



Formation Transfert de pesticides à l'échelle du bassin versant

17 novembre 2020
(visioconférence)



Plan de présentation

↘ Introduction

↘ Matériels et méthodes

↘ Résultats globaux

Au pas de temps : campagne, saison, mois
A l'échelle événementielle

↘ Détail par substance active, quelques exemples

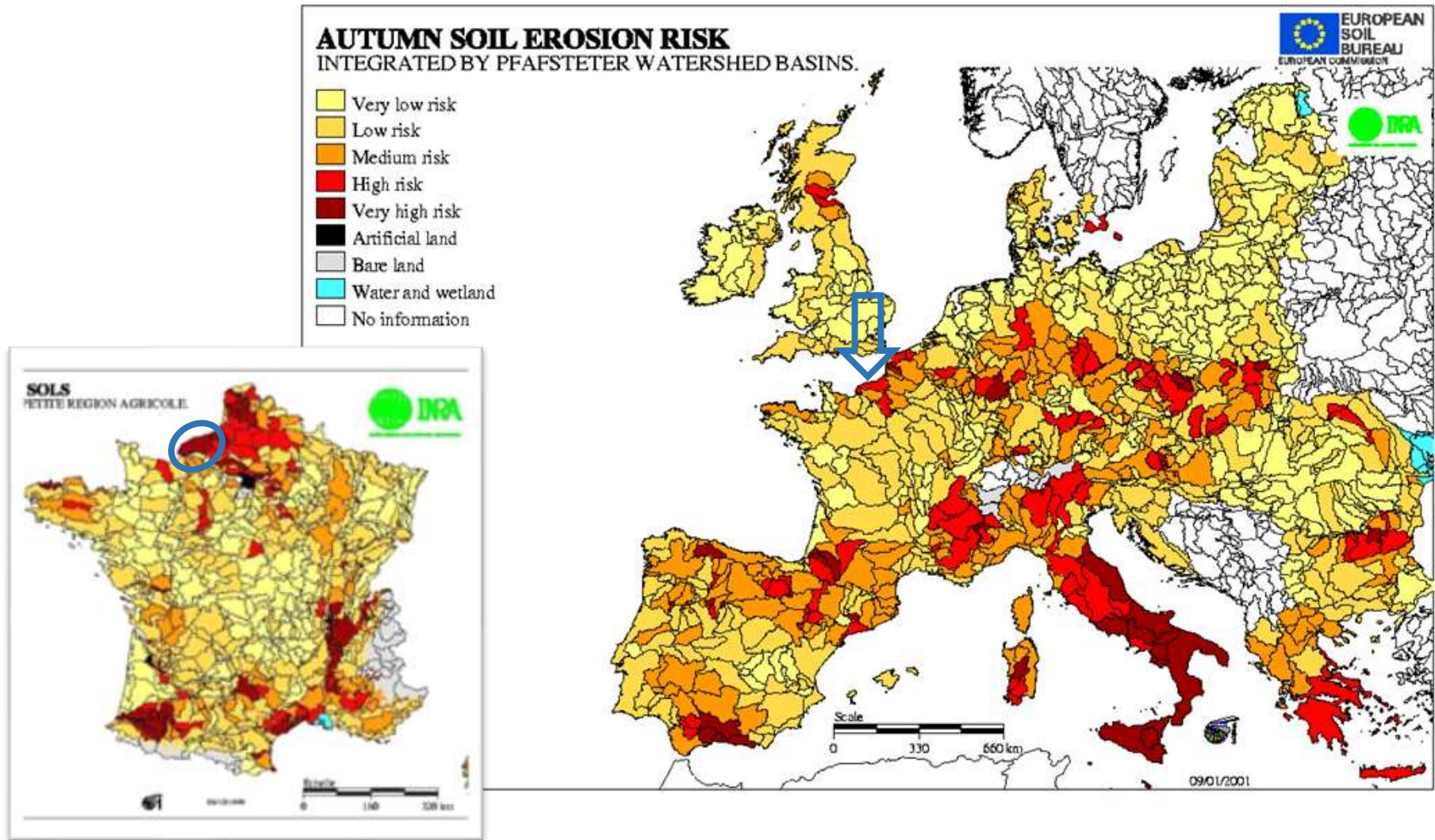
↘ Détail d'une crue marquante aux transferts extrêmes de substances actives phytosanitaires

Quelles sont les leçons à tirer ?

↘ Conclusion et perspectives

Problématique érosive en Europe et en France

↘ Risque d'érosion des sols en Europe (Le Bissonnais *et al.*, 2002, Catena)



Problématique érosive : Nord-Ouest de la France

↘ Les ruissellements et l'érosion des terres ont des impacts majeurs en Haute-Normandie

1) Pertes de sols agricoles productifs



75 % du département de Seine-Maritime est touché



érosion moyenne de 5 à 10 t/ha/an

2) Inondations et coulées de boue

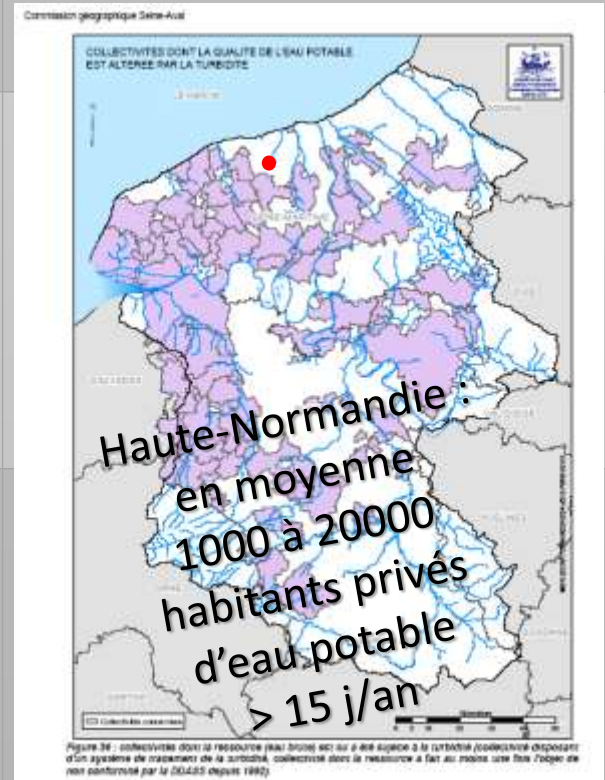


Département Seine-Maritime :

2608 déclarations catastrophes coulées de boue de 1983 à 2018



3) Pollution eau potable : turbidité, pesticides



Haute-Normandie :
en moyenne
1000 à 20000
habitants privés
d'eau potable
> 15 j/an

Figure 36 : collectivités dont la ressource (eau brute) est ou a été soumise à la restriction (collectivités disposant d'un système de traitement de la source, collectivités dont la ressource a fait au moins une fois l'objet de non conformité par le DREAL depuis 1992)

Problématique érosive : Nord-Ouest de la France

- ∨ Les ruissellements et l'érosion des terres ont d'autres impacts en Haute-Normandie

4) Sédimentation et ensablement



5) Pollutions associées, dont PPS

1/2 des herbicides et 1/3 des fongicides appliqués et recherchés ont été détectés au moins une fois dans les ruissellements à l'exutoire de *Bourville* (9 années de mesures)



Facteurs de ruissellement et érosion des sols

✚ Pourquoi ces ruissellements et l'érosion des terres en Haute-Normandie ?

- Sols limoneux battants très fragiles ;
- Grandes cultures industrielles ;
- Couverture du sol très faible aux périodes à risque (automne-hiver) ;
- Pluies importantes, longues mais peu intenses.

✚ Sur les versants, genèse du ruissellement par battance, puis le long des talwegs, érosion par ruissellement concentré

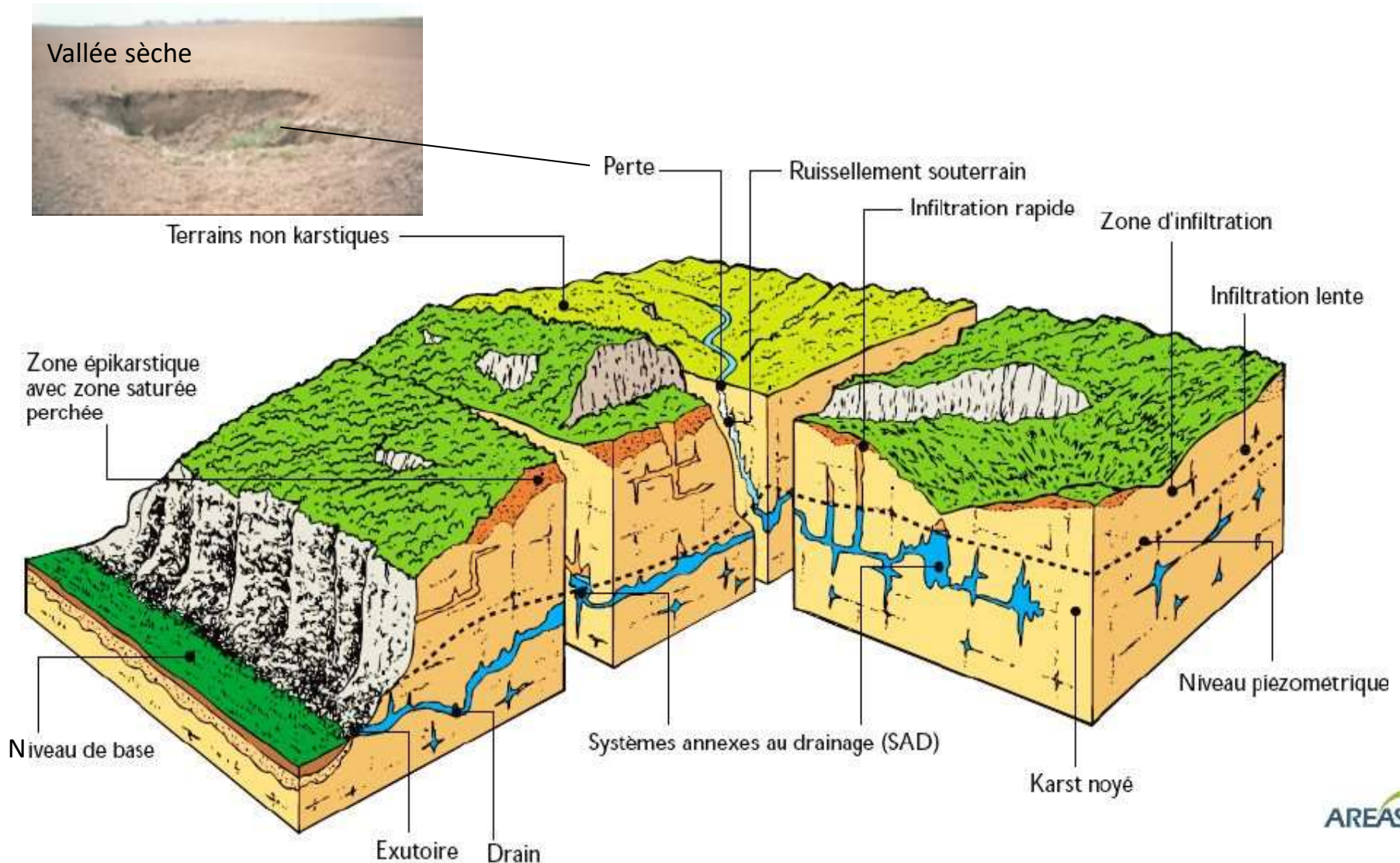


Stratégie d'actions à l'échelle du bassin versant avec deux volets complémentaires et indissociables :

- Solutions et pratiques agronomiques pour réduire la production de ruissellement
- Zones tampons sur le chemin de l'eau pour réduire les flux de ruissellement et d'érosion

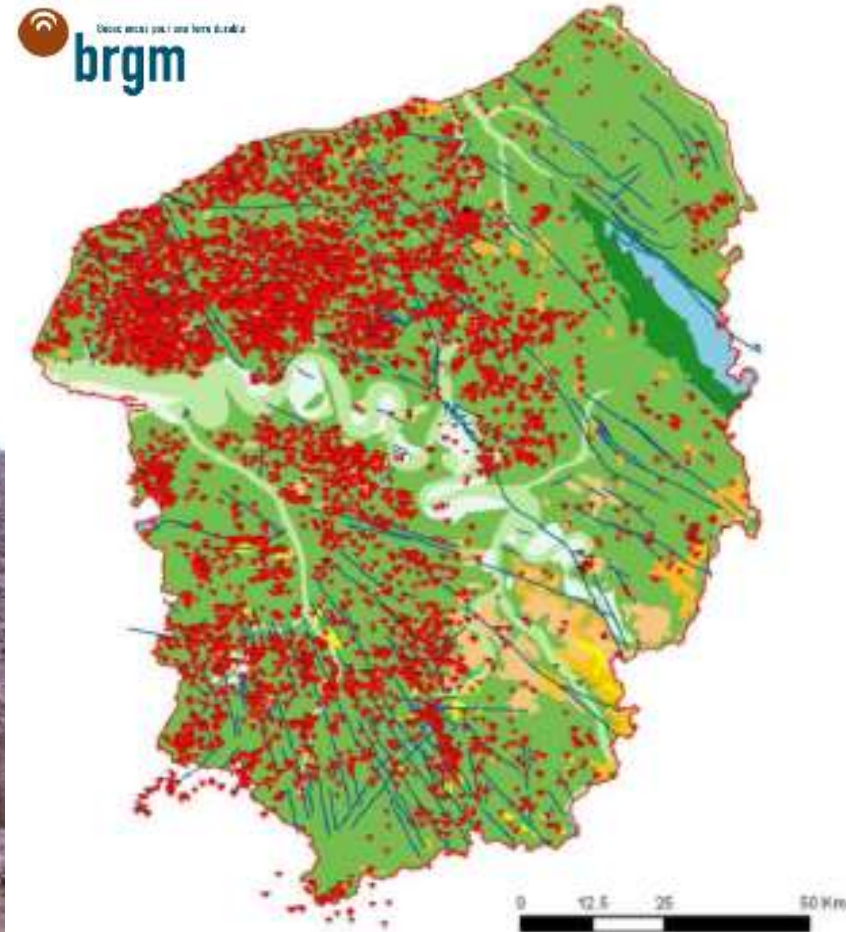
Erosion et pollution de la ressource en eau

- La ressource en eau potable régionale est prélevée dans l'aquifère calcaire karstique



Bétoire : principale voie d'infiltration du ruiss. de surf.

- ↘ Forte densité de bétoires (pertes karstiques) : $\geq 10/\text{km}^2$
- ↘ Alignées sur des vallées sèches ou sur des failles
- ↘ Nombreuses sur les talwegs plats



Objectifs du programme *Pesticeros*

- ✧ Question : quelle est la qualité des eaux de ruissellement en matière de transfert de produits phytosanitaires sur un bassin versant ?
- ✧ Etudier la qualité des ruissellements sur un bassin versant représentatif avec 3 objectifs :
 - Connaître, quantifier, caractériser et expliciter, avec précision, les facteurs de transfert des éléments véhiculés par ruissellement à l'échelle spatiale du bassin versant, en relation avec les usages et les apports, dans un contexte érosif en région de grandes cultures
 - Evaluer l'impact de la mise en place de zones tampons
 - Contribuer à la recherche de moyens d'actions qui permettraient de limiter les transferts



Bourville : bassin versant historique

- ✧ Choix d'un bassin versant (BV) représentatif des principales caractéristiques et problématiques du territoire du *Pays de Caux* : ruissellement, érosion, coulées boueuses



18/05/2017



30/04/2018



04/05/2018



04/05/2018



Plan de présentation

↘ Introduction

↘ **Matériels et méthodes**

↘ Résultats globaux

Au pas de temps : campagne, saison, mois

A l'échelle événementielle

Physico-chimie

↘ Détail par substance active, quelques exemples

↘ Détail d'une crue marquante aux transferts extrêmes de substances actives phytosanitaires

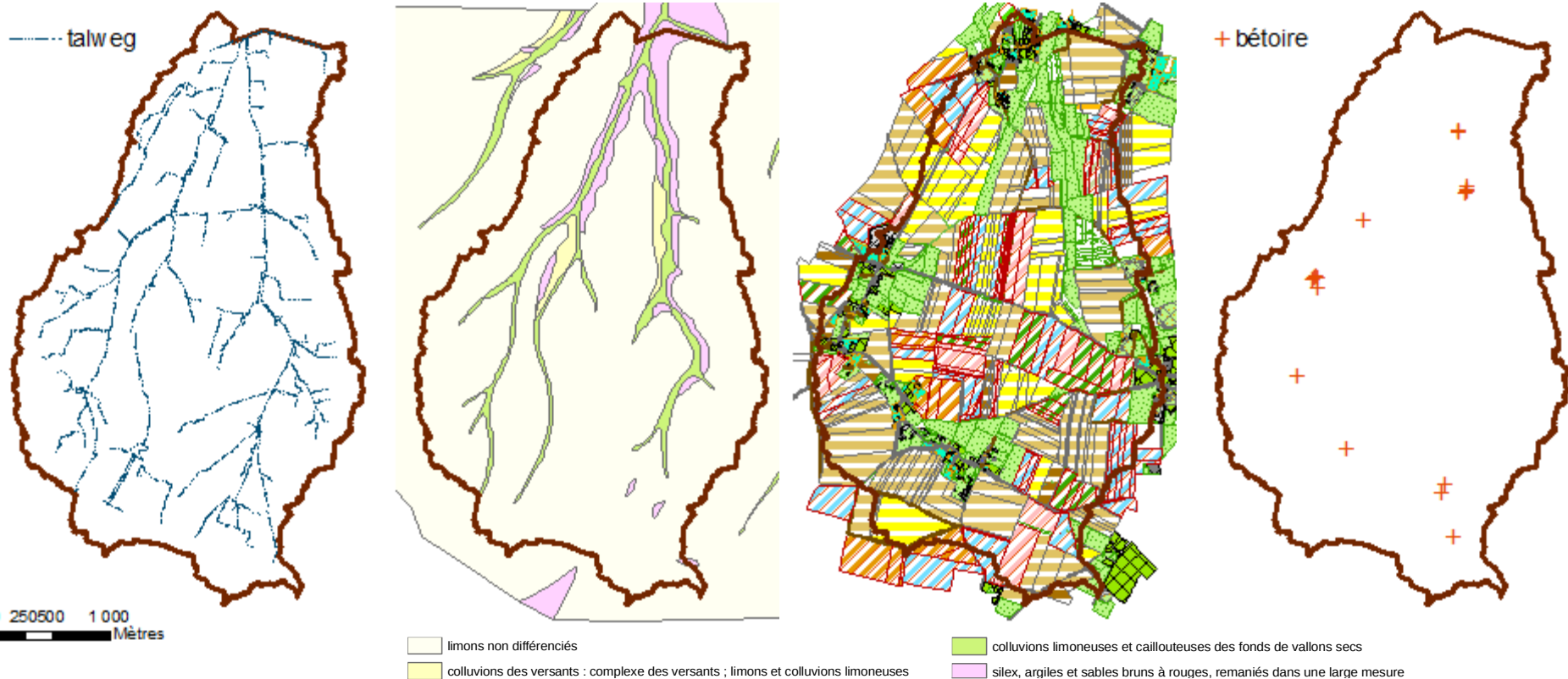
Quelles sont les leçons à tirer ?

↘ Conclusion et perspectives

Bourville : vulnérabilité des parcelles et connexions

➤ Plusieurs caractéristiques entrent en jeu :

- Arborescence des axes de ruissellement concentré (talwegs)
- Texture en surface des sols (battant ou non)
- Occupation du sol (culture, prairie, urbain,...)
- Présence d'engouffrement karstique (bétoire, doline)

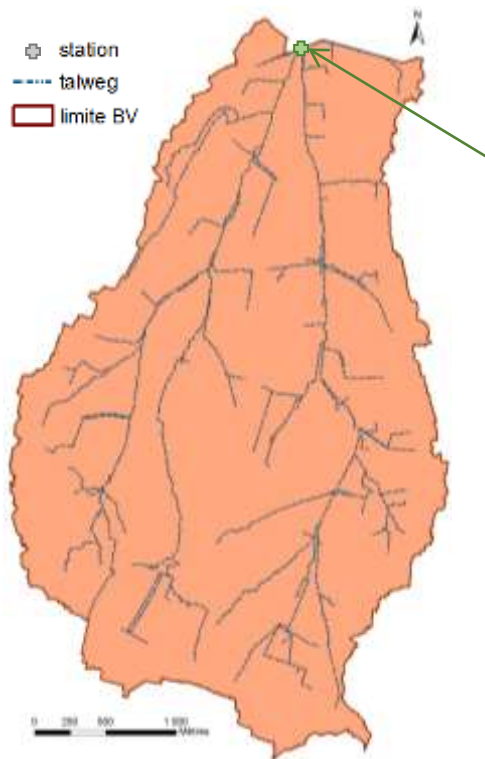


Instrumentation du bassin versant

↘ La présentation d'aujourd'hui expose les résultats de recherche sur les deux principaux sites du programme *Pesticeros*

↘ Deux sites et stations de mesure situées à l'exutoire du :

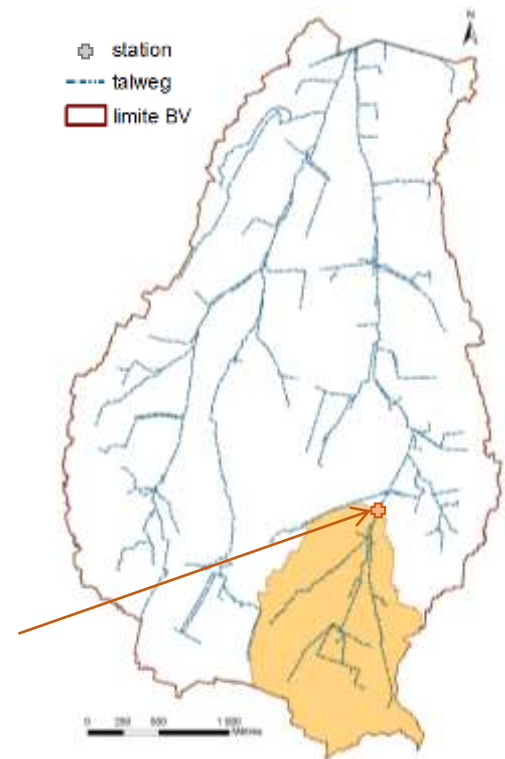
- Bassin versant de *Bourville* (station BRVL) : 1045 ha
- Sous-BV agricole du *Fond des Tilleuls* (station FDTL) : 145 ha



BRVL :
pluie
ruissellement
qualité



FDTL :
pluie
ruissellement
qualité



Pluie et ruissellement : mesures en continu

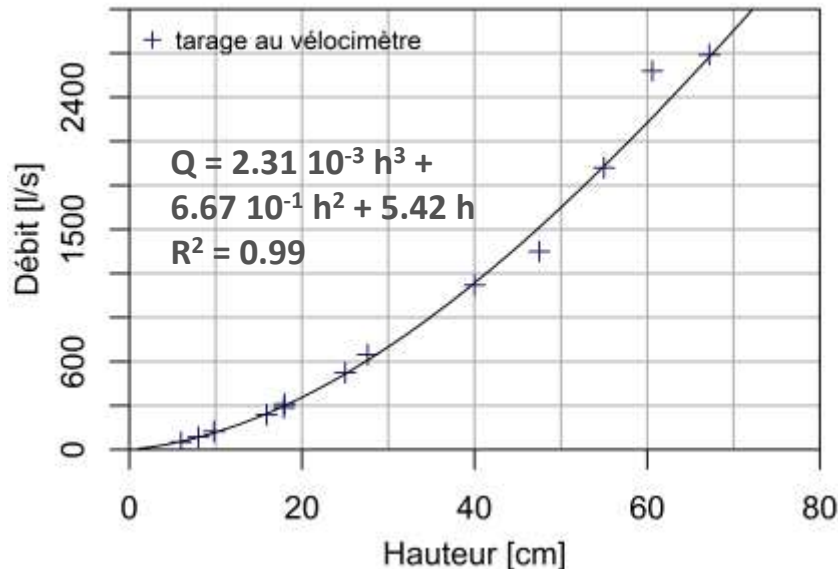
Pluviographe

- A auget basculeur 0.2 mm



Sonde de pression (limnimètre)

- Déversoir à seuil court de forme triangulaire
- Variable mesurée : hauteur d'eau
 - Précision : ± 1.7 mm
 - Fréquence : 2 min



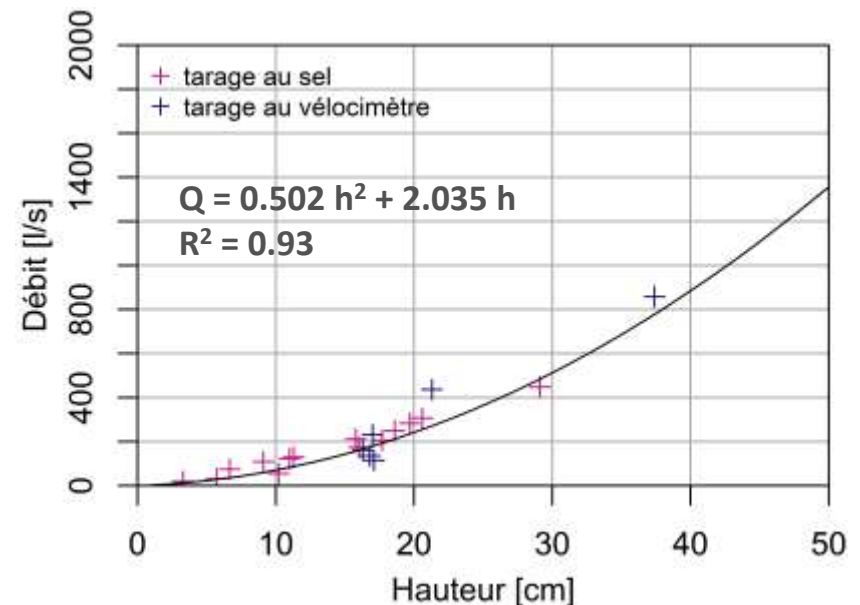
Pluviographe

- A auget basculeur 0.2 mm



Sonde de pression (limnimètre)

- Canal trapézoïdal super-critique
- Variable mesurée : hauteur d'eau
 - Précision : ± 1.7 mm
 - Fréquence : 2 min



Ruissellement analysé : du terrain au laboratoire

↘ Echantillonnage des écoulements sur le terrain :

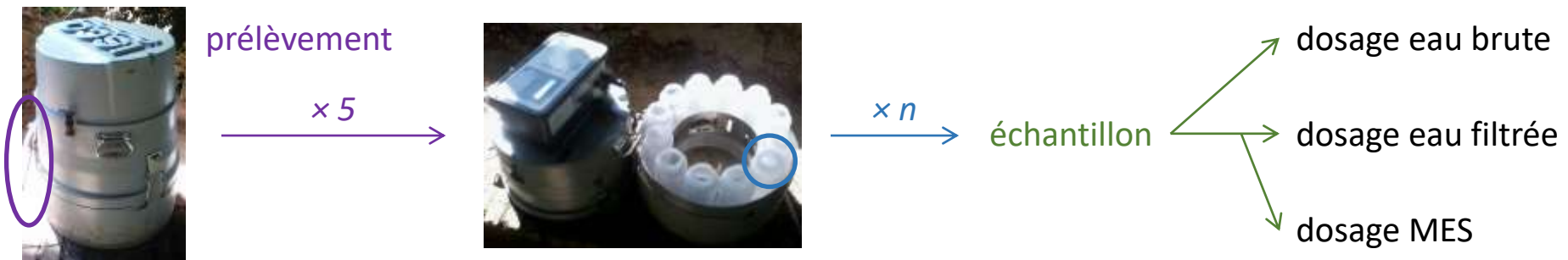
- Deux préleveurs par station pour deux flaconnages (verre et polypropylène)
- **Prélèvement** de 200 ml asservi à un volume seuil écoulé
- Remplissage progressif des 12 **flacons** de 1 l du préleveur
- Stockage non réfrigéré des flacons jusqu'au transport vers l'AREAS

↘ Stockage à l'AREAS :

- Stockage réfrigéré à l'AREAS
- Caractérisation de chaque prélèvement
- Choix des flacons de prélèvements pour composer un **échantillon**

↘ Vers le laboratoire :

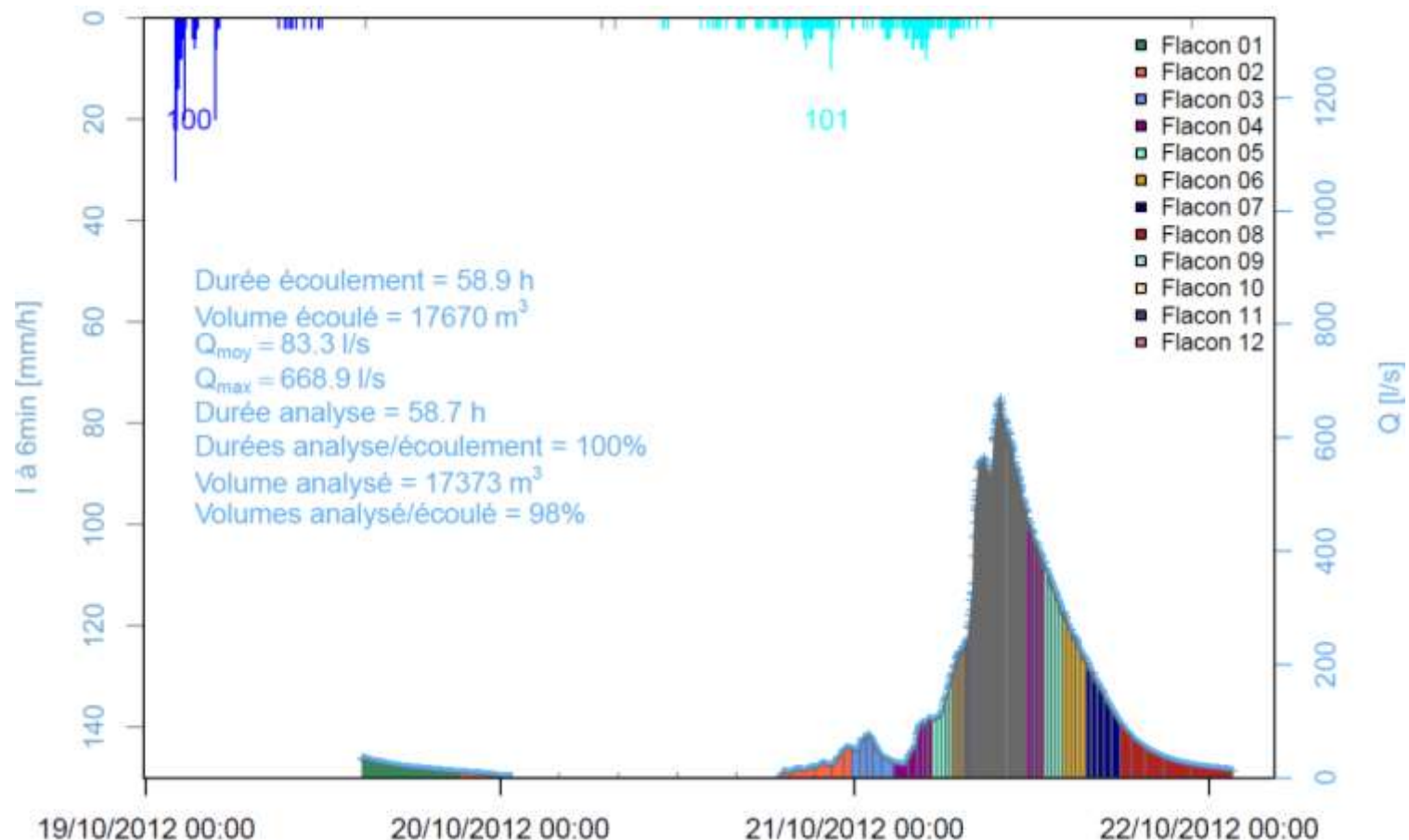
- Préparation des flacons constituant un échantillon à analyser
- Transport de ces flacons au laboratoire



Plus de 200 substances actives (SA) recherchées

↳ Connaissance précise de chaque échantillon analysé :

- Traçabilité de chaque prélèvement
- Traçabilité des flacons de prélèvements composant un échantillon



Acquisition chronologique et spatialisée des ITK

➤ A travers 30 enquêtes individuelles effectuées tous les ans avec les exploitants du BV, obtention à la journée sur chaque parcelle de :

- Occupation du sol (espèce cultivée, prairie, culture intermédiaire,...)
- Travaux du sol (type, outils)
- Traitements phytosanitaires (date, produit commercial, dose appliquée,...)

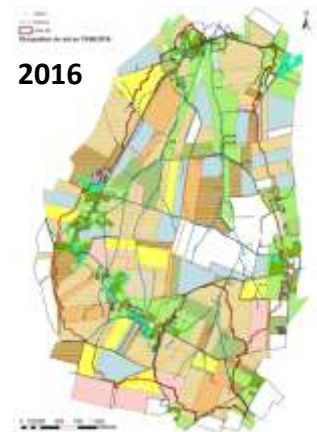
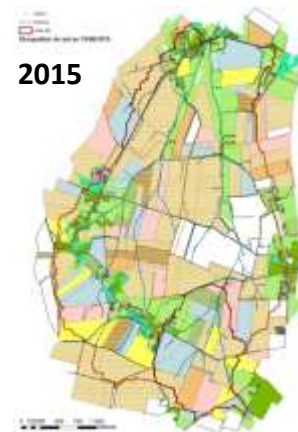
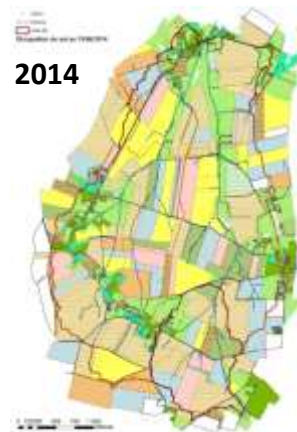
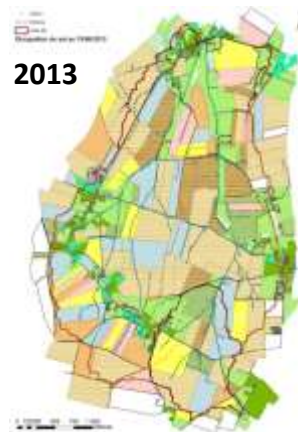
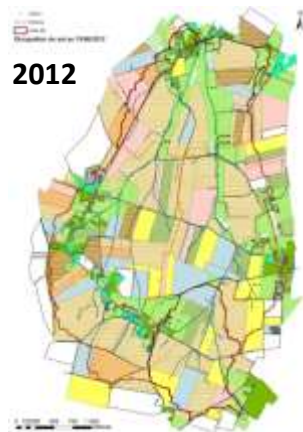
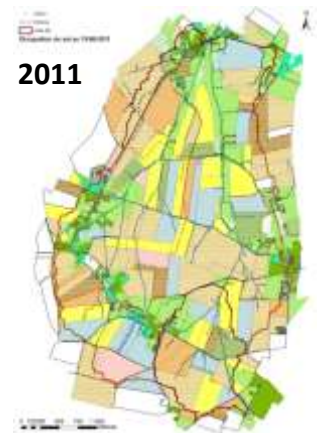
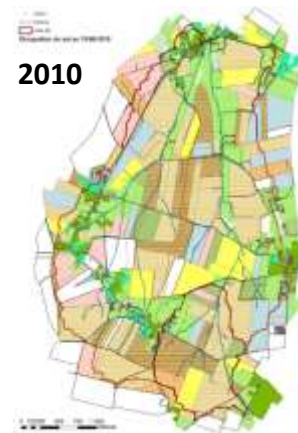
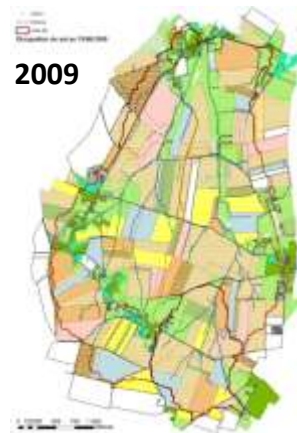
The image displays three overlapping screenshots of agricultural survey forms. The leftmost form is a 'Fiche de suivi des parcelles' (Parcel tracking sheet) with fields for date, location, and crop type. The middle and right screenshots show detailed 'Fiches de suivi des traitements phytosanitaires' (Phytosanitary treatment sheets) with columns for date, product, dose, and application method.

➤ Informations générales sur les exploitations agricoles :

- Pulvérisateur (caractéristiques, remplissage, entretien,...)
- Stockage des produits phytosanitaires (PPS)
- Traitement de semence (fermière ou non, produit commercial, dose,...)

Base de données (BDD) géo-référencée

- ↘ Données à la parcelle à la journée pour 180 parcelles ≈ 1200 polygones
- ↘ Carte d'occupation du sol ≈ Carte des surfaces traitées ou Ø (sauf urbain)





Plan de présentation

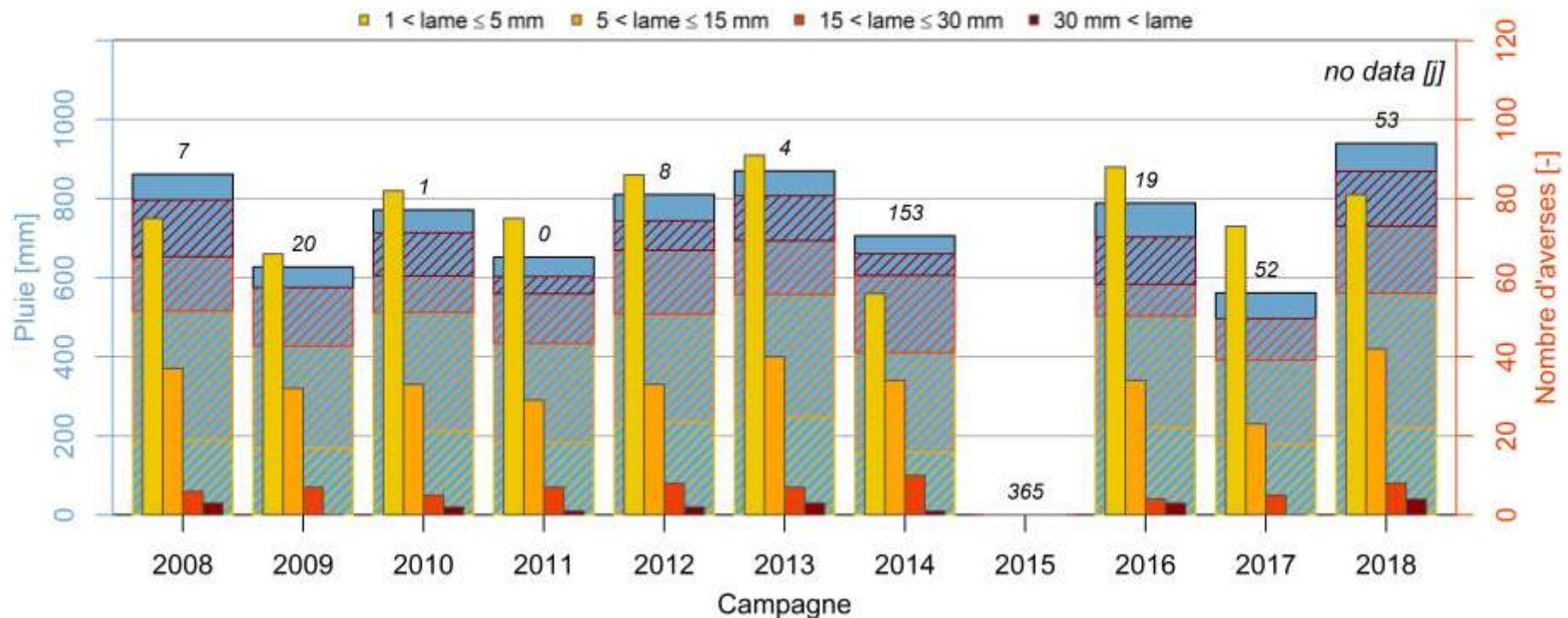
- ↘ Introduction
- ↘ Matériels et méthodes
- ↘ **Résultats globaux**
 - Au pas de temps : campagne, saison, mois**
A l'échelle événementielle
- ↘ Détail par substance active, quelques exemples
- ↘ Détail d'une crue marquante aux transferts extrêmes de substances actives phytosanitaires
 - Quelles sont les leçons à tirer ?
- ↘ Conclusion et perspectives

En moyenne 765 mm de pluie par campagne (*)



↘ **Pluie annuelle répartie en 122 averses** (3 h séparent deux événements et lame > 1 mm)

- $1 < \text{lame} \leq 5 \text{ mm}$: 65 % des averses ; 29 % de la pluie annuelle
- $5 < \text{lame} \leq 15 \text{ mm}$: 28 % des averses ; 40 % de la pluie annuelle
- $15 < \text{lame} \leq 30 \text{ mm}$: 5 % des averses ; 18 % de la pluie annuelle
- $\text{lame} > 30 \text{ mm}$: jusqu'à 4 averses ; 12 % de la pluie annuelle



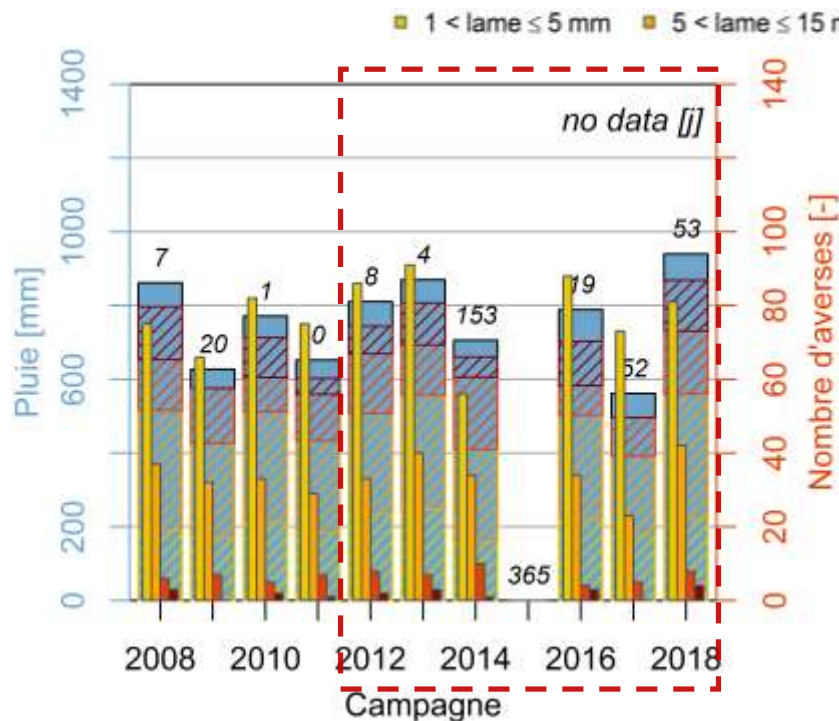
Caractéristiques de pluie similaires aux 2 stations (**)

↘ 794 mm/campagne



↘ 127 averses/campagne

- $1 < \text{lame} \leq 5 \text{ mm}$: 66 % des averses, 30 % de la pluie annuelle
- $\text{lame} > 30 \text{ mm}$: jusqu'à 4 averses, 12 % de la pluie annuelle

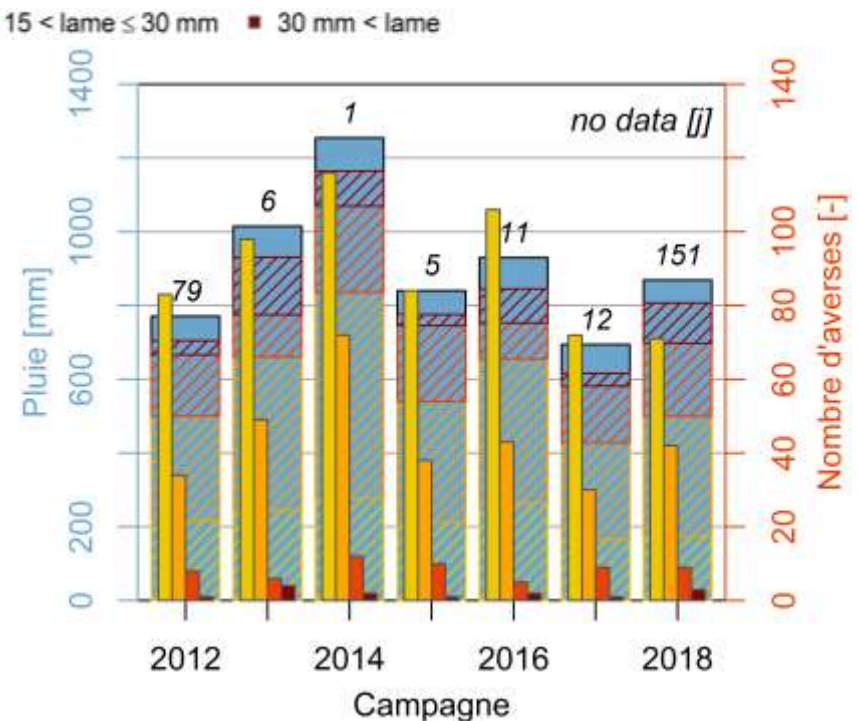


↘ 917 mm/campagne



↘ 148 averses/campagne

- $1 < \text{lame} \leq 5 \text{ mm}$: 63 % des averses, 27 % de la pluie annuelle
- $\text{lame} > 30 \text{ mm}$: jusqu'à 4 averses, 9 % de la pluie annuelle

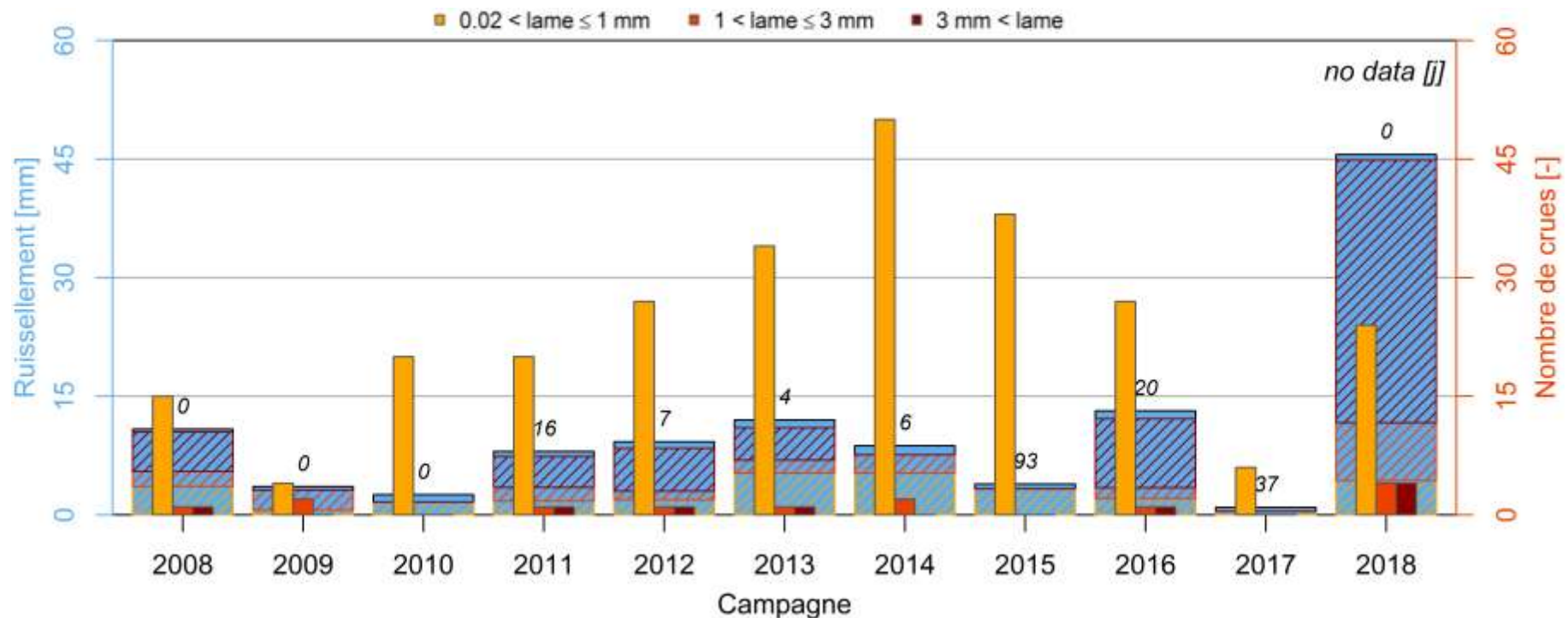


En moyenne 10.8 mm de ruiss. par camp. (*)



↘ Ce qui correspond à 112600 m³ écoulés, répartis en 26 crues ($Q_{\max} > 30$ l/s et volume > 200 m³ ≈ 0.02 mm)

- $0.02 < \text{lame} \leq 1$ mm : 92 % des crues ; 27 % du ruissellement annuel
- $1 < \text{lame} \leq 3$ mm : jusqu'à 4 crues ; 18 % du ruissellement annuel
- $\text{lame} > 3$ mm (seuil d'un événement majeur générateur de désordre hydrologique, d'après AREAS et Helloco, 2003) : jusqu'à 4 crues ; 55 % du ruissellement annuel

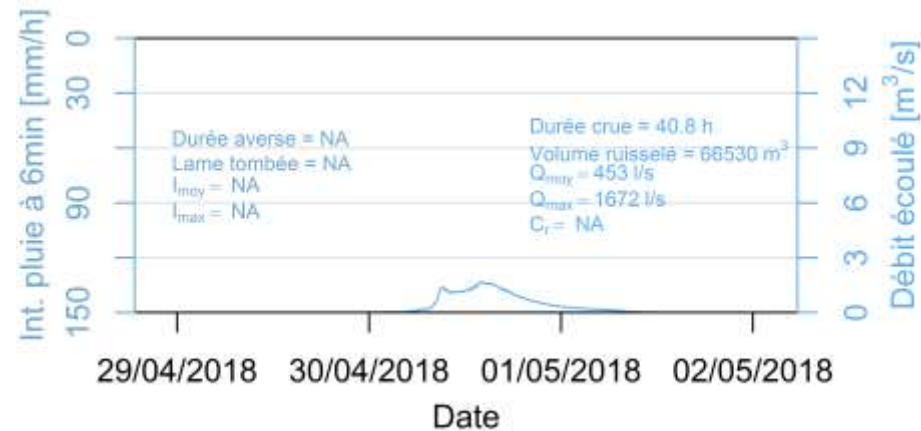
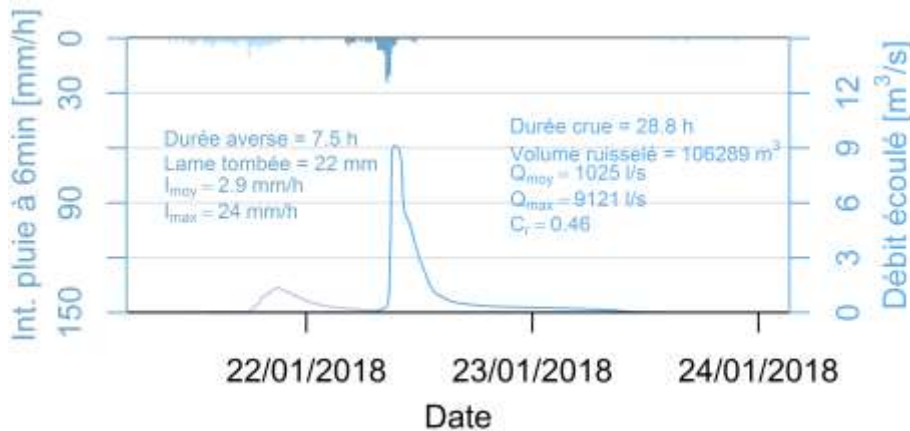
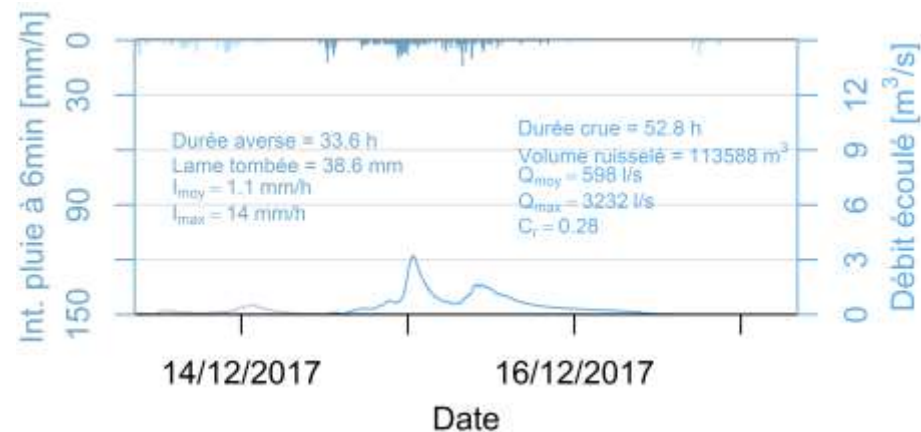
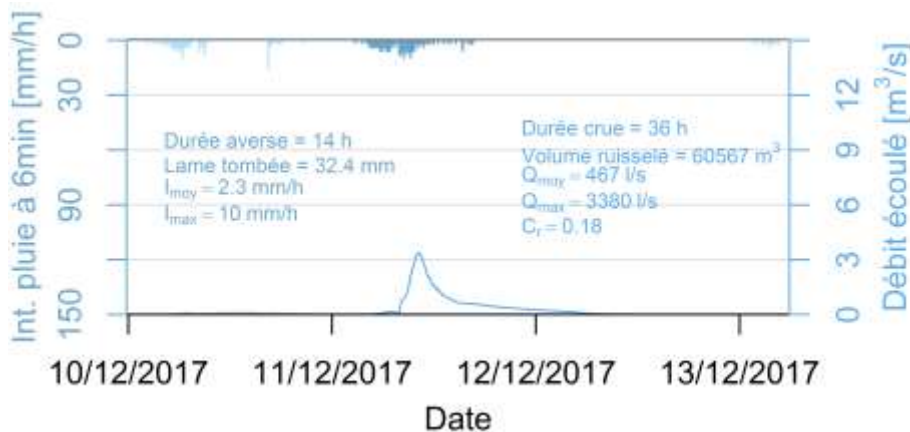


Campagne 2018 « exceptionnelle » (45.6 mm)



↘ Campagne hydrologique avec quatre crues exceptionnelles :

- Volume écoulé : entre $60.6 \cdot 10^3$ (5.8) et $113.6 \cdot 10^3$ m³ (10.9 mm)
- Débit de pointe : entre 1.67 et 9.12 m³/s
- Représentent 73 % du volume écoulé de la campagne



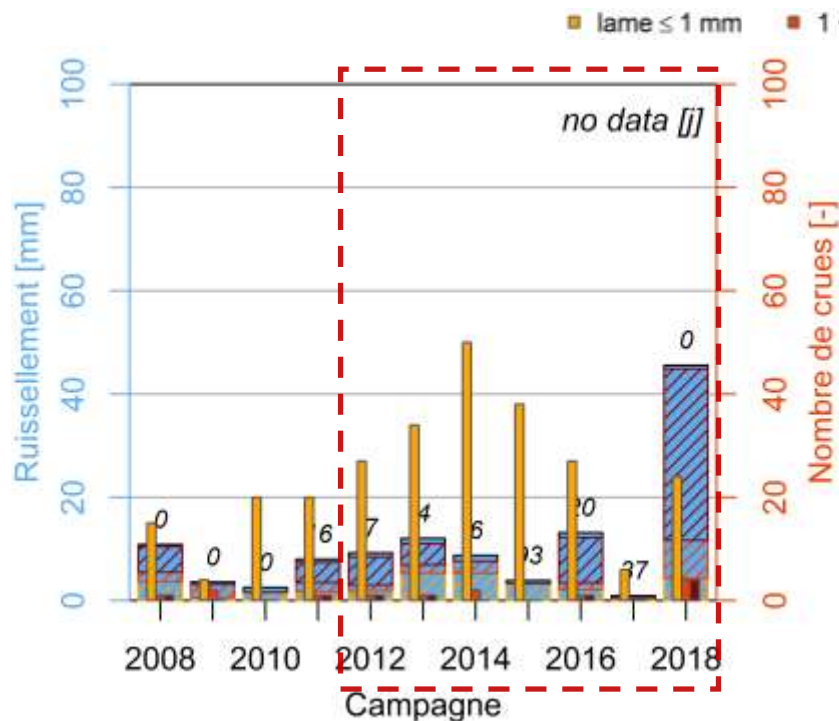
Lame ruisselée amont égale 2.8 fois celle en aval (**)

↘ 13.4 mm/campagne (139700 m³)



↘ 32 crues/campagne

- $0.02 < \text{lame} \leq 1 \text{ mm}$: 93 % des crues, 26 % du ruiss. annuel
- $\text{lame} > 3 \text{ mm}$: jusqu'à 4 crues, 59 % du ruissellement annuel

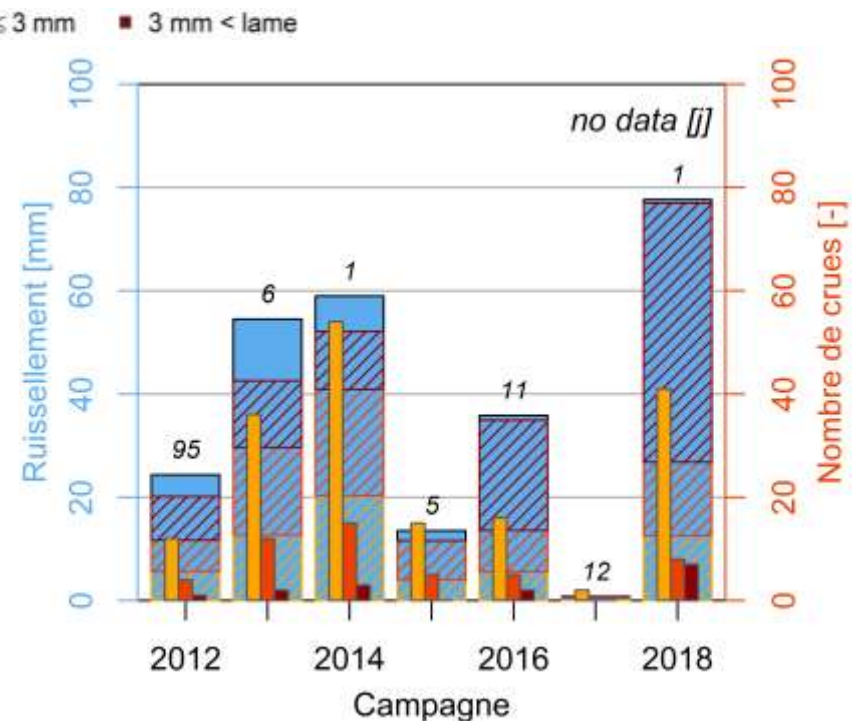


↘ 37.9 mm/campagne (55000 m³)



↘ 34 crues/campagne

- $0.07 < \text{lame} \leq 1 \text{ mm}$: 73 % des crues, 26 % du ruiss. annuel
- $\text{lame} > 3 \text{ mm}$: jusqu'à 7 crues, 43 % du ruissellement annuel

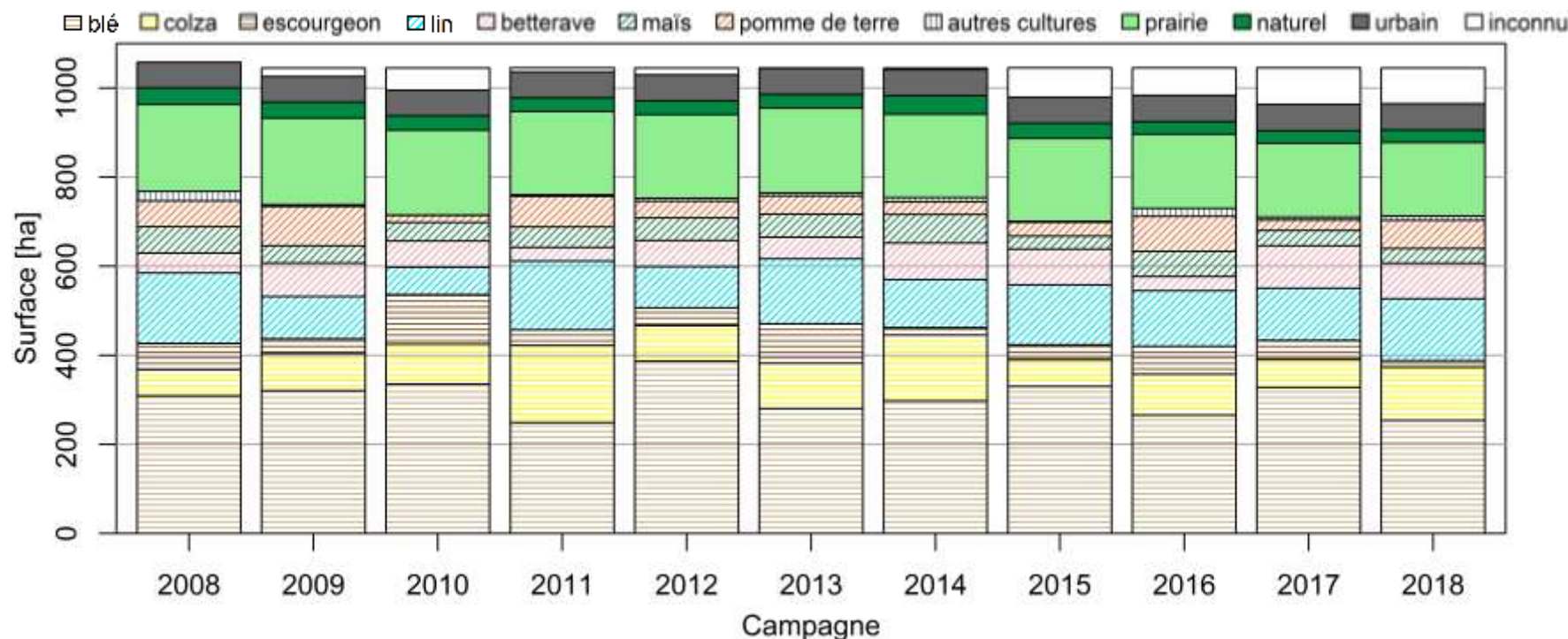


Occupation du sol stable sur 9 campagnes (*)



↘ En moyenne, les surfaces agricoles occupent 88 % du BV (1045 ha)

- Cultures : 70 % du BV (cultures d'hiver : 29 % blé, 9 % colza et 5 % escourgeon ; cultures de printemps : 12 % lin, 6 % betterave, 4 % maïs et 5 % pomme de terre)
- Prairies : 18 % du BV
- Espaces naturels : 33 ha (espace forestier, gel/friche, jardin, verger et mare)
- Espaces urbanisés : 58 ha (corps de ferme, bâtiment, maison et chemin/route)



Occupations du sol similaires sur les 2 sites (**)

↳ Surfaces agricoles : 87 %

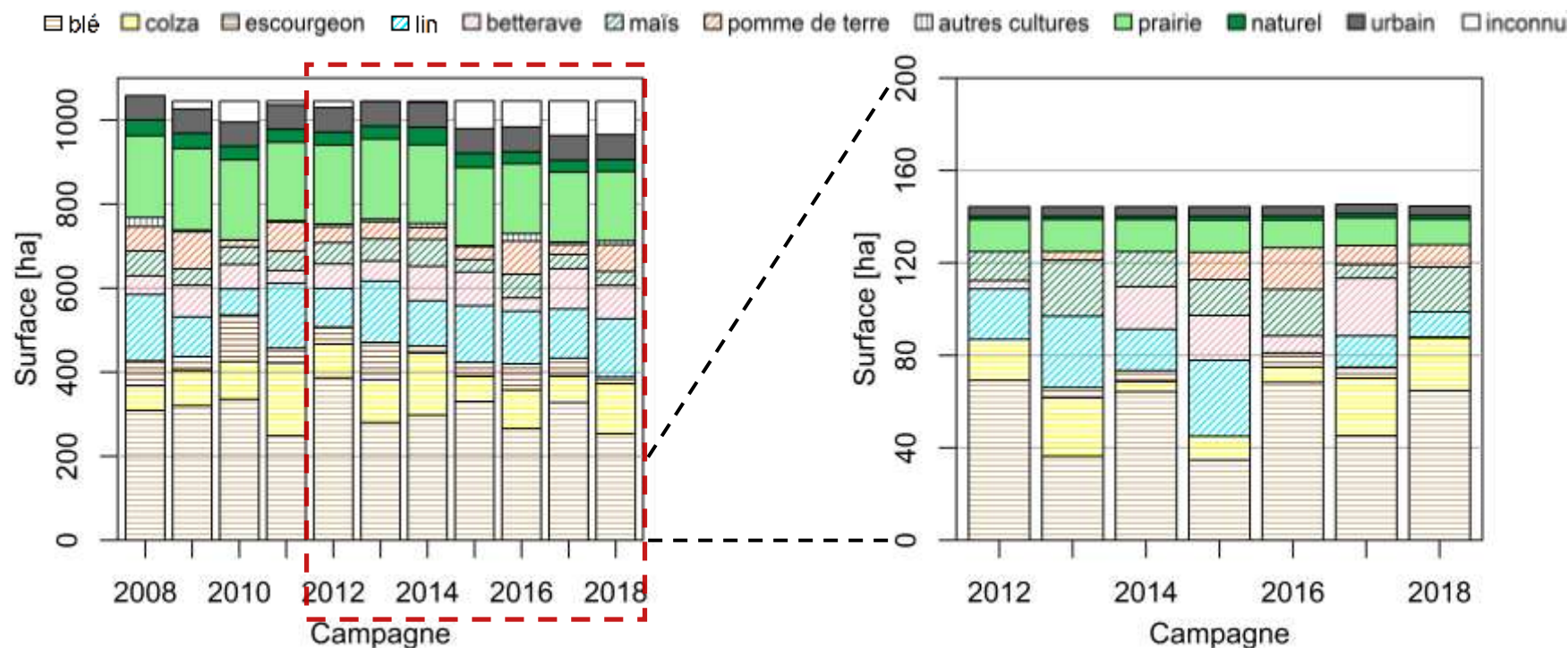


- Cultures : 70 %
 - Cultures d'hiver : 42 %
 - Cultures de printemps : 27 %
- Prairies : 17 %
- Espaces urbanisés : 59 ha

↳ Surfaces agricoles : 96 %



- Cultures : 87 %
 - Cultures d'hiver : 51 %
 - Cultures de printemps : 36 %
- Prairies : 9 %
- Espaces urbanisés : 4 ha



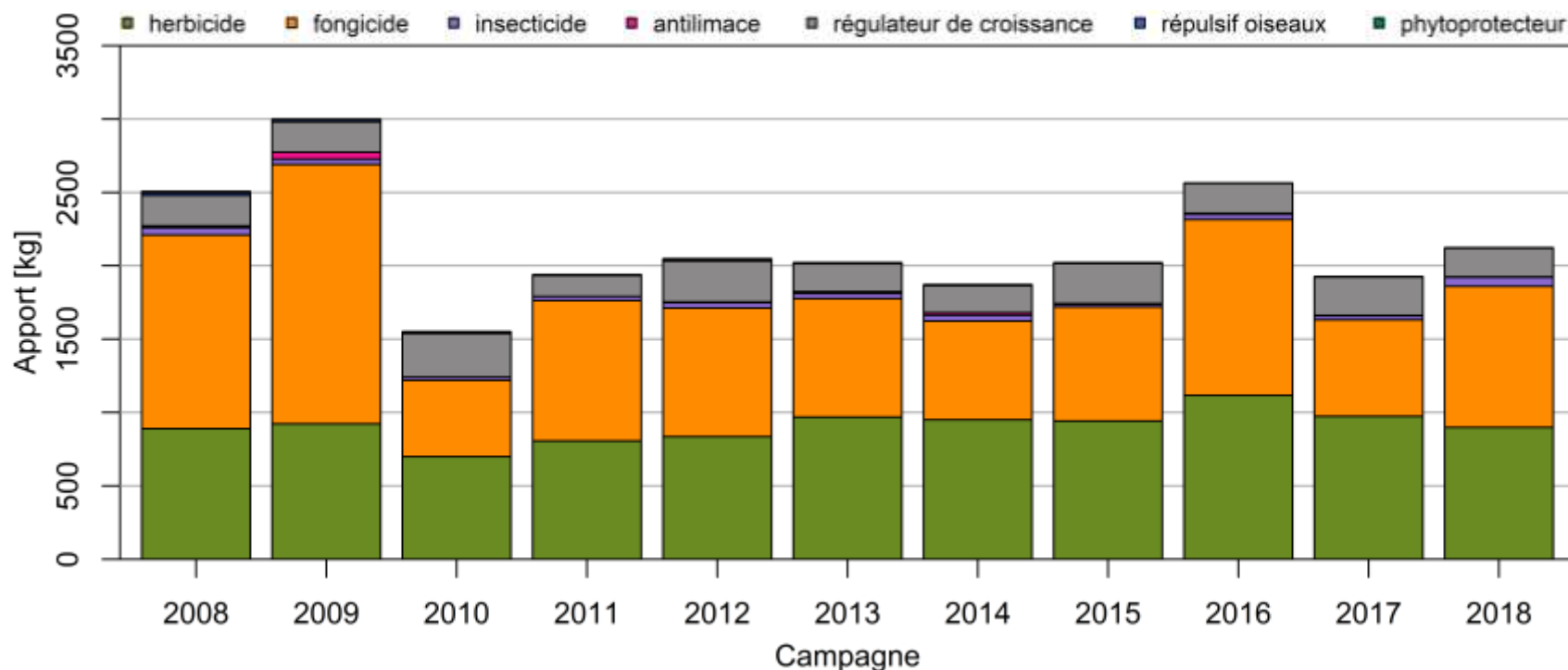
En moyenne 2143 kg apportés par campagne (*)



↘ Cette quantité de substances actives épanchées sur le BV est répartie :

- Herbicides : 42 % des apports
- Fongicides : 45 % des apports
- Insecticides : 2 % des apports

↘ Ramenée aux 920 ha du BV en culture ou en prairie, cela équivaut à 2.33 kg apportés/campagne/ha agricole



Apports de SA équivalents sur les 2 sites (**)

↘ 2082 kg apportés/campagne

- Herbicides : 46 %
- Fongicides : 41 %
- Insecticides : 2 %



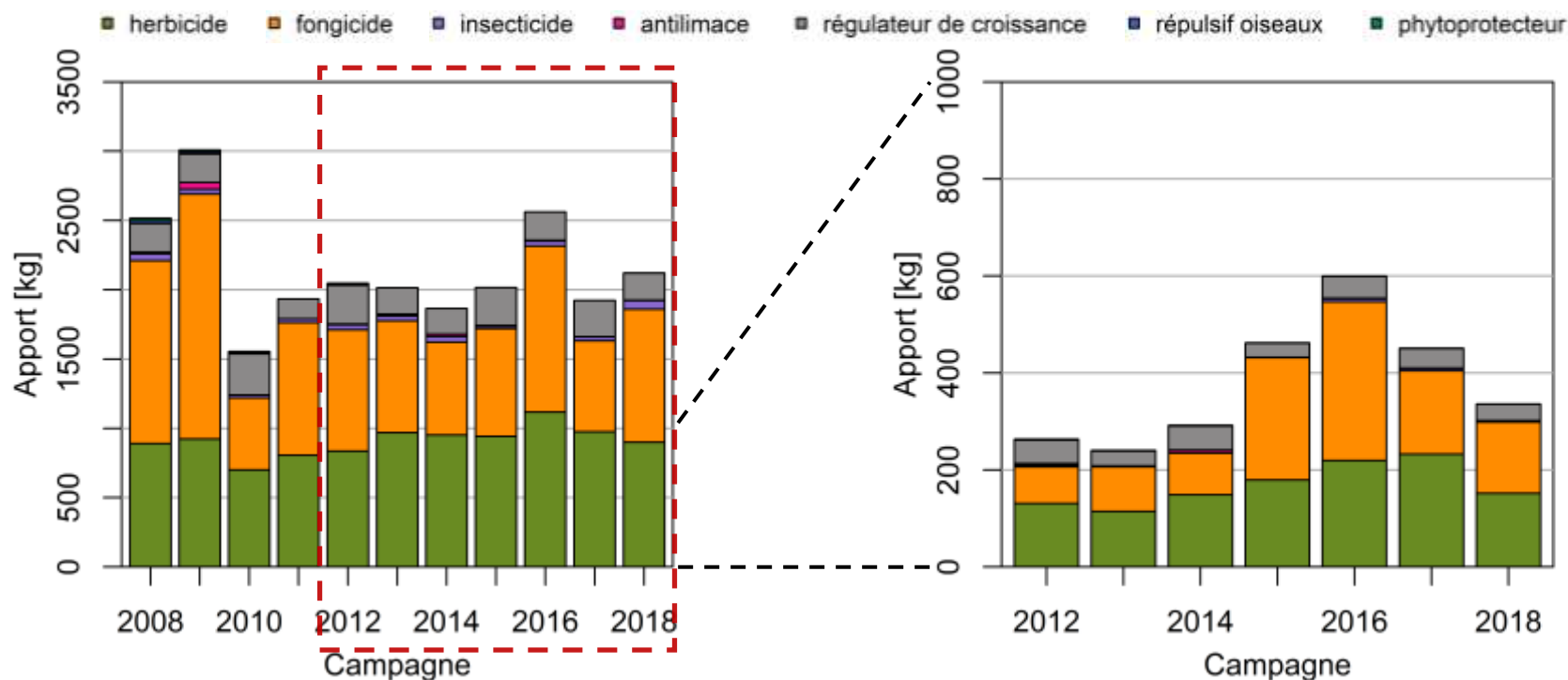
↘ 378 kg apportés/campagne

- Herbicides : 44 %
- Fongicides : 44 %
- Insecticides : 1 %



↘ 2.29 kg apportés/campagne/ha agricole

↘ 2.70 kg apportés/campagne/ha agricole



Toute SA apportée n'est pas recherchée (*)



↘ 164 SA uniques apportées au moins une fois sur le BV durant la période d'étude dont 27 jamais recherchées dans les ruissellements

- 9 herbicides ^(h) sur 75 : 1.3 % des apports d'herbicides
- 12 fongicides ^(f) sur 58 : 10.6 % des apports de fongicides
- 2 insecticides ⁽ⁱ⁾ sur 16 : 14.8 % des apports d'insecticides
- 2 régulateurs de croissance ^(rc) sur 8 : 1.8 % des apports de régulateurs

↘ En moyenne, ce sont 5.8 % (124 kg) des quantités de SA apportées par campagne dont on ne connaît pas les exports

Herbicides ^(h)

benthiavalcab-isopropyl
metobromuron
pethoxamide
picolinafen
pinoxaden
pyroxsulam
rimsulfuron
sulfosulfuron
thiencarbazone-methyl

Fongicides ^(f)

bixafen
cyazofamide
fenamidone
fluopicolide
fluopyram
fluoxastrobine
fluxapyroxade
hymexazol
mandipropamide
propamocarbe
silthiofam
zoxamide

Insecticides ⁽ⁱ⁾

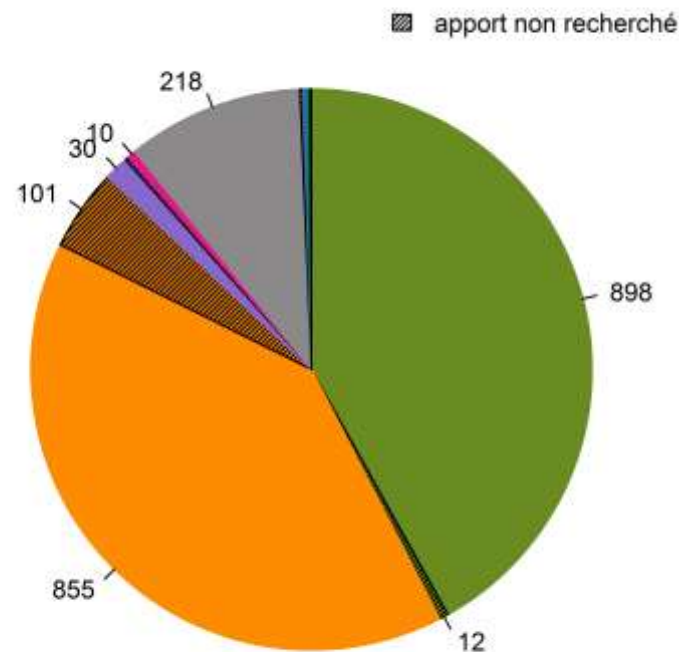
flonicamide
thiaclopride

Régulateurs de croissance ^(rc)

hydrazide maleique
prohexadione-calcium

Phytoprotecteurs ^(p)

dichlormide
isoxadifen-ethyl



Répartition des 2143 kg d'apports moyens de SA par campagne

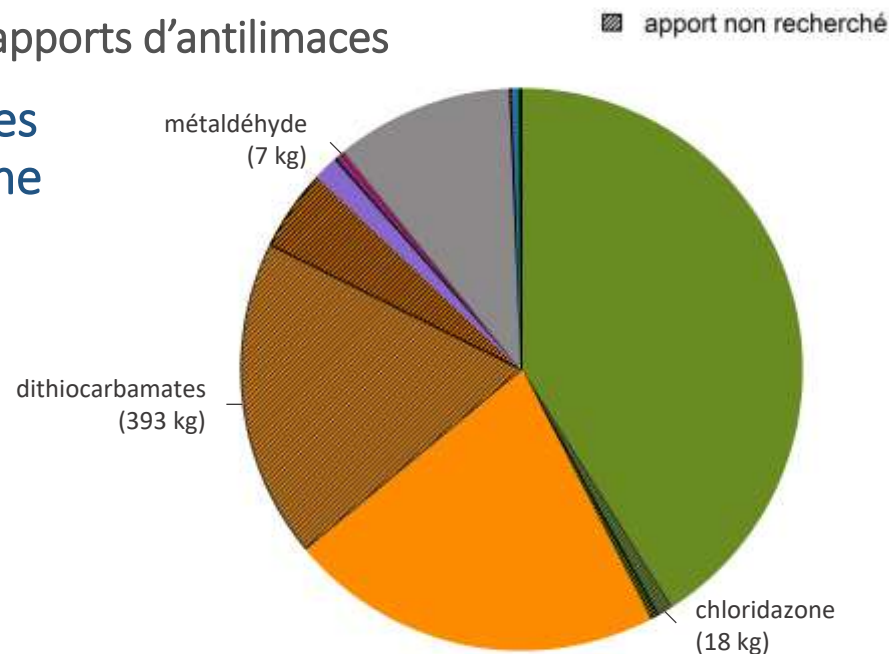
Toute SA apportée n'est pas recherchée (*)



↘ Si on considère 3 SA supplémentaires mal recherchées à cause de leur limite de quantification (LQ) trop élevée

- 9 herbicides + chloridazone (LQ = 1 µg/l) : 3.3 % des apports d'herbicides
- 12 fongicides + dithiocarbamates (LQ = 2.5 µg/l) : 51.7 % des apports de fongicides
- 2 insecticides sur 16 : 14.8 % des apports d'insecticides
- 2 régulateurs de croissance sur 8 : 1.8 % des apports de régulateurs
- métaldéhyde (LQ = 10 µg/l) : 74.3 % des apports d'antilimaces

↘ En moyenne, ce sont 25.3 % (543 kg) des quantités de SA apportées par campagne dont on ne connaît pas les exports

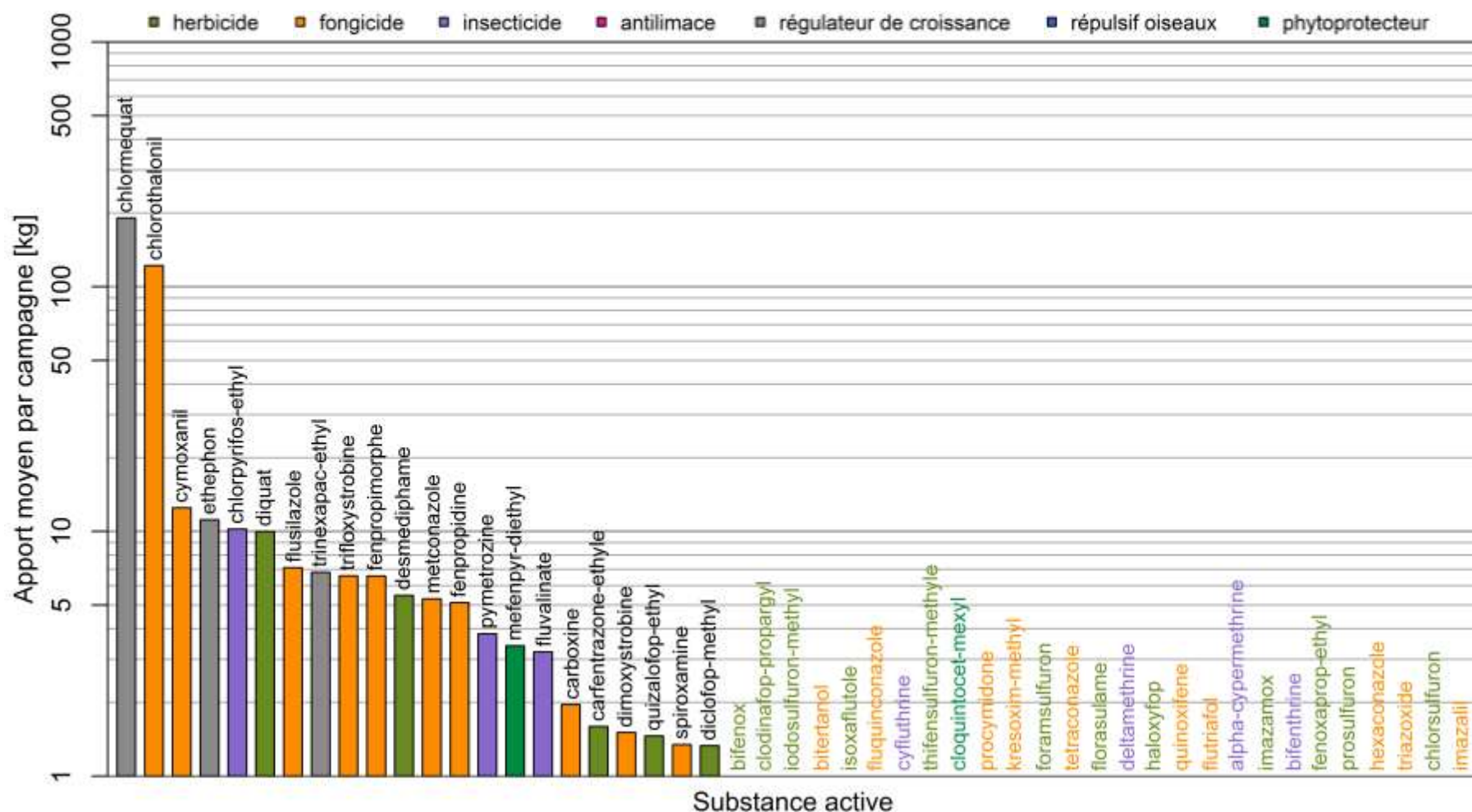


Répartition des 2143 kg d'apports moyens de SA par campagne

Substances actives jamais exportées (*)



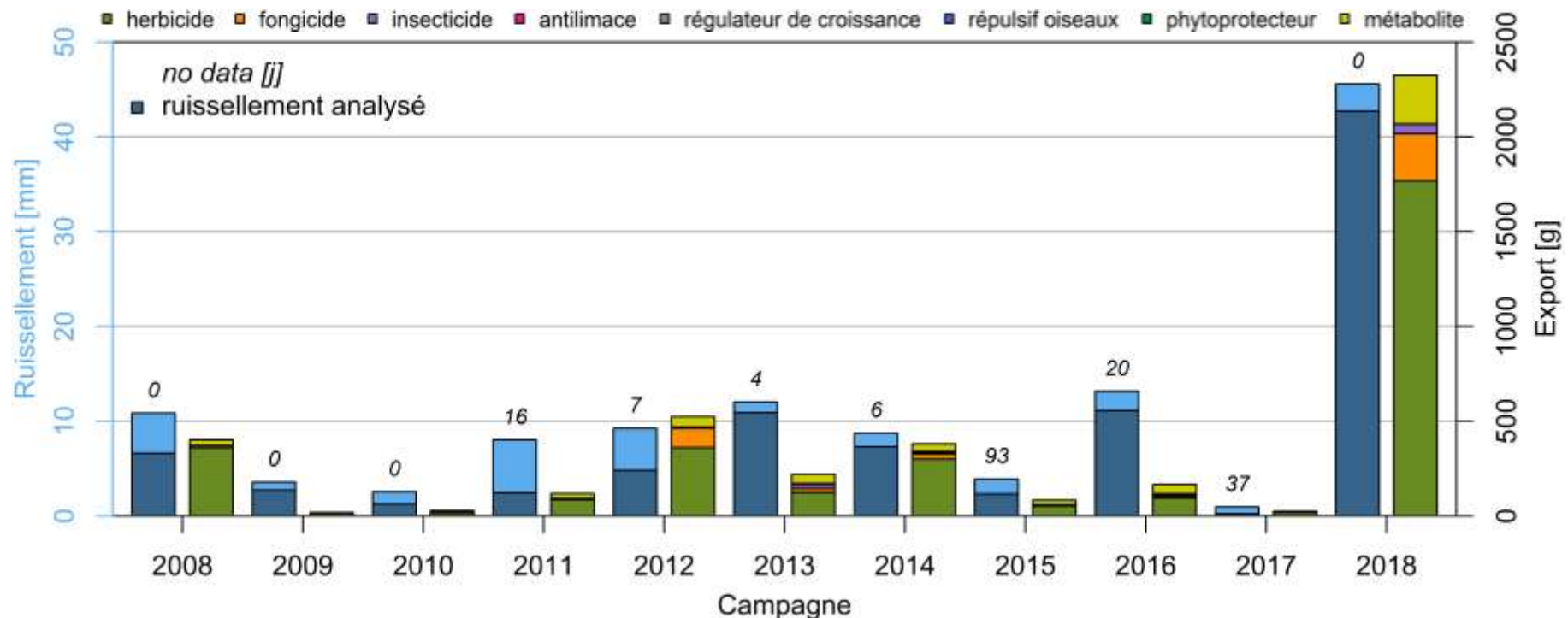
Substances actives apportées sur le bassin versant mais jamais détectées dans les ruissellements à l'exutoire du BV



En moyenne 390 g exportés par campagne (*)



- En moyenne, 64 % des volumes de ruissellement sont analysés
- Cette quantité de substances actives mesurées à l'exutoire du BV équivaut à 424 mg exportés/campagne/ha agricole, répartis ainsi :
 - Herbicides : 74 % des exports
 - Fongicides : 10 % des exports
 - Métabolites : 13 % des exports



Campagne 2018 « exceptionnelle » (2.3 kg)



↘ Campagne hydrologique avec quatre crues exceptionnelles :

- Volume écoulé analysé : entre 89 et 100 %
- Quantité de SA exportées : entre 209.2 et 699.1 g
- Concentration de SA exportées : entre 2.86 et 11.74 µg/l
- Représentent 68 % de la quantité exportée de SA de la campagne

		11/12/2017	15/12/2017	22/01/2018	30/04/2018
Ruiss.	Ruissellement écoulé (10 ³ m ³)	60.6	113.6	106.3	66.5
	Ruissellement écoulé (mm)	5.8	10.9	10.2	6.4
	Débit de pointe (m ³ /s)	3.38	3.23	9.12	1.67
Toutes SA	Ruissellement analysé (%)	100	97	99	89
	Quantité exportée (g)	209.2	316.6	357.7	699.1
	Concentration exportée (µg/l)	3.46	2.86	3.42	11.74
Proportion de la campagne 2018	Herbicides (%)	10.8	16.0	8.6	27.4
	Fongicides (%)	1.4	4.9	15.2	69.6
	Insecticides (%)	6.2	15.2	5.6	58.4
	Métabolites (%)	4.3	5.6	64.1	4.8
	Toutes fonctions (%)	9.0	13.6	15.4	30.1

Exports du sous-BV égalent 2.5 fois ceux du BV (**)

↘ Ruissellement analysé par campagne : 70 %



↘ 532 g exportés/campagne

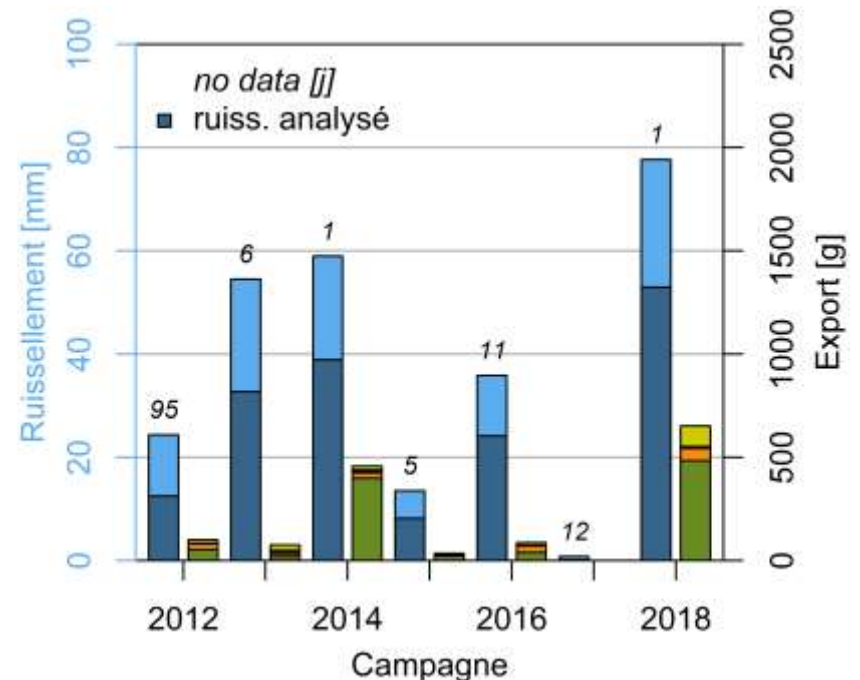
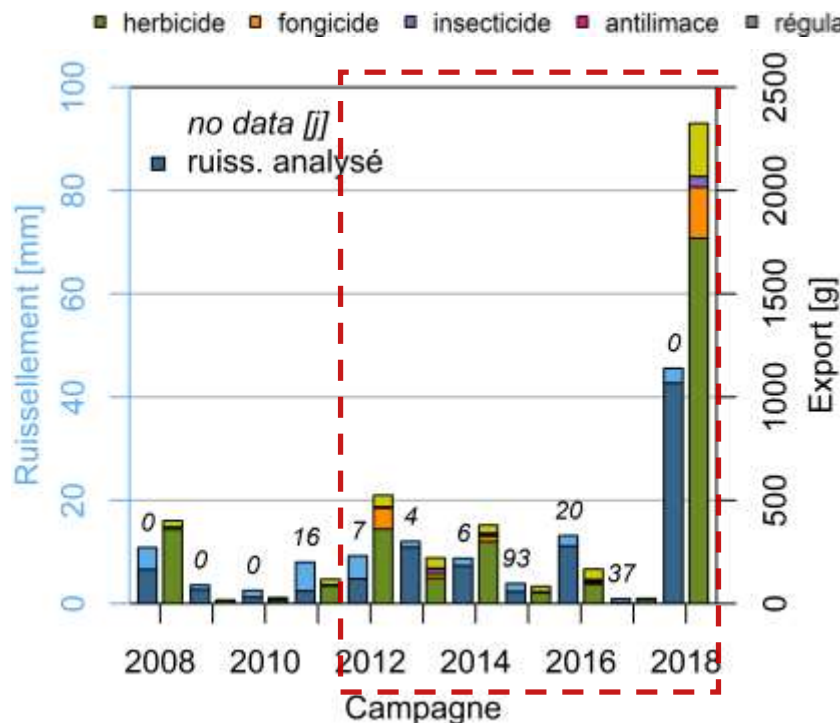
↘ 585 mg exportés/campagne/ha agricole

↘ Ruissellement analysé par campagne : 55 %



↘ 201 g exportés/campagne

↘ 1436 mg exportés/campagne/ha agricole

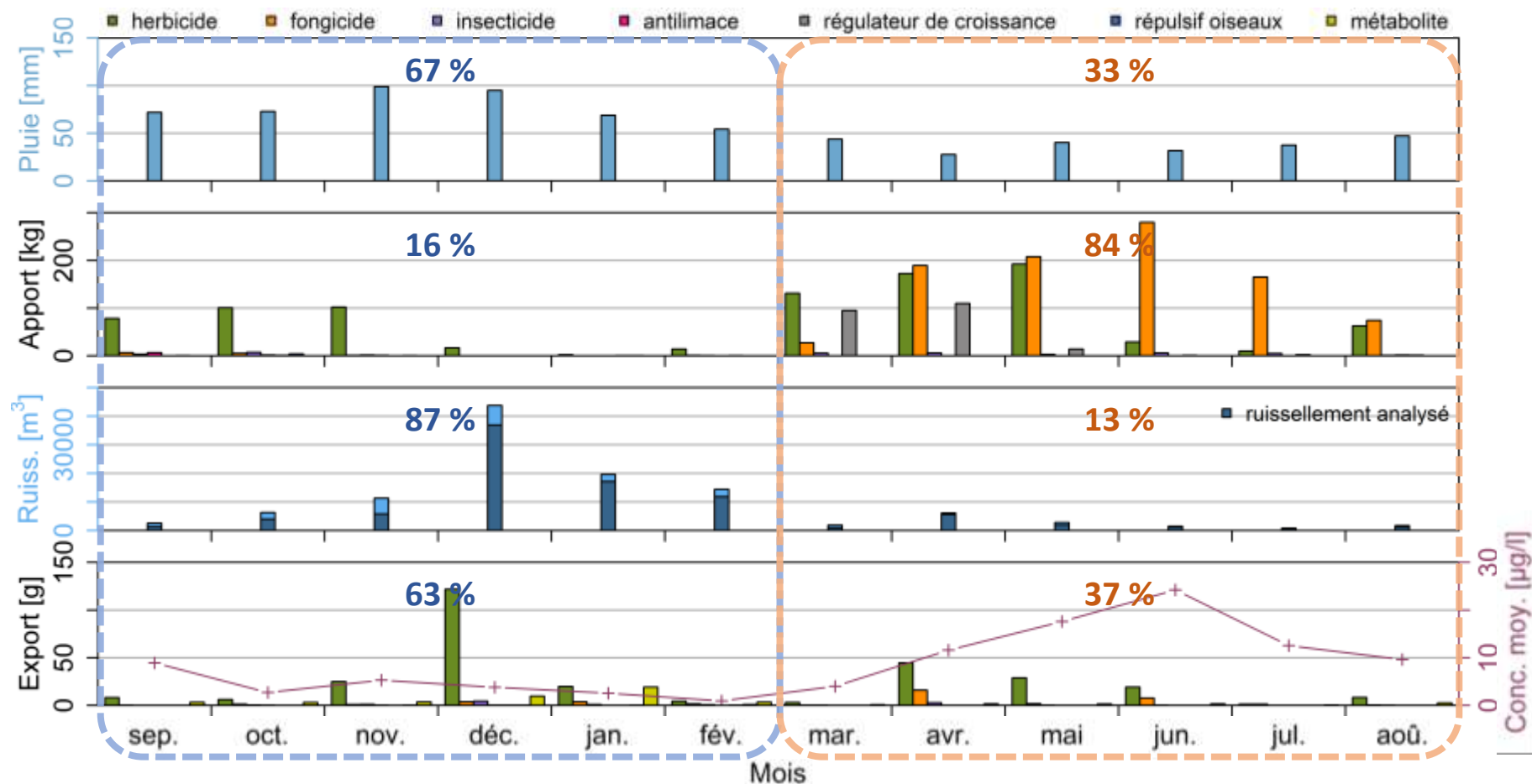


Forte saisonnalité des transferts de SA (*)



↳ Selon les moyennes mensuelles établies sur 11 campagnes :

- **Printps.-Été** : volumes ruisselés faibles très concentrés ($\text{moy}_{\text{mois}} \approx 13.3 \mu\text{g/l}$)
- **Aut.-Hiver** : ruissellements importants faiblement concentrés ($\text{moy}_{\text{mois}} \approx 4.0 \mu\text{g/l}$)

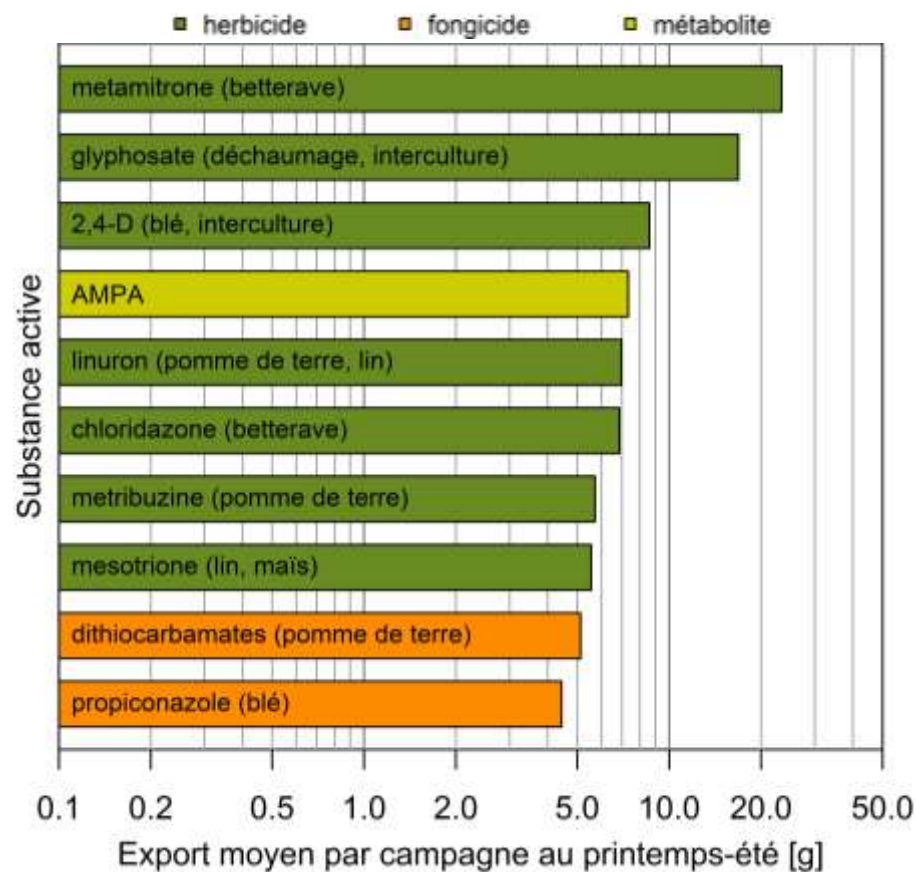
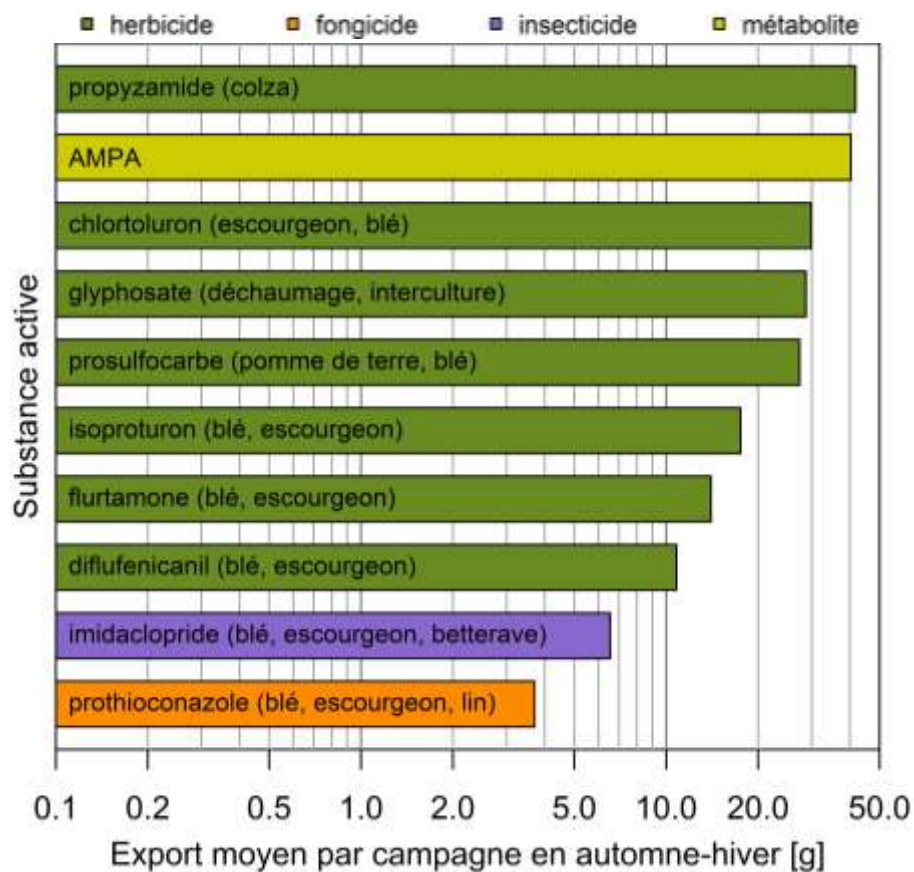


Top10 des SA les plus exportées (*)



Travailler sur les 10 substances actives (SA) les plus exportées de chaque saison pourrait réduire jusqu'à :

- 220 g par campagne soit 89 % des exports d'automne-hiver
- 91 g par campagne soit 63 % des exports de printemps-été



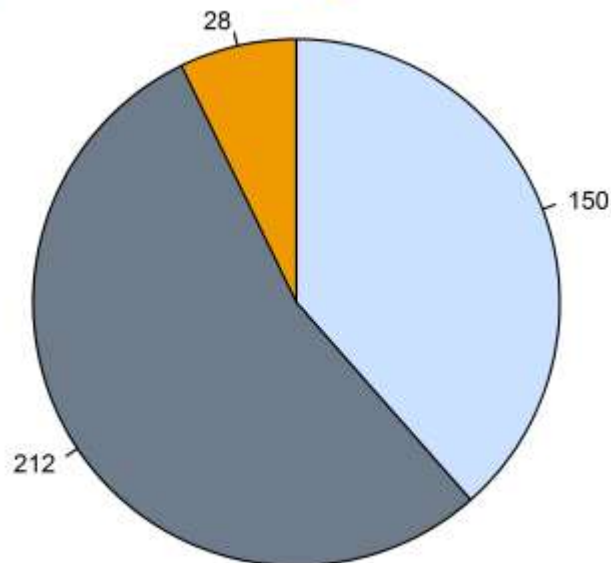
Rôle de l'érosion dans les transferts (*)



↘ Les doubles analyses sur eau filtrée et MES permettent de quantifier le rôle de l'érosion dans les transferts de PPP

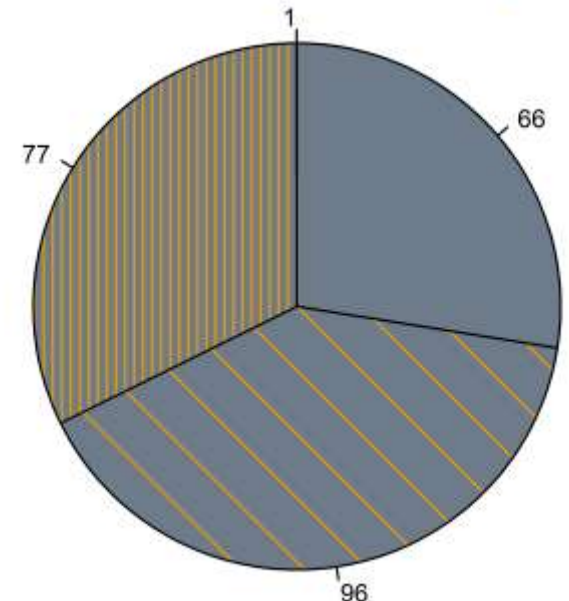
- 72 % du volume total analysé en double analyse
- 11,7 % des transferts totaux sous forme adsorbée aux MES
- τ taux de transfert adsorbé aux MES $\leq 0,05$ pour 188 SA, représentant 2/3 des transferts en masse

□ eau brute ■ eau filtrée ■ matières en suspension



Répartition de la quantité exportée moyenne de substances actives par campagne (390 g) selon la fraction analysée des ruissellements de BRVL

■ $\tau = 0$ ■ $0 < \tau \leq 0.05$ ■ $0.05 < \tau \leq 0.50$ ■ $0.50 < \tau$

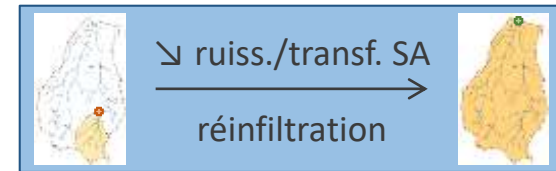


Répartition de la quantité exportée moyenne de substances actives par campagne des ruissellements de BRVL analysés en double-fraction selon le taux τ

Conclusions des analyses annuelle et saisonnière

↘ L'analyse annuelle des données a mis en évidence l'effet d'échelle sur le ruissellement écoulé et les transferts de SA associés

- Similarités sur les 2 sites : pluie mesurée, répartition des occupations du sol, quantité de SA apportées par campagne par hectare agricole
- Différences (facteur 3 de réduction) entre l'exutoire du sous-BV et l'exutoire du BV : ruissellement mesuré, quantité de SA exportées par campagne par hectare agricole



↘ L'analyse mensuelle des données a révélé la forte saisonnalité des transferts de SA à l'exutoire du BV

Nécessité d'élaborer des stratégies de gestion qui tiennent compte de :

- Volumes importants de ruissellements faiblement concentrés d'automne-hiver
- Faibles volumes d'épisodes ruisselants très concentrés de printemps-été

↘ L'analyse saisonnière des données a permis d'identifier les SA prioritaires

Travailler sur la réduction des transferts de la vingtaine de SA les plus exportées pourrait impacter jusqu'à 82 % des quantités exportées toutes SA confondues à l'exutoire du BV de *Bourville*

↘ L'érosion joue un rôle marginal dans les transferts de PPP



Plan de présentation

↘ Introduction

↘ Matériels et méthodes

↘ **Résultats globaux**

Au pas de temps : campagne, saison, mois

À l'échelle événementielle

↘ Détail par substance active, quelques exemples

↘ Détail d'une crue marquante aux transferts extrêmes de substances actives phytosanitaires

Quelles sont les leçons à tirer ?

↘ Conclusion et perspectives

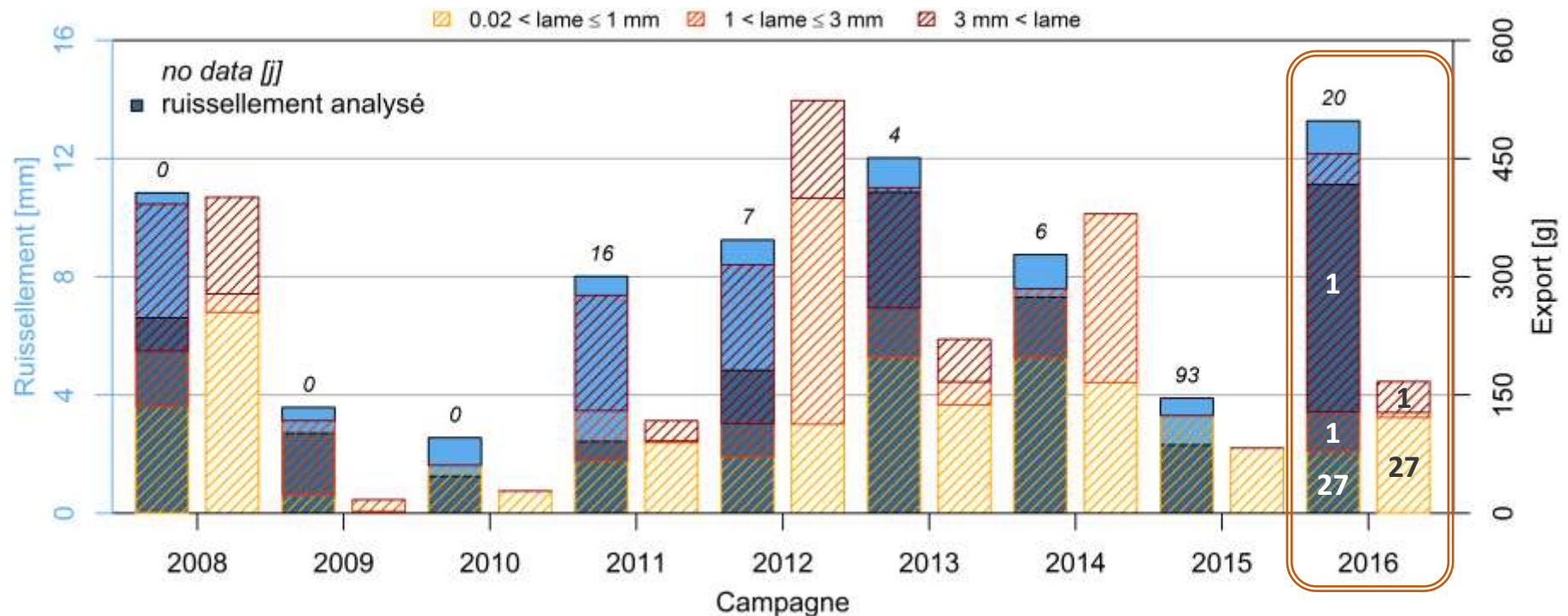
Importance de l'analyse événementielle



↘ Campagne 2016 (84 % des ruissellements analysés)

↘ Répartition événementielle des volumes ruisselés et exports de SA

- 27 crues ($0.02 < \text{lame} \leq 1 \text{ mm}$) : 17 % des ruissellements ; 73 % des exports
- 1 crue (1.4 mm) : 11 % des ruissellements ; 4 % des exports
- 1 crue (8.7 mm) : 65 % des ruissellements ; 23 % des exports



Classes d'événements pluie-débit du BV (*)



↳ Caractérisation (valeurs moyennes) et saisonnalité des classes

- **Classe 3** : événements extrêmes exclusivement d'automne-hiver
- **Classe 1** : événements importants principalement d'automne-hiver
- Classes **4** et **5** : faibles pluies ayant produit de faibles crues
- **Classe 6** : crues intenses issues d'orages (de printemps-été et début automne)

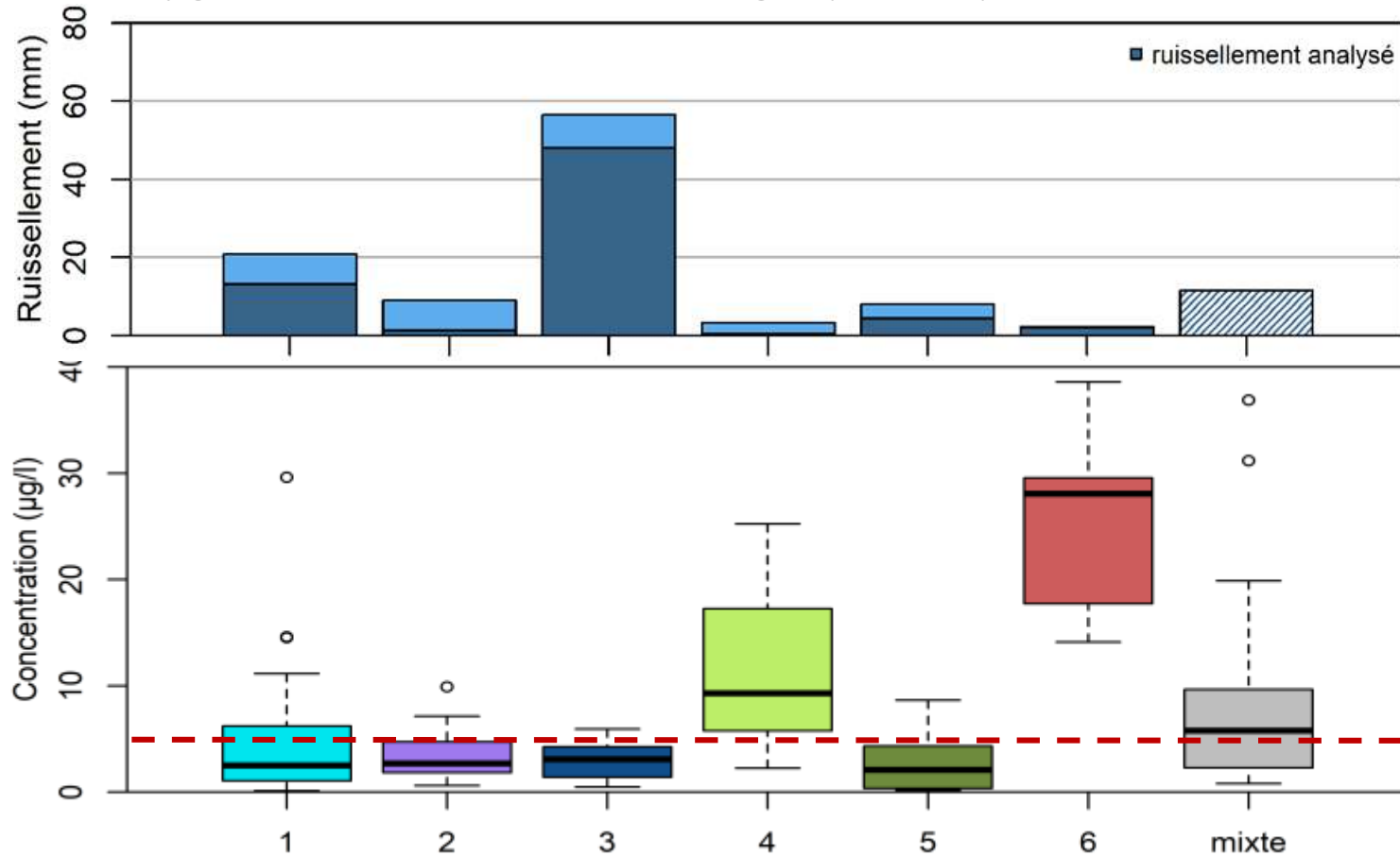
		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6
Caract. de pluie	Effectif [-]	34	46	9	73	59	6
	Durée.P [h]	16.6	7.3	28.5	4.3	7.5	3.7
	Lame.P [mm]	23.9	9.1	32.0	8.9	9.2	31.7
	I _{moy} à 6min [mm/h]	1.8	1.7	1.6	2.8	1.4	14.4
	I _{max} à 6min [mm/h]	16.5	11.8	14.0	11.5	10.6	82.0
Cond. ini. du sol	Lame.P.48h [mm]	8.6	23.7	17.4	5.4	7.6	3.5
	Lame.P.240h [mm]	41.2	63.4	63.0	18.3	49.8	12.9
Caract. de ruissellement	Durée.R [h]	24.2	13.8	41.7	6.0	13.3	8.8
	Lame.R [mm]	0.61	0.20	6.28	0.04	0.14	0.37
	Q _{moy} [l/s]	70.6	34.2	479.6	21.8	25.9	77.9
	Q _{max} [l/s]	319.3	109.6	2947.7	52.9	80.1	519.3

Concentrations de SA par classe d'évts. (*)



▮ Deux catégories de concentrations

- $< 5 \mu\text{g/l}$: grands événements hivernaux (classes 1 et 3), épisodes ruisselants moyens (2) et très petits ruissellements urbains (5)
- $> 5 \mu\text{g/l}$: crues intenses issues d'orages (classe 6)

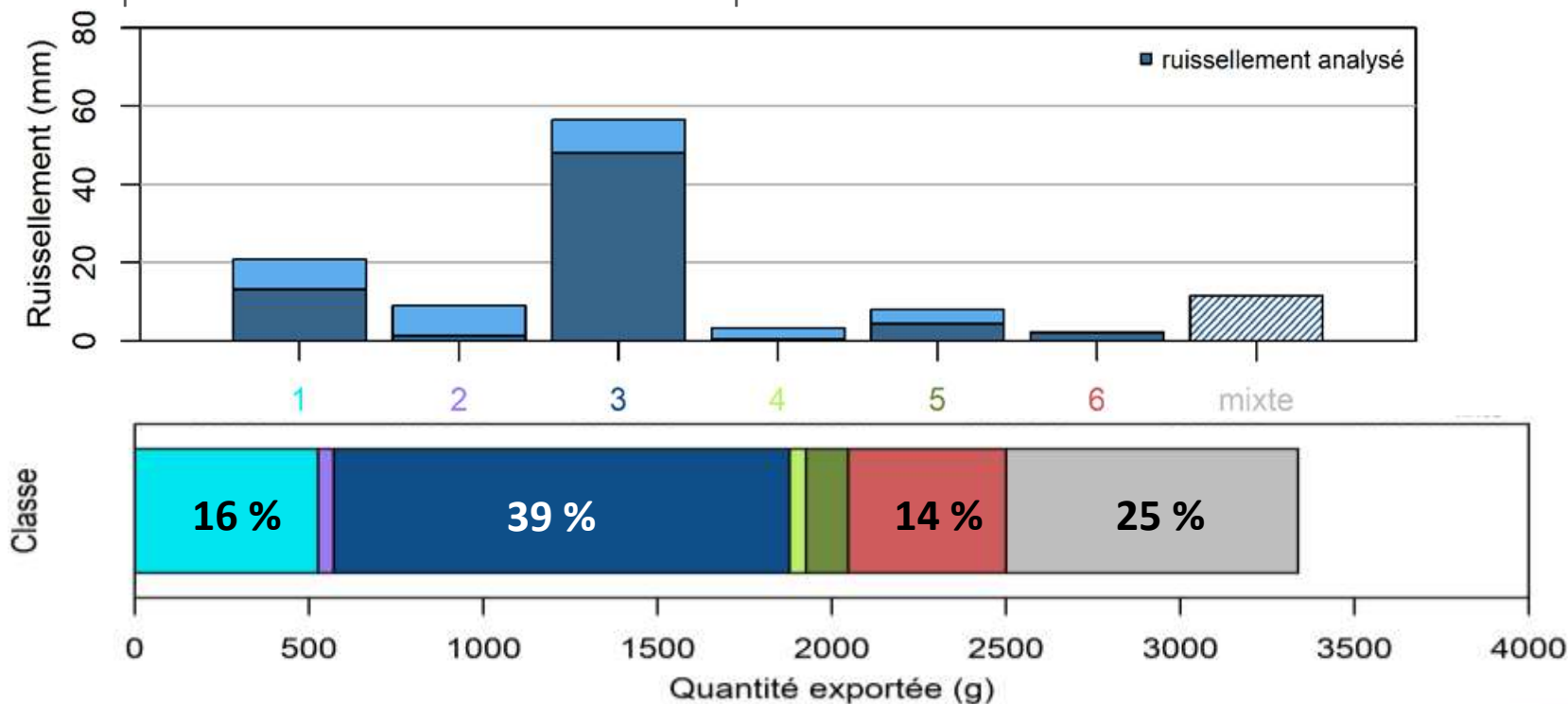


Gestion des transferts par classe d'évts. (*)



↳ Selon l'étude des 227 événements pluie-débit des 11 campagnes :

- Facilement gérables par réinfiltration (surfaces enherbées) : **6 %** des quantités exportées par les petites (classes **4** et **5**) et moyennes (**2**) crues
- Partiellement gérables avec un frein hydraulique favorisant la réinfiltration : grandes crues hivernales de la classe **1** représentent **16 %** des exports
- Événements extrêmes difficilement gérables (classes **3** et **6**) : **53 %** des quantités de substances actives exportées à l'exutoire du bassin versant



Conclusions de l'analyse événementielle

↘ L'analyse événementielle des données est indispensable pour comprendre les transferts de SA par ruissellement

- Campagne 2013 : 62 % des exports par des crues de $LR \leq 1$ mm
- Campagne 2016 : une unique crue a représenté 2/3 des volumes et 1/4 des quantités exportées toutes SA confondues

Nécessité d'élaborer des stratégies de gestion qui tiennent compte de :

- Nombreuses petites crues
- Rares crues extrêmes

↘ L'analyse événementielle des données par classe et comportement hydrologique apporte une vision spatialisée et temporelle des transferts

- Petites et moyennes crues de ruissellements localisés observables toute l'année : 6 % des quantités exportées toutes SA confondues
- Crues extrêmes du ruissellement généralisé du BV d'automne-hiver et d'orages de printemps : 53 % des quantités exportées toutes SA confondues

Capacité de quantifier l'impact de l'aménagement de zones tampons sur le chemin de l'eau pour réduire les flux de SA phytosanitaires par ruissellement.

En parcelle, réduire la production de ruissellement et/ou agir sur les apports de SA.



Plan de présentation

↘ Introduction

↘ Matériels et méthodes

↘ Résultats globaux

Au pas de temps : campagne, saison, mois
A l'échelle événementielle

↘ **Détail par substance active, quelques exemples**

Pourquoi, comment, où, quand, combien ?

↘ Détail d'une crue marquante aux transferts extrêmes de substances actives phytosanitaires

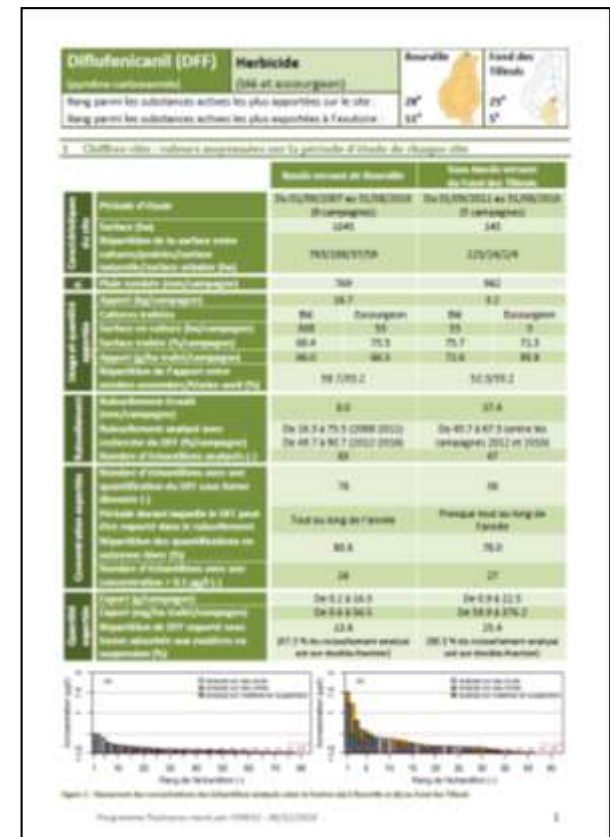
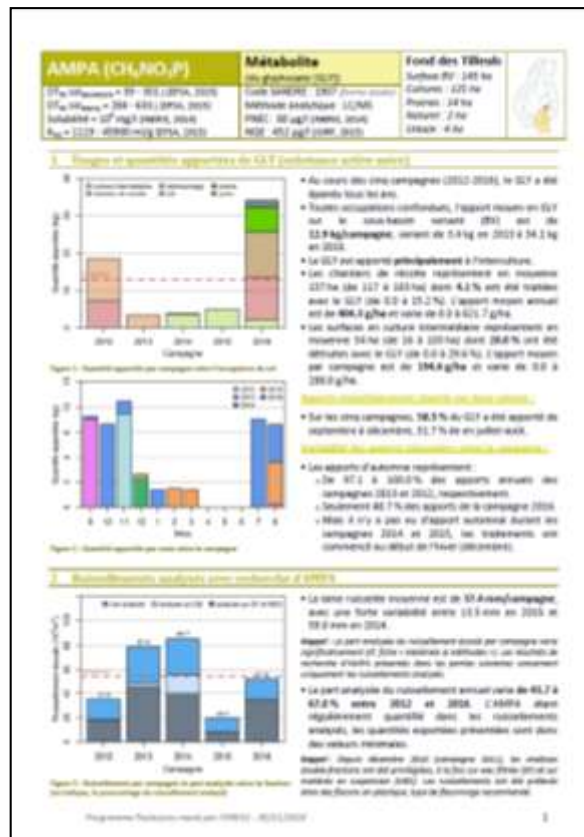
Quelles sont les leçons à tirer ?

↘ Conclusion et perspectives

Dispositif de production de fiches par SA

↳ Trois types de fiche pour chaque substance active (SA) :

- Données du BV de 1045 ha (*Bourville*) (*)
- Données du sous-BV de 145 ha (*Fond des Tilleuls*) (**)
- Synthèse des deux sites (BV et sous-BV) et propositions de solutions



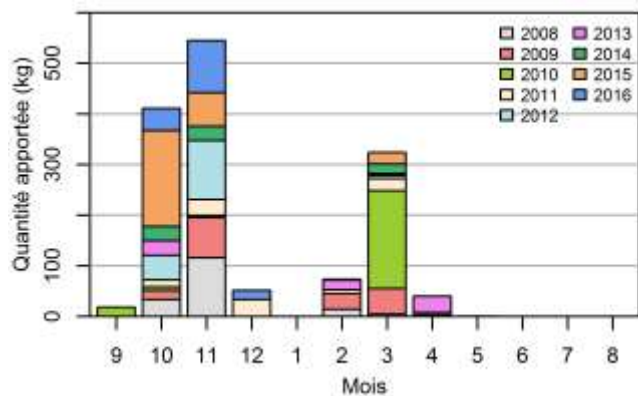
Trois exemples de SA

- ↘ Engagement auprès des financeurs de ne pas donner de détails par SA
- ↘ Nous avons choisi ici trois SA avec des comportements contrastés
 - Un herbicide des céréales utilisé à l'automne et en sortie d'hiver : HB1
 - Un herbicide du colza : HC1
 - Un fongicide des céréales : FB1
- ↘ Présentation des résultats à BRVL

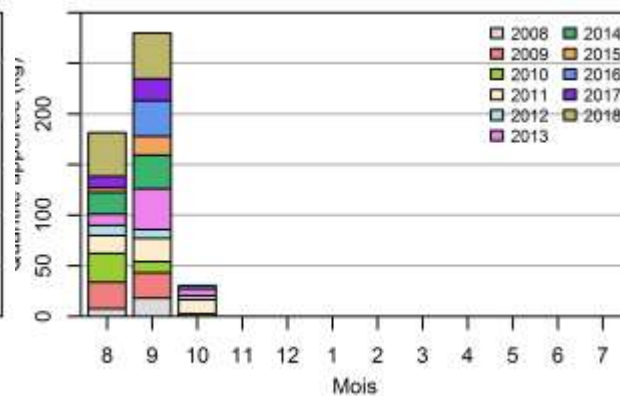
Pourquoi et quand ?

- ▮ HB1 : 100 % sur céréales à paille, automne-hiver rattrapage en mars
- ▮ HC1 : 100 % sur colza entre août et octobre
- ▮ FB1 : 98 % sur céréales à paille au printemps

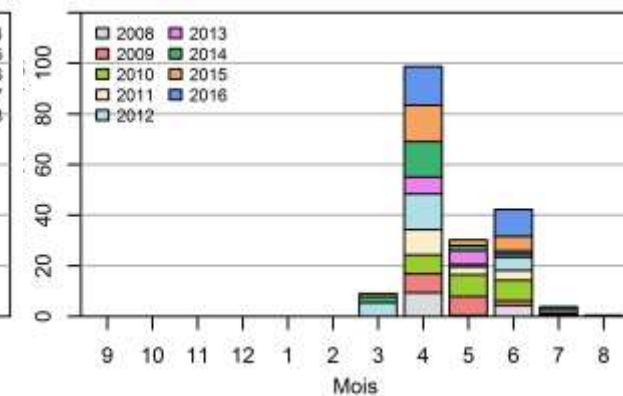
HB1



HC1



FB1

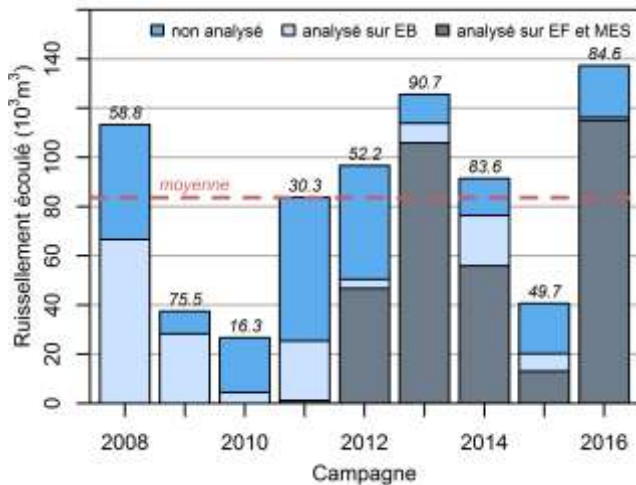


Recherche dans les ruissellements

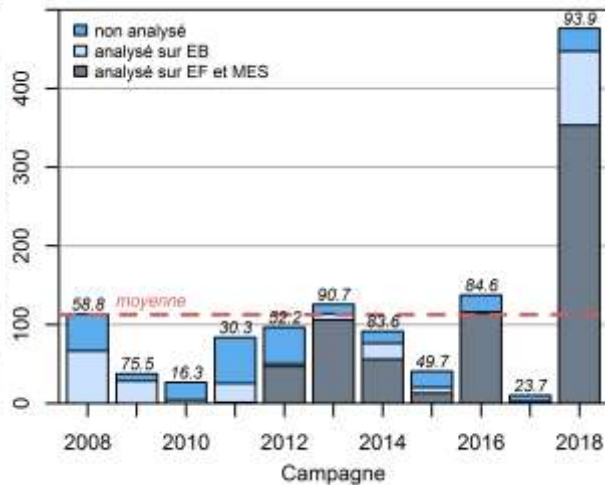
↘ Quels sont les ruissellements, vecteur de ces SA ?

↘ Quelle est la part analysée des ruissellements avec recherche de ces SA ?

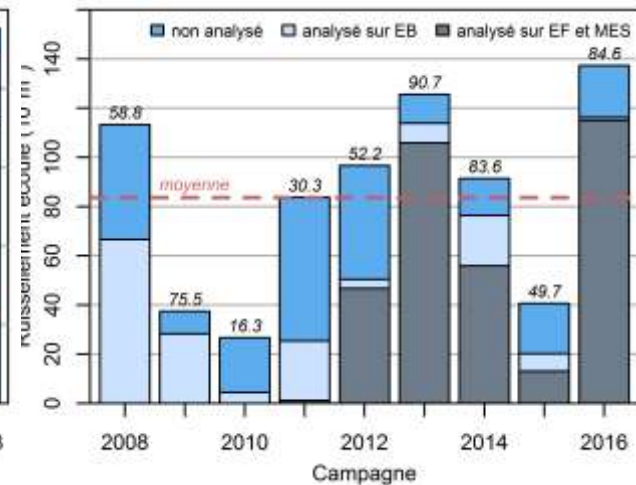
HB1



HC1



FB1



Recherche de ces SA dans les ruissellements

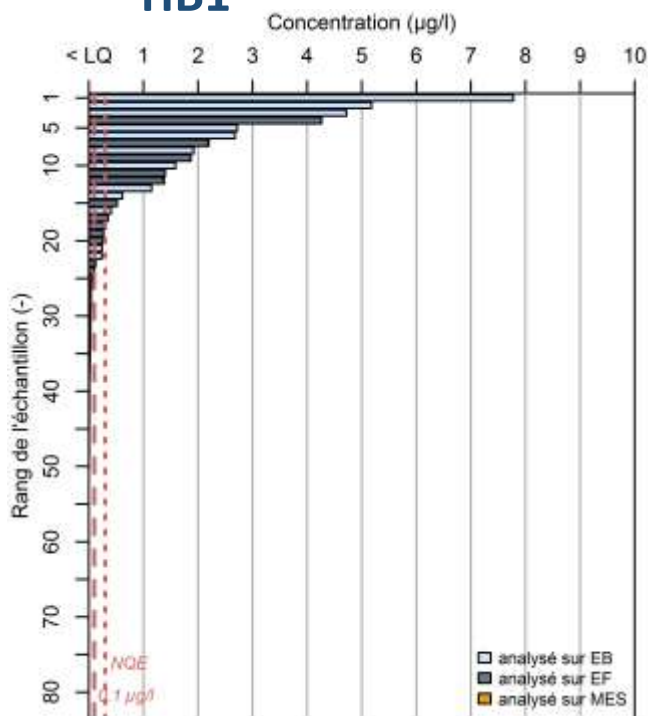
↳ Combien d'échantillons de ruissellement ont été analysés ?

- | | | |
|--------------------------------|------------------|-----------------|
| ■ 83 échantillons (*) | 109 échantillons | 83 échantillons |
| ■ LQ : entre 0.1 et 0.005 µg/l | 0.02 µg/l | 0.1 µg/l |

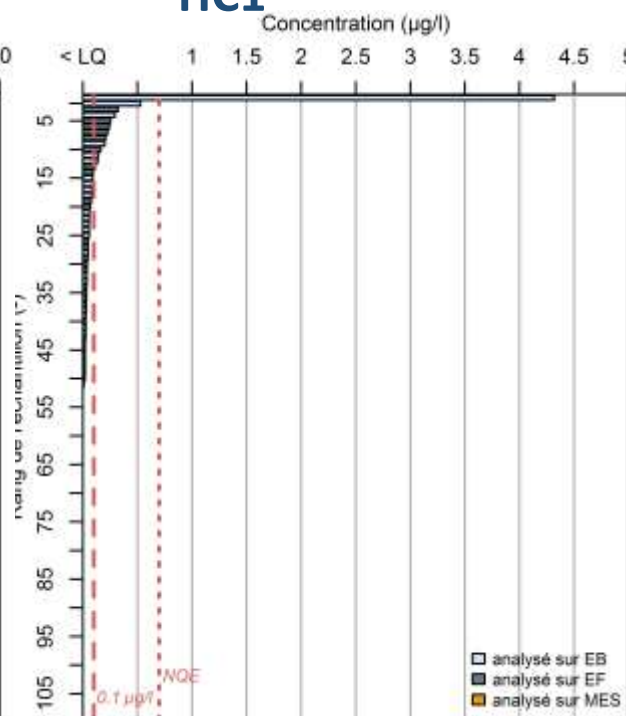
↳ Quelle est la fréquence de quantification de ces SA ?

- | | | |
|----------------------|--------------------|-------------------|
| ■ 78 quantifications | 51 quantifications | 6 quantifications |
|----------------------|--------------------|-------------------|

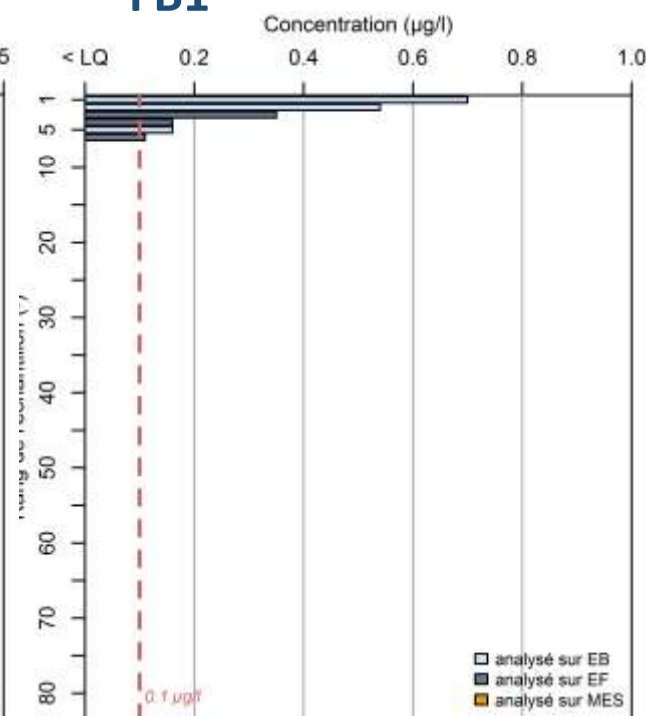
HB1



HC1



FB1



Quand les quantifie-t-on ?

↘ A quelle période ces SA sont-elles quantifiées dans les ruissellements ?

■

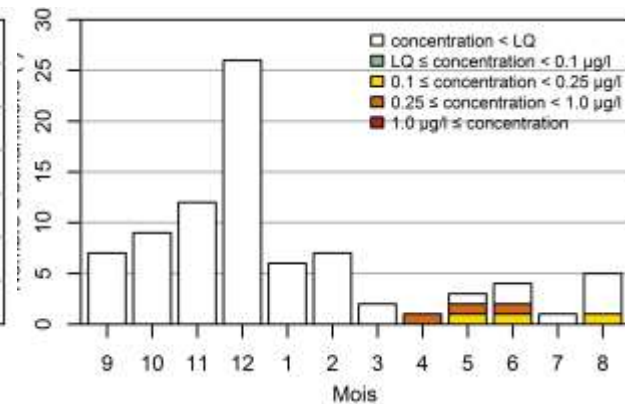
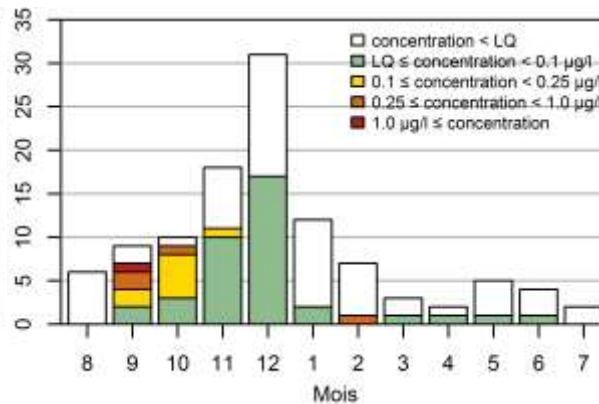
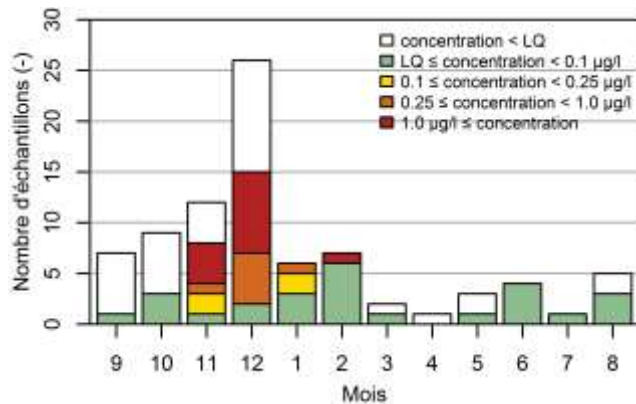
↘ A quelle concentration ces SA sont-elles quantifiées dans les ruissellements ?

HB1

HC1

FB1

□ concentration < LQ
■ LQ ≤ concentration < 0.1 µg/l
■ 0.1 ≤ concentration < 0.25 µg/l
■ 0.25 ≤ concentration < 1.0 µg/l
■ 1.0 µg/l ≤ concentration



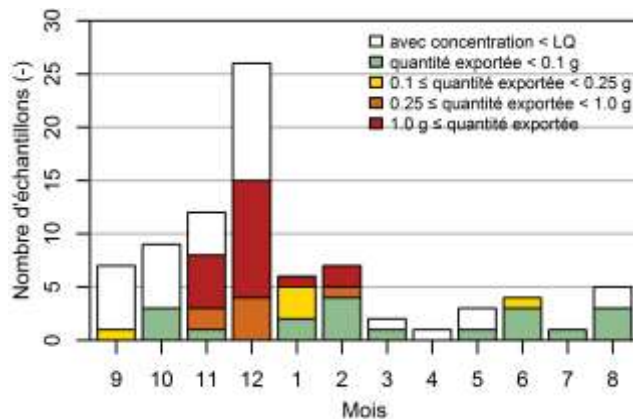
Quand sont-elles le plus exportées ?

↘ A quelle période le DFF est-il exporté dans les ruissellements ?

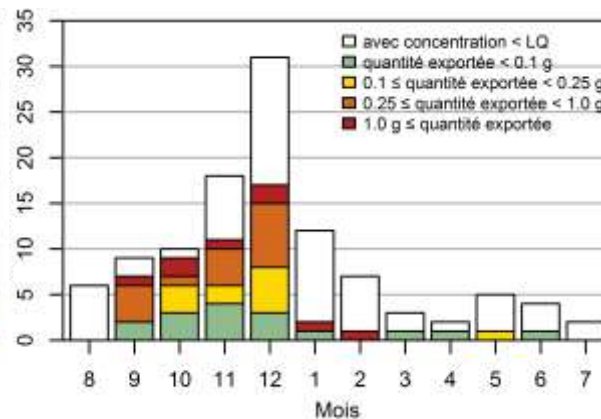
■

↘ En quelle quantité le DFF est-il exporté dans les ruissellements ?

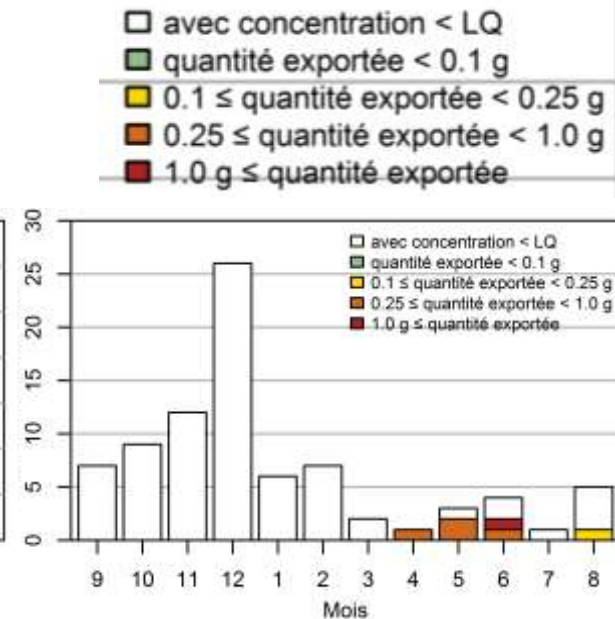
HB1



HC1



FB1

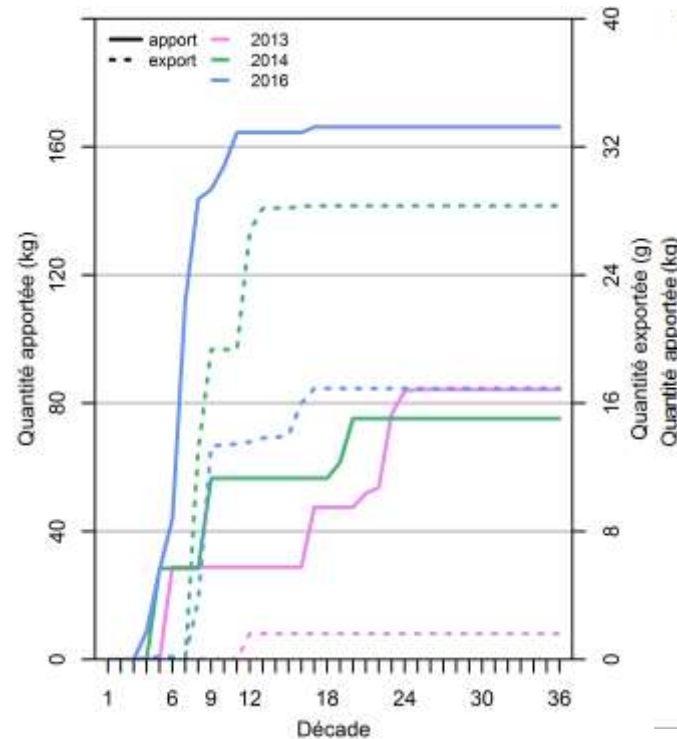


Quelle dynamique temporelle

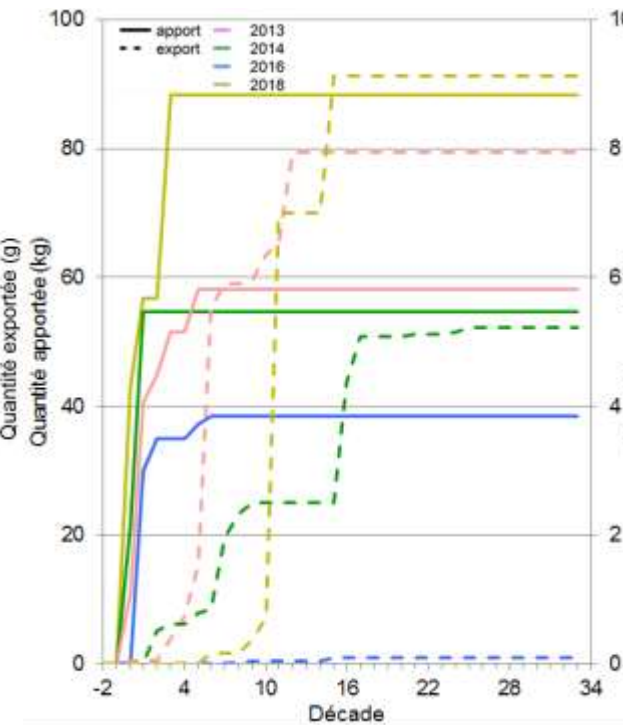
▮ Quelle relation temporelle existe-t-il entre les apports et exports de ces SA ?

■

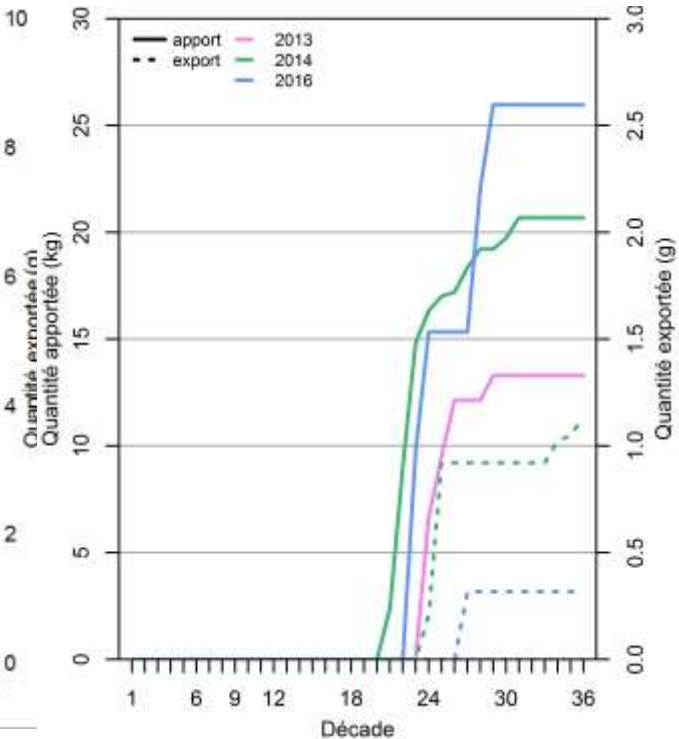
HB1



HC1



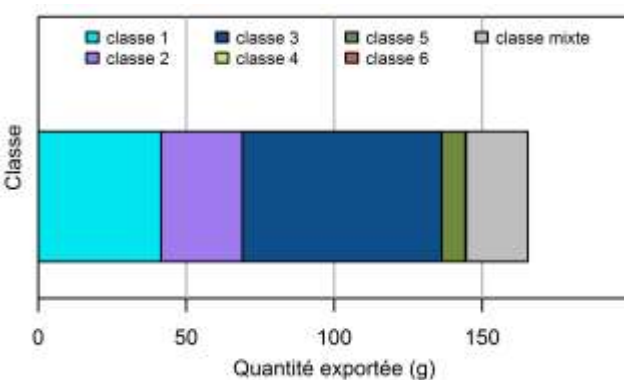
FB1



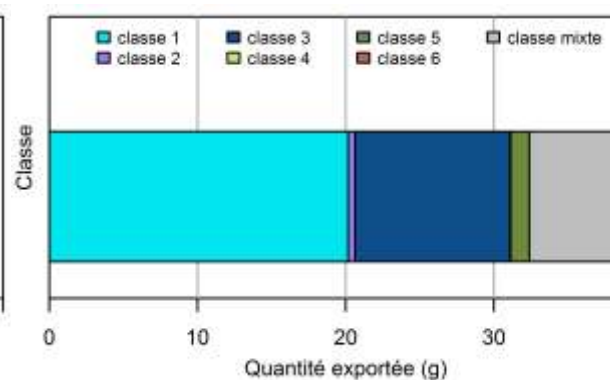
Quelles classes d'événements ?

↘ Quelles sont les classes d'événements EPQ responsables des transferts de ces SA ?

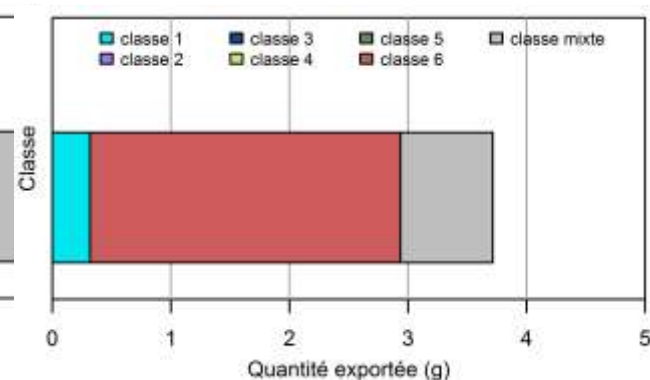
HB1



HC1



FB1





Plan de présentation

↘ Introduction

↘ Matériels et méthodes

↘ Résultats globaux

Au pas de temps : campagne, saison, mois
A l'échelle événementielle

↘ Détail par substance active, quelques exemples

↘ **Détail d'une crue marquante aux transferts extrêmes de substances actives phytosanitaires**

Quelles sont les leçons à tirer ?

↘ Conclusion et perspectives

Crue importante de fin d'automne (20/11/2013)

↳ Caractéristiques de l'événement P-Q

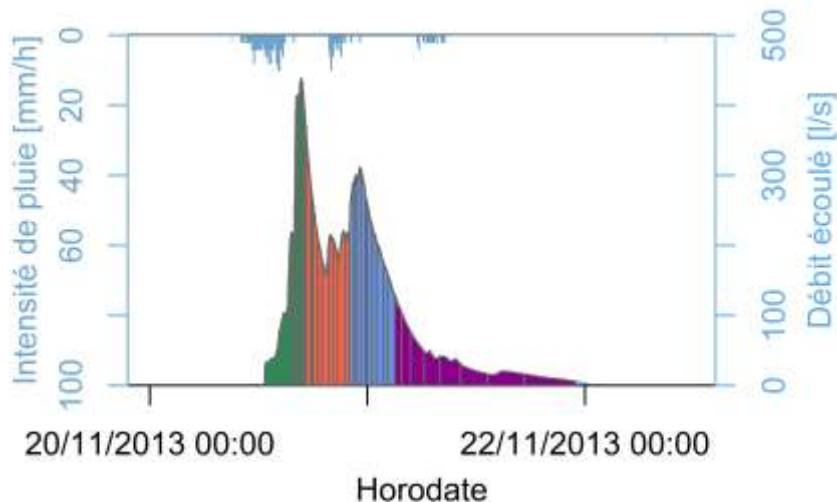
■ Pluie :

- Durée : 22.5 h
- Lamé : 28.0 mm
- Intensité max. : 10 mm/h



■ Crue importante :

- Durée : 36.0 h
- Volume : 13038 m³ (1.25 mm)
- Débit max. : 439 l/s
- Part analysée : 100 %



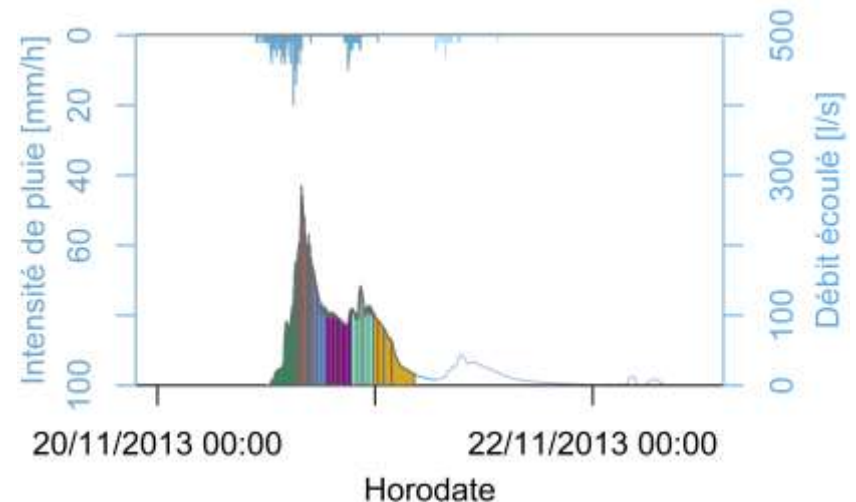
■ Pluie :

- Durée : 13.5 h
- Lamé : 26.8 mm
- Intensité max. : 20 mm/h



■ Crue extrême :

- Durée : 18.6 h
- Volume : 5528 m³ (3.81 mm)
- Débit max. : 285 l/s
- Part analysée : 98 %



Crue marquante en transfert de substances actives

↳ Caractéristiques des SA quantifiées

- Analyse double-fraction 
- 192 SA recherchées
 - 174 SA non quantifiées (< LQ)
 - 18 SA quantifiées
- Quantifications les plus élevées
 - HB2 : 9.21 µg/l
 - HB1 : 1.38 µg/l
 - HG1 : 0.89 µg/l
 - HB4 : 0.66 µg/l
 - MBG1 : 0.46 µg/l
 - HS1 : 0.36 µg/l
 - HB3 : 0.29 µg/l
 - HL1 : 0.07 µg/l
 - IB1 : 0.07 µg/l

- Analyse double-fraction 
- 192 SA recherchées
 - 172 SA non quantifiées (< LQ)
 - 20 SA quantifiées
- Quantifications les plus élevées
 - HB1 : 31.91 µg/l
 - HB2 : 4.96 µg/l
 - HB4 : 4.39 µg/l
 - HL1 : 3.35 µg/l
 - HB3 : 1.52 µg/l
 - HB5 : 1.13 µg/l
 - MBB2 : 0.36 µg/l
 - FB2 : 0.18 µg/l
 - IB1 : 0.13 µg/l
 - MBG1 : 0.09 µg/l
 - FB3 : 0.07 µg/l

Crue marquante en transfert de substances actives

Concentration extrême mesurée à l'exutoire du sous BV

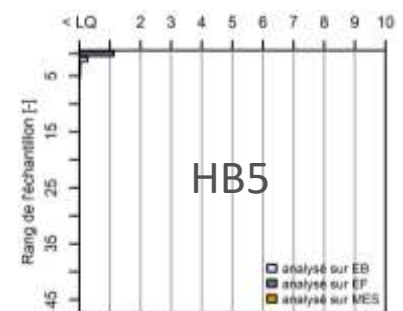
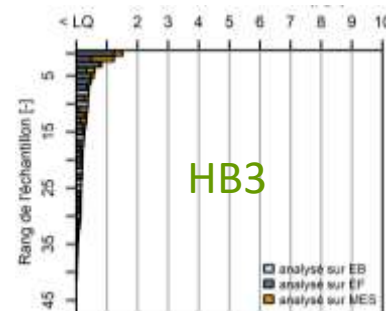
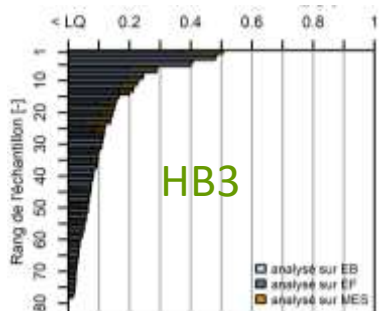
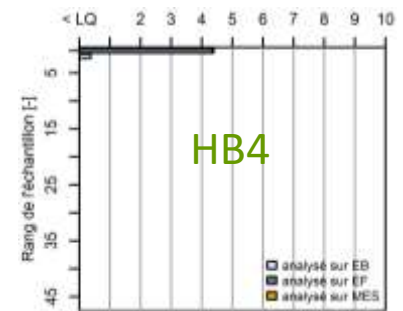
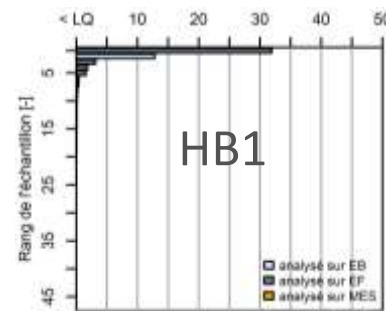
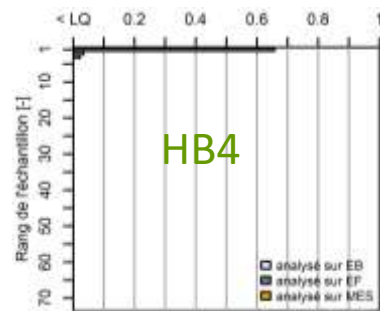
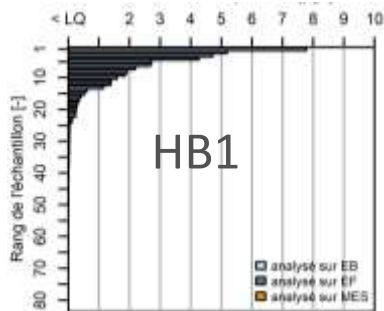
- **HB1** : 1.38 µg/l
- **HB4** : 0.66 µg/l
- **HB3** : 0.29 µg/l
- **HB5** < LQ (0.12 µg/l)



- **HB1** : 31.91 µg/l
- **HB4** : 4.39 µg/l
- **HB3** : 1.52 µg/l
- **HB5** : 1.13 µg/l

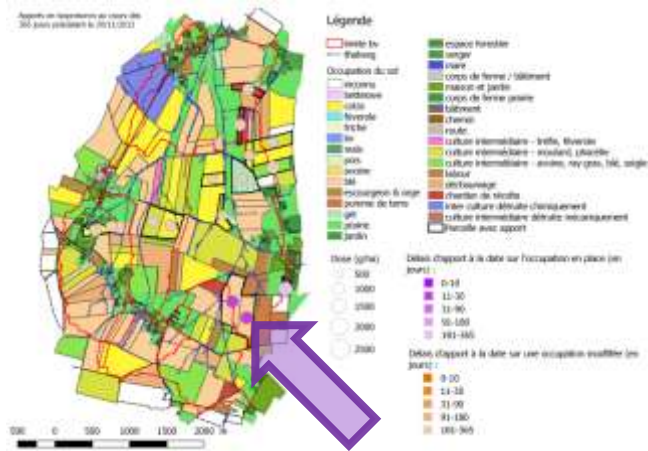


Diminution de la concentration d'amont en aval par effet de dilution

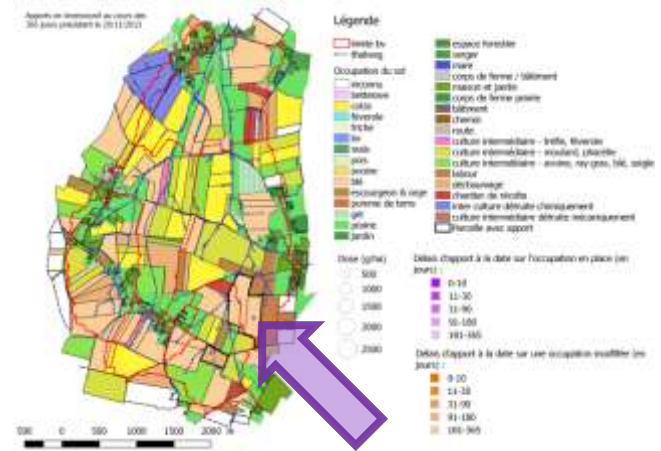


- Désherbage le 20/10/2013 d'une parcelle en blé (7.85 ha) à proximité immédiate de l'exutoire du sous-BV

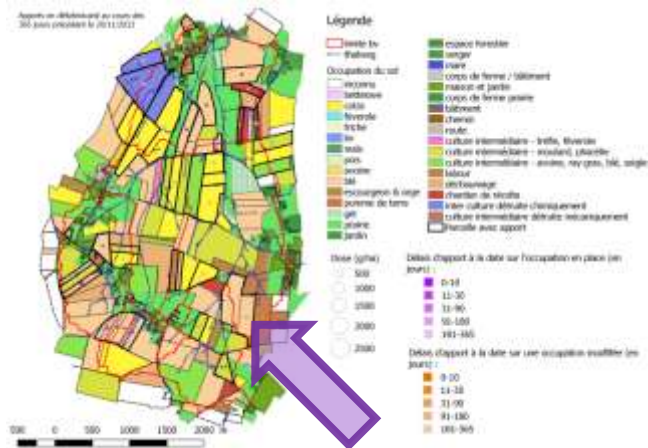
HB1



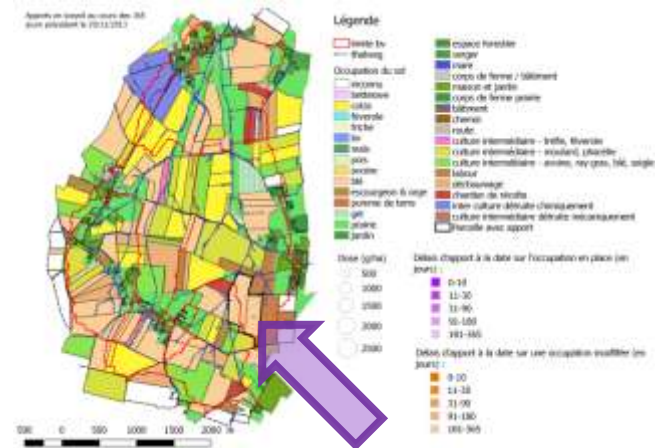
HB4



HB3



HB5



Crue marquante en transfert de substances actives

Concentration extrême mesurée aux deux exutoires

■ HB2 : 9.21 µg/l

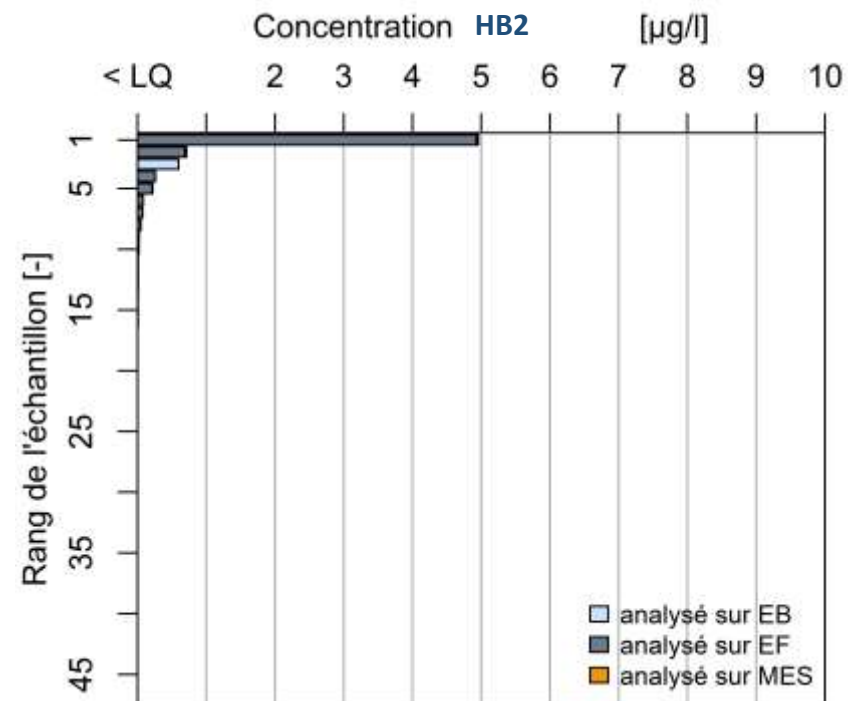
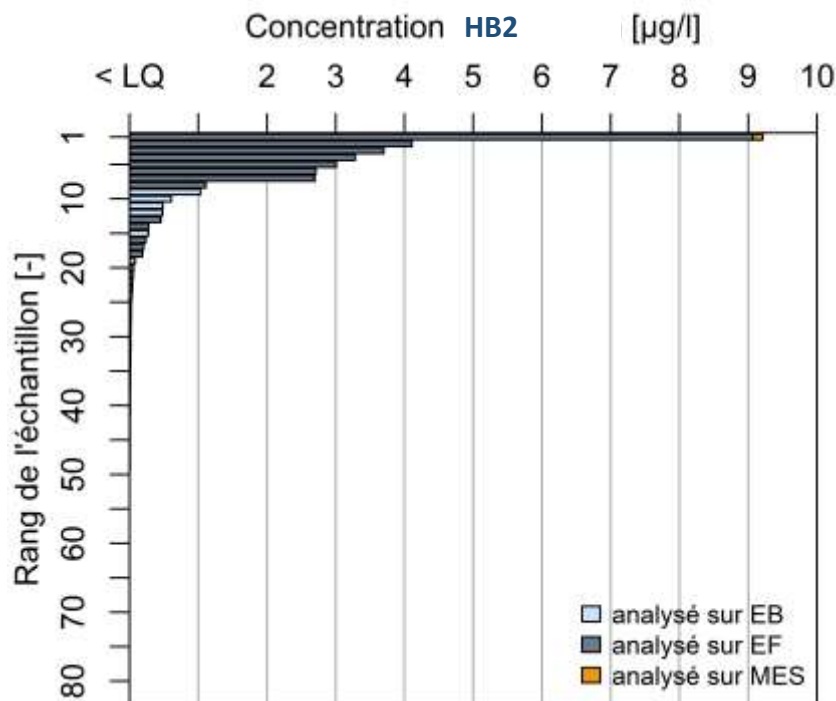


■ HB2 : 4.96 µg/l

■ Pas de traitement au HB2 sur la période d'étude → pollution ponctuelle ?



Augmentation de la concentration de HB2 d'amont en aval



Conclusions du cas d'étude par crue

↘ Exemple de la crue du 20/11/2013 : leçons à tirer ?

- Dispositif de l'Observatoire permet de :
 - Mesurer ce genre de manifestation extrême et furtive alors qu'un dispositif à faible fréquence temporelle le manquerait
 - Etudier les données dans toutes leurs variabilités temporelle et spatiale afin de comprendre les causes et modalités de transfert
- Néanmoins une approche multi-SA reste complexe :
 - Un même scénario cohérent (contexte, processus) doit expliquer les transferts de chacune des SA
 - Tout en tenant compte des propriétés spécifiques de chaque SA (demi-vie, mobilité, ...)

↘ Perspective : étudier la dynamique multi-crue post-traitement et la succession de transferts associés

- Crues successives mobilisant une même source de SA (traitement à un instant donné)
- Evolution de la source de SA en fonction des mobilisations



Plan de présentation

↘ Introduction

↘ Matériels et méthodes

↘ Résultats globaux

Au pas de temps : campagne, saison, mois
A l'échelle événementielle

↘ Cas d'étude 1 : par substance active

Pourquoi, comment, où, quand, combien ?

↘ Cas d'étude 2 : une crue marquante aux transferts extrêmes de substances actives phytosanitaires

Quelles sont les leçons à tirer ?

↘ Conclusion et perspectives



Avec le soutien financier de nos partenaires :



Association de recherche
sur le Ruissellement, l'Erosion
et l'Aménagement du Sol

2 avenue Foch
76 460 Saint Valéry en Caux
02 35 97 25 12

www.areas.asso.fr