flufénacet), qui est efficace contre une bonne partie des adventices hormis le panic de Schinz, l'arroche étalée et le chénopode blanc et le produit « RAMPAR » (pendiméthaline). L'association des deux prodtuis couvre la plupart des adventices, avec peut-être une plus grande faiblesse en présence de Panic de Schinz et de coquelicots. La pendiméthaline n'est pas efficace contre le raygrass, la folle avoine, le fumetterre, la renouée faux-liseron, les senées, les ravenelles et les sénéçons. La lutte est effectuée pour ces adventices par l'association de terbuthylazine et flufénacet. A contrario, cette

dernière association n'est pas efficace contre l'arroche étalée et le chénopode blanc. Il s'agit par contre des points forts de la pendiméthaline.

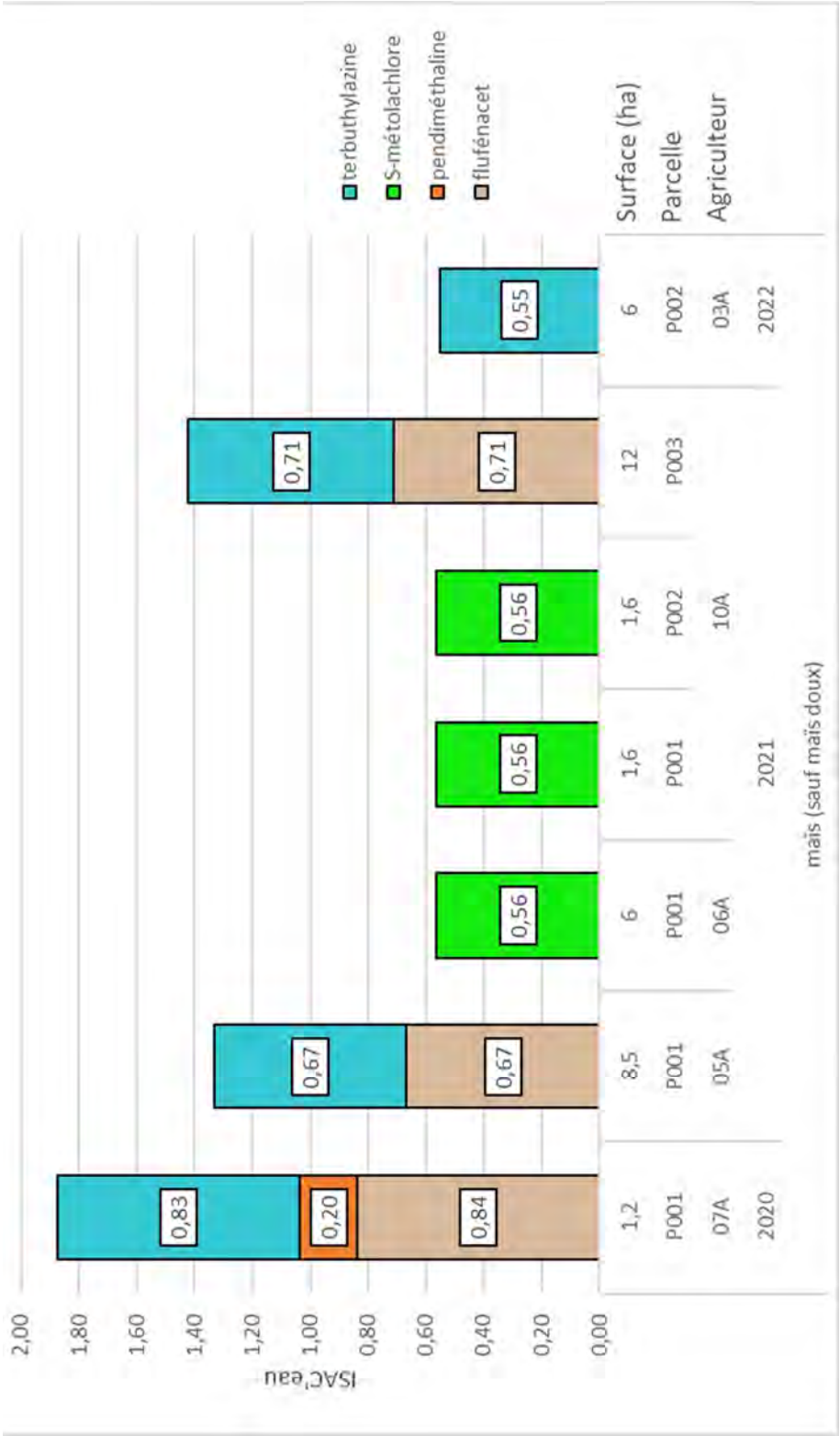



Figure 25 : ISAC'eau pour la culture de maïs.

L'itinéraire de l'agriculteur **05A** en **2021** (Figure 25), n'est composé que de 2 substances actives de la liste : la terbuthylazine et le flufénacet. Cependant d'autres substances actives ont été aussi utilisées. Par exemple, le produit « DIVA EXTRA », qui est une association de mésotrione et de pyridate, est utilisé pour lutter contre le souchet. Mais aussi le nicosulfuron « FORNET EXTRA 60 OD », utilisé principalement pour lutter contre des graminées, et le prosulfuron « PEAK » principalement pour la lutte de la matricaire camomille et de la pensée des champs. L'ensemble des produits couvre un spectre assez large, avec quelques faiblesses pour le panic schinzii, l'arroche étalée et le chénopode blanc. Pour lutter contre les graminées, le nicosulfuron est efficace sur un bon nombre d'aventices, hormis la digitaire. Pour compenser son efficacité, le flufénacet et la terbuthylazine sont utilisés en association. Pour les dicotylées annuelles, la terbuthylazine et le flufénacet couvrent un très grand nombre d'adventices. Le nicosulfuron ne vient pas compléter le spectre de ce côté-la, peut-êre juste renforcer l'efficacité sur certaines adventices.

L'itinéraire de l'agriculteur **06A** en **2021** (Figure 25 ), n'est composé que d'une substance active de la liste, le S-métolachlore. Cependant, d'autres substances actives ont été aussi utilisées. Par exemple, le nicosulfuron « FORNET EXTRA 60 OD », la mésotrione « LUMICA 100 » et la tembotrione avec de l'isoxadifen-ethyl « ITINERIS ». Pour les graminées, le S-métolachlore, le nicosulfuron et la tembotrione se complètent très bien. Le nicosulfuron n'est pas efficace contre la sétaire filiforme, par contre le S-métolachlore et la tembotrione le sont. La mésotrione n'est efficace sur aucune graminée renseignée par le CiPF. Concernant les dicotylédones annuelles, aucune des quatre substances actives n'est efficace sur un grand ensemble du spectre des adventices. Cependant, elles se complètent assez bien avec une faiblesse au niveau des coquelicots et des géraniums. Par exemple, l'arroche étalée est éliminée principalement par la tembotrione, et un peu par la mésotrione. Par contre, elle est résistante contre le S-métolachlore et le nicosulfuron.

L'itinéraire de l'agriculteur **10A** en **2021** (Figure 25), n'est composé que de 2 substances actives de la liste : la terbuthylazine et le flufénacet « PROMESS ». Cependant, d'autres substances actives ont été aussi utilisées. Par exemple le nicosulfuron « FORNET EXTRA 60 OD », et la sulcotrione « SULCOGAN ». Cette dernière substance ne présente des avantages que pour quelques dicotylées, en complétant le spectre, notamment pour le chénopode blanc. Les autres substances ayant déjà été mentionnées, l'analyse de cet itinéraire n'ira pas plus loin.

L'itinéraire de l'agriculteur **03A** en **2022** (Figure 25), n'est composé que d'une substance active de la liste, la terbuthylazine. Cependant, d'autres substances actives ont été aussi utilisées telles que la mésotrione en association avec la terbuthylazine dans le produit « CLICK PRO », le foramsulfuron et la thiencarbazone-methyl « MONSOON ACTIVE TCMAX », et la pethoxamid « SUCCESSOR 600 ». La pethoxamide est moins efficace, mais permet de compléter le spectre des deux autres produits. Par exemple, la digitaire filiforme et sanguine ne peuvent pas être éliminées efficacement avec les autres produits. Le « MONSOON ACTIVE TCMAX » complète le spectre du « CLICK PRO », en luttant contre la sétaire verticillé, la folle avoine, le pâturin annuel, le vulpin et le raygrass.

Pour chacune des parcelles renseignées, la quantité totale de substance active appliquée sur la parcelle a été calculée et est présentée dans le graphique ci-dessous. Le calcul s'effectue comme suit : ISAC'eau de la substance active est multiplié par la DMA, le tout est ensuite multiplié par la surface de la parcelle. La CPP par parcelle permet de rendre compte du poids de chacune d'entre elles au sein de la CPP totale. Les ISAC'eau du précédent graphique ont été simplifier à deux décimales. Hors, les calculs de la CPP sur le gaphique suivant ont été calculés avec toutes les décimales par Excel. Par conséquent, si le lecteur effectue les calculs avec les deux décimales, les résultats pourraient parfois être légèrement différents.

Figure 26 : CPP des parcelles de maïs.

Suite à l'analyse des itinéraires techniques des agriculteurs et des parcelles de la ZAC, différents scénarios ont été extrapolés. Ceci dans l'objectif de représenter les différentes possibilités d'itinéraires appliqués sur la ZAC. Il est à noter qu'il ne s'agit que d'un échantillon de l'ensemble des parcelles de maïs. Les ISAC'eau pour ces scénarios sont repris dans le Tableau 20, avec les agriculteurs/parcelles utilisés pour calculer les ISAC'eau moyens.

Tableau 20 : Calculs des ISAC moyen par s.a. pour chaque scénario en culture de maïs.

| **S.A.** | **Scénario 1** | **Scénario 2** | **Scénario 3** | **Scénario 4** |
|---|---|---|---|---|
| Terbuthylazine | (0,67+0,71)/2 = ISAC'eau moyen = **0,69** | ISAC'eau moyen = 0,55 | | ISAC'eau moyen = 0,83 |
| S-métolachlore | | | (0,56+0,56+0,56) /3 = ISAC'eau moyen = **0,56** | |
| Pendiméthaline | | | | ISAC'eau moyen = 0,20 |
| Flufénacet | (0,67 + 0,71 )/2 = ISAC'eau moyen = **0,69** | | | ISAC'eau moyen = 0,84 |
| Agri/parcelle | 2021 P001 05A<br>2021 P003 10A | 2022 P002 03 | 2021 P001 06A<br>2021 P001 10A<br>2021 P002 10A | 2020 P001 07A |

Les ISAC'eau sont repris du tableau sous forme de graphique (Figure 27). Le scénario 1 présente une utilisation de terbuthylazine et de flufénacet. Le scénario 2 présente une utilisation uniquement de terbuthylazine. Le scénario 3 présente une utilisation uniquement de S-métolachlore. Le scénario 4 présente une utilisation de terbuthylazine, pendiméthaline et de flufénacet.

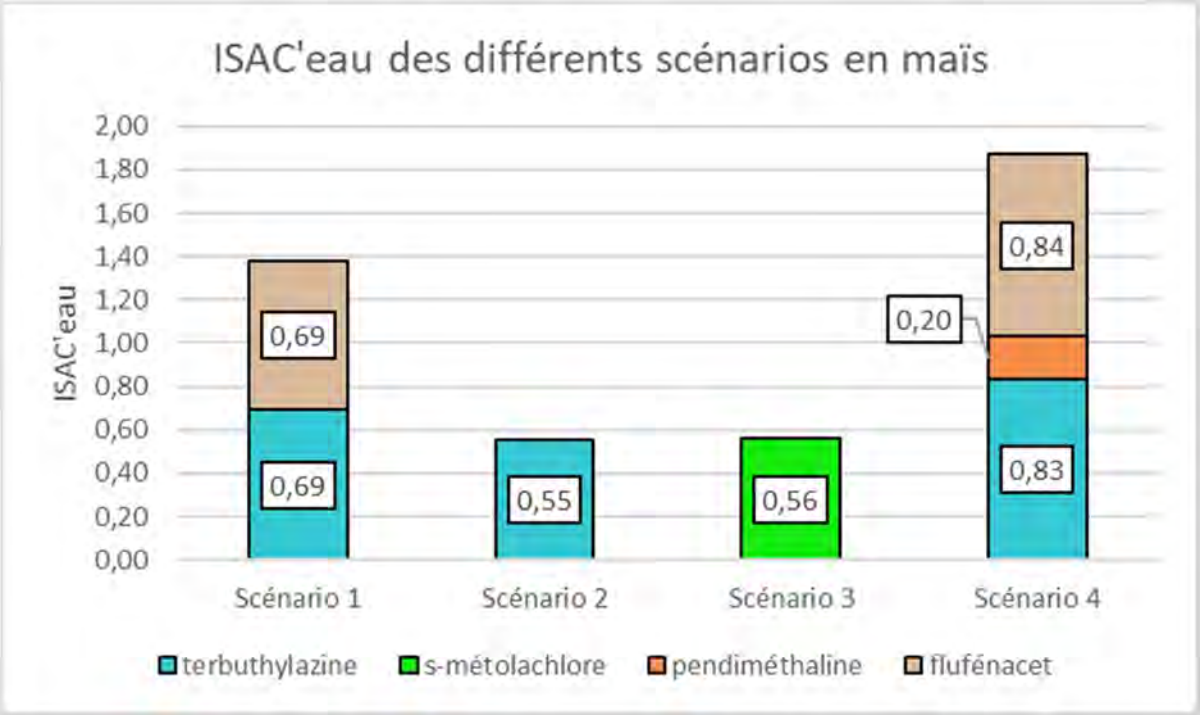



Figure 27 : ISAC'eau des différents scénarios en maïs.

Le graphique suivant présente la CPP des 4 scénarios pour la surface moyenne en maïs sur la ZAC, qui est calculé à partir des informations du SIGEC (de 2020 à 2022). Cette surface est de 50,6 ha. La CPP par substance active est également renseignée (Figure 28).

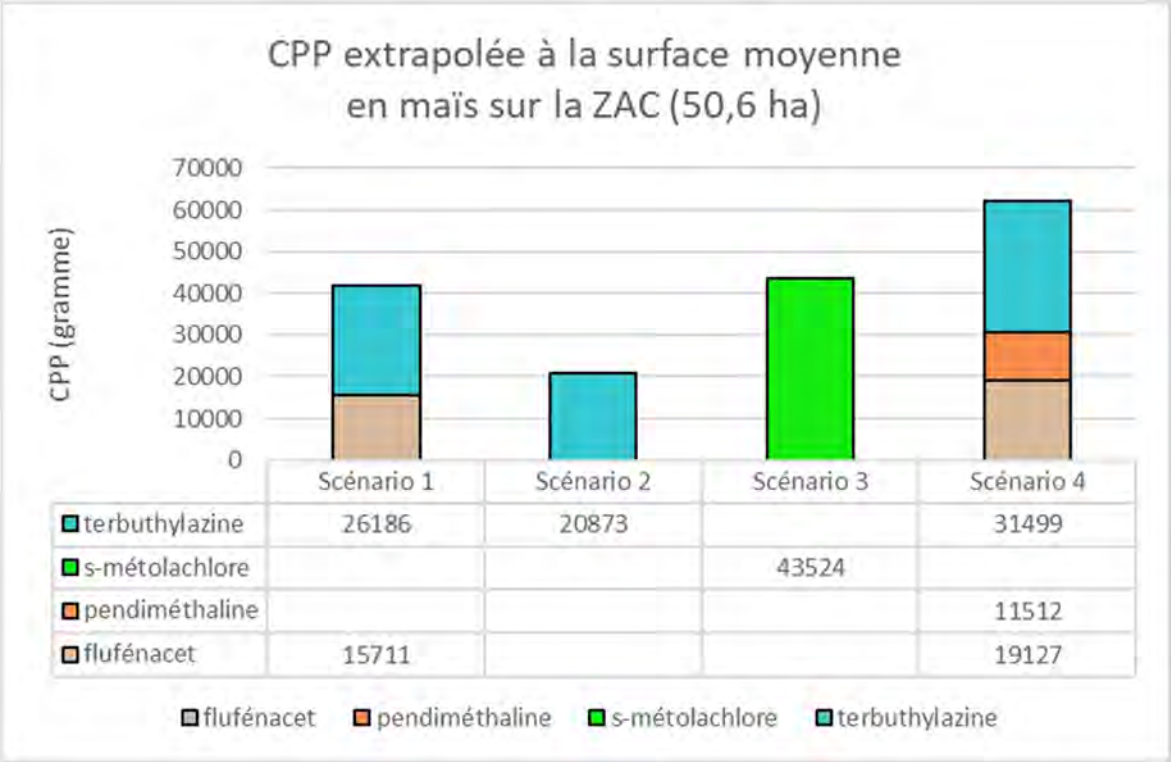



Figure 28 : CPP extrapolée à la surface moyenne en maïs sur la ZAC (50,6 ha).

L'objectif est d'avoir une vision de ces différences et de l'impact que pourrait avoir un choix d'un type de scenario sur la CPP totale de Claminforge.

Un choix d'itinéraire réfléchi sur l'ensemble d'une ZAC peut avoir des conséquences importantes en termes de réduction de la CPP. En effet, la réduction la plus forte observée peut atteindre un pourcentage de près de 65 % en passant du scénario 4 au scénario 2, ceci pour les s.a. considérées dans l'ISAC'eau.

Il faut cependant nuancer le propos et rappeler qu'il s'agit ici de réduction de la CPP sur la culture de maïs, et non à l'échelle d'une rotation. Visualisée à l'échelle de la ZAC, la CPP permet de vérifier la diminution de la pression potentielle sur la surface totale emblavée par substance active.

## c) Culture de la pomme de terre

Pour cette culture, différents schémas de désherbage chimique ont été utilisés par les agriculteurs de la ZAC. Ces schémas sont détaillés par année ci-après avec un calcul de l'ISAC'eau défini en fonction de la Dose Maximale Autorisée (DMA) par substance active pour la culture de pomme de terre à l'année. Dans le cas de la pomme de terre, pour les 3 années (2020, 2021 et 2022) et les substances actives reprises dans le tableau ci-dessous, une seule DMA a changé. Il s'agit de celle de la pendiméthaline, qui est passée de 1137,5 g/ha à 2000 g/ha à partir de 2022.

Tableau 21 : DMA des différentes s.a. actives des schémas de désherbage en culture de pommes de terre.

| **Substance active** | **DMA (g ha-1)** |
|---|---|
| Aclonifène | 2400 |
| Flufénacet | 600 |
| Métribuzine | 525 |
| Pendiméthaline (en 2020 et 2021) | 1137,5 |
| Pendiméthaline (en 2022) | 2000 |
| Prosulfocarbe | 3500 |

Pour l'année **2020**, trois itinéraires techniques différents sont présentés et reprennent les cinq substances actives considérées ici (Figure 29). Les itinéraires techniques des années suivantes ne sont que des variantes de ces trois schémas de désherbage. L'agriculteur 01A a utilisé de l'aclonifène « CHALLENGE » herbicide anti-graminées et anti-dicotylédonaires, de la métribuzine « MISTRAL » herbicide anti-graminées et anti-dicotylédonaires) et du prosulfocarbe « ROXY EC » herbicide anti-graminées et anti-dicotylédonaires. Il s'agit ici d'une pré-émergence. Bien que ces trois produits semblent avoir les mêmes cibles, ceux-ci se complètent grâce à leur efficacité sur différentes adventices. Par exemple, le prosulfocarbe et la métribuzine ne sont pas efficaces contre le chénopode blanc, par contre l'aclonifen est efficace (hors résistance). Le prosulfocarbe présente

une très bonne efficacité contre le gaillet gratteron, tandis que la métribuzine est inefficace (FIWAP). La combinaison des trois produits permet d'assurer un spectre quasi complet (sauf éventuellement pour la renouée des oiseaux).

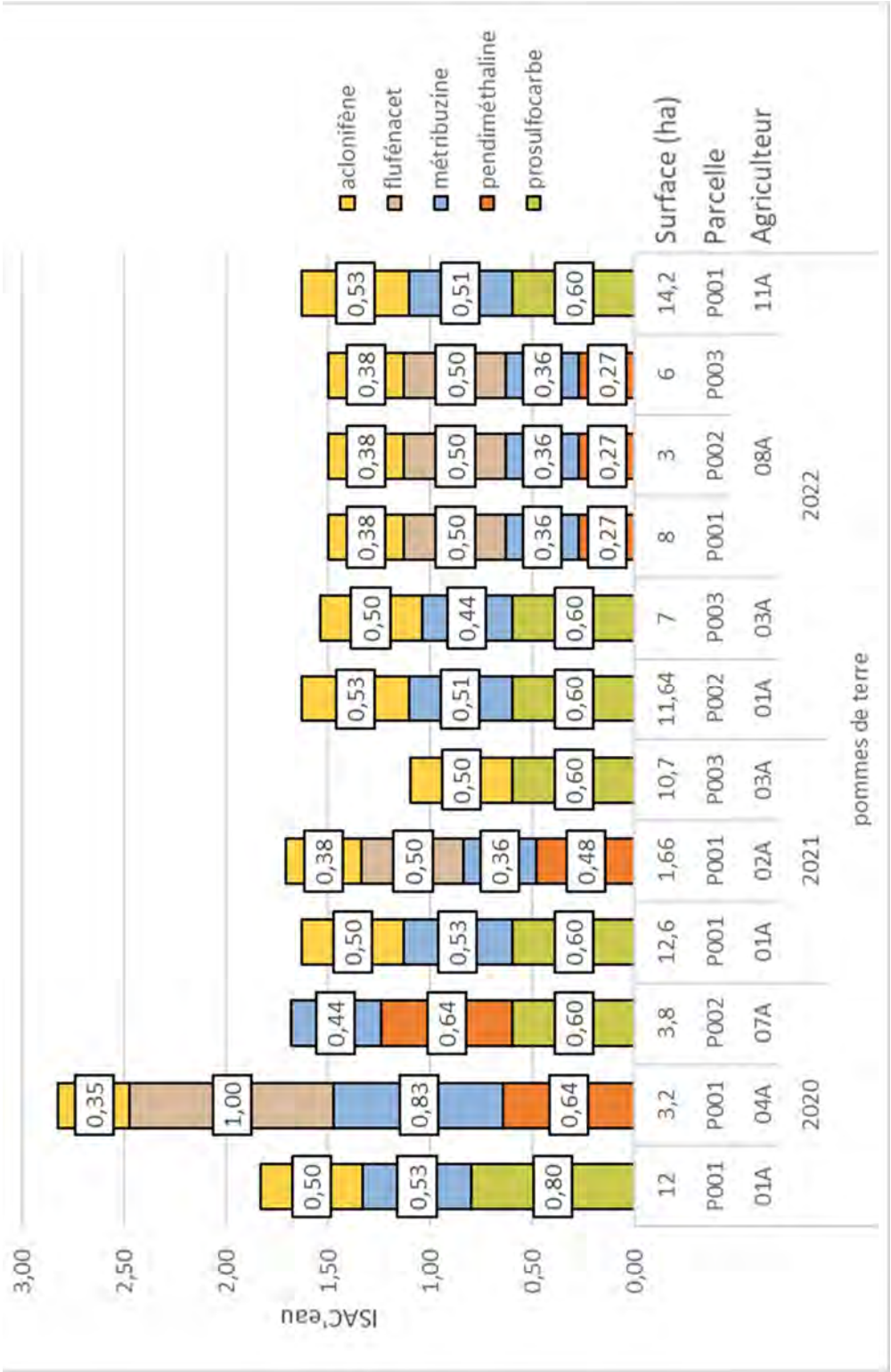



Figure 29 : ISAC'eau pour la culture de pomme de terre.

Le deuxième itinéraire utilise (agriculteur 04A) a utilisé quatre substances actives de la liste (Figure 29). Il s'agit du flufénacet et de la métribuzine « ARTIST », de l'aclonifène « CHALLENGE ») et de la pendiméthaline « RAMPAR ». L'utilisation du flufénacet peut traduire une plus forte infestation en céréales (comme la folle avoine, le panic pied-de-coq, le vulpin des champs, …). Le produit est également efficace contre la datura et l'éthuse (efficacité qui est apportée par la métribuzine). L'utilisation de la pendiméthaline peut traduire une infestation plus importante en véronique, renouée des oiseaux et persicaire. Il s'agit, en effet, des adventices sur lesquelles la substance active est efficace et qui complète le spectre d'action des autres produits.

Les autres parcelles ne sont que des combinaisons différentes des mêmes substances actives, ou bien des variantes en termes de quantité appliquée par année et par conséquent d'ISAC'eau.

Pour chacune des parcelles, la quantité totale de substance active appliquée sur la parcelle a été calculée et est présentée dans le graphique de la Figure 30. Le calcul s'effectue comme suit : l'ISAC'eau de la substance active est multiplié par la DMA, le tout est ensuite multiplié par la surface de la parcelle. Ce graphique permet de rendre compte de l'importance que peut prendre une substance active en termes de quantité appliquée par rapport aux autres substances. Et de mettre ces informations en relation avec les détections dans le captage. Il faut faire attention car seule une partie des parcelles cultivées sur la ZAC a été renseignée. En connaissant les itinéraires techniques de toutes les parcelles de la ZAC, il est possible d'allouer à chaque parcelle, son pourcentage de la CPP totale de la ZAC. Les ISAC'eau du précédent graphique ont été simplifiés à deux décimales. Hors, les calculs de la CPP sur le gaphique suivant ont été calculés avec toutes les décimales par Excel. Par conséquent, si le lecteur effectue les calculs avec les deux décimales, les résultats pourraient parfois être légèrement différents.

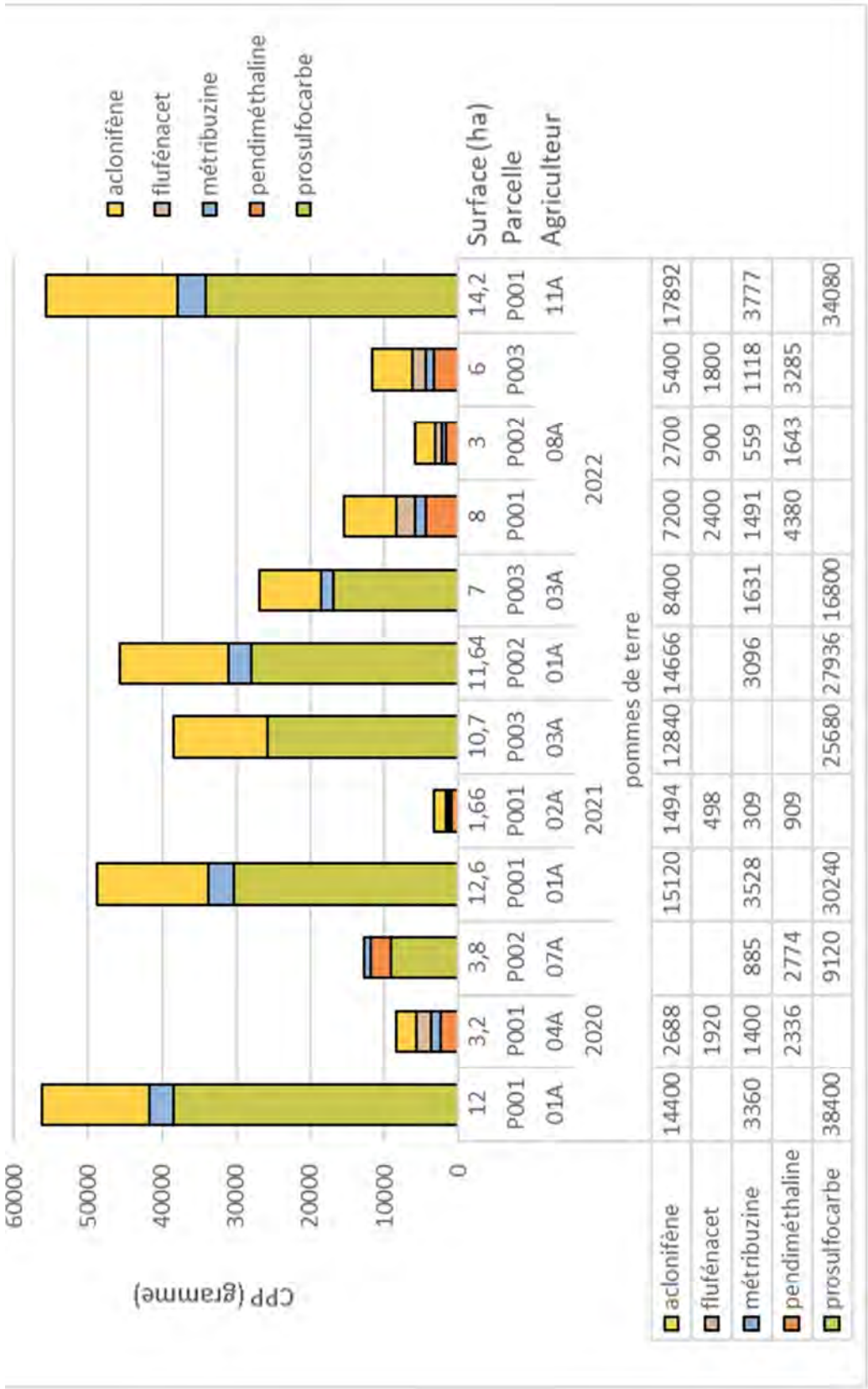



Figure 30 : CPP des parcelles de pommes de terre.

Suite à l'analyse des itinéraires techniques des agriculteurs et des parcelles de la ZAC, différents scénarios ont été extrapolés. Ceci dans l'objectif de représenter les différentes possibilités

d'itinéraires appliqués sur la ZAC. Il est à noter qu'il ne s'agit que d'un échantillon de l'ensemble des parcelles de pommes de terre. Les ISAC'eau pour ces scénarios sont repris dans le tableau ci-dessous, avec les agriculteurs et parcelles utilisés pour calculer les ISAC'eau moyens.

Étant donné que la DMA de la pendiméthaline a changé au cours des trois années, une moyenne des ISAC'eau ne peut pas être appliquée sans facteur de correction. Ce facteur est le ratio entre l'ancienne et la nouvelle DMA (soit 1137,5 /2000 = 0,56875), il est également à prendre en compte en cas de comparaison des ISAC'eau entre les trois années pour la pendiméthaline. Le facteur correctif a été appliqué aux ISAC'eau accompagnés d'une étoile « * » dans le tableau ci-dessous. Les calculs effectués sont les suivants 0,64 x 0,56875= 0,36 et 0,48 x 0,56875 = 0,27). Dans la dernière ligne du tableau sont renseignés les agriculteurs, parcelles et années (voir graphique des ISAC). Ceux accompagnés par l'étoile « * », sont ceux, pour lesquelles le facteur correctif a dû être appliqué en pendiméthaline.

Tableau 22 : Calculs des ISAC moyen par s.a. pour chaque scénario en culture de pommes de terre.

| **Substance active** | **Scenario 1** | **Scénario 2** | **Scénario 3** | **Scénario 4** |
|---|---|---|---|---|
| Aclonifène | ISAC'eau moyen = **0,50** | (0,50+0,50+0,53+0,50)/4= ISAC'eau moyen = **0,51** | (0,35+(4x0,38))/5 = ISAC'eau moyen = **0,37** | |
| Flufénacet | | | (1+(4x0,50))/5 = ISAC'eau moyen = **0,6** | |
| Métribuzine | | (0,53+0,53+0,51+0,44)/4 = ISAC'eau moyen = **0,50** | (0,83+(4x0,36))/5 = ISAC'eau moyen = **0,45** | ISAC'eau moyen = **0,44** |
| Pendiméthaline | | | (0,36*+0,27*+(3x0,27))/5= ISAC'eau moyen = **0,29** | ISAC'eau moyen = **0,64** |
| Prosulfocarbe | ISAC'eau moyen = **0,60** | (0,80+0,60+0,60+0,60)/4<br>= ISAC'eau moyen = **0,64** | | ISAC'eau moyen = **0,60** |
| Agri/parcelle | 2021 P003 03A | 2020 P001 01A<br>2021 P001 01A<br>2022 P002 01A<br>2022 P003 03A<br>2022 P001 11A | 2020 P001 04A*<br>2021 P001 02A*<br>2022 P002 08A<br>2022 P002 08A<br>2022 P002 08A | 2020 P002 07A |

Les ISAC'eau sont repris du tableau sous forme de graphique ci-dessous. Le scénario 1 présente une utilisation d'aclonifène et de prosulfocarbe. Le scénario 2 présente une utilisation d'aclonifène, de prosulfocarbe et de métribuzine. Le scénario 3 présente une utilisation d'aclonifène, de métribuzine et de pendiméthaline. Le scénario 4 présente une utilisation de prosulfocarbe, de métribuzine et de pendiméthaline.

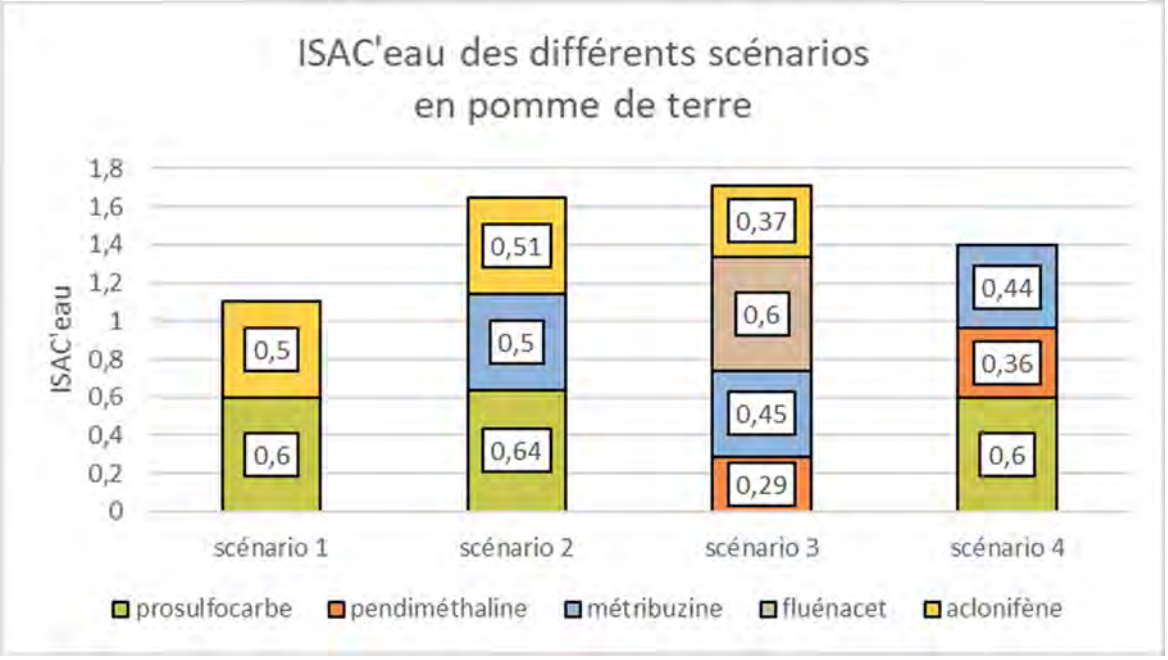
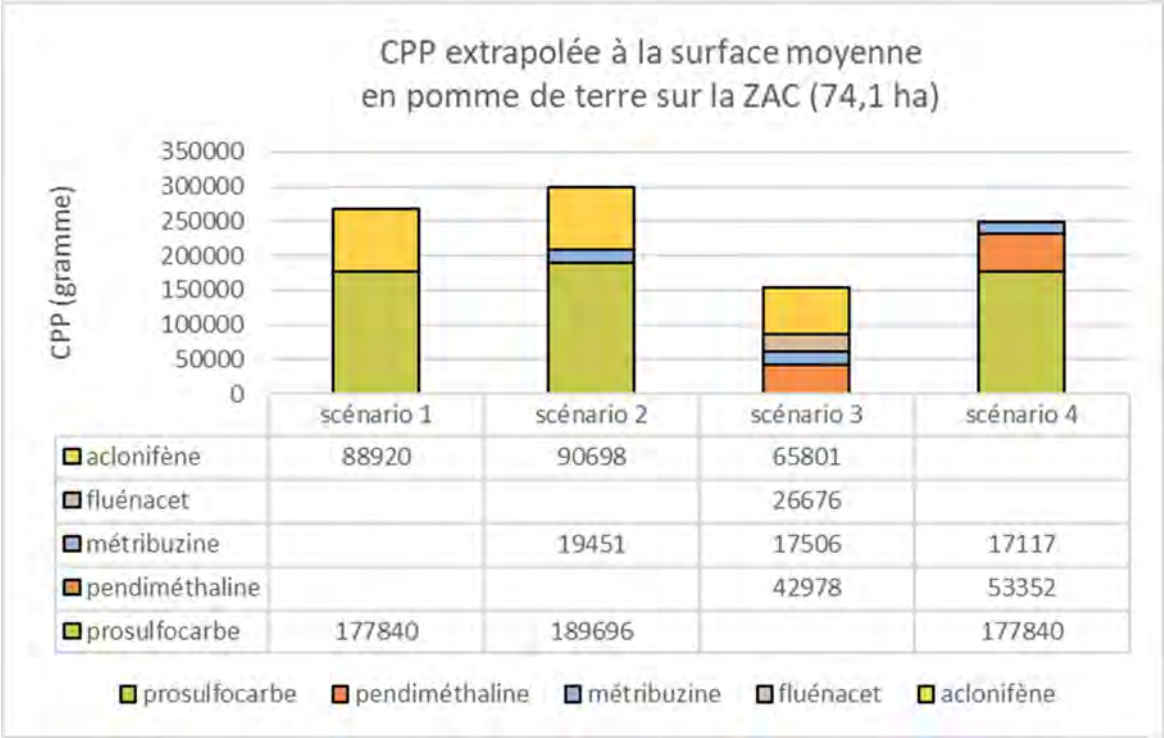



Figure 31 : ISAC'eau des différents scénarios en pomme de terre.

Le graphique suivant présente la CPP des 4 scénarios pour la surface moyenne en betterave sucrière sur la ZAC, qui est calculé à partir des informations du SIGEC (2020 et 2021). Cette surface est de 74,1 ha. La CPP par substance active est également renseignée.




| | scénario 1 | scénario 2 | scénario 3 | scénario 4 |
|---|---|---|---|---|
| aclonifène | 88920 | 90698 | 65801 | |
| fluénacet | | | 26676 | |
| métribuzine | | 19451 | 17506 | 17117 |
| pendiméthaline | | | 42978 | 53352 |
| prosulfocarbe | 177840 | 189696 | | 177840 |

Figure 32 : CPP extrapolée à la surface moyenne en pomme de terre sur la ZAC (74,1 ha).

L'objectif est d'avoir une vision de ces différences et de l'impact que pourrait avoir un choix d'un type de scenario sur la CPP totale de Claminforge.

Un choix d'itinéraire réfléchi sur l'ensemble d'une ZAC peut avoir des conséquences importantes en termes de réduction de la CPP. En effet, la réduction la plus forte observée peut atteindre un pourcentage allant à près de 50 % en passant du scénario 2 au scénario 3, ceci pour les s.a. considérées dans l'ISAC'eau.

Il faut cependant nuancer le propos et rappeler qu'il s'agit ici de réduction de la CPP sur la culture de la betterave sucrière, et non à l'échelle d'une rotation. Visualisée à l'échelle de la ZAC, la CPP permet de vérifier la diminution de la pression potentielle sur la surface totale emblavée.

## d) Discussion au niveau d'INDIC'eau pour les captages

Étant donné que l'échantillon utilisé est petit, aucune conclusion trop hâtive ne peut être faite quant à la pression réelle sur la ressource en eau. Toutefois, ceci montre que le choix des itinéraires techniques utilisés à l'échelle de la ZAC peut avoir un impact non négligeable sur la CPP. Une diminution soit totale soit par substance active de celle-ci ne peut qu'être favorable, et est un bon indicateur de l'évolution des pratiques agricoles au niveau de la ZAC et de l'impact potentiel futur sur la ressource en eau.

L'utilisation d'ISAC'eau par culture pour caractériser les itinéraires techniques de pulvérisation permet d'accompagner les agriculteurs et de se focaliser sur le recours à certaines substances actives potentiellement problématiques pour la ressource en eau tant de surface que souterraine. De plus, l'établissement de valeurs seuils par schéma de traitement utilisant les mêmes substances actives est possible au niveau régional en compilant des données sur plusieurs années. Il est enfin possible sur base de l'ISAC'eau utilisant les mêmes s.a. de promouvoir des réductions de doses.

Aussi, tel que montré dans ce rapport, il est possible de décortiquer les itinéraires et de comprendre la logique d'établissement de ceux-ci en fonction de la flore présente dans les parcelles, ou tout autre paramètre et avec aussi les informations renseignées par l'agriculteur ou le conseiller.

Par la suite il est possible de proposer des substitutions ou d'orienter vers des schémas plus précis selon la flore et en fonction des s.a. appliquées au niveau du captage pour pouvoir comparer différents schémas de traitement utilisant des s.a. différentes. Il faut cependant faire attention lors de la proposition de substitution aux agriculteurs. En effet, s'il s'agit de pollution ponctuelle en raison de terrains vulnérables (zones karstiques), la substitution n'est pas la solution.

On peut mettre en relation les différents schémas de traitement avec la notion de QAC et enfin la CPP extrapolée prenant en compte la notion de DMA et de superficie liée à la pulvérisation permet d'appréhender les différences de pression de chaque scénario au niveau d'une zone définie.

La CPP par s.a. en tenant compte de toutes les cultures sur lesquelles peuvent être appliquée la substance en question, permet également, sur base d'un principe de précaution d'affirmer sans être suffisant qu'en diminuant celle-ci, le risque théorique de contamination d'un captage diminue sur le long terme.

## 3.3. Analyse des données récoltées dans le cadre du SSA.

L'identification des agriculteurs est anonymisée, et repris sous le code « 00A », la lettre « A » signifiant « Agriculteurs ». Au-dessus est repris l'année d'emblavement de la culture (ex : 2022). Il est à noter que chaque centre de PROTECT'eau, ainsi que le réseau SSA, les agriculteurs sont renommés de la même manière. Ce qui signifie qu'il y a un 01A différent pour chaque centre, et pour le SSA, il ne s'agit pas du même agriculteur.

Au-dessus du code « agriculteur » est repris le code de la parcelle. Par culture, les chiffres des parcelles peuvent ne pas être continus, car le code est appliqué pour l'ensemble des parcelles communiquées. Par exemple, la parcelle P001 n'était pas emblavée avec une betterave, mais avec de l'avoine de printemps. Cette dernière information n'est pas communiquée dans ce rapport car nous avons choisi de nous concentrer sur les trois cultures principales de SUBSTIPHYT'eau (betterave, colza et maïs) dans un premier temps pour proposer des pistes de réflexion. En fin de cette partie, nous avons également effectué une analyse à partir des données pour le froment d'hiver et les pommes de terre.

Pour référencer un itinéraire nous ferons comme suit : 07A/2022/P001 ou 07A/P001. Lorsque sur un graphique les itinéraires ont été réalisés la même année nous pouvons raccourcir la référence sans perdre d'information.

### a) Culture de la betterave sucrière

De l'ensemble des agriculteurs du SSA que nous avons suivi en 2023, nous avons reçu les itinéraires de 9 participants pour la culture de la betterave sucrière. Certains d'entre eux ont communiqué deux parcelles de betteraves. Un total de 13 itinéraires de désherbage a pu être analysé, ceux-ci sont repris dans les Figure 34, Figure 35, Figure 36, Figure 37 et Figure 38 ; ceux-ci représentant respectivement les ISAC, les ISAC'eau, les scores INDIC'eau, la QAC (g/ha) et la CPP (g).

Certains itinéraires ont été encodés par les agriculteurs eux-mêmes. Ce qui a pour conséquence que certains itinéraires n'ont pas l'ensemble des PPP utilisés sur la culture (03A/P001, 07A/P001, 10A/P001, 10A/P002, 13A/P002, 13A/P003), car nous leur avions demandé de se focaliser sur une liste de PPP contenant les s.a. de la liste INDIC'eau.

Lorsqu'au niveau du CRA-W, nous avons encodé les itinéraires avec les fiches de culture, nous avons systématiquement encodé chacun des PPP herbicides utilisés, si ceux-ci ont bien tous été communiqués.

Onze substances actives différentes ont été utilisées, dont 5 provenant de la liste INDIC'eau (diméthénamide-P, éthofumésate, lénacile, métamitrone et S-métolachlore). Les ISAC atteignent une valeur avoisinant les 5, tandis que les plus faibles ne descendent pas en dessous de +/- 1,5. Le nombre de s.a. utilisées peut atteindre 10, c'est le cas de l'itinéraire 01A/2022/P002.

Nous avons analysé en détail les itinéraires techniques et suite à cela, des premières remarques et réflexions peuvent déjà être partagées. Celles-ci montrent que la récolte de données nécessite un échange avec l'agriculteur pour s'assurer également de la fiabilité et déjà recueillir quelques informations comme par qui l'agriculteur est conseillé ou pratique-t-il du désherbage mécanique.

- La définition d'un itinéraire peut être sujette à interprétation personnelle. En effet, certains agriculteurs sont plus tolérants que d'autres par rapport à l'état de salissure des parcelles.
- Certains agriculteurs ont mentionné leur utilisation de glyphosate, par exemple typiquement ceux qui pratiquent l'agriculture de conservation.

- Certains agriculteurs ont utilisé, lors du même passage, deux PPP contenant la même substance active. Les agriculteurs étaient-ils conscients de ce fait. L'outil permet évidement de discuter de cela avec eux.

Certains itinéraires présentent un nombre important de passage, par exemple l'itinéraire 01A/P002 est caractérisé par 8 passages, ce qui est conséquent. L'itinéraire de la parcelle 04A/P001 ainsi que 05/P001 ont été réalisés en 5 passages. L'itinéraire 11A/P002 a été réalisé en 7 passages, dont un en pré-émergence. Ces nombres de passages sont assez conséquents quand on compare aux 5 passages maximums dans la référence « chimique » des essais de désherbage l'IRBAB en 2022 (Figure 33). Ceux-ci peuvent avoir été provoqués par des conditions sèches, peu propices à l'action des herbicides racinaires, ce qui a parfois comme conséquence d'étaler les levées d'adventices.

| | 3 mai | 12 mai | 21 mai | 28 mai | | 7 juin | 7 juin | 14 juin | 15 juin | efficacité |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Chimi-que | Chimi-que | Herse étrille: HE | Chimi-que | Bineuse: B moulinets:M herse étrille : HE | Chimi-que | Bineuse: B Herse étrille: HE | Bineuse: B moulinets:M | Chimi-que | % |
| Ref chimique | FAR 1 | FAR 2 | | FAR 3 | | FAR 4 | | | FAR 5 | 99,6 |
| 3e far —> B | FAR 1 | FAR 2 | | | B + M 2/06 | FAR 4 | | | FAR 5 | 99,5 |
| 2 derniers chimi-que —> B | FAR 1 | FAR 2 | | FAR 3 | B + M 2/06 | | | B + M | | 98,7 |
| 3x chimique + HE+B | FAR 1 | FAR 2 | HE | | B + M 2/06 | | | B + M | FAR 5 | 99,6 |
| 3x chimique + HE | FAR 1 | FAR 2 | HE | | HE 31/05 | | HE | | FAR 5 | 98,1 |
| Désherbineuse 1 jet | FAR 1 | FAR 2 | | FAR 3 | | FAR 4 | B | B + M | FAR 5 | 99,6 |

Figure 33 : Protocole et efficacité du désherbage mécanique. En bleu les traitements chimiques, en vert les passages mécaniques et en orange les passages avec la désherbineuse (Source : FAR MEMO 2022, IRBAB).

Outre la comparaison de différents itinéraires, les différents graphiques nous mettent devant un choix pour la réduction du recours au PPP. Un objectif de réduction de la quantité de s.a. ne semble pas suffisant pour la protection de la ressource en eau. Certaines s.a. sont utilisés en kilos par hectare, tandis que certaines s.a. sont utilisées à raison de quelques grammes (triflusulfuron-méthyle). Cet aspect est visible avec la Figure 37, qui représente par parcelle, les quantités de substances actives utilisées à l'hectare QAC (g/ha). L'utilisation de la métamitrone représente dans tous les cas, plus de la moitié de l'utilisation des s.a.. Pour rappel, cette s.a. peut être appliquée à raison de 3,5 kg/ha.

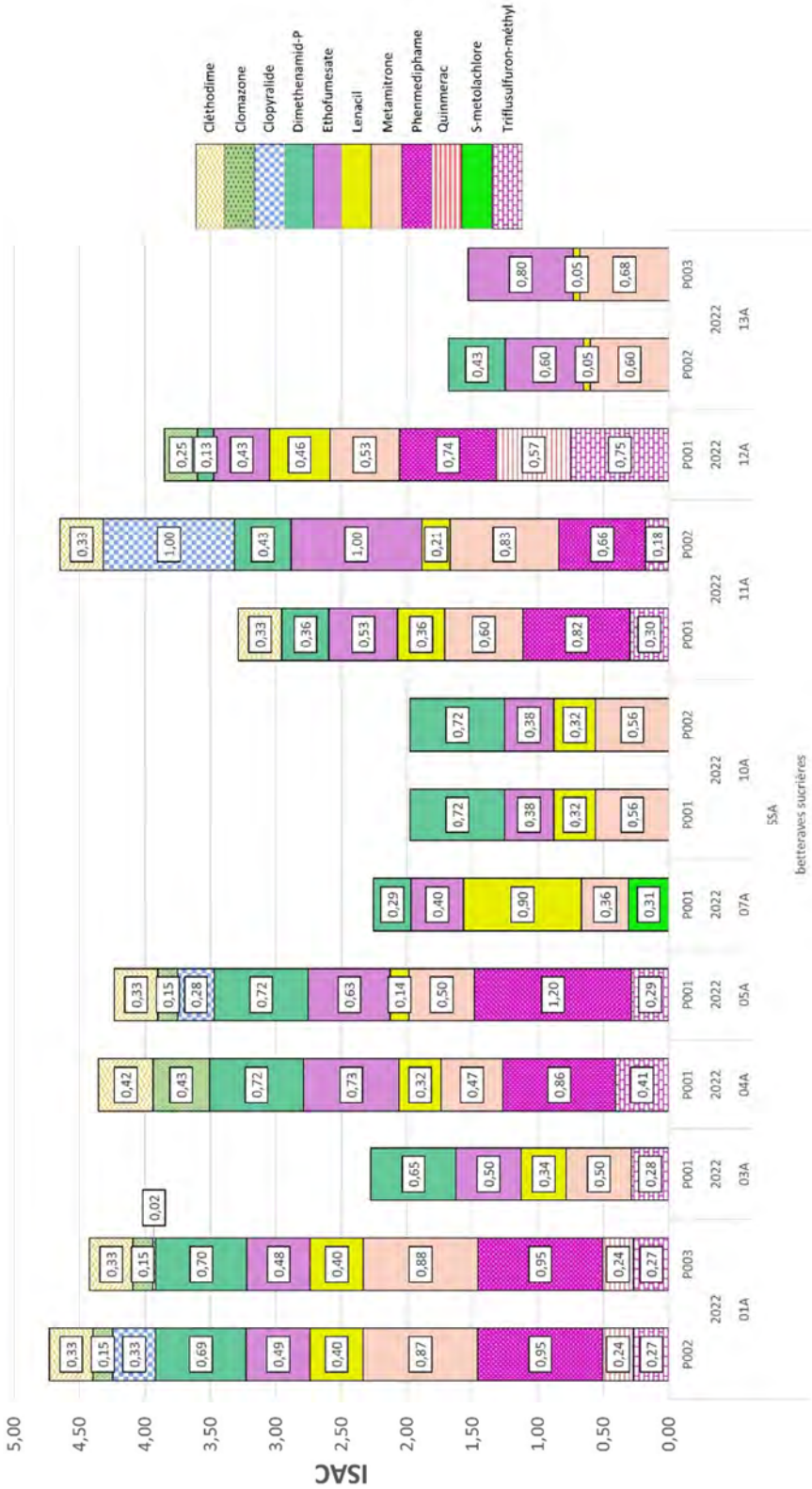



Figure 34 : ISAC des itinéraires de désherbage en culture de betterave sucrière.

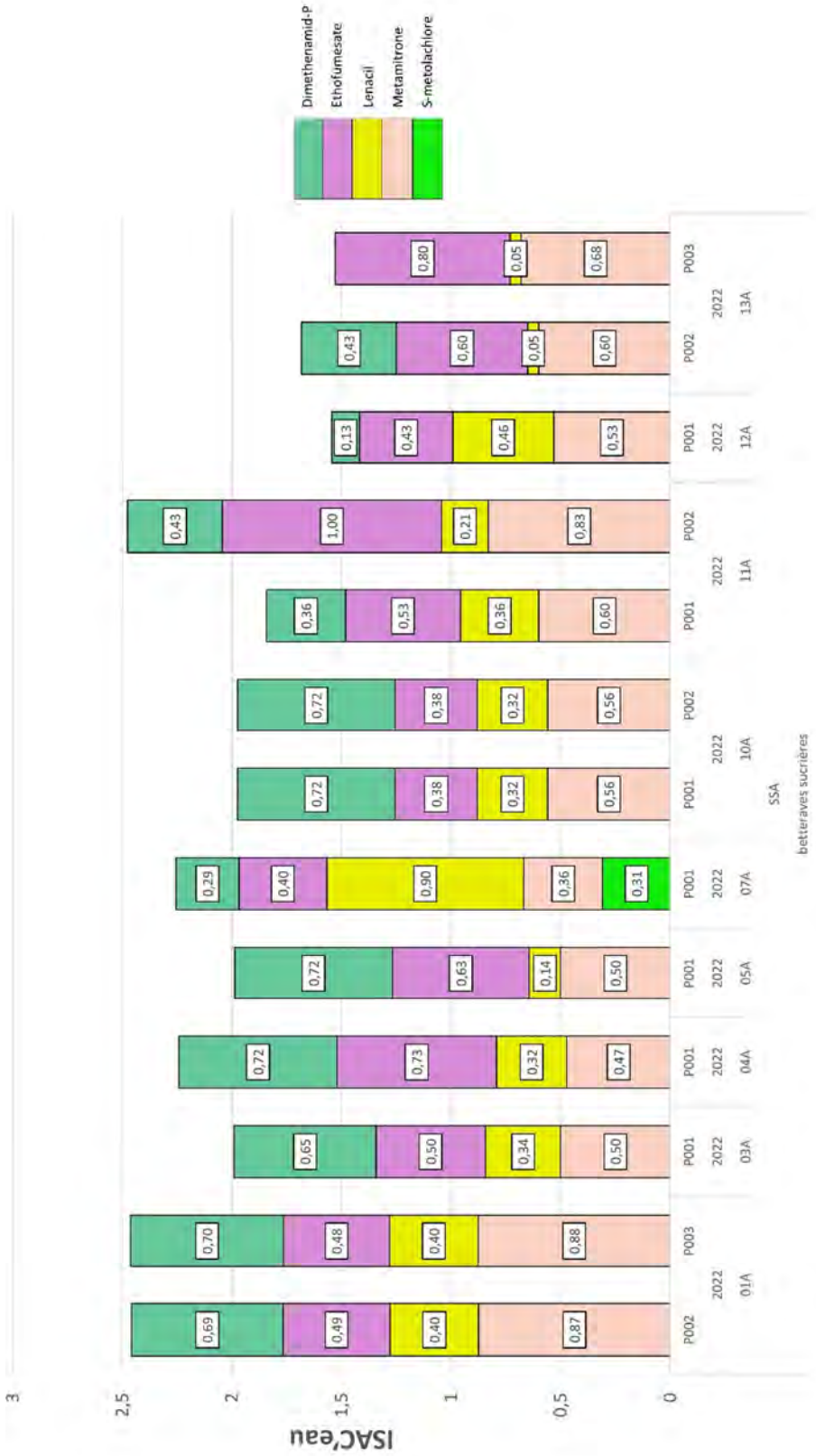



Figure 35 : ISAC'eau des itinéraires de désherbage en culture de betterave sucrière.

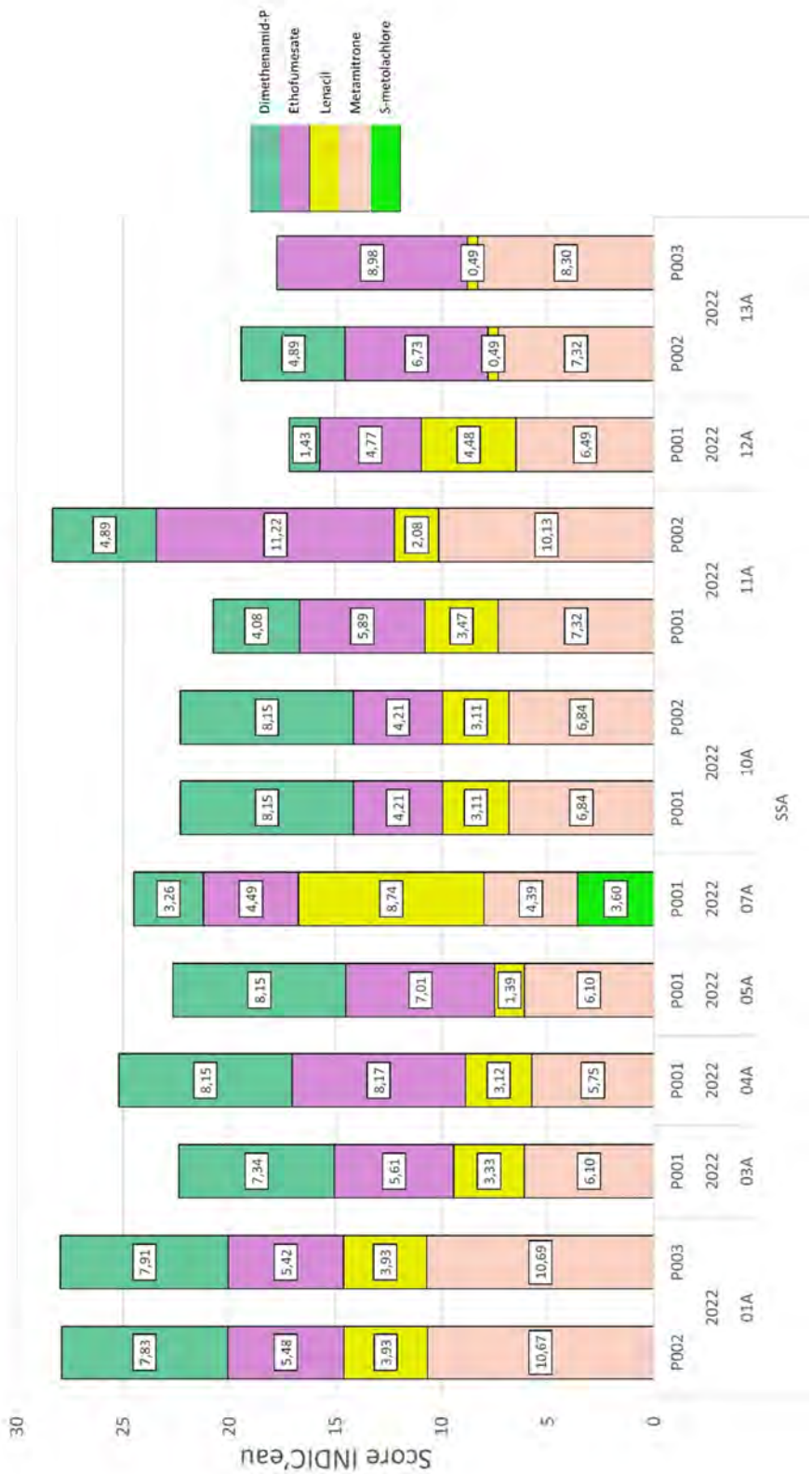



Figure 36 : Score INDIC'eau des itinéraires de désherbage en culture de betterave sucrière.

Figure 37 : QAC (g/ha) des itinéraires en betteraves sucrières.

Figure 38 : CPP (g) des parcelles de betteraves sucrières du réseau SSA.

## b) Culture de colza d'hiver et navettes

De l'ensemble des agriculteurs du SSA que nous avons suivi en 2023, nous avons reçu les itinéraires de 6 participants pour la culture de colza. Certains d'entre eux ont communiqués deux parcelles de colza. Un total de 7 itinéraires de désherbage a pu être analysé, ceux-ci sont repris dans les Figure 39, Figure 40, Figure 41, Figure 42 et Figure 43 ; ceux-ci représentant respectivement les ISAC, les ISAC'eau, les scores INDIC'eau, la QAC (g/ha) et la CPP (g).

Certains itinéraires ont été encodés par les agriculteurs eux-mêmes. Ce qui a pour conséquence que certains itinéraires n'ont pas l'ensemble des PPP utilisés sur la culture (07A/P003) car nous leur avions demandé de se focaliser sur une liste de PPP contenant les s.a. de la liste INDIC'eau. Lorsque nous avons encodé les itinéraires, nous avons systématiquement incorporé tous les PPP herbicides utilisés, si ceux-ci ont bien tous été communiqués.

Dix substances actives différentes ont été utilisées, dont 2 provenant de la liste INDIC'eau (diméthénamide-P, métazachlore). L'agriculteur 08A a mentionné une utilisation importante, dépassant un ISAC de 1, pour le métazachlore et le quinmérac. Par conséquent, les itinéraires de ces 2 parcelles ne seront pas considérés dans les analyses suivantes, mais elles seront reprises dans les différents graphiques. Il est plus que vraisemblable qu'il y'ait eu un réel surdosage avec le produit rapsan turbo.

Pour les autres itinéraires, les ISAC tournent autour de 2,5, avec une très faible variation entre eux. En nous concentrant sur les ISAC'eau, nous pouvons observer des différences plus importantes. L'ISAC'eau le plus faible 0,80 est celui de l'agriculteur 11A, avec une utilisation de métazachlore. L'ISAC'eau le plus élevé est de 1,5, pour l'agriculteur 07A, et une utilisation de diméthénamide-P et de métazachlore. Le score INDIC'eau le plus élevé (17,09) est attribué à l'agriculteur 07A, et le plus faible (9,23) à l'agriculteur 11A. Au regard des quantités de substances actives à l'hectare, (QAC (g/ha)), les différences entre les différents itinéraires ne sont pas extrêmes, et dépassent de peu la barre du kilogramme, avec un maximum de +/- 1420 g/ha pour l'agriculteur A04.

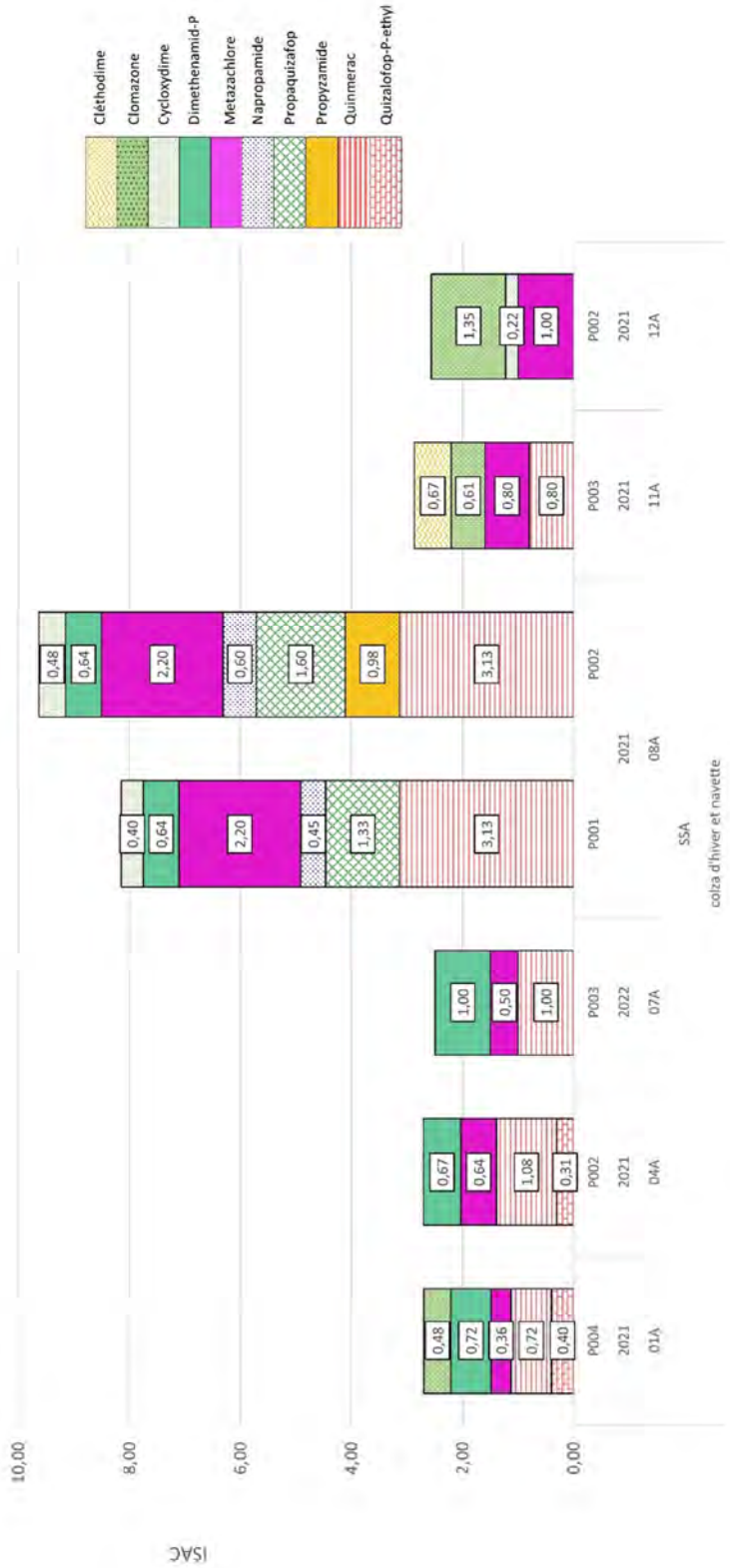



Figure 39 : ISAC des itinéraires de désherbage en culture de colza.

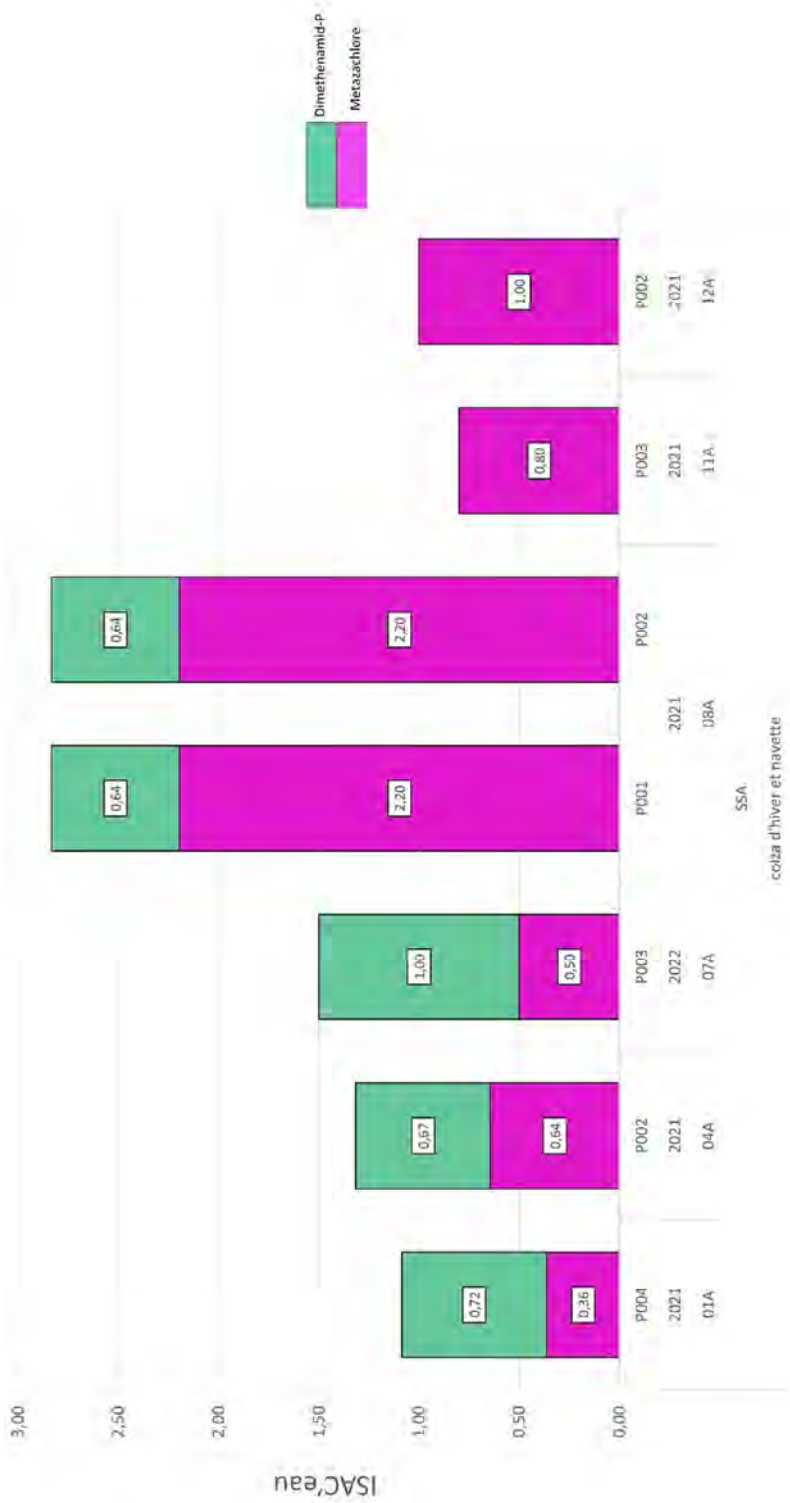



Figure 40 : ISAC'eau des itinéraires de désherbage en culture de colza.

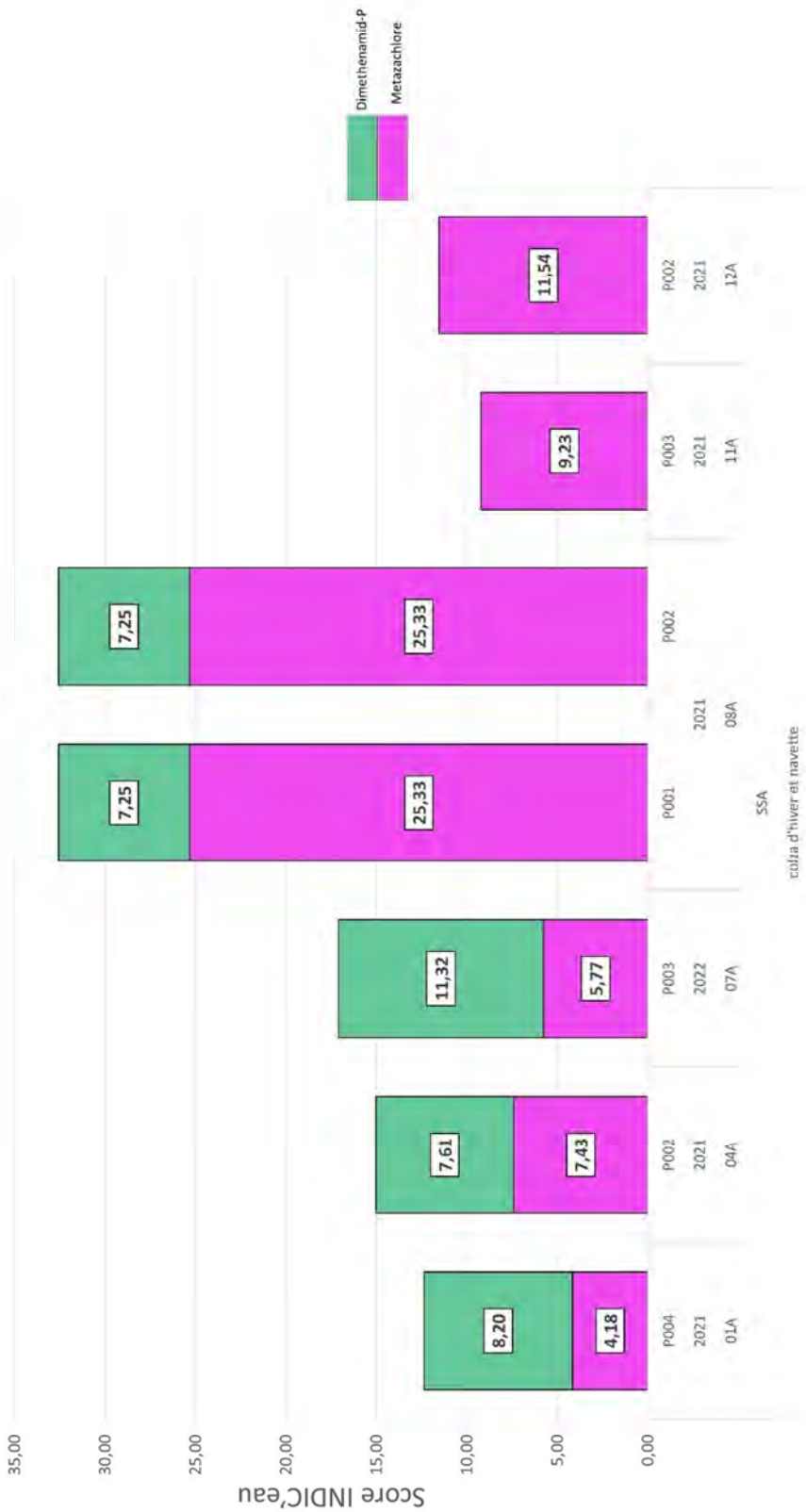



Figure 41 : Score INDIC'eau des itinéraires de désherbage en culture de colza

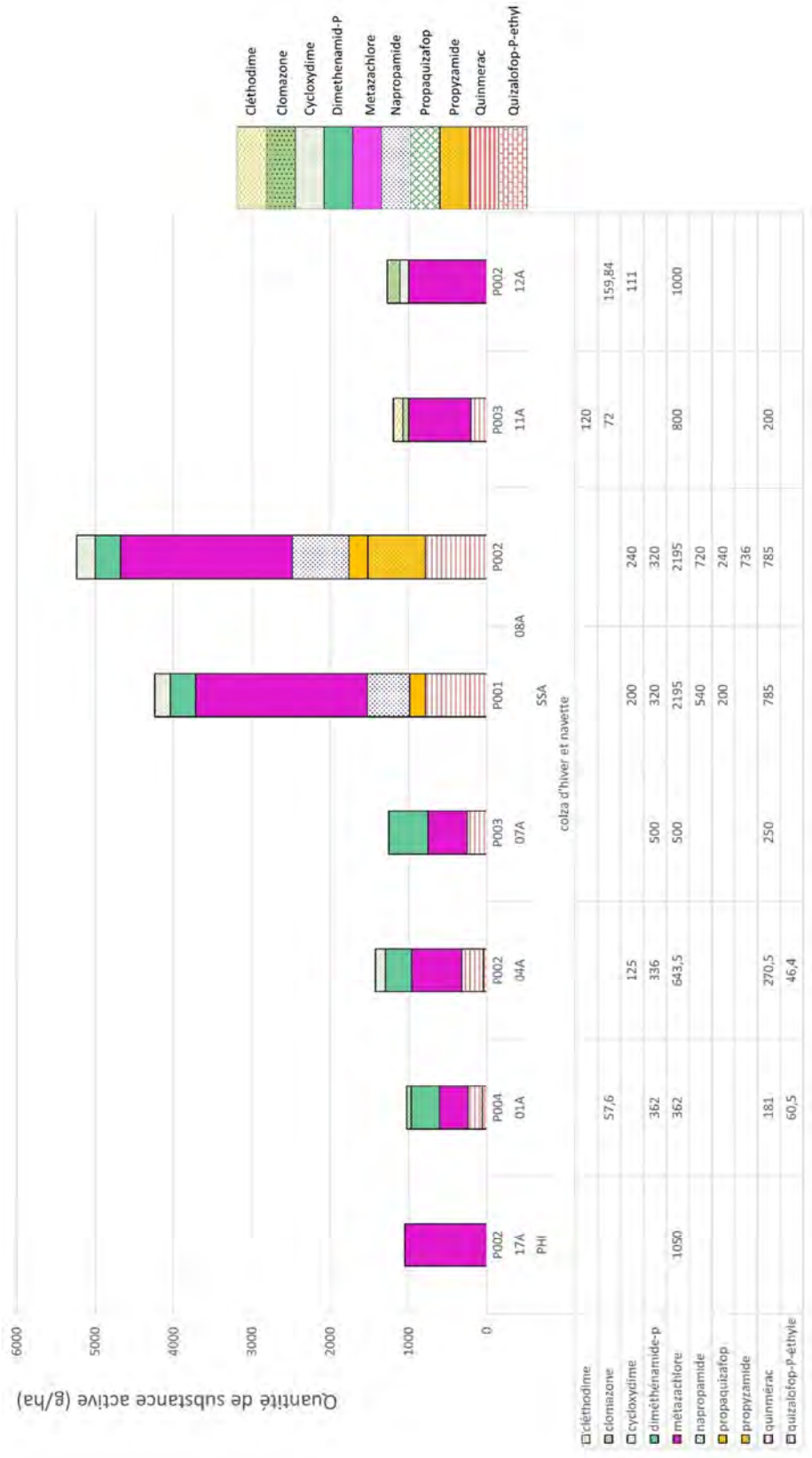



Figure 42 : Quantité de substance active (QAC (g/ha) des itinéraires en culture de colza.

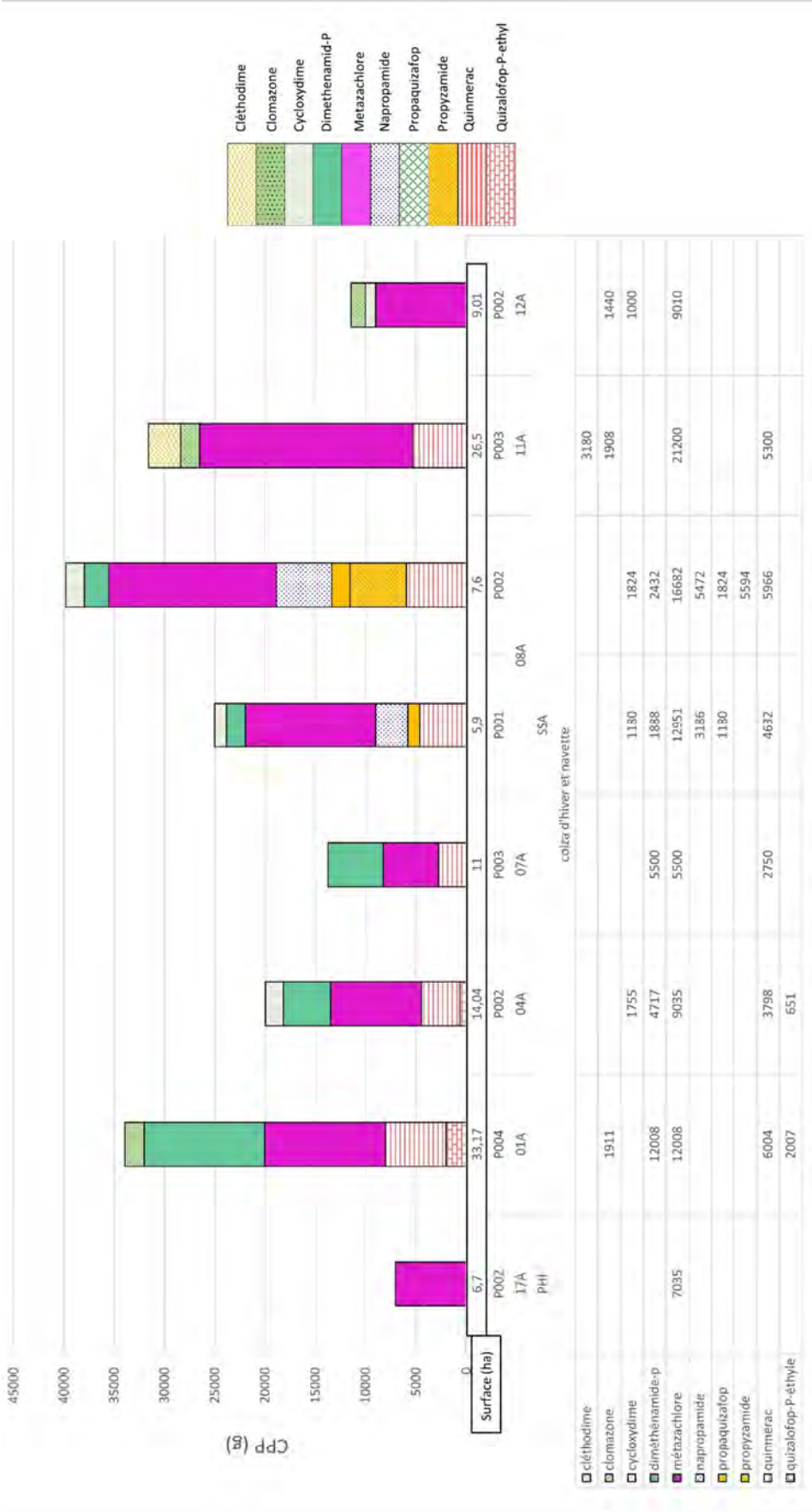



Figure 43 : CPP (g) des parcelles de colza du réseau SSA.

## c) Culture du maïs

De l'ensemble des agriculteurs du SSA que nous avons suivi en 2023, nous avons reçu les itinéraires de 7 participants pour la culture de maïs. Certains d'entre eux ont communiqués deux parcelles de maïs. Un total de 11 itinéraires de désherbage a pu être analysé, ceux-ci sont repris dans les Figure 44, Figure 45, Figure 46, Figure 47 et Figure 48 ; ceux-ci représentant respectivement les ISAC, les ISAC'eau, les scores INDIC'eau, la QAC (g/ha) et la CPP (g).

Certains itinéraires ont été encodé par les agriculteurs eux-mêmes. Ce qui a pour conséquence que certains itinéraires n'ont pas l'ensemble des PPP utilisés sur la culture (07A/P003 et 10A) car nous leur avions demandé de se focaliser sur une liste de PPP contenant les s.a. de la liste INDIC'eau. Lorsque nous avons encodé les itinéraires, nous avons systématiquement incorporés tous les PPP herbicides utilisés, si ceux-ci ont bien tous été communiqués.

Quatorze substances actives différentes ont été utilisées, dont 4 provenant de la liste INDIC'eau (diméthénamide-P, Flufénacet, S-métolachlore, Terbuthylazine). Les ISAC les plus élevés mentionnés tournent autour de 3,5, avec un maximum de 3,84 pour l'agriculteur 05A. Aucun des trois itinéraires de l'agriculteur 12A ne mentionne d'utilisation de s.a. de la liste INDIC'eau. L'ISAC le plus faible est celui de l'agriculteur 07A. Pour les ISAC'eau, le plus faible est celui de l'agriculteur 08A/P010, avec une valeur de 0,47. Les ISAC'eau les plus élevés de 1,78 sont ceux de l'agriculteur 10A.

La plus grande quantité de s.a. utilisée QAC (g/ha) est attribué à 05A, avec une quantité de 1454 g/ha. Au sein de cet itinéraire, le diméthénamide-P représente à lui seul près de 68 % de la quantité totale de s.a.. La QAC (g/ha) la plus faible est celui de 08A/P010 avec une quantité totale de 465 g/ha. Dans ce dernier cas, la diméthénamide-P représente près de 50 % de la quantité totale de s.a. utilisée.

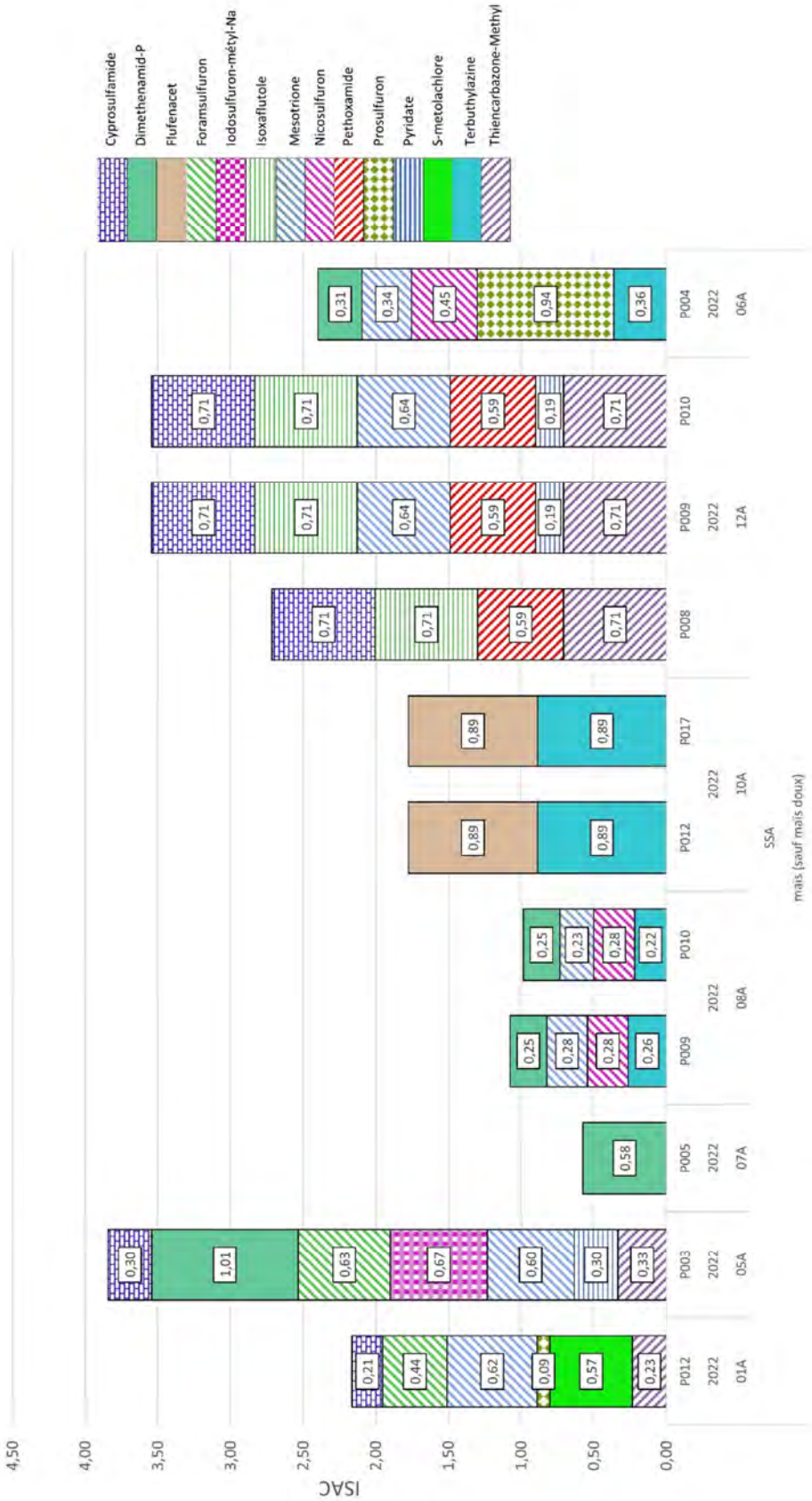



Figure 44 : ISAC des itinéraires de désherbage en culture de maïs.

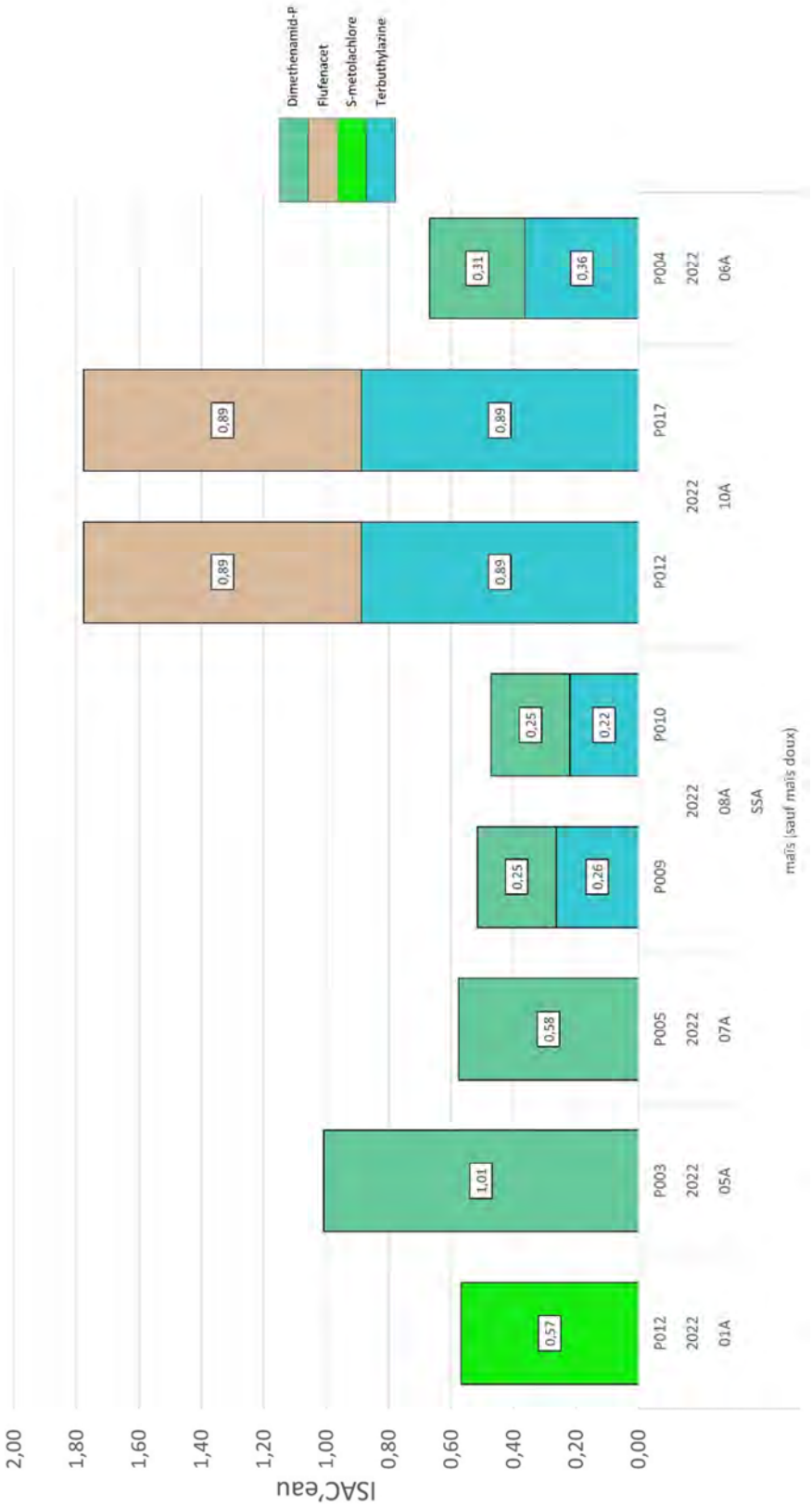



Figure 45 : ISAC'eau des itinéraires de désherbage en culture de maïs.

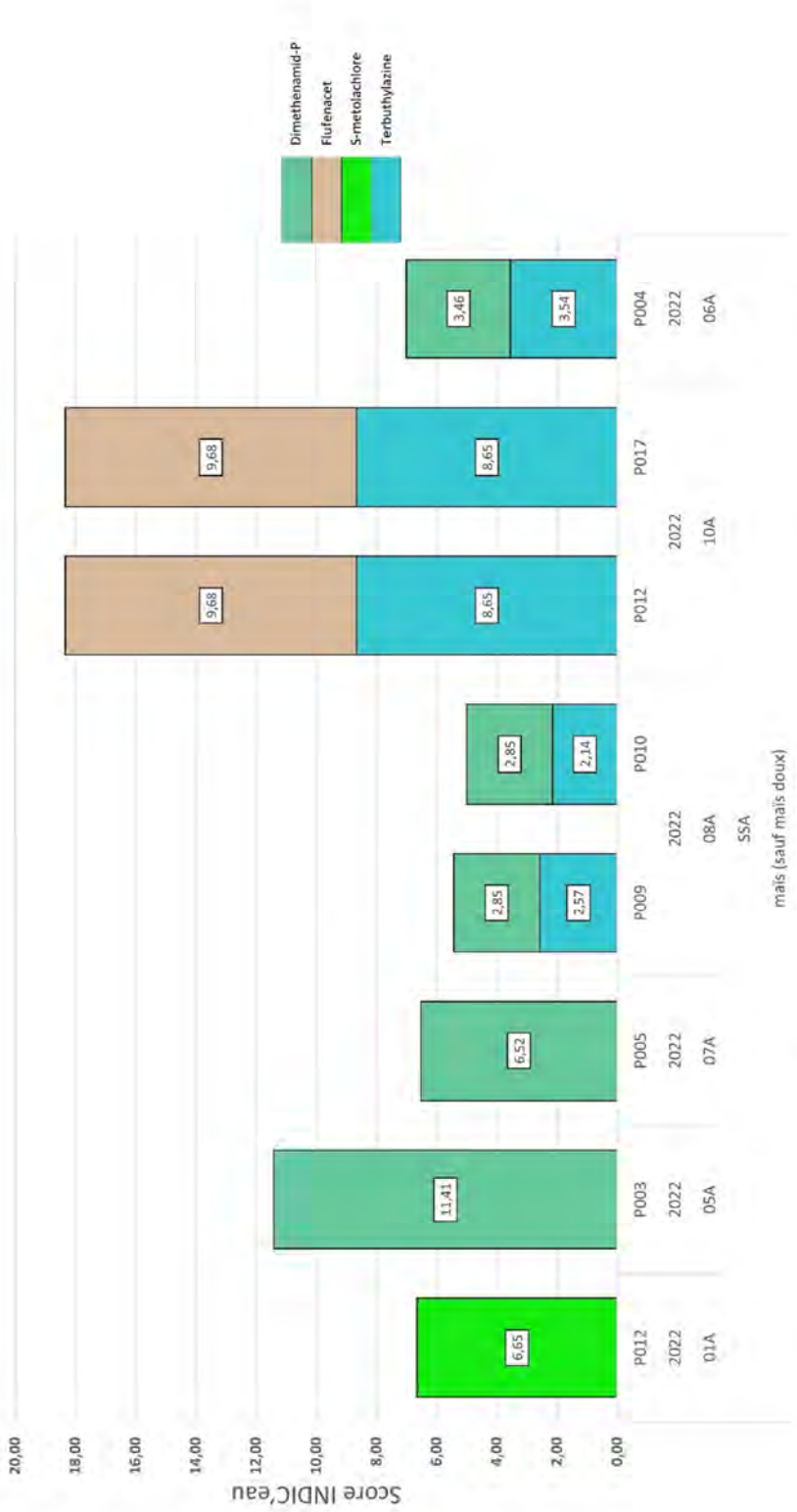



Figure 46 : Score INDIC'eau des itinéraires de désherbage en culture de maïs.

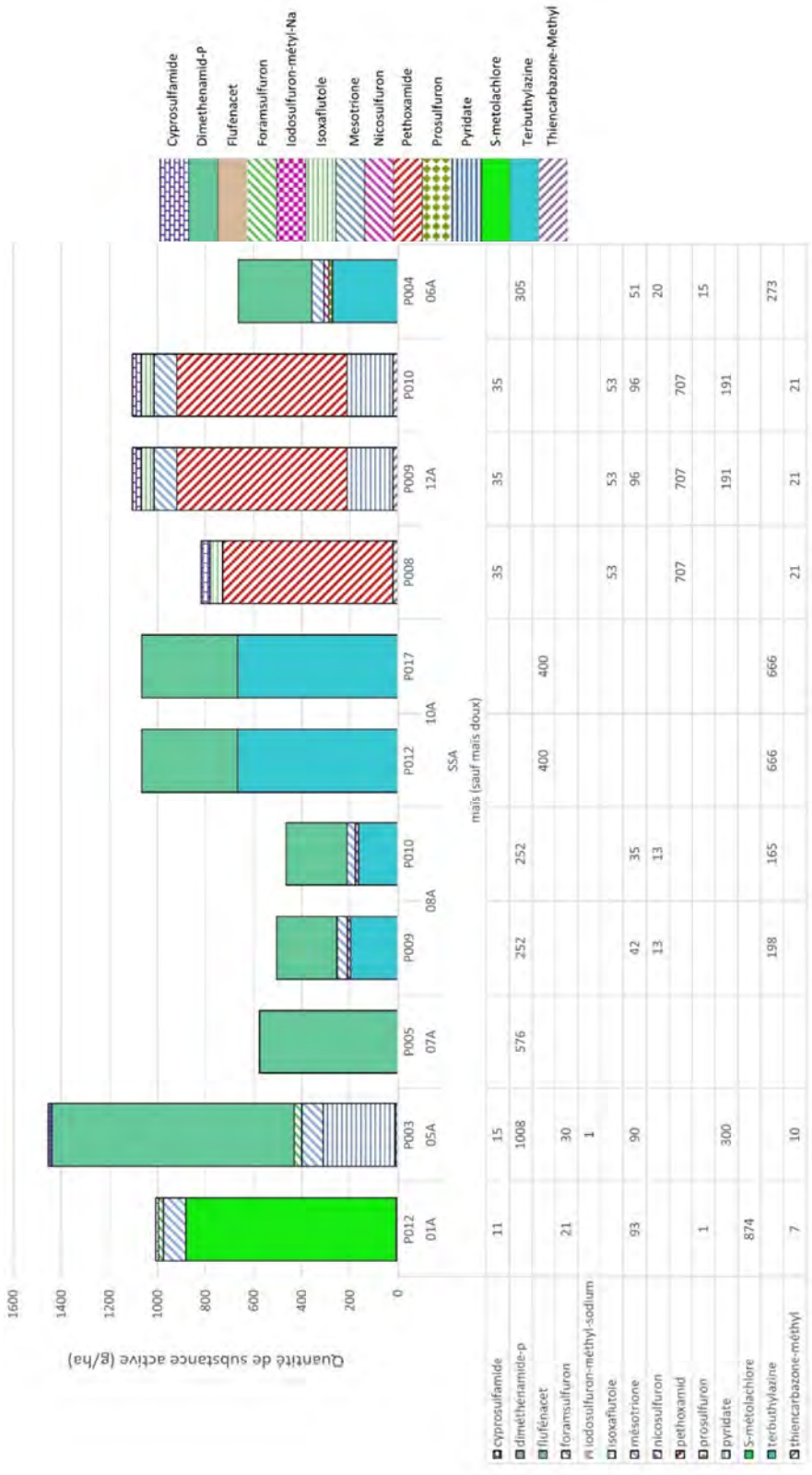



Figure 47 : QAC (g/ha) des itinéraires en culture de maïs.

Figure 48 : CPP (g) des parcelles de maïs du réseau SSA.

## 3.4. Valeurs seuils d'ISAC'eau

L'établissement de valeurs seuils est une étape importante dans la caractérisation d'itinéraires de désherbage pour une année culturale spécifique. Ces valeurs permettent de situer les pratiques d'un agriculteur par rapport à un ensemble de pratiques observées. Il est évident qu'au plus le jeu de données est important et au plus la robustesse augmente. Ces seuils permettent également d'évaluer l'évolution des pratiques au cours des années si les s.a. analysées restent les mêmes. Il va de soi qu'il faut mettre les pratiques observées avec la réalité du parcellaire au temps « t », il serait très pertinent d'établir un questionnaire semi-dirigé comme décrit dans de nombreux projets d'encadrement d'agriculteurs afin de récolter de manière fiable les métadonnées.

Nous proposons au travers de ce rapport, des valeurs seuils définies par culture sur base de la médiane, du percentile 25 et 90. Les seuils « bas » et « haut » permettent d'évaluer les différences qui existent entre les différents traitements en fonction des s.a. utilisées par schéma de désherbage pour la culture de betterave, maïs et colza. Ceci revient à la même méthodologie qu'un IFT herbicide sans le biais existant par simple substitution de PPP disponibles. Avec un jeu de données conséquent, et un suivi réparti dans toute la Wallonie il est possible de caractériser des schémas en fonction des régions agricoles et des années. Pour cela, le jeu de données doit être important pour pouvoir établir des ISAC régionaux robustes, le nombre de données que nous possédons est encore faible en comparaisons aux des données du réseaux DEPHY en France, soit 694 parcelles pour définir les IFT en culture de froment.

Afin de réaliser ces seuils, nous avons sélectionné par culture et par année un ensemble d'itinéraires de désherbage, y compris les données fournies par les centres d'action PROTECT'eau ayant participé. Par la suite nous avons calculé les percentiles de ce jeu de donnée. Les résultats sont des ISAC'eau qui sépare des « types » de pratiques. En effet, ceux-ci sont soumis à la météo, le type d'adventices, la rotation, les précédents choix de désherbage, …

Les valeurs seuils ont été calculées pour trois cultures : la betterave sucrière (Figure 50), le colza (Figure 51) et la maïs (Figure 52). Par exemple, si un agriculteur renseigne un itinéraire supérieur à la médiane, la « pratique » qu'il a adoptée pour cette parcelle fait partie des 50 % les plus utilisatrices de s.a. problématiques pour l'eau. Il existe par conséquent une marche d'amélioration faisable, car observée. L'agriculteur pourra essayer, de passer sous cette médiane, et sous la barre du percentile 25. Il faut cependant, ne pas oublier de mettre l'itinéraire dans son contexte et voir avec l'agriculteur les raisons de ces utilisations. En effet, une mauvaise gestion des adventices au niveau d'une culture peut avoir des conséquences dramatiques sur la culture suivante, non seulement en terme d'ISAC et d'ISAC'eau, mais aussi agronomiquement.

Les valeurs seuils accompagnent une démarche de discussion avec les agriculteurs. L'idée est de commencer à les situer par rapport à un maximum qui est légal et de situer ces pratiques par rapport à celles d'autres agriculteurs. Par conséquent, lors de la réalisation du calcul d'un itinéraire, le conseiller peut déjà montrer le niveau d'utilisation de s.a. par rapport à ce qu'il aurait pu mettre. Par exemple, si celui-ci présente une utilisation de 5 s.a., l'ISAC total autorisé est de 5. La Figure 49 présente l'exemple de l'A07 en betteraves avec le maximum légal qu'il aurait pu appliquer. On peut remarquer qu'il effectue déjà une réduction de dose de plus de 50%. Par après, on peut également le situer par rapport aux itinéraires des autres itinéraires utilisés pour définir les valeurs seuils. Enfin discuter avec l'agriculteur des raisons de son désherbage, de la place de son itinéraire au sein de la rotation, etc…

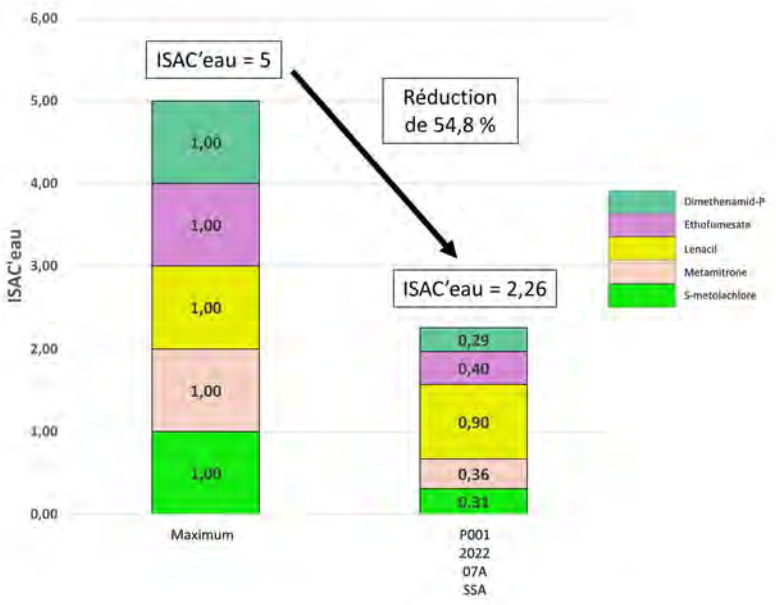



Figure 49 : Exemple de réduction d'ISAC'eau par rapport au maximum autorisé.

## a) Culture de la betterave sucrière

La Figure 50 présente les ISAC'eau de l'ensemble des itinéraires de désherbage en culture de la betterave sucrière. Trois seuils sont repris sur le graphique, les percentiles 25,50 (médiane) et 90. Les valeurs numériques de ces derniers, ainsi que d'autres paramètres sont repris dans le Tableau 23. Ces paramètres servent à caractériser l'ensemble du jeu de données, et ainsi permettre de situer les pratiques des agriculteurs au regard de leur impact potentiel et théorique sur la ressource en eau.

Tableau 23 : Statistiques des itinéraires en culture de betterave sucrière.

| Mesure | Valeur |
|---|---|
| Moyenne | 1,76 |
| Écart-type | 0.46 |
| **Percentile 25** | **1.54** |
| **Percentile 50 (Médiane)** | **1.85** |
| Percentile 75 | 1.99 |
| **Percentile 90** | **2,30** |

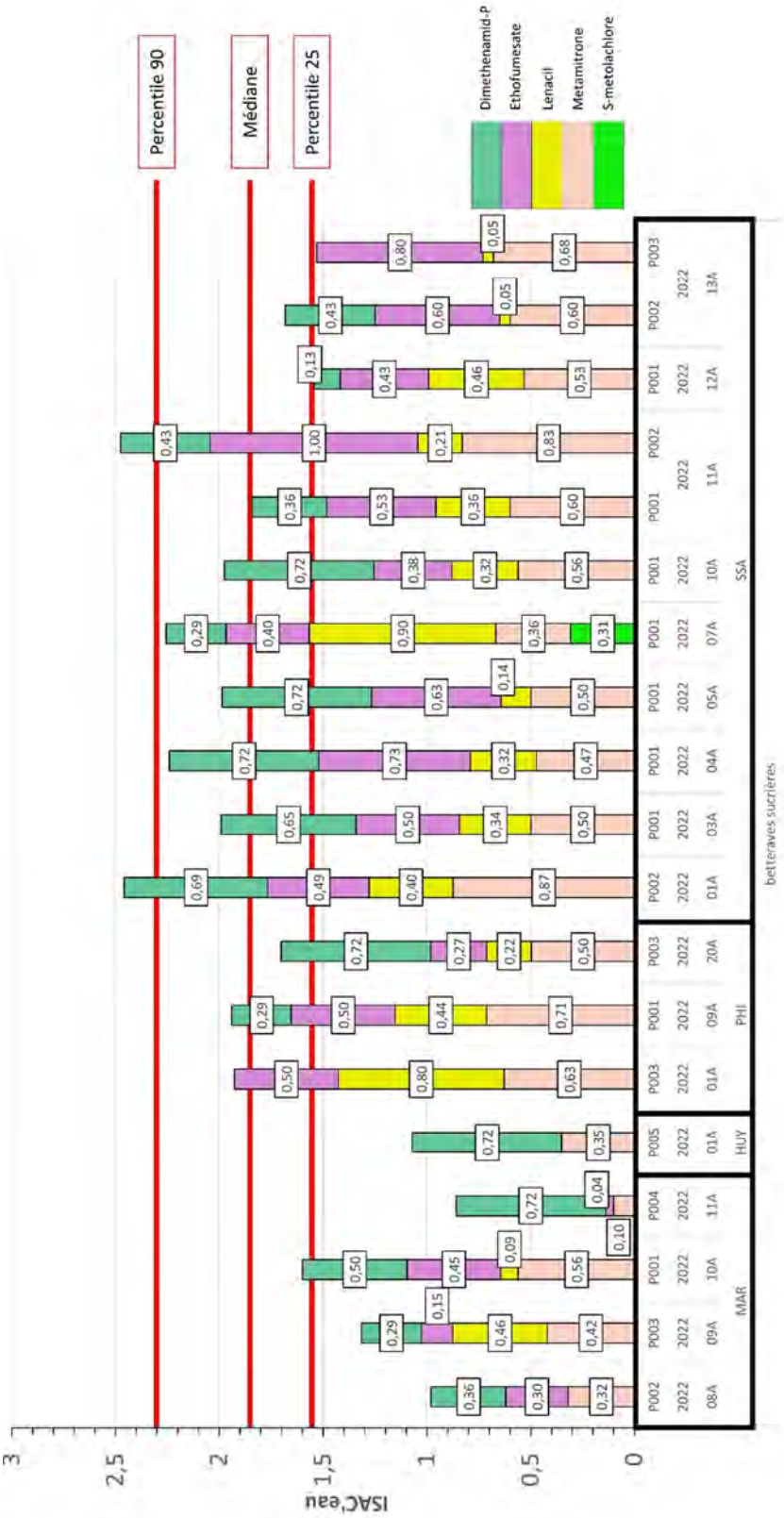



Figure 50 : ISAC'eau des parcelles de betteraves sucrières du réseau SSA et de centres d'actions de PROTECT'eau, avec trois seuils : les percentiles 90, 50 et 25.

## b) Culture de colza d'hiver et navettes

La Figure 51 présente les ISAC'eau de l'ensemble des itinéraires de désherbage en culture de colza d'hiver. Trois seuils sont repris sur le graphique, les percentiles 25, 50 (médiane) et 90. Les valeurs numériques de ces derniers, ainsi que d'autres paramètres sont repris dans le Tableau 24. Ces paramètres servent à caractériser l'ensemble du jeu de données, et ainsi permettre de situer les pratiques des agriculteurs au regard de leur impact potentiel et théorique sur la ressource en eau.

Pour les calculs, les itinéraires ont été réalisés en 2021, à l'exception d'une parcelle (07A/2022/P003) qui a été gardée (désherbage automnal de 2022) du fait du peu de données disponibles pour cette culture, ainsi que de sa différence assez faible avec les autres. De plus, deux itinéraires ont été exclus car ils mentionnent une utilisation trop importante en métazachlore, avec un ISAC'eau supérieur à 2. Il s'agit des parcelles de l'agriculteur 08A. Il peut arriver que des ISAC'eau dépassent la valeur de 1. Dans cas-là, un seuil de tolérance de quelques dixièmes peut être tolérée, s'il s'avère que ce n'est pas une pratique courante (exemple d'un ISAC'eau pour de l'éthofumésate de 1.02). En effet, les valeurs seuils doivent représenter la réalité du terrain, et éventuellement révéler les différences avec le législatif. Mais une utilisation explicitement hors norme ne peut pas être utilisée dans une référence.

Tableau 24 : Statistiques des itinéraires en culture de colza

| Mesure | Valeur |
|---|---|
| Moyenne | 1.12 |
| Écart-type | 0.22 |
| **Percentile 25** | **1.01** |
| **Percentile 50 (Médiane)** | **1.06** |
| Percentile 75 | 1.25 |
| **Percentile 90** | **1.40** |

Il existe une très faible différence entre les deux seuils les plus bas (percentile 50 et 25). Ce qui traduit qu'une grande partie des ISAC'eau sont proches de ces valeurs, et que descendre beaucoup plus bas n'a pas encore été observé. Ceci est probablement dû au faible nombre d'itinéraires pris en compte et aux difficultés liées au désherbage en colza au vue du peu de molécules disponibles et efficaces.

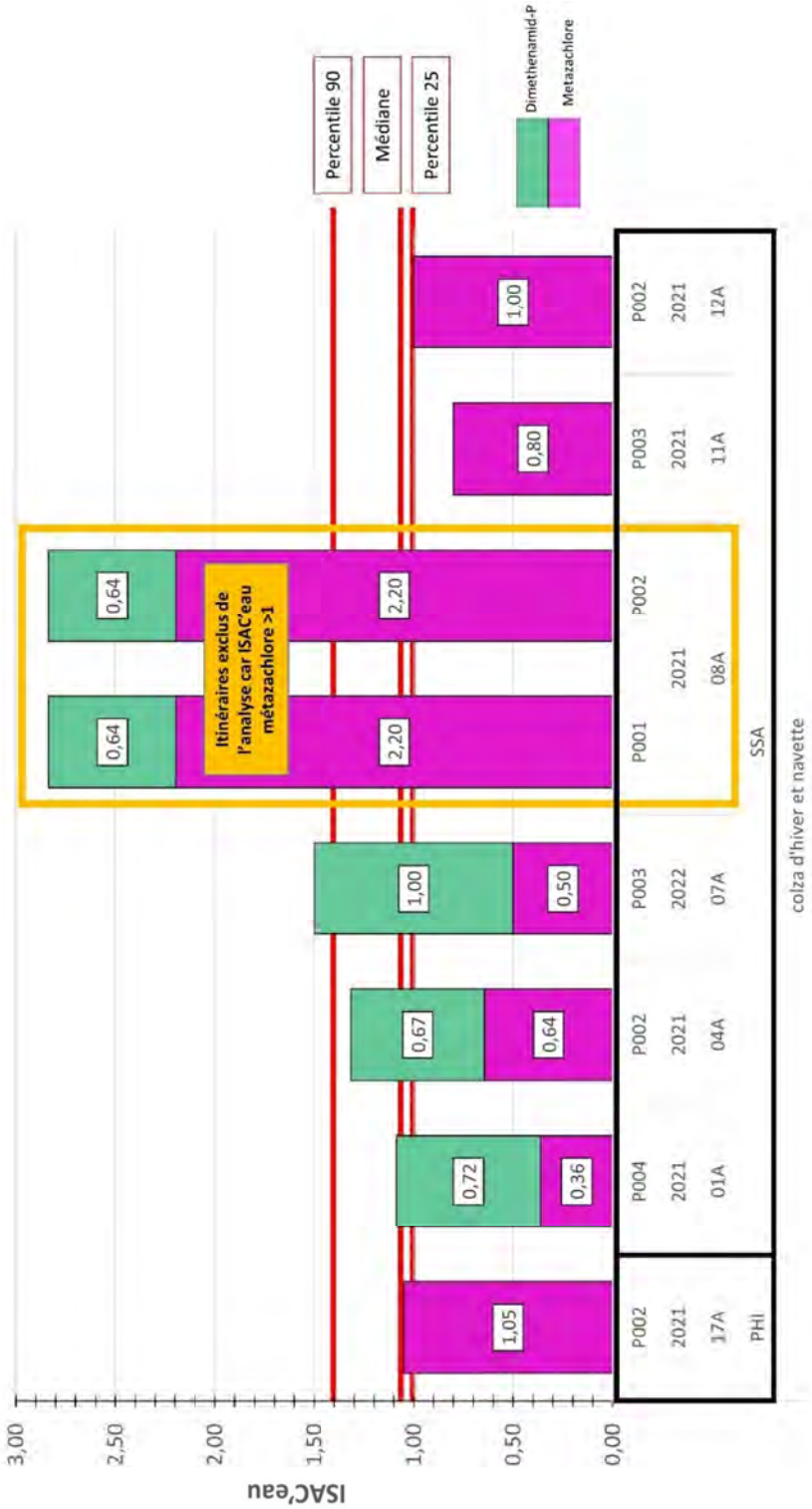



Figure 51 : ISAC'eau des parcelles de colza du réseau SSA et de centres d'actions de PROTECT'eau, avec trois seuils : les percentiles 90, 50 et 25.

## c) Culture du maïs

La Figure 52 présente les ISAC'eau de l'ensemble des itinéraires de désherbage en culture de maïs. Trois seuils sont repris sur le graphique, les percentiles 25, 50 (médiane) et 90. Les valeurs numériques de ces derniers, ainsi que d'autres paramètres sont repris dans le Tableau 25. Ces paramètres servent à caractériser l'ensemble du jeu de données, et ainsi permettre de situer les pratiques des agriculteurs au regard de leur impact potentiel et théorique sur la ressource en eau.

Tableau 25 : Statistiques des itinéraires en culture de maïs

| Mesure | Valeur |
|---|---|
| Moyenne | 0.76 |
| Écart-type | 0.40 |
| **Percentile 25** | **0.55** |
| **Percentile 50 (Médiane)** | **0.68** |
| Percentile 75 | 0.72 |
| **Percentile 90** | **1.17** |

Il existe une faible différence entre la médiane et le percentile 25, ce qui signifie que la plupart des itinéraires sont proches de ces valeurs. Par contre, entre la médiane et le percentile 90, il existe une assez grande différence, soit une ISAC'eau de +/- 0,45, ce qui représente une demi-dose d'une s.a.. Cette grande différence est induite par les itinéraires LIB/03A/2022/P001 et SSA/10A/2022/P012 qui ont un ISAC'eau proche de 1,8.

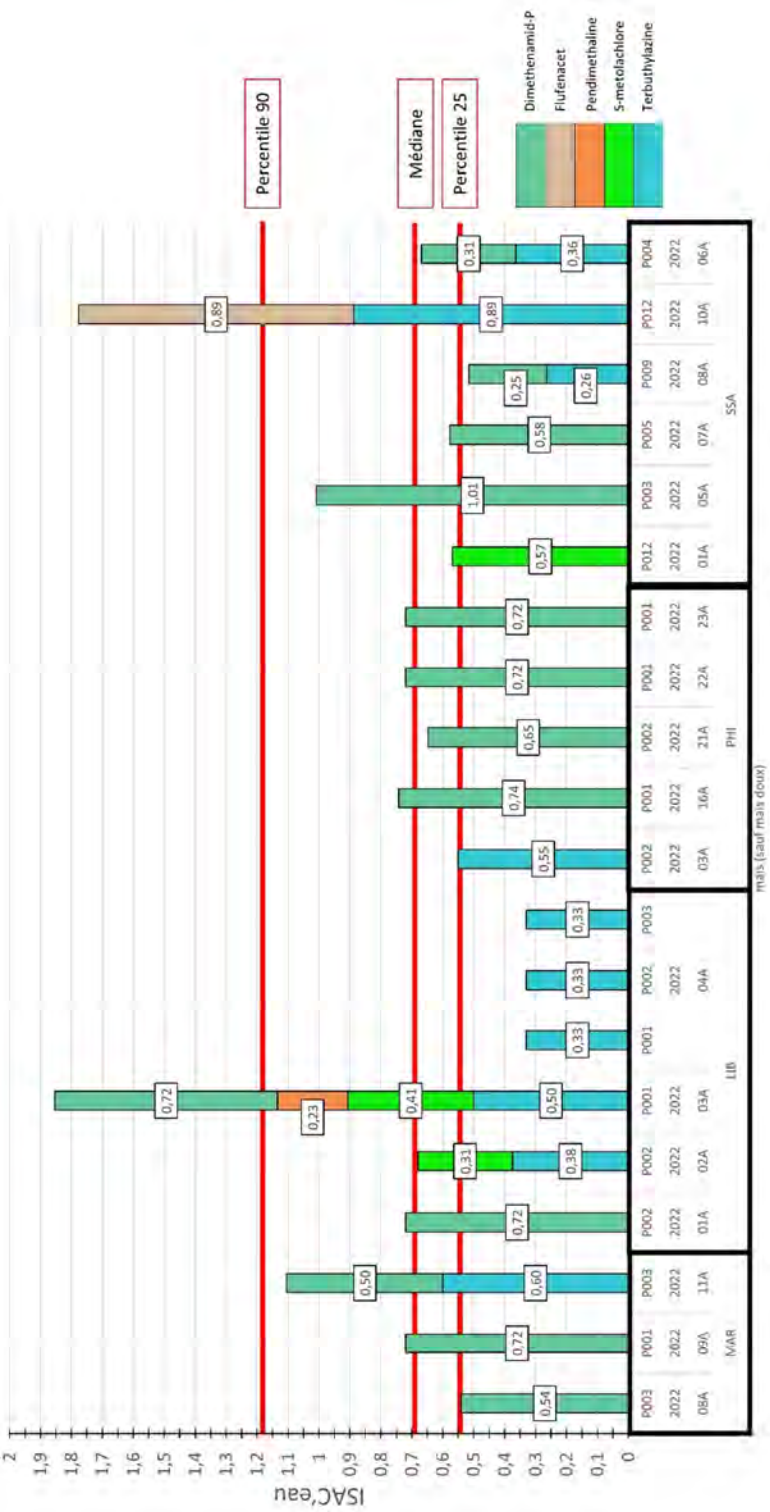



Figure 52 : ISAC'eau des parcelles de maïs du réseau SSA et de centres d'actions de PROTECT'eau, avec trois seuils : les percentiles 90, 50 et 25.

## 3.5. Autres cultures suivies au niveau du SSA

Nous avons pu récolter des données pour d'autres cultures que les trois prioritaires (betterave, colza et maïs en lien avec SUBSTIPHYT'eau), ceci via l'encodage réalisé à partir des fiches cultures.

Nous trouvons pertinent de présenter également les données pour la culture de froment d'hiver et de pommes de terre étant donné le nombre important de données récoltées grâce à la participation au niveau SSA. Ceci permet aussi d'avoir une vision des seuils pour ces deux cultures en question en combinant des ISAC et des ISAC'eau. Uniquement les valeurs seuils des ISAC sont indiquées.

### a) Culture de froment d'hiver

La Figure 53 présente les ISAC herbicide en froment d'hiver. Un total de 24 s.a. a été utilisé dans l'ensemble des itinéraires, pour un total de 7 s.a. de la liste INDIC'eau. De manière intéressante, il existe aussi une grande différence entre les itinéraires en fonction des PPP choisis par les agriculteurs et également des doses appliquées. Avec certains qui tournent autour de 0,5, tandis que d'autres avoisinent les 5. Il faut analyser ce genre de graphes en tenant compte des s.a. utilisées par l'agriculteur et en référence à une utilisation « dose pleine » et pouvoir avoir un retour au niveau de la parcelle pour savoir par exemple les adventices qui étaient présentes.

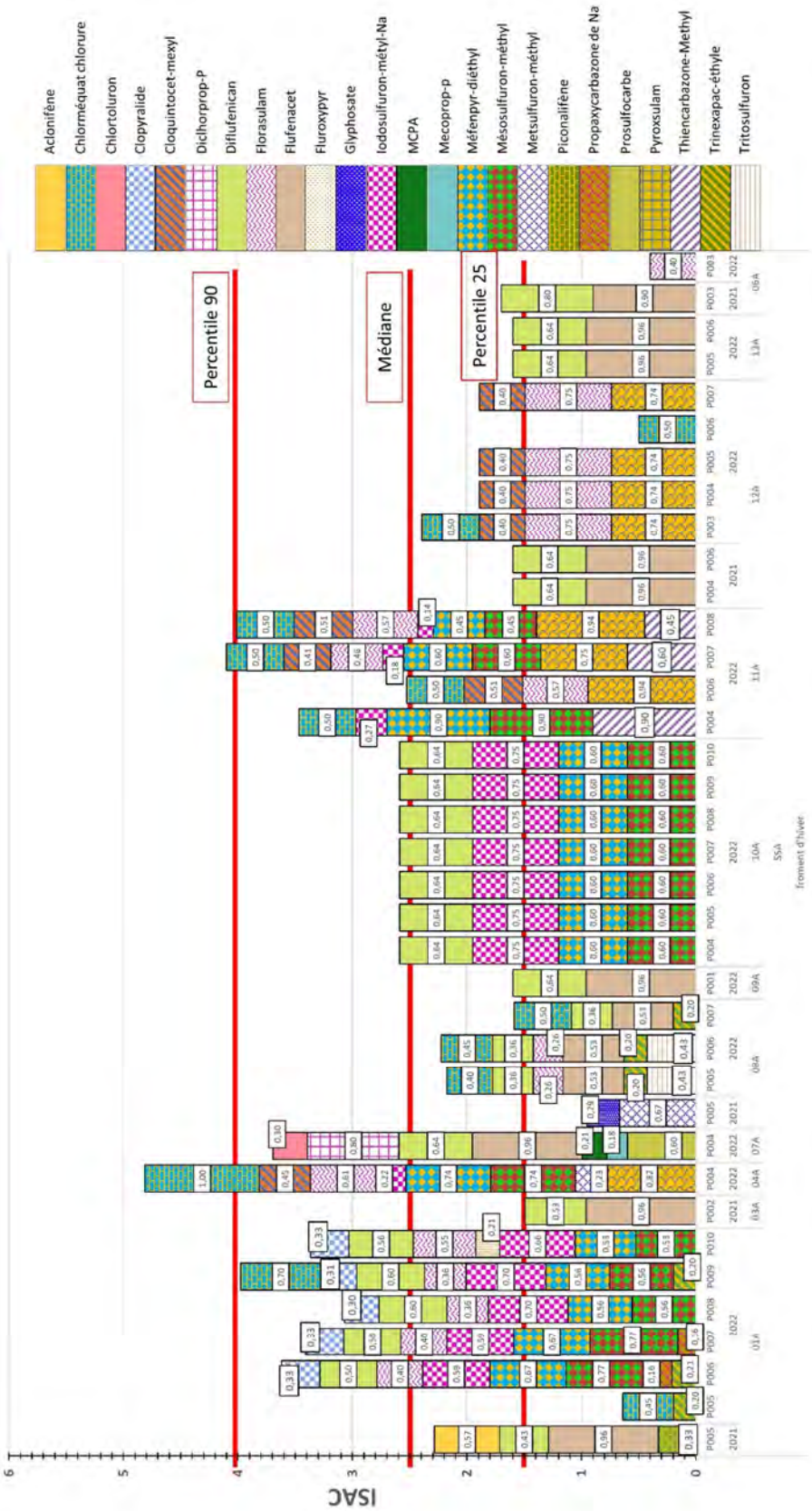



Figure 53 : ISAC et valeurs seuils en froment d'hiver du réseau SSA

## b) Culture de pomme de terre

La Figure 54 présente les ISAC herbicide de la culture de pommes de terre. Un total de 10 s.a. a été utilisé dans l'ensemble des itinéraires, pour un total de 7 s.a. de la liste INDIC'eau. Il faut analyser ce genre de graphes en tenant compte des s.a. utilisées par l'agriculteur et en référence à une utilisation « dose pleine ».

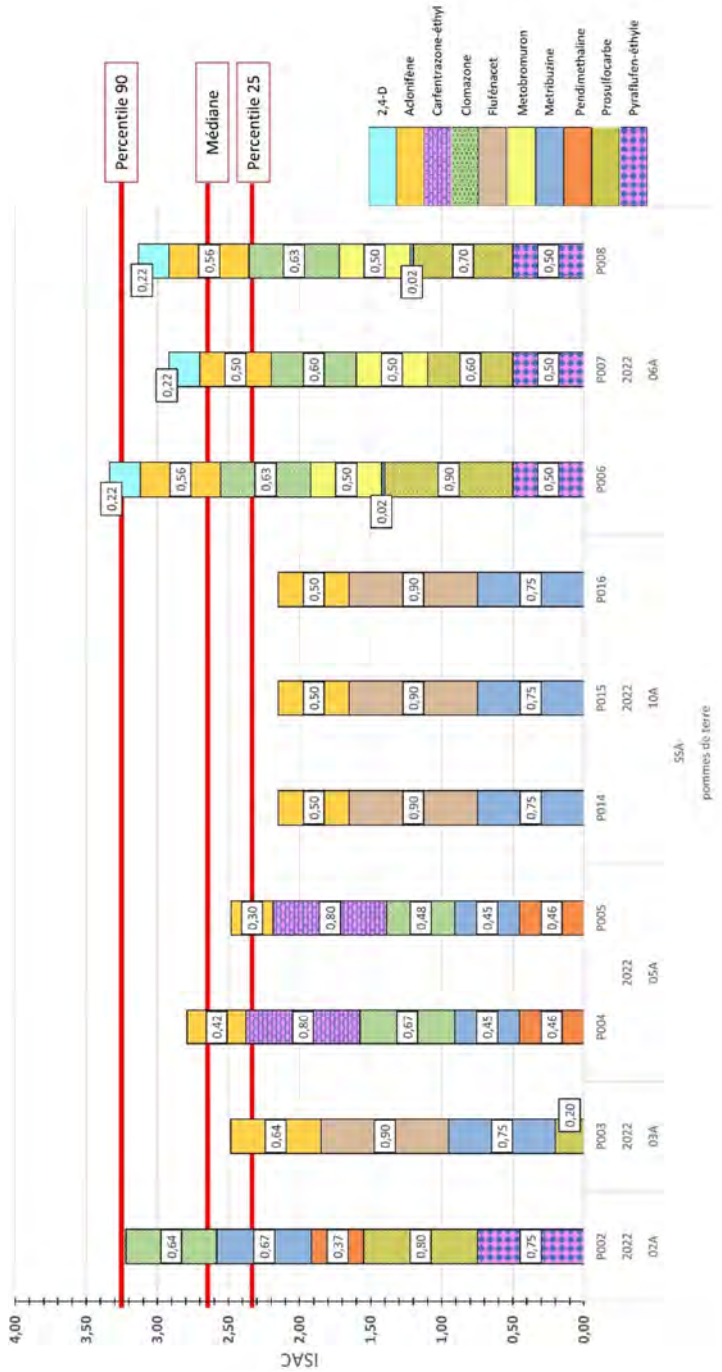



Figure 54 : ISAC et valeurs seuils en culture de pommes de terre du réseau SSA.

## 3.6. Automatisation du calcul d'INDIC'eau

Le calcul des valeurs définissant l'INDIC'eau dans son ensemble (ISA, ISAC'eau, score INDIC'eau, QAC (g/ha), CPP (g), …) a été entamé en 2023. Il a été décidé de développer une application avec le langage python afin de rendre l'outil le plus ergonomique possible et une utilisation aisée de ce programme. Ce dernier a été développé avec le module python « PyQT5 », il permet notamment de créer des interfaces utilisateurs.

L'outil permet d'encoder n'importe quel produit autorisé en Belgique (https://fytoweb.be/fr) ainsi que la dose à laquelle celui-ci est appliqué. Le programme décompose le produit en ces substances actives et calcule la quantité de substance active appliquée, ensuite cette quantité est divisée par la DMA correspondante à la culture, à l'ha et à la substance active. Il s'agit de L'ISA. Le programme permet de ne pas devoir se préoccuper de toutes les étapes nécessaires à ce calcul. Le fichier de sortie est un Excel avec toutes les données agencées.

Les détails du code ne seront pas explicités dans ce rapport. Une fois le code réalisé, il a été transformé en fichier exécutable à l'aide de PyInstaller (https://pyinstaller.org/en/stable/). PyInstaller est un utilitaire Python utilisé pour empaqueter un code python dans des applications autonomes. Il prend le script et génère un fichier exécutable qui contient toutes les dépendances nécessaires et peut être exécuté sur des ordinateurs sur lesquels python n'est pas installé.

Afin d'accompagner au mieux les utilisateurs de l'outil, un cadre d'utilisation ainsi qu'un tutoriel ont été fournis en même temps que l'outil lui-même en tout début 2024. Ceux-ci sont repris dans les point suivants. Ils sont également adaptés et améliorés depuis leur première communication, car entre temps, suite à une demande de PROTECT'eau, des constatations, et des réflexions d'amélioration, l'outil a été modifié (début printemps 2024).

### a) Cadre d'utilisation de l'outil automatisé INDIC'eau 2.0

INDIC'eau 2.0 sert à pouvoir mettre en place un outil de sensibilisation et de suivi/encadrement de l'utilisation des PPP afin de préserver la ressource en eau sur le long terme tant d'un point de vue ESU qu'ESO. Ce premier objectif est en lien avec la mise en place d'outils en vue d'encadrer le secteur pour atteindre le bon état des masses d'eau en 2027.

INDIC'eau est un indicateur de risque d'exposition des PPP vers la ressource en eau (ESU/ESO) spécifique et applicable au contexte wallon. L'indicateur permet d'évaluer les progrès en termes de réduction d'utilisation des PPP comprenant des substances actives considérées comme préoccupantes depuis 2021 (liste prédéfinie) et ceci au profit de la ressource en eau (ISAC'eau & interprétation des scores INDIC'eau avec le central/CRA-W).

La définition même de l'indice ISAC'eau est : indice de substances actives par culture dédié ici à 21 s.a. préoccupantes pour la ressource en eau (ESO/ESU). Les scores INDIC'eau représentent des valeurs théoriques et donc un « risque de pression potentielle » calculé par culture et par s.a. Celui-ci permet de prendre en compte le facteur de lixiviation potentielle et classe également les molécules vis-à-vis des eaux de surface.

Les appellations « risque pour l'eau » ou « risque de transfert horizontal ou vertical » seraient plus adaptées à un indicateur qui prendrait en compte également la sensibilité du parcellaire (facteurs géopédoclimatiques), la profondeur des nappes ainsi que la nature du sous-sol, etc. Le risque de pression potentielle n'est donc quant à lui lié qu'aux usages et aux propriétés intrinsèques des substances actives.

Les ISAC'eau permettent aussi la prise en compte de la notion de pression en termes de quantités par PPP par exploitation avec une estimation des g ou kg de substances actives appliqués par ha (QAC) et aussi sur le nombre d'hectares concernés par la pulvérisation (CPP).

=> On obtient donc une CPP : charge de pression potentielle, celle-ci **doit être mobilisée par s.a.** et valorisée notamment au travers du suivi de s.a. sélectionnées dans les contrats captage. Elle doit être considérée pour un maximum d'agriculteurs et sur l'ensemble des cultures pour lesquelles la s.a. est autorisée.

Pour le conseiller, les outils permettent en tout premier lieu :

- Le respect des dma (dose maximale autorisée par s.a. sur une culture et à l'ha), ce qui est en soi une priorité en vue d'une utilisation légale des PPP. Impact pollution diffuse non négligeable (ex : métamitron, terbuthylazine et éthofumésate).

- D'identifier les s.a. de la liste INDIC'eau dans un traitement herbicide, et les éventuels produits phyto et les cultures associées à ces s.a.

- Une ouverture (vulgarisation) sur le sujet de la réduction des herbicides auprès de l'agriculteur en faisant un diagnostic des schémas de traitement. Mise en parallèle des produits utilisés et des s.a. qu'ils contiennent.

- L'agriculteur, avec le conseiller, peuvent également situer les pratiques au regard de celles d'un territoire et identifier les améliorations possibles en vue de réduire la pression des PPP sur la ressource en eau via l'ISAC'eau par culture et par traitements herbicides.

- De juger de la diminution de doses mais uniquement s.a. par s.a. pour une culture considérée pour un objectif de qualité de l'eau.

- De mettre en évidence la diminution des doses qu'apporte un traitement mécanique ou une désherbineuse ou une substitution de PPP pour peu que ce PPP soit composé des mêmes s.a. que le PPP initial. Ceci peut également fonctionner en considérant uniquement la s.a.

## b) Tutoriel de l'outil

Un exemple de résultat issu du programme est présenté ci-dessous (Figure 61). Les captures d'écran permettront de présenter les différentes sorties ainsi que ce qu'elles cachent.

La première colonne permet de sélectionner les produits commerciaux. Il s'agit d'une liste déroulante ou l'on peut aussi sélectionner un produit. Lorsqu'on recherche un produit, la liste s'adapte en fonction de ce qu'on écrit dans la case (qui est insensible à la case). Cette option permet de faciliter la recherche d'un produit par l'utilisateur.

La deuxième de mettre la dose du produits appliqué. Cette dose peut être décimale (écrit avec une virgule ou un point, précaution prise afin d'éviter une erreur lors des calculs).

La troisième colonne sert à encoder la culture. Cette information permet de savoir (avec la substance active du produit) quelle DMA doit être appliquée.

La quatrième colonne sert à encoder le nom de la parcelle. La colonne suivant à mettre la surface de cette parcelle en hectare. Et Enfin la dernière colonne, à mettre la date d'application du produit.

## I. Ouvrir l'exécutable

Il faut faire un double clic sur l'icône. Si Windows ne reconnaît pas le programme, ignorez l'avertissement et faîtes « continuer » ou « exécuter », selon ce que votre ordinateur vous propose.

| Nom | Modifié le | Type | Taille |
|---|---|---|---|
| executable_ISACeau | 18-01-24 16:08 | Application | 65.350 Ko |

Figure 55 : Capture d'écran montrant l'icône de l'application sur laquelle il faut cliquer.

## II. Une première fenêtre apparaît sur votre écran.

Une première fenêtre apparait sur votre écran, il ne faut pas fermer cette fenêtre, ni essayer d'écrire quelque chose dedans. Appuyer simplement sur la barre horizontale (en haut à droite) pour l'enlever de votre champs de vision.

Figure 56 : Fenêtre de l'application à l'ouverture ne nécessitant pas d'interaction.

## III. L'interface de l'outil

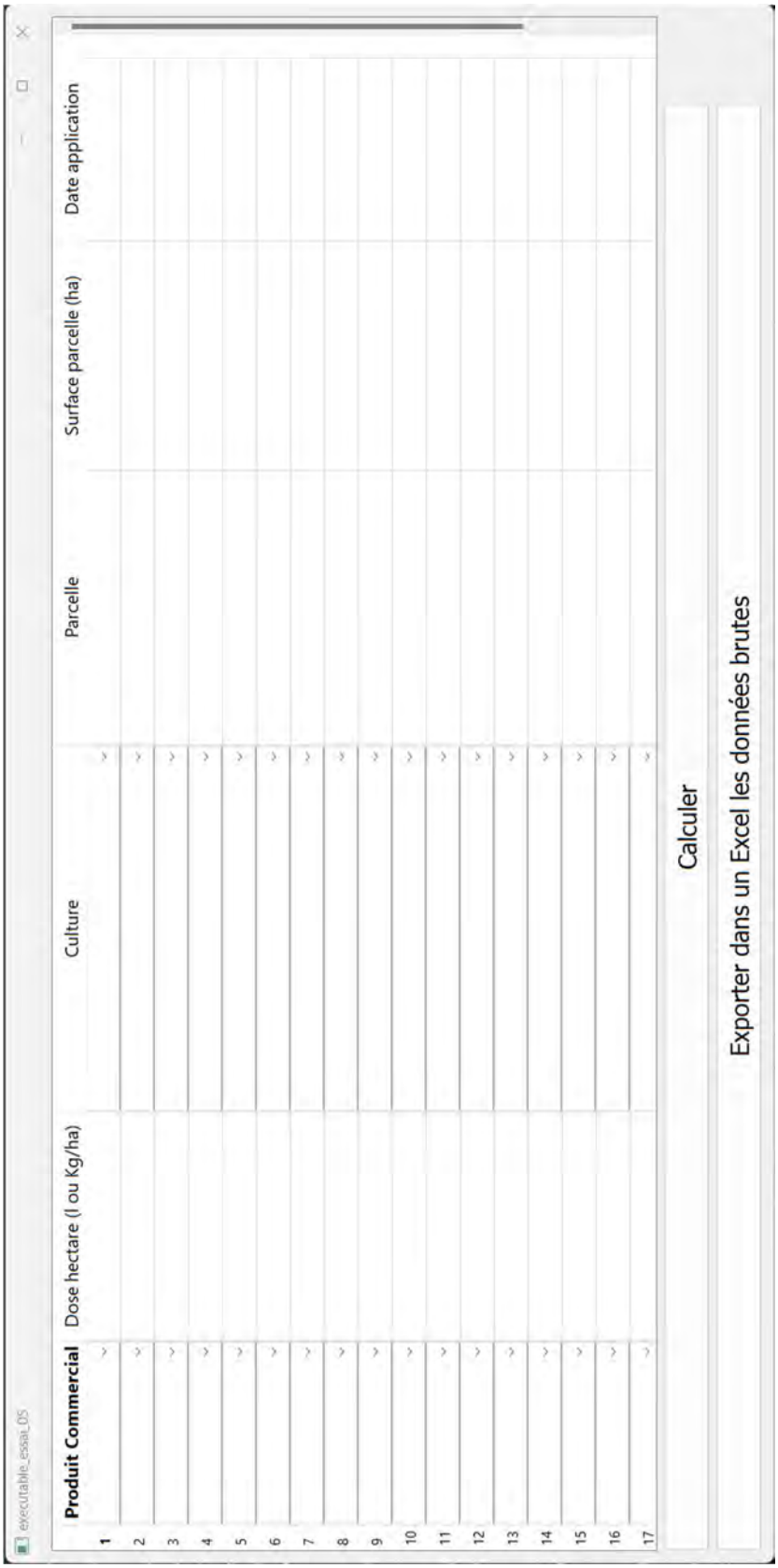



Figure 57 : Interface de l'outil automatisé.

L'interface est composée de **<u>6 colonnes qu'il vaut absolument remplir</u>** (sinon le calcul ne se fait pas et le programme s'arrête). Il est conseillé de remplir un maximum d'items (max 50.) en une seule fois afin d'optimiser votre temps. Mais il est conseillé de sauvegarder régulièrement afin d'éviter une perte totale de vos encodages. En effet, il peut arriver, suite à une mauvaise manipulation, ou oubli de remplir une case, que le programme se ferme.

**La première colonne :** « Produit Commercial » sert à insérer le nom du produit (PPP). Il s'agit d'une liste dynamique des produits. Ce qui signifie qu'en écrivant le produit désiré, la liste va rétrécir en fonction du nom que vous écrivez. Attention, certains produits pourraient ne plus être autorisés. Veuillez consulter Phytoweb afin de vos s'assurer de pouvoir utiliser le produit.

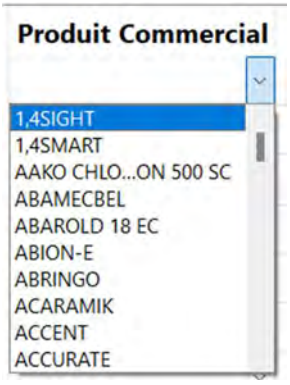



Figure 58 : Liste des produits commerciaux de l'outil.

**La deuxième colonne :** « Dose hectare (l ou Kg/ha) » sert à introduire la dose du produit que l'on veut appliquer. Celle-ci doit, comme le nom l'indique, être exprimée en litre ou kilogramme par hectare. Vous pouvez écrire les décimales avec des virgules (12,5) ou des points (12.5).

**La troisième colonne :** « Culture » sert à choisir la culture sur laquelle le produit est appliqué. Il s'agit également d'une liste déroulante. Il est conseillé de vérifier sur Phytoweb si le produit est autorisé à être appliqué sur la culture choisie. Néanmoins le programme au temps « t » fournira des informations.

Figure 59 : Liste des cultures de l'outil.

**La quatrième colonne :** « Parcelle » sert à indiquer le nom ou le code de la parcelle. Tout type de valeur peur être introduite (chiffre, lettres, autres).

**La cinquième colonne :** « Surface parcelle (ha) » sert à indiquer la surface de votre parcelle qui va ou a reçu le traitement. Cette surface doit être exprimée en hectare. Vous pouvez écrire les décimales avec des virgules (12,5) ou des points (12.5).

**La sixième colonne :** « Date application » sert à introduire la date à laquelle a été appliquée le produit. Le format date n'est pas nécessaire, vous pouvez écrire ce que vous voulez dedans avec tout type de valeur (chiffre, lettres, autres). Cependant, celle-ci doit obligatoirement contenir un caractère, sinon le programme se ferme.

## I. Les calculs

Une fois les données encodées, vous devez appuyer sur le bouton « Calculer ». A la suite, une fenêtre s'ouvrira et vous permettra de choisir l'emplacement où vous voulez enregistrer les résultats (fichier Excel). Après choisissez le nom de votre fichier, et ensuite appuyer sur « Enregistrer » (en bas à droite de la fenêtre). Une option d'exportation des données brutes est également disponible afin de résumer l'encodage réalisé. Ceci sous le même principe que le bouton « calculer ».

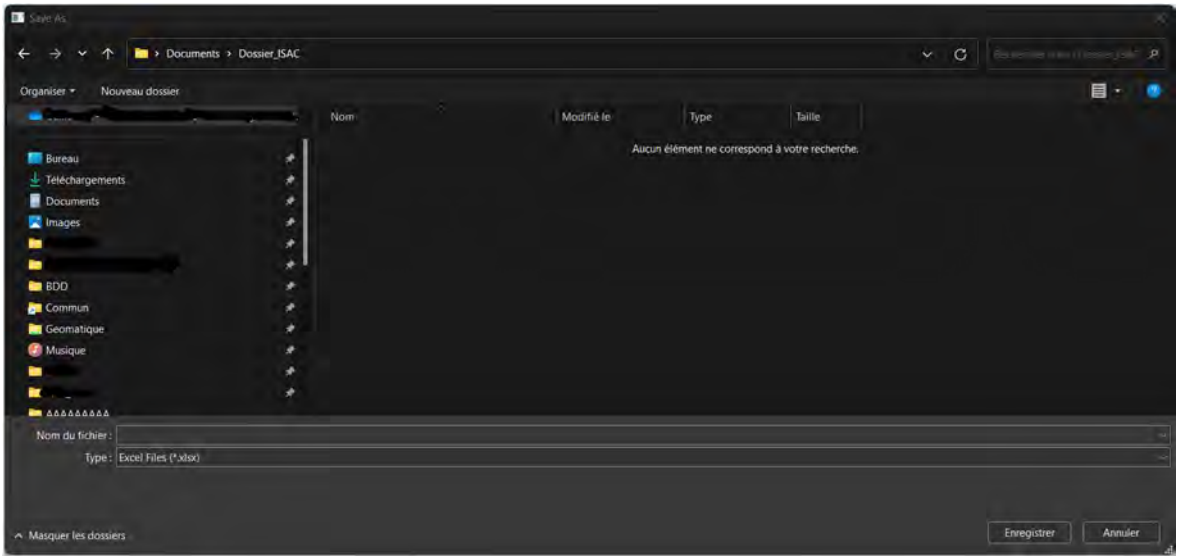



Figure 60 : Fenêtre vous permettant de sauvegarder votre fichier.

## IV. Les résultats

Le résultat est un fichier Excel qui contient 23 colonnes pour la première feuille « Par application » et 9 colonnes pour la deuxième feuille « Par s.a. ». La deuxième feuille est un ajout par rapport à la première version du programme.

- Première feuille du fichier Excel : par application

**Colonne n°1** : « **Produit autorisé** » indique si le produit à été retiré, ou s'il est encore autorisé à la date ou la dernière mise à jour des produit commerciaux a été réalisée.

**Colonne n°2** : « **Produit Commercia**l» indique le nom du produit sélectionné.

**Colonne n°3** : « **Composition du produit**» indique la composition totale du produit sélectionné en une seul cellule. Cette ligne sert pour vérifier s'il la décomposition du produit en ses substances active s'est bien passée.

**Colonne n°4** : « **Type de produit** » indique la nature du produit (Herbicide, Insecticide, …).

Colonne n°3 : « Dose hectare (l ou Kg/ha)» indique la dose encodée.

**Colonne n°5** : « **Culture** » indique la culture introduite dans les paramètres.

**Colonne n°6** : « **Parcelle nom**» indique le nom encodé pour la parcelle.

**Colonne n°7** : « **Surface parcelle (ha)** » indique la surface de la parcelle en hectare.

**Colonne n°8** : « **Date application** » indique la date à laquelle le produit a été appliqué.

**Colonne n°9** : « **Substance active** » substance active comprise dans le produit. Si un produit est composé de plusieurs substances actives, il y aura autant de lignes pour le produit qu'il y a de substances actives dans celui-ci.

**Colonne n°10** : « **Substance active de la Liste INDICEAU**» indique si la substance active mentionnée dans la colonne n°9 est dans la liste INDIC'eau.

**Colonne n°11** : « **Autorisation de la substance active sur la culture ?** » indique si la substance active (colonne n°9) est autorisée sur la culture. En cas de doute, il faut vérifier sur Phytoweb. En effet, les actes peuvent évoluer dans le temps.

**Colonne n°12** : « **Autres cultures autorisée pour ce produit**» indique les autres cultures sur lesquelles le produit commercial est autorisé. Dans le cas d'un produit retiré (information de la colonne n°1), des cultures sont également citées, mais il va de soi que son utilisation est désormais prohibée.

**Colonne n°13** : « **Autorisation de ce produit sur cette culture ?** » indique si le produit peut être appliqué sur la culture sélectionné. En cas de doute, il faut vérifier sur Phytoweb

**Colonne n°14** : « **DMA (g/ha)** » indique la dose maximale autorisée que l'on peut mettre sur une culture. Seules les DMA de la liste INDICEAU ont été considérées. Il est à noter que des DMA pour des substances actives hors de cette liste peuvent exister. Pour s'en assurer il faut se référer à Phytoweb.

**Colonne n°15** : « **Indice de lixiviation de la substance active** » indique pour chaque substance active de la liste INDICEAU son indice de lixiviation développé lors du projet INDIC'EAU.

**Colonne n°16** : « **Concentration de la substance active** » indique la concentration de la substance active (colonne n°9) dans le produit mentionné (colonne n°2). Celui-ci doit être similaire que ceux mentionnés dans la colonne n°3.

**Colonne n°17** : « **Unité** » indique l'unité dans laquelle la concentration de la substance active (colonne n°16) est exprimée.

**Colonne n°18** : « **QAC (g/ha)** » indique la quantité en gramme par hectare de la substance active qui a été appliqué. Cette colonne se calcule comme suit : colonne n°18 x colonne n°3

**Colonne n°19** : « **QAC total (g)** » indique la quantité en gramme en substance active qui a été appliqué sur la parcelle en prenant en compte le nombre d'ha renseigné. Cette colonne se calcule comme suit : colonne n°18 x colonne n°3 x colonne n°7.

**Colonne n°20** : « **ISAC** » indique l'ISAC de la substance active. Cette colonne se calcule comme suit : colonne n°18 / colonne n°14

**Colonne n°21** : « **Score INDICeau**» indique le score INDIC'eau de la substance active. Cette colonne se calcule comme suit : colonne n°20 x colonne n°15.

**Colonne n°22** : « **Commentaire ISAC'eau** » indique si l'ISAC'eau eau d'une substance active (une ligne) associée au traitement dépasse la valeur de 1. Le dépassement de cette valeur indique qu'une trop grande quantité de substance active à été appliquée. Cependant il faut noter que s'il y a un fractionnement d'application d'une substance active sur une parcelle, il faut sommer les ISAC'eau pour une substance active afin de vérifier s'il n'y a pas eu une trop grande application de la substance active. Dans la deuxième version du programme, cette opération est réalisée automatiquement, et le résultat se trouve dans la feuille « Par s.a. ».

- Deuxième feuille du fichier Excel : Par s.a.

Une partie de colonnes de la première feuille sont reprises dans la deuxième feuille. Il s'agit des colonnes suivantes : **Colonne n°5** : « **Culture** » ,**Colonne n°9** : « **Substance active** », **Colonne n°6** : « **Parcelle nom**» , **Colonne n°7** : « **Surface parcelle (ha)** » , **Colonne n°14** : « **DMA (g/ha)** » , **Colonne n°20** : « **ISAC** » , **Colonne n°18** : « **QAC (g/ha)** » , **Colonne n°19** : « **QAC total (g)** » , **Colonne n°22** : « **Commentaire ISAC'eau** ».

Dans cette feuille, vous retrouvez par parcelle , par culture et pas substance active les quantités de s.a. et les ISAC sommés. L'intérêt de cette feuille est de voir l'utilisation cumulée de chaque s.a., et ainsi voir si la dose maximale autorisée n'est pas dépassée. En culture de betterave, on a recours au fractionnement des doses (FAR), appliqués plusieurs fois. De cette manière on peut voir le bilan final d'utilisation de la s.a..

## c) Exemple d'utilisation de l'outil automatisé

Afin d'illustrer une utilisation de l'outil nous proposons ci-dessous, un calcul d'itinéraire (uniquement herbicide) en culture de pommes de terre. La Figure 61 illustre l'encodage des données de pulvérisation d'une parcelle (Champs1) de 12,3 ha. Dix produits sont encodés, ceux-ci ont été utilisés à trois dates différentes.

Figure 61 : Capture d'écran de l'outil automatisé INDIC'eau. La colonne « Produit commercial » sert à sélectionner le produit appliqué. La colonne « Dose hectare (l ou Kg/ha) » sert à introduire la dose du produit. La colonne « Culture » sert à sélectionner la culture sur laquelle le produit est appliqué. La colonne « Parcelle » sert à indiquer le nom de la parcelle de l'agriculteur. La colonne « Surface parcelle (ha) » sert à indiquer la surface de la parcelle en hectare. La colonne « Date application » sert à indiquer la date de l'application.

Le résultat est un fichier Excel (Figure 62) dans lequel on retrouve toutes les colonnes citées au-dessus avec les spécificités liées à l'indicateur ISAC'eau. On y retrouve la concentration en chaque substance active contenu dans le produit, la DMA associé à la substance active et à la culture renseignée et l'indice de lixiviation de la substance active. Toutes ces colonnes servent à calculer l'ISAC'eau, le score INDIC'eau, la QAC (g/ha) et la QAC totale (g).

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Produit autorisé | Produit Commercial | Composition du produit | Type de produit | Dose hectare (l ou Kg/ha) | Culture | Parcelle nom | Surface parcelle (ha) | Date application | Substance active | Substance active de la Liste INDICEAU |
| 2 | Produit autorisé | ARTIST | - 175 g/kg métribuzine - 240 g/kg flufénacet | Herbicide | 1 | pommes de terre | champs 1 | 12,3 | 22/05/2022 | flufénacet | VRAI |
| 3 | Produit autorisé | ARTIST | - 175 g/kg métribuzine - 240 g/kg flufénacet | Herbicide | 1 | pommes de terre | champs 1 | 12,3 | 22/05/2022 | métribuzine | VRAI |
| 4 | Produit autorisé | CHALLENGE | - 600 g/l aclonifène | Herbicide | 1 | pommes de terre | champs 1 | 12,3 | 22/05/2022 | aclonifène | VRAI |
| 5 | Produit autorisé | DALUPE | - 450 g/l aclonifène - 150 g/l flufénacet | Herbicide | 1,5 | pommes de terre | champs 1 | 12,3 | 22/05/2022 | aclonifène | VRAI |
| 6 | Produit autorisé | DALUPE | - 450 g/l aclonifène - 150 g/l flufénacet | Herbicide | 1,5 | pommes de terre | champs 1 | 12,3 | 22/05/2022 | flufénacet | VRAI |
| 7 | Produit autorisé | NOVITRON DAMTEC | - 500 g/kg aclonifène - 30 g/kg clomazone | Herbicide | 0,8 | pommes de terre | champs 1 | 12,3 | 22/05/2022 | aclonifène | VRAI |
| 8 | Produit autorisé | NOVITRON DAMTEC | - 500 g/kg aclonifène - 30 g/kg clomazone | Herbicide | 0,8 | pommes de terre | champs 1 | 12,3 | 22/05/2022 | clomazone | FAUX |
| 9 | Produit autorisé | TARGA MEGAMAX | - 50 g/l quizalofop-P-éthyle | Herbicide | 2,13 | pommes de terre | champs 1 | 12,3 | 09/06/2022 | quizalofop-P-éthyle | FAUX |
| 10 | Produit autorisé | ARTIST | - 175 g/kg métribuzine - 240 g/kg flufénacet | Herbicide | 1 | pommes de terre | champs 1 | 12,3 | 02/08/2022 | flufénacet | VRAI |
| 11 | Produit autorisé | ARTIST | - 175 g/kg métribuzine - 240 g/kg flufénacet | Herbicide | 1 | pommes de terre | champs 1 | 12,3 | 02/08/2022 | métribuzine | VRAI |
| 12 | Produit autorisé | CENTIUM 360 CS | - 360 g/l clomazone | Herbicide | 0,08 | pommes de terre | champs 1 | 12,3 | 02/08/2022 | clomazone | FAUX |
| 13 | Produit autorisé | CHALLENGE | - 600 g/l aclonifène | Herbicide | 1 | pommes de terre | champs 1 | 12,3 | 02/08/2022 | aclonifène | VRAI |
| 14 | Produit autorisé | DALUPE | - 450 g/l aclonifène - 150 g/l flufénacet | Herbicide | 1,5 | pommes de terre | champs 1 | 12,3 | 02/08/2022 | aclonifène | VRAI |
| 15 | Produit autorisé | DALUPE | - 450 g/l aclonifène - 150 g/l flufénacet | Herbicide | 1,5 | pommes de terre | champs 1 | 12,3 | 02/08/2022 | flufénacet | VRAI |
| 16 | Produit autorisé | NOVITRON DAMTEC | - 500 g/kg aclonifène - 30 g/kg clomazone | Herbicide | 0,8 | pommes de terre | champs 1 | 12,3 | 02/08/2022 | aclonifène | VRAI |
| 17 | Produit autorisé | NOVITRON DAMTEC | - 500 g/kg aclonifène - 30 g/kg clomazone | Herbicide | 0,8 | pommes de terre | champs 1 | 12,3 | 02/08/2022 | clomazone | FAUX |

| | A | B | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | U | V | W |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Produit autorisé | Produit Commercial | Date application | Substance active | Substance active de la Liste INDICEAU | Autorisation de la substance active sur la culture ? | Autres cultures autorisée pour ce produit | Autorisation de ce produit sur cette culture ? | DMA (g/ha) | Indice de lixiviation de la substance active | Concentration de la substance active | Unité | QAC (g/ha) | QAC total (g) | ISAC | Score Indiceau | Commentaire ISAC'eau |
| 2 | Produit autorisé | ARTIST | 22/05/2022 | flufénacet | VRAI | OK | - pommes de terre - | OK | 600 | 10,887 | 240 | g/kg | 240 | 2952 | 0,4 | 4,355 | |
| 3 | Produit autorisé | ARTIST | 22/05/2022 | métribuzine | VRAI | OK | - pommes de terre - | OK | 525 | 12,503 | 175 | g/kg | 175 | 2152,5 | 0,333 | 4,168 | |
| 4 | Produit autorisé | CHALLENGE | 22/05/2022 | aclonifène | VRAI | OK | - céleri-raves - pois | OK | 2400 | 8,27 | 600 | g/l | 600 | 7380 | 0,25 | 2,068 | |
| 5 | Produit autorisé | DALUPE | 22/05/2022 | aclonifène | VRAI | OK | - pommes de terre - | OK | 2400 | 8,27 | 450 | g/l | 675 | 8302,5 | 0,281 | 2,326 | |
| 6 | Produit autorisé | DALUPE | 22/05/2022 | flufénacet | VRAI | OK | - pommes de terre - | OK | 600 | 10,887 | 150 | g/l | 225 | 2767,5 | 0,375 | 4,083 | |
| 7 | Produit autorisé | NOVITRON DAMTEC | 22/05/2022 | aclonifène | VRAI | OK | - pois fourragers (re | OK | 2400 | 8,27 | 500 | g/kg | 400 | 4920 | 0,167 | 1,378 | |
| 8 | Produit autorisé | NOVITRON DAMTEC | 22/05/2022 | clomazone | FAUX | OK | - pois fourragers (re | OK | | | 30 | g/kg | 24 | 295,2 | | | |
| 9 | Produit autorisé | TARGA MEGAMAX | 09/06/2022 | quizalofop-P-éthyle | FAUX | OK | - céleri-raves - pois | OK | | | 50 | g/l | 106,5 | 1309,95 | | | |
| 10 | Produit autorisé | ARTIST | 02/08/2022 | flufénacet | VRAI | OK | - pommes de terre - | OK | 600 | 10,887 | 240 | g/kg | 240 | 2952 | 0,4 | 4,355 | |
| 11 | Produit autorisé | ARTIST | 02/08/2022 | métribuzine | VRAI | OK | - pommes de terre - | OK | 525 | 12,503 | 175 | g/kg | 175 | 2152,5 | 0,333 | 4,168 | |
| 12 | Produit autorisé | CENTIUM 360 CS | 02/08/2022 | clomazone | FAUX | OK | - pois fourragers (re | OK | | | 360 | g/l | 28,8 | 354,24 | | | |
| 13 | Produit autorisé | CHALLENGE | 02/08/2022 | aclonifène | VRAI | OK | - céleri-raves - pois | OK | 2400 | 8,27 | 600 | g/l | 600 | 7380 | 0,25 | 2,068 | |
| 14 | Produit autorisé | DALUPE | 02/08/2022 | aclonifène | VRAI | OK | - pommes de terre - | OK | 2400 | 8,27 | 450 | g/l | 675 | 8302,5 | 0,281 | 2,326 | |
| 15 | Produit autorisé | DALUPE | 02/08/2022 | flufénacet | VRAI | OK | - pommes de terre - | OK | 600 | 10,887 | 150 | g/l | 225 | 2767,5 | 0,375 | 4,083 | |
| 16 | Produit autorisé | NOVITRON DAMTEC | 02/08/2022 | aclonifène | VRAI | OK | - pois fourragers (re | OK | 2400 | 8,27 | 500 | g/kg | 400 | 4920 | 0,167 | 1,378 | |
| 17 | Produit autorisé | NOVITRON DAMTEC | 02/08/2022 | clomazone | FAUX | OK | - pois fourragers (re | OK | | | 30 | g/kg | 24 | 295,2 | | | |

Figure 62 : Capture d'écran du ficher de sortie du programme automatisé INDIC'eau.

| Culture | Substance active | Substance active de la Liste INDICEAU | Parcelle nom | Surface parcelle (ha) | DMA (g/ha) | QAC (g/ha) | QAC total (g) | ISAC | Commentaire ISAC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pommes de terre | aclonifène | VRAI | champs 1 | 12,3 | 2400 | 3350 | 41205 | 1,396 | ATTENTION ! ISAC suppérieur à 1 ! |
| pommes de terre | clomazone | FAUX | champs 1 | 12,3 | | 76,8 | 944,64 | | |
| pommes de terre | flufénacet | VRAI | champs 1 | 12,3 | 600 | 930 | 11439 | 1,55 | ATTENTION ! ISAC suppérieur à 1 ! |
| pommes de terre | métribuzine | VRAI | champs 1 | 12,3 | 525 | 350 | 4305 | 0,666 | |
| pommes de terre | quizalofop-P-éthyle | FAUX | champs 1 | 12,3 | | 106,5 | 1309,95 | | |

Figure 63 : Capture d'écran du ficher de sortie du programme automatisé INDIC'eau (feuille 2)

Grâce aux résultats fournis en fichier Excel, les utilisateurs peuvent faire facilement les graphiques de leurs ISAC'eau. La Figure 64 est le graphique du tableau de la Figure 63. On peut remarquer qu'il n'y a pas d'ISAC pour la clomazone et le quizalofop-P-éthyle. Pour l'instant et en attendant la définition des DMA pour toutes les cultures et toutes les s.a., les ISAC complets ne sont disponibles que pour cinq cultures : betteraves fourragères, betteraves sucrières, maïs (sauf maïs doux) et colza d'hiver et navette.

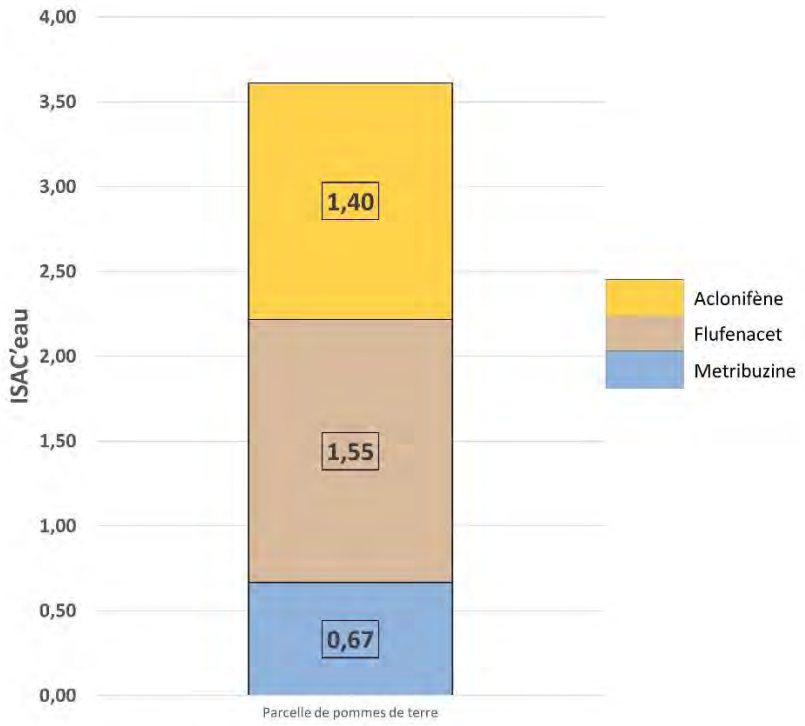



Figure 64 : Graphique des ISAC'eau de l'exemple en pommes de terre.

# 4. Discussion et perspectives INDIC'eau 3.0

Dans ce rapport nous présentons les différentes utilisations réalisées grâce aux outils développés dans le cadre du projet INDIC'eau, ainsi que des améliorations pour permettre une diffusion à plus large échelle de ceux-ci. De plus, une carte d'identité est fournie pour compléter les connaissances vis-à-vis des différentes s.a. de la liste INDIC'eau générée en 2021. Ceci permettra au conseiller encadré par le central de pouvoir après avoir réalisé un diagnostic INDIC'eau de discuter avec l'agriculteur des risques d'exposition théoriques des PPP vis-à-vis de la ressource en eau.

Les premiers développements dans le cadre d'INDIC'eau ont permis de suivre des agriculteurs qui ont participé à des contrats captages après la phase pilote avec les centres d'action de 2021-2022 pour mettre en place l'indicateur de risque d'exposition. Ces différentes données ont été utilisées pour caractériser les itinéraires rencontrés et montrent le potentiel d'un tel suivi mais aussi son aspect chronophage, démontrant l'opiniâtreté et le mérite du centre d'action de Philippeville dans le cas du suivi de Claminforge et aussi Tamizon.

Malheureusement, l'ensemble des itinéraires de pulvérisations des agriculteurs présents sur l'ensemble de la ZAC étudiée (Claminforge) n'a pu être récolté. Nous avons par conséquent voulu voir les résultats qui auraient pu être obtenus s'il en avait été autrement. L'objectif est de montrer, quelles données chiffrées pouvaient être utilisées, et, à quelle échelle. Ainsi l'ISAC'eau sert à objectiver l'utilisation à la parcelle, et la CPP (charge de pression potentielle), à l'échelle d'une ZAC ou bien d'une exploitation en particulier, en ciblant toujours une substance active d'intérêt. Ceci permet également, sur base d'un principe de précaution d'affirmer sans être suffisant qu'en diminuant la CPP pour une s.a. problématique, le risque de contamination d'un captage diminue.

En se basant sur les ISAC'eau maximum possibles et les valeurs seuils définies à l'aide des itinéraires du SSA et des différents centres d'action PROTECT'eau dont les données ont été obtenues et validées en 2022-2023 (Huy, Libramont, Marquain et bien sûr Philippeville avec un suivi de plus d'une dizaine d'agriculteurs), les conseillers peuvent catégoriser des itinéraires d'agriculteurs pour les trois cultures étudiées et en lien avec SUBSTIPHYT'eau (betterave, colza, maïs).

Grâce à l'outil automatique de calcul INDIC'eau 2.0, ce suivi est facilité et peut être directement réalisé avec l'agriculteur à des fins de sensibilisation et d'encadrement. Cet outil permet de calculer tous les ISAC'eau de toutes les cultures utilisant les s.a. de la liste INDIC'eau. Pour trois cultures, il est aussi possible de calculer les ISAC « complets » herbicide, c-à-d pour toutes les s.a. correspondantes. Le calcul des ISAC et ISAC'eau nécessite la définition des DMA (dose maximale autorisée) par ha pour toutes les cultures et toutes les s.a. respectivement. En plus de l'indicateur ISAC, l'outil automatisé permet en outre de calculer les QAC et CPP pour tous les produits renseignés sur Phytoweb au moment de la mise à jour, et ce avec une rétrospective de deux ans. Certains produits ont été retirés, et ne sont plus renseignés sur Phytoweb. Ce point pourra servir de base pour la prochaine évolution du projet vers le 3.0.

La collecte des données du SSA, grâce à la participation des agriculteurs partenaires et du temps qu'ils ont mis à disposition du projet de recherches, a permis de nous rendre compte du travail important que cela représente. En effet, pour chaque agriculteur, il faut prendre contact avec lui et gagner sa confiance. Ces derniers ne sont pas enclins à fournir facilement leurs données, qui d'ailleurs sont très sensibles. Il faut s'entretenir avec eux. Une fois cela acquis, il faut encoder les données et s'assurer de la fiabilité de celles-ci sans pour autant biaiser les résultats.

Les données de pulvérisation de PPP par culture peuvent être fournies via des fiches cultures complètes, soit via un carnet de champs fiable et/ou électronique et enfin via le fichier Excel INDIC'eau proposé pour encodage. Cela implique d'identifier correctement les parcelles

différentes et de pouvoir déchiffrer correctement ce qui est écrit. Toutes ces étapes peuvent sembler anodines et simples, mais cela peut représenter un volume important d'informations qu'il faut correctement encoder et classer, pour éviter toutes erreurs futures.

Il est clair que plus on récoltera des itinéraires spécifiques à chaque culture et en pouvant les croiser avec un set de métadonnées (historique parcellaire, vision de l'agriculteur, outils disponibles à la ferme, …) et plus on pourra s'approcher d'un encadrement de qualité qui passera aussi par une appropriation de la transition par les conseillers tant dans son approche phytotechnique que psychosociale. Il est prévu en 2024 au niveau de l'asbl PROTECT'eau de réaliser une septantaine de diagnostics en ferme, à partir de l'outil automatisé INDIC'eau 2.0. Cela permettra d'obtenir une grande quantité de données pour identifier des éventuelles données aberrantes et aussi afin de pouvoir définir des valeurs seuils pour 2023. Il faut aussi au niveau de l'asbl pouvoir développer sur le long terme une expertise en termes de phytopharmacie pour encadrer au mieux les agriculteurs. L'outil permet déjà de voir si les DMA sont respectées et ainsi discerner si il s'agit d'un mauvais encodage ou d'une pratique non légale.

L'idéal au niveau des métadonnées liées aux pratiques de désherbage (historique parcellaire, rotation, désherbage mécanique, choix de substances actives, conseils en PPP…), serait d'avoir une enquête semi-dirigée pour discuter avec l'agriculteur afin d'établir des corrélations entre les résultats et les pratiques. Dans le cadre du suivi du SSA en 2022, à savoir une douzaine d'agriculteurs, l'objectif principal était de mettre en place la méthodologie et ainsi définir les freins et leviers de l'outil INDIC'eau.

Un foisonnement d'initiatives et de travaux sur des indicateurs, des méthodes et des outils d'évaluation de la probabilité de retrouver des PPP au niveau de la ressource en eau existe aujourd'hui et notamment au niveau européen. Aucun indicateur n'est parfait et les modèles n'ont pas montré satisfaction au regard des phénomènes complexes impliqués de transferts tant verticaux qu'horizontaux. Le Mleach par exemple et l'indice de lixiviation développé par le CRA-W (cfr. PRIOR'eau) accorde une importance particulière à la solubilité, qui permet de raisonner tant d'un point de vue risque ESO qu'ESU.

Il résulte au niveau du terrain d'un besoin croissant des acteurs de clarifier le concept de transfert potentiel et réel avec en lien toutes les caractéristiques physico-chimiques intrinsèques aux substances actives et à leurs métabolites associés. Mais également, les conseillers doivent tenir compte des conditions géo-pédoclimatiques du parcellaire. Le but premier d'INDIC'eau est d'établir des diagnostics initiaux afin finalement d'aider à la conception de nouveaux systèmes agricoles et de suivre les progrès associés à la de démarche de transition, et notamment au profit de la ressource en eau mais que.

Depuis début 2024, des réflexions sont en cours pour développer à partir de l'outil automatisé un **INDIC'eau 3.0** qui prendrait en compte différents paramètres. Celui-ci serait basé sur le **risque potentiel** des différentes substances actives (score de risque via indice de lixiviation développé), **la surface traitée pour chaque substance active** (calculée à partir des quantités vendues et/ou renseignée par l'agriculteur à l'exploitation) et les **mesures prises pour réduire le risque** (facteur d'exposition). Ces indicateurs permettront de suivre l'évolution du risque dans le temps pour une liste de s.a. prédéfinies avec une approche orientée parcelle. Aussi il s'agit de la dernière année d'utilisation du s-métolachlore et les usages du prosulfocarbe sont déjà retirés. Il faudra donc évoluer, et cela va de pair avec la définition au niveau régional de l'ensemble des DMA, vers un INDIC'eau herbicides ou intégrant toute substance active mise en lumière par le projet PRIOR'eau.

# 5. Références bibliographiques


Akay Demir AE., Dilek FB., Yetis U. 2019. A new screening index for pesticides leachability to groundwater. Journal of Environmental Management 23, 1193–1202.

Bergiers G., Durenne B., Weickmans B., Huyghebaert B. 2023. Development of a New Unbiased Impact Index on Water for Pesticides Use – A Case Study in Belgium for Herbicides Application on Sugar Beet Crop. In: Pascuzzi S, Santoro F (eds) Farm Machinery and Processes Management in Sustainable Agriculture. Springer International Publishing, Cham, pp 357–364

Bockstaller C., Pierlot F., Marks-Perreau J., Réal B., Constant T., Lioeddine A., Carluer N., Miralles A., Morin A., Van Dijk P., Keichinger O., Villerd J. 2017. Evaluation de la qualité prédictive d'indicateurs pesticides de transfert vers les eaux : le projet EQUIPE. Innovations Agronomiques 59, 25-39.

Durenne B., Weickmans B., Malice E., Huyghebaert B., Henriet F. 2021. ISAC, an unbiased indicator based on active substances for evaluating PPP use. Proceedings in: 72nd International Symposium on Crop Protection (ISCP). Ghent University, 18 may 2021.

Guichard L., Dedieu F., Jeuffroy M-H., Meynard J-M., Reau R., Savini I. 2017. Le plan Ecophyto de réduction d'usage des pesticides en France : décryptage d'un échec et raisons d'espérer. Cahiers Agricultures 26, 14002.

Le Bellec F., Vélu A., Fournier P., Le Squinc T., Michels A., Tendero A., Bockstaller C. 2015. Helping farmers to reduce herbicide environmental impacts. Ecological Indicators 54, 207–216.

Pérez-Lucas G., Vela N., El Aatik A., Navarro S. 2019. Environmental Risk of Groundwater Pollution by Pesticide Leaching through the Soil Profile. In: Larramendy M, Soloneski S (eds) Pesticides - Use and Misuse and Their Impact in the Environment. IntechOpen

SPW (Mars 2024). Etat des nappes d'eau souterraine de Wallonie. Edition : Service public de Wallonie, Belgique. http://environnement.wallonie.be/de/eso/atlas/pdf/atlas_a3.pdf

Kudsk P, Jørgensen LN, Ørum JE (2018). Pesticide Load—A new Danish pesticide risk indicator with multiple applications. Land Use Policy 70:384–393.

Lefébure K., Vandenberghe C., Colinet G., 2024. Addendum au document : Méthodologie de diagnostic environnemental autour de captages d'eau potabilisable sensibles qualitativement du point de vue du nitrate & application à six sites de la société wallonne des eaux (Bah et al., 2015), 6 p.

Services du ministère chargé de l'agriculture du gouvernement français (2018). Guide méthodologique : indicateur de fréquence de traitements phytopharmaceutiques (IFT). Version 3. 61p.

**Sites internet consultés (mai 2022 à mai 2024)**

- https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/start/screen/active-substances (y compris ensemble des pages du site dédiées aux substances actives de la liste INDIC'eau, celles-ci sont consultables en version papier au niveau du pôle eau du CRA-W).
- https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/index.htm
- http://environnement.wallonie.be/de/eso/atlas/pdf/atlas_a3.pdf
- https://dipreau.spge.be
- https://aires-captages.fr/sites/default/files/indigo-cb.pdf
- https://www.agro-transfert-rt.org/wp-content/uploads/2016/03/Evaluation-agri-environnementale-et-choix-des-indicateurs.pdf
- https://cv.hal.science/christian-bockstaller?langChosen=fr
- https://hal.science/hal-01675813
- https://www.inrae.fr/actualites/co-clickeau-ou-comment-imaginer-collectivement-lagriculture-demain-territoires
- https://www.blw.admin.ch/blw/fr/home/nachhaltige-produktion/pflanzenschutz/risikoindikatoren_pflanzenschutzmittel.html

# 6. Annexes

## 6.1 Couleurs des s.a. pour les graphiques ISAC ou ISAC'eau

| | |
|---|---|
| 160/250/250 | 2,4-D |
| 254/210/75 | Aclonifène |
| 50/15/250 | Amidosulfuron |
| xxxxxxxx | Aminopyralide |
| xxxxxxxx | Beflubutamid |
| xxxxxxxx | Benfluraline |
| 160/250/160 | Bentazone |
| 255/190/250 | Bifénox |
| xxxxxxxx | Bromoxynil |
| xxxxxxxx | Carbétamide |
| 70/115/195<br>245/145/235 | Carfentrazone-éthyl |
| 240/240/150 | Chloridazon |
| 255/190/0<br>0/175/240 | Chlorméquat chlorure |
| 255/140/155 | Chlortoluron |
| 255/190/0 | Chlorure de mépiquat |
| 255/190/0 | Cléthodime |
| 170/210/140 | Clomazone |
| 130/165/240 | Clopyralide |
| xxxxxxxx | Cloquintocet-acide |
| 70/115/195<br>235/125/50 | Cloquintocet-mexyl |
| 170/210/140 | Cycloxydime |
| 50/15/250 | Cyprosulfamide |
| xxxxxxxx | Daminozide |
| 235/135/0 | Dicamba |
| 225/25/205 | Diclhorprop-P |
| 210/230/110 | Diflufenican |
| 100/200/155 | Dimethenamid-P |
| xxxxxxxx | Carbétamide |
| 255/105/105 | Éthéphon |
| 215/140/215 | Ethofumesate |
| xxxxxxxx | fénoxaprop-P-éthyle |
| xxxxxxxx | flazasulfuron |
| 225/25/205 | Florasulam |
| 50/15/250 | Fluazifop-P-Butyl |
| 215/185/155 | Flufénacet |
| xxxxxxxx | Flumioxazine |
| 235/135/0 | Fluroxypyr |

| | |
|---|---|
| 75/200/65 | Foramsulfuron |
| 50/15/250 | Glyphosate |
| 10/150/20 | Halauxifène-methyl |
| xxxxxxxx | Haloxyfop-P-méthyl |
| xxxxxxxx | Imazamox |
| 230/5/190 | Iodosulfuron-métyl-Na |
| xxxxxxxx | Isoxabène |
| 85/185/100 | Isoxadifen-ethyl |
| 75/200/65 | Isoxaflutole |
| 230/240/0 | Lénacile |
| 20/120/30 | MCPA |
| xxxxx | MCPB |
| 120/200/200 | Mecoprop-p |
| 255/190/0<br>0/175/240 | Méfenpyr-diéthyl |
| 20/220/30<br>190/65/65 | Mésosulfuron-méthyl |
| 130/165/240 | Mesotrione |
| 250/210/195 | Metamitrone |
| 240/75/240 | Metazachlore |
| 245/250/120 | Metobromuron |
| 145/180/220 | Metribuzine |
| 50/15/250 | Metsulfuron-méthyl |
| 50/15/250 | Napropamide |
| 225/25/205 | Nicosulfuron |
| 245/140/75 | Pendimethaline |
| xxxxxxxx | Penoxsulame |
| 255/0/0 | Pethoxamide |
| 225/25/205 | Phenmediphame |
| 255/190/0<br>110/175/70 | Piconalifène |
| xxxxxxxx | Pinoxaden |
| xxxxxxxx | Prohexadione |
| 10/150/20 | Propaquizafop |
| 230/5/190<br>190/145/0 | Propaxycarbazone de Na |
| 255/190/0 | Propyzamide |
| 200/200/75 | Prosulfocarbe |
| 125/160/15 | Prosulfuron |
| 70/115/195<br>245/145/235 | Pyraflufen-éthyle |

| | | |
|---|---|---|
| 70/115/195 | | Pyridate |
| 70/115/195<br>255/190/0 | | Pyroxsulam |
| 255/105/105 | | Quinmerac |
| 255/105/105 | | Quizalofop-P-ethyl |
| 255/190/0 | | Quizalofop-P-Tefuryl |
| 10/150/20 | | Rimsulfuron |
| 20/235/15 | | S-metolachlore |
| 10/150/20 | | Sulcotrione |
| xxxxxxxx | | sulfosulfuron |
| 255/190/0 | | Tembotrione |
| 55/200/210 | | Terbuthylazine |
| 140/100/170 | | Thiencarbazone-Methyl |
| xxxxxxxx | | Thifensulfuron-méthyle |
| xxxxxxxx | | Triallate |
| xxxxxxxx | | Tribenuron-méthyle |
| 50/15/250 | | Triclopyr |
| 225/25/205 | | Triflusulfuron-méthyl |
| 255/190/0<br>110/175/70 | | Trinexapac-éthyle |
| 215/185/155 | | Tritosulfuron |