



Évaluation des risques de transfert de pesticides et optimisation des pratiques phytosanitaires sur le territoire du PAT gave de Pau

Rapport final

Version 1.0 – Août 2014



Préambule

La présente étude a été réalisée par Footways à la demande du Syndicat Mixte du Nord-Est de Pau (SMNEP), dans le cadre du Plan d'Action Territorial Gave de Pau (PAT gave de Pau).

Le rapport d'étude se compose du présent document et de ses annexes (liste des pratiques phytosanitaires modélisées, composition des produits, graphiques de résultats, liste de références). Un *guide de synthèse* a également été produit dans le cadre de cette étude, à l'attention des conseillers agricoles du territoire.

La référence au présent rapport pourra se faire en utilisant le texte suivant :

Footways (2014). Evaluation des risques de transfert de pesticides et optimisation des pratiques phytosanitaires sur le territoire du PAT gave de Pau, août 2014. Version 1.0. 98 pages + annexes.

Pour toute question relative à ce rapport, le lecteur est invité à contacter l'animation du PAT gave de Pau (patgavedepau@gmail.com) ou Footways (contact@footways.eu).

Remerciements

Les auteurs du rapport tiennent à remercier les membres du Groupe technique agricole du PAT gave de Pau pour leur participation et leur contribution au groupe de travail chargé d'établir des pratiques phytosanitaires représentatives du territoire du PAT gave de Pau et de rechercher des solutions techniques pour les applications identifiées comme les plus problématiques. Le groupe se composait de la Chambre d'Agriculture des Pyrénées-Atlantiques, les coopératives agricoles Euralis, Lur Berri, Maïsadour et Vivadour, le négoce Lacadée, l'Agence de l'Eau Adour-Garonne et le PAT gave de Pau.

Résumé et principaux enseignements

La restauration de la qualité de l'eau est un enjeu majeur sur une partie du département des Pyrénées-Atlantiques, dont les ressources sont affectées par la présence de résidus de produits phytosanitaires à des niveaux qui sont susceptibles de remettre en question la durabilité de ces ressources. Dans le cadre du Plan d'Action Territorial (PAT) du gave de Pau, Footways a été mandaté pour :

- (i) quantifier les risques de transfert vers les eaux d'applications de produits phytosanitaires sur les différentes cultures présentes sur le territoire du PAT,
- (ii) évaluer dans quelle mesure des modifications de pratiques phytosanitaires seraient susceptibles de contribuer à une amélioration de la qualité des eaux vis-à-vis de la présence de molécules pesticides et de leurs métabolites de dégradation,
- (iii) fournir aux acteurs agricoles des informations pertinentes leur permettant d'intégrer la dimension environnementale dans leurs préconisations.

L'étude des risques de transfert de produits phytosanitaires vers les eaux s'est basée sur une caractérisation agro-pédo-climatique fine des territoires agricoles et sur le déploiement de modèles numériques permettant de simuler le transfert des pesticides et de leurs résidus à travers les sols.

Les travaux menés ont permis de montrer que :

- Les transferts de produits phytosanitaires vers les eaux sur le territoire du PAT se font à des niveaux importants comparativement à d'autres territoires français ou européens sur lesquels Footways a déjà effectué des travaux. Ceci s'explique par la combinaison de conditions météorologiques défavorables et de sols prônes aux transferts environnementaux.
- Toutes les cultures présentes sur le territoire du PAT gave de Pau sont susceptibles de recevoir des applications phytosanitaires menant à des risques très sévères de transfert et de contamination des eaux depuis les parcelles agricoles. La reconquête de la qualité de l'eau passe donc par une optimisation des pratiques de protection phytosanitaire pour toutes les cultures, et non pas seulement pour le maïs, principale culture du territoire.
- La différenciation du caractère tardif / demi-tardif / très tardif des cultures de maïs grain sur le territoire n'amène pas à des différences importantes dans les niveaux de transfert vers les eaux.
- Les types de sol ont une forte influence sur les modalités de transfert de produits phytosanitaires, ce qui permet d'envisager une gestion optimisée par modulation du conseil en fonction des types de sol ou par répartition optimisée des cultures sur le territoire.
- Les voies de transfert principales vers les eaux des produits phytosanitaires sont d'une part les phénomènes verticaux de percolation à la base des sols, et d'autre part, les reprises d'eau par le drainage ou des écoulements hypodermiques, qui amènent à un transfert des

produits et de leurs métabolites de dégradation vers le réseau de surface. Les phénomènes de ruissellement et d'érosion ne contribuent aux contaminations des eau de surface de manière significative que pour un très faible nombre de produits appliqués (dont le glyphosate).

- Les risques de contamination de la ressource en eau sont à la fois attribués à des matières actives parents mais également à leurs métabolites de dégradation. Pour le maïs, qui représente la principale culture pratiquée sur le territoire, les 6 premières molécules jugées les plus transférantes sont des métabolites de dégradation.
- Au vu des niveaux importants de transfert associés à certaines molécules utilisées sur maïs, un focus particulier a été apporté à l'influence potentielle sur les transferts d'une réduction des doses ou d'un décalage des dates d'application pour ces molécules. Ces travaux ont révélé que ni la réduction des doses ni le décalage des applications ne permettent de réduire les transferts à des niveaux compatibles avec une qualité des eaux adaptée à la production d'eau potable. Les solutions pour ces molécules les plus impactantes passent donc par des solutions agronomiques et techniques permettant de limiter leur utilisation et/ou par l'utilisation de produits de remplacement disposant d'un profil environnemental moins impactant. Il est à noter que ces travaux détaillés ont uniquement été menés sur les molécules les plus impactantes. Une réduction des doses pour les molécules moins transférantes est susceptible de contribuer à la baisse des contaminations sur le territoire. Cette possibilité n'a toutefois pas été systématiquement testée dans le cadre de cette étude.
- Les travaux menés avec le Groupe technique agricole du PAT sur la culture du maïs ont démontré qu'il est possible de considérablement réduire l'impact sur la qualité de l'eau de cette culture par optimisation des applications de produits phytosanitaires, sans impact majeur attendu sur la rentabilité économique des exploitations et des filières. Les solutions existent mais elles doivent être maintenant préconisées et mises en application par les agriculteurs du territoire.
- Un Guide de synthèse reprenant les principaux résultats des travaux a été rédigé à l'attention des acteurs du conseil agricole sur le territoire. Ce guide synthétique et opérationnel a vocation à être utilisé par les techniciens agricoles du territoire afin d'intégrer la dimension environnementale dans leurs préconisations techniques aux agriculteurs.
- Les informations générées dans le cadre de cette étude peuvent permettre d'optimiser le programme de surveillance de la qualité de l'eau sur le territoire du PAT gave de Pau, en mettant la priorité sur les substances actives et les métabolites qui sont les plus susceptibles de quitter les parcelles agricoles.
- La reconquête de la qualité de l'eau sur le territoire du PAT gave de Pau passe par :
 - (i) la limitation du recours aux produits phytosanitaires par déploiement de solutions techniques et agronomiques diverses : selon les cultures, semis tardifs ou au contraire précoces, faux semis, recours au désherbinage pour les plantes sarclées, allongement des rotations pour diminuer la pression des adventices, optimisation des doses en fonction des degrés d'attaque ou de salissure des parcelles, etc.
 - (ii) l'optimisation environnementale des pratiques dès lors que l'utilisation des produits phytosanitaires s'avère nécessaire. Cette optimisation passera par l'intégration des informations sur le devenir environnemental dans le conseil prodigué aux exploitants

agricoles (notamment via le Guide de synthèse produit), mais également par une implication des agriculteurs eux-mêmes, à travers le déploiement et l'utilisation d'un outil de diagnostic des parcelles et des exploitations, tel que Bluetiful. L'avantage de ce nouvel outil est qu'il reprend la même méthodologie que celle implémentée dans le cadre de l'étude menée ici et qu'il peut être déployé soit par les techniciens agricoles des différentes structures de conseil sur le territoire, soit par des animateurs de bassin versant, soit par les agriculteurs eux-mêmes. Bluetiful permet par ailleurs de suivre d'année en année les progrès accomplis dans la réduction des fuites de produits phytosanitaires depuis les parcelles agricoles.

Table des matières

Préambule	2
Remerciements	2
Résumé et principaux enseignements	3
Table des matières	6
Liste des illustrations	9
Acronymes utilisés.....	12
1. INTRODUCTION	13
1.1. Contexte et objectifs de l'étude	13
1.2. Méthodologie suivie.....	13
1.2.1. Généralités.....	13
1.2.2. Méthodologie déployée	14
1.3. Déroulé de l'étude	15
1.4. Présentation du rapport	16
2. CARACTÉRISATION DU TERRITOIRE ET DES PRATIQUES PHYTOSANITAIRES	16
2.1. Le territoire du PAT gave de Pau	16
2.2. Délimitation de la zone d'étude	18
2.3. Informations climatiques.....	18
2.3.1. Données météorologiques nécessaires à la modélisation des transferts	18
2.3.2. Zonage climatique du secteur d'étude.....	19
2.4. Informations pédologiques	21
2.4.1. La classification FST	21
2.4.2. Caractérisation pédologique du secteur d'étude	22
2.5. Informations sur l'occupation des sols et la répartition des cultures	25
2.6. Informations relatives aux cultures et aux principales dates agronomiques	25
2.6.1. Cultures modélisées.....	25
2.6.2. Dates agronomiques	26
2.7. Informations sur les pratiques phytosanitaires.....	27
2.7.1. Les pratiques recensées	27
a) Phase 1 : évaluation des risques de transfert associés aux pratiques agricoles sur le territoire du PAT	27
b) Phase 2 : évaluation de l'efficacité de solutions alternatives pour limiter les transferts	28
2.7.2. La composition des produits utilisés	29
3. MODÉLISATION DES TRANSFERTS DE PRODUITS PHYTOSANITAIRES	29
3.1. Modèles utilisés	29
3.1.1. MACRO	29
3.1.2. PRZM	30
3.1.3. Fonctions de Ganzelmeier-Rautmann.....	30
3.2. Paramétrage des modèles et simulations réalisées.....	31
3.3. Nature et traitement des résultats de simulation bruts	31

4. INDICATEURS DU POTENTIEL DE TRANSFERT	33
4.1. Etablissement des chroniques journalières de concentrations	33
4.2. Les indicateurs PITSA	33
5. RÉSULTATS DE L'ÉVALUATION DES RISQUES DE TRANSFERT DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES VERS LES RESSOURCES EN EAU.....	36
5.1. Préambule	36
5.2. Résultats de synthèse	37
5.2.1. Résultats globaux pour toutes les cultures	37
c) <i>Risques de transferts verticaux.....</i>	38
d) <i>Risques de transferts horizontaux.....</i>	41
5.2.2. Modalités des transferts sur le territoire.....	44
5.3. Résultats détaillés par culture	46
5.3.1. Maïs grain.....	46
a) <i>Classement des applications</i>	46
b) <i>Matrice Conseil Tetris</i>	50
c) <i>Classement des molécules</i>	55
d) <i>Tests de diminution de doses et décalage de dates.....</i>	59
e) <i>Préconisations</i>	62
5.3.2. Maïs doux.....	63
a) <i>Classement des applications</i>	63
b) <i>Matrice Conseil Tetris</i>	64
c) <i>Classement des molécules</i>	65
d) <i>Préconisations</i>	66
5.3.3. Blé tendre d'hiver.....	67
a) <i>Classement des applications</i>	67
b) <i>Matrice Conseil Tetris</i>	68
c) <i>Classement des molécules</i>	69
d) <i>Préconisations</i>	70
5.3.4. Orge d'hiver	71
a) <i>Classement des applications</i>	71
b) <i>Matrice Conseil Tetris</i>	72
c) <i>Classement des molécules</i>	73
d) <i>Préconisations</i>	74
5.3.5. Colza d'hiver.....	75
a) <i>Classement des applications</i>	75
b) <i>Matrice Conseil Tetris</i>	76
c) <i>Classement des molécules</i>	77
d) <i>Préconisations</i>	78
5.3.6. Triticale.....	78
a) <i>Classement des applications</i>	79
b) <i>Matrice Conseil Tetris</i>	80
c) <i>Classement des molécules</i>	81
d) <i>Préconisations</i>	82
5.3.7. Tournesol	82
a) <i>Classement des applications</i>	82
b) <i>Matrice Conseil Tetris</i>	83
c) <i>Classement des molécules</i>	84
d) <i>Préconisations</i>	85
5.3.8. Soja.....	86
a) <i>Classement des applications</i>	86
b) <i>Matrice Conseil Tetris</i>	87
c) <i>Classement des molécules</i>	88
d) <i>Préconisations</i>	89
5.3.9. Prairies permanentes	89
a) <i>Classement des applications</i>	89
b) <i>Matrice Conseil Tetris</i>	90
c) <i>Classement des molécules</i>	91

d) <i>Préconisations</i>	92
5.3.10. Prairies temporaires	93
a) <i>Classement des applications</i>	93
b) <i>Matrice Conseil Tetris</i>	94
c) <i>Classement des molécules</i>	94
d) <i>Préconisations</i>	95
6. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	96
6.1. Enseignements	96
6.2. Perspectives	97

ANNEXES :

Annexe 1. Pratiques phytosanitaires évaluées

Annexe 2. Liste des produits utilisés

Annexe 3. Graphiques de résultats

Annexe 4. Références citées

Liste des illustrations

Liste des figures

Figure 1. Principaux processus impliqués dans le transfert des molécules phytosanitaires dans les sols (Footways, 2009)	14
Figure 2. Approche méthodologique générale	15
Figure 3. Graphe des principaux paramètres de la zone climatique de Pau-Uzein	20
Figure 4. Graphe des principaux paramètres de la zone climatique de Bénéjacq	21
Figure 5. Signification du code à 4 signes désignant les Footprint Soil Types (FST)	22
Figure 6. Parts de présence des différentes cultures sur le territoire du PAT gave de Pau	25
Figure 7. Nombre et types de produits phytosanitaires recensés pour la culture de maïs	28
Figure 8. Nombre et types de produits phytosanitaires recensés pour les cultures autres que le maïs	28
Figure 9. Exemple de série chronologique obtenue par modélisation (ici pour le drainage)	32
Figure 10. Configuration du milieu aquatique récepteur	32
Figure 11. Principe de calcul des indicateurs PITSA pour chacune des voies de transfert et pour toutes les voies de transfert horizontales et verticales.	34
Figure 12 : Légende des graphiques de risques de transfert (classement des PITSA)	37
Figure 13. Transferts verticaux : répartition des valeurs de PITSA des applications modélisées, par culture et pour le seuil "eau potable" (0,1 µg/l) lors de la phase 1 des travaux	39
Figure 14. Transferts verticaux : répartition des valeurs de PITSA des applications modélisées, par culture et pour le seuil "eau brute" (2µg/l) lors de la phase 1 des travaux	39
Figure 15. Transferts verticaux : répartition des valeurs de PITSA des applications modélisées, par culture et pour le seuil "eau potable" (0,1 µg/l) lors des phases 1 et 2 des travaux	40
Figure 16. Transferts verticaux : répartition des valeurs de PITSA des applications modélisées, par culture et pour le seuil "eau brute" (2µg/l) lors des phases 1 et 2 des travaux	41
Figure 17. Transferts horizontaux : répartition des valeurs de PITSA des applications modélisées, par culture et pour le seuil "eau potable" (0,1 µg/l) lors de la phase 1 des travaux	42
Figure 18. Transferts horizontaux : répartition des valeurs de PITSA des applications modélisées, par culture et pour le seuil "eau brute" (2µg/l) lors de la phase 1 des travaux	42
Figure 19. Transferts horizontaux : répartition des valeurs de PITSA des applications modélisées, par culture et pour le seuil "eau potable" (0,1 µg/l) lors des phases 1 et 2 des travaux	43
Figure 20. Transferts horizontaux : répartition des valeurs de PITSA des applications modélisées, par culture et pour le seuil "eau brute" (2µg/l) lors des phases 1 et 2 des travaux	44
Figure 21. Classement des applications phytosanitaires modélisées pour les deux voies de transfert verticales (percolation et concentration résidente)	45
Figure 22. Classement des applications phytosanitaires modélisées pour les quatre voies de transfert horizontales (dérive de pulvérisation, drainage / écoulements hypodermiques, ruissellement, érosion)	45
Figure 23. Classement des applications phytosanitaires modélisées sur le maïs grain selon le risque de transfert vertical, seuil 0,1 µg/l	47
Figure 24. Classement des applications phytosanitaires modélisées sur le maïs grain selon le risque de transfert vertical, seuil 2 µg/l	48
Figure 25. Classement des applications phytosanitaires modélisées sur le maïs grain selon le risque de transfert horizontal, seuil 0,1 µg/l	49
Figure 26. Classement des applications phytosanitaires modélisées sur le maïs grain selon le risque de transfert horizontal, seuil 2 µg/l	50

Figure 27. Matrice Conseil pour la culture de maïs grain, représentant les risques de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l	52
Figure 28. Matrice Conseil pour la culture de maïs grain, représentant les risques de transfert vertical pour le seuil 2 µg/l	53
Figure 29. Matrice Conseil pour la culture de maïs grain, représentant les risques de transfert horizontal pour le seuil 0,1 µg/l.....	54
Figure 30. Matrice Conseil pour la culture de maïs grain, représentant les risques de transfert horizontal pour le seuil 2 µg/l.....	55
Figure 31. Classement des molécules actives modélisées sur le maïs grain selon le risque de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l	56
Figure 32. Classement des molécules actives modélisées sur le maïs grain selon le risque de transfert vertical pour le seuil 2 µg/l	57
Figure 33. Classement des molécules actives modélisées sur le maïs grain selon le risque de transfert horizontal pour le seuil 0,1 µg/l.....	58
Figure 34. Classement des molécules actives modélisées sur le maïs grain selon le risque de transfert horizontal pour le seuil 2 µg/l.....	59
Figure 35. Evaluation de l'efficacité d'une diminution de dose sur les transferts horizontaux et verticaux – Exemple 1.....	60
Figure 36. Evaluation de l'efficacité d'une diminution de dose sur les transferts horizontaux et verticaux – Exemple 2.....	60
Figure 37. Evaluation de l'efficacité d'une diminution de dose sur les transferts horizontaux et verticaux – Exemple 3.....	60
Figure 38. Evaluation de l'efficacité d'une diminution de dose sur les transferts horizontaux et verticaux – Exemple 1.....	61
Figure 39. Evaluation de l'efficacité d'une diminution de dose sur les transferts horizontaux et verticaux – Exemple 2.....	61
Figure 40. Evaluation de l'efficacité d'une diminution de dose sur les transferts horizontaux et verticaux – Exemple 3.....	62
Figure 41. Classement des applications phytosanitaires modélisées sur le maïs doux selon le risque de transfert vertical, seuil 0,1 µg/l	64
Figure 42. Matrice Conseil pour la culture de maïs doux, représentant les risques de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l	65
Figure 43. Classement des molécules actives modélisées sur le maïs doux selon le risque de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l	66
Figure 44. Classement des applications phytosanitaires modélisées sur le blé tendre d'hiver selon le risque de transfert vertical, seuil 0,1 µg/l.....	68
Figure 45. Matrice Conseil pour la culture de blé tendre d'hiver, représentant les risques de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l	69
Figure 46. Classement des molécules actives modélisées sur le blé tendre d'hiver selon le risque de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l	70
Figure 47. Classement des applications phytosanitaires modélisées sur l'orge d'hiver selon le risque de transfert vertical, seuil 0,1 µg/l.....	72
Figure 48. Matrice Conseil pour la culture de orge d'hiver, représentant les risques de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l	73
Figure 49. Classement des molécules actives modélisées sur l'orge d'hiver selon le risque de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l	74
Figure 50. Classement des applications phytosanitaires modélisées sur le colza d'hiver selon le risque de transfert vertical, seuil 0,1 µg/l.....	76
Figure 51. Matrice Conseil pour la culture de colza d'hiver, représentant les risques de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l	77
Figure 52. Classement des molécules actives modélisées sur le colza d'hiver selon le risque de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l	78
Figure 53. Classement des applications phytosanitaires modélisées sur le triticales selon le risque de transfert vertical, seuil 0,1 µg/l	79

Figure 54. Matrice Conseil pour la culture de triticales, représentant les risques de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l.....	80
Figure 55. Classement des molécules actives modélisées sur le triticales selon le risque de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l	81
Figure 56. Classement des applications phytosanitaires modélisées sur le tournesol selon le risque de transfert vertical, seuil 0,1 µg/l.....	83
Figure 57. Matrice Conseil pour la culture de tournesol, représentant les risques de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l	84
Figure 58. Classement des molécules actives modélisées sur le tournesol selon le risque de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l	85
Figure 59. Classement des applications phytosanitaires modélisées sur le soja selon le risque de transfert vertical, seuil 0,1 µg/l.....	86
Figure 60. Matrice Conseil pour la culture de soja, représentant les risques de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l.....	87
Figure 61. Classement des molécules actives modélisées sur le soja selon le risque de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l.....	88
Figure 62. Classement des applications phytosanitaires modélisées sur prairie permanente selon le risque de transfert vertical, seuil 0,1 µg/l	90
Figure 63. Matrice Conseil pour les prairies permanentes, représentant les risques de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l	91
Figure 64. Classement des molécules actives modélisées sur prairie permanente selon le risque de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l	92
Figure 65. Classement des applications phytosanitaires modélisées sur prairie temporaire selon le risque de transfert vertical, seuil 0,1 µg/l.....	93
Figure 66. Matrice Conseil pour les prairies temporaires, représentant les risques de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l	94
Figure 67. Classement des molécules actives modélisées sur prairie temporaire selon le risque de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l	95

Liste des cartes

Carte 1. Situation du bassin de l'Adour (source : Agence de l'eau Adour-Garonne)	17
Carte 2. Délimitation du territoire du PAT du gave de Pau	17
Carte 3. Périmètre retenu pour les travaux d'évaluation des risques de transfert de produits phytosanitaires vers les ressources en eau du gave de Pau	18
Carte 4. Délimitation des deux zones climatiques concernées par le territoire d'étude	20
Carte 5 : Unités cartographiques de sols (UCS) sur le territoire du PAT gave de Pau	23

Liste des Tableaux

Tableau 1. Réunions avec Footways dans le cadre des travaux réalisés	16
Tableau 2. FST présents sur le territoire du PAT gave de Pau, caractéristiques et répartition par unité cartographique.....	24
Tableau 3. Dates agronomiques pour les cultures du secteur d'étude	26
Tableau 4. Nombre d'applications phytosanitaires recensées lors de la phase 1, par culture et type de traitement.....	27
Tableau 5. Nombre d'applications phytosanitaires "alternatives" recensées lors de la phase 2, par culture et type de traitement	29

Acronymes utilisés

ESO	Eaux SOuerraines
ESU	Eaux SUperficielles
FST	Types de Sol Footprint (en anglais)
PAT	Plan d'Action Territorial
PITSA	Indicateurs Pesticides pour une Agriculture Durable (en anglais)
PPDB	Base de données sur les propriétés des pesticides (en anglais)
PRZM	Pesticide Root Zone Model
UCS	Unité Cartographique de Sol
SAU	Surface Agricole Utile
SMNEP	Syndicat Mixte du Nord-Est de Pau
WRB	World Reference Base : base de données mondiale sur les sols (en anglais)

Evaluation des risques de transfert de pesticides et optimisation des pratiques phytosanitaires sur le territoire du PAT gave de Pau

1. INTRODUCTION

1.1. Contexte et objectifs de l'étude

Le Plan d'Action Territorial (PAT) du gave de Pau a été initié dans l'objectif de préserver la qualité de l'eau en luttant notamment contre la pollution diffuse de la nappe alluviale du gave de Pau. Cette pollution concerne en particulier les produits phytosanitaires utilisés pour la culture du maïs, très présent sur le territoire. Le territoire couvert par le PAT rassemble les communes situées à l'aplomb de la nappe alluviale, sur la partie concernée par les captages d'eau potable. La préservation de la qualité de l'eau de la nappe représente un enjeu d'autant plus important que cette ressource alimente un tiers de la population des Pyrénées Atlantiques.

Dans le cadre du PAT gave de Pau, Footways a été mandaté pour :

- quantifier les risques de transfert vers les eaux d'applications de produits phytosanitaires sur les différentes cultures présentes sur le territoire du PAT,
- évaluer dans quelle mesure des modifications de pratiques phytosanitaires seraient susceptibles de contribuer à une amélioration de la qualité des eaux vis-à-vis de la présence de molécules pesticides et de leurs métabolites de dégradation,
- fournir aux acteurs agricoles des informations pertinentes leur permettant d'intégrer la dimension environnementale dans leurs préconisations dans le but de reconquérir la qualité de l'eau vis-à-vis des produits phytosanitaires.

1.2. Méthodologie suivie

L'étude des risques de transfert de produits phytosanitaires vers les eaux sur le territoire du PAT gave de Pau s'est basée sur une caractérisation agro-pédo-climatique fine des territoires agricoles et sur le déploiement de modèles numériques permettant de simuler le transfert des pesticides et de leurs résidus à travers les sols.

1.2.1. Généralités

Le devenir environnemental d'une molécule phytosanitaire est fonction d'un très grand nombre de facteurs découlant des conditions de son application et du milieu, notamment du type de sol, de la température, de la pluviométrie, etc. De nombreux processus interviennent dans le devenir des molécules phytosanitaires dans les sols, pendant et après leur application, comme le montre la Figure 1.

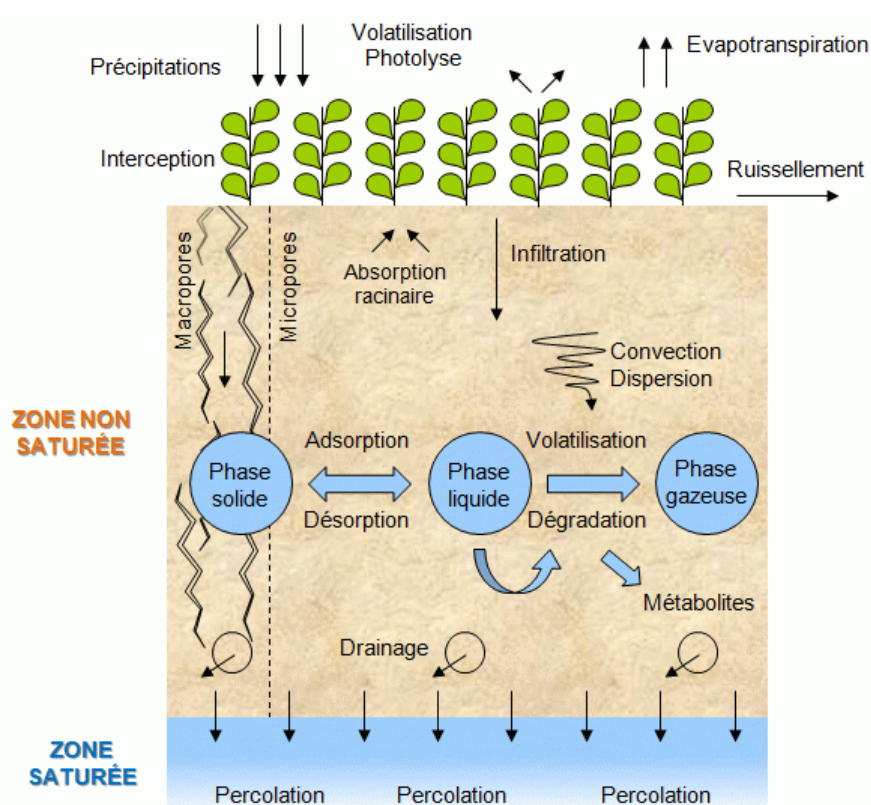


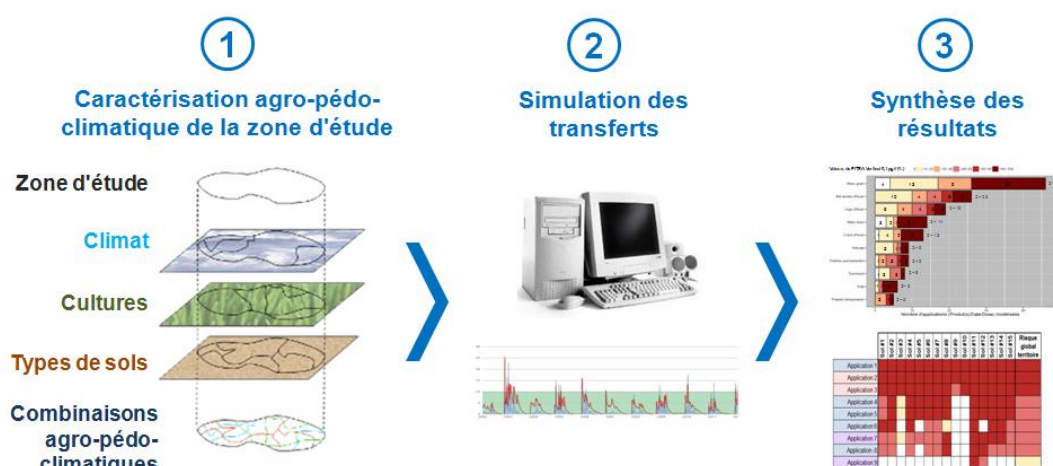
Figure 1. Principaux processus impliqués dans le transfert des molécules phytosanitaires dans les sols (Footways, 2009)

La modélisation apparaît dès lors comme un outil puissant et efficace pour déterminer les potentiels de transferts des molécules phytosanitaires pour une large gamme de conditions environnementales, telles qu'on peut les rencontrer sur un bassin versant. Celle-ci s'appuie sur la retranscription numérique de processus physiques, chimiques et biologiques, et est validée par de nombreux travaux de recherche, notamment ceux menés dans le cadre de l'évaluation des risques environnementaux pour l'homologation des matières actives et des produits.

1.2.2. Méthodologie déployée

La démarche mise en œuvre s'articule en 3 étapes (Figure 2) :

- 1) Les données nécessaires à l'évaluation des risques de transfert sur le territoire sont collectées et traitées. Il s'agit des informations relatives au milieu, qui permettent de réaliser une caractérisation agro-pédo-climatique fine de la zone d'étude, ainsi que des informations sur les pratiques phytosanitaires sur le territoire.
- 2) Les transferts de produits phytosanitaires dans les sols sont quantifiés à l'aide de modèles mathématiques et des indicateurs d'impact sont calculés.
- 3) Les résultats sont analysés, synthétisés et présentés au donneur d'ordre.



1.3. Déroulé de l'étude

L'étude réalisée par Footways s'est déroulée sur 12 mois entre août 2013 et août 2014. Les travaux ont été réalisés en concertation avec tous les acteurs impliqués dans le PAT : syndicats d'eau potable, Agence de l'eau Adour-Garonne, acteurs agricoles économiques, Chambre d'agriculture, etc.

Les travaux réalisés se sont articulés en deux phases :

- Phase 1 : évaluation des transferts associés à l'agriculture (et principalement la culture du maïs) sur le territoire du PAT gave de Pau, avec pour objectif d'identifier précisément les situations qui amènent à des risques de pollution de la nappe ;
- Phase 2 : recherche et évaluation de l'efficacité de pratiques complémentaires pour limiter ces transferts : il peut s'agir de modifications de pratiques phytosanitaires, d'itinéraires techniques ou de l'introduction de nouvelles cultures dans les rotations, par exemple.

La collecte des informations relatives aux pratiques agricoles ainsi que la recherche de pratiques alternatives a été réalisée avec Groupe technique agricole du PAT, composé de la Chambre d'Agriculture des Pyrénées-Atlantiques, les coopératives agricoles Euralis, Lur Berri, Maïsador et Vivador, le négoce Lacadée, l'Agence de l'Eau Adour-Garonne et le PAT gave de Pau.

Les résultats des travaux réalisés ont été présentés au Groupe technique agricole ainsi qu'au Comité de pilotage du PAT (voir la liste des réunions dans le Tableau 1).

Date	Description	Composition	Lieu
25/07/2013	Première réunion de présentation	PAT, AEAG	Par téléphone
04/10/2013	Présentation du projet	Groupe technique agricole	Maison de l'eau, Morlàas
04/11/2013	Recueil des pratiques phytosanitaires	Groupe technique agricole	Maison de l'eau, Morlàas
11/03/2014	Présentation des résultats de la phase 1	Groupe technique agricole	Maison de l'eau, Morlàas
04/04/2014	Recherche de solutions alternatives	Groupe technique agricole	Maison de l'eau, Morlàas
04/04/2014	Présentation des résultats de la phase 1	Comité de pilotage du PAT	Maison de l'eau, Morlàas
06/06/2014	Présentation des résultats de la phase 2 Solutions alternatives (finalisation)	Groupe technique agricole	Maison de l'eau, Morlàas
10/06/2014	Rendu final	Comité de pilotage du PAT, public invité	Maison de l'eau, Morlàas

Tableau 1. Réunions avec Footways dans le cadre des travaux réalisés
PAT : animation du PAT gave de Pau, AEAG : Agence de l'Eau Adour-Garonne

1.4. Présentation du rapport

Le présent document constitue le rapport de fin de projet. Il présente :

- la méthodologie utilisée, les hypothèses de travail et les données d'entrée utilisées pour la réalisation des travaux,
- les résultats de l'évaluation de risque de transfert associés aux pratiques agricoles sur le territoire du PAT (phase 1),
- les résultats de l'évaluation de solutions alternatives pour limiter les transferts (phase 2).

Les résultats sont présentés de façon globale (section 5.2), puis culture par culture (section 5.3). Un document d'annexes accompagne également ce rapport.

2. CARACTÉRISATION DU TERRITOIRE ET DES PRATIQUES PHYTOSANITAIRES

2.1. Le territoire du PAT gave de Pau

Le gave de Pau est un affluent rive gauche de l'Adour d'une longueur totale de 193 km, qui prend sa source au Cirque de Gavarnie à environ 2500 mètres d'altitude. Il traverse successivement les départements des Hautes-Pyrénées, des Pyrénées-Atlantiques puis des Landes pour se jeter dans l'Adour. Inclus dans le bassin Adour, le bassin du gave de Pau draine ainsi une surface totale de 2780 km².



Carte 1. Situation du bassin de l'Adour (source : Agence de l'eau Adour-Garonne)

17% de l'eau potable nécessaire pour pourvoir aux besoins des Pyrénées Atlantiques est prélevée dans la nappe alluviale du gave de Pau ou une nappe captive plus profonde située sous la nappe alluviale. Cette ressource, qui alimente de nos jours un tiers de la population des Pyrénées Atlantiques, possède l'avantage d'être pérenne et se désigne comme la ressource du département.

Le territoire retenu pour le Plan d'Action Territorial du gave de Pau correspond aux communes situées à l'aplomb de la nappe alluviale entre les communes de Lestelle Bétharram et Mourenx, sur la partie concernée par les captages d'eau potable (Carte 2).

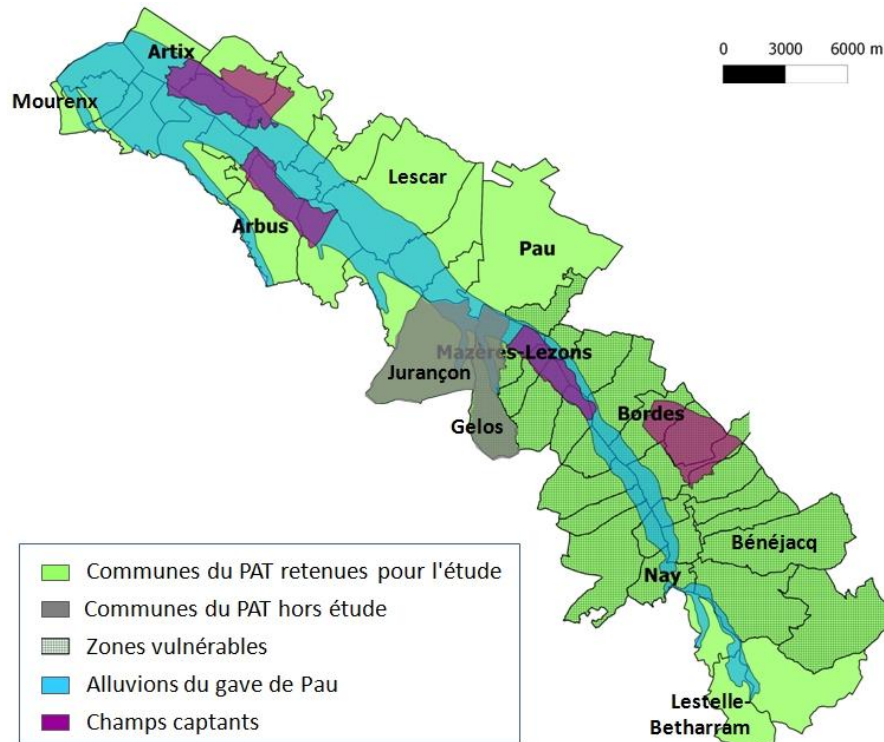
Le territoire inclut 50 communes pour environ 174 000 habitants. La surface totale concernée est de 41 524 ha, dont 16 856 ha de Surface Agricole Utile (41%), exploitée par 1100 agriculteurs.



Carte 2. Délimitation du territoire du PAT du gave de Pau

2.2. Délimitation de la zone d'étude

En accord avec les acteurs du PAT gave de Pau, le périmètre de l'étude réalisée par Footways concerne l'intersection entre le périmètre du PAT et la région agricole "Vallée du Gave de Pau". Il s'agit de la totalité du territoire du PAT, à l'exception des territoires des communes de Jurançon et Gelos (Carte 3). La zone d'étude couvre 49 communes, pour une superficie de 38 710 ha.



Carte 3. Périmètre retenu pour les travaux d'évaluation des risques de transfert de produits phytosanitaires vers les ressources en eau du gave de Pau

2.3. Informations climatiques

Les modèles de transfert utilisés par Footways intègrent la simulation de l'état hydrique des sols et de la croissance des plantes. Par conséquent, des données météorologiques sont nécessaires pour obtenir des résultats représentatifs du secteur d'étude.

2.3.1. Données météorologiques nécessaires à la modélisation des transferts

Les informations nécessaires à la modélisation des transferts sont, à un pas de temps journalier et sur une période de 10 ans :

- Les hauteurs de précipitations (mm),
- Les températures minimale et maximale (°C),
- L'humidité relative minimale et maximale (%),
- La vitesse du vent à 10 mètres (m/s),
- Le rayonnement solaire (Wh/m²),

A partir de ces informations, l'évapotranspiration potentielle (ETP journalière) est calculée par Footways selon la méthode standardisée internationale FAO-Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998).

Afin de prendre en compte la variabilité interannuelle des conditions climatiques et ses effets sur les transferts environnementaux, la modélisation est entreprise sur une période de 10 ans (01/01/2003 au 31/12/2012).

2.3.2. Zonage climatique du secteur d'étude

Pour cette étude et en accord avec les acteurs du PAT gave de Pau, les données de deux stations Météofrance ont été acquises et utilisées pour les travaux de modélisation. Il s'agit des stations de :

- PAU-UZEIN, située en aval de Pau, qui enregistre la totalité des paramètres nécessaires à la modélisation ;
- BENEJACQ, située en amont de Pau, qui n'enregistre que les données relatives à la pluviométrie.

La pluviométrie étant l'élément le plus variable localement, les données météorologiques disponibles ont été utilisées comme suit, dans le but de refléter au mieux la variabilité climatique du territoire du PAT :

- pour la partie du PAT située en *aval* de Pau : les données de la station de PAU-UZEIN ont été utilisées pour tous les paramètres climatiques ;
- pour la partie du PAT située en *amont* de Pau, les données de la station météorologique de PAU-UZEIN ont été utilisées pour tous les paramètres sauf la pluviométrie ; les données relatives à la pluviométrie de la station de BENEJACQ ont été utilisées.

Deux zones climatiques ainsi ont été délimitées sur le territoire d'étude : la zone "Pau-Uzein" en aval de Pau et la zone "Bénéjacq" en amont de Pau, la limite entre les deux zones se situant au niveau de la commune de Pau (Carte 4).

Les pluviométries moyennes annuelles des 2 stations sont de 1030 mm pour Pau-Uzein et 1176 mm pour Bénéjacq. Les moyennes mensuelles des paramètres de pluie, évapotranspiration potentielle et température pour les deux zones climatiques sont représentées sur les graphiques ci-après (Figure 3 pour Pau-Uzein et Figure 4 pour Bénéjacq).

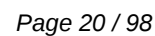


Figure 3. Graphe des principaux paramètres de la zone climatique de Pau-Uzein (moyennes mensuelles)

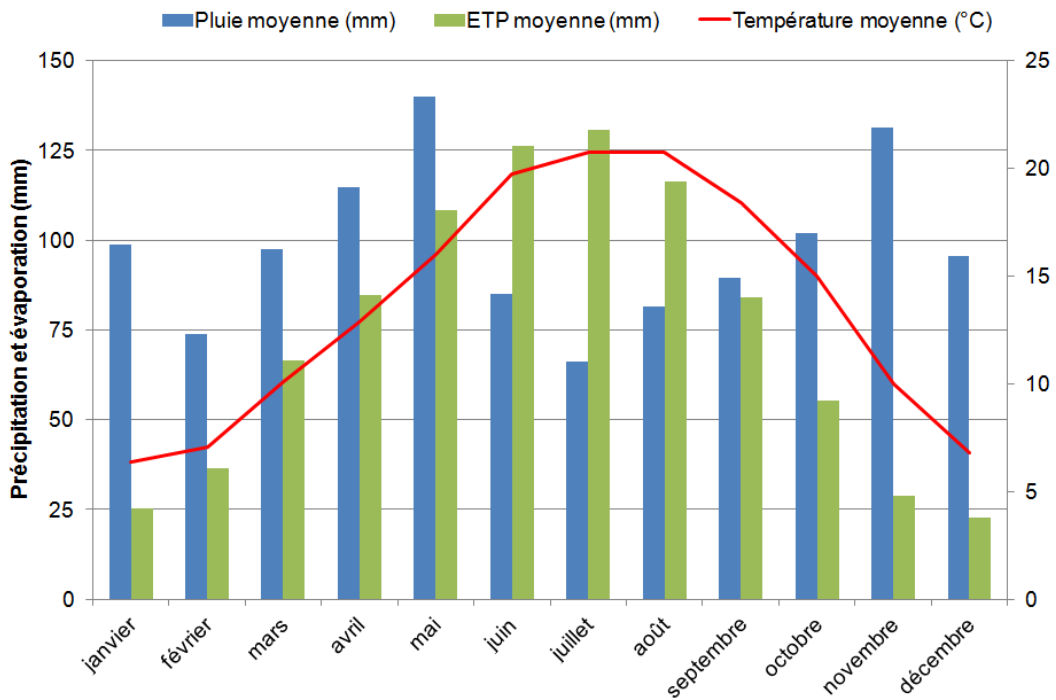


Figure 4. Graphe des principaux paramètres de la zone climatique de Bénéjacq (moyennes mensuelles)

2.4. Informations pédologiques

La nature du sol joue un rôle important dans les transferts de produits phytosanitaires. C'est en effet au sein de la couche pédologique qu'intervient l'essentiel des phénomènes déterminant les transferts d'eau et de produits qui quittent les parcelles agricoles.

2.4.1. La classification FST

La méthodologie développée dans le cadre du projet Footprint et utilisée par Footways permet de trier tous les sols agricoles d'Europe issus de la carte des sols européenne SGBDE (the Soil Geographic Database of Europe (SGDBE, v.1) at 1:1,000,000 scale (Le Bas *et al.*, 1998)) en 269 classes, appelés "Footprint Soil Types" (FST). Cette classification permet de distinguer les modalités de transfert de l'eau et des éventuels polluants associés dans les sols.

Les FST sont désignés par un code à 4 signes (Figure 5) :

- Une lettre (L-Z) : code représentant le comportement hydrologique du sol,
- Un nombre (1-6) : texture de surface (0-40 cm), la texture devenant plus lourde quand le chiffre augmente,
- Un nombre (0-6) : texture de sol entre 40 et 80 cm, la texture devenant plus lourde quand le chiffre augmente,
- Une lettre représentant un profil de matière organique.

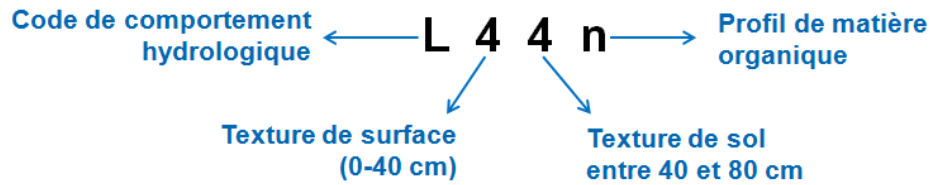


Figure 5. Signification du code à 4 signes désignant les Footprint Soil Types (FST)

Chacune des classes FST est caractérisée par un profil pédologique représentatif, présentant un comportement spécifique vis-à-vis du transfert des molécules phytosanitaires :

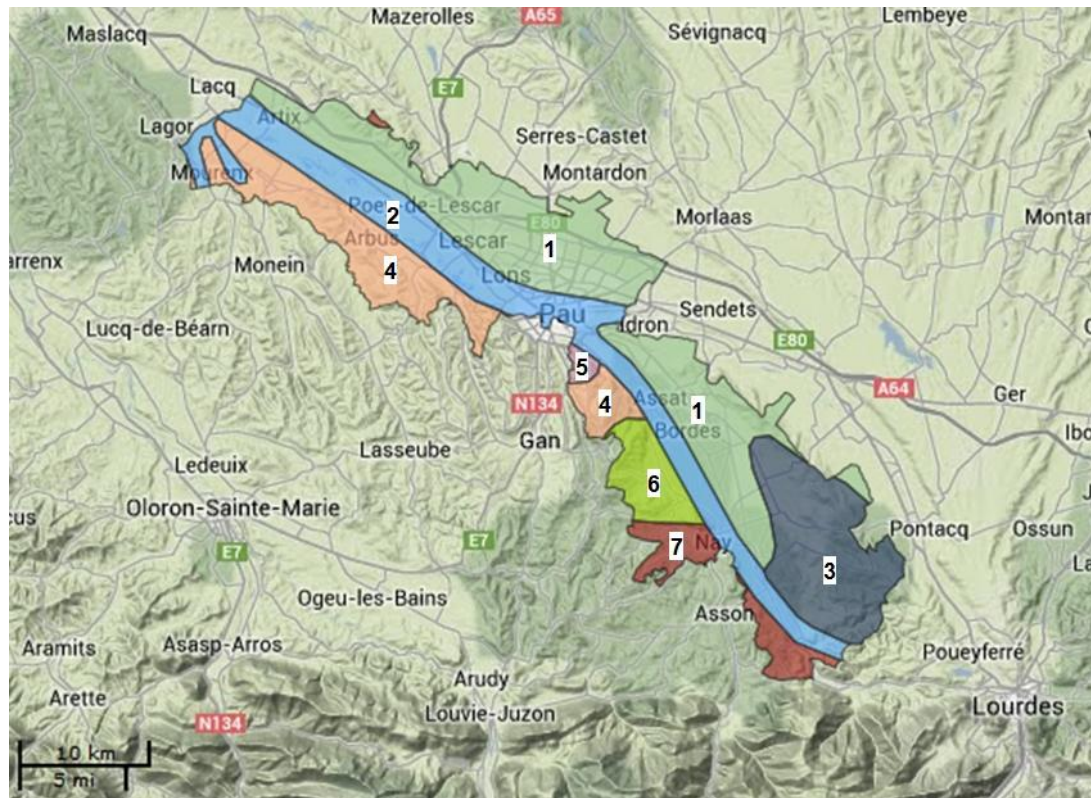
- FST dont la première lettre est L, M ou N : transferts exclusivement verticaux par percolation (vers les eaux souterraines)
- FST dont la première lettre est O, P, R, S ou T : transferts par écoulements hypodermiques vers les eaux de surface
- FST dont la première lettre est Q, U ou V : transferts par le drainage agricole vers les eaux de surface
- FST dont la première lettre est O, P et Q : transferts également via une nappe peu profonde dans le profil
- FST dont la première lettre est W, X ou Y : transferts à la fois par percolation et par drainage (Y) ou par écoulements hypodermiques (W, X).

2.4.2. Caractérisation pédologique du secteur d'étude

A défaut d'informations pédologiques détaillées sur le territoire, les informations fournies par la carte des sols à l'échelle du millionième ont été utilisées (the Soil Geographic Database of Europe, SGDBE, v.1 at 1:1,000,000 scale, Le Bas et al., 1998).

Sur le territoire du PAT gave de Pau, ces informations permettent de distinguer 7 unités cartographiques de sol composées de 24 types de sol (Carte 5). Ces types de sols se classent en 15 FST différents décrits dans le tableau ci-après (Tableau 2).

NOTE : il est important de noter que l'utilisation de la carte des sols a pour objectif de lister les types de sols présents sur le territoire du PAT gave de Pau. L'objectif n'est pas de dresser une cartographie précise de leur répartition sur le territoire.



Carte 5 : Unités cartographiques de sols (UCS) sur le territoire du PAT gave de Pau
(voir aussi la description des UCS dans le Tableau 2)

Sur les 15 types de FST présents sur le territoire, cinq sont prédominants et couvrent ensemble 75 % du territoire (FST : Y33i, Q22a, W22n, W44n et Q33n).

L'examen des comportements hydrologiques des FST présents sur le territoire montre que les transferts d'eau horizontaux se font en majeure partie par drainage artificiel (59 % du territoire) et écoulements hypodermiques (23 %). Les transferts d'eau verticaux se font majoritairement par percolation (68 %) et par présence d'une nappe perchée (32 %).

FST*	Abondance sur le territoire	Texture du sol	Comportement hydrologique	UCS* concernées	Type de sol dominant - (appellation WRB*)	Appellation locale	Drainage artificiel
Y33i	25%	Sol limoneux	Transferts importants vers les fossés et les rivières par le réseau de drainage et par ruissellement de surface	1	Gleyic Albeluvisol	Touyas	oui
Q22a	19%	Sol limono-argilo-sableux	Transferts importants vers les fossés et les rivières par le réseau de drainage et par ruissellement de surface	2, 4	Calcaric Fluvisol	Alluvions limono-argilo-sableuses profondes	oui
W22n	12%	Sol limono-argilo-sableux	Transferts vers les fossés et les rivières par ruissellement de surface, par érosion ou par écoulements hypodermiques (écoulements superficiels de subsurface)	3	Calcaric/Eutric Cambisol	Sol limono-argilo-sableux profond	
W44n	10%	Sol argileux	Transferts vers les fossés et les rivières par ruissellement de surface, par érosion ou par écoulements hypodermiques (écoulements superficiels de subsurface)	4, 6	Calcaric/Eutric Cambisol	Sol argileux profond	
Q33n	7,1%	Sol limoneux	Transferts importants vers les fossés et les rivières par le réseau de drainage et par ruissellement de surface	1	Eutric Gleysol	Sol limoneux profond	oui
N22n	6,5%	Sol limono-argilo-sableux	Transferts importants vers les nappes par infiltration et possibilité de ruissellement de surface sur les pentes	1, 5, 7	Dystric/Eutric Cambisol	Sol limono-argilo-sableux	
N22i	5,3%	Sol limono-argilo-sableux	Transferts importants vers les nappes par infiltration avec également possibilité de ruissellement de surface sur les pentes.	3, 5, 7	Haplic Luvisol	Sol limono-argilo-sableux	
M40r	4,6%	Sol argileux sur calcaire dur	Transferts importants vers les nappes par infiltration avec des transferts rapides vers les rivières par le réseau karstique. Possibilité de ruissellement de surface et d'érosion (présence roche dure à 40 cm ou moins)	4	Rendzic Leptosol	Sol argileux superficiel sur calcaire dur	
Q33a	4,4%	Sol limoneux	Transferts importants vers les fossés et les rivières par le réseau de drainage et par ruissellement de surface	2	Eutric Fluvisol	Alluvions limoneux profonds	oui
Y44n	1,5%	Sol argileux	Transferts importants vers les fossés et les rivières par le réseau de drainage et par ruissellement de surface	4	Gleyic Cambisol	Sol argileux profond	oui
L40r	1,5%	Sol argileux sur calcaire dur	Transferts importants vers les nappes par infiltration avec également possibilité de ruissellement de surface sur les pentes	6	Rendzic Leptosol	Sol argileux superficiel sur calcaire dur	
Q22i	1,1%	Sol limono-argilo-sableux	Transferts importants vers les fossés et les rivières par le réseau de drainage et par ruissellement de surface	7	Gleyic Luvisol	Sol limono-argilo-sableux	oui
W24i	0,5%	Sol limono-argilo-sableux et argileux en profondeur	Transferts vers les fossés et les rivières par ruissellement de surface, par érosion ou par écoulements hypodermiques (écoulements superficiels de subsurface)	6	Haplic Luvisol	Sol limono-argilo-sableux et argileux en profondeur	
Y24i	0,3%	Sol limono-argilo-sableux et argileux en profondeur	Transferts importants vers les fossés et les rivières par le réseau de drainage et par ruissellement de surface	6	Gleyic Albeluvisol	Touyas	oui
L33r	0,1%	Sol limoneux	Transferts importants vers les nappes par infiltration et possibilité de ruissellement de surface sur les pentes (présence roche dure à 80 cm ou moins)	5	Calcaric Cambisol	Sol limoneux	

Tableau 2. FST présents sur le territoire du PAT gave de Pau, caractéristiques et répartition par unité cartographique

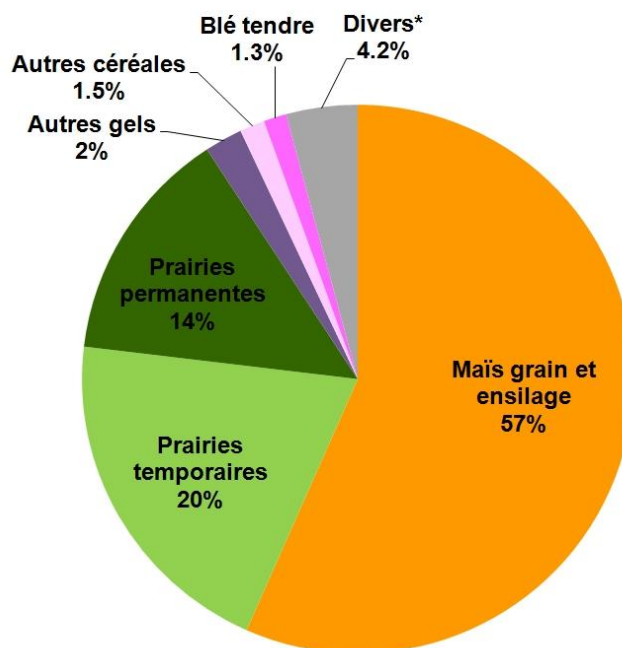
* FST : Footprint Soil Types, UCS : Unités cartographiques de Sol (représentées sur la Carte 5), WRB : World Reference Base.

2.5. Informations sur l'occupation des sols et la répartition des cultures

Les informations sur l'occupation des sols et la répartition des cultures sur la zone d'étude sont issues du Registre Parcellaire Graphique 2010 (RPG 2010).

Les zones cultivées représentent 14 940 ha, soit environ 39 % de la zone d'étude.

La culture de maïs représente 57 % des surfaces cultivées ; les prairies temporaires s'étendent sur 20 % des surfaces cultivées et les prairies permanentes sur 14 %. Additionnées, les surfaces de maïs et les prairies représentent 91 % des surfaces cultivées sur la zone d'étude (Figure 6).



* Divers : Légumes-fleurs, autres oléagineux, colza, estives landes, orge, vignes, vergers, protéagineux, tournesol, autres cultures industrielles, plantes à fibres, semences, arboriculture, fourrage, autres, pas d'information.

Figure 6. Parts de présence des différentes cultures sur le territoire du PAT gave de Pau

2.6. Informations relatives aux cultures et aux principales dates agronomiques

2.6.1. Cultures modélisées

En accord avec les acteurs du PAT gave de Pau (réunion du 04 novembre 2013), 13 cultures ont été retenues pour figurer dans les évaluations de risques de transfert des produits phytosanitaires.

Il s'agit en premier lieu de la culture de maïs, décomposée en 5 types différents :

- Maïs grain demi-tardif,
- Maïs grain tardif,
- Maïs grain très tardif,
- Maïs fourrage,
- Maïs doux.

A ces 5 cultures de maïs s'ajoutent les prairies temporaires et permanentes, ainsi que d'autres cultures moins présentes sur le territoire, mais qui pourraient être introduites plus souvent dans des rotations futures :

- Tournesol,
- Colza d'hiver,
- Soja,
- Blé tendre d'hiver,
- Triticale,
- Orge d'hiver.

NB : Lors de la phase 2 des travaux (évaluation de solutions alternatives), un seul type de "maïs grain" a été conservé : en effet, les résultats obtenus lors de la phase 1 des travaux pour les 3 types de maïs grain (tardif, demi-tardif et très tardif) sont très similaires et ne justifient pas cette distinction, pour l'étude des risques de transfert. Le "maïs grain demi-tardif" a été utilisé comme type représentatif du maïs grain dans la suite des travaux.

2.6.2. Dates agronomiques

Les principales dates agronomiques nécessaires à la modélisation ont été définies avec les acteurs du PAT gave de Pau. Elles sont listées dans le Tableau 3 ci-après.

Culture	Stade de développement	
	Semis	Récolte
Maïs grain demi-tardif	20 avril	15 octobre
Maïs grain très tardif	20 avril	25 octobre
Maïs grain tardif	20 avril	5 novembre
Maïs fourrage	5 mai	25 septembre
Maïs doux	25 mai	5 septembre
Tournesol	15 avril	15 septembre
Colza	5 septembre	1 juillet
Soja	20 avril	22 septembre
Blé tendre d'hiver	5 novembre	15 juillet
Triticale	5 novembre	15 juillet
Orge d'hiver	20 octobre	17 juin

Tableau 3. Dates agronomiques pour les cultures du secteur d'étude

2.7. Informations sur les pratiques phytosanitaires

2.7.1. Les pratiques recensées

a) Phase 1 : évaluation des risques de transfert associés aux pratiques agricoles sur le territoire du PAT

Pour la phase 1 des travaux, visant à évaluer les risques de transfert associés aux pratiques agricoles sur le territoire du PAT, les pratiques phytosanitaires pour les 13 cultures retenues dans le cadre de cette étude ont été recensées lors de la réunion de travail du Groupe technique agricole du PAT, qui s'est tenue le 04 novembre 2013. Ces pratiques sont basées sur les recommandations techniques issues des organismes agricoles présents (Chambre d'agriculture des Pyrénées-Atlantiques, coopératives agricoles Euralis, Lur Berri, Maïsadour, Vivadour, négoce Lacadée).

Au total, 204 applications phytosanitaires ont été recensées (Tableau 4). Les applications phytosanitaires concernent 91 produits phytosanitaires, dont 41 pour la culture de maïs, en majorité des herbicides (Figure 7 et Figure 8). La liste de toutes les applications évaluées dans le cadre de cette étude est présentée en Annexe 1 de ce rapport.

Cultures	Type de traitement				Total
	Antilimace	Fongicide	Herbicide	Insecticide	
Blé tendre d'hiver		7	16		23
Colza d'hiver	1	1	7	3	12
Maïs doux		1	3	4	8
Maïs grain demi-tardif	4		29	6	39
Maïs grain tardif	4		30	6	40
Maïs grain très tardif	4		28	6	38
Orge d'hiver		5	11		16
Prairies permanentes			5	1	6
Prairies temporaires			2		2
Soja	1		4		5
Tournesol	1		4	1	6
Triticale		4	5		9
Total	15	18	144	27	204

Tableau 4. Nombre d'applications phytosanitaires recensées lors de la phase 1, par culture et type de traitement

Les 8 traitements de semences recensés n'ont pas été simulés car les modèles mathématiques n'intègrent pas la simulation d'un lent relargage de matière active dans le sol.

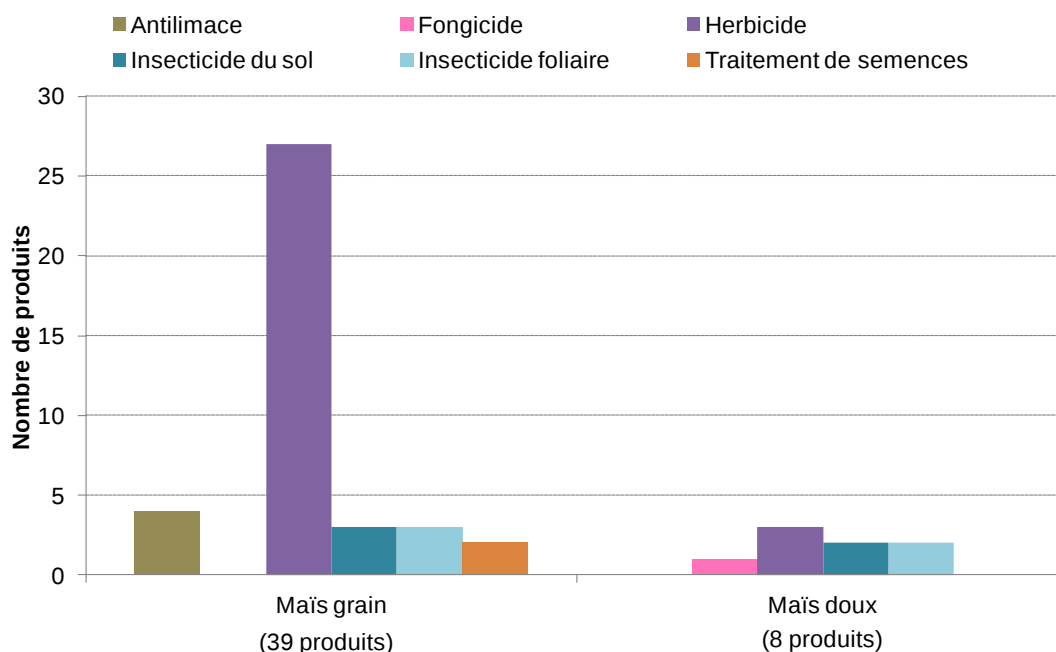


Figure 7. Nombre et types de produits phytosanitaires recensés pour la culture de maïs

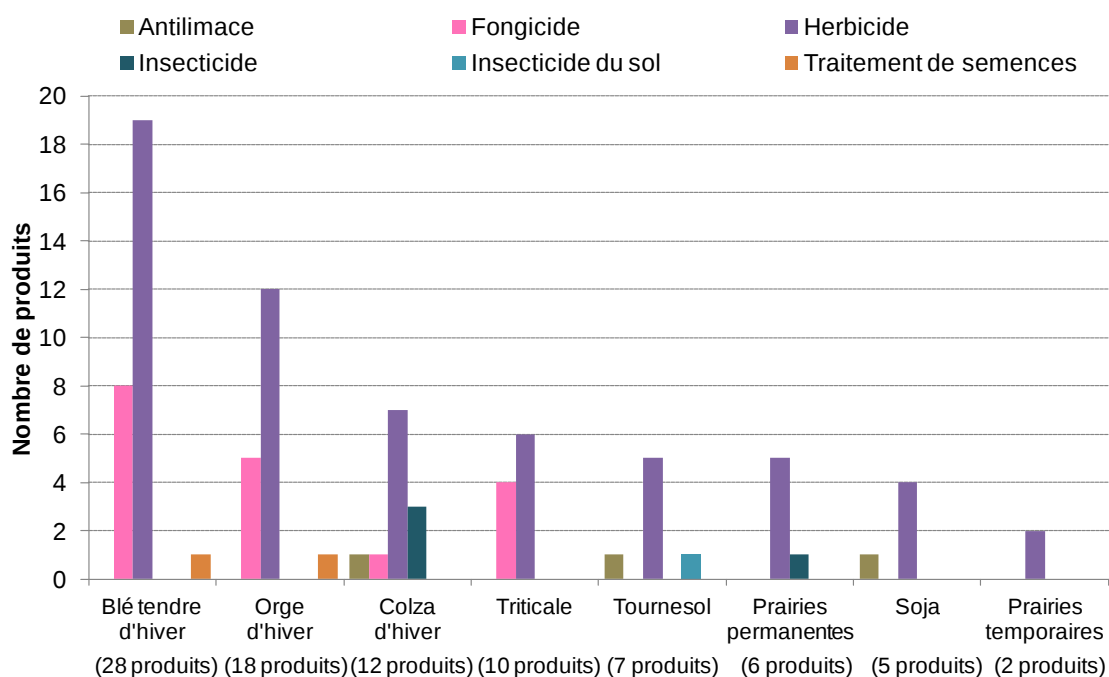


Figure 8. Nombre et types de produits phytosanitaires recensés pour les cultures autres que le maïs

b) Phase 2 : évaluation de l'efficacité de solutions alternatives pour limiter les transferts

Pour la phase 2 des travaux, visant à évaluer l'efficacité de solutions alternatives pour limiter les transferts, des pratiques phytosanitaires complémentaires ont été collectées lors de la réunion du Groupe technique agricole du PAT, tenue le 4 avril 2014.

Vingt-neuf applications supplémentaires ont ainsi été recensées et simulées (Tableau 5).

NB : Lors de la phase 2 des travaux, un seul type de "maïs grain" a été conservé : en effet, les résultats obtenus lors de la phase 1 des travaux pour les 3 types de maïs grain (tardif, demi-tardif et très tardif) sont très similaires et ne justifient pas cette distinction, pour l'étude des risques de transfert. Le "maïs grain demi-tardif" a été utilisé comme type représentatif du maïs grain.

Cultures	Type de traitement		Total
	Fongicide	Herbicide	
Blé tendre d'hiver	1	2	3
Colza d'hiver		1	1
Maïs doux		6	6
Maïs grain		7	7
Orge d'hiver	1	2	3
Prairie permanente		3	3
Prairie temporaire		3	3
Soja		1	1
Tournesol		2	2
Total	2	27	29

Tableau 5. Nombre d'applications phytosanitaires "alternatives" recensées lors de la phase 2, par culture et type de traitement

La liste de toutes les applications évaluées dans le cadre de cette étude est présentée en Annexe 1 de ce rapport. Les applications ajoutées lors de la phase 2 de l'étude y sont indiquées en gras.

2.7.2. La composition des produits utilisés

Chaque produit commercial recensé dans l'étude est composé d'une ou plusieurs substances actives. Le détail de la composition de chaque produit a été tiré de la base de données Extraphyt et est repris dans l'Annexe 2.

3. MODÉLISATION DES TRANSFERTS DE PRODUITS PHYTOSANITAIRES

3.1. Modèles utilisés

3.1.1. MACRO

MACRO (Larsbo and Jarvis, 2003 ; Larsbo *et al.*, 2005) est un modèle mathématique, déterministe, basé sur la physique, unidimensionnel. Il est utilisé dans le domaine de la recherche sur les transferts de produits phytosanitaires dans les sols et dans le domaine de l'évaluation des risques pour l'homologation. Sa spécificité principale tient dans sa capacité à simuler les transferts d'eau et de produits phytosanitaires par écoulements

préférentiels. Ces écoulements préférentiels peuvent résulter de l'activité biologique (tunnels créés par les lombrics ou laissés par des racines mortes) ou de fissurations dans les sols (hétérogénéité, action racinaire, phénomènes de retrait-gonflement) et contribuent de manière importante au transfert de l'eau et des polluants associés dans le sol. Le modèle considère en effet deux domaines distincts pour le transport de l'eau (le domaine microporal et le domaine macroporal) avec des fonctions d'échange d'eau et des solutés entre les deux.

Cette caractéristique lui confère une bonne capacité de prédiction dans tous les types de sols, depuis les sols sableux où les écoulements préférentiels sont généralement limités, jusqu'aux sols agricoles les plus argileux, sujets à des transferts rapides et importants par écoulements préférentiels.

Le modèle bénéficie d'un historique de plus de 25 ans et a été validé à travers des études comparant les simulations du modèle et des observations de concentrations et flux dans les sols, les eaux de drainage ou les eaux de percolation (par exemple, Reichenberger, 2005; Larsson et Jarvis, 1999). Footways utilise la version 5.2 du modèle MACRO, dernière version officielle mise à disposition.

3.1.2. PRZM

Le modèle PRZM (Pesticide Root Zone Model ; Carsel *et al.*, 2003 ; FOCUS, 2001) est un modèle déterministe qui intègre une description simplifiée de l'hydrologie du sol par réservoirs déversoirs. Le principal intérêt du modèle réside dans sa capacité à pouvoir simuler les transferts par ruissellement et érosion.

L'équation "Curve Number" du Soil Conservation Service (NRCS, 2004) est utilisée pour la modélisation des phénomènes de ruissellement. L'érosion des sols est quant à elle simulée grâce à l'équation universelle des pertes en sol modifiée (MUSLE; Williams, 1975) ou ses modifications MUSS ou MUST (Carsel *et al.*, 2003). Les transferts de produits phytosanitaires verticaux dans le sol prennent en compte les phénomènes de convection et de dispersion numérique.

Le modèle PRZM intègre la possibilité de simuler la formation et le transfert des métabolites de dégradation. De même que le modèle MACRO, PRZM a bénéficié de travaux d'amélioration et de validation durant les vingt-cinq dernières années (voir par exemple FEMVTF, 2001; Reichenberger, 2005). Le modèle est utilisé en routine pour évaluer les transferts dans le cadre des démarches d'homologation de matières actives et de produits, aux Etats-Unis et en Europe.

3.1.3. Fonctions de Ganzelmeier-Rautmann

Les estimations des contributions en produits phytosanitaires dans les eaux de surface par le phénomène de dérive de pulvérisation ont été réalisées à l'aide des courbes de Rautmann/Ganzelmeier (Rautmann *et al.*, 2001), qui décrivent le dépôt de quantités de produits phytosanitaires en fonction de la distance entre la limite de la surface traitée et le milieu récepteur.

Les fonctions de Ganzelmeier-Rautmann constituent un modèle de dépôt sur un plan d'eau, et non un modèle de sortie du champ. Il est donc nécessaire de considérer un milieu récepteur, c'est-à-dire un cours d'eau (voir section suivante).

Les courbes de Ganzelmeier-Rautmann sont issues d'une série d'expériences intégrant la variabilité des conditions d'application répondant aux règles de bonne pratique agricole (dispositifs techniques, vitesse et direction du vent, température, humidité de l'air, etc.). Ces courbes de référence sont des fonctions de puissances ajustées aux points de données expérimentaux qui estiment l'importance des dépôts sur une surface donnée (sous forme de concentration superficielle relative exprimée en pourcentage de taux d'application sur la parcelle) en fonction de la distance par rapport à la surface traitée. Il faut bien noter que ces courbes reflètent une application sans technique réduisant la dérive, mais observant les règles de bonne pratique professionnelle agricole (vitesse du vent inférieur ou égale à 5 m/s, vitesse du tracteur ne dépassant pas les 8 km/h, barre de pulvérisation en position ne dépassant pas une certaine hauteur etc.). Si la bonne pratique professionnelle n'est pas observée (ce qui est illégal en Allemagne où les expériences ont été faites), la dérive résultante peut être plus importante.

Les paramètres des fonctions Ganzelmeier-Rautmann pour les différents types d'application et des différents percentiles (90, 82, 77, 74, 72, 70, 69, 67, 50) des distributions réfléchissant la variabilité des conditions expérimentales et du matériel ont été obtenus durant le projet européen Footprint (Dubus *et al.*, 2010) en ajustant les fonctions aux différents percentiles empiriques des données brutes expérimentales de l'organisme BBA (Rautmann *et al.*, 2001).

3.2. Paramétrage des modèles et simulations réalisées

Les modèles MACRO et PRZM ont été paramétrés selon la méthodologie mise en place dans le cadre du projet européen Footprint et documentée en détail dans les différents rapports du projet (notamment Dubus *et al.*, 2010).

Afin de prendre en compte toute la diversité des milieux sur le territoire et l'influence des pratiques agricoles sur les transferts, les simulations ont été réalisées pour toutes les combinaisons uniques des variables suivantes :

- substances actives,
- doses d'application,
- dates d'application,
- cultures,
- types de sols (FST),
- climats.

3.3. Nature et traitement des résultats de simulation bruts

La modélisation a été réalisée sur le centre de calcul Footways. Les résultats bruts de tous ces calculs se présentent sous la forme de séries chronologiques représentant les variations journalières des transferts d'eau et de molécules phytosanitaires dans les différentes voies de transfert concernées (exemple sur la Figure 9).

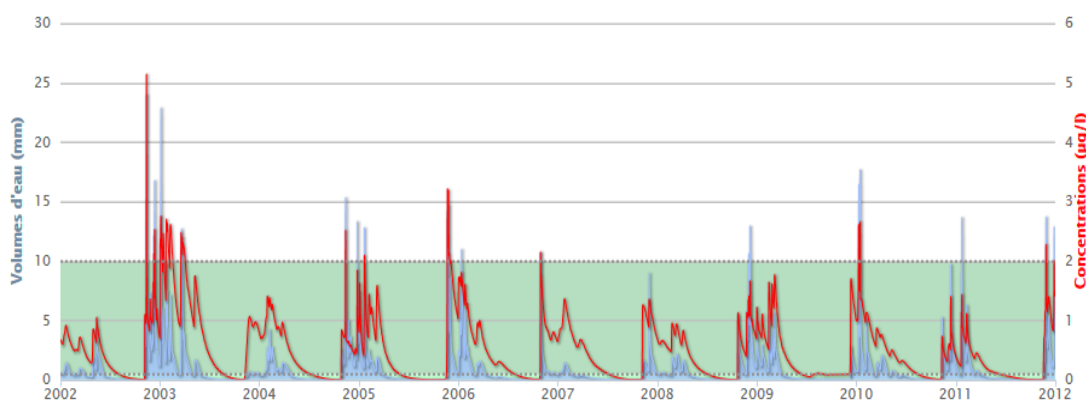


Figure 9. Exemple de série chronologique obtenue par modélisation (ici pour le drainage)
(en bleu : flux d'eau, en rouge : flux de molécule phytosanitaire)

Il est à noter que les voies de transfert impliquées dans la dissipation des pesticides peuvent varier selon les types de sols. Tandis que le ruissellement et l'érosion peuvent se produire pour tous les types de sols, les voies de transfert vers les eaux souterraines sont liées au type de sol modélisé.

Pour les eaux de surface, tous les flux d'eau, de matière et de produits phytosanitaires sortant de la parcelle sont regroupés dans un milieu réceptacle standard, situé à proximité immédiate de la parcelle. Les concentrations dans le milieu réceptacle sont obtenues en additionnant les flux issus des différentes voies de transfert contributives (dérive, ruissellement, érosion, drainage, écoulements hypodermiques) et en les divisant par le volume du milieu réceptacle, auquel ont été ajoutées les quantités d'eau apportées à ce milieu par les phénomènes de ruissellement et drainage (Figure 10).

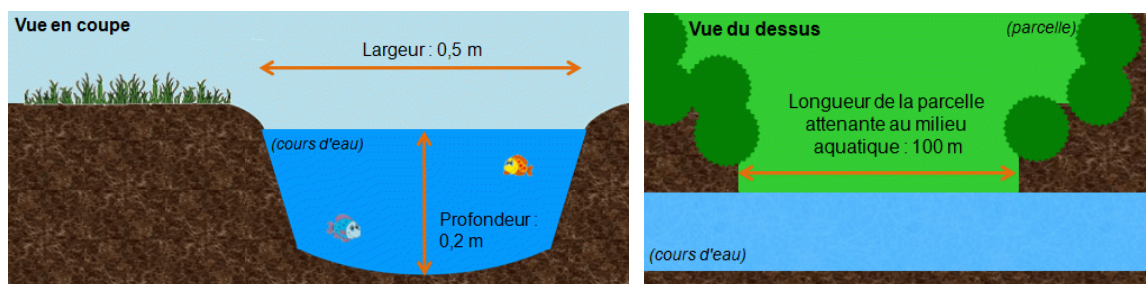


Figure 10. Configuration du milieu aquatique récepteur

Cette étude est configurée avec l'hypothèse d'une parcelle-type d'1 ha bordée par un fossé de 10 000 litres (20 cm de profondeur et 50 cm de largeur, sur 100 mètres de long). Une bande enherbée de 5 mètres a été positionnée entre la parcelle et le fossé conformément à la législation.

Le détail des transferts d'eau et de produits phytosanitaires est obtenu pour chacune des voies de transfert mentionnées ci-dessus et à un pas de temps journalier. Les informations obtenues permettent ainsi de connaître l'importance des transferts (en quantités, en concentrations) ainsi que leur positionnement dans le temps (dans l'année, variations interannuelles), sur une période de 10 ans. Les informations générées sont particulièrement riches et informatives mais leur volumétrie rend leur consultation et leur utilisation peu aisée. Les résultats de simulation sont donc traités pour aboutir à des indicateurs opérationnels, simples à comprendre et à utiliser (cf. paragraphe suivant).

4. INDICATEURS DU POTENTIEL DE TRANSFERT

4.1. Etablissement des chroniques journalières de concentrations

Le calcul des indicateurs se base sur les séries chronologiques journalières prédites par les modèles. Les concentrations pour les différentes voies de transfert sont obtenues comme suit :

Dérive de pulvérisation

Les concentrations dans le milieu aquatique les jours d'application sont obtenues en divisant les quantités déposées sur la surface du milieu réceptacle par le volume de ce milieu réceptacle.

Apports par érosion

Les concentrations dans le milieu réceptacle sont obtenues en divisant les quantités de produits phytosanitaires associées aux particules érodées du sol prédites par PRZM par le volume du milieu réceptacle.

Ruissellement

Les concentrations journalières considérées sont celles prédites par PRZM, c'est-à-dire le ratio entre les quantités de produits phytosanitaires dissous perdues par ruissellement et les volumes journaliers d'eau ruisselée.

Drainage

Les concentrations journalières considérées sont les concentrations dans le drainage, telles que prédites par MACRO.

Écoulements hypodermiques

Les concentrations journalières retenues sont les concentrations prédites par MACRO pour cette voie de transfert.

Percolation

Les concentrations considérées sont les concentrations à une profondeur standardisée de 2 mètres de profondeur, telles que simulées par MACRO. Dans le cas où les sols n'ont pas une profondeur de 2 mètres, une roche mère sous-jacente est simulée.

Concentrations résidentes

Pour les sols qui sont sujets à la présence de la nappe dans le profil, les concentrations considérées sont les concentrations dans la dernière couche numérique.

4.2. Les indicateurs PITSA

Le risque de transferts de produits phytosanitaires depuis les terres agricoles vers les ressources en eau est évalué à l'aide des indicateurs **PITSA** (acronyme anglais pour "Indicateur phytosanitaire pour une agriculture durable"). L'indicateur PITSA exprime le risque de pollution des eaux superficielles ou souterraines par les produits phytosanitaires.

L'indicateur PITSA représente la **fréquence de dépassement d'une concentration-seuil dans les eaux quittant les parcelles ou les milieux agricoles**. Les concentrations-seuils utilisées peuvent être des normes réglementaires liées à la production d'eau potable ou potabilisable, ou bien des données écotoxicologiques (valeurs d'effet, spécifiques de chaque molécule). Dans le cadre de cette étude, les concentrations-seuils utilisées sont les normes eau potable (0,1 µg/l pour une substance active) et eau brute (2 µg/l).

Exemple : si la concentration d'une molécule dans les eaux de drainage dépasse le seuil "eau potable" (0,1 µg/l) pendant 730 jours au total sur la période de simulation de 10 ans, la valeur de l'indicateur PITSA "Drainage – seuil eau potable" sera égale à 20% (730 jours sur 365 jours x 10 ans).

Les indicateurs PITSA, du fait qu'ils représentent des fréquences, présentent l'intérêt majeur de pouvoir être agrégés de différentes manières. Il est ainsi possible de comparer les risques de transfert pour les différentes molécules, les différentes périodes d'application, les différents types de sols, les différentes cultures, et pour les différents bassins versants.

Les indicateurs PITSA sont calculés dans un premier temps pour chacune des pratiques phytosanitaires simulées :

- pour chacune des voies de transfert (dérive de pulvérisation, drainage, écoulement hypodermique, ruissellement, érosion, percolation, concentration résidente),
- pour les voies de transfert horizontales,
- pour les voies de transfert verticales.

Une vue d'ensemble de la méthodologie déployée est présentée sous forme graphique dans la Figure 11 ci-après.

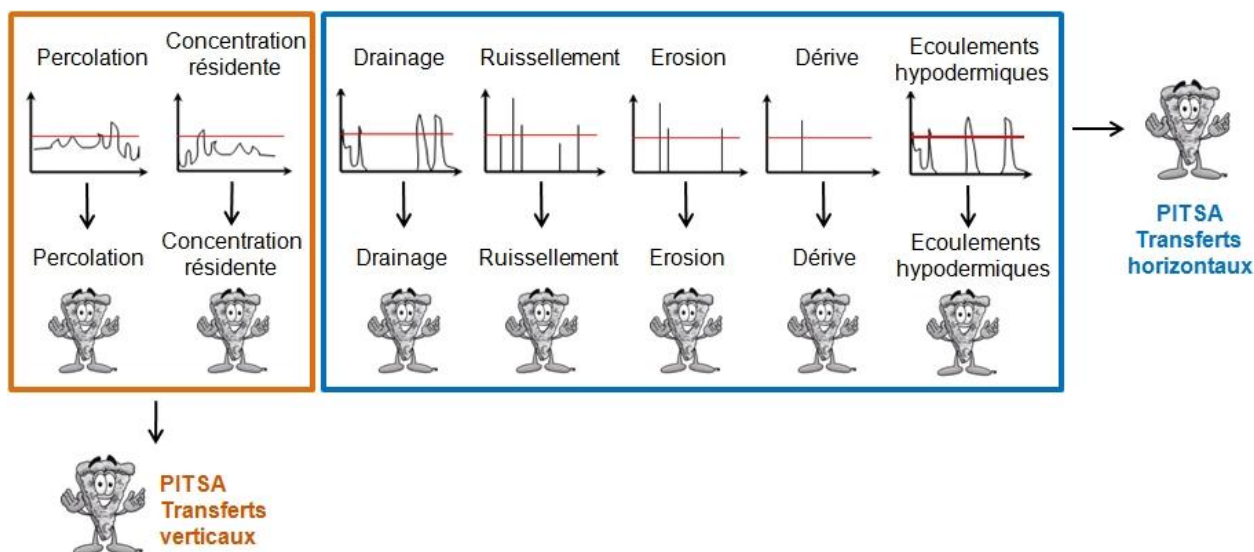


Figure 11. Principe de calcul des indicateurs PITSA pour chacune des voies de transfert et pour toutes les voies de transfert horizontales et verticales.

Pour chacune des applications phytosanitaires (combinaisons uniques de climat, de sol, de matière active, de dose et de date d'application) et pour chacune des séries chronologiques correspondant aux différentes voies de transfert (dérive de pulvérisation, drainage, ruissellement, érosion, percolation, concentration résidente) :

1. On dénombre le nombre de jours de la période où les concentrations dépassent les seuils de 0,1 µg/l ou de 2 µg/l (selon que l'on s'intéresse aux limites eau potable ou eau brute) ;
2. On calcule le ratio du nombre de jours de dépassement et du nombre de jours de la période considérée (3653 jours, correspondant à une période de 10 ans) et on l'exprime en pourcentage.

On obtient ainsi un PITSA par voie de transfert considérée, pour chacune des applications.

Les "PITSA Transferts horizontaux" s'obtiennent de la façon suivante :

1. Le PITSA Transferts Horizontaux correspond à la fréquence de dépassement de la concentration quotidienne dans le milieu aquatique suite aux apports des différentes voies de transfert (dérive de pulvérisation, érosion, ruissellement, drainage et écoulements hypodermiques). Le calcul reconstitue une concentration dans un milieu aquatique récepteur par addition des quantités apportées par les différentes voies de transferts concernées sur le volume total d'eau dans le milieu récepteur (volume initial + volumes d'eau de drainage et de ruissellement) ;
2. On dénombre le nombre de jours de la période où les concentrations dépassent les seuils de 0,1 µg/l ou de 2 µg/l (selon que l'on s'intéresse aux limites eau potable ou eau brute) ;
3. On calcule le ratio du nombre de jours de dépassement et du nombre de jours de la période considérée (3653 jours, correspondant à une période de 10 ans) et on l'exprime en pourcentage.

Les "PITSA Transferts verticaux" s'obtiennent de la façon suivante :

1. Pour la percolation, des concentrations annuelles sont calculées en divisant la somme des flux annuels des molécules (substances + métabolites de dégradation) par le flux annuel d'eau. Pour les sols avec une concentration résidente, la concentration résidente annuelle moyenne à 2 mètres de profondeur est calculée ;
2. On dénombre ensuite le nombre d'années où les concentrations annuelles dans les eaux de percolation OU les concentrations résidentes dépassent 0,1 µg/L ou 2 µg/L (selon que l'on s'intéresse aux limites eau potable ou eau brute) ;
3. On calcule PITSA Transferts Verticaux comme le ratio du nombre d'années de dépassement et du nombre d'années de la période considérée (10 ans) et on l'exprime en pourcentage.

L'utilisation de concentrations annuelles plutôt que journalières pour les transferts verticaux se justifie par le fait que i) les transferts vers les masses d'eaux souterraines sont amortis d'un point de vue temporel, et, ii) de faibles volumes de percolations journalières peuvent être accompagnés de concentrations en produits phytosanitaires élevées, alors même que les quantités transférées sont limitées.

5. RÉSULTATS DE L'ÉVALUATION DES RISQUES DE TRANSFERT DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES VERS LES RESSOURCES EN EAU

5.1. Préambule

A des fins de simplification et de lisibilité du présent rapport, les résultats présentés dans les sections suivantes s'appuient principalement sur le risque de voir les concentrations en sortie de parcelles agricoles dépasser la norme de 0,1 microgramme/litre (norme "eau potable"). Les résultats concernant les risques de dépassement de la norme "eaux brutes" (2 microgrammes/litre) sont présentés en Annexe 1 de ce rapport.

Il est à noter que les risques présentés sont des risques *potentiels* en ce sens que :

- (i) les risques sont évalués en sortie de parcelles agricoles et n'intègrent pas le devenir des résidus de produits phytosanitaires dans le réseau de surface ou dans le système hydrogéologique. Toutefois, les études réalisées dans le passé sur différents bassins versants permettent de dire que ces indicateurs en sortie de parcelles sont généralement un très bon reflet du risque de détection de la présence de pesticides au captage.
- (ii) les parts de marché des différents produits utilisés sur les différentes cultures du territoire ne sont pas intégrés dans les calculs. Cette information relève du secret commercial des fabricants de produits phytosanitaires et des distributeurs et est difficilement accessible.

Les pages suivantes présentent plusieurs graphiques de synthèse permettant de comparer des cultures, des produits ou des conditions d'application à un niveau "macro". Ces données de synthèse ont été obtenues en pondérant les résultats unitaires (c'est-à-dire pour chaque climat et chaque type de sol) par la proportion des combinaisons climats x sols sur le territoire. A titre d'exemple, si deux sols sont présents dans une zone donnée dans des proportions respectives de 90% et 10% du territoire, le risque global pour la zone est obtenu en multipliant le risque pour le premier sol par 90%, le risque pour le second sol par 10% et en ajoutant ces deux valeurs.

Pour les graphiques représentant un classement des valeurs PITSA, le code couleur utilisé permet de visualiser la sévérité des risques de transfert vers les eaux, selon le principe de "plus la couleur est foncée, plus le risque est élevé" (Figure 12). Les valeurs de PITSA pour les transferts verticaux varient typiquement de 0 à 100% tandis que les valeurs pour les transferts horizontaux s'étendent généralement entre 0 et environ 50 à 60% pour les conditions les plus défavorables. Cette différence de variation dans les valeurs s'explique par la construction même des indicateurs : dans le cas des transferts horizontaux, aucune voie de transfert ne permet de transférer des résidus de pesticides 100% de l'année.

Au-delà du code couleur, chaque classe de variation des indicateurs PITSA reçoit une qualification du risque (Figure 12) : risque nul, existant, significatif, important, sévère et très sévère. Ces appellations et les classes de valeurs PITSA qui s'y rattachent sont basées sur des comparaisons antérieures entre les valeurs de PITSA et la présence de résidus dans les eaux. Ainsi, des molécules présentant un risque sévère à très sévère

font l'objet d'une présence quasi-systématique dans les réseaux de surveillance de la qualité de l'eau.

Il est important de noter que les résultats sont présentés pour des transferts 'verticaux' qui sont censés représenter un risque d'infiltration vers les eaux souterraines et 'horizontaux' qui sont censés représenter un risque de présence dans les captages en eau de surface. Cette distinction ne doit pas être considérée *sensu stricto* car il peut exister des relations étroites entre eaux superficielles et eaux souterraines sur les territoires : pertes de rivières ou de fossés vers les systèmes hydrogéologiques, alimentation du débit des cours d'eau par des échanges nappes-rivières, etc.

Le document présente dans un premier temps les résultats de manière synthétique pour toutes les cultures, avant de présenter des analyses détaillées culture par culture.

Qualification du risque	PITSA Transferts verticaux	PITSA Transferts horizontaux
Risque nul	= 0%	= 0 %
Risque existant	> 0% à 20%	> 0% à 10%
Risque significatif	> 20% à 40%	> 10% à 20%
Risque important	> 40% à 60%	> 20% à 30%
Risque sévère	> 60% à 80%	> 30% à 40%
Risque très sévère	> 80%	> 40%

Figure 12 : Légende des graphiques de risques de transfert (classement des PITSA)

IMPORTANT : Les résultats présentés ici sont spécifiques du territoire étudié et ne doivent donc pas être extrapolés à d'autres territoires, même voisins. Les phénomènes de transfert de produits dans les sols sont des phénomènes complexes qui sont fonction des caractéristiques pédologiques et climatiques locales. Cette complexité ne permet pas de tirer des enseignements généraux sans prendre en compte toute la diversité pédoclimatique rencontrée.

L'intégralité des graphiques de résultats générés lors de ces travaux sont présentés en Annexe 3 de ce document.

5.2. Résultats de synthèse

5.2.1. Résultats globaux pour toutes les cultures

Il s'agit ici de fournir une vision globale des résultats d'évaluation des risques pour toutes les cultures. Les résultats sont présentés pour les 2 grands types de transferts (verticaux et horizontaux) et pour les 2 phases des travaux : phase 1 (évaluation des risques de transferts associés à l'agriculture sur le territoire) et phase 2 (évaluation de l'efficacité de solutions alternatives pour limiter ces transferts).

c) Risques de transferts verticaux

Pratiques phytosanitaires évaluées en Phase 1 :

La Figure 13 présente la répartition des valeurs de l'indicateur "PITSA Vertical" (indicateur des risques de transfert vertical) pour les applications évaluées en phase 1 des travaux et pour le seuil "eau potable" de 0,1 µg/l.

Le graphique permet de conclure que sur le territoire du PAT, toutes les cultures considérées sont potentiellement impactantes sur la qualité de l'eau, y compris les prairies. Il est donc important de bien intégrer la dimension impact environnemental dans le raisonnement des applications.

Parmi les 13 cultures étudiées, on constate que la culture de maïs grain (tardif, demi-tardif ou très tardif) est la culture qui reçoit potentiellement le plus d'applications phytosanitaires : 39 applications phytosanitaires ont été recensées par le groupe technique agricole qui a participé à ces travaux (toutes les applications ne sont évidemment pas réalisées tous les ans sur toutes les parcelles cultivées en maïs grain). En comparaison, 8 applications possibles ont été recensées pour la culture du maïs doux, 23 pour le blé tendre d'hiver, 12 pour le colza et 6 pour le tournesol.

Les résultats obtenus pour les 3 types de maïs grain (tardif, demi-tardif et très tardif) sont très similaires. Ils ont été regroupés en un seul type de maïs grain pour la suite des travaux.

A titre d'exemple, pour la culture de maïs grain, l'analyse des risques de transfert vertical montre que (Figure 13), sur les 39 applications considérées :

- 4 applications ne présentent aucun risque vis-à-vis du seuil "eau potable" : c'est-à-dire que ces 4 applications n'engendrent aucune pollution de l'eau supérieure à 0,1 µg/l en sortie de parcelle ;
- à l'opposé, 15 applications présentent un risque PITSA supérieur à 80 % : c'est-à-dire que pour ces 15 applications, 80 % du temps, les concentrations des molécules phytosanitaires dans l'eau qui quitte les parcelles dépassent le seuil de 0,1 µg/l.

Si l'on relève le seuil de dépassement à 2 µg/l (Figure 14), le graphique présente globalement des couleurs plus claires, signifiant que les valeurs de risque calculées sont plus basses. L'intérêt principal de ce graphique est d'identifier les applications qui sont particulièrement problématiques, c'est-à-dire celles qui présentent toujours valeurs d'indicateur de risque élevées, même avec un seuil de dépassement plus haut.

Valeurs de PITSA Verti 0,1 µg/l (%)

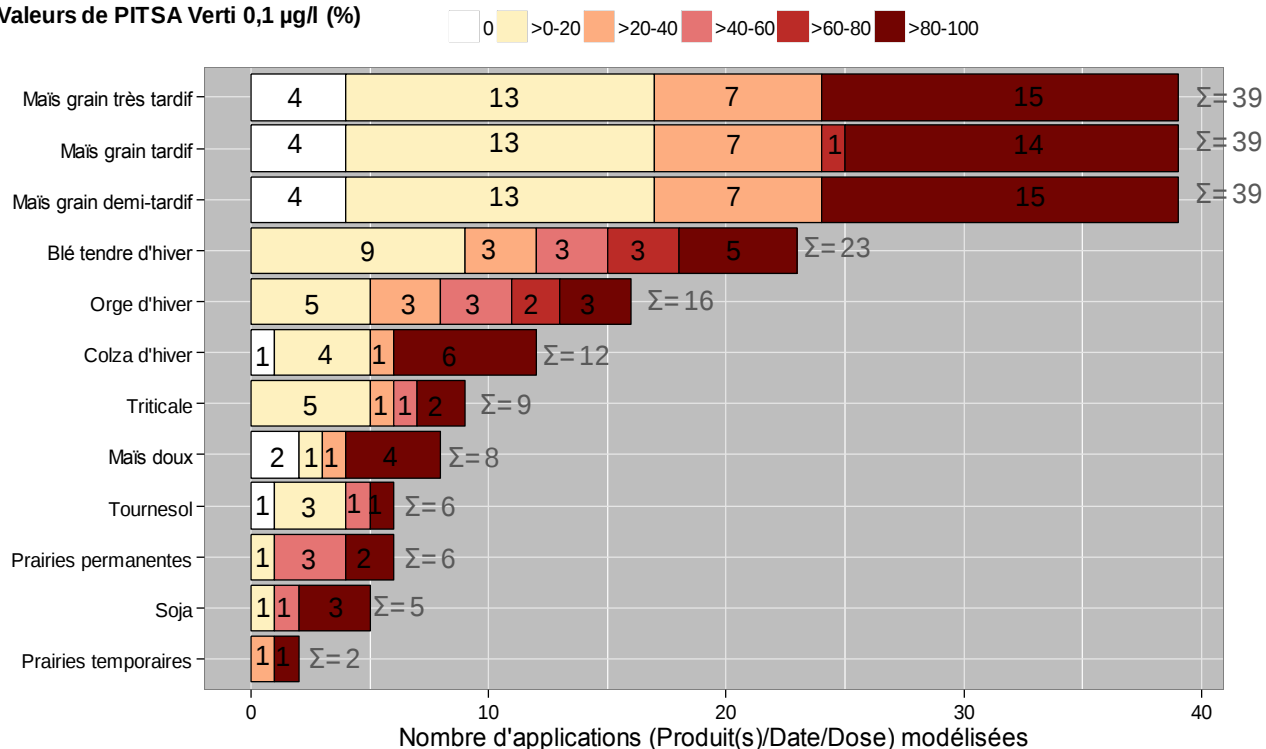


Figure 13. Transferts verticaux : répartition des valeurs de PITSA des applications modélisées, par culture et pour le seuil "eau potable" (0,1 µg/l) lors de la phase 1 des travaux

Valeurs de PITSA Verti 2 µg/l (%)

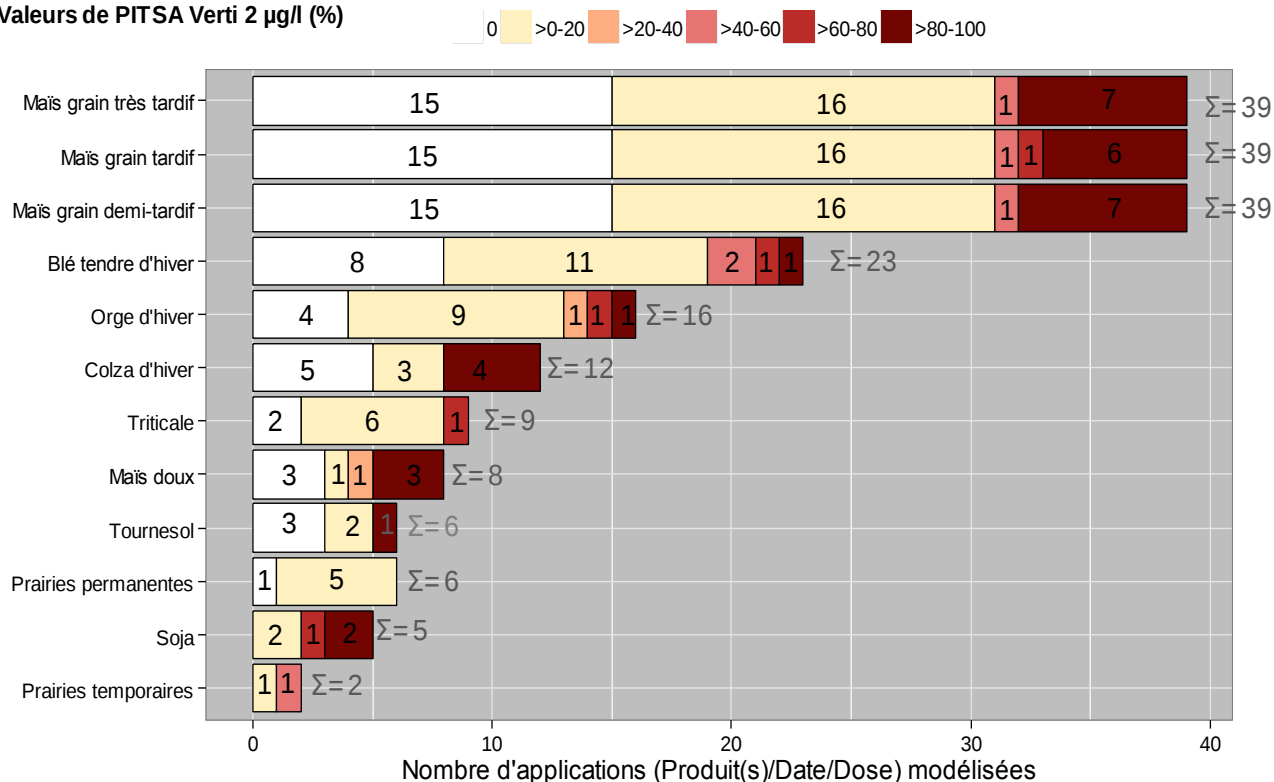


Figure 14. Transferts verticaux : répartition des valeurs de PITSA des applications modélisées, par culture et pour le seuil "eau brute" (2µg/l) lors de la phase 1 des travaux

Pratiques phytosanitaires évaluées en Phase 2 :

Lors de la phase 2 des travaux, des applications complémentaires ont été testées dans le but de trouver des solutions alternatives pour réduire les risques de transfert. Les figures suivantes (Figure 15 et Figure 16) présentent la répartition des valeurs de l'indicateur "PITSA Vertical" (indicateur des risques de transfert vertical) après ajout des nouvelles applications collectées en phase 2 des travaux.

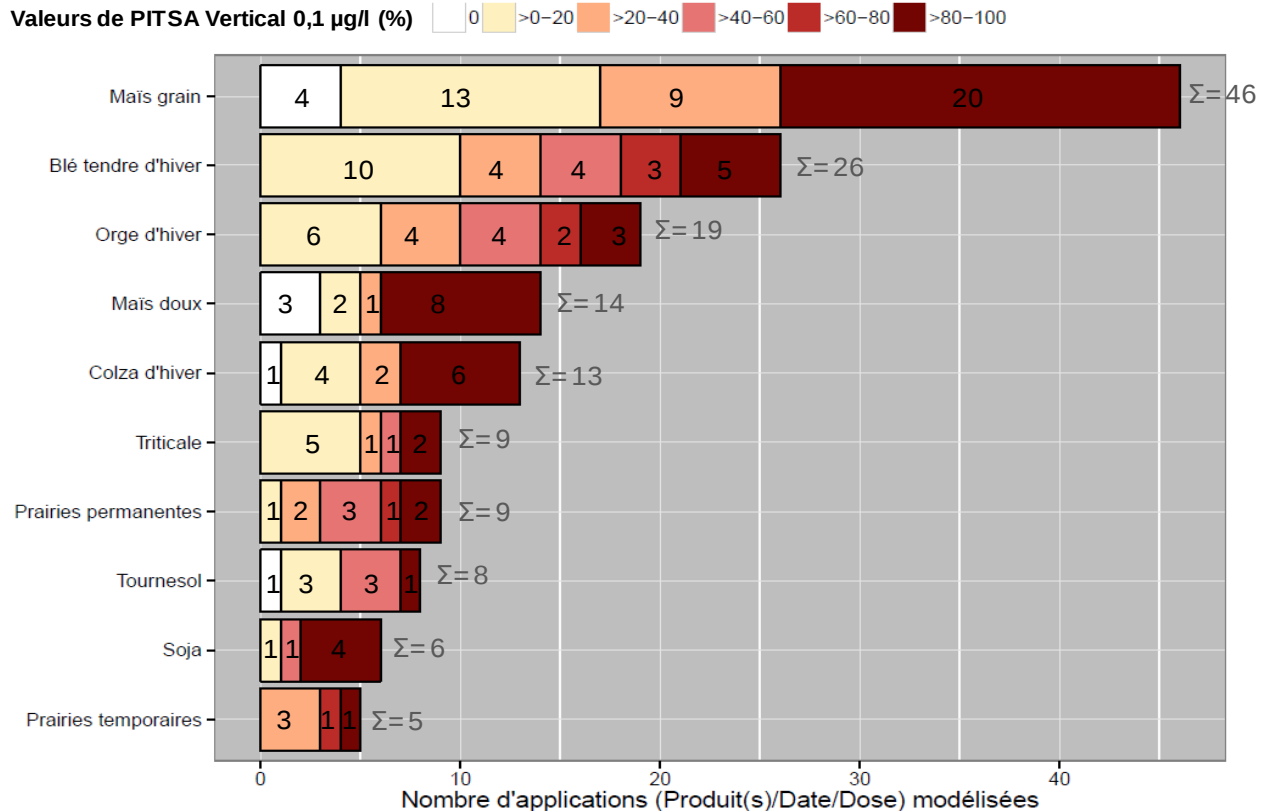


Figure 15. Transferts verticaux : répartition des valeurs de PITSA des applications modélisées, par culture et pour le seuil "eau potable" (0,1 µg/l) lors des phases 1 et 2 des travaux

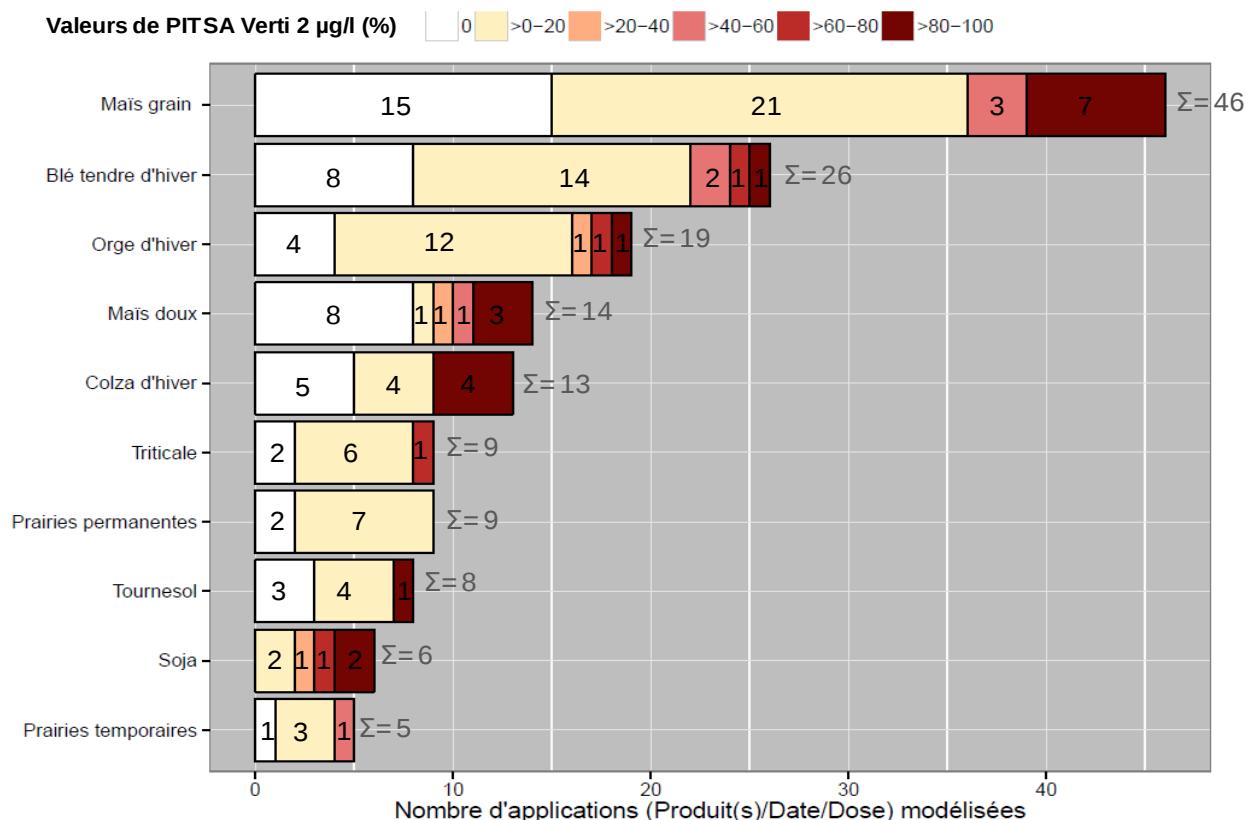


Figure 16. Transferts verticaux : répartition des valeurs de PITSA des applications modélisées, par culture et pour le seuil "eau brute" (2µg/l) lors des phases 1 et 2 des travaux

d) Risques de transferts horizontaux

Pratiques phytosanitaires évaluées en Phase 1 :

La Figure 17 présente la répartition des valeurs de l'indicateur "PITSA Horizontal" (indicateur des risques de transfert horizontal) pour les applications évaluées en phase 1 des travaux et pour le seuil "eau potable" de 0,1 µg/l.

On observe que toutes les cultures n'ont pas le même impact. Certaines cultures, comme les prairies, le soja, le tournesol ou le triticale, contribuent moins aux transferts horizontaux de produits que d'autres (maïs grain et maïs doux, blé tendre, orge et colza d'hiver).

Sur les 13 cultures étudiées, aucune des applications testées ne présente un risque nul de transfert horizontal vis-à-vis du seuil "eau potable" 0,1 µg/l (Figure 17) ; c'est-à-dire que toutes les applications engendrent au moins une fois des fuites de produits phytosanitaires en sortie de parcelle, à une concentration supérieure à 0,1 µg/l.

Comme pour les transferts verticaux, les résultats obtenus pour les 3 types de maïs grain (tardif, demi-tardif et très tardif) sont très similaires.

En relevant le seuil de dépassement à 2 µg/l (Figure 18), les risques de transfert calculés sont diminués.

Valeurs de PITSA Horiz 0,1 µg/l (%)

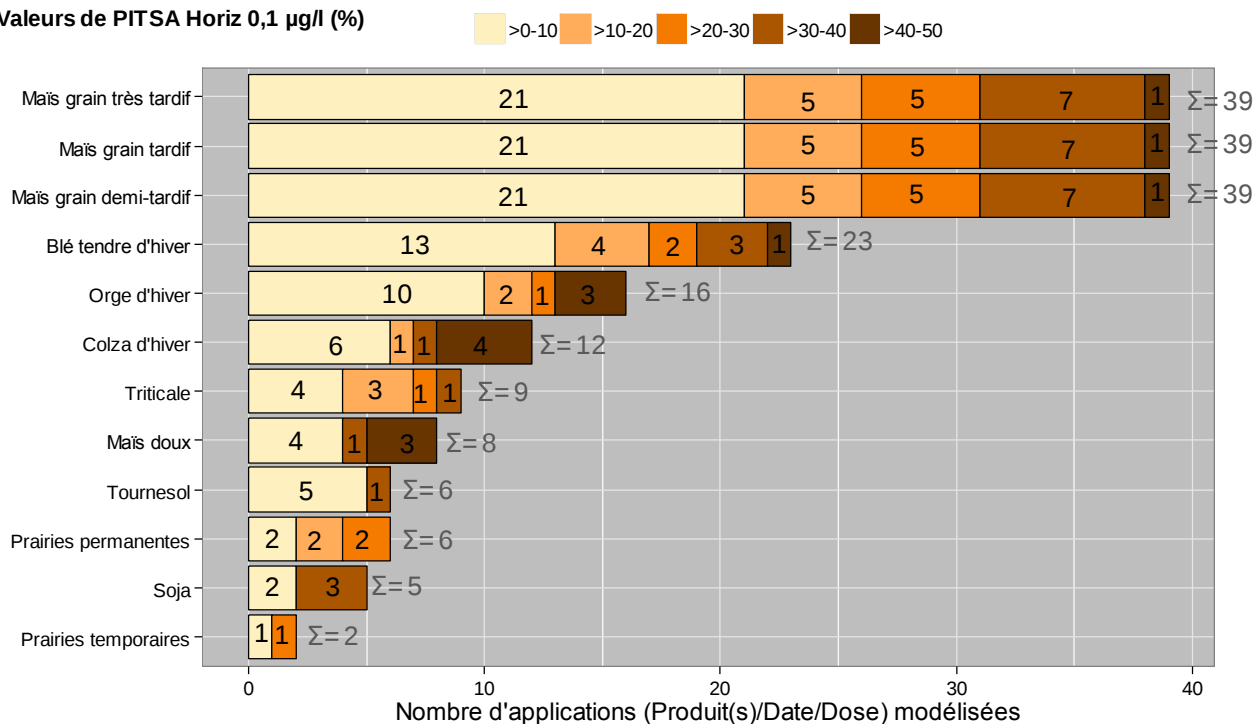


Figure 17. Transferts horizontaux : répartition des valeurs de PITSA des applications modélisées, par culture et pour le seuil "eau potable" (0,1 µg/l) lors de la phase 1 des travaux

Valeurs de PITSA Horiz 2 µg/l (%)

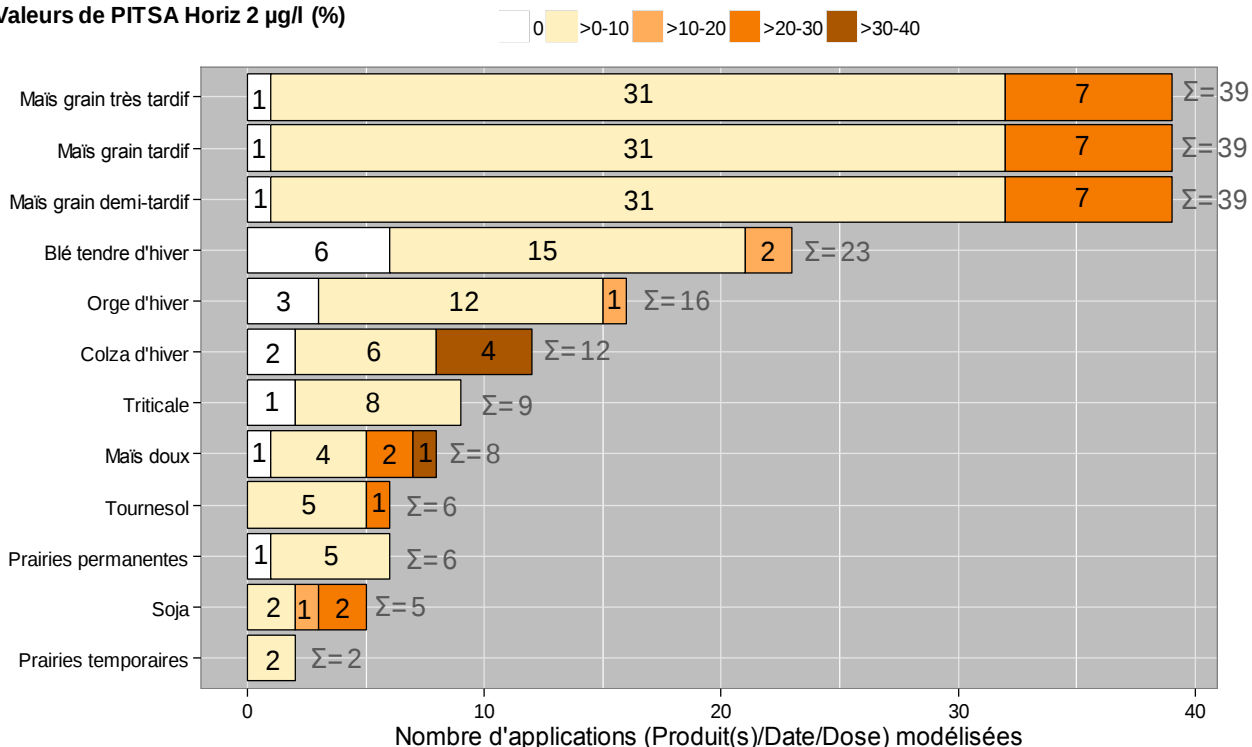


Figure 18. Transferts horizontaux : répartition des valeurs de PITSA des applications modélisées, par culture et pour le seuil "eau brute" (2µg/l) lors de la phase 1 des travaux

Pratiques phytosanitaires évaluées en Phase 2 :

Lors de la phase 2 des travaux, des applications complémentaires ont été testées dans le but de trouver des solutions alternatives pour réduire les risques de transfert. Les figures ci-après (Figure 19 et Figure 20) présentent la répartition des valeurs de l'indicateur "PITSA Vertical" (indicateur des risques de transfert vertical) après ajout des nouvelles applications collectées en phase 2 des travaux.

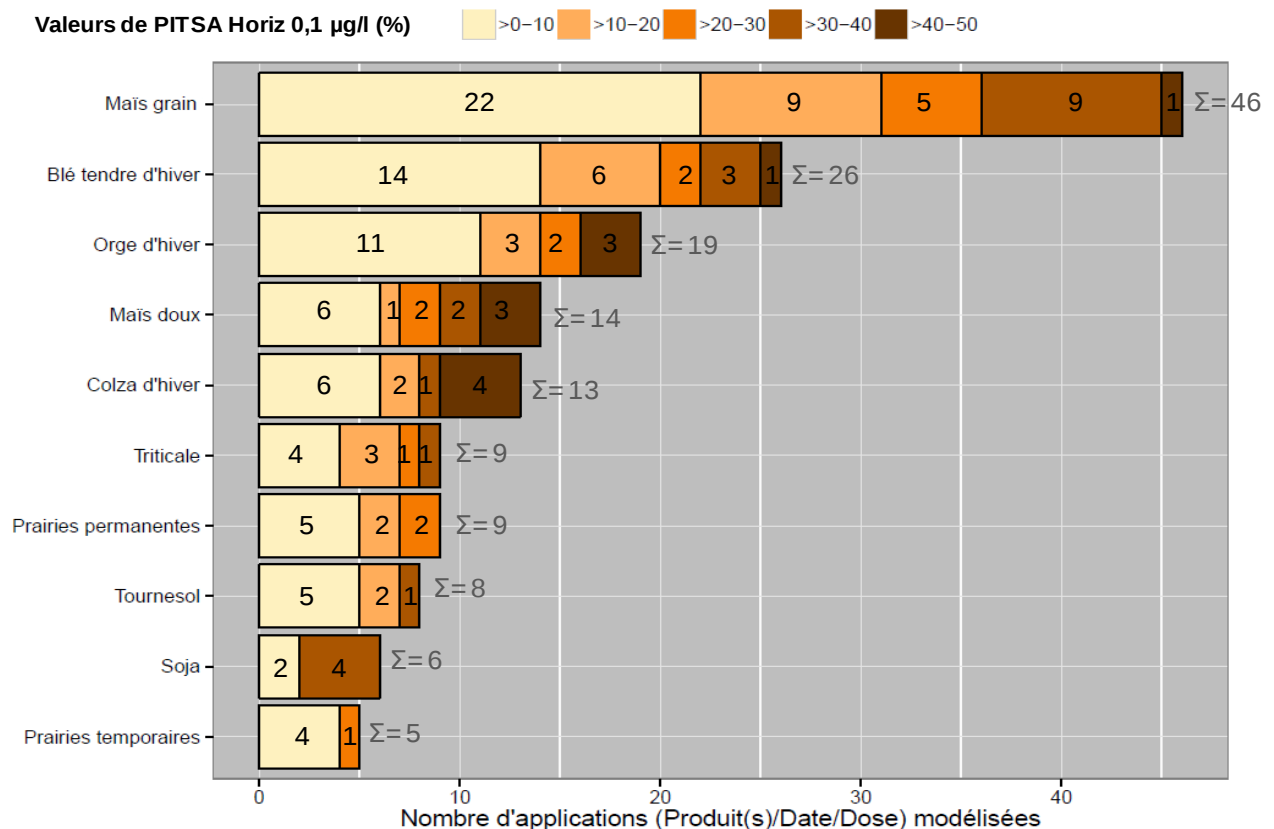


Figure 19. Transferts horizontaux : répartition des valeurs de PITSA des applications modélisées, par culture et pour le seuil "eau potable" (0,1 µg/l) lors des phases 1 et 2 des travaux

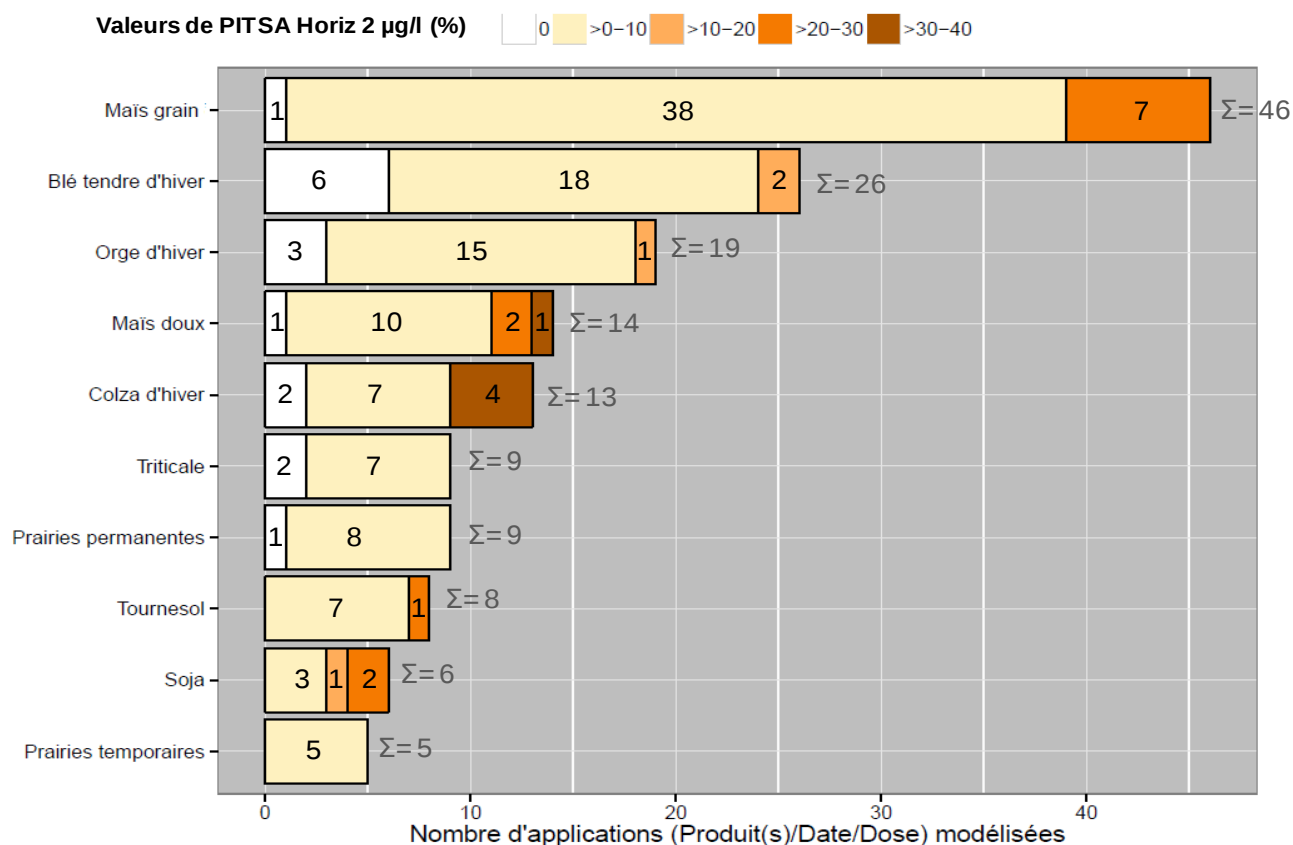


Figure 20. Transferts horizontaux : répartition des valeurs de PITSA des applications modélisées, par culture et pour le seuil "eau brute" (2µg/l) lors des phases 1 et 2 des travaux

5.2.2. Modalités des transferts sur le territoire

La modélisation entreprise permet d'établir les modalités de transfert de chacun des produits phytosanitaires, voie de transfert par voie de transfert. L'examen de ces résultats détaillés permet de tirer des enseignements sur la manière dont les matières actives et leurs métabolites de dégradation sont transférés vers les eaux. Ces modalités de transfert sont bien évidemment fonction des types de sols rencontrés sur le territoire.

La Figure 21 présente le classement des produits commerciaux pour les deux voies de transfert contribuant typiquement à la contamination des eaux souterraines, à travers les phénomènes de percolation et de présence d'une nappe dans le profil de sol. Ces deux graphiques montrent que la principale voie de transfert verticale sur le territoire est la percolation de l'eau (et des résidus de produits phytosanitaires associés) à travers les sols.

En ce qui concerne les voies de transfert relatives aux transferts horizontaux vers les eaux de surface, la Figure 22 montre que les principaux apports de produits phytosanitaires se font via les systèmes de drainage ou par des écoulements hypodermiques lorsqu'un système de drainage n'est pas en place. Les transferts par ruissellement et par érosion se font à des niveaux de contamination bien moindres, sauf pour des produits spécifiques, tels que le glyphosate qui est le produit le plus transféré par les phénomènes d'érosion.

Les produits les plus transférés par drainage et écoulements hypodermiques sont également ceux les plus transférés par percolation, le drainage artificiel ou naturel agissant comme un système de captage des eaux percolant à travers les sols. Ceci justifie de s'intéresser en priorité au risque associé aux transferts verticaux, qui reflète donc à la fois des transferts verticaux et horizontaux de manière indirecte.

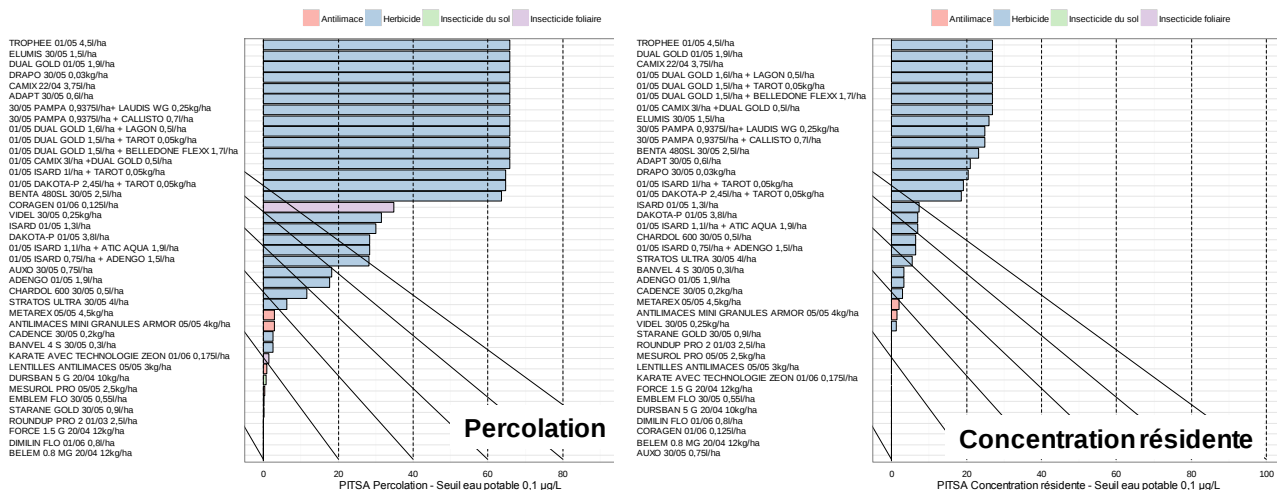


Figure 21. Classement des applications phytosanitaires modélisées pour les deux voies de transfert verticales (percolation et concentration résidente)

(Ici, risques représentés par l'indicateur PITSA seuil 0,1 µg/L, pour le maïs grain)

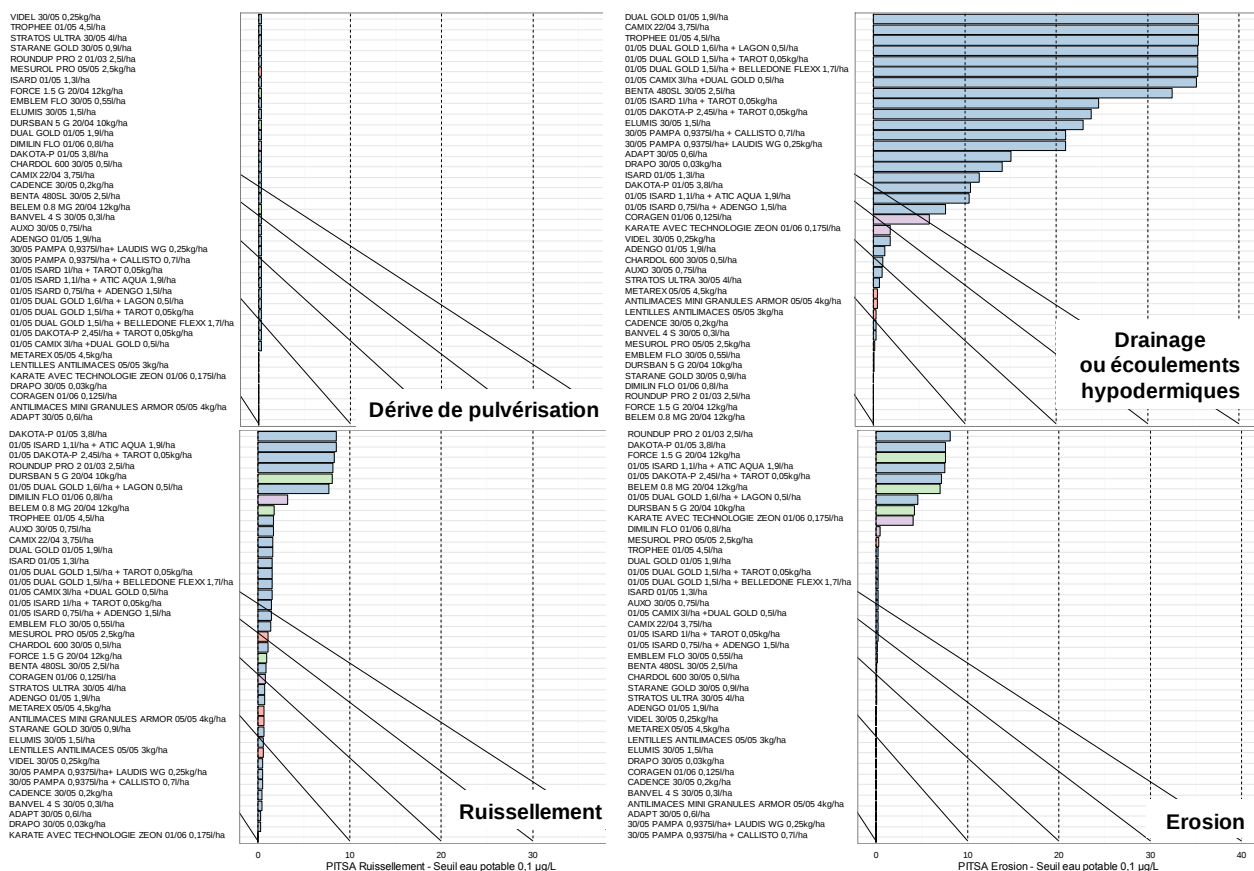


Figure 22. Classement des applications phytosanitaires modélisées pour les quatre voies de transfert horizontales (dérive de pulvérisation, drainage / écoulements hypodermiques, ruissellement, érosion)

(Ici, risques représentés par l'indicateur PITSA seuil 0,1 µg/L, pour le maïs grain)

5.3. Résultats détaillés par culture

Dans cette section, les résultats de modélisation des risques de transfert sont présentés pour chaque culture étudiée : maïs grain, maïs doux, tournesol, colza, soja, blé tendre d'hiver, triticale, orge d'hiver, prairies permanentes et temporaires.

Pour la culture de maïs grain, la totalité des graphiques de résultats (classement des applications, Matrices Conseil Tetris, classement des molécules) est présentée dans ce rapport pour les risques de transfert horizontaux et verticaux, et pour les seuils "eau potable" 0,1 µg/l et "eau brute" 2 µg/l.

Pour les autres cultures, seuls les graphiques de résultats pour les risques verticaux et le seuil 0,1 µg/l sont présentés dans le corps de ce rapport.

L'intégralité des graphiques de résultats est disponible en Annexe 3 de ce rapport.

5.3.1. Maïs grain

Les différents types de cultures de maïs grain (demi-tardif, tardif, très tardif) ont un impact similaire (voir section 5.2). Les résultats présentés ici sont ceux de la culture "maïs grain demi-tardif".

a) Classement des applications

Transferts verticaux :

La Figure 23 représente les valeurs de l'indicateur PITSA (transferts verticaux, seuil 0,1 µg/l) pour chaque application évaluée sur maïs grain, classées dans l'ordre décroissant.

Sur les 46 applications modélisées, 20 ont un indicateur de risque PITSA Vertical supérieur à 80% (Figure 23) : pour ces 20 applications, plus de 80 % du temps, les concentrations des molécules phytosanitaires dans l'eau qui quitte les parcelles par les voies de transfert verticales dépassent le seuil de 0,1 µg/l. Ces 20 applications correspondent à des traitements herbicides. Parmi les applications présentant les risques de transfert les plus importants, l'application de TROPHEE est interdite en France (produit contenant de l'acetochlore).

Parmi les applications les plus transférantes, 5 ont été proposées lors de la phase 2 des travaux, en complément des applications étudiées en phase 1 (marquées par un signe ► dans la Figure 23).

Les 16 autres applications testées ont un indicateur PITSA Vertical inférieur à 40%. Parmi elles, 2 proviennent des travaux de la phase 2 et représentent donc des solutions alternatives intéressantes pour réduire les risques de transfert.

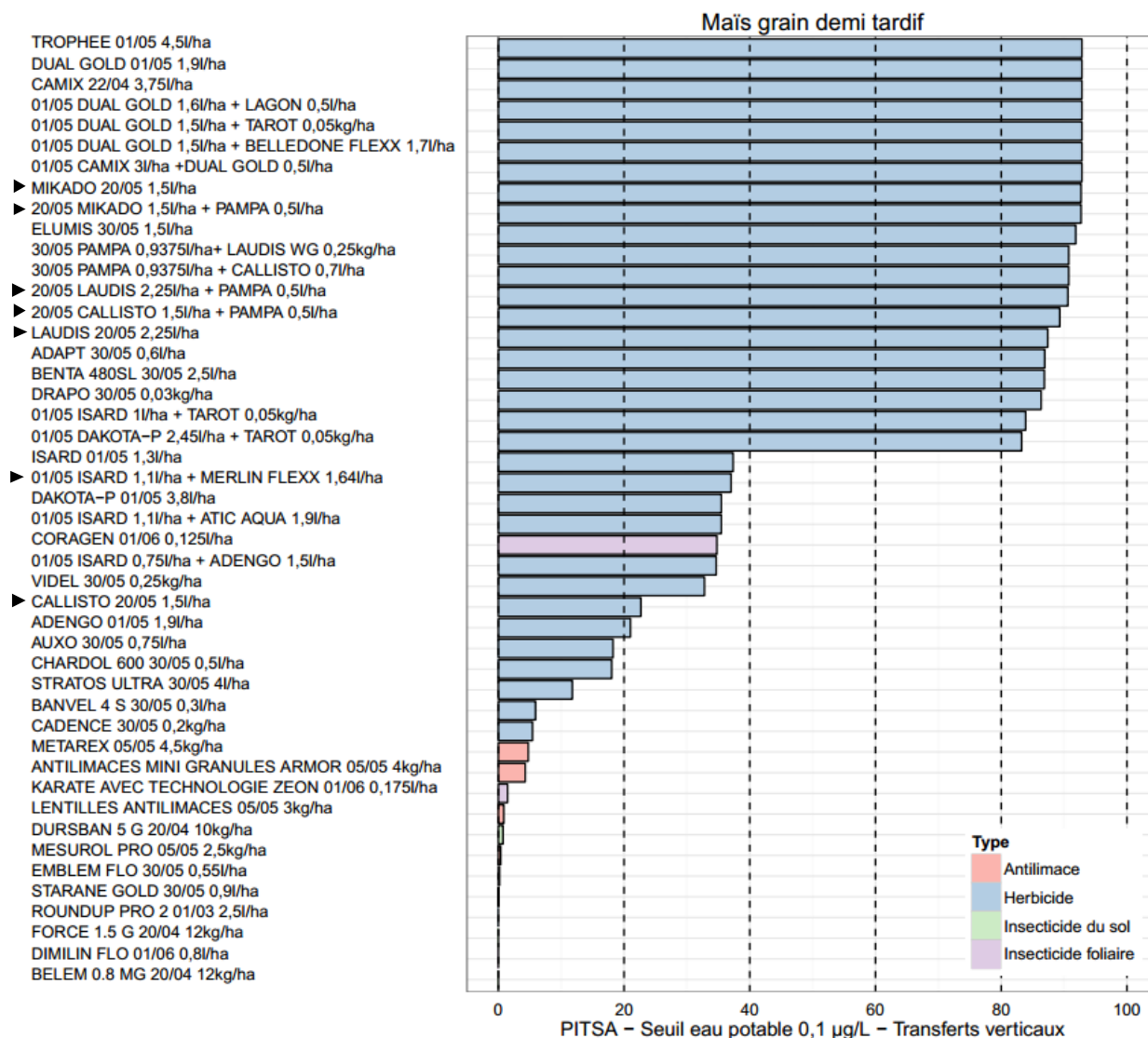


Figure 23. Classement des applications phytosanitaires modélisées sur le maïs grain selon le risque de transfert vertical, seuil 0,1 µg/l

*Risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Vertical, seuil 0,1 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2 (marquées par le signe ►)
Les produits ADAPT et DRAPO ont la même composition (nicosulfuron 750 g/kg)*

En relevant le seuil de dépassement à 2 µg/l pour le calcul de l'indicateur PITSA Vertical, 7 applications présentent un risque de transfert supérieur à 80 % et 3 au-delà de 40 % (Figure 24). Ces applications conduisent donc à des dépassements à la fois importants et fréquents, via les voies de transfert verticales.

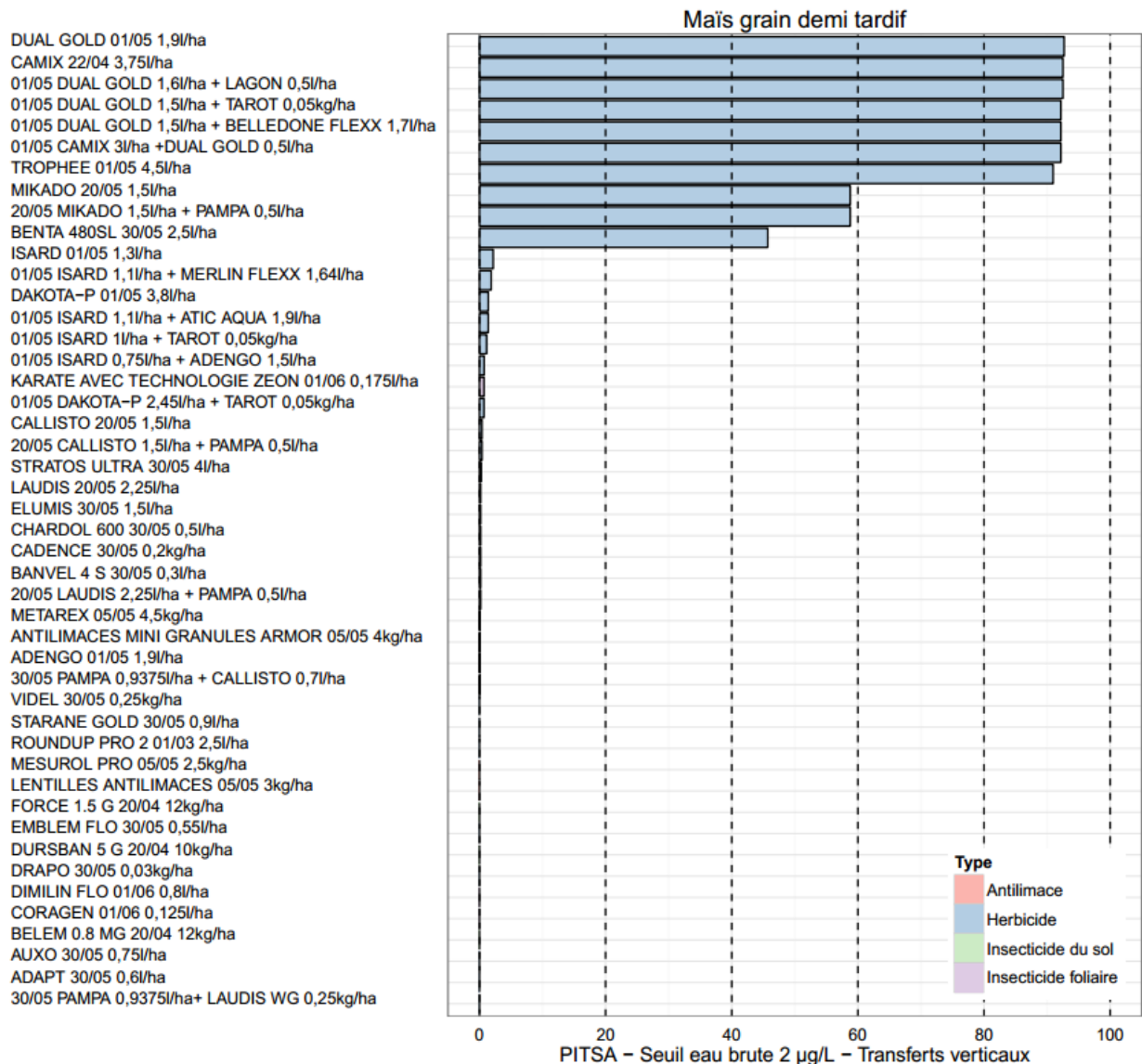


Figure 24. Classement des applications phytosanitaires modélisées sur le maïs grain selon le risque de transfert vertical, seuil 2 µg/l

Risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Vertical, seuil 2 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2

Les produits ADAPT et DRAPO ont la même composition (nicosulfuron 750 g/kg)

Transferts horizontaux :

La Figure 25 représente les valeurs de l'indicateur PITSA (transferts horizontaux, seuil 0,1 µg/l) pour chaque application évaluée sur maïs grain, classées dans l'ordre décroissant.

Sur les 46 applications modélisées, 10 ont un indicateur de risque PITSA Horizontal supérieur à 30% et 5 applications ont un indicateur compris entre 20 et 30 % (Figure 25) : pour ces 15 applications, plus de 20 % du temps, les concentrations des molécules phytosanitaires dans l'eau qui quitte les parcelles par les voies de transfert horizontales dépassent le seuil de 0,1 µg/l. Ces 15 applications correspondent à des traitements herbicides.

Parmi elles, 2 ont été proposées lors de la phase 2 des travaux, comme solutions alternatives pour réduire les risques de transfert (marquées par un signe ► dans la Figure 25). Ces solutions alternatives ne sont donc pas efficaces d'un point de vue environnemental.

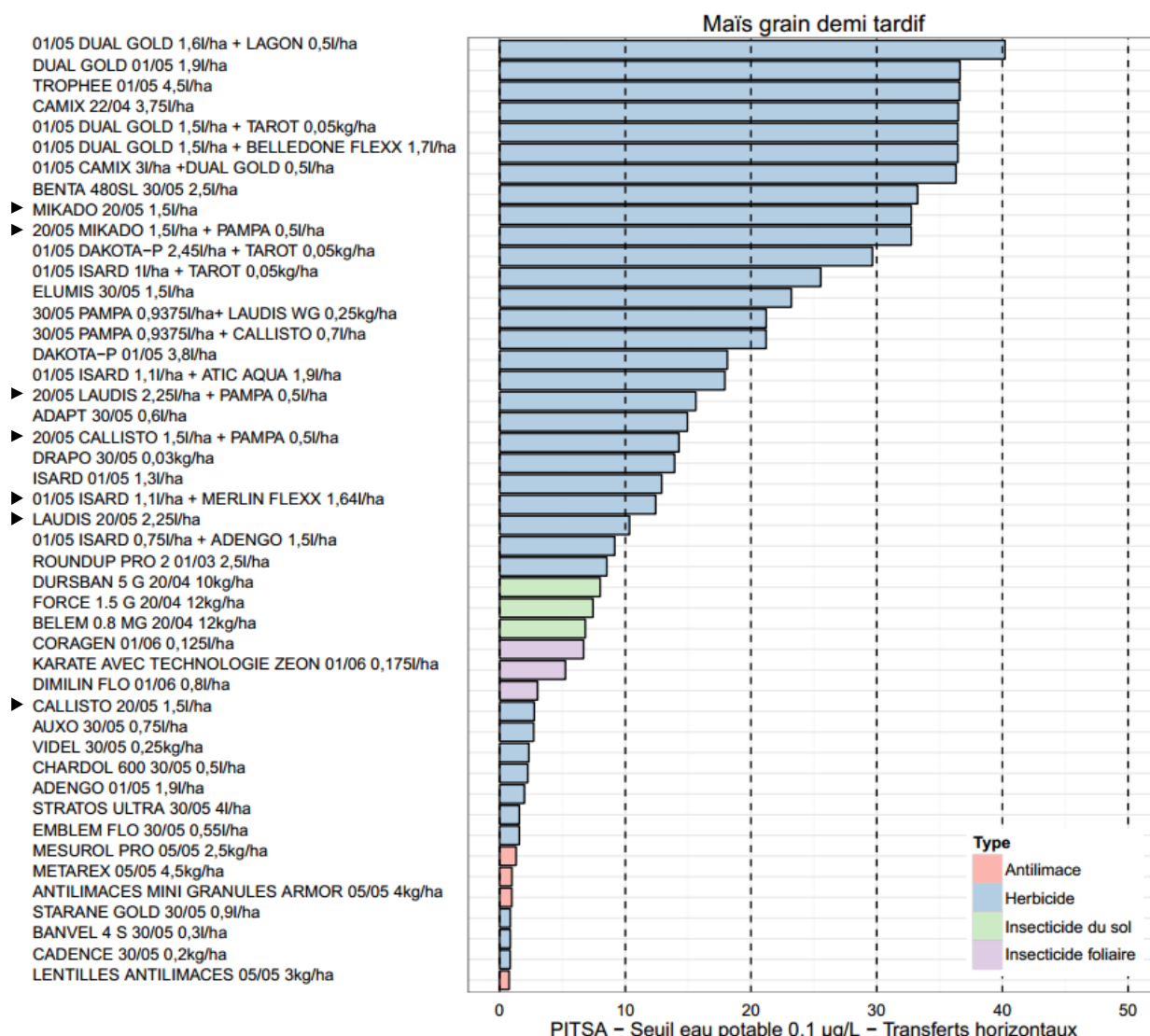


Figure 25. Classement des applications phytosanitaires modélisées sur le maïs grain selon le risque de transfert horizontal, seuil 0,1 µg/l

Risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Horizontal, seuil 0,1 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2 (marquées par le signe ►)

Les produits ADAPT et DRAPO ont la même composition (nicosulfuron 750 g/kg)

En relevant le seuil de dépassement à 2 µg/l pour le calcul de l'indicateur PITSA Horizontal, 7 applications présentent un risque de transfert supérieur à 20 % (Figure 31). Ces applications conduisent donc à des dépassements à la fois importants et fréquents via les voies de transfert horizontales. Le reste des applications présente un risque inférieur à 10 %.

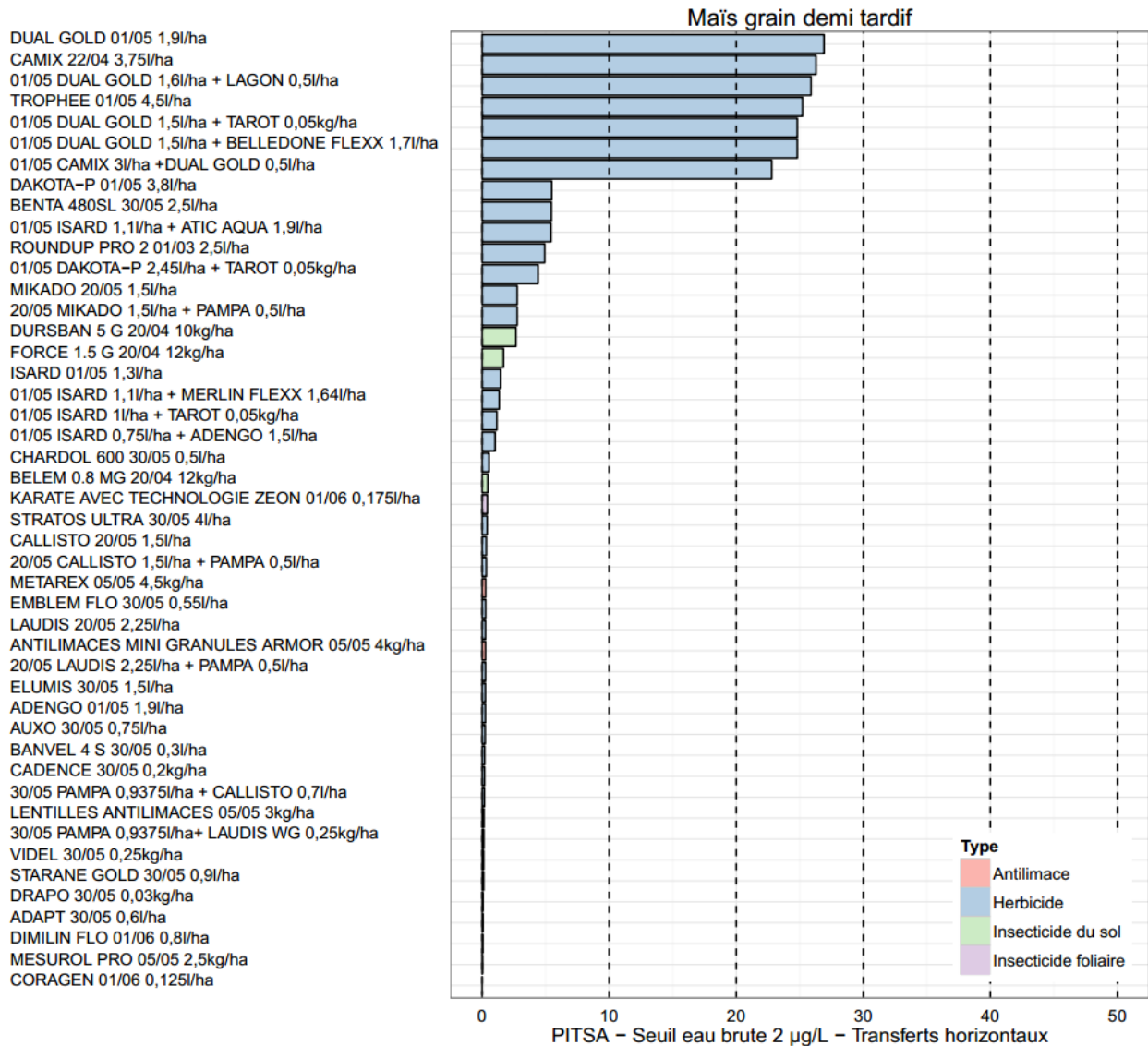


Figure 26. Classement des applications phytosanitaires modélisées sur le maïs grain selon le risque de transfert horizontal, seuil 2 µg/l

(risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Horizontal, seuil 2 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2)

Les produits ADAPT et DRAPO ont la même composition (nicosulfuron 750 g/kg)

b) Matrice Conseil Tetris

Les **Matrices Conseil Tetris** sont générées pour chaque culture, pour les risques de transfert vertical d'une part, et horizontal d'autre part.

Sur les matrices sont représentés :

- En ligne : les applications phytosanitaires testées,
- En colonnes : les conditions environnementales rencontrées sur le territoire (types de sols * climat),
- Dans les cases à la croisée ligne*colonne : la valeur du risque de transfert, représenté par une couleur (plus la couleur est foncée, plus le risque est élevé)

Les types de sols sont classés selon leur ordre d'importance (surface représentée) sur le territoire cultivé, par ordre décroissant de gauche à droite. Les applications les plus impactantes figurent en haut du graphique.

Transferts verticaux :

La Figure 27 représente la Matrice Conseil Tetris pour la culture de maïs grain vis-à-vis des risques de transfert verticaux (seuil 0,1 µg/l). Elle inclut toutes les applications évaluées dans cette étude (phase 1 et 2). Les applications collectées en phase 2 sont marquées par le signe ►.

L'examen de la Matrice permet de mettre en évidence une forte différenciation des transferts selon les types de sol, à l'exception des produits les plus transférants (situés en haut de la matrice), qui présentent un risque élevé quel que soit le type de sol.

Parmi les 46 applications évaluées, 9 présentent un risque de transfert vertical supérieur à 80 % sur tous les types de sols et de climats présents sur le territoire. Pour ces applications, des modifications de l'itinéraire technique ou des substitutions de molécules seront les plus efficaces d'un point de vue environnemental. A l'opposé, 6 applications présentent un risque nul ou inférieur à 20 % sur tous les types de sols. Pour les 31 autres applications, il sera possible de dispenser un conseil différencié selon les types de sols et de climat à l'aide de la Matrice Conseil Tetris.

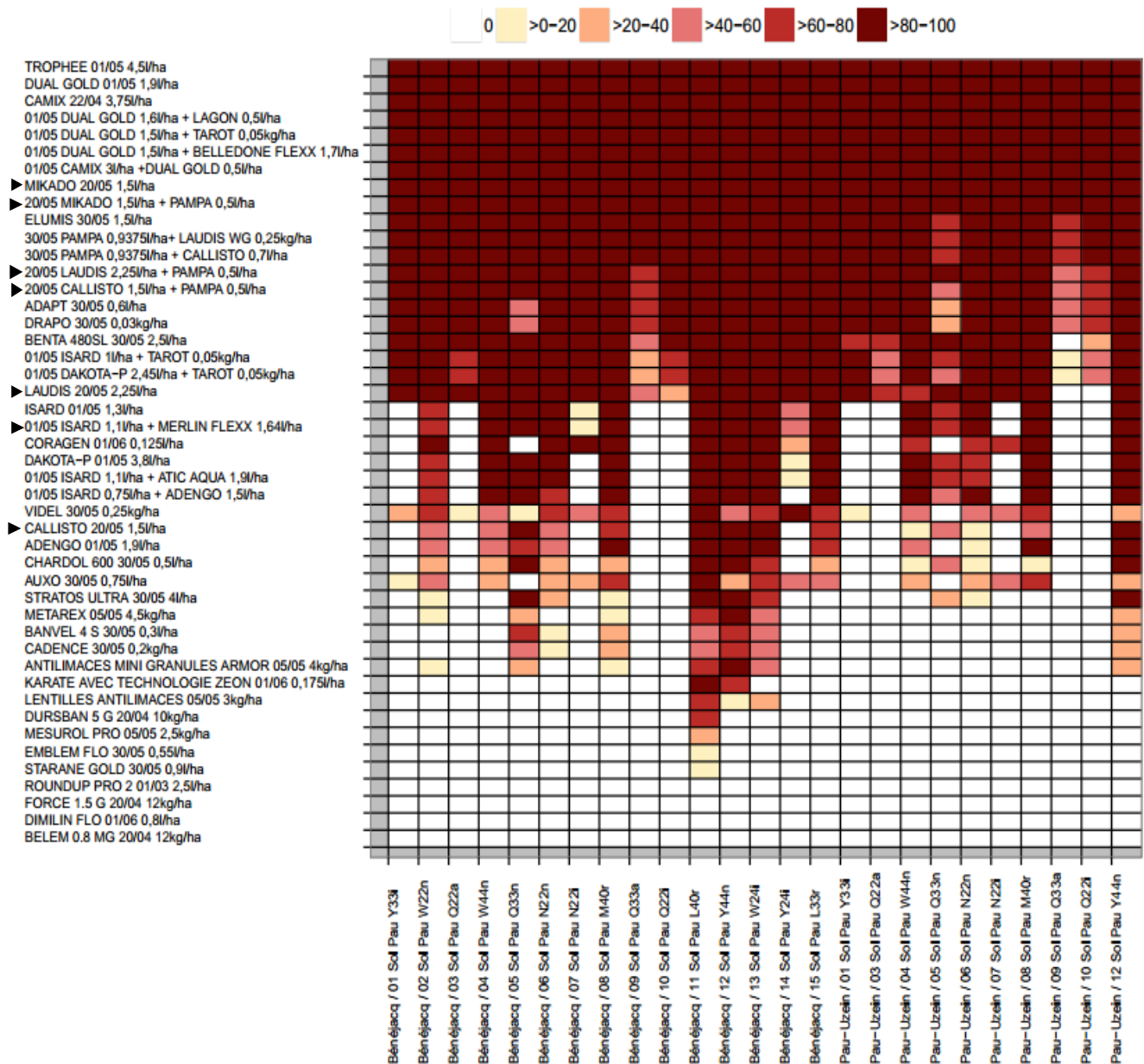


Figure 27. Matrice Conseil pour la culture de maïs grain, représentant les risques de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l

Risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Vertical, seuil 0,1 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2 (marquées par le signe ►)

Les produits ADAPT et DRAPO ont la même composition (nicosulfuron 750 g/kg)

La Matrice Conseil Tetris présentée en Figure 28 est obtenue en relevant le seuil de dépassement à 2 µg/l pour le calcul de l'indicateur PITSA Vertical. Ce graphique fait ressortir un type de sol problématique pour lequel les transferts sont élevés. Il s'agit d'un sol argileux, court, développé sur calcaire dur, mais qui ne représente que 1,5 % du territoire.

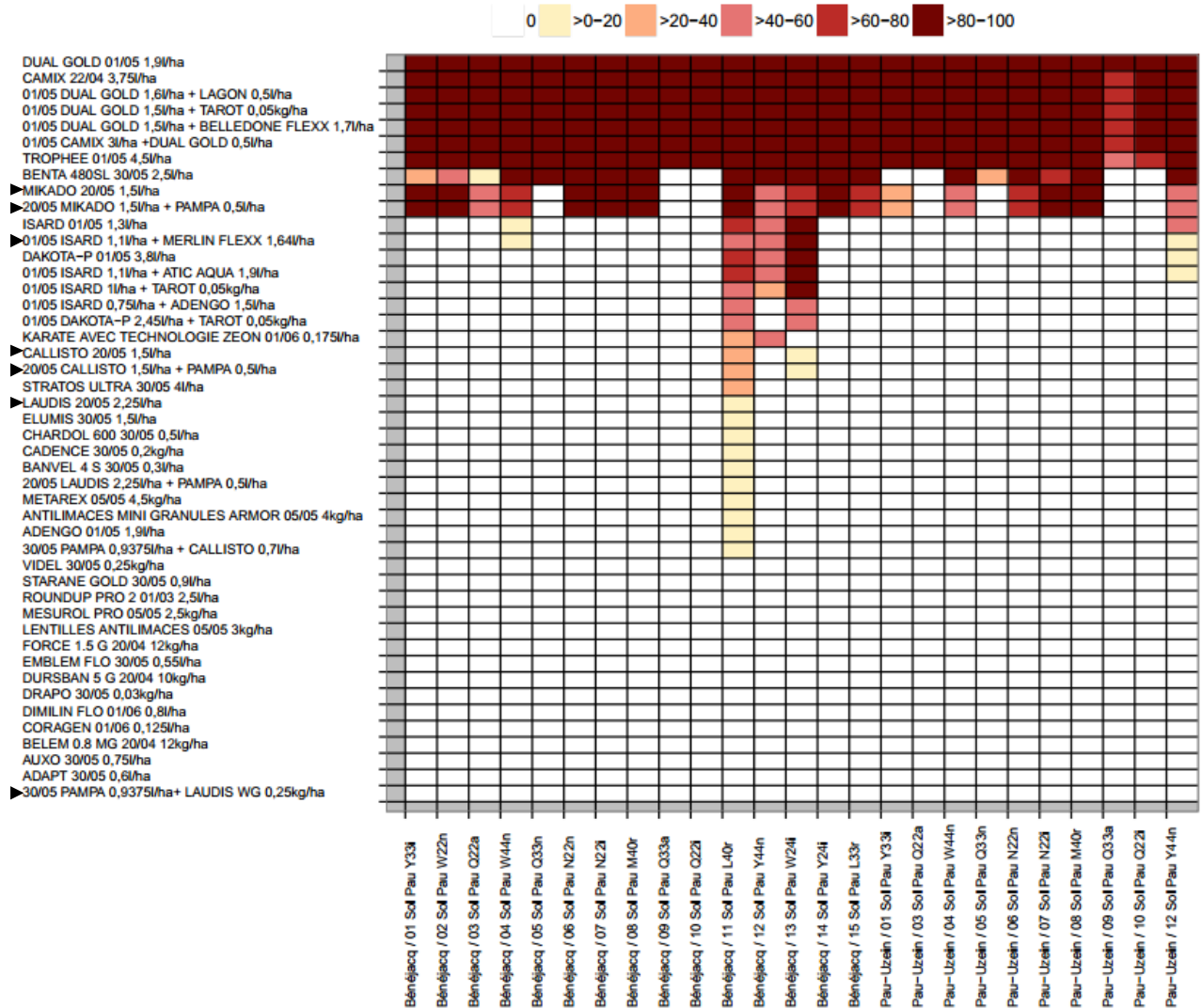


Figure 28. Matrice Conseil pour la culture de **maïs grain**, représentant les risques de transfert **vertical** pour le **seuil 2 µg/l**

Risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Vertical, seuil 2 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2 (marquées par le signe ►)

Les produits ADAPT et DRAPO ont la même composition (nicosulfuron 750 g/kg)

Transferts horizontaux :

La Figure 29 représente la Matrice Conseil Tetris pour la culture de maïs grain vis-à-vis des risques de transfert horizontaux (seuil 0,1 µg/l). Elle inclut toutes les applications évaluées dans cette étude (phase 1 et 2). Les applications collectées en phase 2 sont marquées par le signe ►.

Toutes les applications présentent un risque de transfert (risque non nul) sur chacun des types de sols et de climats du territoire. Pour 15 d'entre elles, le risque est inférieur à 20 % sur tous les types de sols/climats.

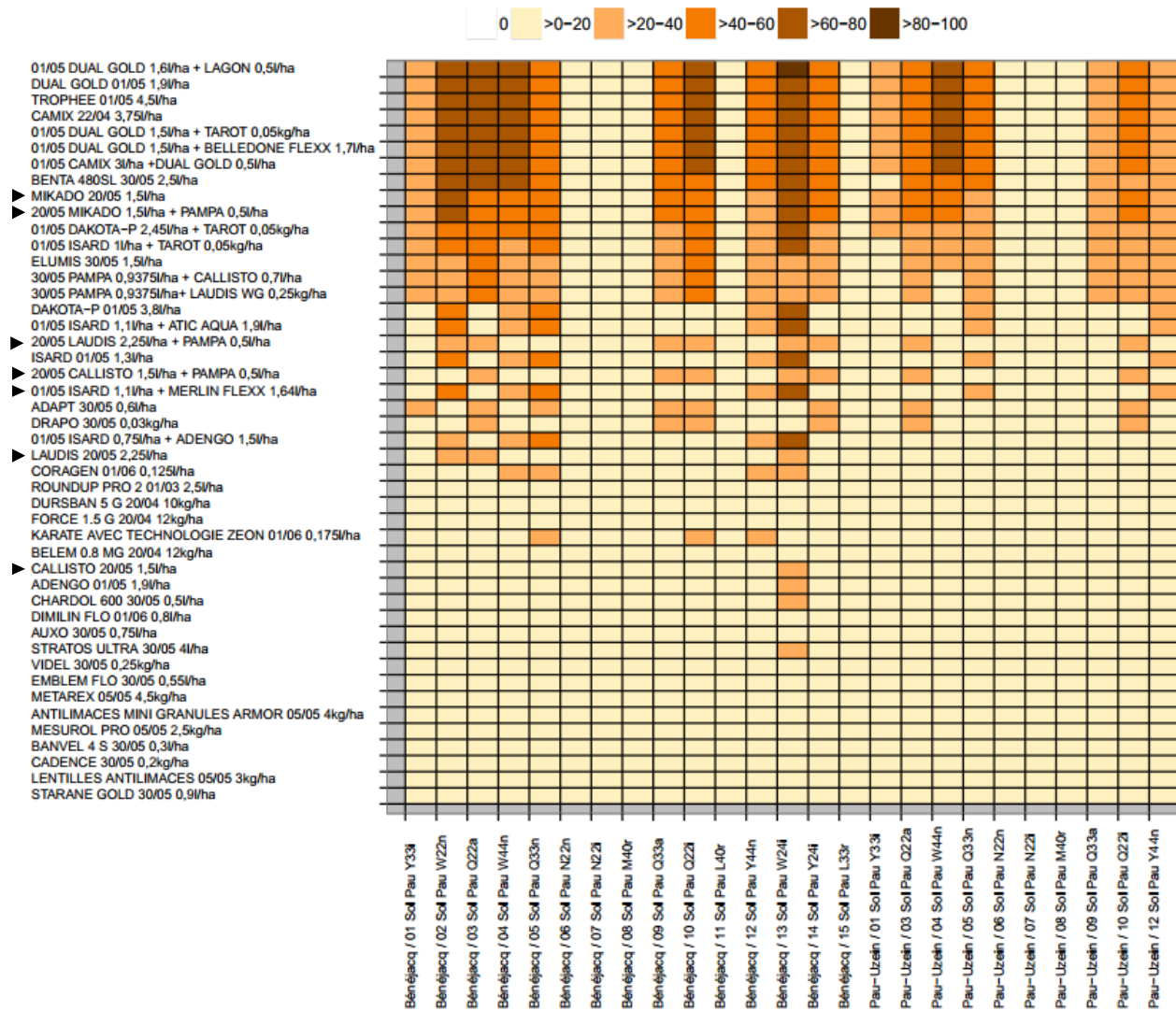
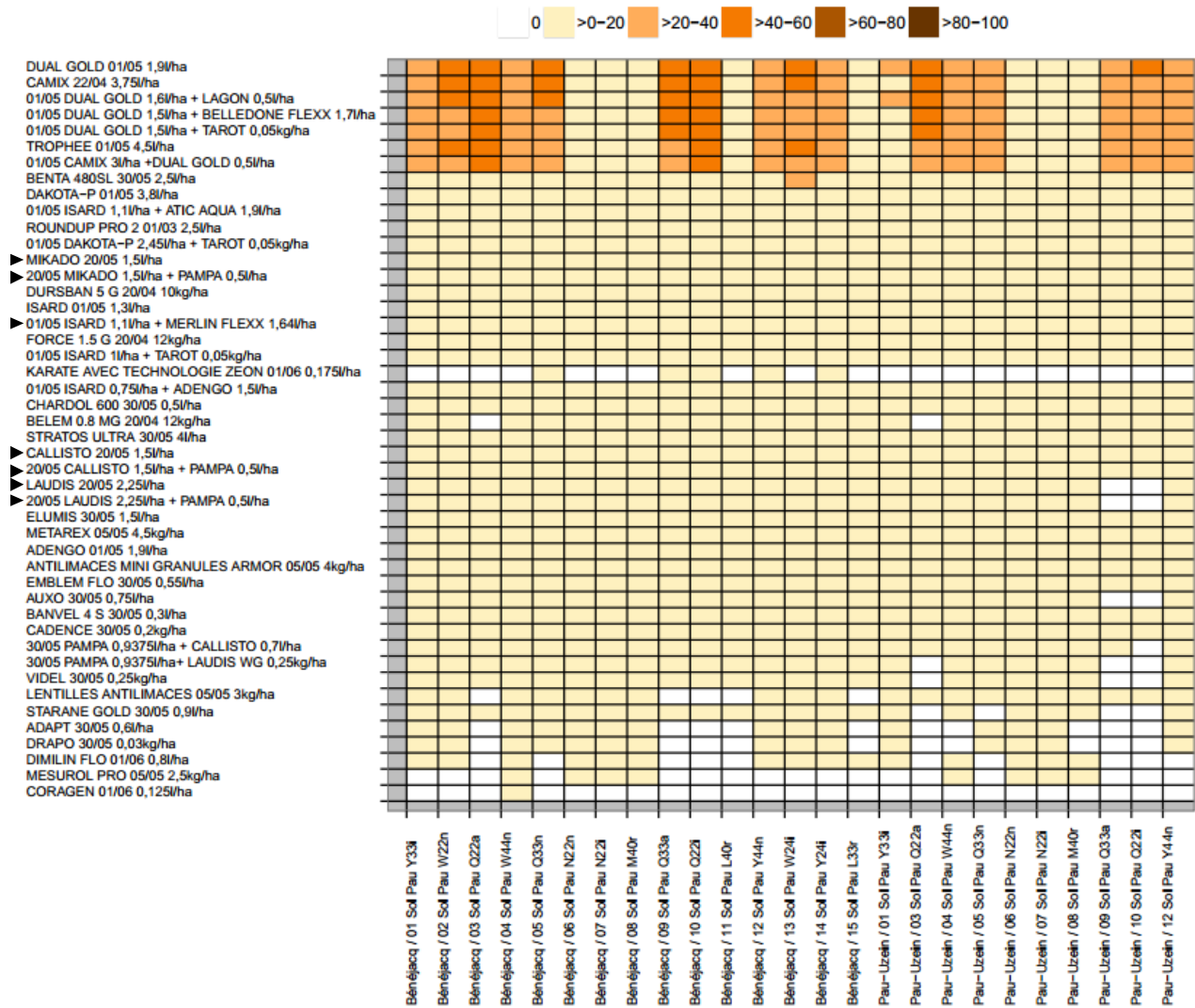


Figure 29. Matrice Conseil pour la culture de maïs grain, représentant les risques de transfert horizontal pour le seuil 0,1 µg/l

Risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Horizontal, seuil 0,1 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2 (marquées par le signe ►)

Les produits ADAPT et DRAPO ont la même composition (nicosulfuron 750 g/kg)

La Matrice Conseil Tétris présentée en Figure 28 est obtenue en relevant le seuil de dépassement à 2 µg/l pour le calcul de l'indicateur PITSA Horizontal.



c) Classement des molécules

Transferts verticaux :

Comme le montre la Figure 31, l'analyse des risques de transfert vertical (seuil 0,1 µg/l) pour les molécules actives contenues dans les produits appliqués sur maïs grain montre que les substances actives les plus transférantes sont : le S-metolachlore, l'acétochlore, le nicosulfuron, la bentazone et le rimsulfuron.

Pour toutes ces molécules (sauf la bentazone), les risques de transfert vertical sont liés principalement aux métabolites de dégradation. Pour la bentazone, les risques sont liés à la molécule parent. L'acétochlore n'est plus autorisé en France, même s'il reste parfois utilisé.

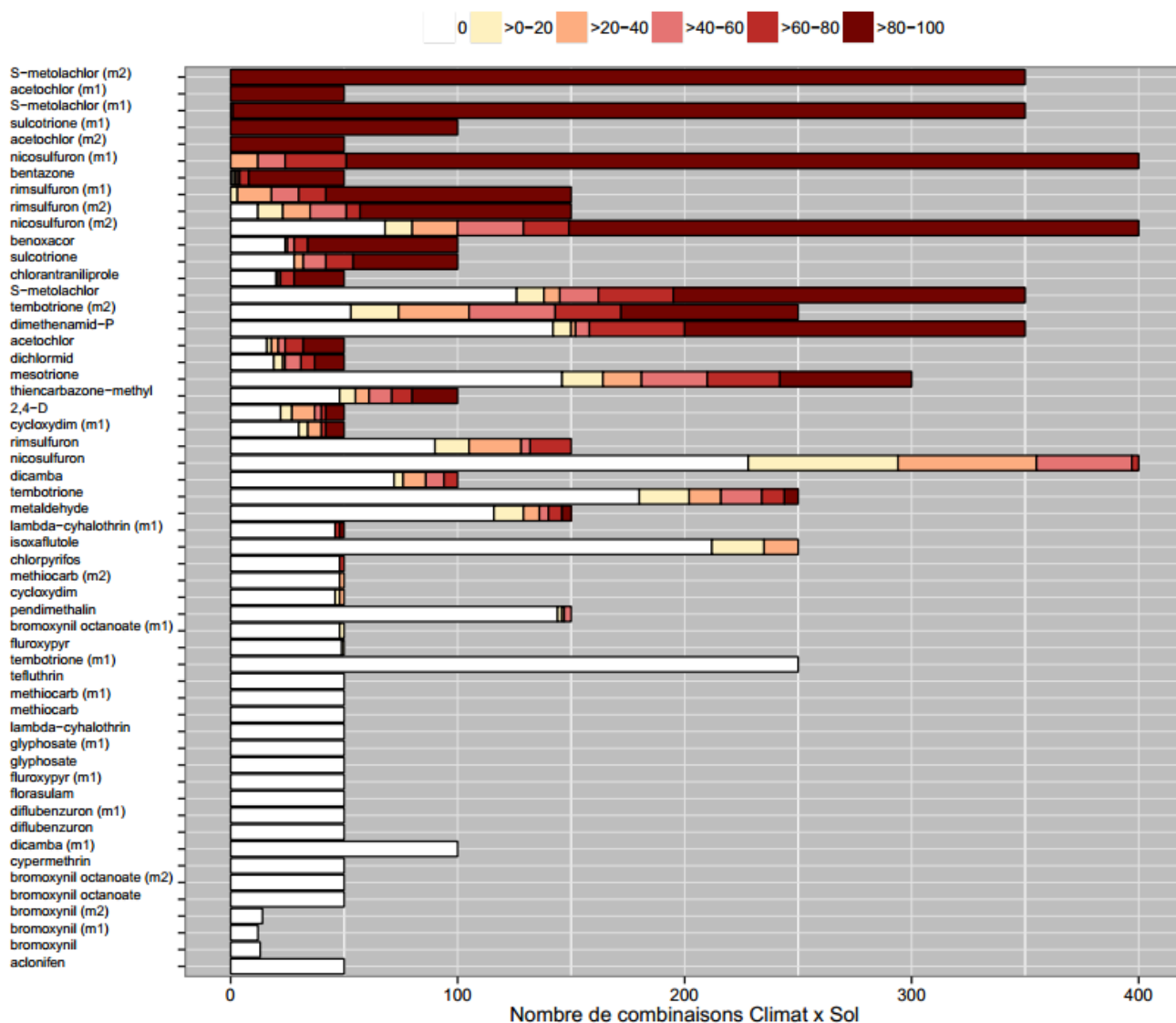


Figure 31. Classement des molécules actives modélisées sur le maïs grain selon le risque de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l

(risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Vertical, seuil 0,1 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2)

Le classement des molécules selon leur risque de transfert vertical au regard du seuil 2 µg/l est présenté en Figure 32.

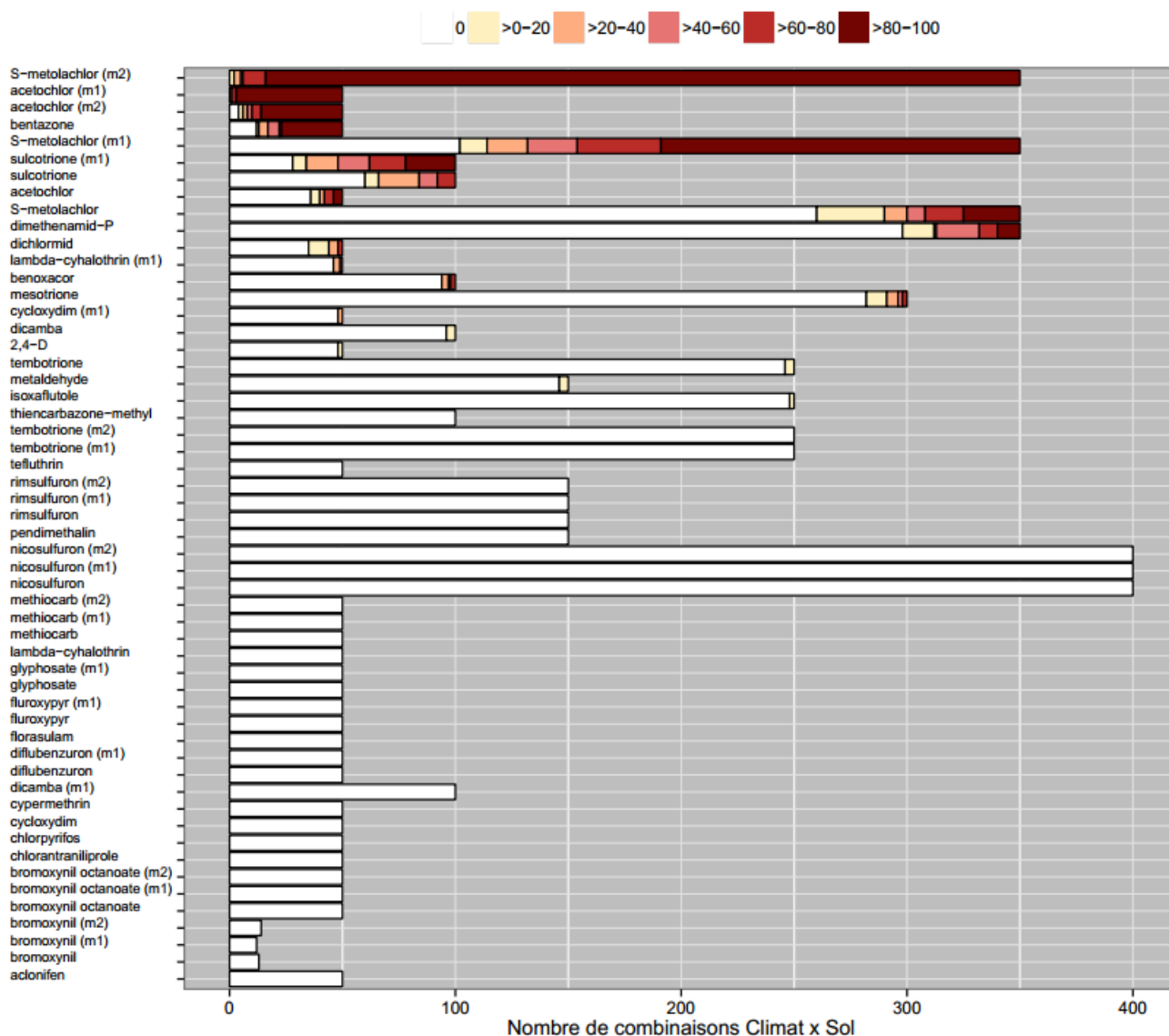


Figure 32. Classement des molécules actives modélisées sur le maïs grain selon le risque de transfert vertical pour le seuil 2 µg/l

(risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Vertical, seuil 2 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2)

Transferts horizontaux :

Comme le montre la Figure 33, l'analyse des risques de transfert horizontal (seuil 0,1 µg/l) pour les molécules actives contenues dans les produits appliqués sur maïs grain montre que les substances actives les plus transférantes sont : le S-metolachlore, l'acétochlore et la bentazone.

Pour le S-metolachlore et l'acétochlore, les risques de transfert horizontal sont liés aux métabolites de dégradation. Pour la bentazone, les risques sont liés à la molécule parent. L'acétochlore n'est plus autorisé en France, même s'il reste parfois utilisé.

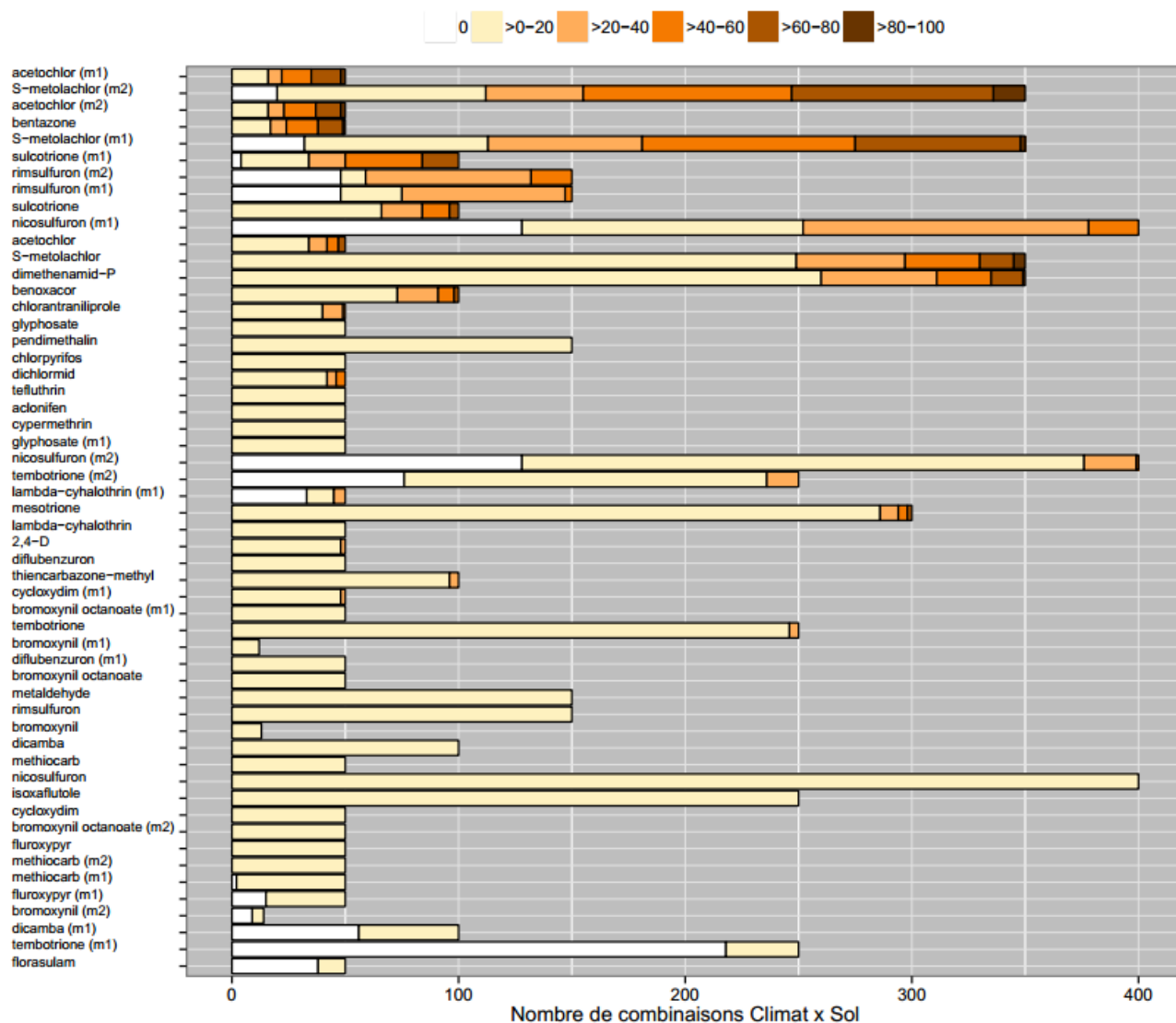


Figure 33. Classement des molécules actives modélisées sur le maïs grain selon le risque de transfert horizontal pour le seuil 0,1 µg/l

(risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Horizontal, seuil 0,1 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2)

Le classement des molécules selon leur risque de transfert horizontal au regard du seuil 2 µg/l est présenté en Figure 34.

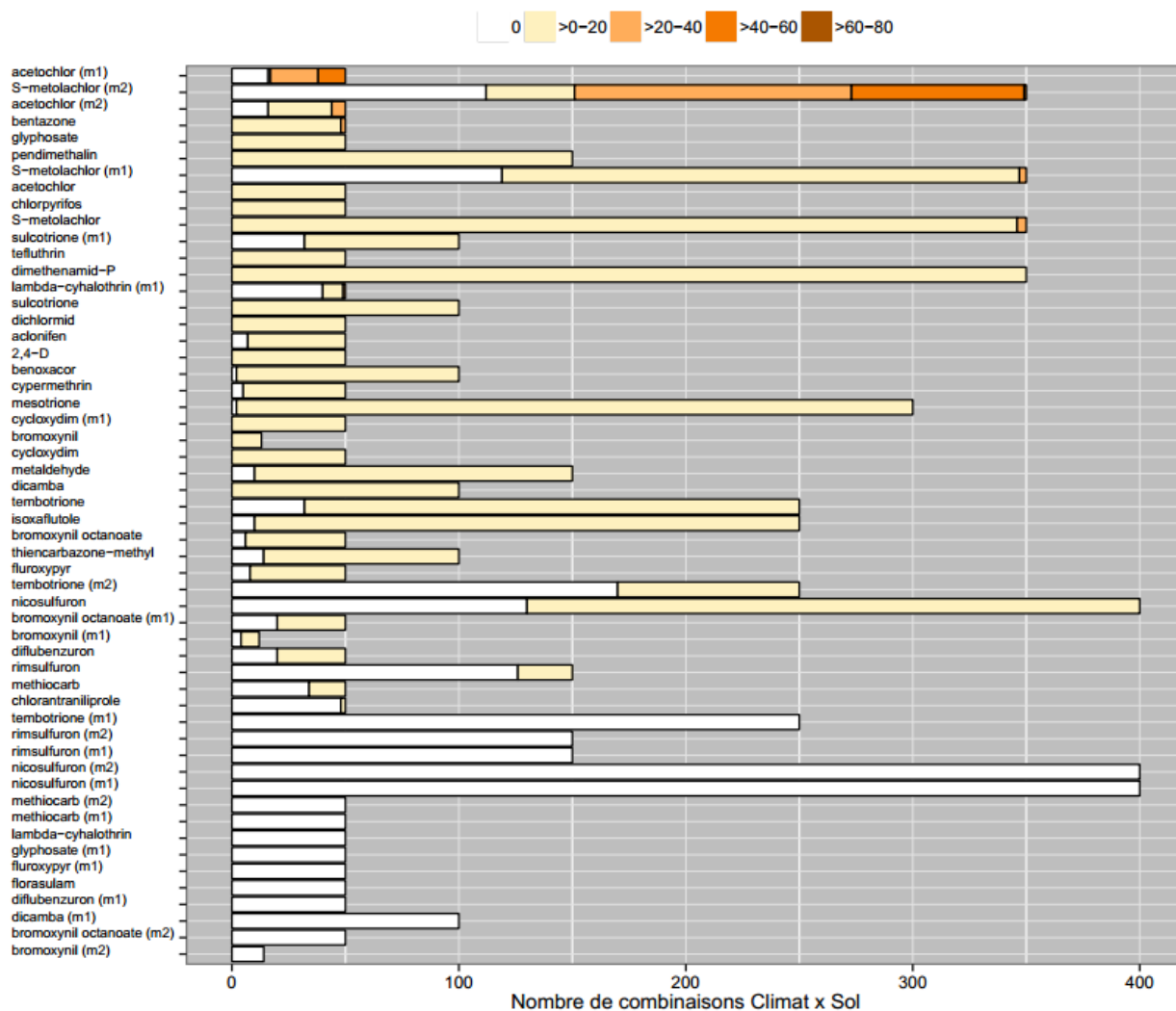


Figure 34. Classement des molécules actives modélisées sur le maïs grain selon le risque de transfert horizontal pour le seuil 2 µg/l

(risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Horizontal, seuil 2 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2)

d) Tests de diminution de doses et décalage de dates

Au vu des forts niveaux de transfert et de l'importance de la culture du maïs sur le territoire, l'efficacité de mesures de diminution de doses d'application et de décalage de dates d'application a été testée pour plusieurs pratiques phytosanitaires sur maïs grain. Les tests de diminutions de doses d'application ont été réalisés en réduisant de 10, 20, 30, 40, 50, 60 et 70 % les doses prévues dans les pratiques collectées en phase 1. Les Figure 35 à Figure 37 sont quelques exemples des résultats obtenus.

Les évaluations de risques de transfert réalisés montrent que les diminutions de doses ont très peu d'effet sur les transferts de bentazone (ici dans le produit BENTA 480 SL), de S-métolachlore (ici dans CAMIX) ou de la combinaison de mesotrione + nicosulfuron (ici dans ELUMIS), quelle que soit leur amplitude. Ceci est dû au fait que les niveaux de transfert sont très importants pour ces molécules et qu'une réduction des apports ne permet pas d'atteindre des niveaux de relargage depuis les parcelles agricoles qui soient compatibles avec les seuils de qualité de l'eau. On notera toutefois que pour des molécules moins impactantes, il est possible qu'une réduction de dose puisse diminuer les risques, cette hypothèse n'ayant pas été testée dans le cadre de la présente étude.

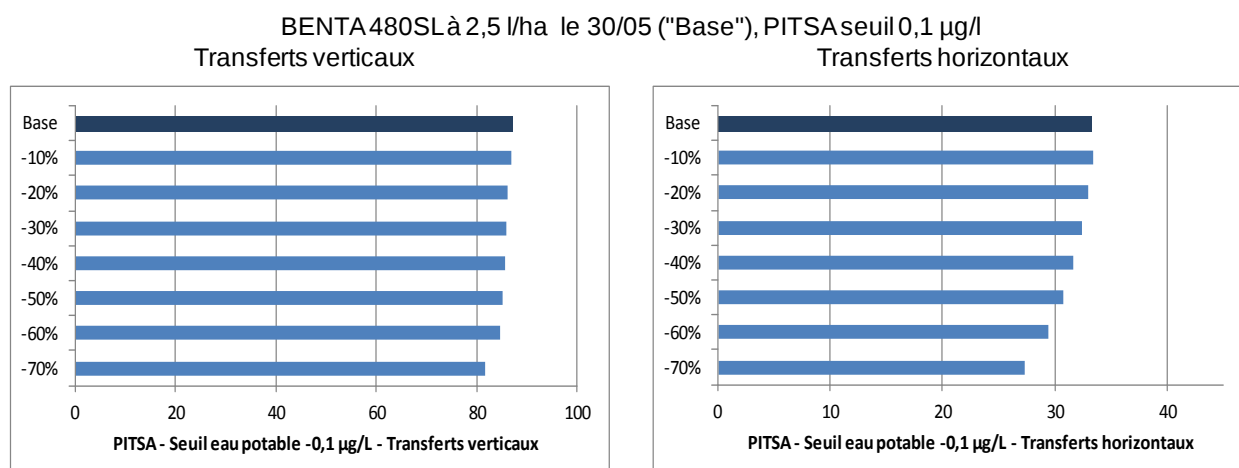


Figure 35. Evaluation de l'efficacité d'une diminution de dose sur les transferts horizontaux et verticaux – Exemple 1
 (risques représentés par l'indicateur PITSA, seuil 0,1 µg/l pour l'application de BENTA 480SL à 2,5 l/ha le 30/05)

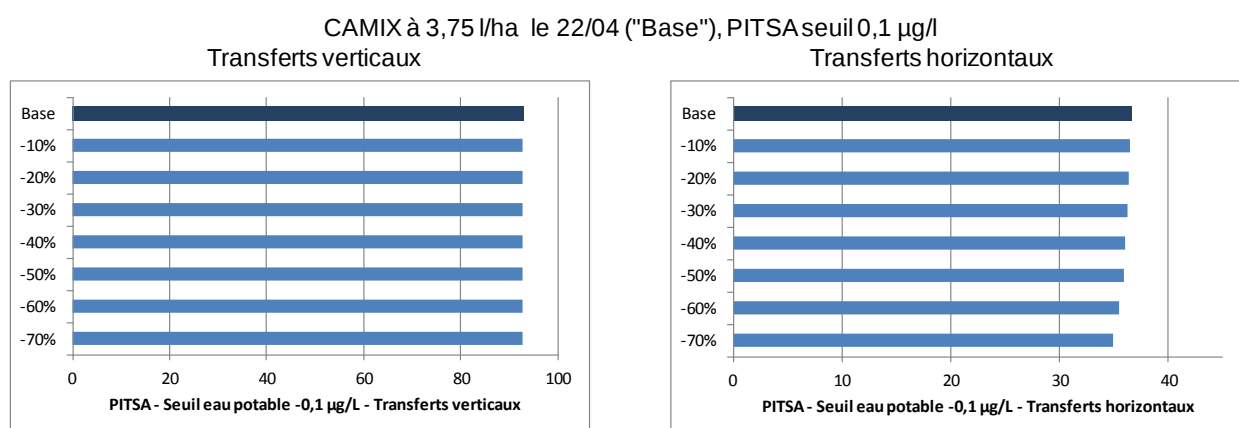


Figure 36. Evaluation de l'efficacité d'une diminution de dose sur les transferts horizontaux et verticaux – Exemple 2
 (risques représentés par l'indicateur PITSA, seuil 0,1 µg/l pour l'application de CAMIX à 3,75 l/ha le 22/04)

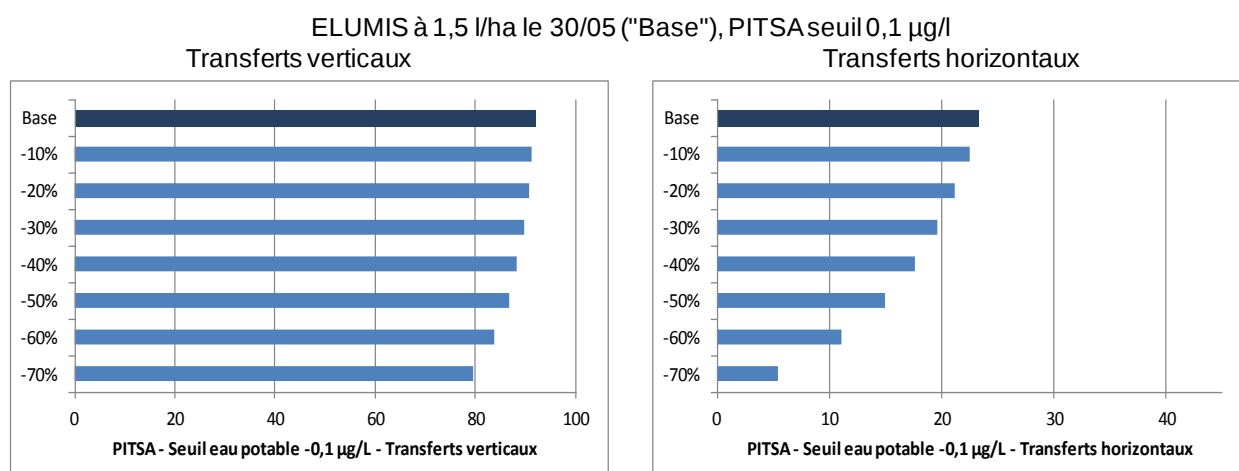


Figure 37. Evaluation de l'efficacité d'une diminution de dose sur les transferts horizontaux et verticaux – Exemple 3
 (risques représentés par l'indicateur PITSA, seuil 0,1 µg/l pour l'application de ELUMIS à 1,5 l/ha le 30/04)

Les tests de décalage de date d'application ont été réalisés en faisant varier de plus ou moins 1, 2 ou 3 semaines la date d'application prévue dans les pratiques collectées en phase 1 (sauf si la date devenait alors incompatible : par exemple antérieure au semis). Les Figure 38 à Figure 40 sont quelques exemples des résultats obtenus.

Les évaluations de risques de transfert réalisés montrent que les décalages de dates d'application ont très peu d'effet sur les transferts de bentazone (ici dans le produit BENTA 480 SL), de S-métolachlore (ici dans CAMIX) ou de la combinaison de mesotrione + nicosulfuron (ici dans ELUMIS), que ce soit en avançant ou en reculant la date. Ceci est dû au fait que les niveaux de transfert sont très importants pour ces molécules et qu'un décalage de date d'application ne permet pas d'atteindre des niveaux de relargage depuis les parcelles agricoles qui soient compatibles avec les seuils de qualité de l'eau. On notera toutefois que pour des molécules moins impactantes, il est possible qu'un décalage de date d'application puisse diminuer les risques, cette hypothèse n'ayant pas été testée dans le cadre de la présente étude.

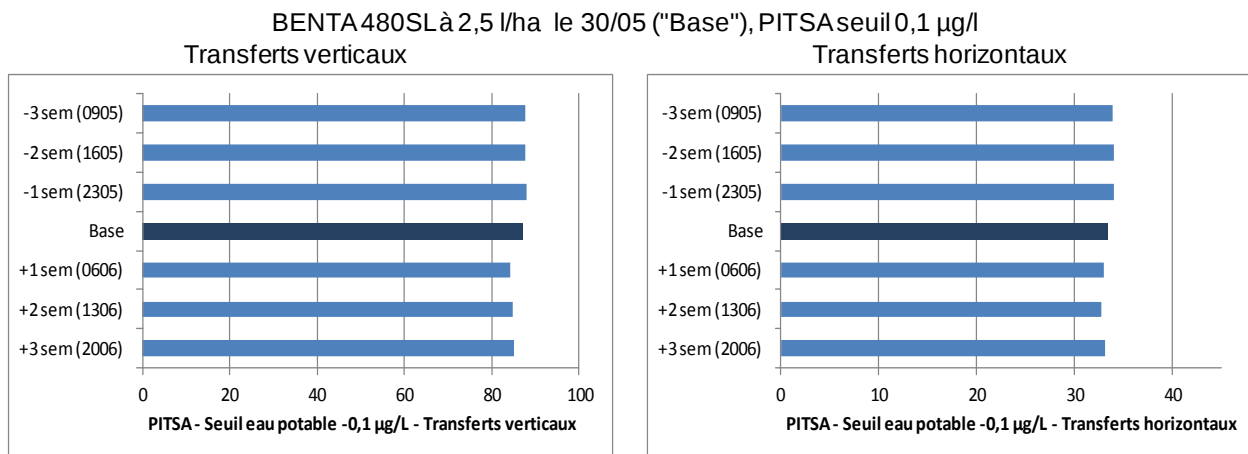


Figure 38. Evaluation de l'efficacité d'une diminution de dose sur les transferts horizontaux et verticaux – Exemple 1
(risques représentés par l'indicateur PITSA, seuil 0,1 µg/l pour l'application de BENTA 480SL à 2,5 l/ha le 30/05)

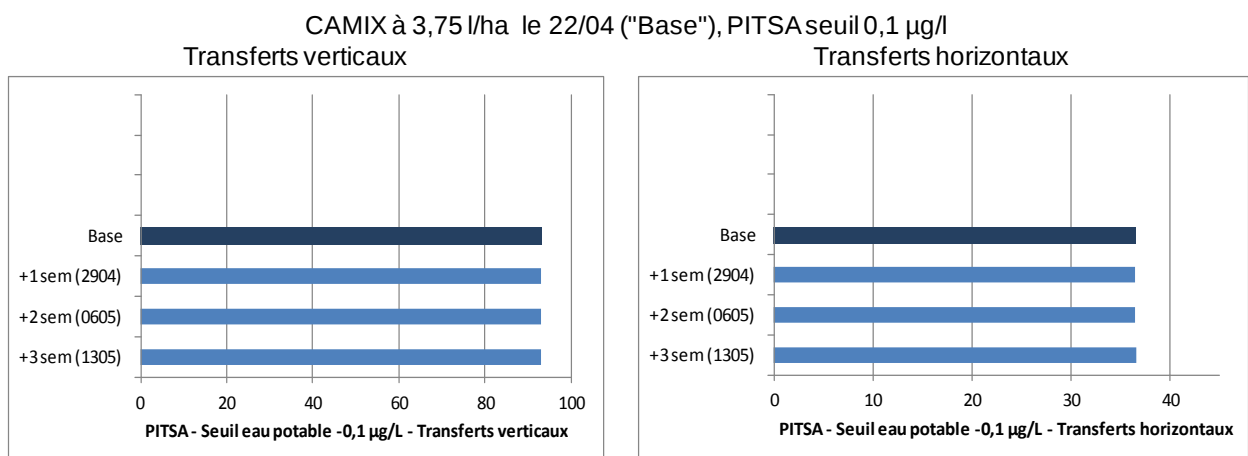


Figure 39. Evaluation de l'efficacité d'une diminution de dose sur les transferts horizontaux et verticaux – Exemple 2
(risques représentés par l'indicateur PITSA, seuil 0,1 µg/l pour l'application de CAMIX à 3,75 l/ha le 22/04)

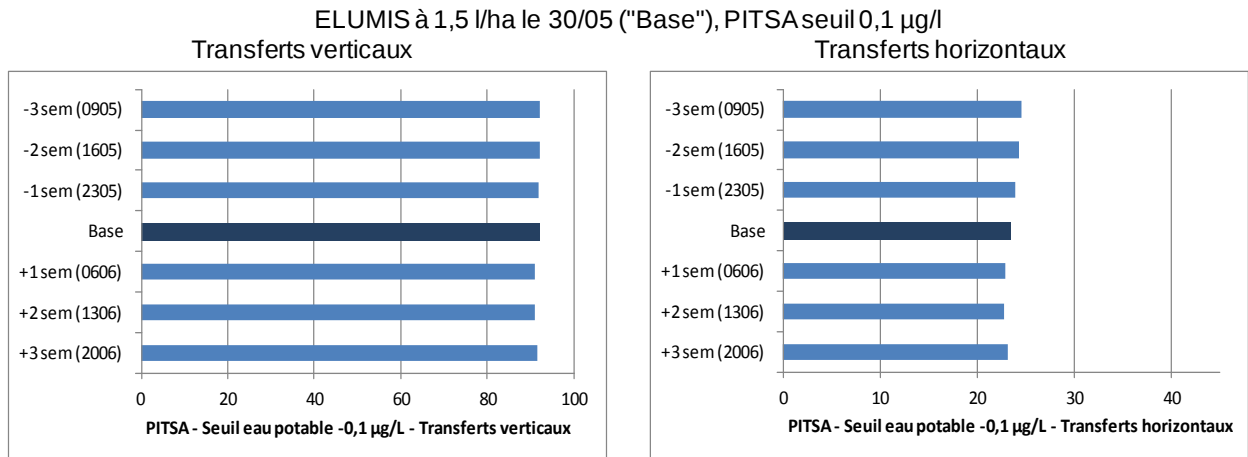


Figure 40. Evaluation de l'efficacité d'une diminution de dose sur les transferts horizontaux et verticaux – Exemple 3
(risques représentés par l'indicateur PITSA, seuil 0,1 µg/l pour l'application de ELUMIS à 1,5 l/ha le 30/04)

e) Préconisations

Plusieurs applications sur maïs grain sont susceptibles d'avoir un impact important sur la qualité de l'eau. Dans ces conditions, il faut dans un premier temps chercher à limiter le recours aux produits phytosanitaires : faux semis, semis tardif, recours au désherbinage, réduction des doses en fonction des stades des adventices et de la culture, allongement des rotations, etc.

Dès lors que le recours aux produits phytosanitaires est nécessaire, les préconisations suivantes doivent être mises en œuvre, dans la mesure du possible.

Applications d'acétochlore :

- Le produit est maintenant interdit d'utilisation.
- Arrêter toute application, la matière active et ses métabolites ayant un fort potentiel de transfert vers les eaux.

Applications de S-métolachlore (DUAL GOLD, CAMIX) :

- La modélisation a démontré que la réduction des doses ou le décalage des dates d'application ne constituent pas des voies intéressantes d'amélioration pour le S-métolachlore, compte tenu des sols et du climat local : il faut plutôt chercher des stratégies basées sur de la substitution, quand cela est possible.
- Essayer de favoriser l'utilisation d'ADENGO (isoxaflutole + thiencarbazone-méthyl) tout seul ou associé avec ISARD ou SPECTRUM (DMTAP).
- Dans les cas où cela n'est pas possible, essayer de favoriser ISARD/SPECTRUM tout seul ou en association (notamment ATIC AQUA ou MERLIN FLEXX). La combinaison ISARD (DMTAP) + TAROT (rimsulfuron) est moins efficace dans la réduction des transferts et est à limiter.

Solutions de rattrapage :

- Favoriser les tricétones, en particulier les produits à base de tembotrione (AUXO ; LAUDIS et VIDEL dans une moindre mesure) ou de mésotrione (CALLISTO ;

attention, ELUMIS n'a pas un bon profil environnemental sur le territoire). Les produits à base de sulcotrione (MIKADO) sont plus impactants.

- Si très forte pression graminées, recourir en complément des tricétones au nicosulfuron mais attention, les risques de transfert du nicosulfuron sur les eaux sont élevés.
- Pour le liseron : utiliser du dicamba (BANVEL).
- Pour un anti-dicotylédones strict, ne pas utiliser la bentazone (BENTA 480) qui a un impact fort sur le territoire, mais préférer du bromoxynil (EMBLEM FLO, MAYA).

5.3.2. Maïs doux

NB : Pour la culture de maïs doux, seuls les graphiques de résultats pour les risques verticaux et le seuil 0,1 µg/l sont présentés dans cette section. Les autres graphiques de résultats (seuil 2 µg/l et transferts horizontaux) sont disponibles en Annexe 3 de ce rapport.

a) Classement des applications

La Figure 41 représente les valeurs de l'indicateur PITSA (transferts verticaux, seuil 0,1 µg/l) pour chaque application évaluée sur maïs doux, classées dans l'ordre décroissant.

Sur les 14 applications modélisées, 8 ont un indicateur de risque PITSA Vertical supérieur à 80%. Sept applications correspondent à des traitements herbicides et une application à un traitement fongicide.

Parmi elles, 4 ont été proposées lors de la phase 2 des travaux, comme pratiques complémentaires à tester pour réduire les risques de transfert (marquées par un signe ► dans la Figure 41).

Les 6 autres applications testées ont un indicateur PITSA Vertical inférieur à 40%. Parmi elles, deux applications proviennent des travaux de la phase 2 et représentent donc des solutions alternatives intéressantes pour réduire les risques de transfert.

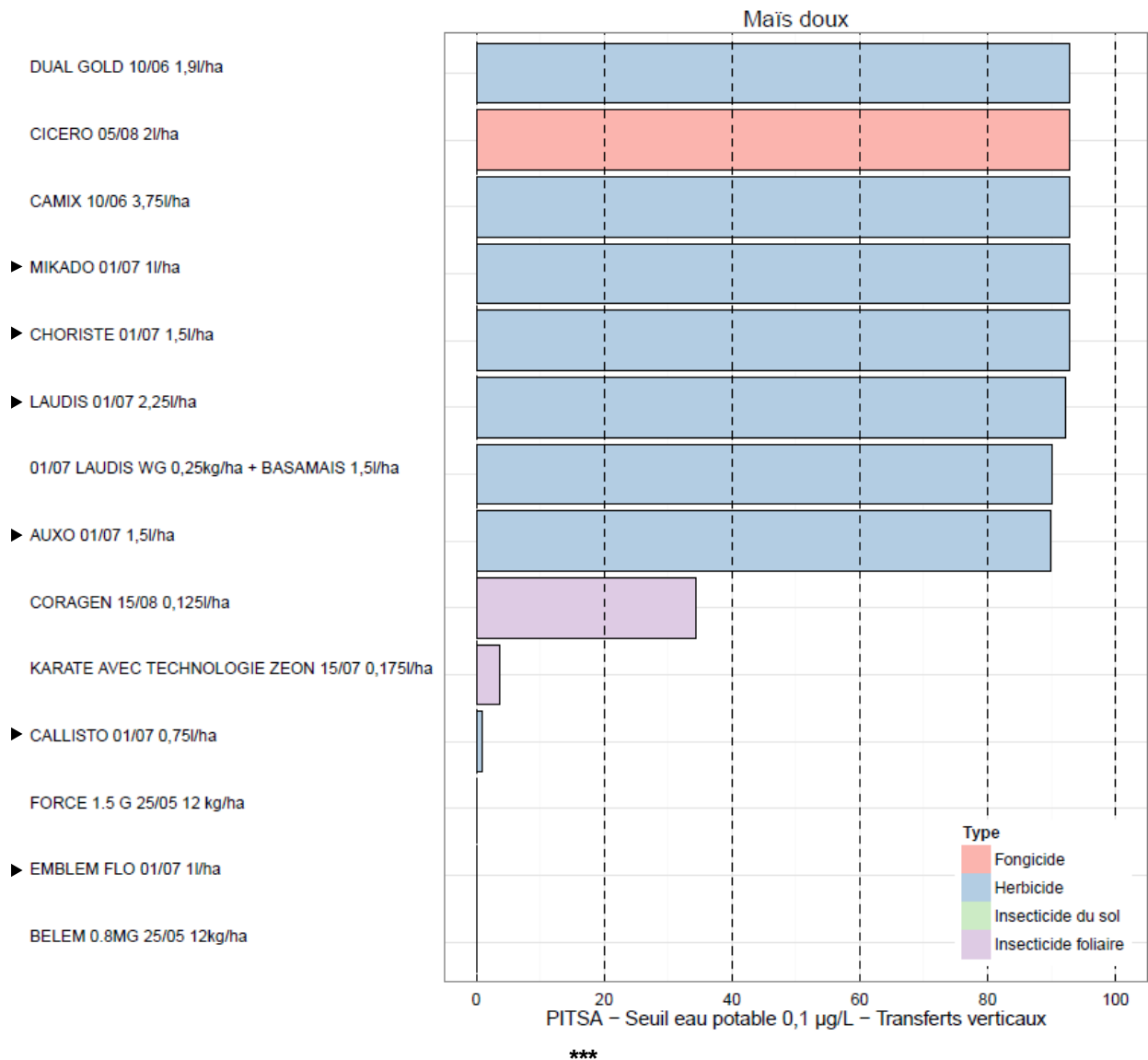


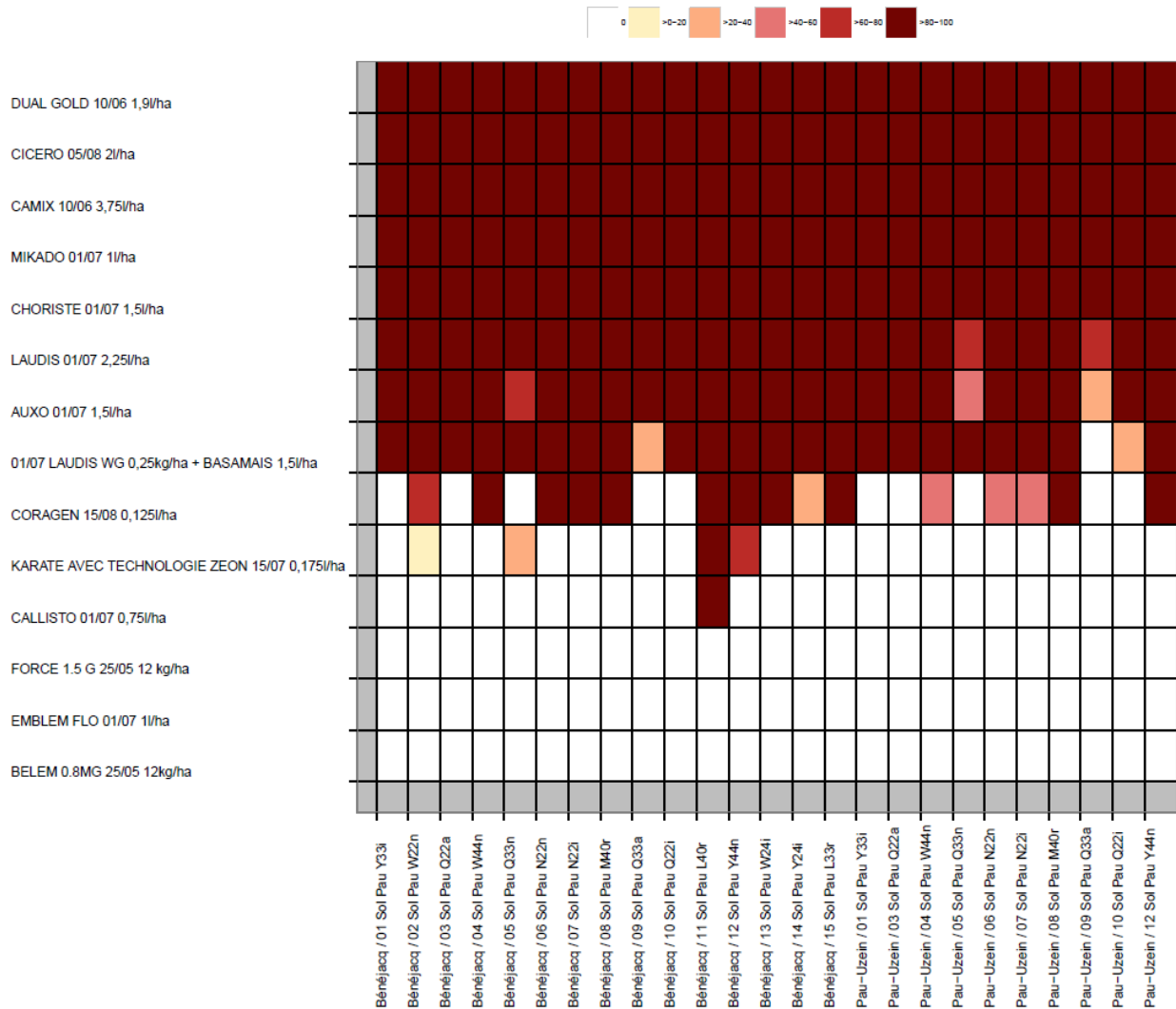
Figure 41. Classement des applications phytosanitaires modélisées sur le maïs doux selon le risque de transfert vertical, seuil 0,1 µg/l

(risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Vertical, seuil 0,1 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2 (marquées par le signe ►))

b) Matrice Conseil Tetris

La Figure 42 représente la Matrice Conseil Tetris pour la culture de maïs doux vis-à-vis des risques de transfert verticaux (seuil 0,1 µg/l). Elle inclut toutes les applications évaluées dans cette étude (phase 1 et 2).

Parmi les 14 applications évaluées sur maïs grain, 6 présentent un risque de transfert vertical supérieur à 60 % sur tous les types de sols et de climats présents sur le territoire (en haut de la Matrice). Pour ces applications, des modifications d'itinéraire technique ou des solutions de substitution de molécules seront les plus efficaces d'un point de vue environnemental. Trois applications n'amènent à aucun impact sur la qualité de l'eau quels que soient les types de sol (en bas de la Matrice). Pour les autres applications, il sera possible de dispenser un conseil différencié selon les types de sols et de climat à l'aide de la Matrice Conseil Tetris.



c) Classement des molécules

Comme le montre la Figure 43, l'analyse des risques de transfert vertical (seuil 0,1 µg/l) pour les molécules actives contenues dans les produits appliqués sur maïs doux montre que les substances actives les plus transférantes, au regard du seuil de 0,1 µg/l, sont : le S-metolachlore, le chlorotalonil et la bentazone.

Pour le S-metolachlore et le chlorotalonil, les risques de transfert sont surtout liés aux métabolites de dégradation. Pour la bentazone, les risques sont liés à la molécule parent.

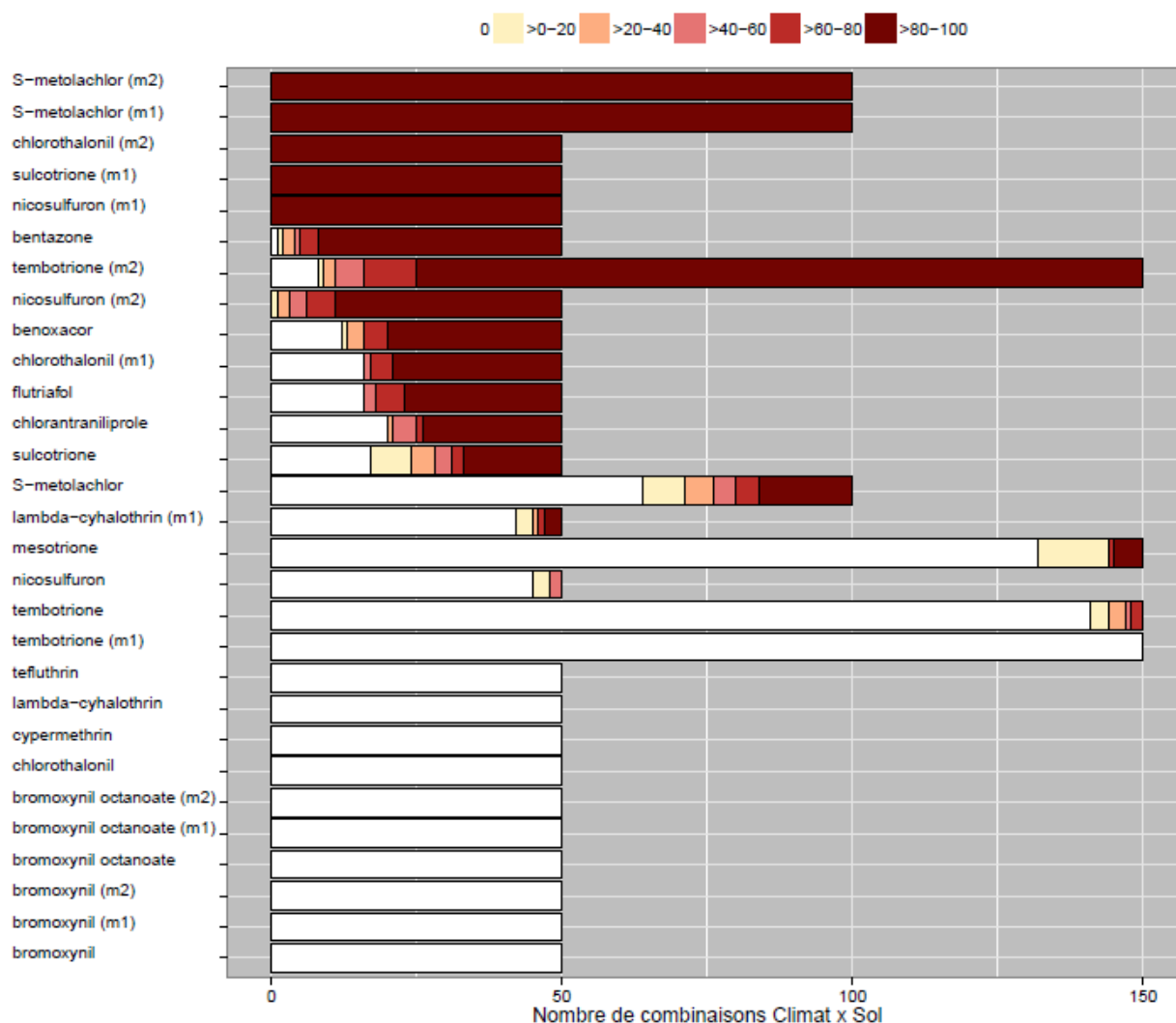


Figure 43. Classement des molécules actives modélisées sur le maïs doux selon le risque de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l

(risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Vertical, seuil 0,1 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2)

d) Préconisations

Plusieurs applications phytosanitaires sur maïs doux sont susceptibles d'avoir un impact important sur la qualité de l'eau et les solutions alternatives chimiques sont quasi-inexistantes.

Dans ces conditions, il faut chercher à limiter le recours aux produits phytosanitaires en adaptant les itinéraires techniques : faux semis, semis tardif, recours au désherbinage, réduction des doses en fonction des stades des adventices et de la culture, allongement des rotations, etc.

5.3.3. Blé tendre d'hiver

NB : Pour la culture de blé tendre d'hiver, seuls les graphiques de résultats pour les risques verticaux et le seuil 0,1 µg/l sont présentés dans cette section. Les autres graphiques de résultats (seuil 2 µg/l et transferts horizontaux) sont disponibles en Annexe 3 de ce rapport.

a) Classement des applications

La Figure 44 représente les valeurs de l'indicateur PITSA (transferts verticaux, seuil 0,1 µg/l) pour chaque application évaluée sur blé tendre d'hiver, classées dans l'ordre décroissant.

Sur les 26 applications modélisées, 5 ont un indicateur de risque PITSA Vertical supérieur à 80 %. Deux d'entre elles correspondent à des traitements fongicides (à travers les métabolites de dégradation) et trois à des traitements herbicides. Sept applications (traitements herbicides) ont un indicateur de risque compris entre 40 et 80 %.

Parmi ces applications présentant un risque de transfert supérieur à 40 %, une application a été proposée lors de la phase 2 des travaux, comme solution alternative pour réduire les risques de transfert (marquées par un signe ► dans la Figure 44). Cette solution alternative présente un risque juste au-dessus de 40 % : elle a donc un impact non négligeable, mais permet néanmoins de réduire les risques par rapport à une application ayant un risque de 80 % ou plus.

Les 14 autres applications testées ont un indicateur PITSA Vertical inférieur à 40%. Parmi elles, 2 proviennent des travaux de la phase 2 et représentent donc des solutions alternatives intéressantes pour réduire les risques de transfert.

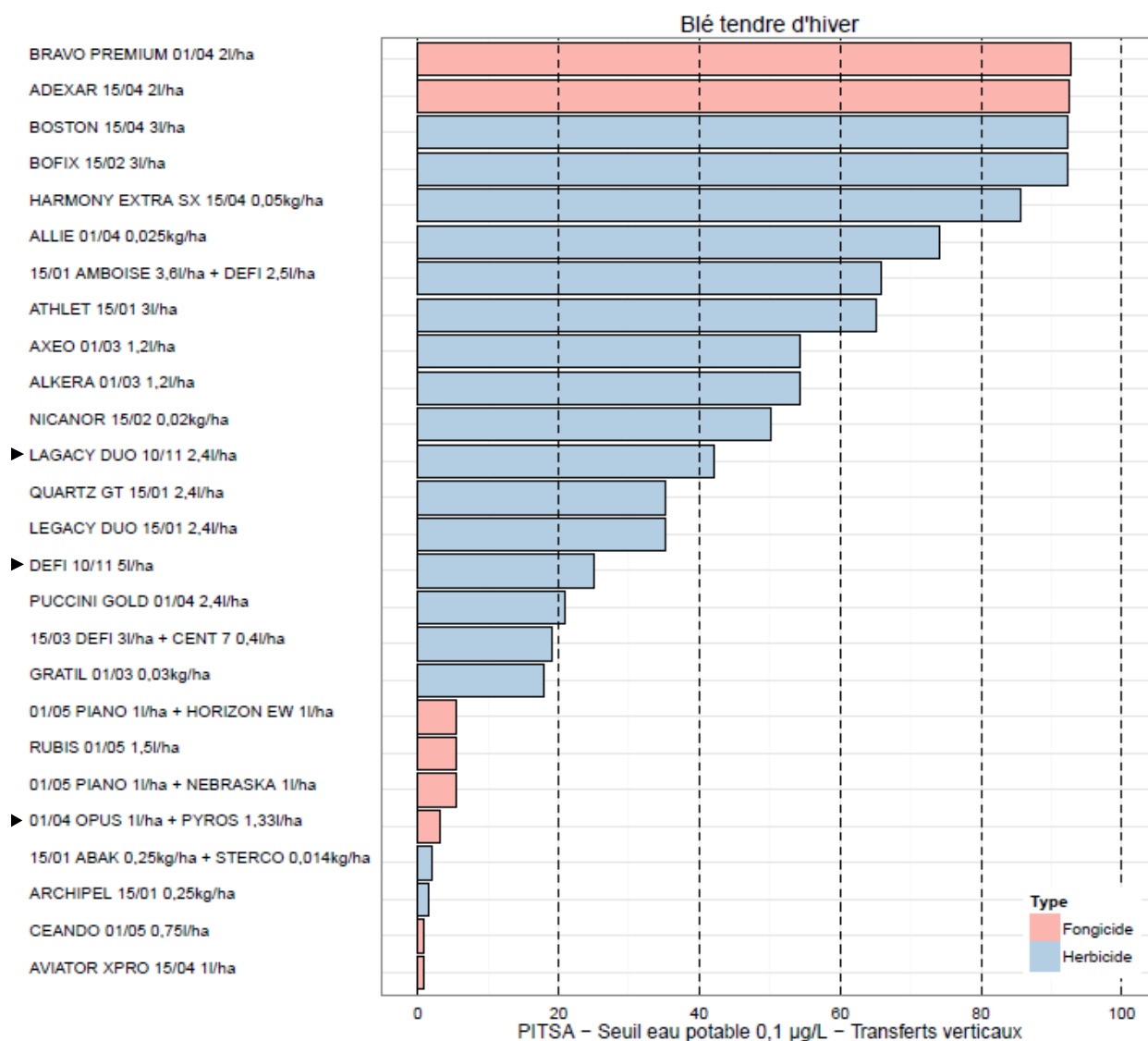


Figure 44. Classement des applications phytosanitaires modélisées sur le blé tendre d'hiver selon le risque de transfert vertical, seuil 0,1 µg/l

Risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Vertical, seuil 0,1 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2 (marquées par le signe ▶)

BOFIX a la même composition que BOSTON, ALLIE la même que NICANOR, AXEO la même que ALKERA

b) Matrice Conseil Tetris

La Figure 45 représente la Matrice Conseil Tetris pour la culture de blé tendre d'hiver vis-à-vis des risques de transfert verticaux (seuil 0,1 µg/l). Elle inclut toutes les applications évaluées dans cette étude (phase 1 et 2).

Parmi les 26 applications évaluées sur blé tendre d'hiver, 4 présentent un risque de transfert vertical supérieur à 60 % sur tous les types de sols et de climats présents sur le territoire. Pour ces applications, des modifications d'itinéraire technique ou des solutions de substitution de molécules seront les plus efficaces d'un point de vue environnemental. Toutes les autres applications présentent un risque non nul sur au moins un type de sol/climat. Pour ces applications, il sera possible de dispenser un

conseil différencié selon les types de sols et de climat à l'aide de la Matrice Conseil Tetris.

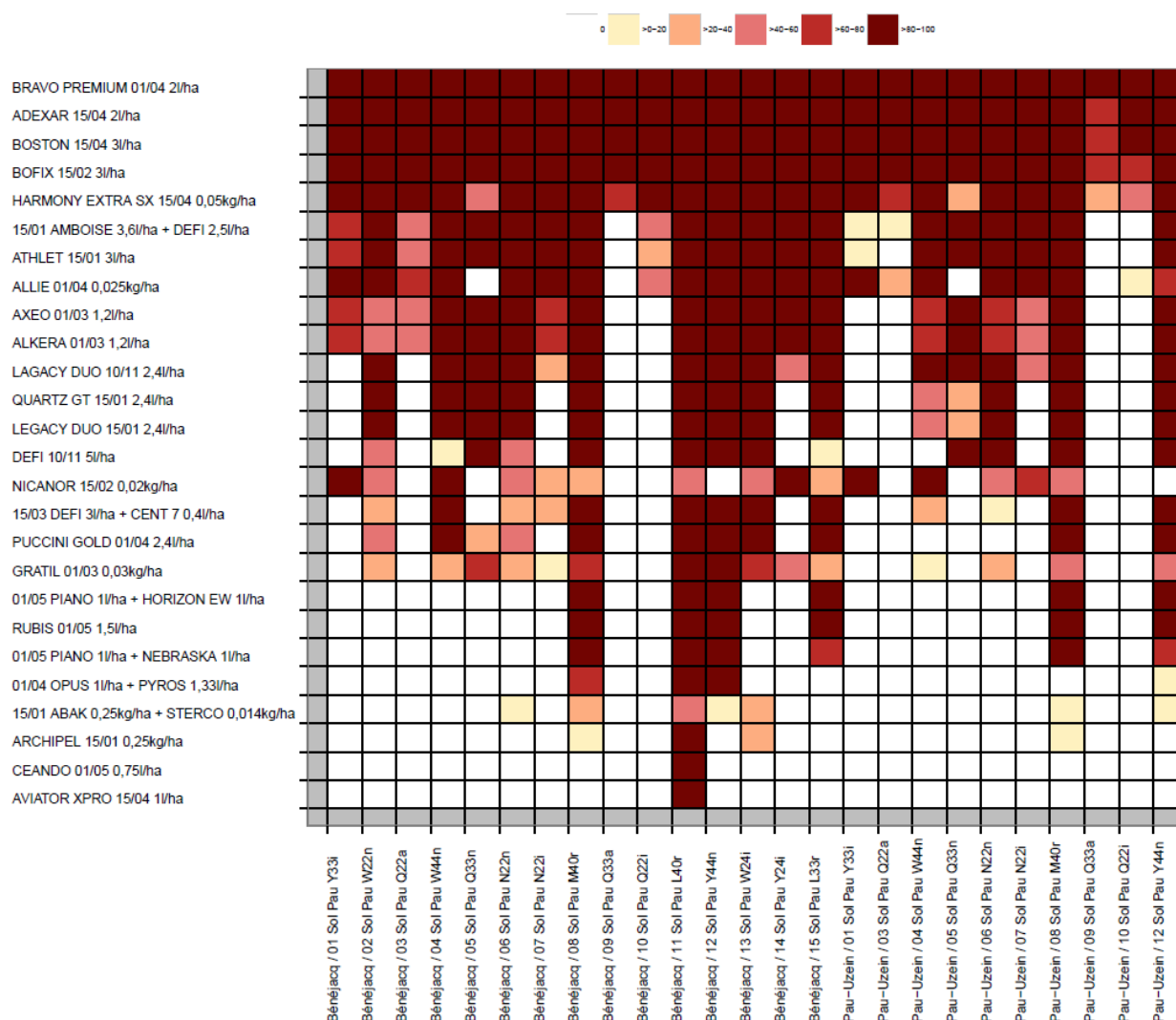


Figure 45. Matrice Conseil pour la culture de blé tendre d'hiver, représentant les risques de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l

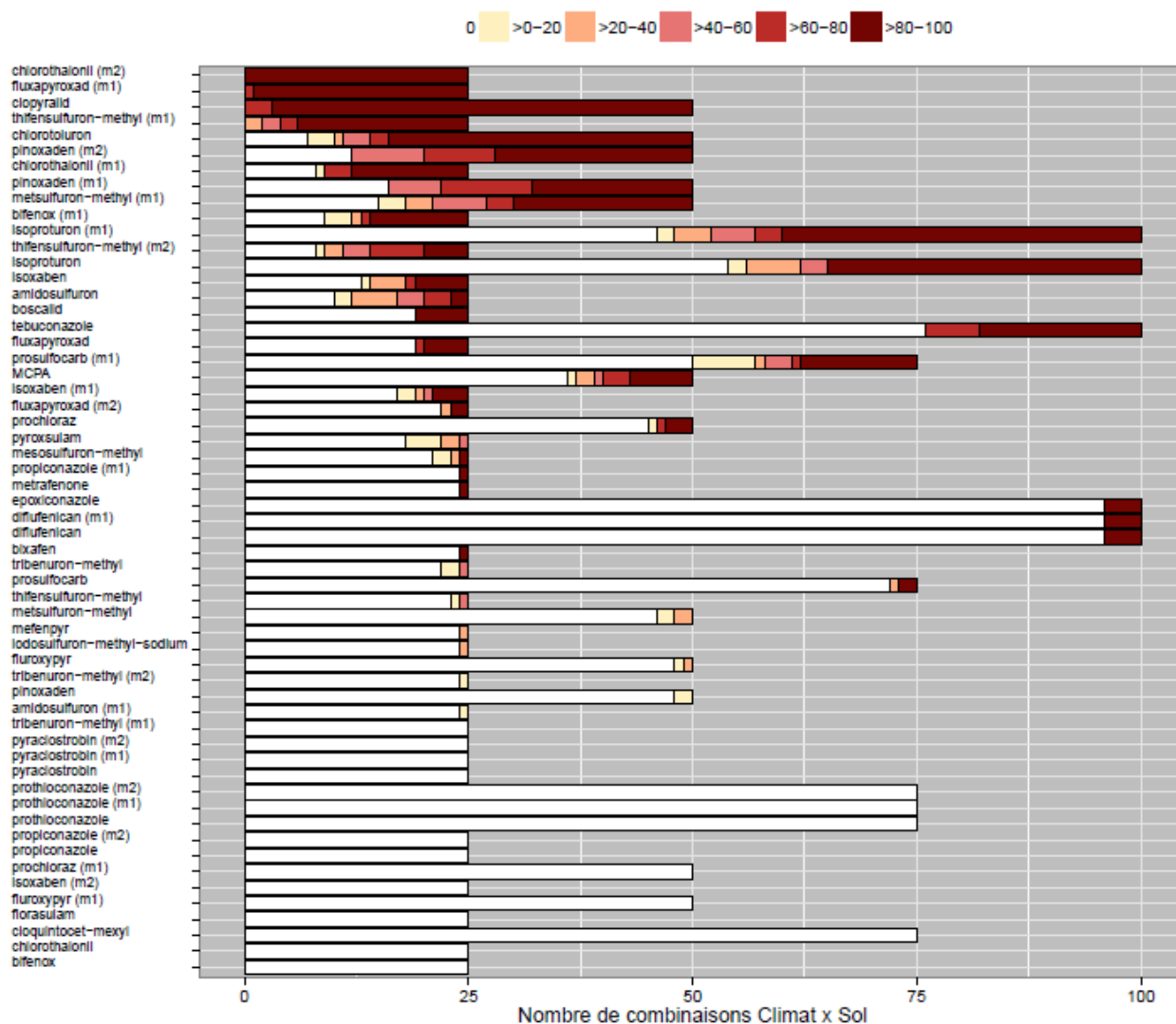
Risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Vertical, seuil 0,1 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2 (marquées par le signe ►)

BOFIX a la même composition que BOSTON, ALLIE la même que NICANOR, AXEO la même que ALKERA

c) Classement des molécules

Comme le montre la Figure 46, l'analyse des risques de transfert vertical (seuil 0,1 µg/l) pour les molécules actives contenues dans les produits appliqués sur blé tendre d'hiver montre que les substances actives les plus transférantes sont : le chlorotalonil, le fluxapyroxad, le clopyralid, le thifensulfuron-méthyl, le chlorotoluron et le metsulfuron-méthyl.

Pour le chlorotalonil, le fluxapyroxad, le thifensulfuron-méthyl et le metsulfuron-méthyl, les risques de transfert sont surtout liés aux métabolites de dégradation. Pour le clopyralid et le chlorotoluron, les risques sont liés à la molécule parent.



d) Préconisations

Plusieurs applications phytosanitaires sur blé tendre d'hiver sont susceptibles d'avoir un impact important sur la qualité de l'eau. Dans ces conditions, il faut dans un premier temps chercher à limiter le recours aux produits phytosanitaires : faux semis, semis tardif, recours au désherbage, réduction des doses en fonction des stades des adventices et de la culture, allongement des rotations, etc.

Dès lors que les applications phytosanitaires sont nécessaires, les recommandations suivantes doivent être suivies dans la mesure du possible.

Applications de chlorothalonil (BRAVO PREMIUM) :

- Favoriser une stratégie T1 en epoxiconazole (OPUS) + prochloraze (PYROS) qui est beaucoup moins impactante que BRAVO PREMIUM (epoxiconazole + chlorothalonil).

Applications de fluxapyroxad (ADEXAR) :

- En T2, préférer AVIATOR (bixafen) qui n'entraîne presque aucun transfert, à ADEXAR (fluxapyroxad). Cette alternative est déjà implémentée par certaines coopératives.

Applications de clopyralid (BOFIX, BOSTON) :

- Favoriser un désherbage en automne, au semis, avec du PUCCINI GOLD (diflufenican + isoproturon) ou LEGACY DUO (diflufenican + isoproturon) ou QUARTZ GT (diflufenican + isoproturon) ou DEFI (prosulfocarbe) au semis, plutôt que faire du rattrapage au printemps avec clopyralid.
- Être attentif aux nouvelles restrictions sur l'utilisation de l'isoproturon.
- Une stratégie basée sur DEFI+CENT 7 (prosulfocarbe et isoxaben) au printemps est moins impactante que le clopyralid.

Applications de thifensulfuron-méthyl (HARMONY EXTRA SX), chlortoluron (AMBOISE, ATHLET) et metsulfuron-méthyl (ALLIE, NICANOR) :

- Molécules difficilement remplaçables. Limiter les utilisations par recours à des solutions agronomiques.

5.3.4. Orge d'hiver

NB : Pour la culture d'orge d'hiver, seuls les graphiques de résultats pour les risques verticaux et le seuil 0,1 µg/l sont présentés dans cette section. Les autres graphiques de résultats (seuil 2 µg/l et transferts horizontaux) sont disponibles en Annexe 3 de ce rapport.

a) Classement des applications

La Figure 47 représente les valeurs de l'indicateur PITSA (transferts verticaux, seuil 0,1 µg/l) pour chaque application évaluée sur l'orge d'hiver, classées dans l'ordre décroissant.

Sur les 19 applications modélisées, 5 ont un indicateur de risque PITSA Vertical supérieur à 60 %. Ces applications correspondent à des traitements herbicides pour 3 d'entre elles et fongicides pour les 2 autres.

Huit applications présentent un risque de transfert compris entre 20 et 60 % (toutes herbicides). Parmi elles, 2 ont été proposées lors de la phase 2 des travaux, comme solutions alternatives pour réduire les risques de transfert (marquées par un signe ► dans la Figure 47). Ces solutions alternatives ont donc un impact environnemental non nul, mais elles peuvent néanmoins permettre de réduire les risques par rapport à des applications plus "transférantes".

Les 6 autres applications testées ont un indicateur PITSA Vertical inférieur à 20%. Parmi elles, une application (fongicide) est une alternative testée dans les travaux de la phase 2 et représente donc une solution alternative très intéressante pour réduire les risques de transfert.

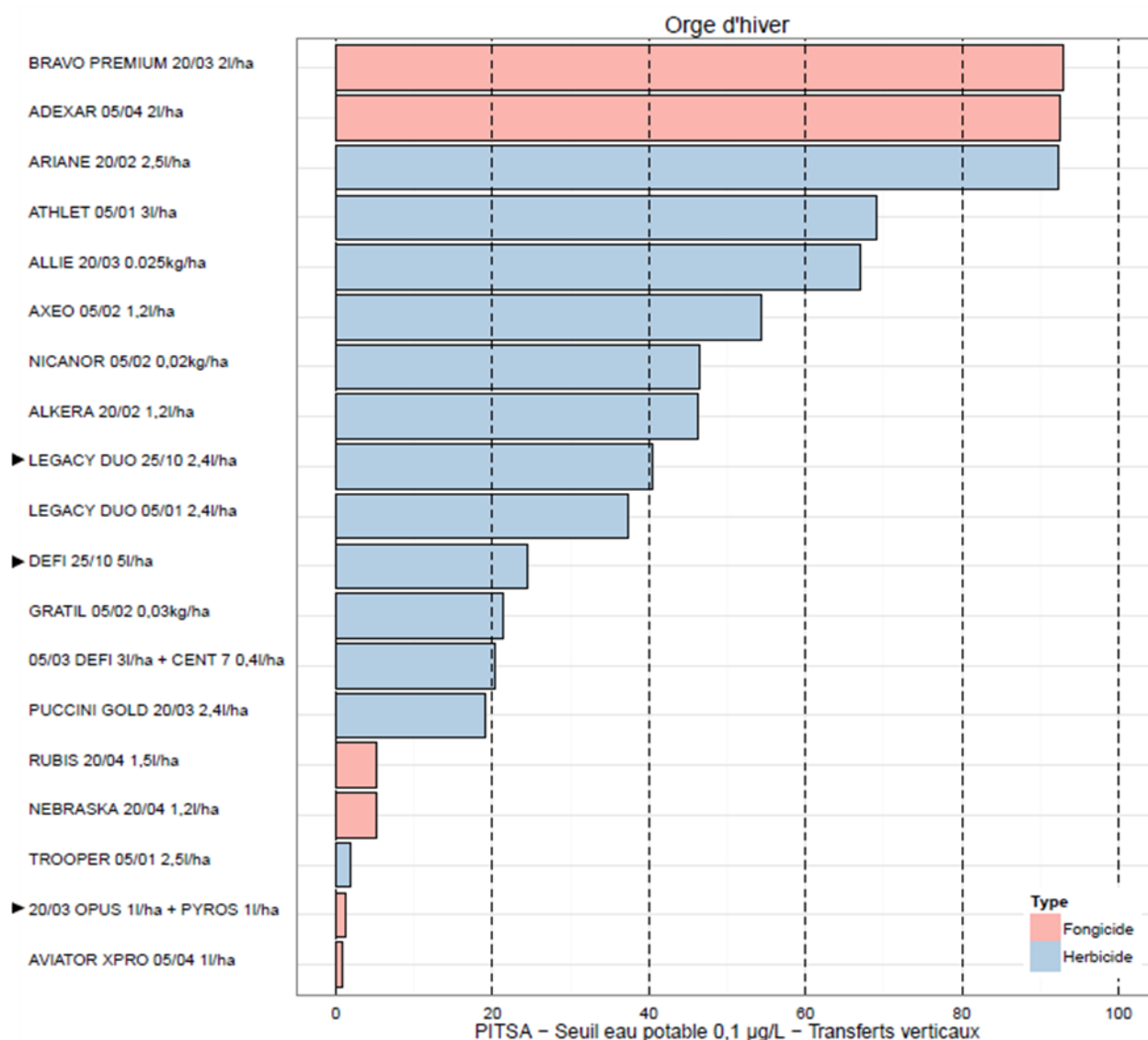


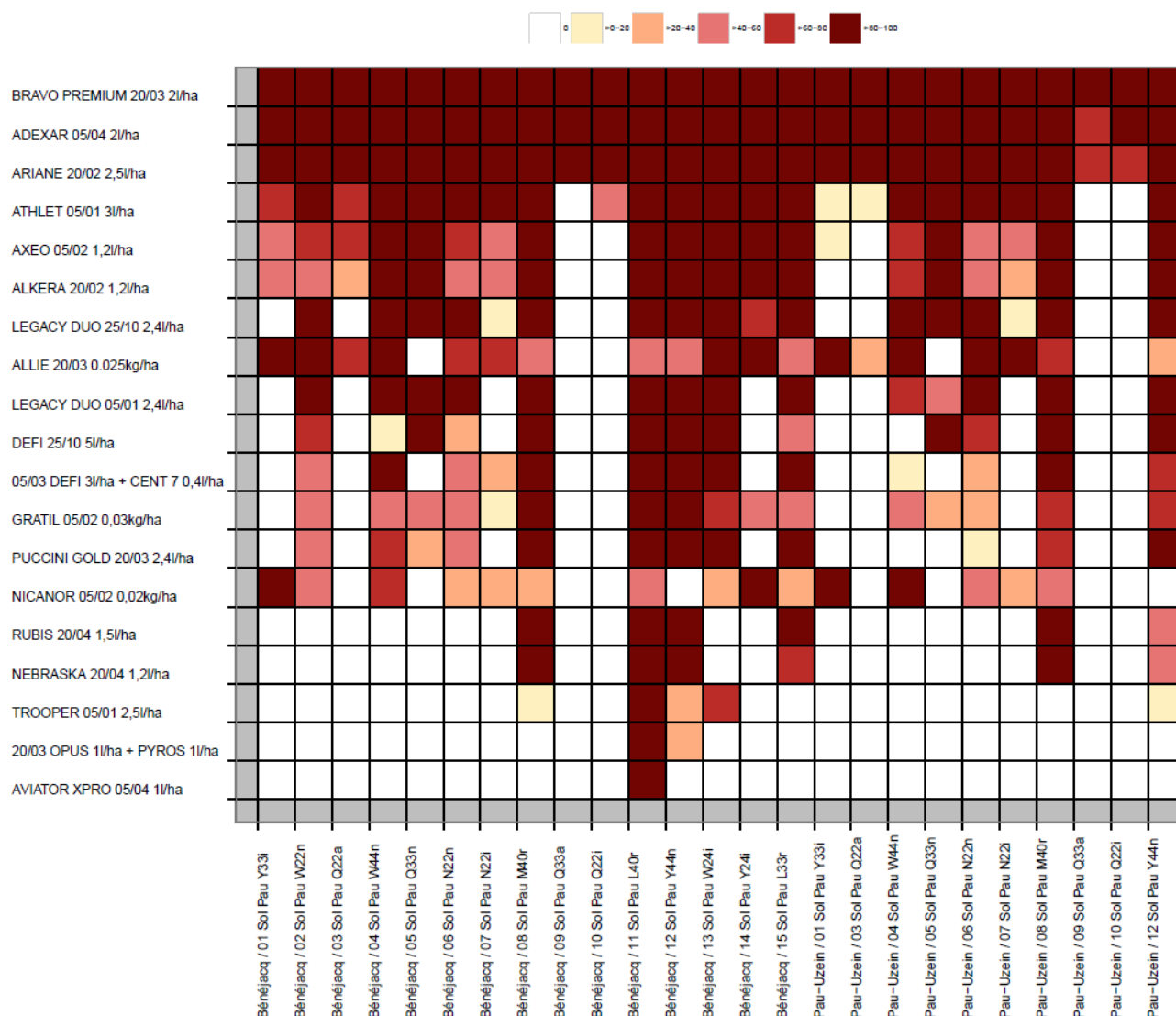
Figure 47. Classement des applications phytosanitaires modélisées sur l'orge d'hiver selon le risque de transfert vertical, seuil 0,1 µg/l

Risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Vertical, seuil 0,1 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2 (marquées par le signe ►)

Les produits ALLIE et NICANOR sont équivalents (metsulfuron-méthyl 20 %)

b) Matrice Conseil Tetris

La Figure 48 représente la Matrice Conseil Tetris pour la culture d'orge d'hiver vis-à-vis des risques de transfert verticaux (seuil 0,1 µg/l). Elle inclut toutes les applications évaluées dans cette étude (phase 1 et 2).



c) Classement des molécules

Comme le montre la Figure 49, l'analyse des risques de transfert vertical (seuil 0,1 µg/l) pour les molécules actives contenues dans les produits appliqués sur orge d'hiver montre que les substances actives les plus transférantes sont : le chlorotalonil, le fluxapyroxad, le clopyralid et le chlorotoluron.

Pour le chlorotalonil et le fluxapyroxad, les risques de transfert sont liés aux métabolites de dégradation. Pour le clopyralid et le chlorotoluron, les risques sont liés à la molécule parent.

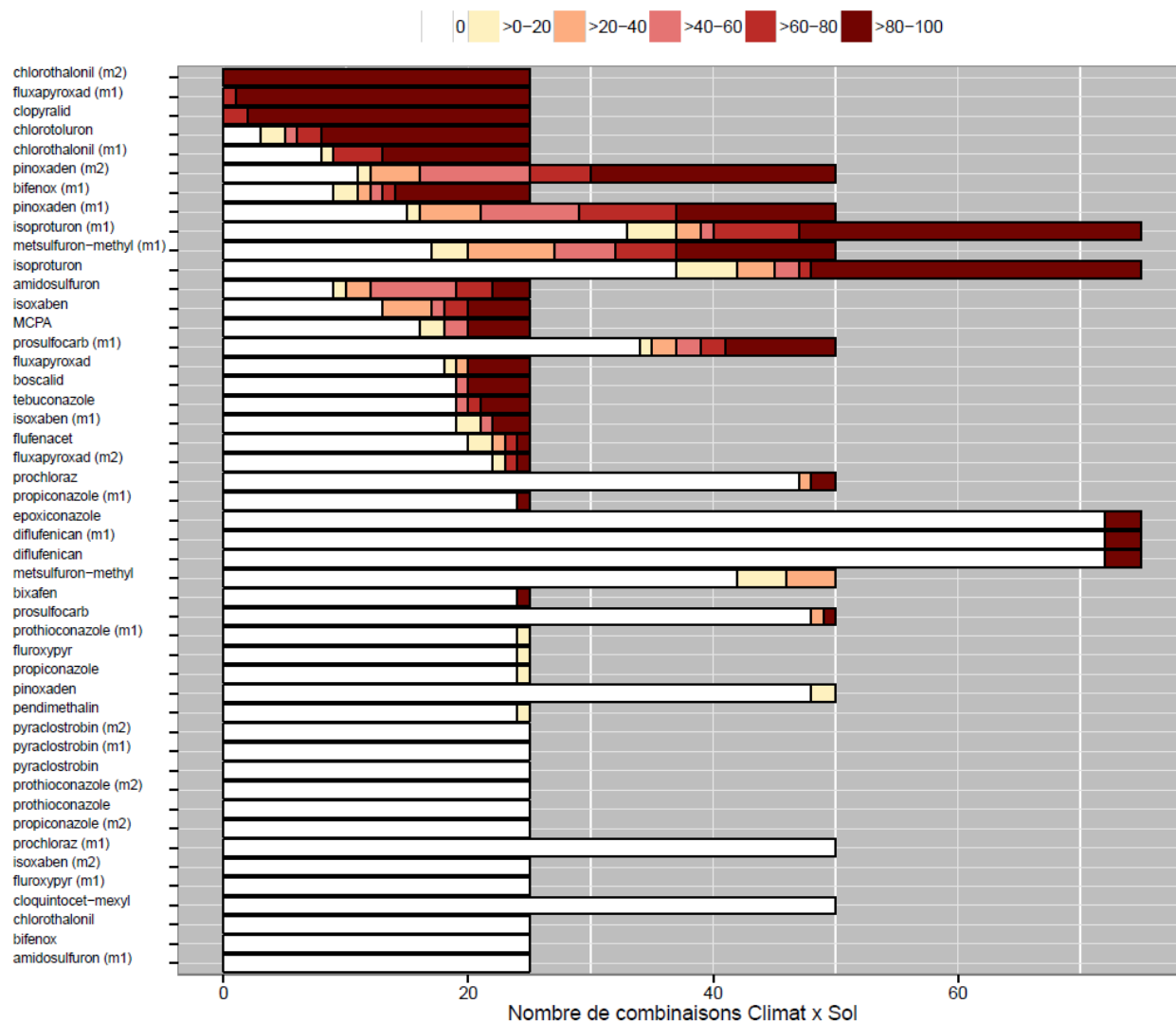


Figure 49. Classement des molécules actives modélisées sur l'orge d'hiver selon le risque de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l

(risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Vertical, seuil 0,1 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2)

d) Préconisations

Plusieurs applications phytosanitaires sur orge d'hiver sont susceptibles d'avoir un impact important sur la qualité de l'eau. Dans ces conditions, il faut dans un premier temps chercher à limiter le recours aux produits phytosanitaires : faux semis, semis tardif, recours au désherbinage, réduction des doses en fonction des stades des adventices et de la culture, allongement des rotations, etc.

Dès lors que les applications phytosanitaires sont nécessaires, les recommandations suivantes doivent être suivies dans la mesure du possible.

Applications de chlorothalonil (BRAVO PREMIUM) :

- Favoriser une stratégie T1 en epoxiconazole (OPUS) + prochloraze (PYROS) qui est beaucoup moins impactante que BRAVO PREMIUM (epoxiconazole + chlorothalonil).

Applications de fluxapyroxad (ADEXAR) :

- En T2, préférer AVIATOR (bixafen) qui n'entraîne presque aucun transfert, à ADEXAR (fluxapyroxad). Cette alternative est déjà implémentée par certaines coopératives.

Applications de clopyralid (ARIANE) :

- Favoriser un désherbage en automne, au semis, avec du PUCCINI GOLD (diflufenican + isoproturon) ou LEGACY DUO (diflufenican + isoproturon) ou QUARTZ GT (diflufenican + isoproturon) ou DEFI (prosulfocarbe) au semis, plutôt que faire du rattrapage au printemps avec clopyralid.
- Etre attentif aux nouvelles restrictions sur l'utilisation de l'isoproturon.
- Une stratégie basée sur DEFI+CENT 7 (prosulfocarbe et isoxaben) au printemps est moins impactante que le clopyralid.

Applications de chlortoluron (ATHLET) et metsulfuron-methyl (ALLIE, NICANOR) :

- Molécules difficilement remplaçables. Limiter les utilisations par recours à des solutions agronomiques.

5.3.5. Colza d'hiver

NB : Pour la culture de colza d'hiver, seuls les graphiques de résultats pour les risques verticaux et le seuil 0,1 µg/l sont présentés dans cette section. Les autres graphiques de résultats (seuil 2 µg/l et transferts horizontaux) sont disponibles en Annexe 3 de ce rapport.

a) Classement des applications

La Figure 50 représente les valeurs de l'indicateur PITSA (transferts verticaux, seuil 0,1 µg/l) pour chaque application évaluée sur colza d'hiver, classées dans l'ordre décroissant.

Sur les 13 applications modélisées, 6 ont un indicateur de risque PITSA Vertical supérieur à 80 %. Ces 6 applications correspondent à des traitements herbicides.

Les 7 autres applications testées ont un indicateur PITSA Vertical inférieur à 25%. Parmi elles, une application (herbicide) provient des travaux de la phase 2 (marquées par un signe ► dans la Figure 50) et pourrait donc représenter une solution alternative intéressante pour réduire les risques de transfert.

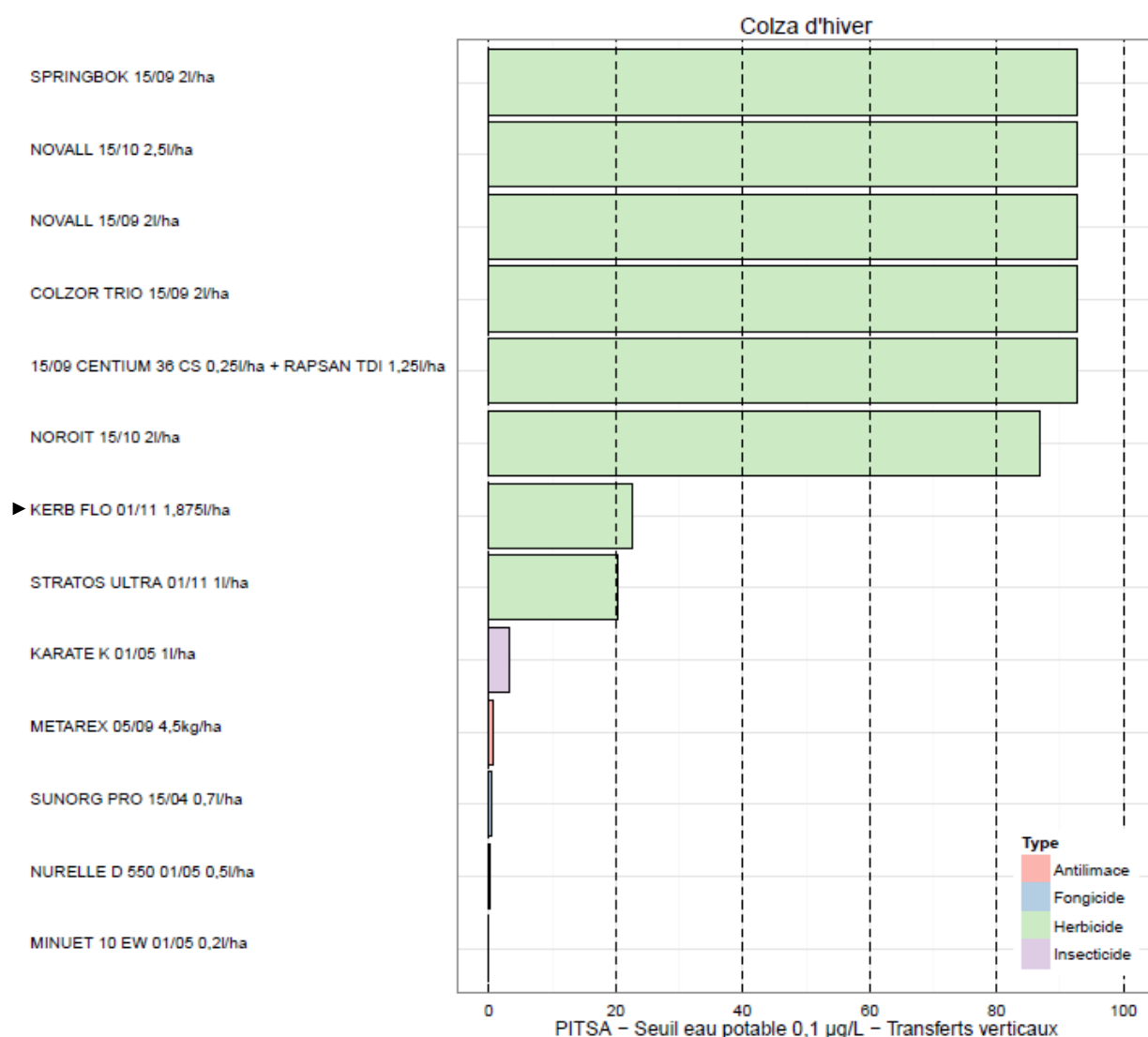


Figure 50. Classement des applications phytosanitaires modélisées sur le colza d'hiver selon le risque de transfert vertical, seuil 0,1 µg/l

Risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Vertical, seuil 0,1 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2 (marquées par le signe ►)

Les produits NOVALL et RAPSAN TDI ont la même composition (metazachlore, quinmerac)

b) Matrice Conseil Tetris

La Figure 51 représente la Matrice Conseil Tetris pour la culture de colza d'hiver vis-à-vis des risques de transfert verticaux (seuil 0,1 µg/l). Elle inclut toutes les applications évaluées dans cette étude (phase 1 et 2).

Parmi les 13 applications évaluées sur colza d'hiver, 5 présentent un risque de transfert vertical supérieur à 80 % sur tous les types de sols et de climats présents sur le territoire. Pour ces applications, des solutions de substitution de molécules seront les plus efficaces d'un point de vue environnemental. Pour les autres applications, il sera possible de dispenser un conseil différencié selon les types de sols et de climat à l'aide de la Matrice Conseil Tetris.

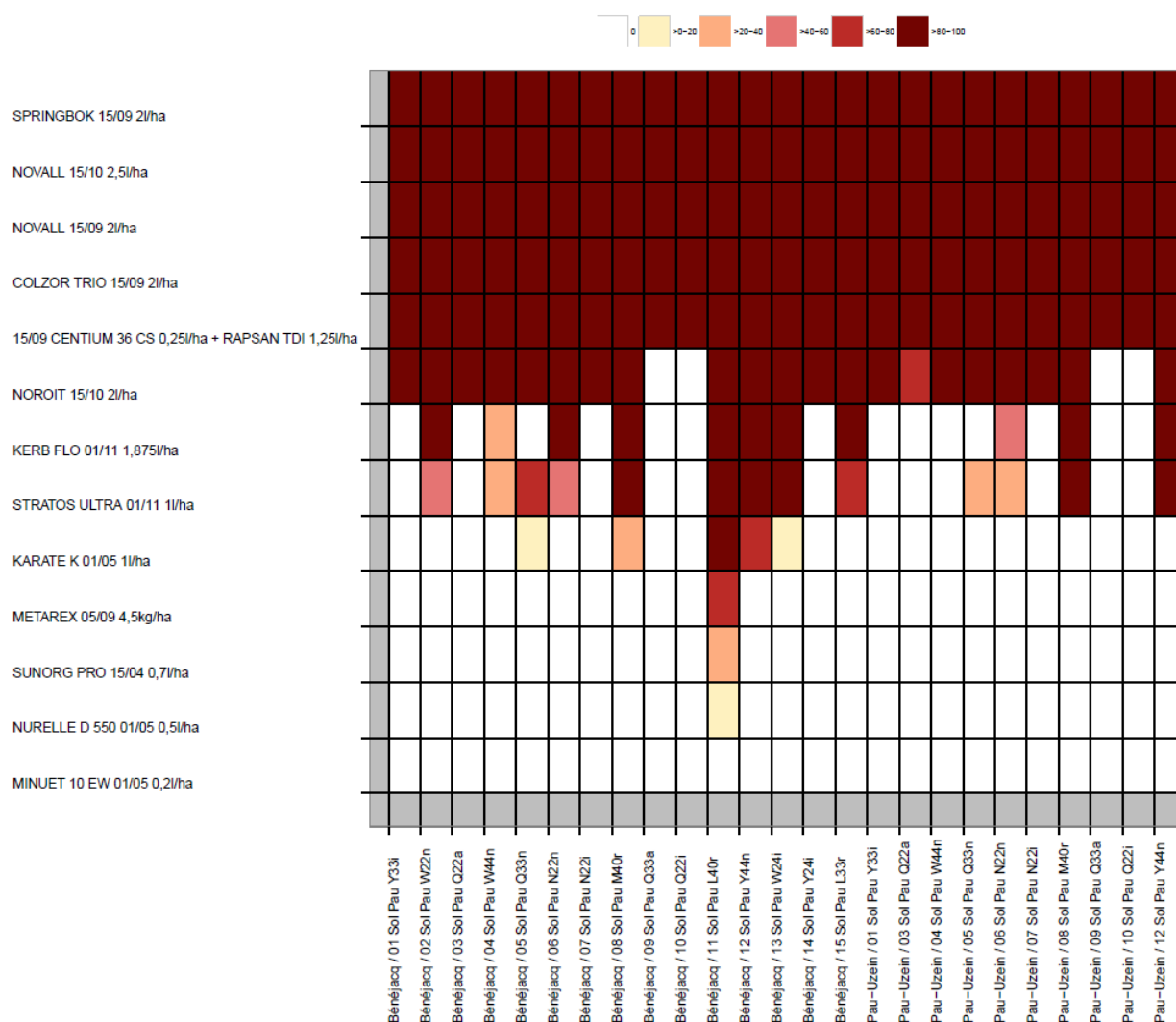


Figure 51. Matrice Conseil pour la culture de colza d'hiver, représentant les risques de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l

Risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Vertical, seuil 0,1 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2 (marquées par le signe ►)

Les produits NOVALL et RAPSAN TDI ont la même composition (metazachlore quinmerac)

c) Classement des molécules

Comme le montre la Figure 52, l'analyse des risques de transfert vertical (seuil 0,1 µg/l) pour les molécules actives contenues dans les produits appliqués sur colza d'hiver montre que les substances actives les plus transférantes sont : le metazachlore, le dimetachlore, le quinmerac, et le cletrodime.

Pour le metazachlore et le quinmerac, les risques de transfert sont liés à la substance parent et aux métabolites de dégradation. Pour le dimetachlore et le cletrodime, les risques sont liés aux métabolites de dégradation.

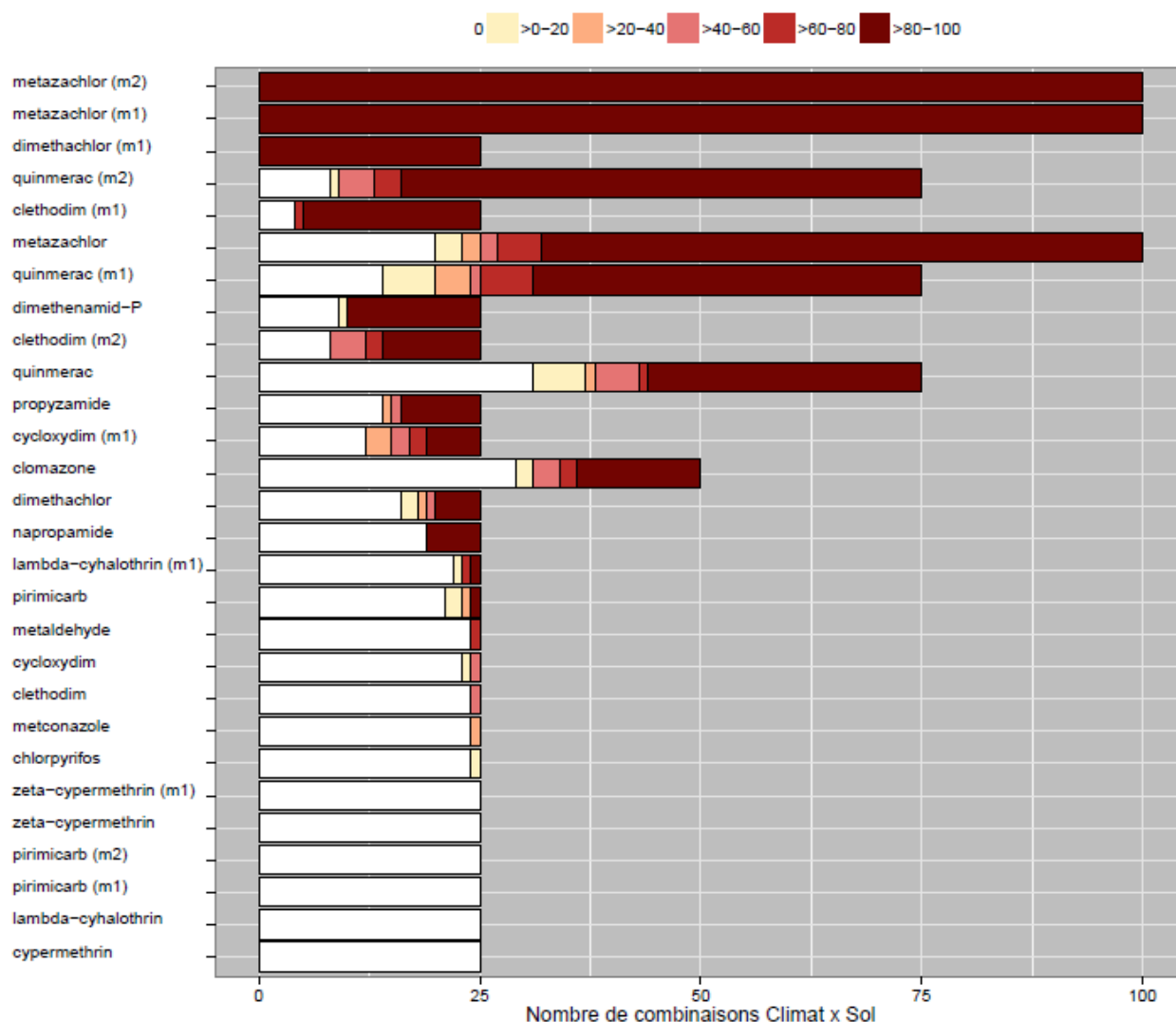


Figure 52. Classement des molécules actives modélisées sur le colza d'hiver selon le risque de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l

(risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Vertical, seuil 0,1 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2)

d) Préconisations

Pratiquement toutes les applications herbicides sur colza sont susceptibles d'avoir un impact très important sur la qualité de l'eau et les solutions alternatives chimiques sont quasi-inexistantes. Dans ces conditions, il faut chercher à limiter le recours aux produits phytosanitaires en adaptant les itinéraires techniques. La culture de colza représente actuellement 0,4 % des surfaces cultivées du territoire.

5.3.6. Triticale

NB : Pour la culture de triticale, seuls les graphiques de résultats pour les risques verticaux et le seuil 0,1 µg/l sont présentés dans cette section. Les autres graphiques de résultats (seuil 2 µg/l et transferts horizontaux) sont disponibles en Annexe 3 de ce rapport.

a) Classement des applications

La Figure 53 représente les valeurs de l'indicateur PITSA (transferts verticaux, seuil 0,1 µg/l) pour chaque application évaluée sur triticales, classées dans l'ordre décroissant.

Sur les 9 applications modélisées, deux ont un indicateur de risque PITSA Vertical supérieur à 80 %. Ces applications correspondent à un traitement herbicide et un traitement fongicide. Une application (herbicide) présente un risque d'environ 50 %. Les 6 autres applications présentent un risque inférieur à 30 %.

Aucune application supplémentaire n'a été proposée comme solution alternative pour réduire les risques de transfert pour la culture de triticales, lors de la phase 2 des travaux.

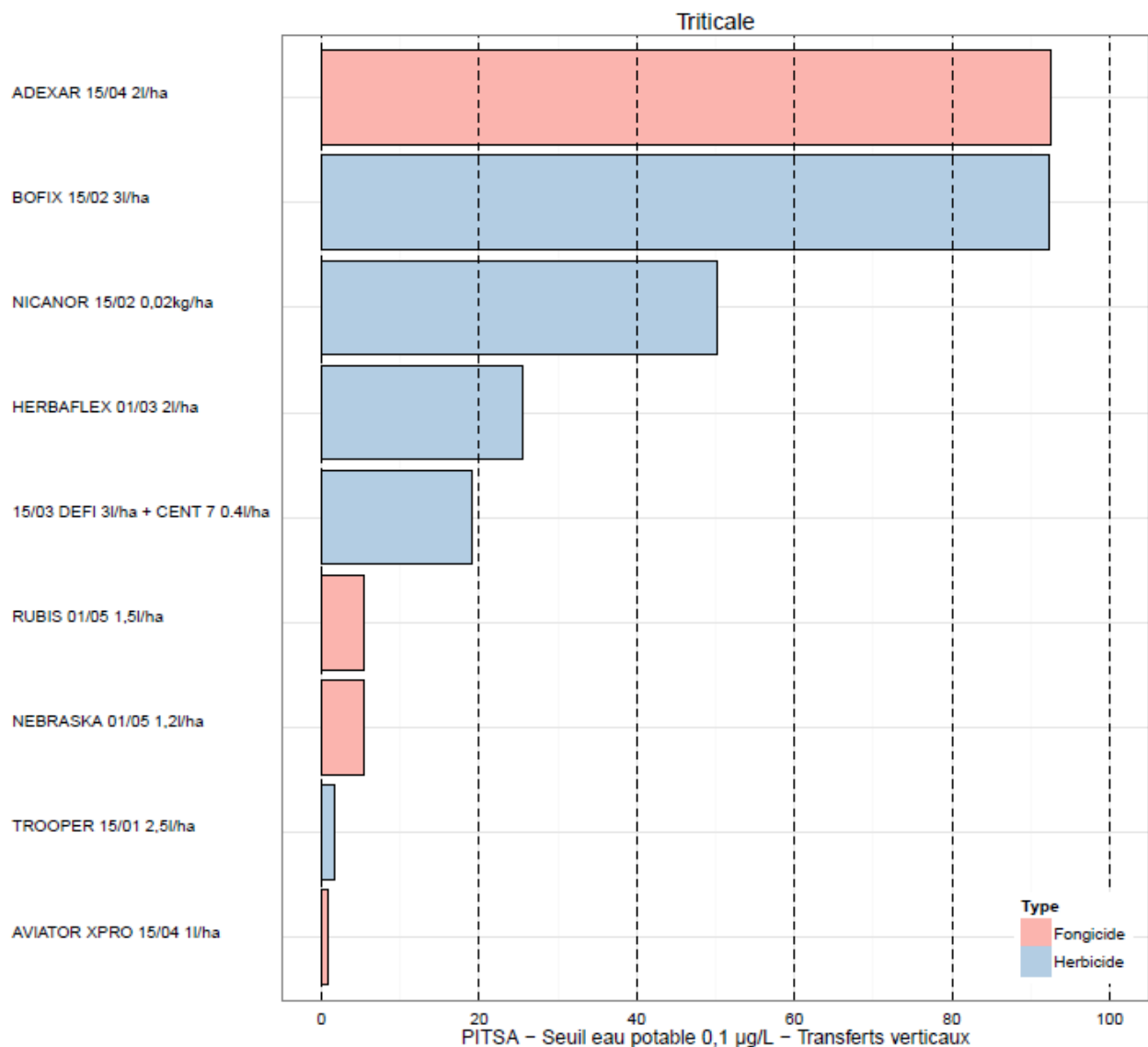


Figure 53. Classement des applications phytosanitaires modélisées sur le triticales selon le risque de transfert vertical, seuil 0,1 µg/l

(risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Vertical, seuil 0,1 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2 (marquées par le signe ►))

b) Matrice Conseil Tetris

La Figure 54 représente la Matrice Conseil Tetris pour la culture de triticales vis-à-vis des risques de transfert verticaux (seuil 0,1 µg/l). Elle inclut toutes les applications évaluées dans cette étude (phase 1 et 2).

Parmi les 9 applications évaluées sur triticales, deux présentent un risque de transfert vertical supérieur à 60 % sur tous les types de sols et de climats présents sur le territoire. Pour ces applications, des solutions de substitution de molécules seront les plus efficaces d'un point de vue environnemental. Pour les autres applications, il sera possible de dispenser un conseil différencié selon les types de sols et de climat à l'aide de la Matrice Conseil Tetris.

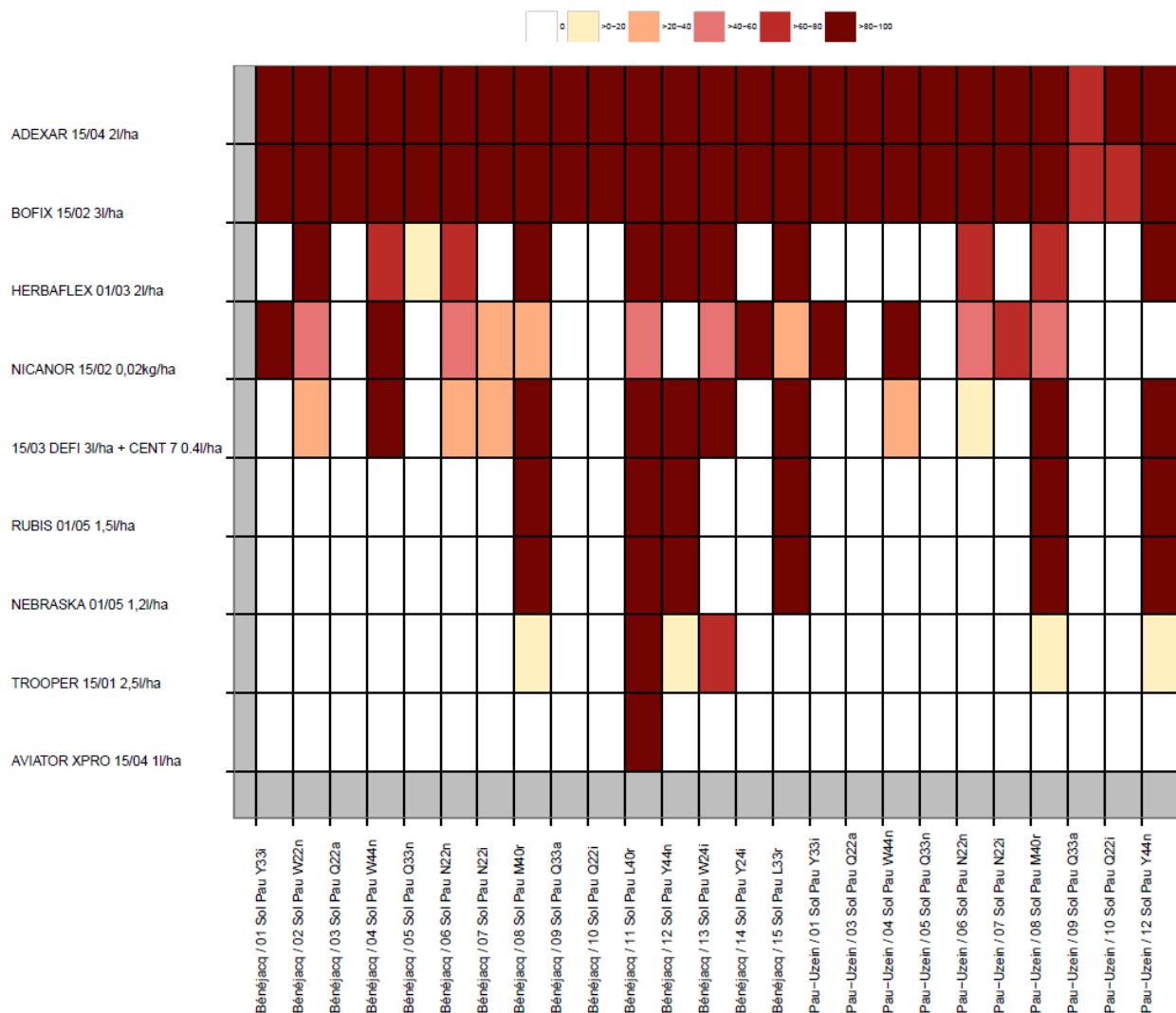


Figure 54. Matrice Conseil pour la culture de triticales, représentant les risques de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l

(risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Vertical, seuil 0,1 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2 (marquées par le signe ►))

c) Classement des molécules

Comme le montre la Figure 55, l'analyse des risques de transfert vertical (seuil 0,1 µg/l) pour les molécules actives contenues dans les produits appliqués sur triticales montre que les substances actives les plus transférantes sont : le fluxapyroxad et le clopyralid.

Pour le fluxapyroxad, les risques de transfert sont surtout liés au premier métabolite de dégradation. Pour le clopyralid, les risques sont liés à la molécule parent.

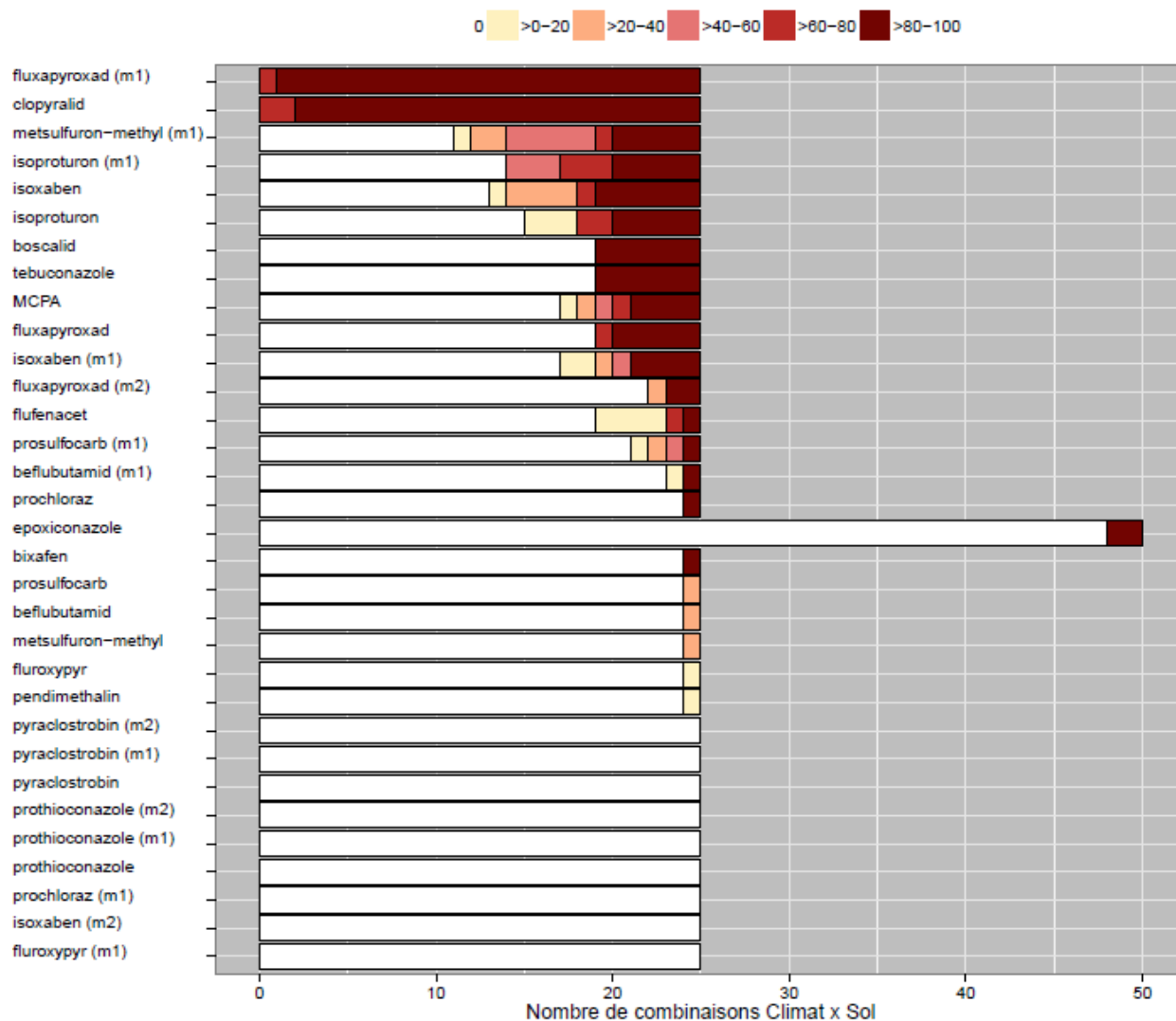


Figure 55. Classement des molécules actives modélisées sur le triticales selon le risque de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l

(risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Vertical, seuil 0,1 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2)

d) Préconisations

Plusieurs applications phytosanitaires sur triticales sont susceptibles d'avoir un impact important sur la qualité de l'eau. Dans ces conditions, il faut chercher à limiter le recours aux produits phytosanitaires en adaptant les itinéraires techniques.

Dès lors que les applications phytosanitaires sont nécessaires, les recommandations suivantes doivent être suivies dans la mesure du possible.

Applications de fluxapyroxad (ADEXAR) :

- En T2, préférer AVIATOR XPRO (bixafen) qui transfère beaucoup moins vers les eaux

Applications de clopyralid (BOFIX)

- Favoriser une stratégie sur la base de DEFI + CENT 7 (prosulfocarbe et isoxaben)

5.3.7. Tournesol

NB : Pour la culture de tournesol, seuls les graphiques de résultats pour les risques verticaux et le seuil 0,1 µg/l sont présentés dans cette section. Les autres graphiques de résultats (seuil 2 µg/l et transferts horizontaux) sont disponibles en Annexe 3 de ce rapport.

a) Classement des applications

La Figure 56 représente les valeurs de l'indicateur PITSA (transferts verticaux, seuil 0,1 µg/l) pour chaque application évaluée sur tournesol classées dans l'ordre décroissant.

Sur les 8 applications modélisées, 1 application a un indicateur de risque PITSA Vertical supérieur à 80 % et 3 ont un indicateur de risque juste au-dessus de 40 % . Ces 4 applications correspondent à des traitements herbicides.

Parmi les applications ayant un risque autour des 40 %, deux ont été proposées lors de la phase 2 des travaux, comme solutions alternatives pour réduire les risques de transfert (marquées par un signe ► dans la Figure 56). Ces solutions alternatives ne sont pas sans impact environnemental, mais permettent néanmoins de réduire significativement les risques de transfert vers les eaux.

Les 4 autres applications testées (2 traitements herbicides, 1 fongicide, 1 insecticide) ont un indicateur PITSA Vertical inférieur à 20%.

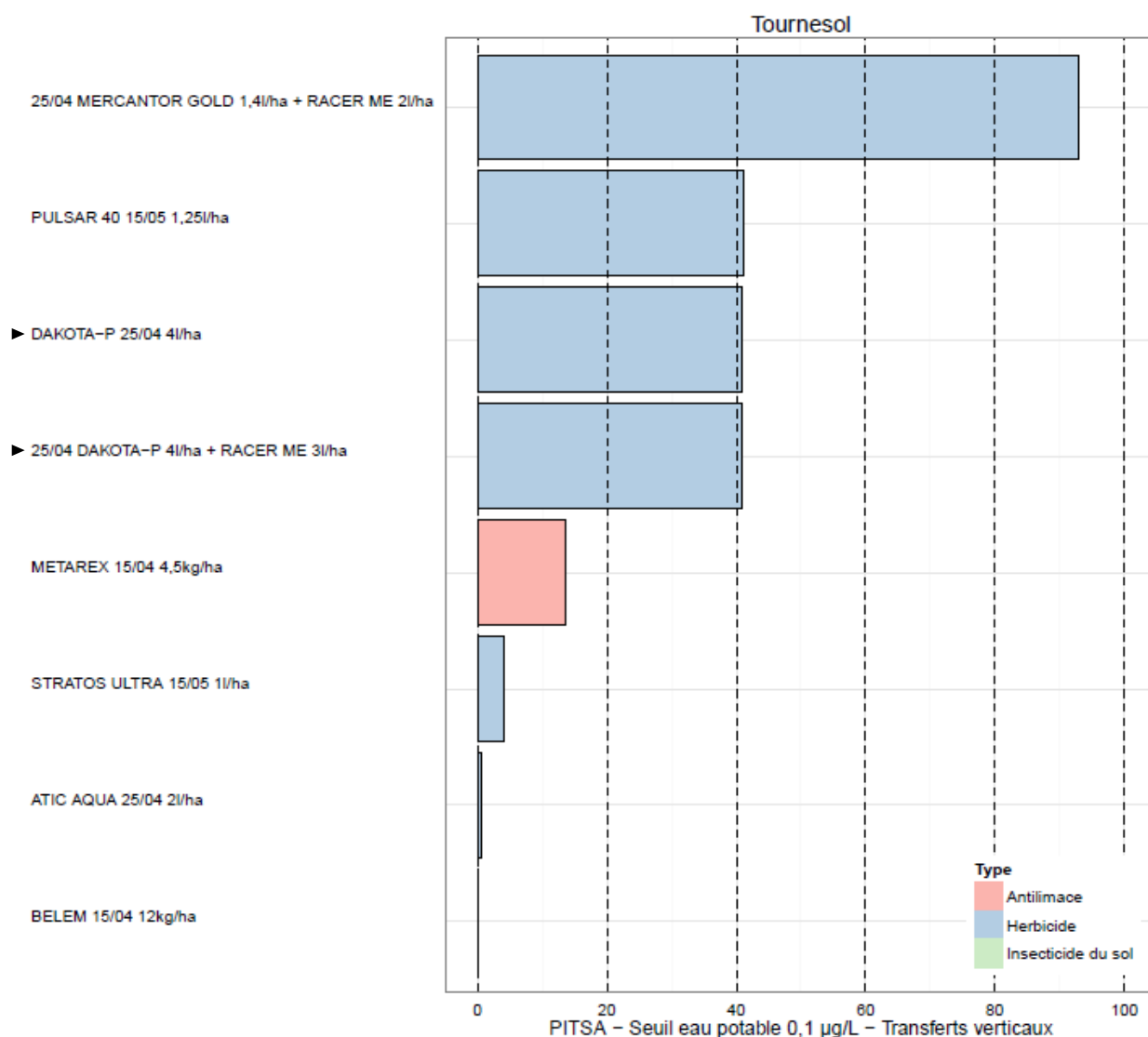


Figure 56. Classement des applications phytosanitaires modélisées sur le tournesol selon le risque de transfert vertical, seuil 0,1 µg/l

(risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Vertical, seuil 0,1 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2 (marquées par le signe ►))

b) Matrice Conseil Tetris

La Figure 57 représente la Matrice Conseil Tetris pour la culture de tournesol vis-à-vis des risques de transfert verticaux (seuil 0,1 µg/l). Elle inclut toutes les applications évaluées dans cette étude (phase 1 et 2).

Parmi les 8 applications évaluées sur tournesol, une présente un risque de transfert vertical supérieur à 80 % sur tous les types de sols et de climats présents sur le territoire. Pour cette application, des solutions de substitution de molécules seront les plus efficaces d'un point de vue environnemental. A l'opposé, une application présente un risque nul sur tous les types de sols. Pour les autres applications, il sera possible de dispenser un conseil différencié selon les types de sols et de climat à l'aide de la Matrice Conseil Tetris.

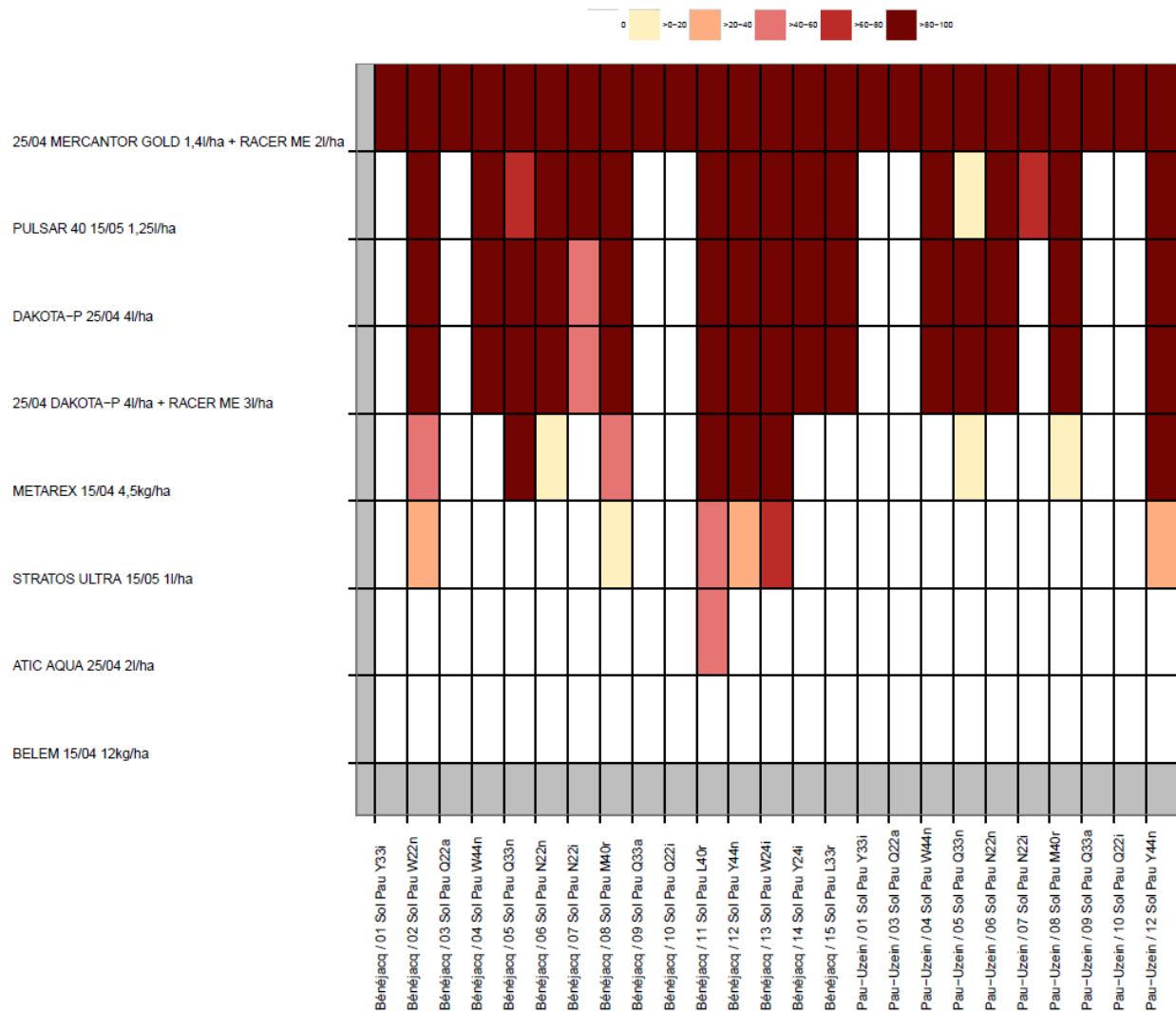


Figure 57. Matrice Conseil pour la culture de tournesol, représentant les risques de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l

(risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Vertical, seuil 0,1 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2 (marquées par le signe ►))

c) Classement des molécules

Comme le montre la Figure 58, l'analyse des risques de transfert vertical (seuil 0,1 µg/l) pour les molécules actives contenues dans les produits appliqués sur tournesol montre que les substances actives les plus transférantes sont : le S-metolachlore, l'imazamox et le dimethenamid-P.

Pour le S-metolachlore, les risques de transfert sont liés aux métabolites de dégradation et dans une moindre mesure à la substance parent. Pour l'imazamox et le dimethenamid-P, les risques sont liés à la molécule parent.

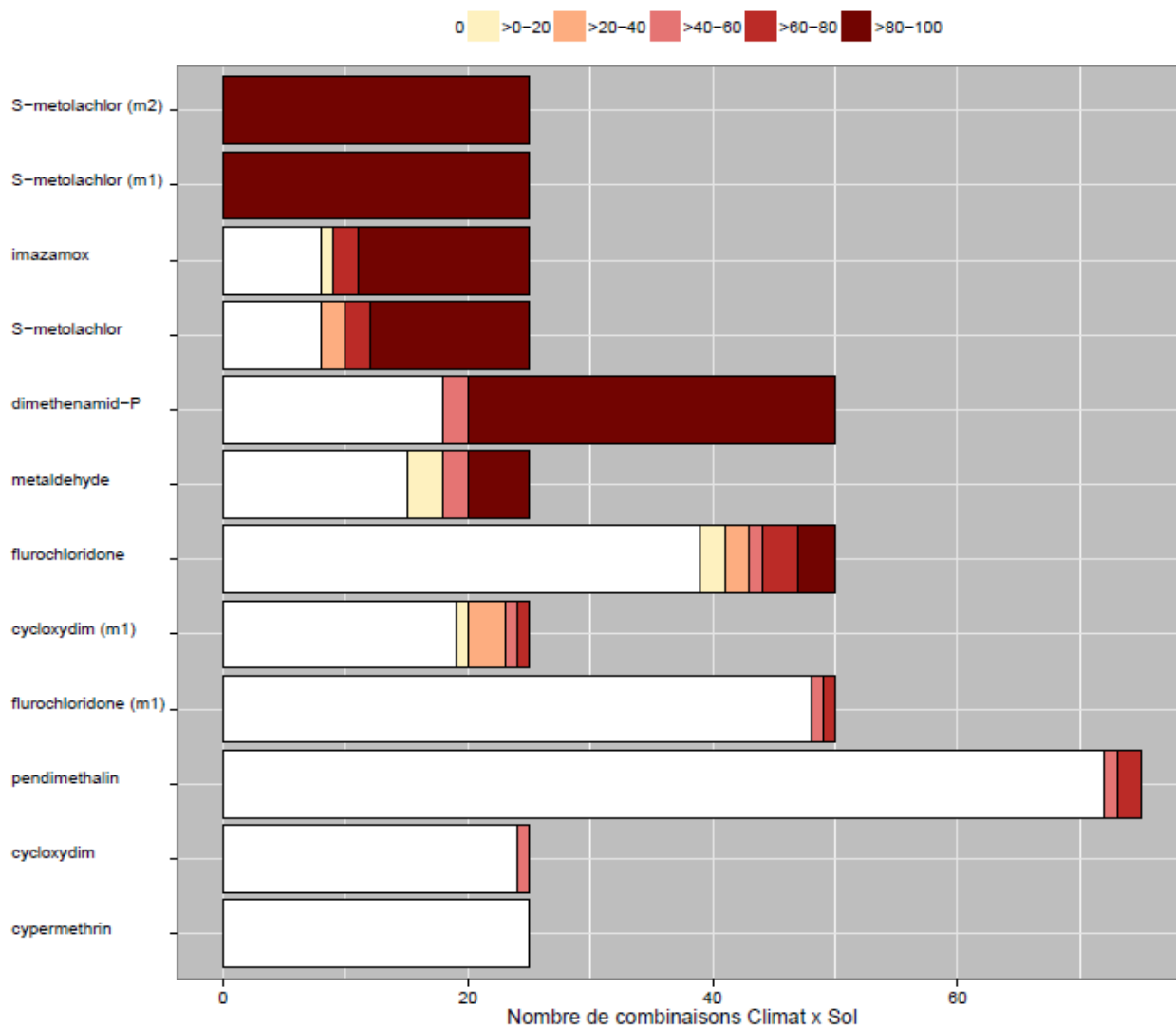


Figure 58. Classement des molécules actives modélisées sur le tournesol selon le risque de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l

(risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Vertical, seuil 0,1 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2)

d) Préconisations

Plusieurs applications phytosanitaires herbicides sur tournesol sont susceptibles d'avoir un impact important sur la qualité de l'eau et les solutions alternatives chimiques sont peu nombreuses. A la place des applications de S-metolachlore (MERCANTOR GOLD), favoriser plutôt DAKOTA-P (DMTAP et pendimethaline) seul ou en combinaison avec RACER ME (flurochloridone), même si les transferts restent importants.

Dans ces conditions, il faut chercher à limiter le recours aux produits phytosanitaires en adaptant les itinéraires techniques : faux semis, semis tardif, recours au désherbinage, réduction des doses en fonction des stades des adventices et de la culture, allongement des rotations, etc.

Le tournesol représente actuellement 0,1 % des surfaces cultivées sur le territoire.

5.3.8. Soja

NB : Pour la culture de soja, seuls les graphiques de résultats pour les risques verticaux et le seuil 0,1 µg/l sont présentés dans cette section. Les autres graphiques de résultats (seuil 2 µg/l et transferts horizontaux) sont disponibles en Annexe 3 de ce rapport.

a) Classement des applications

La Figure 59 représente les valeurs de l'indicateur PITSA (transferts verticaux, seuil 0,1 µg/l) pour chaque application évaluée sur soja, classées dans l'ordre décroissant.

Sur les 6 applications modélisées, 4 ont un indicateur de risque PITSA Vertical supérieur à 80 %. Ces 4 applications correspondent à des traitements herbicides.

Parmi elles, une application a été proposée lors de la phase 2 des travaux, comme solution alternative pour réduire les risques de transfert (marquée par un signe ► dans la Figure 59). Cette alternative ne constitue donc pas une solution efficace d'un point de vue environnemental.

Une autre application herbicide a un indicateur PITSA Vertical autour de 40%. Elle présente donc des risques de transfert, mais ceux-ci sont néanmoins inférieurs aux 4 autres applications herbicides testées.

L'application antilimace testée présente un risque PITSA Vertical autour de 20 %.

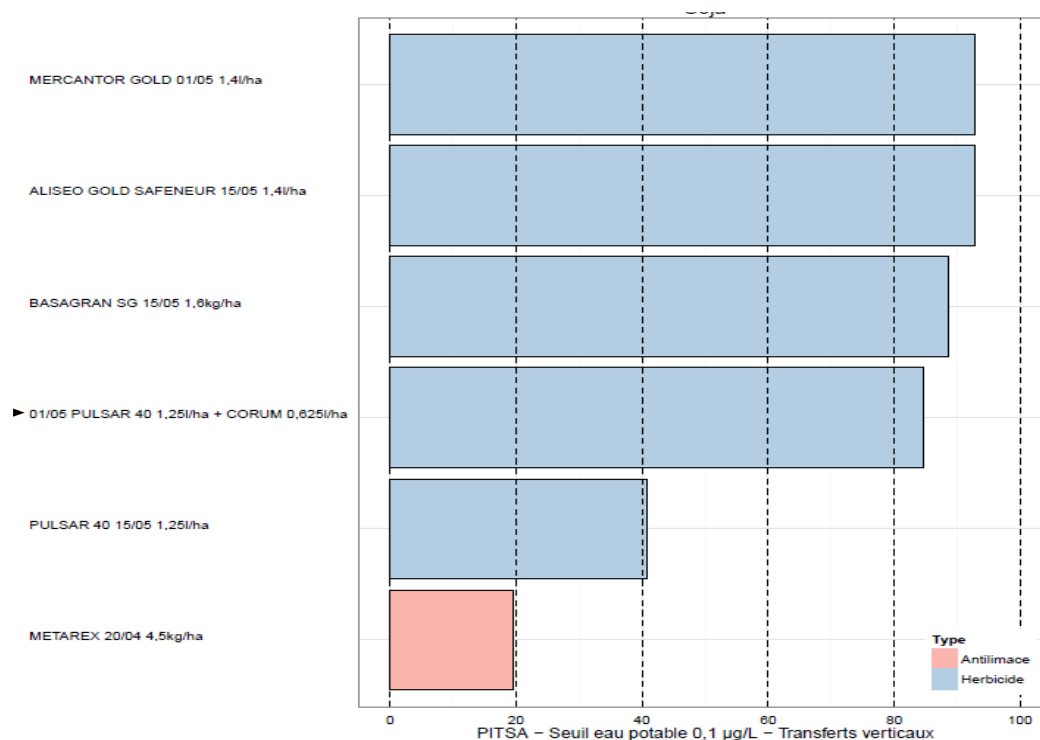


Figure 59. Classement des applications phytosanitaires modélisées sur le soja selon le risque de transfert vertical, seuil 0,1 µg/l

(risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Vertical, seuil 0,1 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2 (marquées par le signe ►))

b) Matrice Conseil Tetris

La Figure 60 représente la Matrice Conseil Tetris pour la culture de soja vis-à-vis des risques de transfert verticaux (seuil 0,1 µg/l).

Parmi les 6 applications évaluées sur soja, 2 présentent un risque de transfert vertical supérieur à 80 % sur tous les types de sols et de climats présents sur le territoire. Pour ces applications, des solutions de substitution de molécules seront les plus efficaces d'un point de vue environnemental. Pour les autres applications, il sera possible de dispenser un conseil différencié selon les types de sols et de climat à l'aide de la Matrice Conseil Tetris.

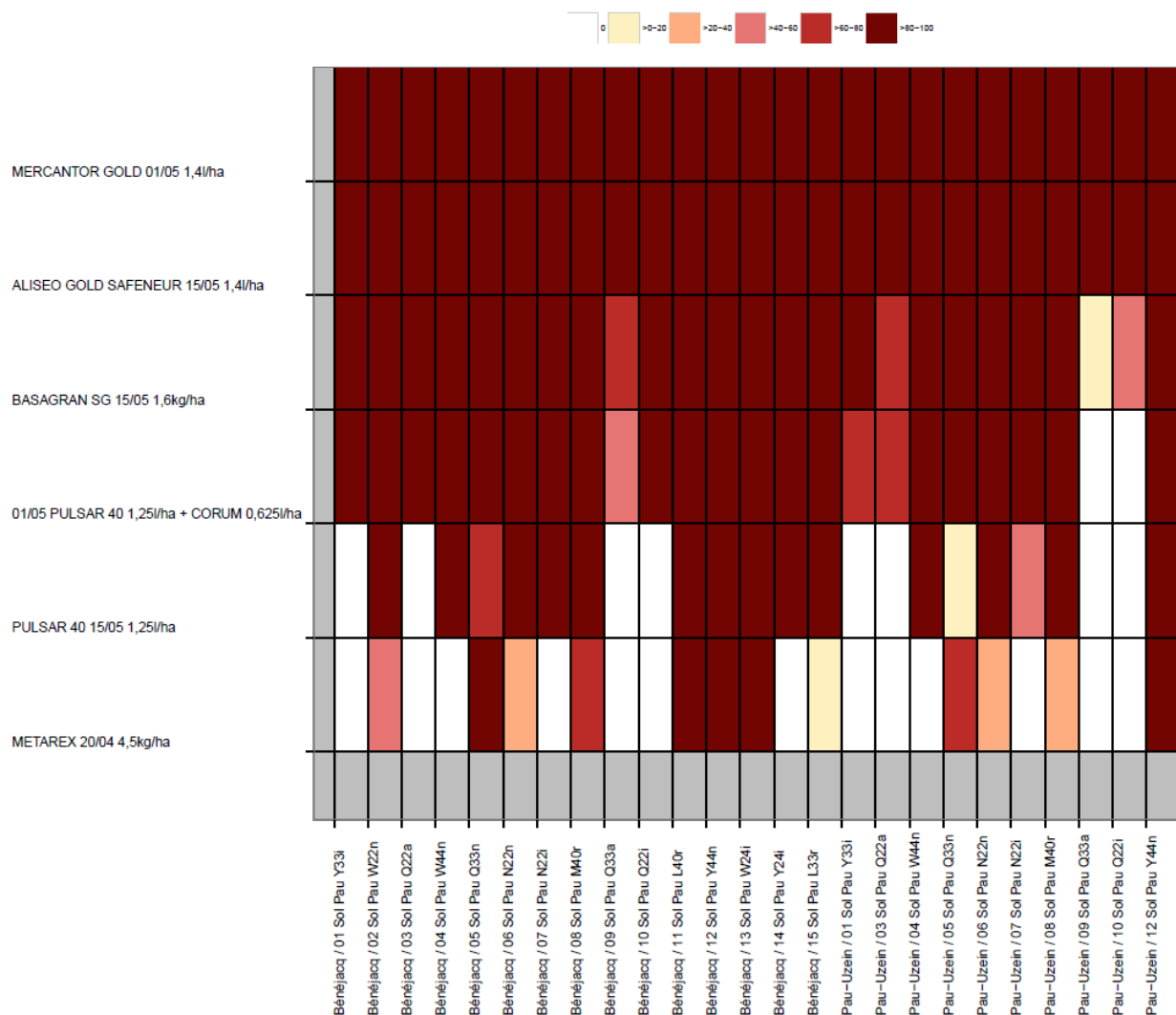


Figure 60. Matrice Conseil pour la culture de soja, représentant les risques de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l

(risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Vertical, seuil 0,1 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2 (marquées par le signe ►))

c) Classement des molécules

Comme le montre la Figure 61, l'analyse des risques de transfert vertical (seuil 0,1 µg/l) pour les molécules actives contenues dans les produits appliqués sur soja montre que les substances actives les plus transférantes sont : le S-metolachlore et la bentazone.

Pour le S-metolachlore, les risques de transfert sont surtout liés aux métabolites de dégradation et dans une moindre mesure à la substance parent. Pour la bentazone, les risques sont liés à la molécule parent.

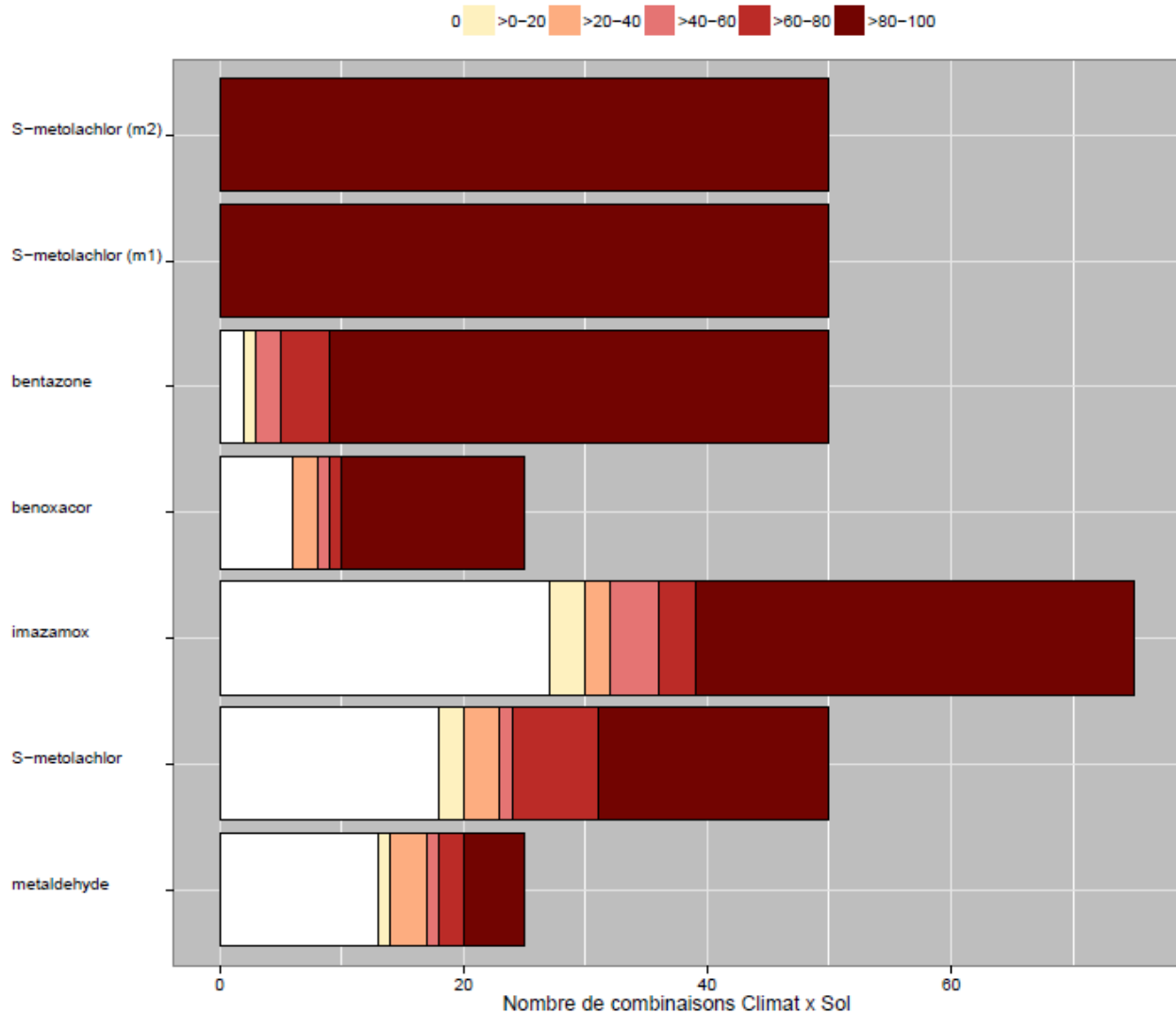


Figure 61. Classement des molécules actives modélisées sur le soja selon le risque de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l

(risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Vertical, seuil 0,1 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2)

d) Préconisations

Pratiquement toutes les applications herbicides sur soja sont susceptibles d'avoir un impact très important sur la qualité de l'eau et les solutions alternatives chimiques sont quasi-inexistantes. La seule alternative identifiée est d'avoir recours à de l'imazamox (PULSAR 40) en post levée à la place du S-metolachlore (MERCANTOR GOLD, ALISEO GOLD SAFENEUR).

Dans ces conditions, il faut chercher à limiter le recours aux produits phytosanitaires en adaptant les itinéraires techniques.

5.3.9. Prairies permanentes

NB : Pour les prairies permanentes, seuls les graphiques de résultats pour les risques verticaux et le seuil 0,1 µg/l sont présentés dans cette section. Les autres graphiques de résultats (seuil 2 µg/l et transferts horizontaux) sont disponibles en Annexe 3 de ce rapport.

a) Classement des applications

La Figure 62 représente les valeurs de l'indicateur PITSA (transferts verticaux, seuil 0,1 µg/l) pour chaque application évaluée sur prairie permanente, classées dans l'ordre décroissant.

Sur les 9 applications modélisées, 3 ont un indicateur de risque PITSA Vertical proche de ou supérieur à 80 %. Ces 3 applications correspondent à des traitements herbicides proposés lors de la phase 2 des travaux, comme solutions alternatives pour réduire les risques de transfert (marquées par un signe ► dans la Figure 62). Ces 3 applications doivent donc être rejetées pour ne pas augmenter les risques de transfert vers les eaux.

Les 5 autres applications herbicides testées ont un indicateur PITSA Vertical compris entre 40 et 60 % pour 3 d'entre elles, et entre 20 et 30 % pour les 2 autres. Ces 2 applications présentant des risques moindres correspondent à des traitements à vue, localisé par "tâches", donc à plus faibles doses.

L'application d'insecticide présente des risques de transfert très faibles.

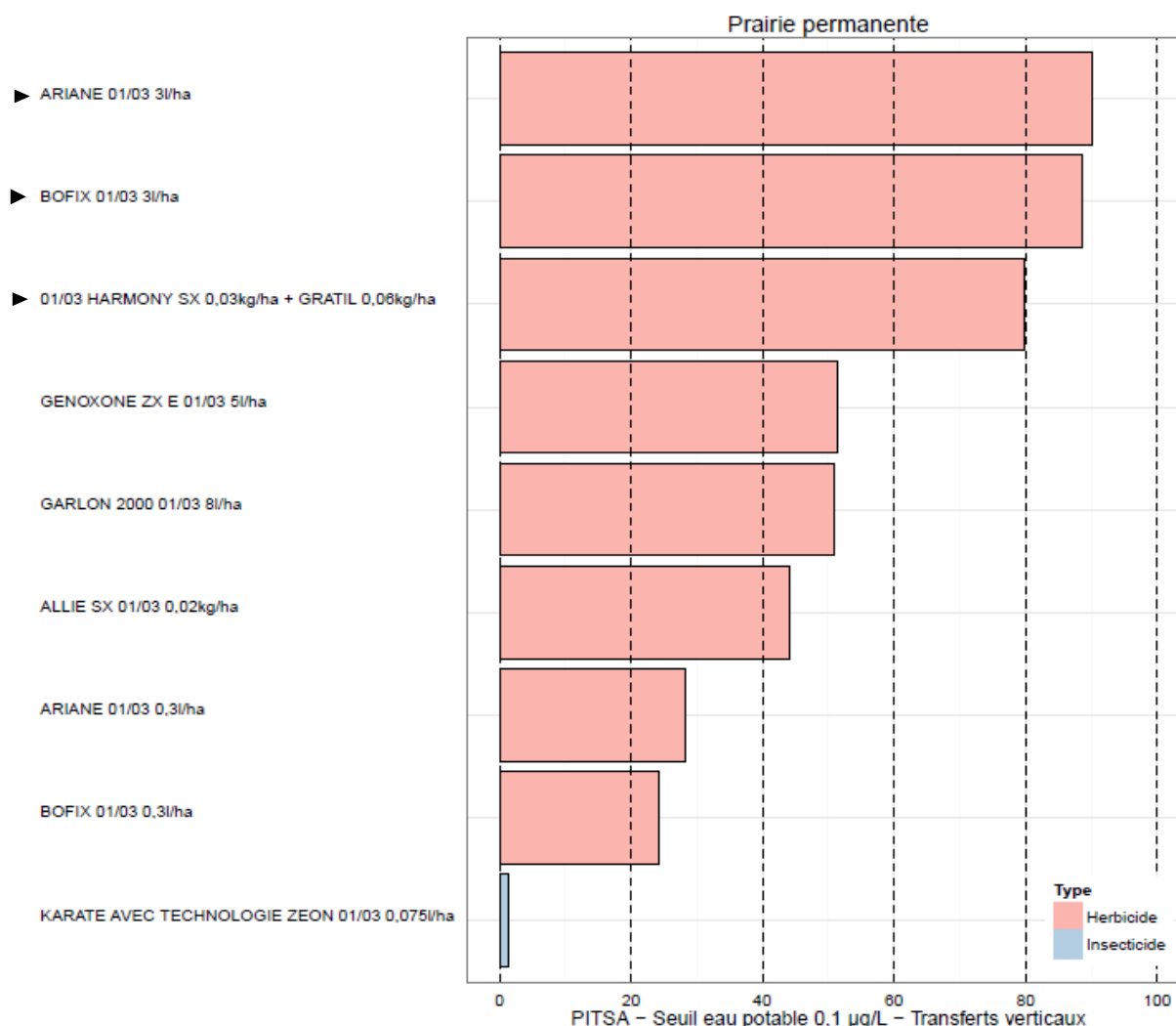


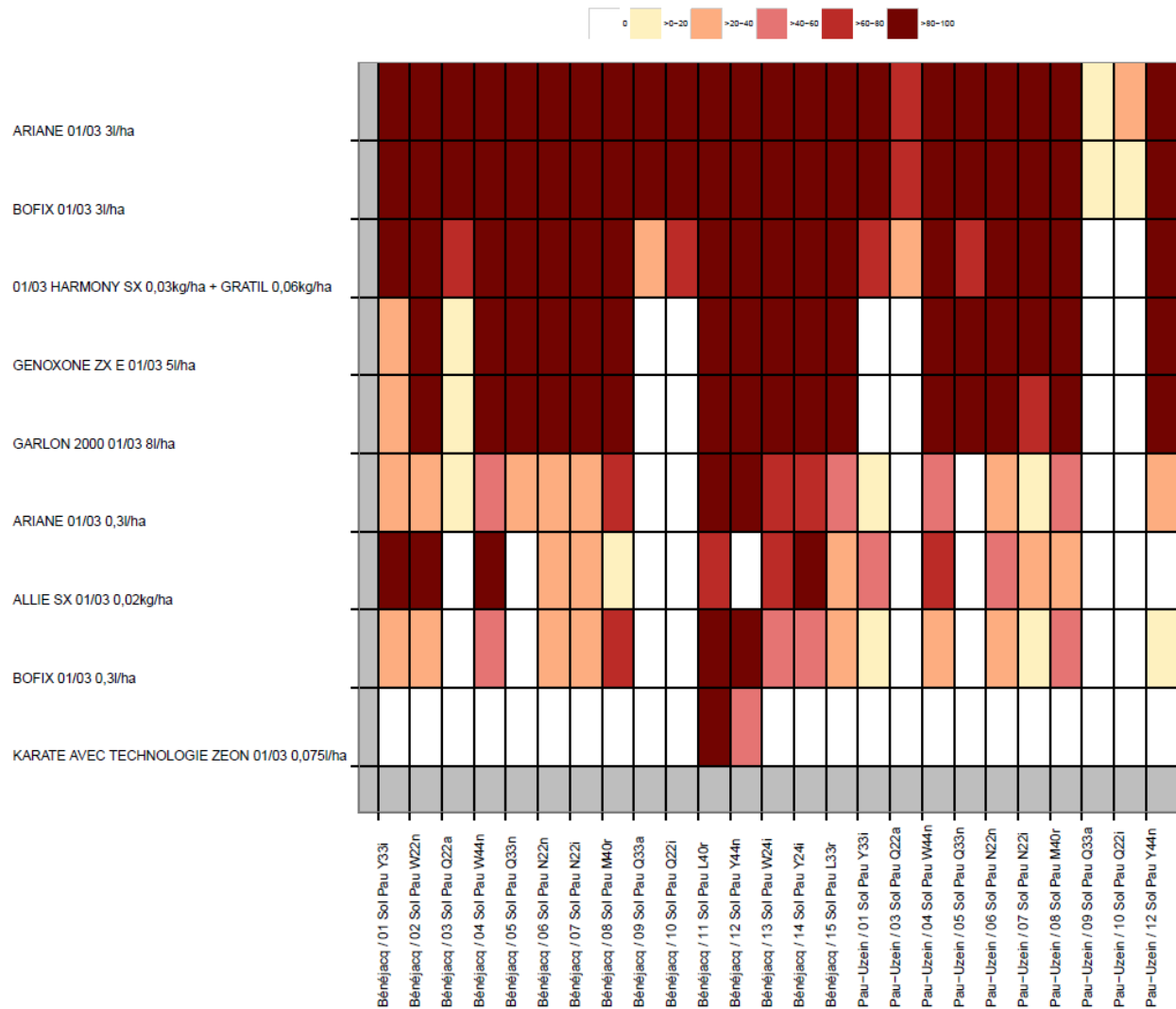
Figure 62. Classement des applications phytosanitaires modélisées sur prairie permanente selon le risque de transfert vertical, seuil 0,1 µg/l

(risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Vertical, seuil 0,1 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2 (marquées par le signe ►))

b) Matrice Conseil Tetris

La Figure 63 représente la Matrice Conseil Tetris pour les prairies permanentes vis-à-vis des risques de transfert verticaux (seuil 0,1 µg/l).

Parmi les 9 applications évaluées sur prairie permanente, 3 présentent un risque de transfert vertical supérieur à 60 % sur une grande majorité des types de sols et de climats présents sur le territoire. Pour les autres applications, il sera possible de dispenser un conseil différencié selon les types de sols et de climat à l'aide de la Matrice Conseil Tetris.



c) Classement des molécules

Comme le montre la Figure 65, l'analyse des risques de transfert vertical (seuil 0,1 µg/l) pour les molécules actives contenues dans les produits appliqués sur prairie permanente montre que les substances actives les plus transférantes sont : le thifensulfuron-methyl, le triclopyr et le clopyralid.

Pour le thifensulfuron-methyl, les risques de transfert sont surtout lié au premier métabolite de dégradation. Pour le triclopyr, les risques sont liés à la fois à la substance parent et à son premier métabolite de dégradation. Pour le clopyralid, les risques sont liés à la molécule parent.

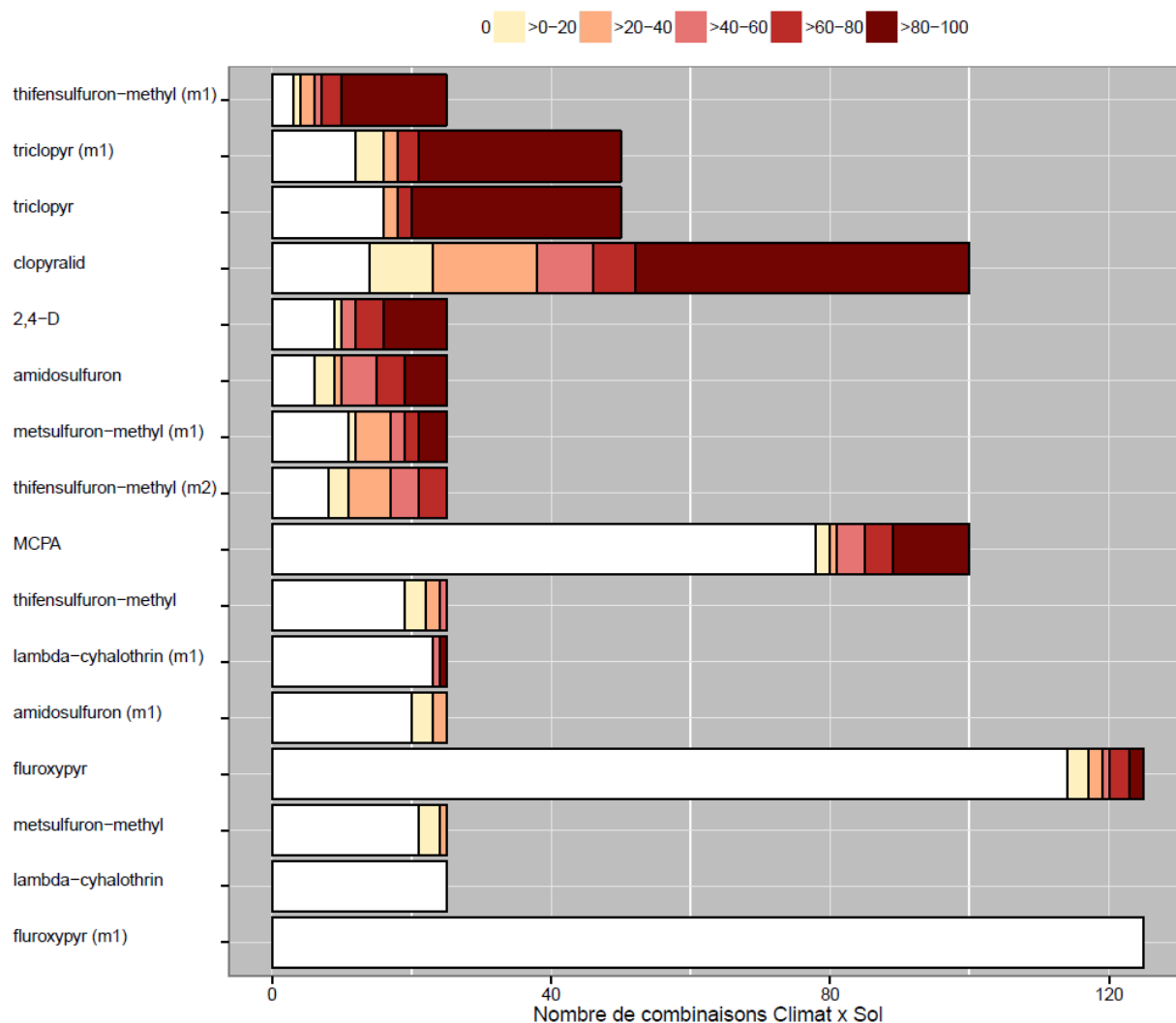


Figure 64. Classement des molécules actives modélisées sur prairie permanente selon le risque de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l

(risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Vertical, seuil 0,1 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2)

d) Préconisations

Plusieurs applications herbicides sur prairies permanentes sont susceptibles d'avoir un impact important sur la qualité de l'eau. Dans ces conditions, il faut chercher à limiter le recours aux produits phytosanitaires en adaptant les itinéraires.

Dès lors que les applications phytosanitaires sont nécessaires, les recommandations suivantes doivent être suivies dans la mesure du possible.

Applications de clopyralid (ARIANE, BOFIX) :

Favoriser des traitements à vue, par tâches, plutôt que de manière indifférenciée sur la parcelle, afin de limiter les doses d'application par hectare.

5.3.10. Prairies temporaires

NB : Pour les prairies temporaires, seuls les graphiques de résultats pour les risques verticaux et le seuil 0,1 µg/l sont présentés dans cette section. Les autres graphiques de résultats (seuil 2 µg/l et transferts horizontaux) sont disponibles en Annexe 3 de ce rapport.

a) Classement des applications

La Figure 66 représente les valeurs de l'indicateur PITSA (transferts verticaux, seuil 0,1 µg/l) pour chaque application évaluée sur prairie temporaire, classées dans l'ordre décroissant.

Sur les 5 applications modélisées, 2 ont un indicateur de risque PITSA Vertical autour de 80 %. Ces 2 applications correspondent à des traitements herbicides. Une d'entre elle a été proposée lors de la phase 2 des travaux, comme solutions alternatives pour réduire les risques de transfert (marquées par un signe ► dans la Figure 66) et ne constitue donc pas une alternative efficace d'un point de vue environnemental.

Les 3 autres applications testées ont un indicateur PITSA Vertical inférieur à 30%. Deux d'entre elles proviennent des travaux de la phase 2 et représentent donc des solutions alternatives intéressantes pour réduire les risques de transfert. Il s'agit de traitements à vue, localisés par "tâches", donc à plus faibles doses.

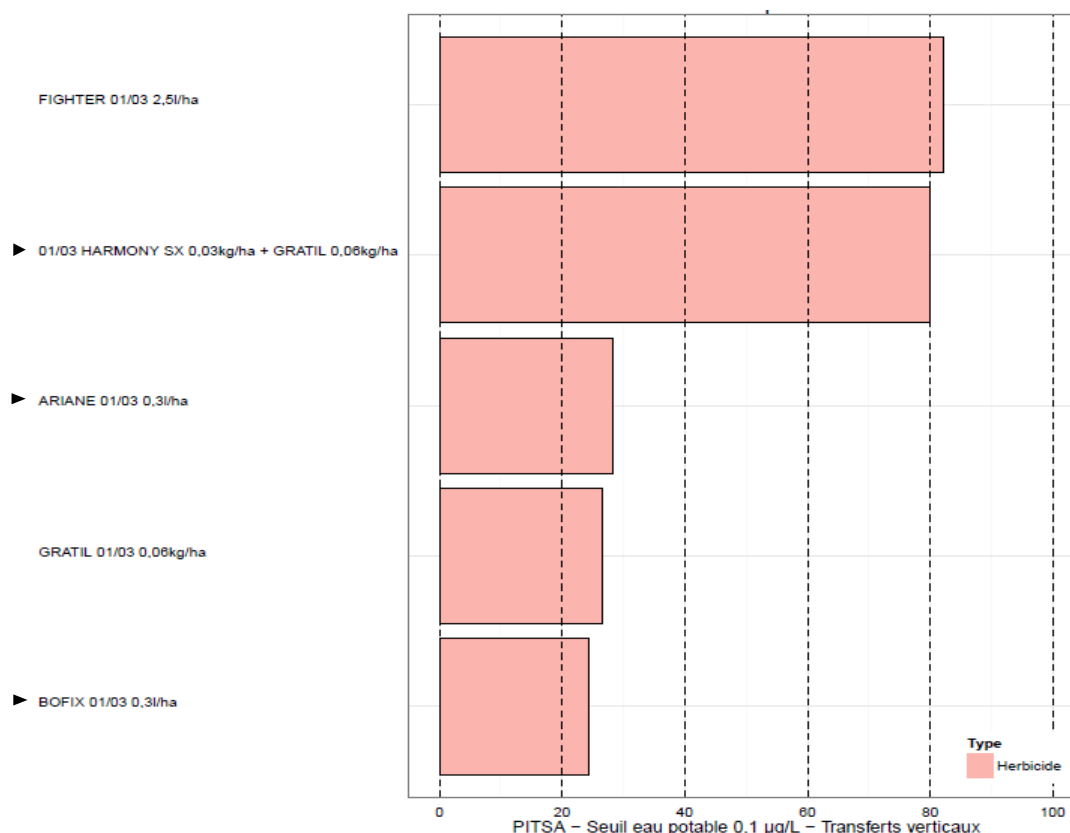


Figure 65. Classement des applications phytosanitaires modélisées sur prairie temporaire selon le risque de transfert vertical, seuil 0,1 µg/l

(risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Vertical, seuil 0,1 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2 (marquées par le signe ►))

b) Matrice Conseil Tetris

La Figure 66 représente la Matrice Conseil Tetris pour les prairies temporaires vis-à-vis des risques de transfert verticaux (seuil 0,1 µg/l).

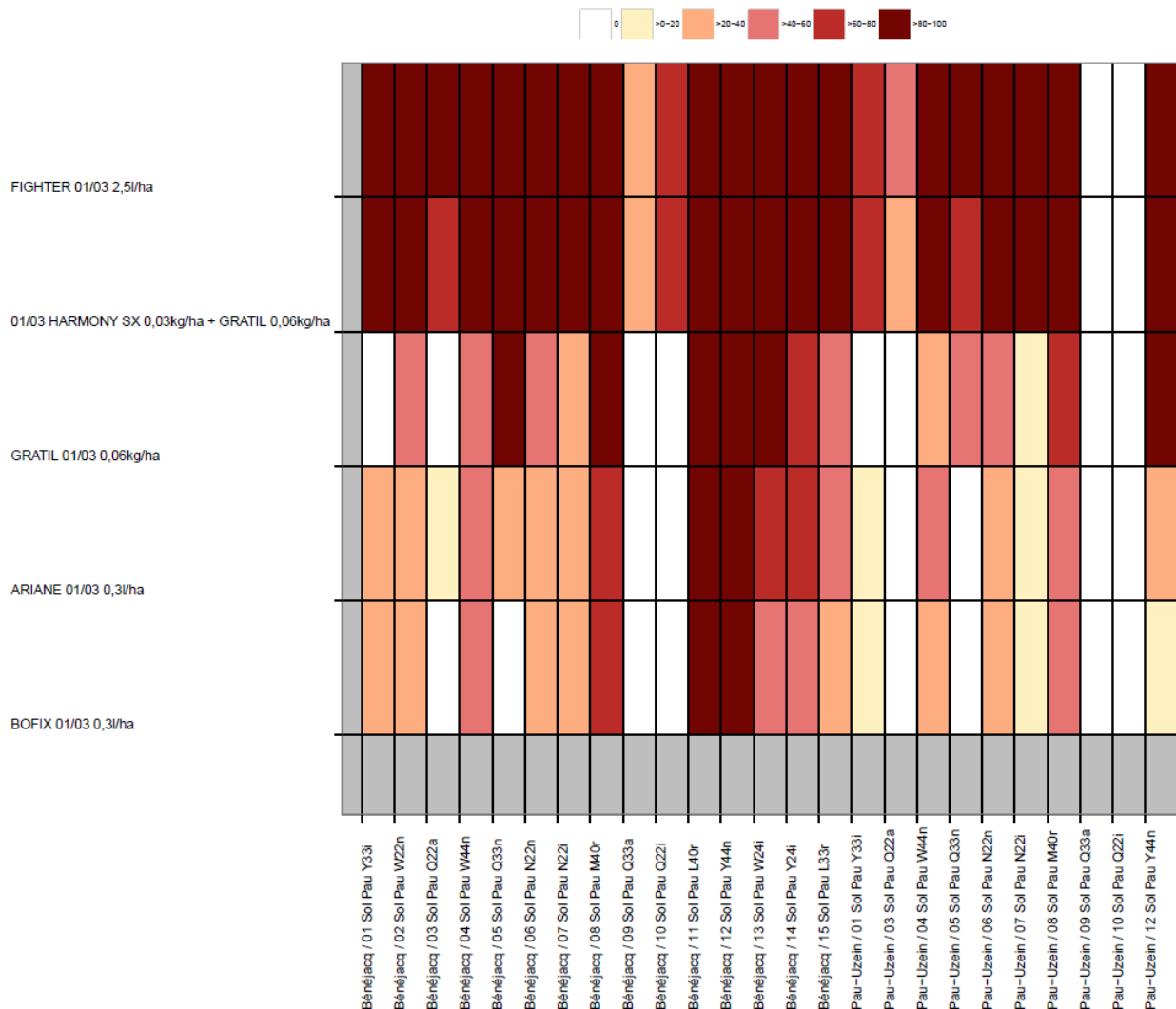


Figure 66. Matrice Conseil pour les prairies temporaires, représentant les risques de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l

(risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Vertical, seuil 0,1 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2 (marquées par le signe ►))

c) Classement des molécules

Comme le montre la Figure 67, l'analyse des risques de transfert vertical (seuil 0,1 µg/l) pour les molécules actives contenues dans les produits appliqués sur prairie temporaire montre que les substances actives les plus transférantes sont : la bentazone, le thifensulfuron-méthyl et l'amidosulfuron.

Pour la bentazone et l'amidosulfuron, les risques sont liés à la molécule parent. Pour le thifensulfuron-méthyl, les risques de transfert sont surtout liés au premier métabolite de dégradation.

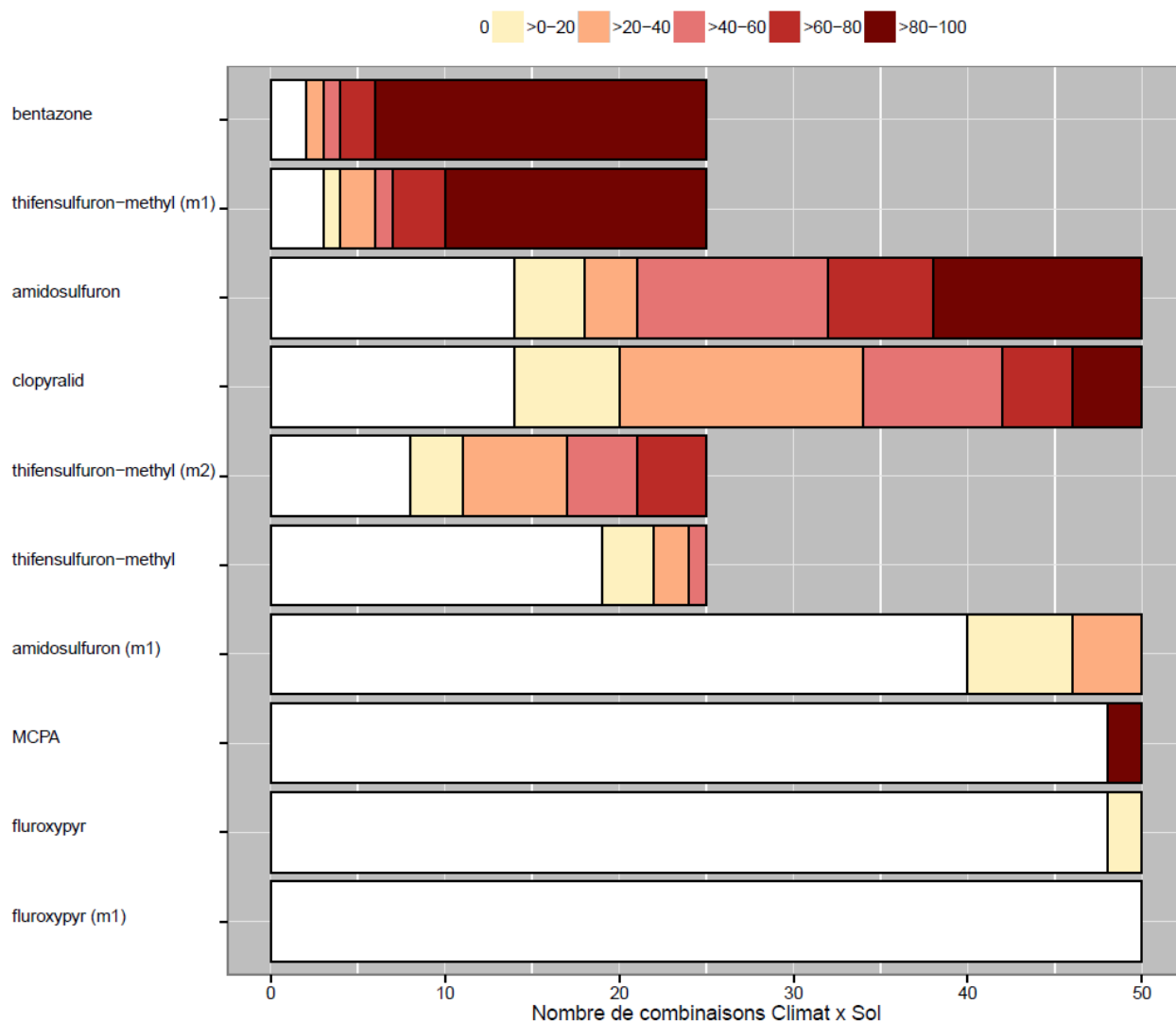


Figure 67. Classement des molécules actives modélisées sur prairie temporaire selon le risque de transfert vertical pour le seuil 0,1 µg/l

(risques représentés par l'indicateur PITSA Transfert Vertical, seuil 0,1 µg/l et pour les pratiques phytosanitaires collectées en phase 1 et en phase 2)

d) Préconisations

Plusieurs applications herbicides sur prairies temporaires sont susceptibles d'avoir un impact important sur la qualité de l'eau. Dans ces conditions, il faut chercher à limiter le recours aux produits phytosanitaires en adaptant les itinéraires.

Dès lors que les applications phytosanitaires sont nécessaires, les recommandations suivantes doivent être suivies dans la mesure du possible.

Applications de clopyralid (ARIANE, BOFIX) :

Favoriser des traitements à vue, par tâches, plutôt que de manière indifférenciée sur la parcelle, afin de limiter les doses d'application par hectare.

6. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

6.1. Enseignements

Les travaux menés dans le cadre de la présente étude et détaillées dans le rapport ont permis de montrer que :

- Les transferts de produits phytosanitaires vers les eaux sur le territoire du PAT se font à des niveaux importants comparativement à d'autres territoires français ou européens sur lesquels Footways a déjà effectué des travaux. Ceci s'explique par la combinaison de conditions météorologiques défavorables et de sols prônes aux transferts environnementaux.
- Toutes les cultures présentes sur le territoire du PAT Gave de Pau sont susceptibles de recevoir des applications menant à des risques très sévères de transfert et de contamination des eaux depuis les parcelles agricoles. La reconquête de la qualité passe donc par une optimisation des pratiques de protection phytosanitaire pour toutes les cultures, et non pas seulement le maïs, principale culture du territoire.
- La différenciation du caractère tardif / demi-tardif / très tardif des cultures de maïs grain sur le territoire n'amène pas à des différences importantes dans les niveaux de transfert vers les eaux.
- Les types de sol ont une forte influence sur les modalités de transfert de produits phytosanitaires, ce qui permet d'envisager une gestion optimisée par modulation du conseil en fonction des types de sol ou par répartition optimisée des cultures sur le territoire.
- Les voies de transfert principales vers les eaux des produits sont d'une part les phénomènes verticaux de percolation à la base des sols, et d'autre part, les reprises d'eau par le drainage ou des écoulements hypodermiques, qui amènent à un transfert des produits et de leurs métabolites de dégradation vers le réseau de surface. Les phénomènes de ruissellement et d'érosion ne contribuent aux contaminations des eaux de surface de manière significative que pour un très faible nombre de produits appliqués (dont le glyphosate).
- Les risques de contamination de la ressource en eau sont à la fois attribués à des matières actives parents mais également à leurs métabolites de dégradation. Pour le maïs qui représente la principale culture pratiquée sur le territoire, les 6 premières molécules jugées les plus transférantes sont des métabolites de dégradation.
- Au vu des niveaux importants de transfert associés à certaines molécules utilisées sur maïs, un focus particulier a été apporté à l'influence potentielle sur les transferts d'une réduction des doses ou d'un décalage des dates d'application pour ces molécules. Ces travaux ont révélé que ni la réduction des doses ni le décalage des applications ne permettent de réduire les transferts à des niveaux compatibles avec une qualité des eaux adaptée à la production d'eau potable. Les solutions pour ces molécules les plus impactantes passent donc par des solutions agronomiques et

techniques permettant de limiter leur utilisation et/ou par l'utilisation de produits de remplacement disposant d'un profil environnemental moins impactant. Il est à noter que ces travaux détaillés ont uniquement été menés sur les molécules les plus impactantes. Une réduction des doses pour les molécules moins transférantes est susceptible de contribuer à la baisse des contaminations sur le territoire. Cette possibilité n'a toutefois pas été systématiquement testée dans le cadre de cette étude.

- Les travaux menés avec le Groupe Technique Agricole sur la culture du maïs ont démontré qu'il est possible de considérablement réduire l'impact sur la qualité de l'eau de cette culture par optimisation des applications de produits phytosanitaires, sans impact majeur attendu sur la rentabilité économique des exploitations et des filières. Les solutions existent mais elles doivent être maintenant préconisées et mises en application par les agriculteurs du territoire.
- Le présent rapport et les informations qu'il contient pourront être utilisés pour optimiser le programme de surveillance de la qualité de l'eau au niveau du territoire du PAT gave de Pau, en mettant la priorité sur les substances actives et les métabolites qui sont les plus à même de quitter les parcelles agricoles.

6.2. Perspectives

L'étude menée a permis de caractériser de manière fine l'impact sur la qualité de l'eau des applications et des conditions d'application de produits phytosanitaires sur le territoire du PAT gave de Pau. Au-delà de la connaissance des transferts, la reconquête de la qualité de l'eau sur le territoire ne pourra être qu'effective qu'à travers :

- (i) une réduction du recours aux produits phytosanitaires grâce à l'intégration de solutions agronomiques diverses dans la construction des itinéraires techniques (selon les cultures, semis tardifs ou au contraire précoces, faux semis, recours au désherbinage pour les plantes sarclées, allongement des rotations pour diminuer la pression des adventices, optimisation des doses en fonction des degrés d'attaque ou de salissure des parcelles, etc.), et,
- (ii) une optimisation des pratiques de protection phytosanitaire pour toutes les cultures présentes sur le territoire sur la base des informations sur leur devenir environnemental, telles que présentées dans le présent rapport.

Ces deux axes doivent faire l'objet de toutes les énergies de la part des acteurs concernés par la présence de résidus de produits phytosanitaires dans les eaux et ses conséquences, qu'ils soient agricoles ou gestionnaires de la qualité de l'eau.

Une optimisation des pratiques phytosanitaires des exploitants agricoles en vue d'en diminuer l'impact passera par l'intégration de la dimension environnementale dans les raisonnements de protection des cultures, au niveau du conseil agricole mais également au niveau des exploitations agricoles directement.

Un Guide de synthèse à l'attention des conseillers agricoles du territoire a été produit sur la base des résultats des travaux présentés dans le présent rapport. Ce document, plus

opérationnel que le présent rapport, reprend de manière simplifiée et en une quarantaine de pages les principaux résultats obtenus pour les différentes cultures et suggère des évolutions de pratiques à mettre en œuvre pour limiter l'impact des applications les plus problématiques.

Pour ce qui des actions au niveau des exploitations agricoles, il paraît intéressant de déployer sur le territoire l'outil d'aide à la décision Bluetiful, qui permet aux agriculteurs et à leurs conseillers de prendre connaissance de l'impact de leurs pratiques sur les eaux et de raisonner les modifications de pratiques à mettre en œuvre pour le limiter. Cet outil informatique est basé sur la même méthodologie que celle utilisée dans le cadre de la présente étude. Il peut être déployé par des techniciens agricoles, des animateurs, mais il peut également être utilisé directement par les agriculteurs s'ils le désirent. Outre ses applications directes dans la mise en place de pratiques plus respectueuses des ressources en eau, l'outil permet d'assurer le suivi des progrès accomplis et de l'efficacité des changements de pratiques mises en œuvre.