



Formation : Qualité des eaux de ruissellement à l'échelle du bassin versant

Programme *Pesticeros*

12 Janvier 2023 (*Rouen*)

Plan de présentation

↘ Introduction

↘ Matériels et méthodes

↘ Résultats globaux

Au pas de temps : campagne, saison, mois

A l'échelle événementielle

Physico-chimie

↘ Cas d'étude 1 (HC) : Herbicide de céréales : Pourquoi, comment, où, quand, combien ?

↘ Cas d'étude 2 (HT) : Herbicide Total : Pourquoi, comment, où, quand, combien ?

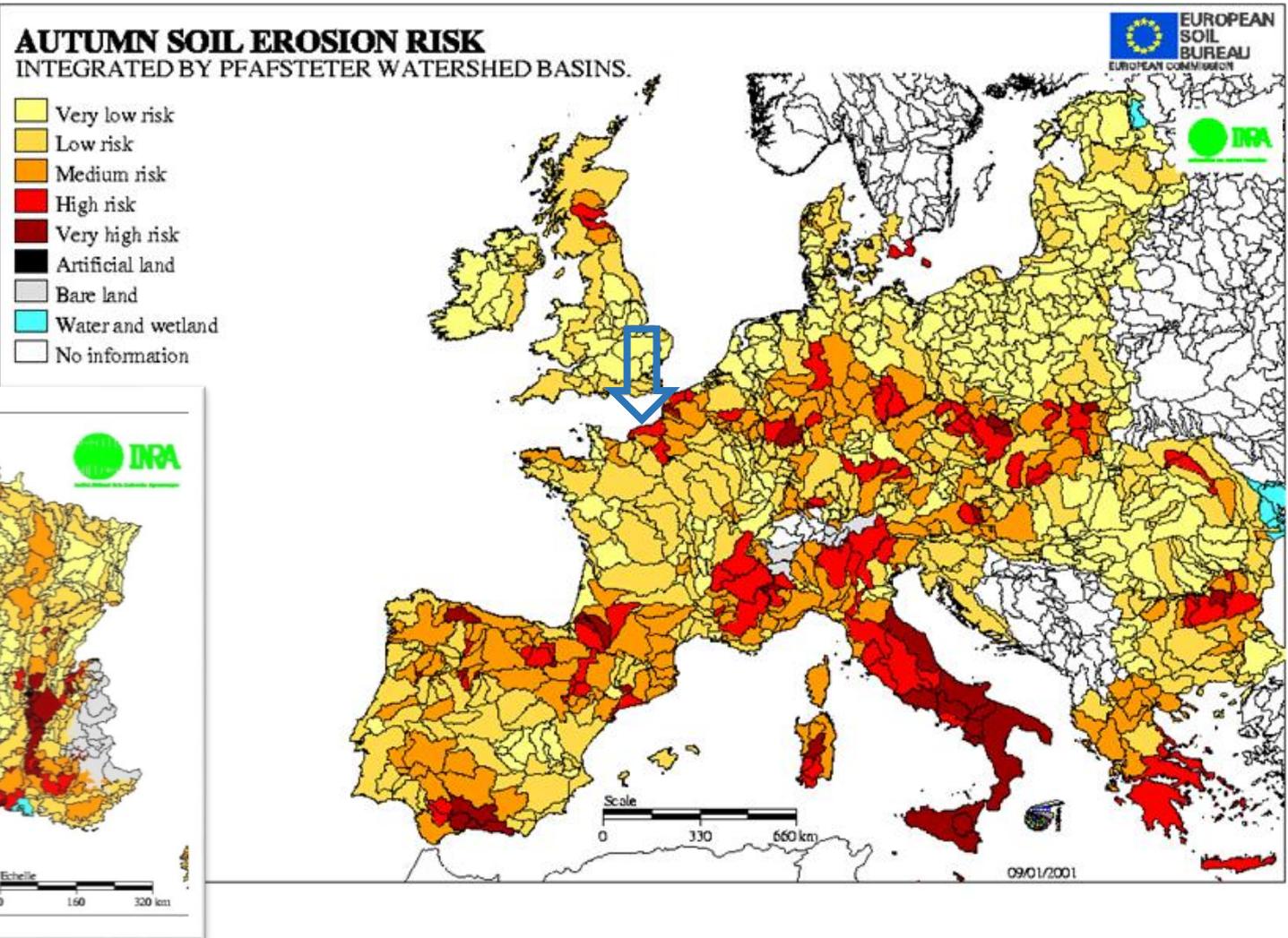
↘ Cas d'étude 3 : une crue marquante aux transferts extrêmes de substances actives phytosanitaires

Quelles sont les leçons à tirer ?

↘ Conclusion et perspectives

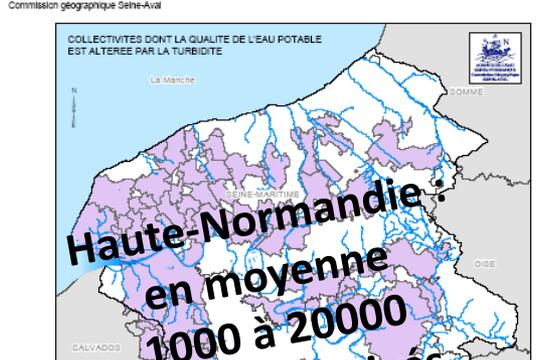
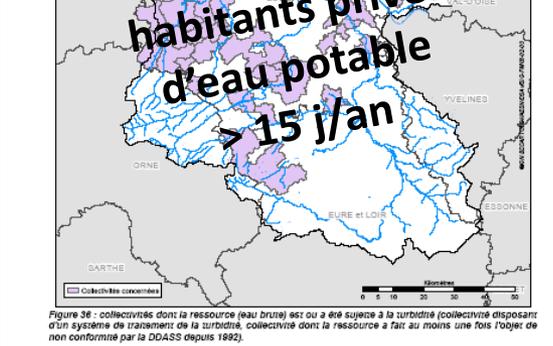
Problématique érosive en Europe et en France

↳ 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 ^{er} Impact	2 nd Impact	3 ^{ème} Impact
<p>PERTES DE SOLS AGRICOLES PRODUCTIFS</p>	<p>INONDATIONS ET COULÉES DE BOUES</p>	<p>POLLUTION EAU POTABLE : TURBIDITÉ</p>
		
		

Problématique érosive : Nord-Ouest de la France

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

4 ^{ème} Impact	5 ^{ème} Impact
SÉDIMENTATION ET ENSABLEMENT	POLLUTIONS ASSOCIÉES : PRODUITS PHYTOSANITAIRES
	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 <i>Bourville</i> (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

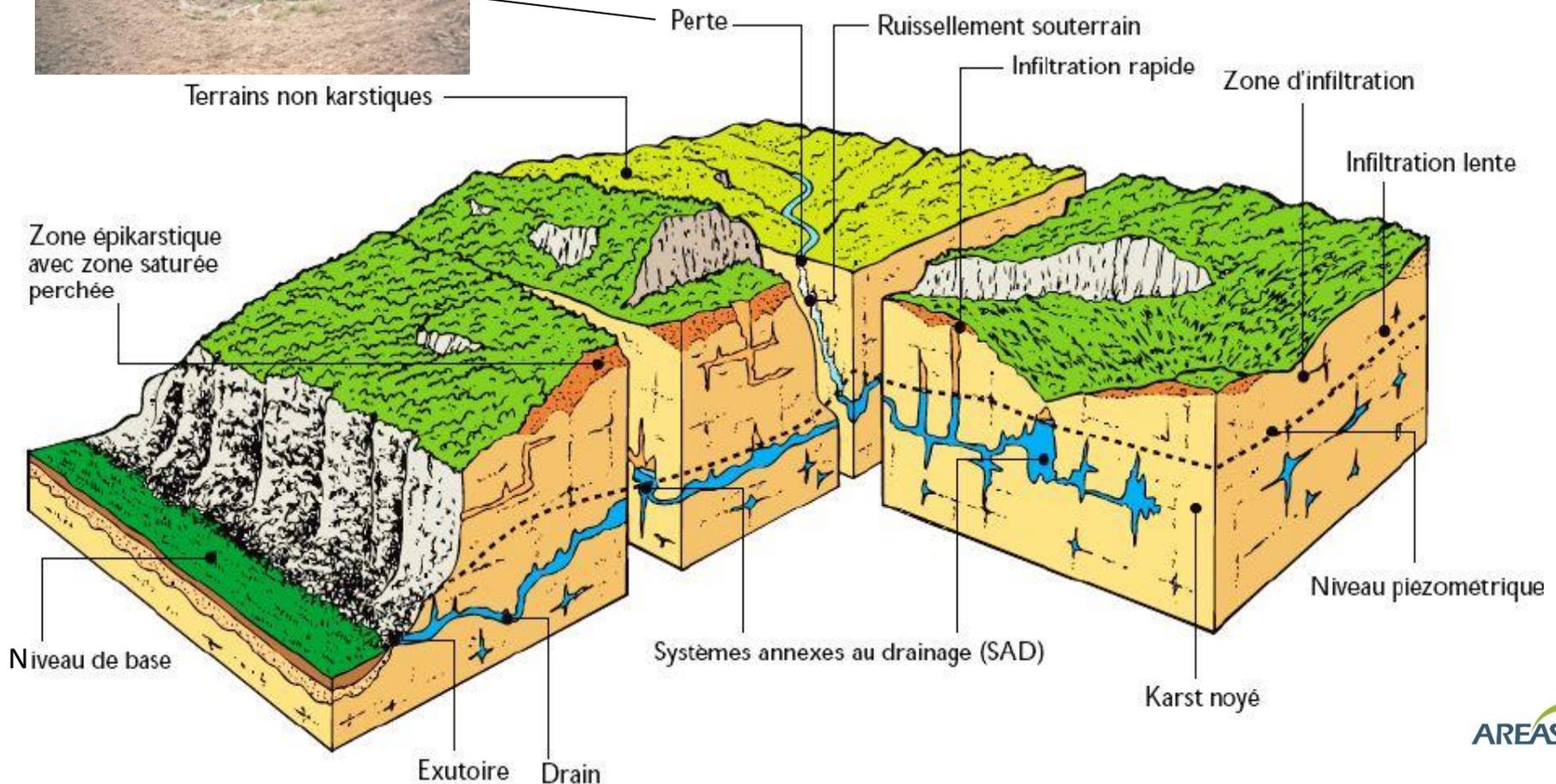


Stratégie d'actions à l'échelle du bassin versant avec deux volets complémentaires et indissociables :

- 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

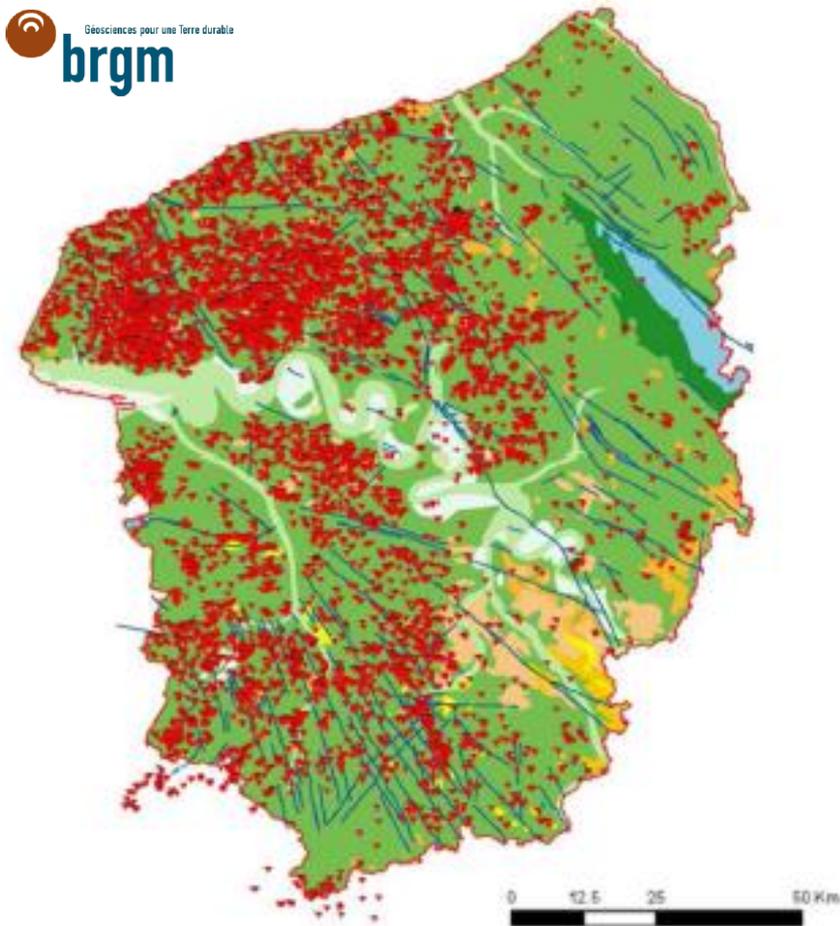
Erosion et pollution de la ressource en eau

↘ 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



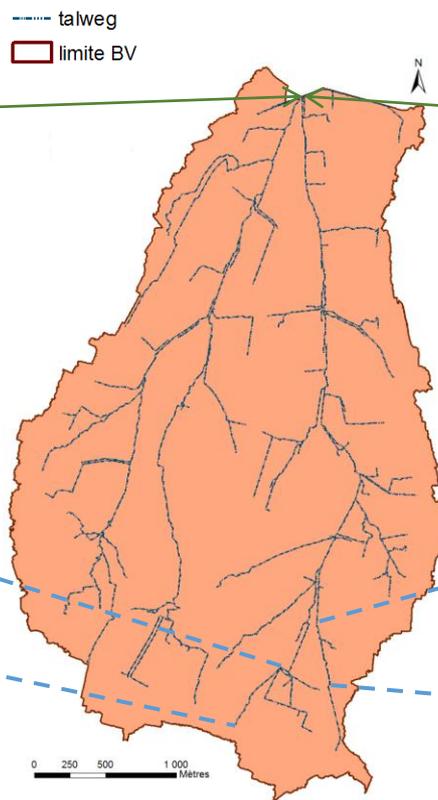
18/05/2017



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

↘ Cas d'étude 1 (HC) : Herbicide de céréales :
Pourquoi, comment, où, quand, combien ?

↘ Cas d'étude 2 (HT) : Herbicide Total : Pourquoi,
comment, où, quand, combien ?

↘ Cas d'étude 3 : une crue marquante aux
transferts extrêmes de substances actives
phytosanitaires

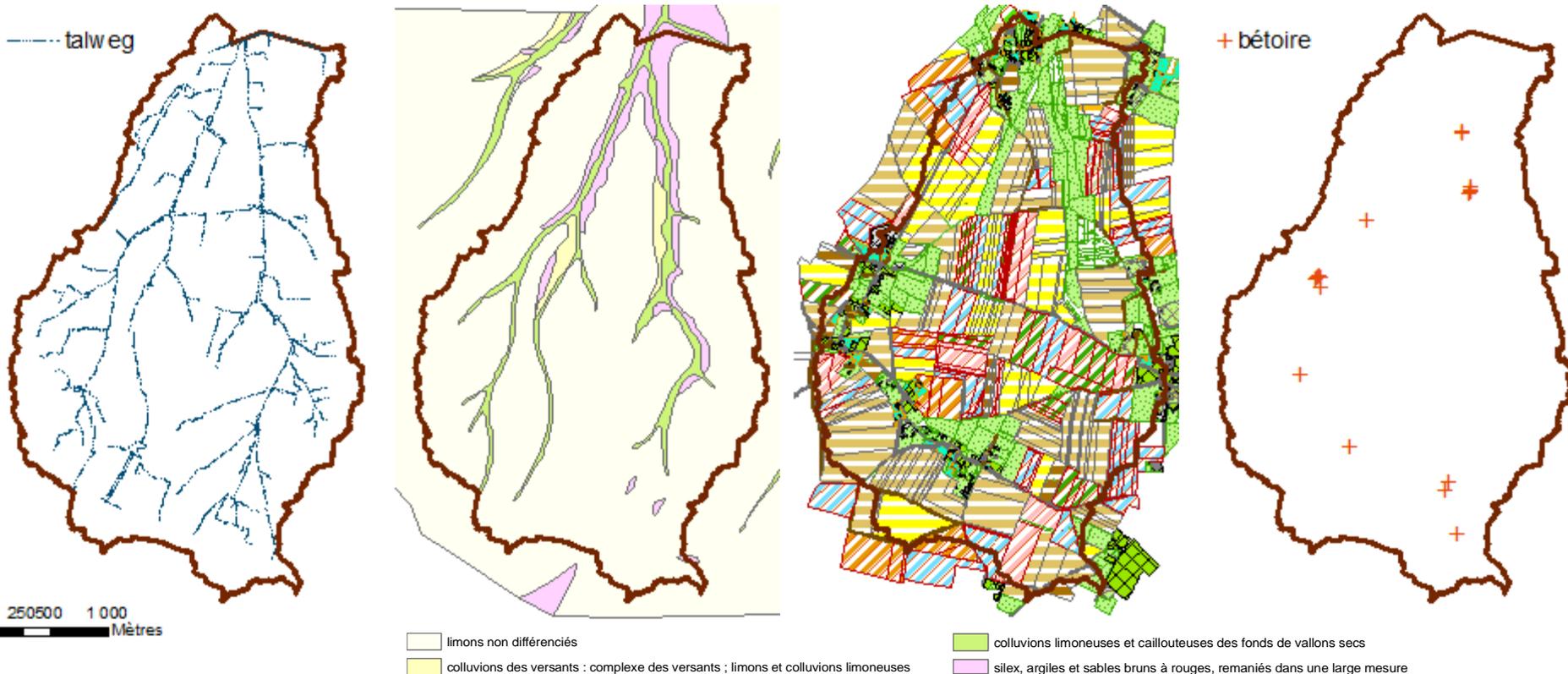
Quelles sont les leçons à tirer ?

↘ 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)



Dispositif de mesure multi-station au sein du BV

↳ Quatre stations de mesure complémentaires :

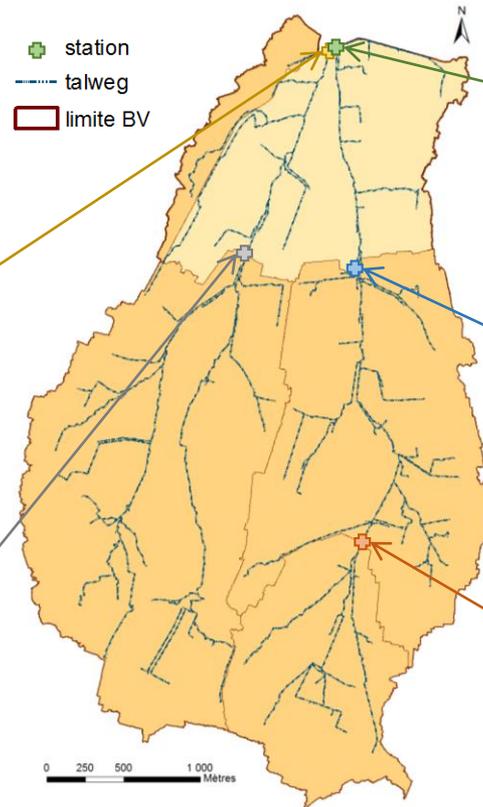
- Sous-BV urbain et agricole « proche » (BRVU) : 33 ha
- Sous-BV agricole (FDTL) : 145 ha
- Talweg est et impact de bétail (FDCM) : 431 ha
- Talweg ouest et impact d'une digue (FD FB) : 384 ha



BRVU :
ruissellement
qualité



FD FB :
ruissellement



BRVL :
pluie
ruissellement
qualité



FDCM :
ruissellement



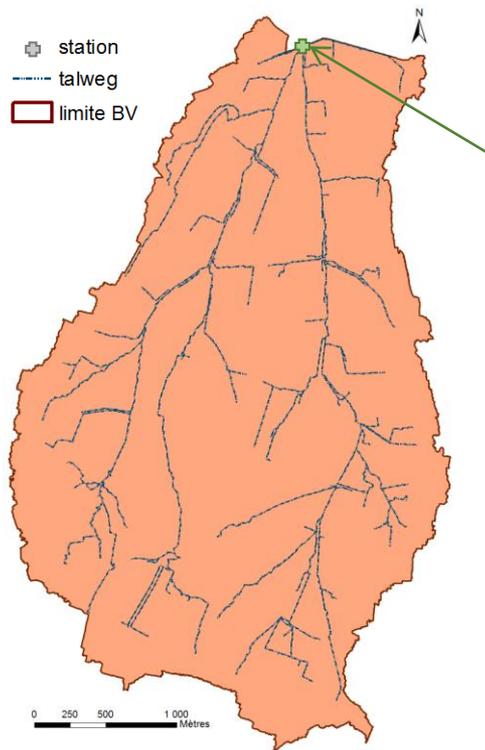
FDTL :
pluie
ruissellement
qualité

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 :

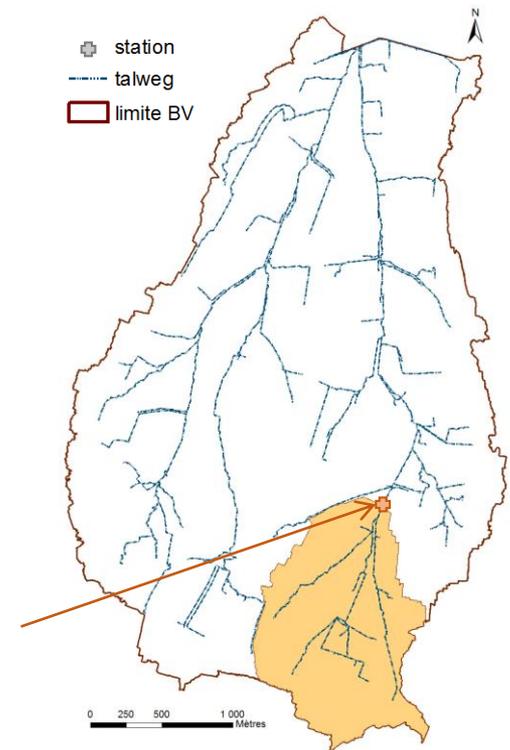
- Bassin versant de *Bourville* (station BRVL) : 1045 ha
- Sous-BV agricole du *Fond des Tilleuls* (station FDTL) : 145 ha



BRVL :
pluie
ruissellement
qualité



FDTL :
pluie
ruissellement
qualité



Pluie et ruissellement : mesures en continu

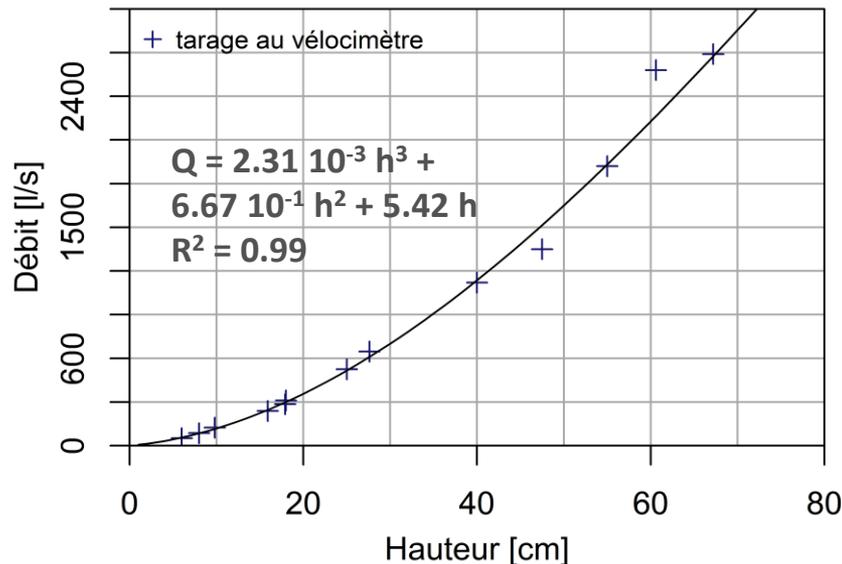
Pluviographe

- 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



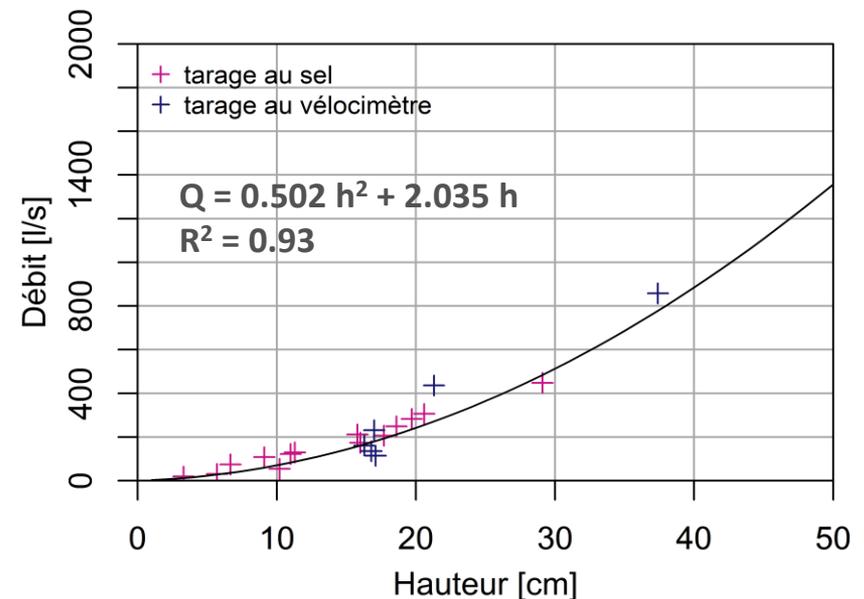
Pluviographe

- 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



prélèvement

→ × 5



→ × n

échantillon

dosage eau brute

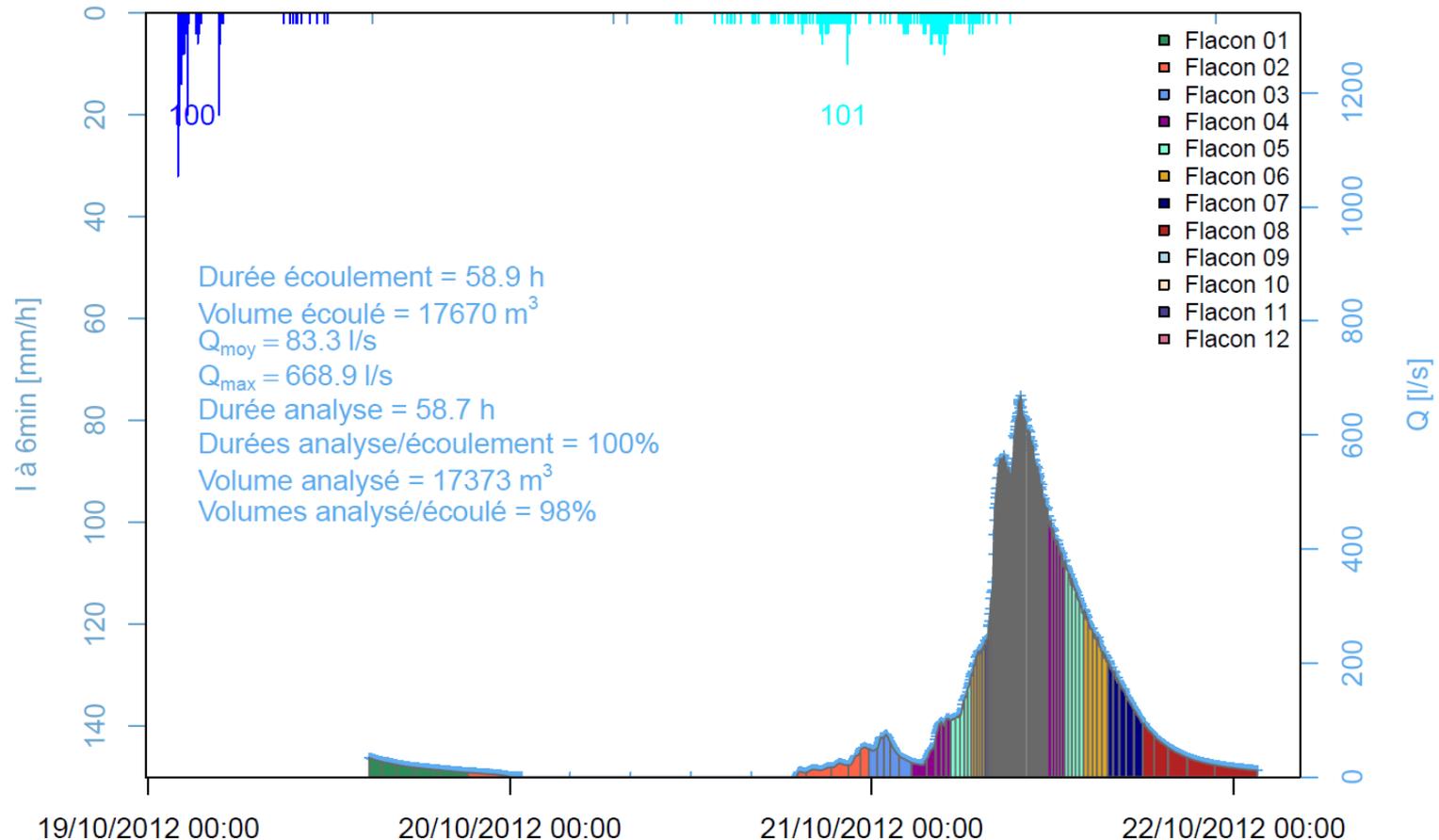
dosage eau filtrée

dosage MES

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



Méthodes analytiques en laboratoire privé

↳ Exemple : diflufenicanil sur la fraction liquide de l'eau

- Conservation : $4 \pm 3^\circ\text{C}$
- Mélange des flacons pour former un échantillon
- Aliquotage de l'échantillon : ALP013 verre 1 l
- Stabilisant : thiosulfate de sodium 24 mg/l
- Technique de filtration : selon la norme
- Technique d'extraction : liquide/liquide
- Technique de dosage : GC/MS (code SANDRE 451)
- Limite de quantification (LQ) : $0.020 \mu\text{g/l}$
- Incertitude : 35 %
- Méthodes de contrôle :
 - Blanc solvant d'injection tous les 30 échantillons ou par série
 - Blanc vaisselle par mois
 - Echantillon de contrôle (direct sans extraction) tous les 30 échantillons ou par série
 - Etalon à la LQ en fin de série
 - Contrôle du rendement d'extraction une fois par trimestre à la LQ (critères d'acceptation 40 - 160 %)
 - Contrôle du rendement d'extraction une fois par trimestre à 5 LQ (critères d'acceptation 70 - 120 %)
- Correction du résultat par le rendement : non

Acquisition chronologique et spatialisée des ITK

➤ A travers 30 enquêtes individuelles effectuées tous les ans avec les exploitants du BV, obtenue 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,...)

ENQUÊTE SUR L'UTILISATION DE PRODUITS PHYTOSANITAIRES SUR LE BASSIN VERSANT DE BOURVILLE

SAISON 2016-2017

Nom : (O 26) Date de rencontre : / / 2017

Adresse Téléphone(s) :

Statut juridique de l'exploitation :

Statut de la personne rencontrée : exploitant / coexploitant / chef d'exploitation

Dans le BV (ha)	Exploitation entière (ha)
SAU	0,3 (0,3 à 31 d'après SIC)
STN	0 à 2,5 d'après règlement
Surface irriguée	(1,1 d'après SIC)
Surface en propriété	
Surface en location	2016-17
Surface en échange	2016-17

Siège d'exploitation dans le BV Oui Non

Aire de remplissage (pulvérisateur) dans le BV Oui Non

Stockage et traitement des semences dans le BV Oui Non

Remarques :

PRINCIPALES INFORMATIONS GÉNÉRALES

1. Quel pulvérisateur utilisez-vous ? (type, capacité, dose, mode d'emploi, etc.)
Pulvérisateur – buses amovibles – régulation électronique – traité – 27 m
2. Votre pulvérisateur dispose-t-il d'une cure de rinçage ?
Oui
3. Avez-vous contrôlé votre pulvérisateur ? Si oui, quelle est la date du dernier contrôle ?
Prévu en 2018
4. Comment stockez-vous vos produits ?
 - Conteneur certifié
 - Local fermé aménagé
 - Local fermé mais non aux normes
 - Absence de local
5. D'où provient l'eau avec laquelle vous remplissez le pulvérisateur ?
Stations, fermes, automatisation en cure, camion
6. Comment votre aire de remplissage est-elle constituée ? Est-elle bétonnée ? Si oui, où vont les eaux d'écoulement ?
7. Comment rincez-vous les pulvérisateurs, rampe et citerne utilisés lors du traitement ?
 - a. Ou ?
En place, dilution et repassage sur champ
 - b. Que deviennent les eaux de rinçage ?
En égout
8. Comment nettoyez-vous les pulvérisateurs, rampe et citerne utilisés lors du traitement ?
 - a. Ou ?
 - b. Que deviennent les eaux de rinçage ?
9. Que faites-vous des excès de traitement ?
10. Que faites-vous des bidons vides ? Sont-ils rincés ? Si oui, que deviennent les eaux de rinçage ?
Rincés (comme le pulvérisateur) puis ramené à l'épandage et les envoient à l'épandage

Parcelle	Période	Occupation du sol	Culture (variété)	Densité de sem. (kg/ha)	Date de sem. ou de distribution	Type de distribution	Produit de distribution	Produit de distribution (nom commercial)	Changement de dose
1000 (12 ha)	2016-17	Culture principale 2016	Blé (DUP)	150 kg/ha	20/11/2016	épandage			
		Intervention	Herbicide (Sécher)		20/11/2016				
1000 (12 ha)	2017-18	Culture principale 2017	Blé (DUP)	150 kg/ha	20/11/2017	épandage			
		Intervention	Herbicide (Sécher)		20/11/2017				
1000 (12 ha)	2018-19	Culture principale 2018	Blé (DUP)	150 kg/ha	20/11/2018	épandage			
		Intervention	Herbicide (Sécher)		20/11/2018				

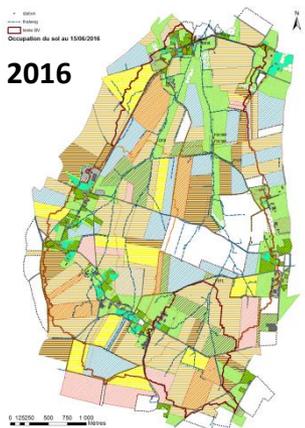
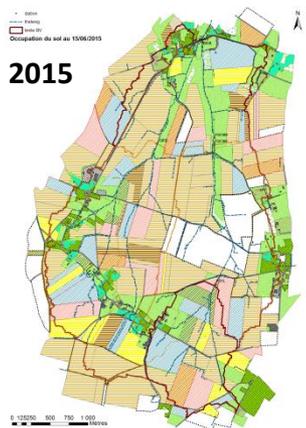
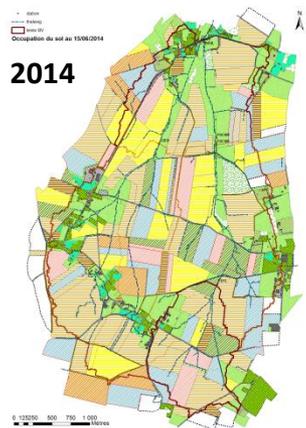
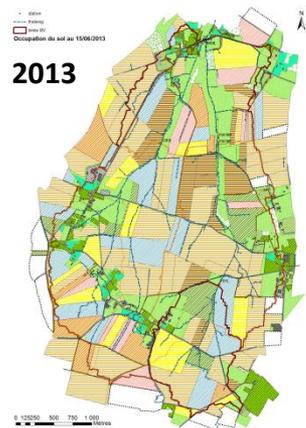
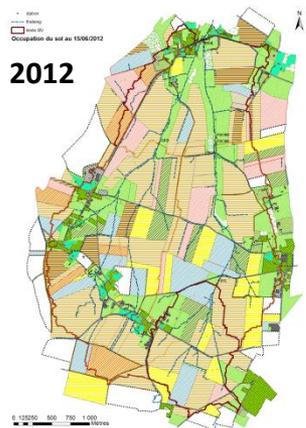
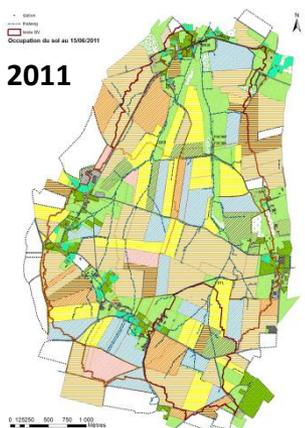
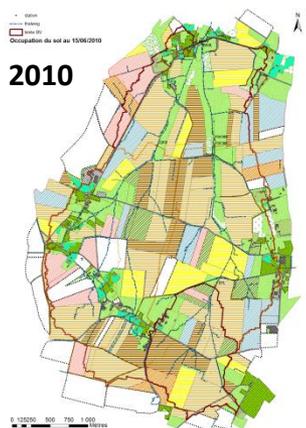
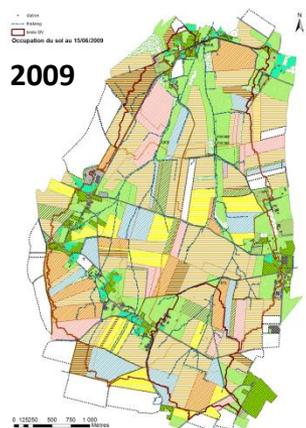
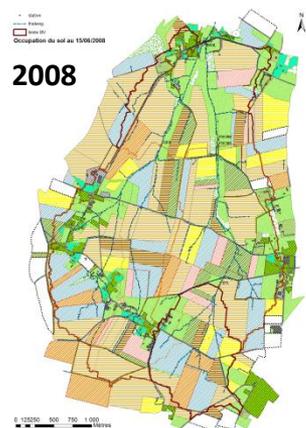
➤ Informations générales sur les exploitations agricoles :

- 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 \emptyset (sauf urbain)



Outil 1 : interface web pour accéder à la BDD

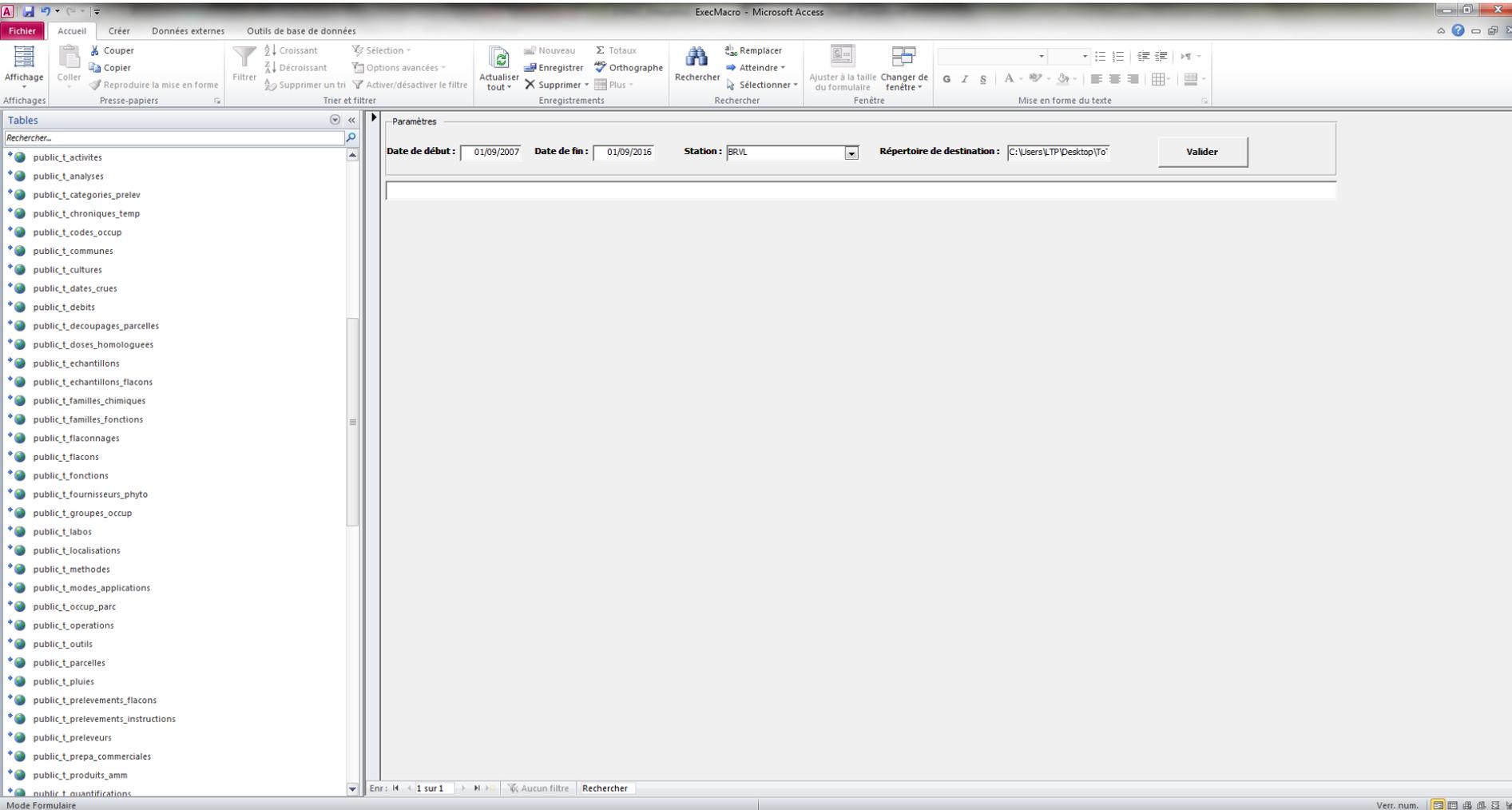
↳ Outil pratique pour saisir et visualiser les données parcellaires journalières

The screenshot displays a web application titled "Pesticeros - AREAS - V1.0". The main interface is divided into several sections:

- Search and Navigation:** A search bar at the top with the text "Rechercher". Below it, a navigation menu includes "Pratique agricole" and "Analyse échantillon".
- Parcel List (Left Panel):** A table listing parcels with columns for "Num", "Surface (en m²)", "Commune", and "Nb O...". The list includes parcels from 8530 to 8750, mostly in the commune of Heberville and Canville Les Deux Eglises.
- Calendar View (Right Panel):** A "Frise temporelle" (temporal strip) showing crop rotation for selected parcels from 2007 to 2016. The calendar uses color-coded blocks to represent different crops and activities:
 - Green:** Cereals (e.g., blé, maïs, colza).
 - Red:** Legumes (e.g., betterave su, pois).
 - Blue:** Interculture (interculture tr, interculture ra).
 - Purple:** Building (bâtiment).
 - Yellow:** Permanent pasture (prairie permanente).
 - White:** Bare land (mare).

Outil 2 : Access pour gérer la BDD

↳ Outil indispensable pour organiser toutes les données du programme



Outil 3 : QGIS pour représenter les traitements

↳ Outil ingénieux pour visualiser spatialement les données d'apport de SA

The image displays the QGIS 2.18.12 interface with a spatial map and a database query window. The map shows a complex set of agricultural parcels, each with different colors and patterns representing various treatments. The legend in the bottom-left corner identifies the following layers:

- Parcelle avec apport
- limite bv
- thalweg
- Occupation du sol
- Délais et doses

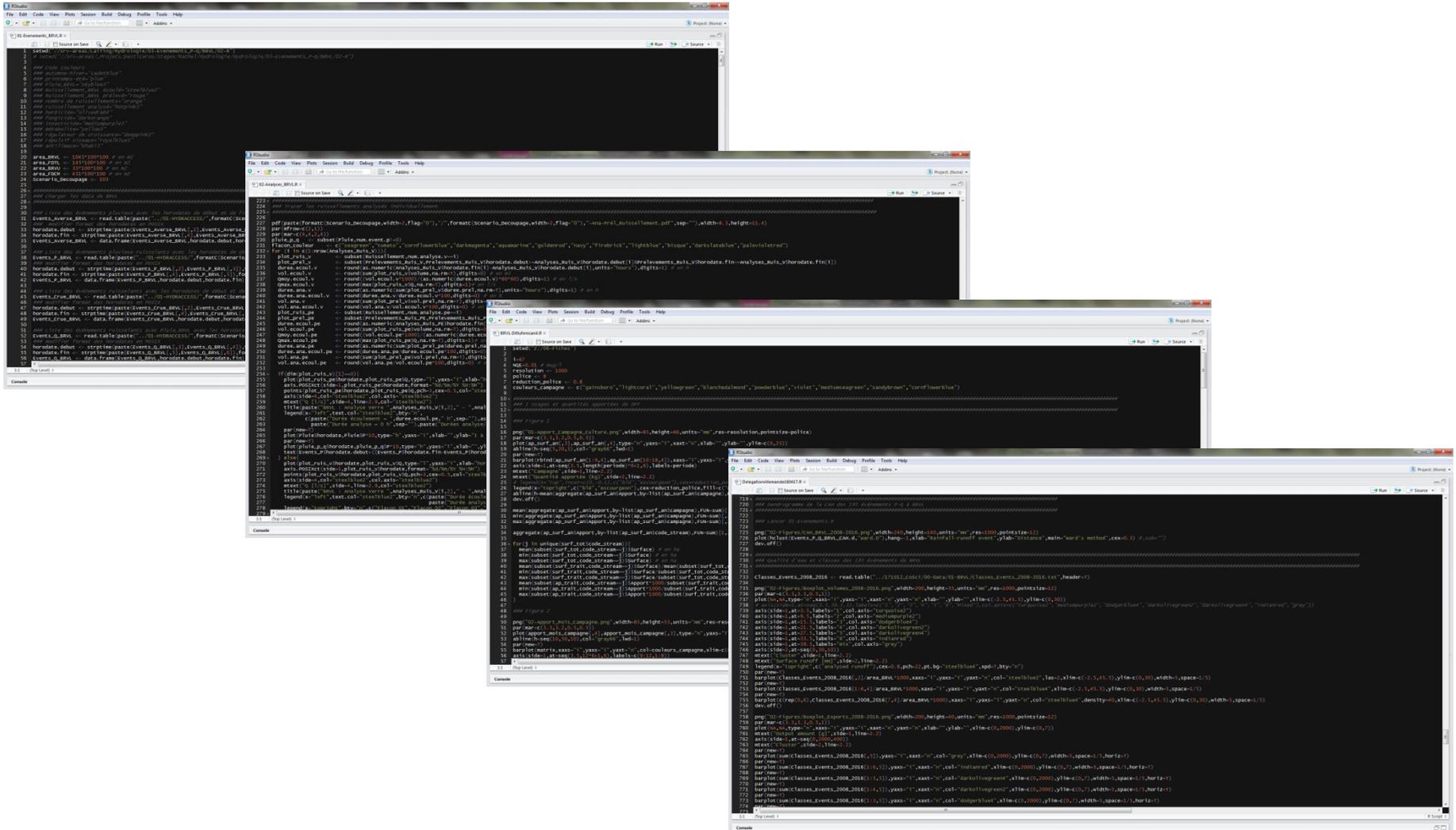
The database query window on the right shows the following SQL query:

```
1 SELECT temp.apports_sa_date(1814,'2013-11-20 00:00:00'::timestamp without time zone, 7, 14, 30, 60, 90);
```

The query results show one row with the value 1814.

Outil 4 : R pour traiter automatiquement les données

➤ Plusieurs types de scripts R pour produire calculs, graphiques, tableaux,...



Plan de présentation

↘ Introduction

↘ Matériels et méthodes

↘ **Résultats globaux**

Au pas de temps : campagne, saison, mois

A l'échelle événementielle

Physico-chimie

↘ Cas d'étude 1 (HC) : Herbicide de céréales :
Pourquoi, comment, où, quand, combien ?

↘ Cas d'étude 2 (HT) : Herbicide Total : Pourquoi,
comment, où, quand, combien ?

↘ Cas d'étude 3 : une crue marquante aux
transferts extrêmes de substances actives
phytosanitaires

Quelles sont les leçons à tirer ?

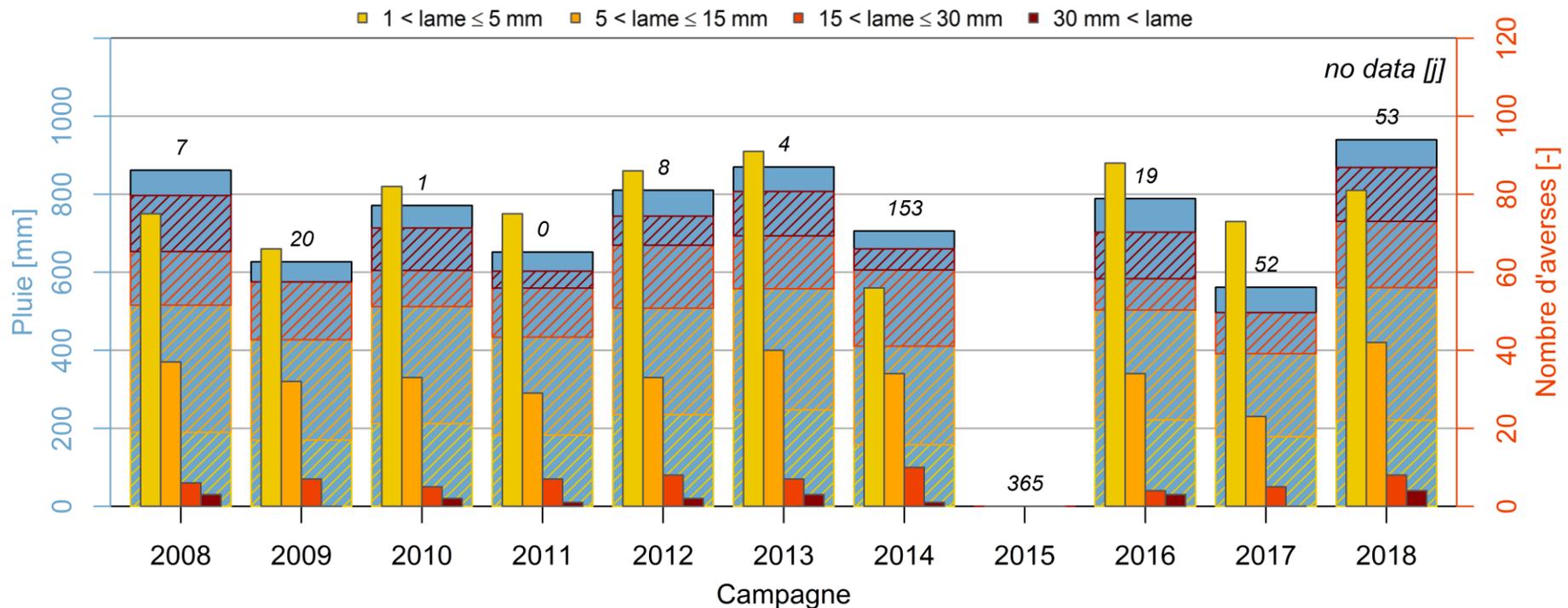
↘ Conclusion et perspectives

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

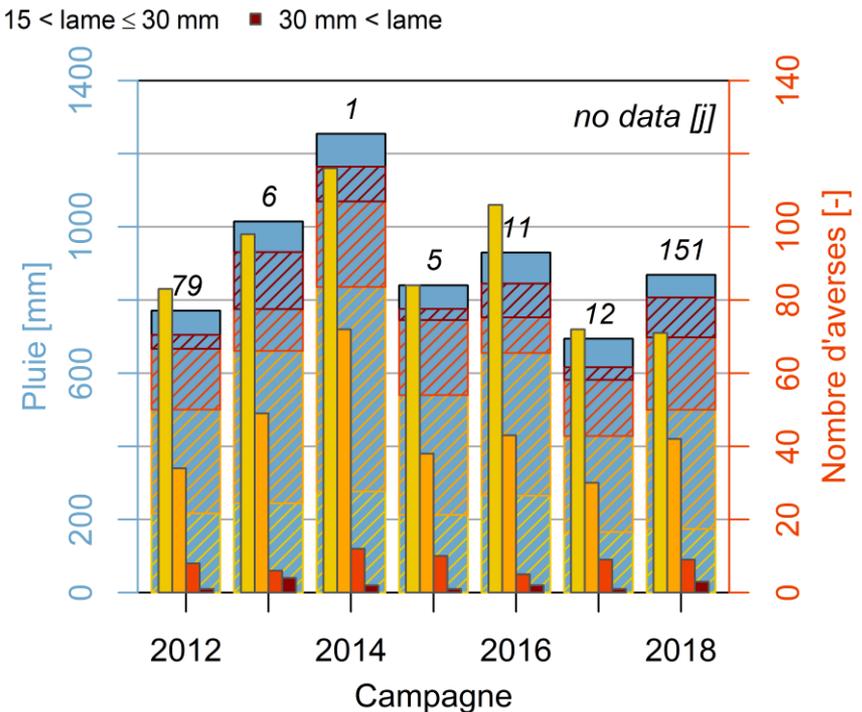
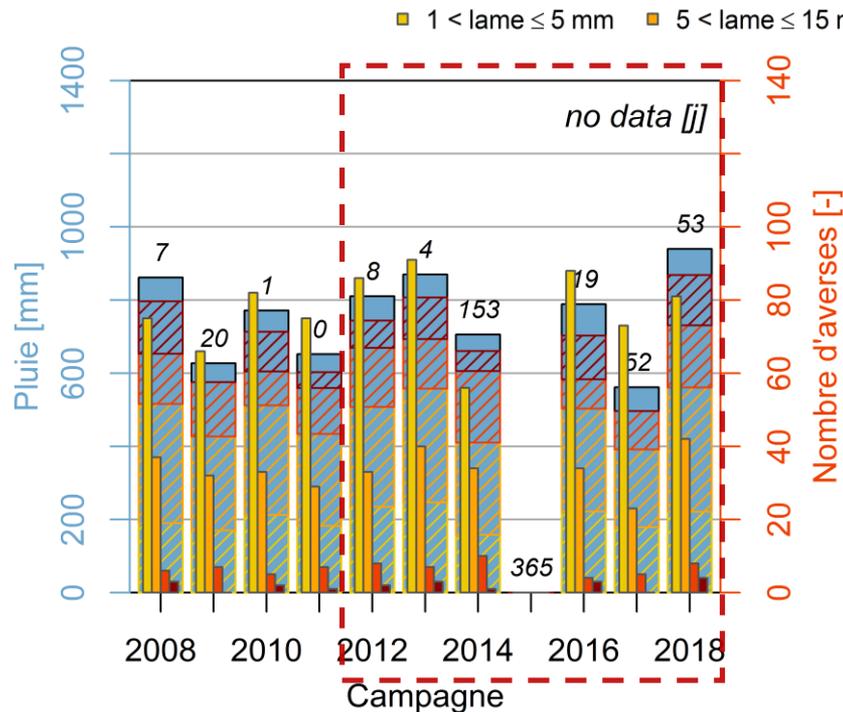
- 1 < lame ≤ 5 mm : 66 % des averses, 30 % de la pluie annuelle
- lame > 30 mm : jusqu'à 4 averses, 12 % de la pluie annuelle

↘ 917 mm/campagne



↘ 148 averses/campagne

- 1 < lame ≤ 5 mm : 63 % des averses, 27 % de la pluie annuelle
- lame > 30 mm : jusqu'à 4 averses, 9 % de la pluie annuelle

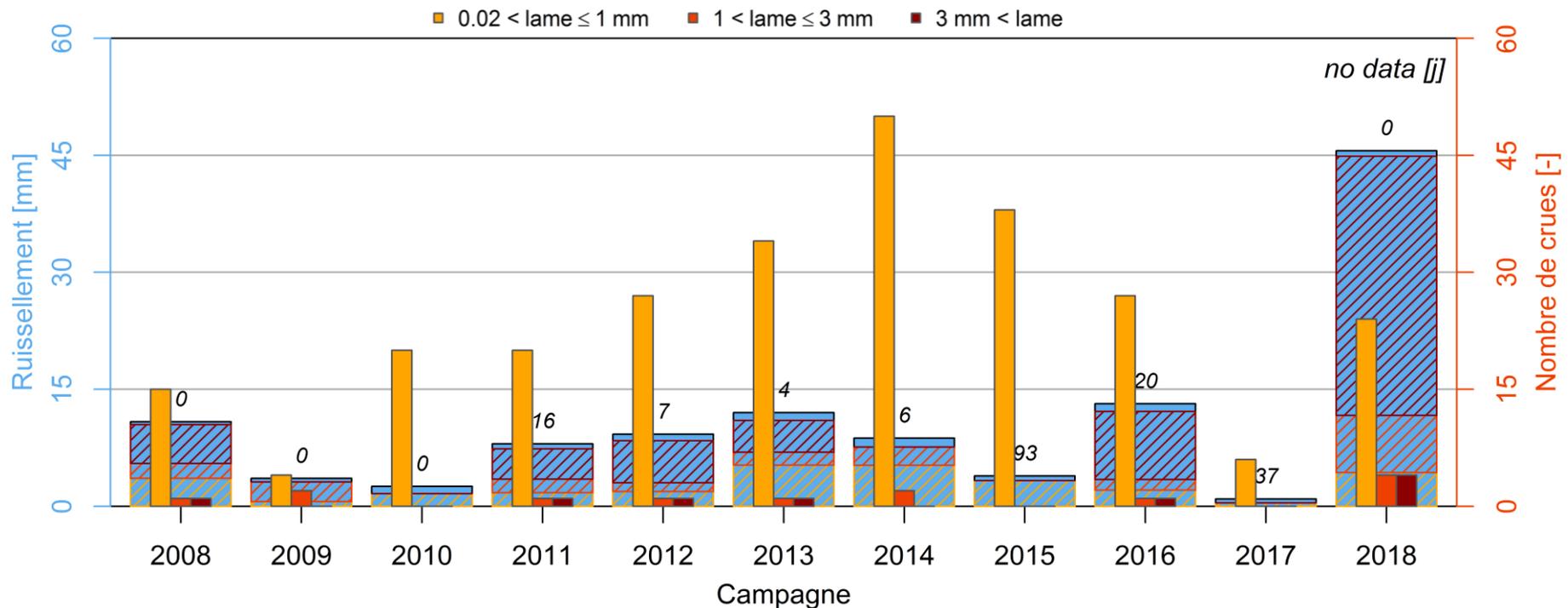


En moyenne 10.8 mm de ruiss. par camp. (*)



↳ 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
- 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



Caractéristiques de crues aux 2 stations (**)

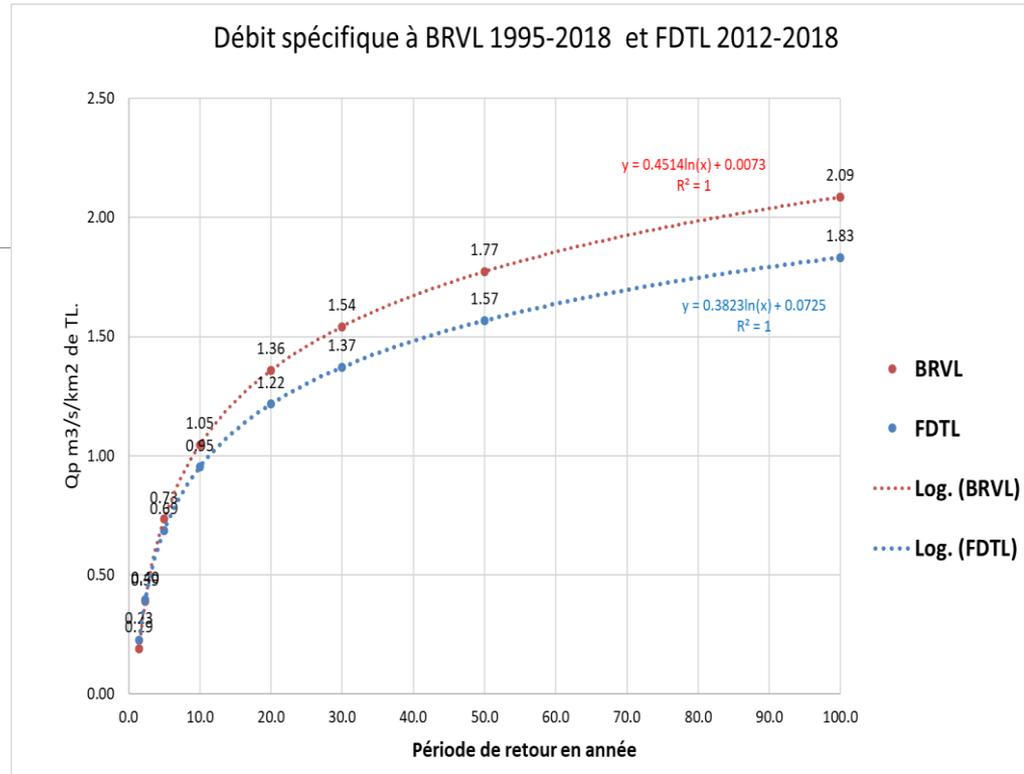
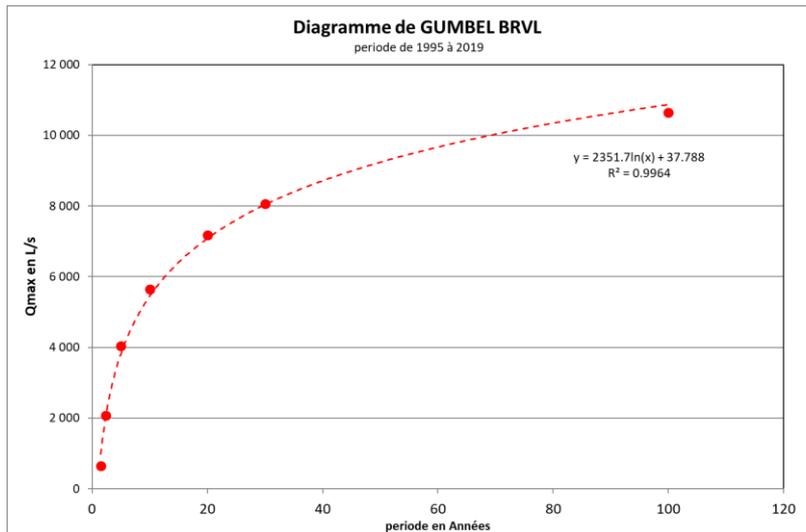


Fréquence des débits max

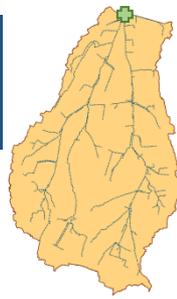
↳ Loi de Gumble à Bourville

1045 ha dont 787 ha de TL

↳ À FDTL 145 ha dont 125 ha de TL.

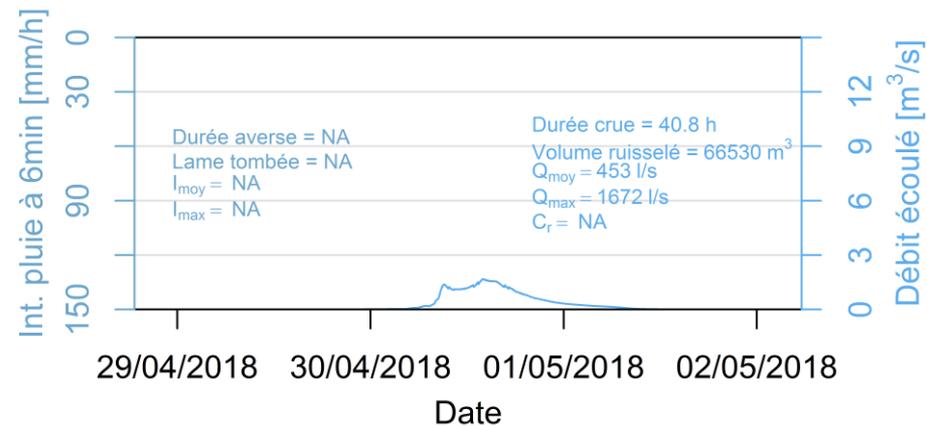
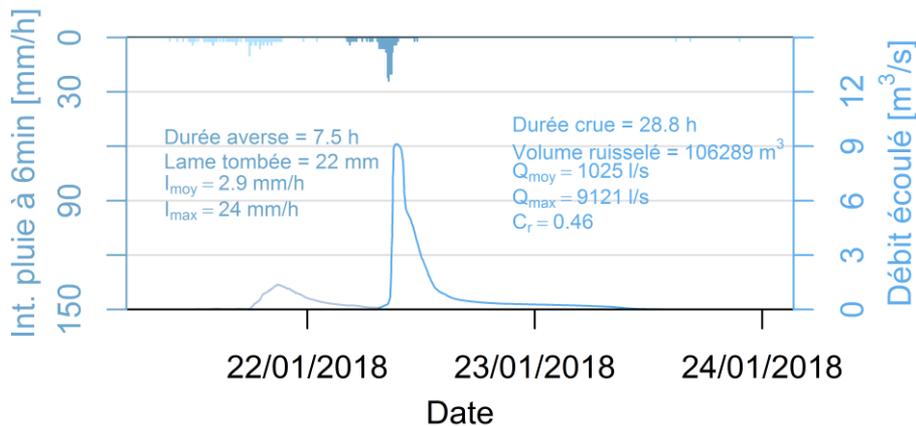
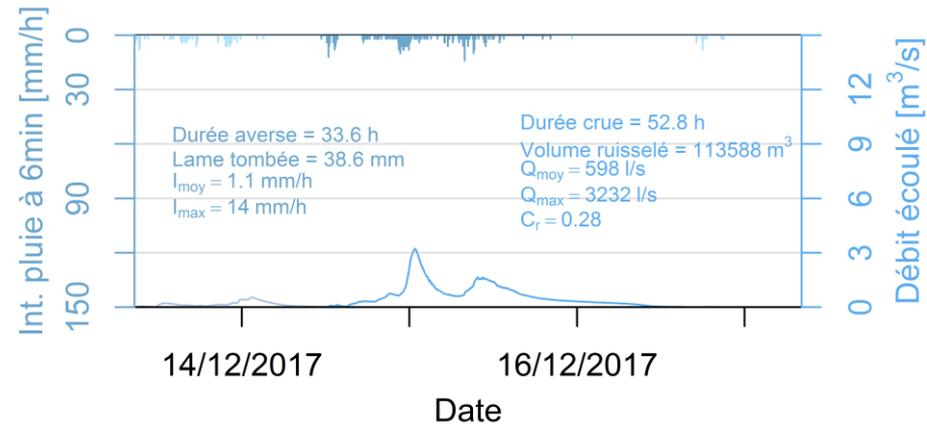
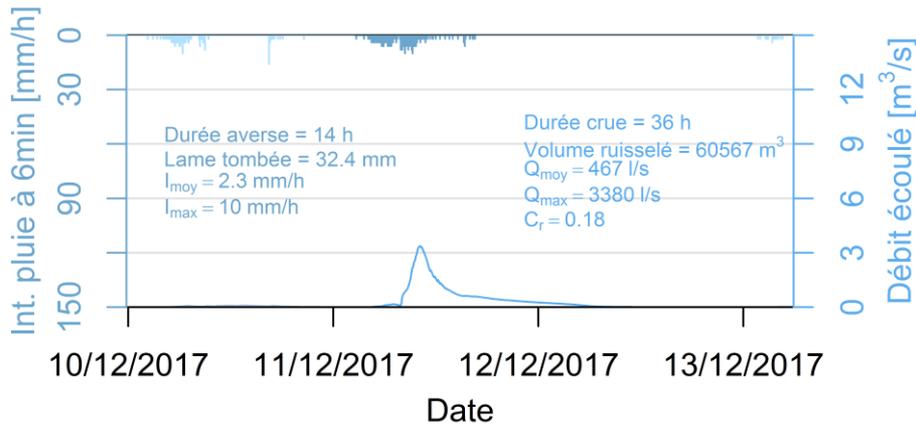


Campagne 2018 « exceptionnelle » (45.6 mm)



↳ 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

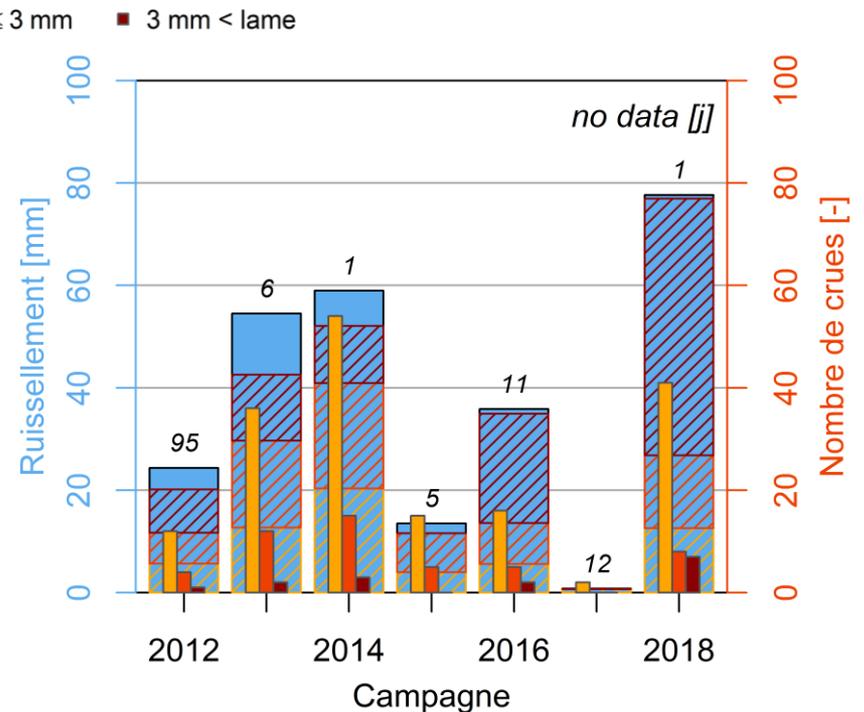
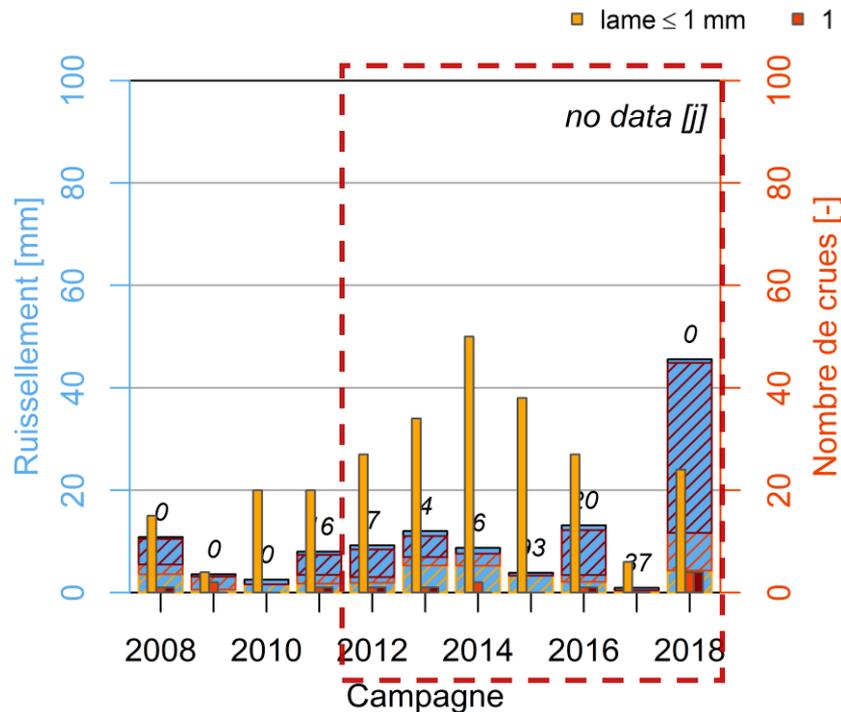
- 0.02 < lame ≤ 1 mm : 93 % des crues, 26 % du ruiss. annuel
- lame > 3 mm : jusqu'à 4 crues, 59 % du ruissellement annuel

↘ 37.9 mm/campagne (55000 m³)



↘ 34 crues/campagne

- 0.07 < lame ≤ 1 mm : 73 % des crues, 26 % du ruiss. annuel
- lame > 3 mm : jusqu'à 7 crues, 43 % du ruissellement annuel

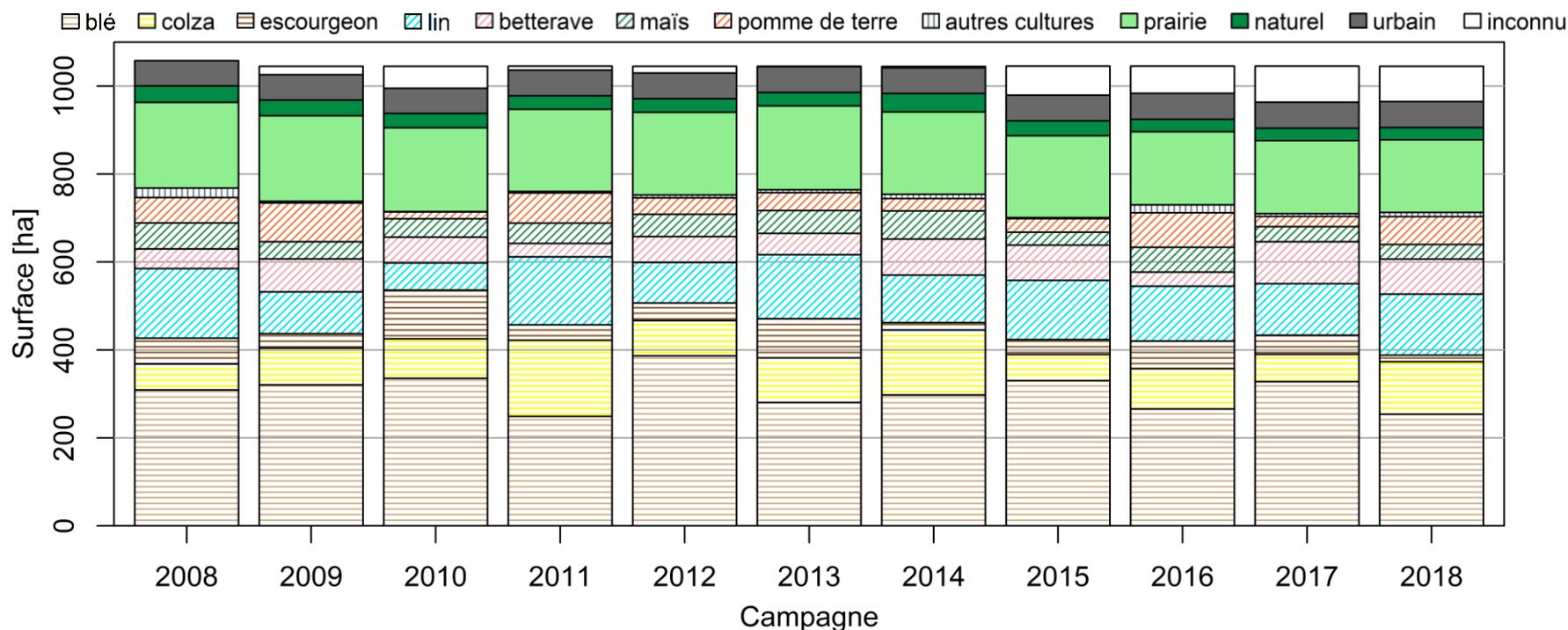


Occupation du sol stable sur 9 campagnes (*)



↳ 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 %



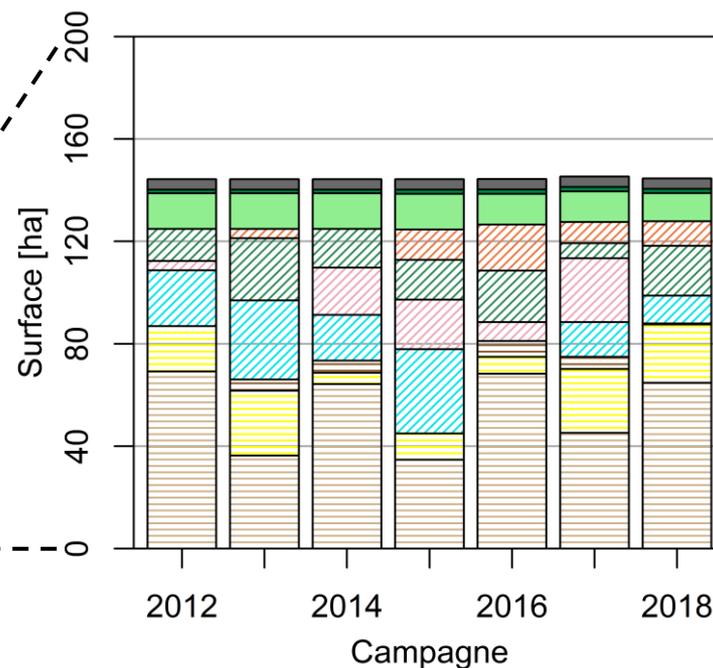
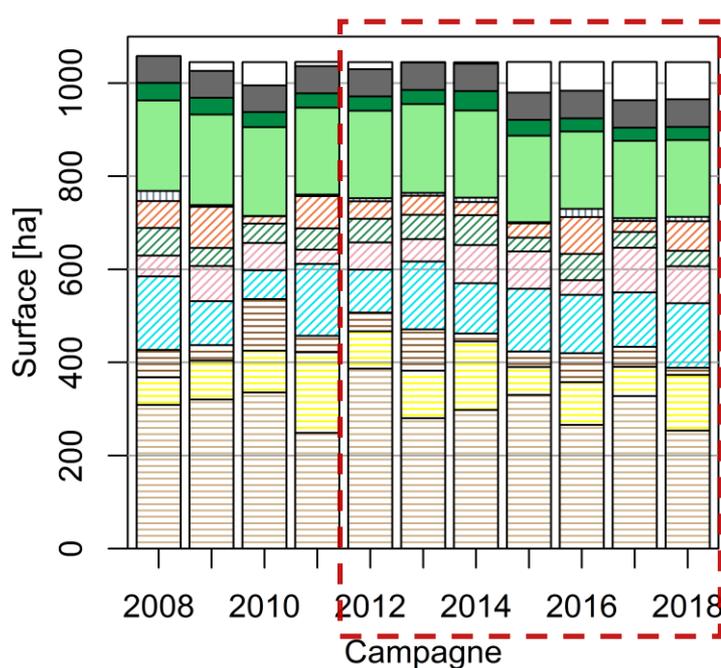
- Cultures : 70 %
 - Cultures d'hiver : 42 %
 - Cultures de printemps : 27 %
- Prairies : 17 %
- Espaces urbanisés : 59 ha

↳ Surfaces agricoles : 96 %



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

blé colza escourgeon lin betterave maïs pomme de terre autres cultures prairie naturel urbain inconnu



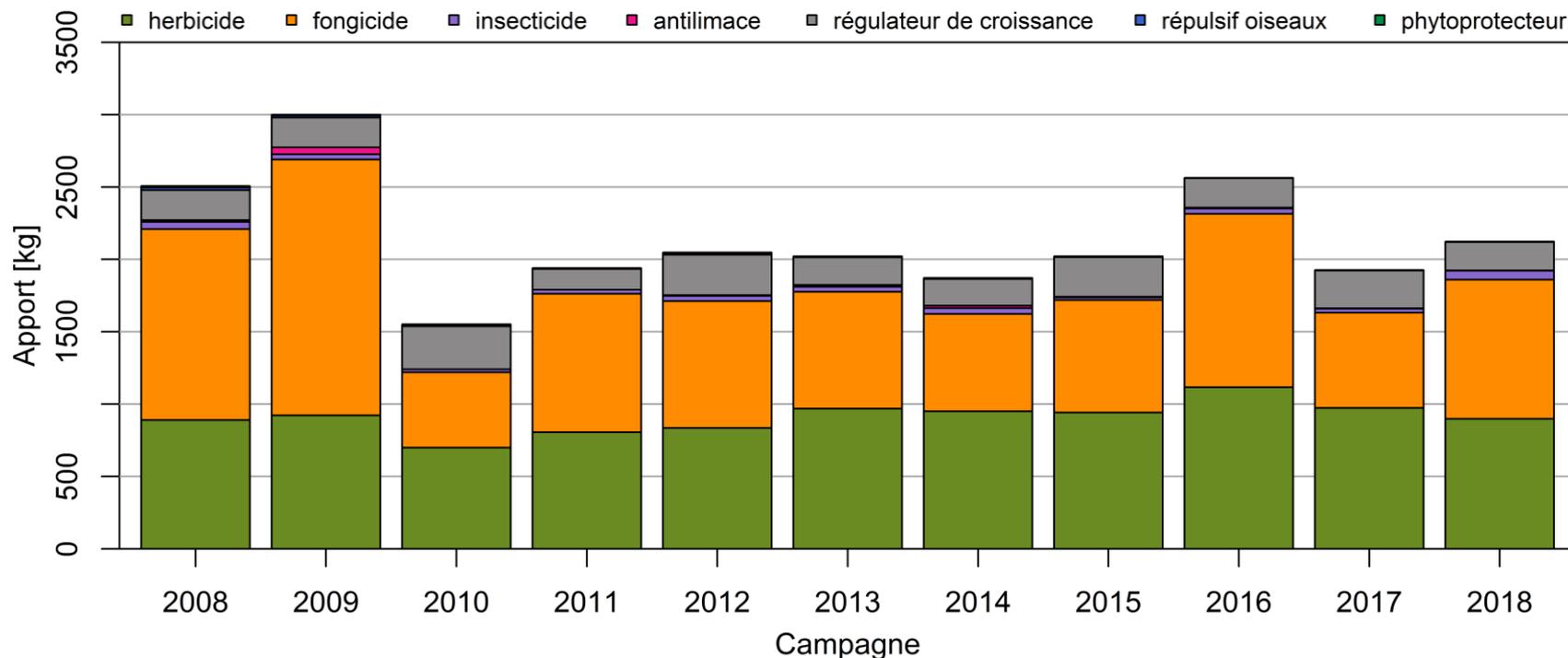
En moyenne 2143 kg apportés par campagne (*)



↳ 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 %

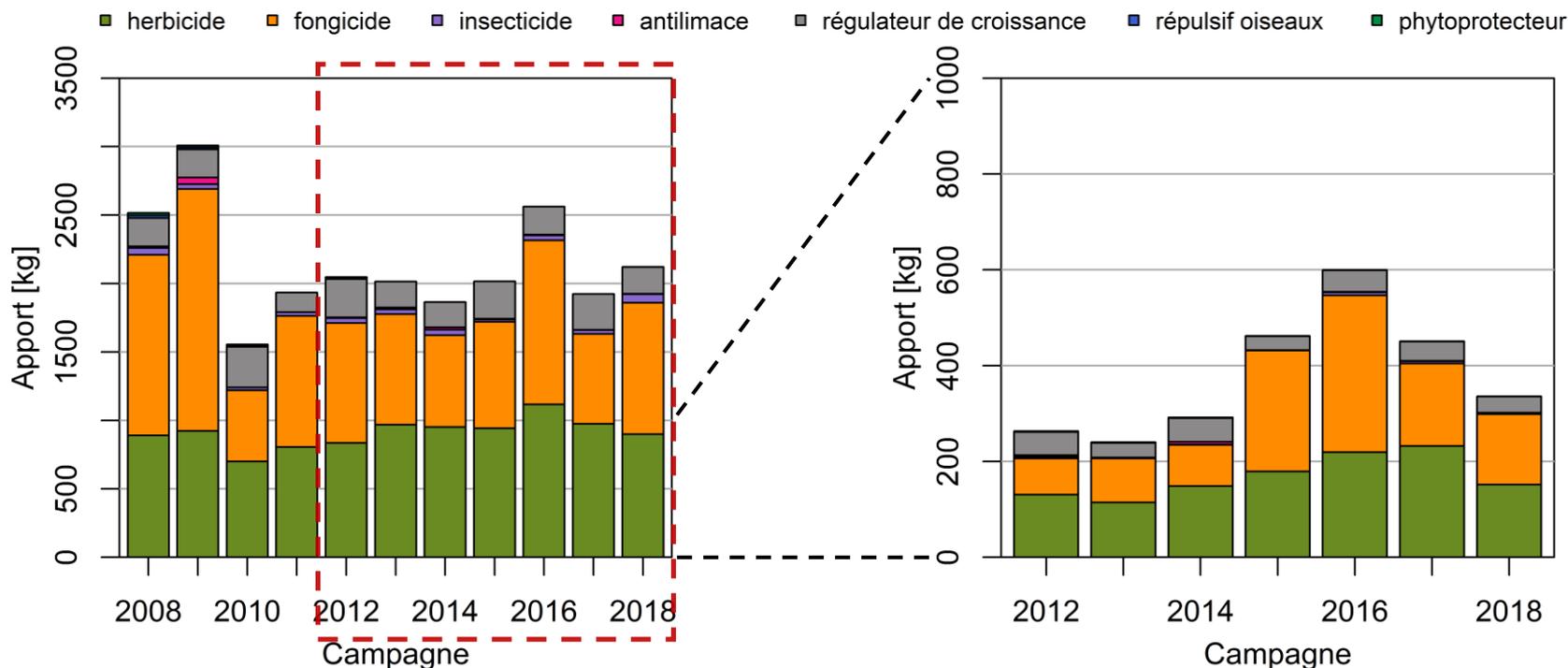
↘ 378 kg apportés/campagne



- 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)

benthiavalcarb-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⁾

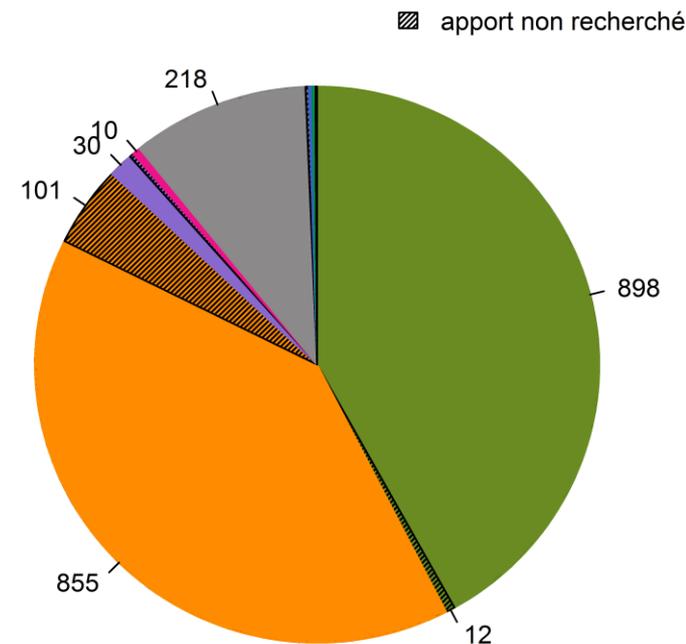
flonicamide
thiaclopride

Régulateurs de croissance ^(rc)

hydrazide maleique
prohexadione-calcium

Phytoprotecteurs ^(p)

dichlormide
isoxadifen-ethyl



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

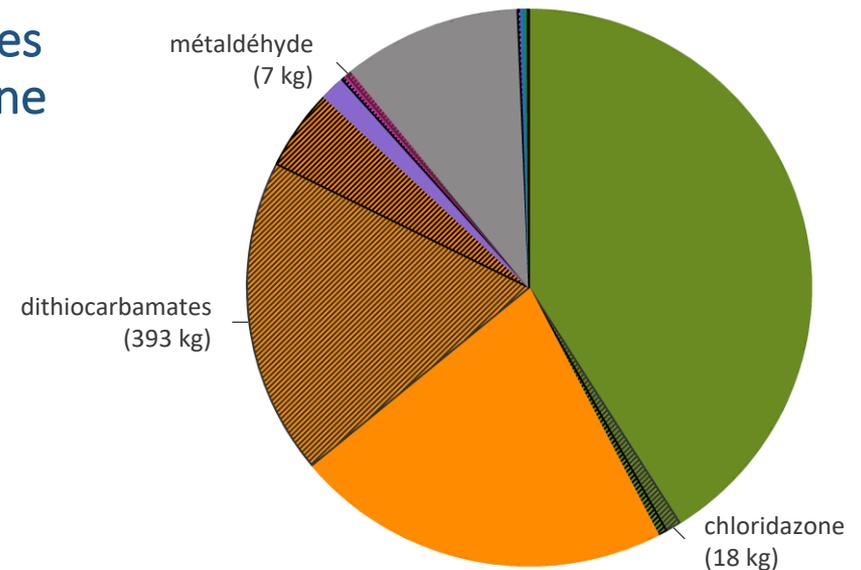
Toute SA apportée n'est pas recherchée (*)



↘ 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

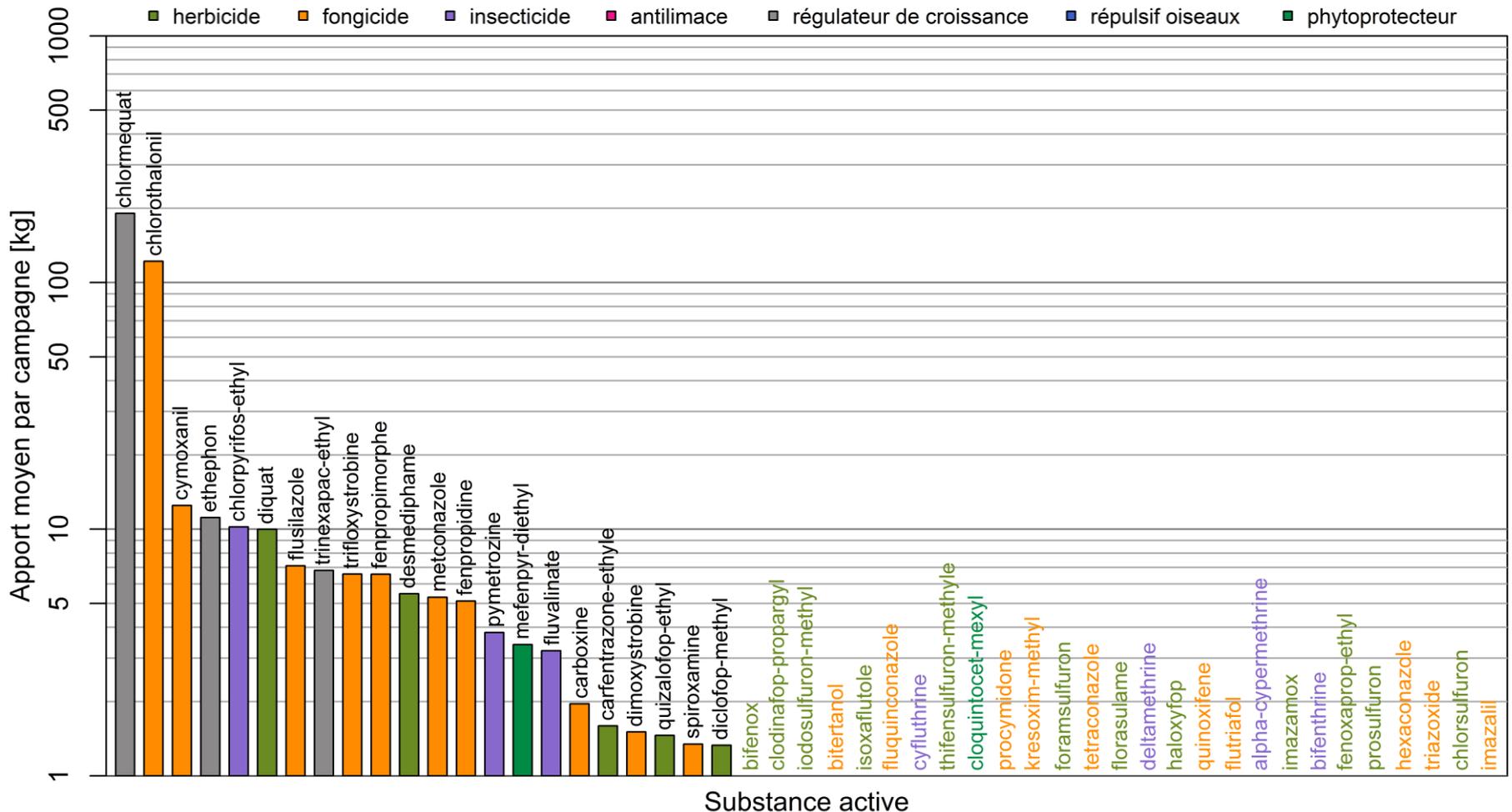


Répartition des 2143 kg d'apports moyens de SA par campagne

Substances actives jamais exportées (*)



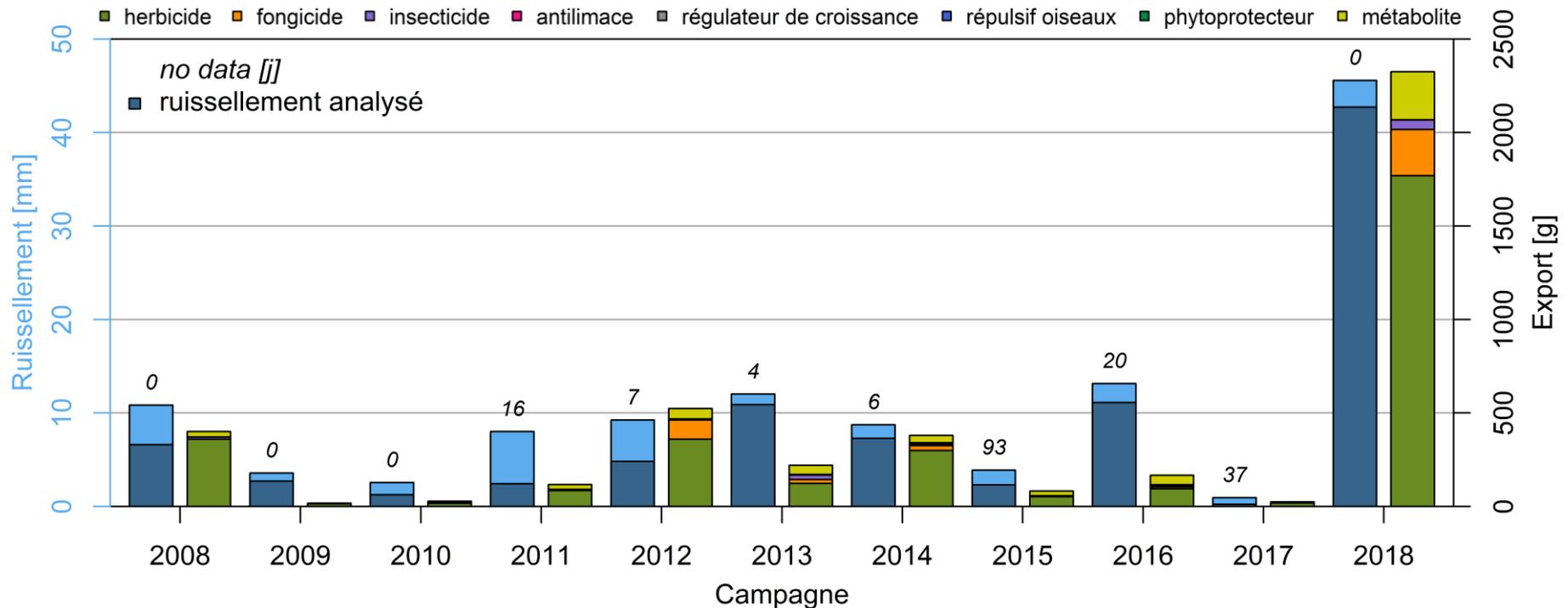
↳ Substances actives apportées sur le bassin versant mais jamais détectées dans les ruissellements à l'exutoire du BV



2008-2016 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 » (2300 g)



↳ 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

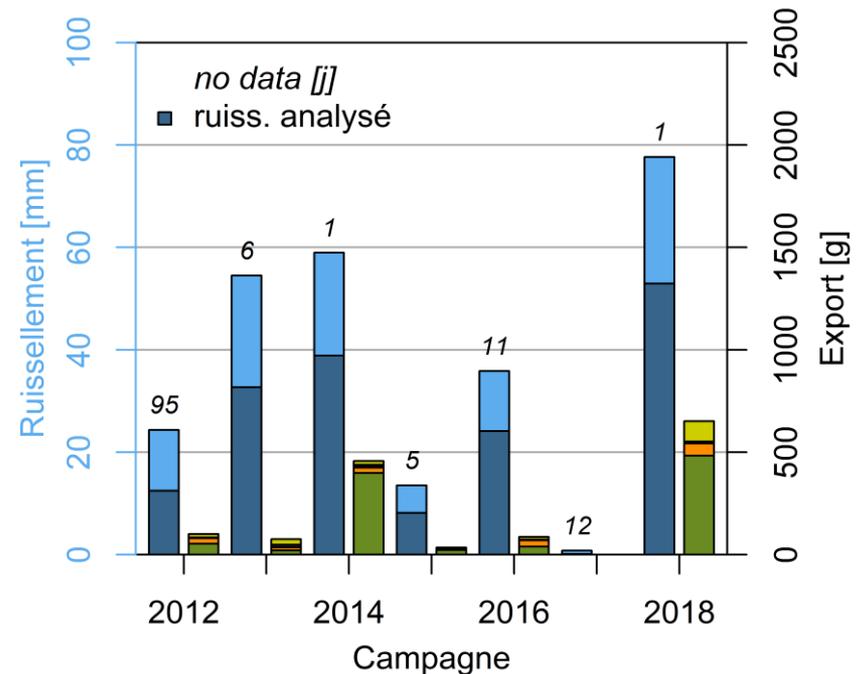
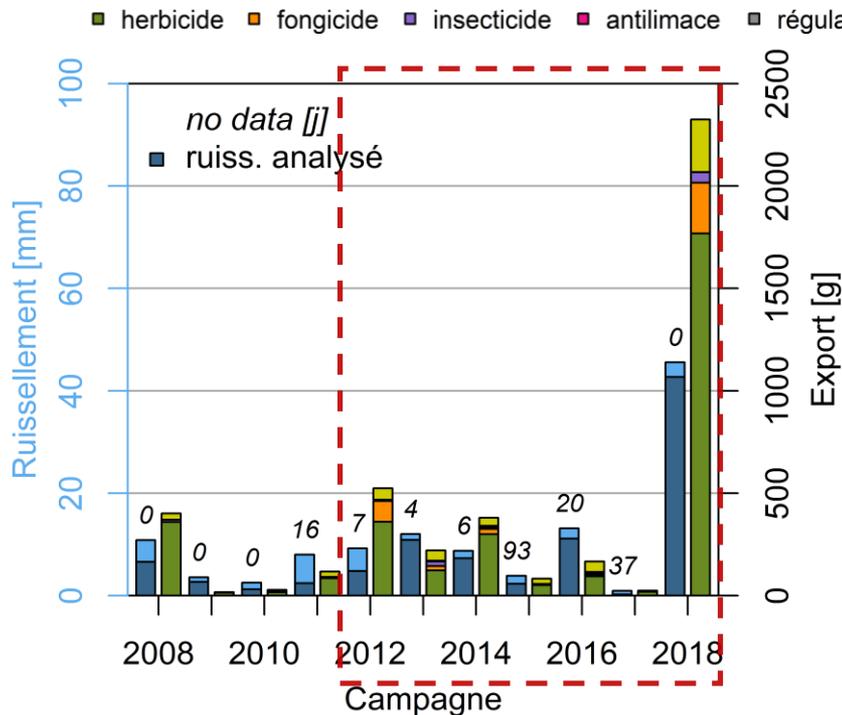
↳ 585 mg exportés/campagne/ha agricole

↳ Ruissellement analysé par campagne : 55 %



↳ 201 g exportés/campagne

↳ 1436 mg exportés/campagne/ha agricole

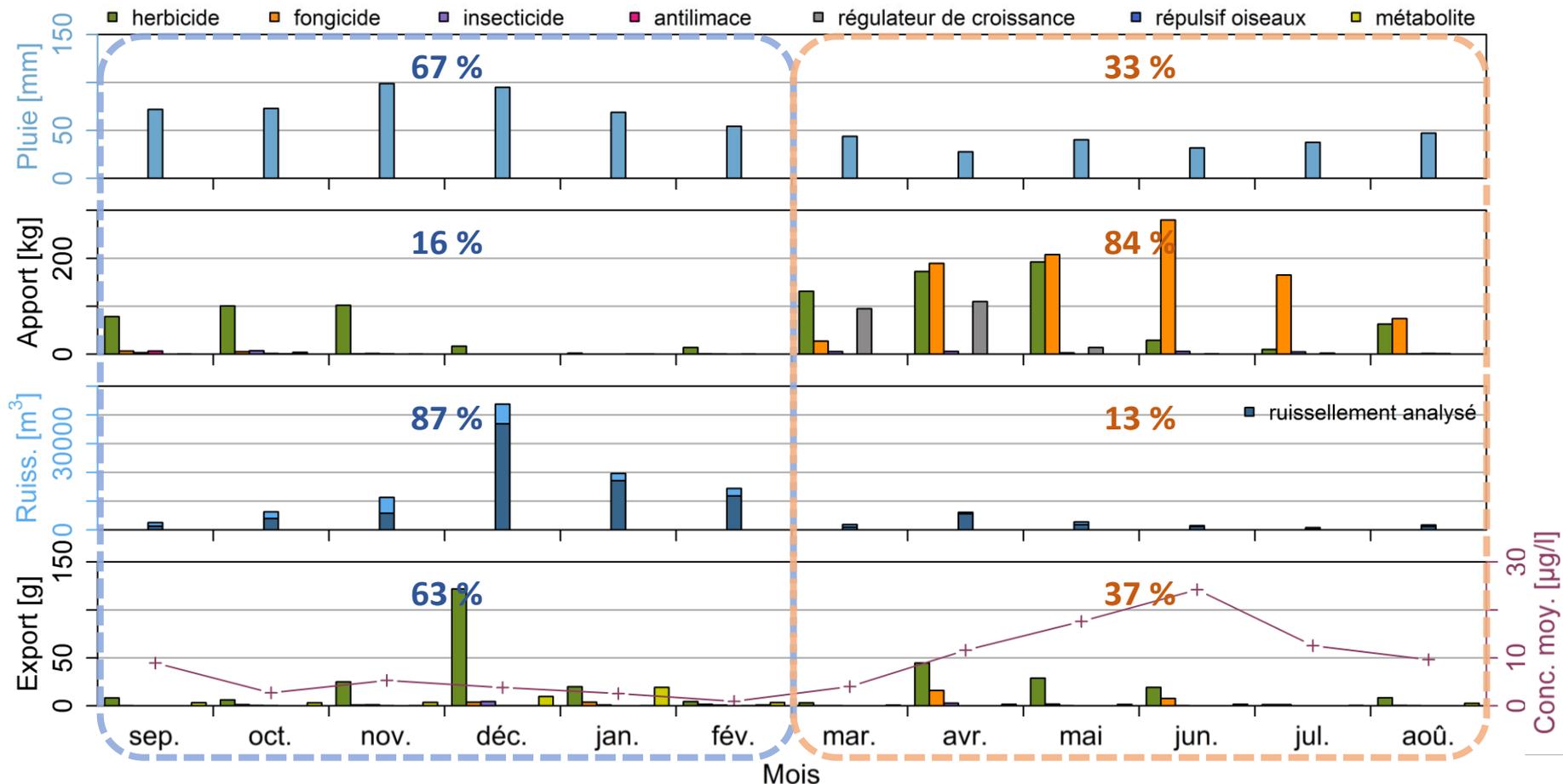


Forte saisonnalité des transferts de SA (*)



↳ Selon les moyennes mensuelles établies sur 11 campagnes :

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

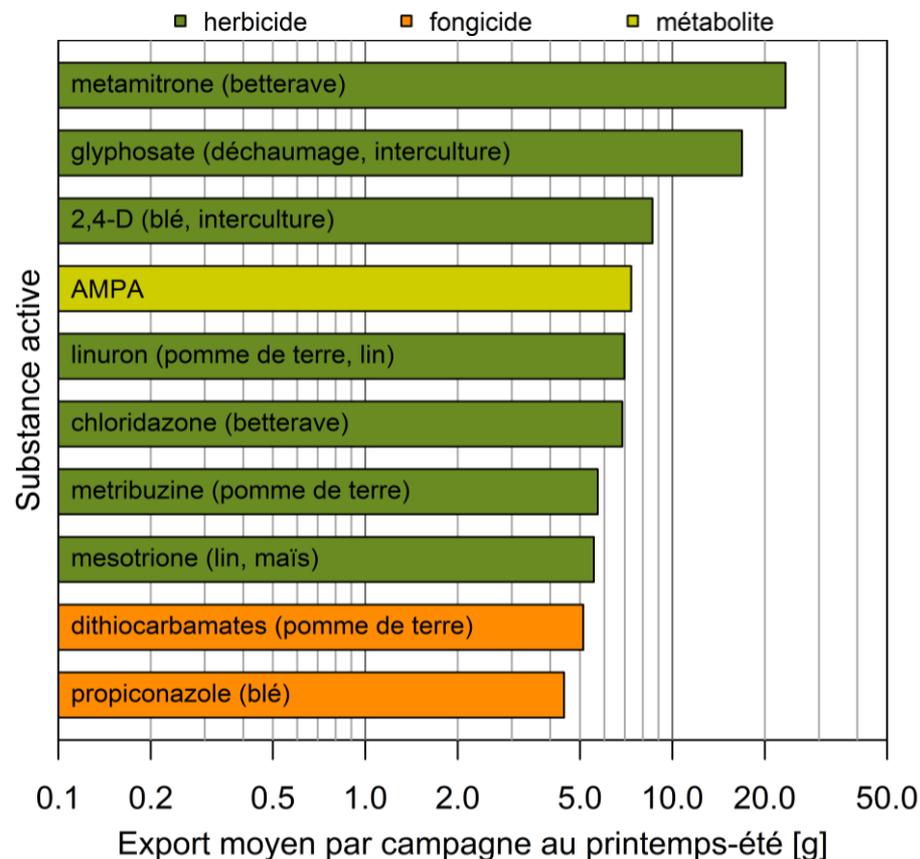
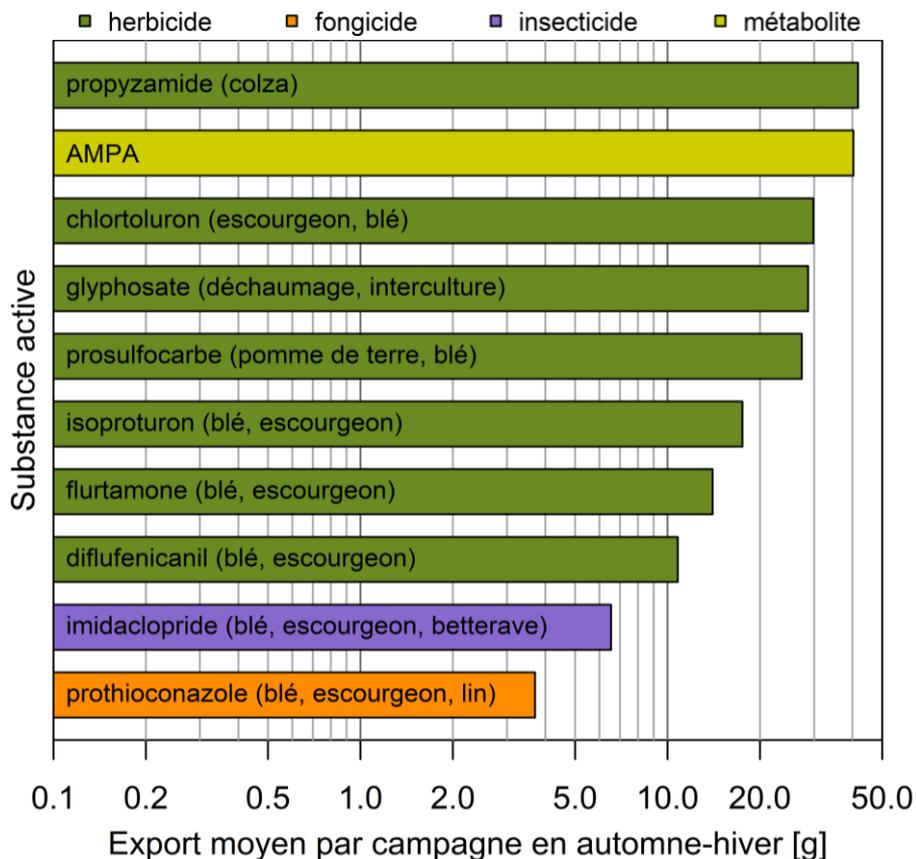


Top10 des SA les plus exportées (*)



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

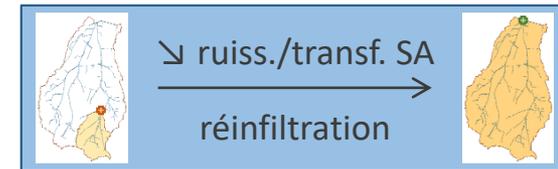
- 220 g par campagne soit 89 % des exports d'automne-hiver
- 91 g par campagne soit 63 % des exports de printemps-été



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 76 % des quantités exportées toutes SA confondues à l'exutoire du BV de *Bourville*

Plan de présentation

↘ Introduction

↘ Matériels et méthodes

↘ **Résultats globaux**

Au pas de temps : campagne, saison, mois

A l'échelle événementielle

Physico-chimie

↘ Cas d'étude 1 (HC) : Herbicide de céréales :
Pourquoi, comment, où, quand, combien ?

↘ Cas d'étude 2 (HT) : Herbicide Total : Pourquoi,
comment, où, quand, combien ?

↘ Cas d'étude 3 : une crue marquante aux
transferts extrêmes de substances actives
phytosanitaires

Quelles sont les leçons à tirer ?

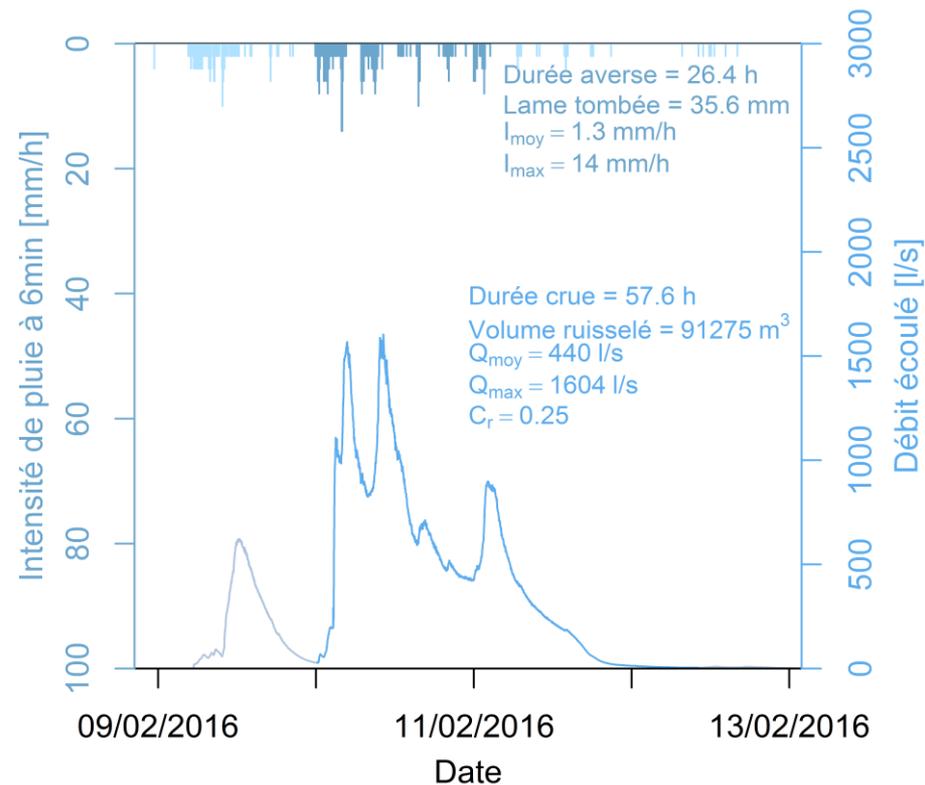
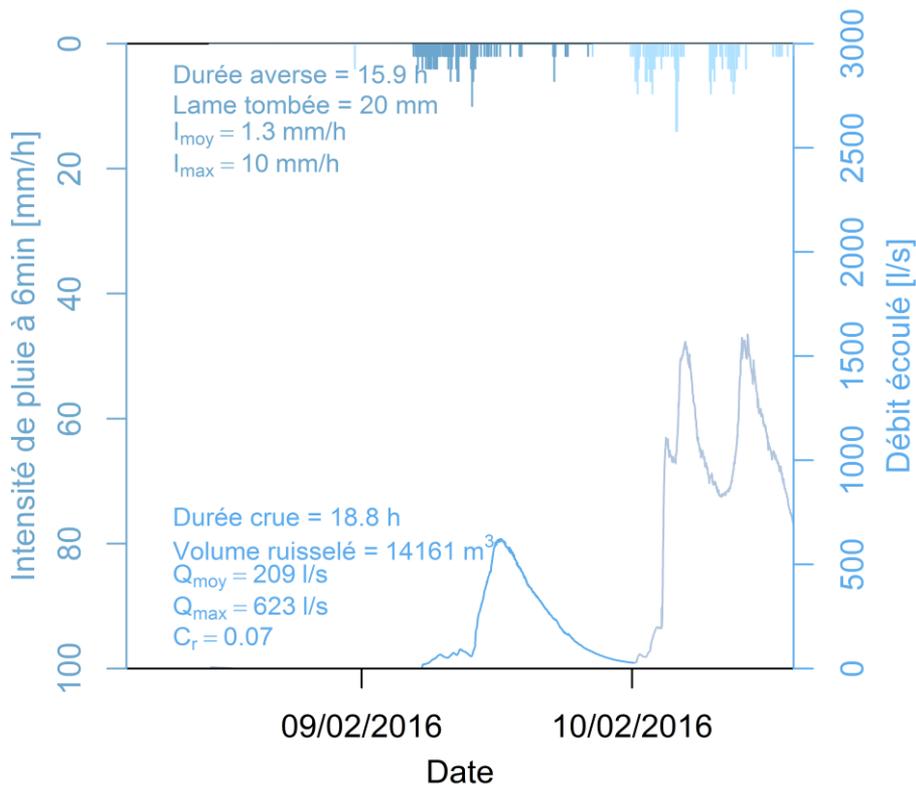
↘ Conclusion et perspectives

Campagne 2016 « très ruisselante » (13.3 mm)



↘ Campagne hydrologique peu remarquable à l'exception de deux crues :

- 1 crue de 8.7 mm donc 65 % du volume écoulé de la campagne
- 1 crue de 1.4 mm donc 11 % du volume écoulé de la campagne
- 27 crues inférieures à 1 mm cumulant seulement 2.2 mm donc 17 % du volume écoulé de la campagne



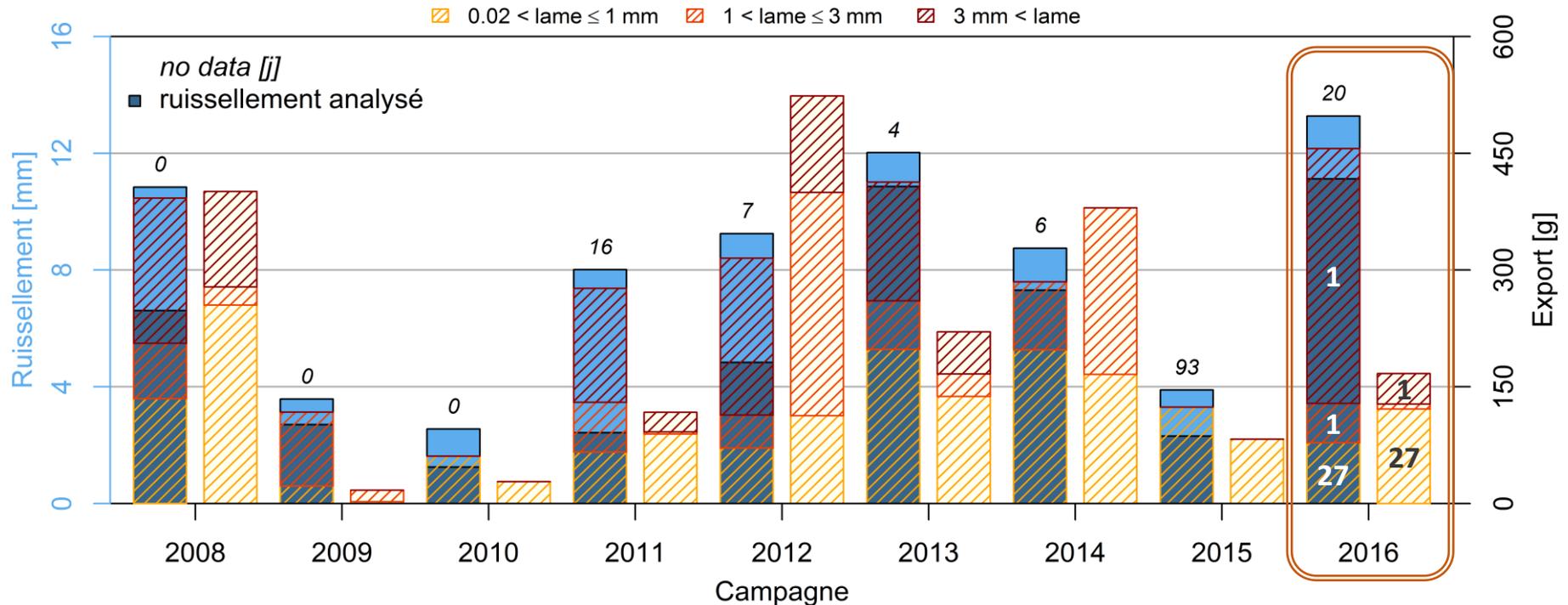
Importance de l'analyse événementielle



↳ 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	2 947,7	52,9	80,1	519,3

Surfaces contributives à l'écoulement du BV (**)

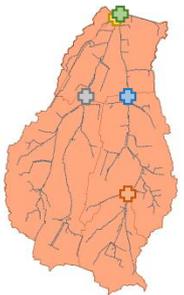
↳ Détailler le fonctionnement hydrologique (pluie-ruissellement) du BV à l'échelle événementielle

↳ Classifier les événements mesurés à l'exutoire du BV :

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

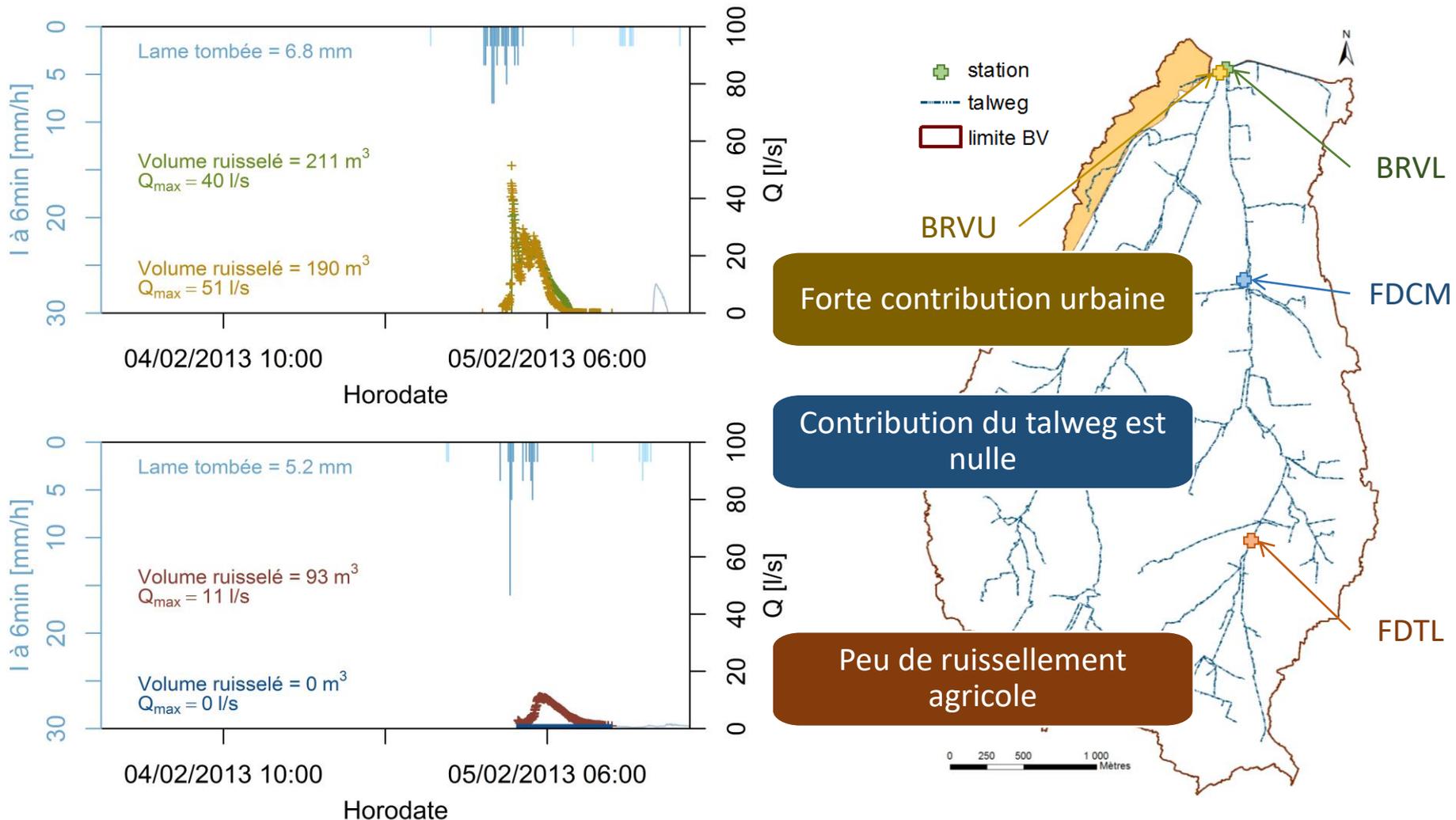
↳ Expliciter les contributions à l'écoulement grâce aux stations complémentaires installées au sein du BV :

- Classes **3** et **6** : crues intenses de ruissellement généralisé du BV
- Classes **4** et **5** : faibles ruissellements urbains et agricoles proches de l'exutoire
- Classe **1** : crues importantes principalement d'automne-hiver issues de contributions variables au sein du BV
- Classe **2** : ruissellements moyens d'origine agricole, des parcelles les plus dégradées en surface (présence d'une croûte de battance)



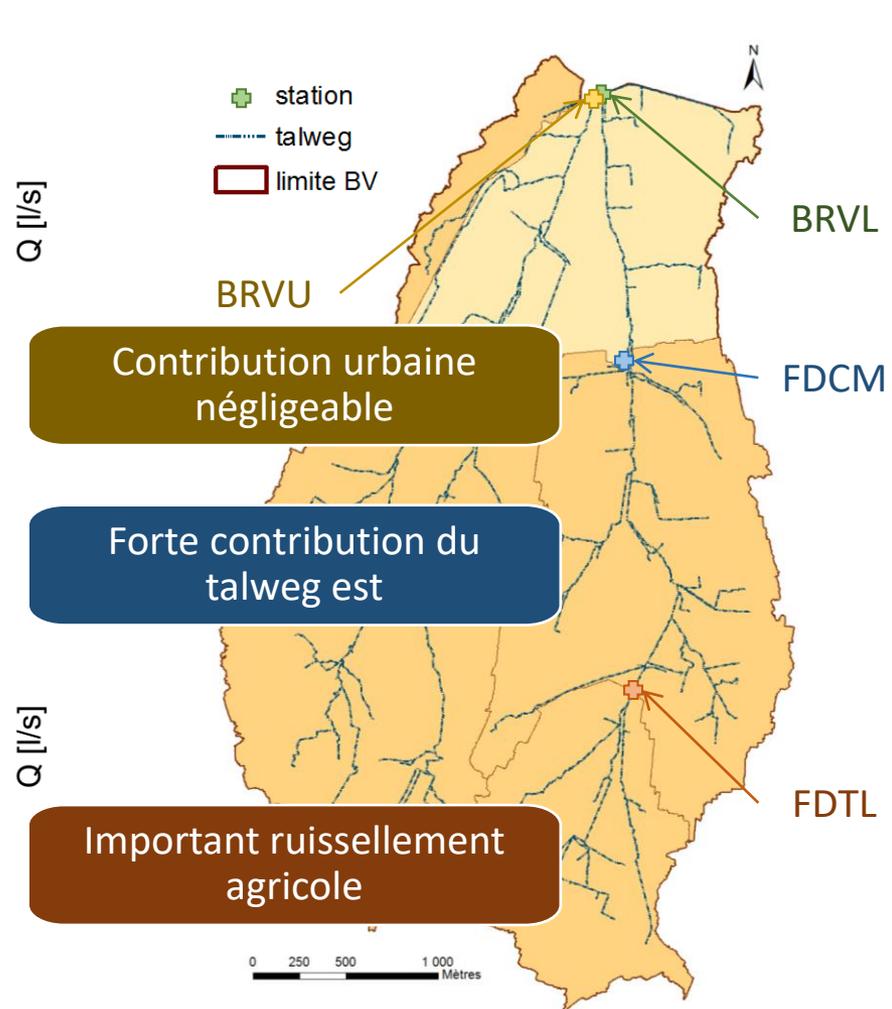
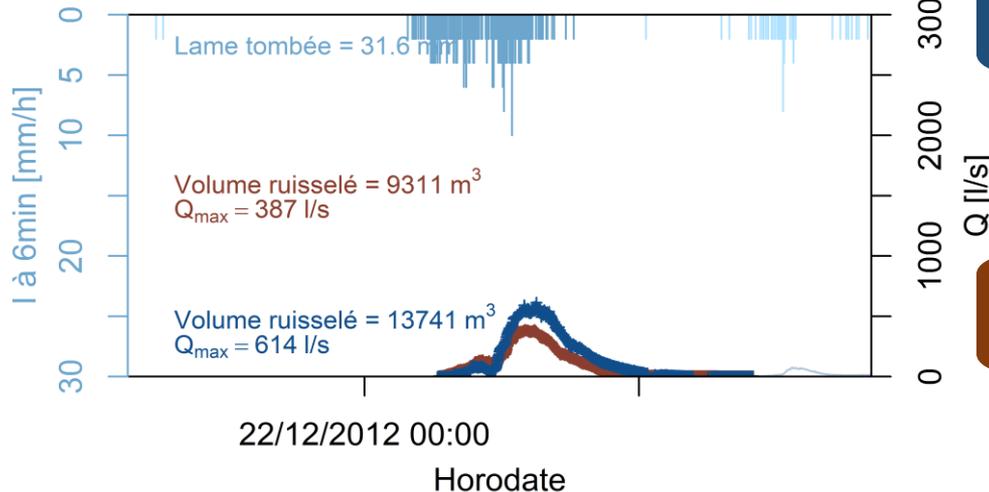
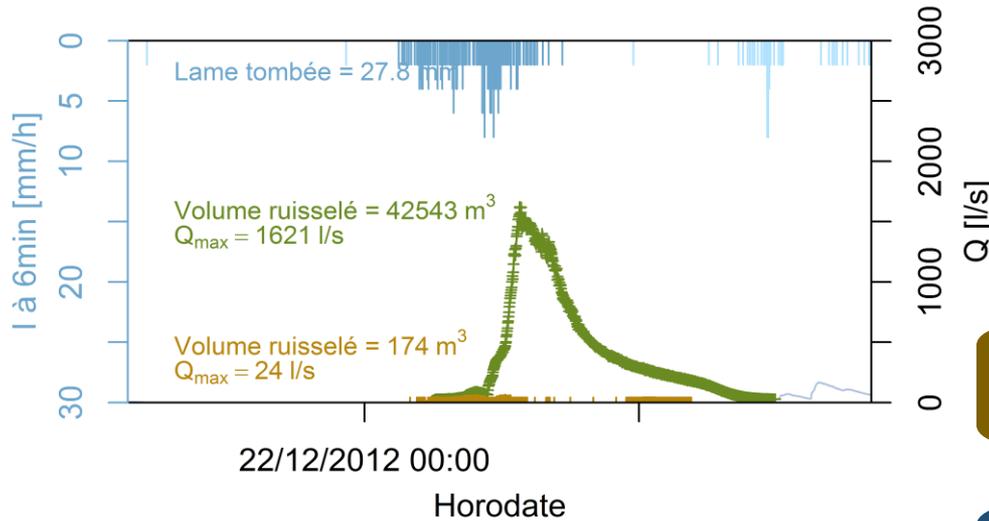
Crue de ruissellements urbains et agricoles proches

↳ Exemple d'un événement P-Q de classe 4



Crue de ruissellement généralisé du BV

↳ Exemple d'un événement P-Q de classe 3

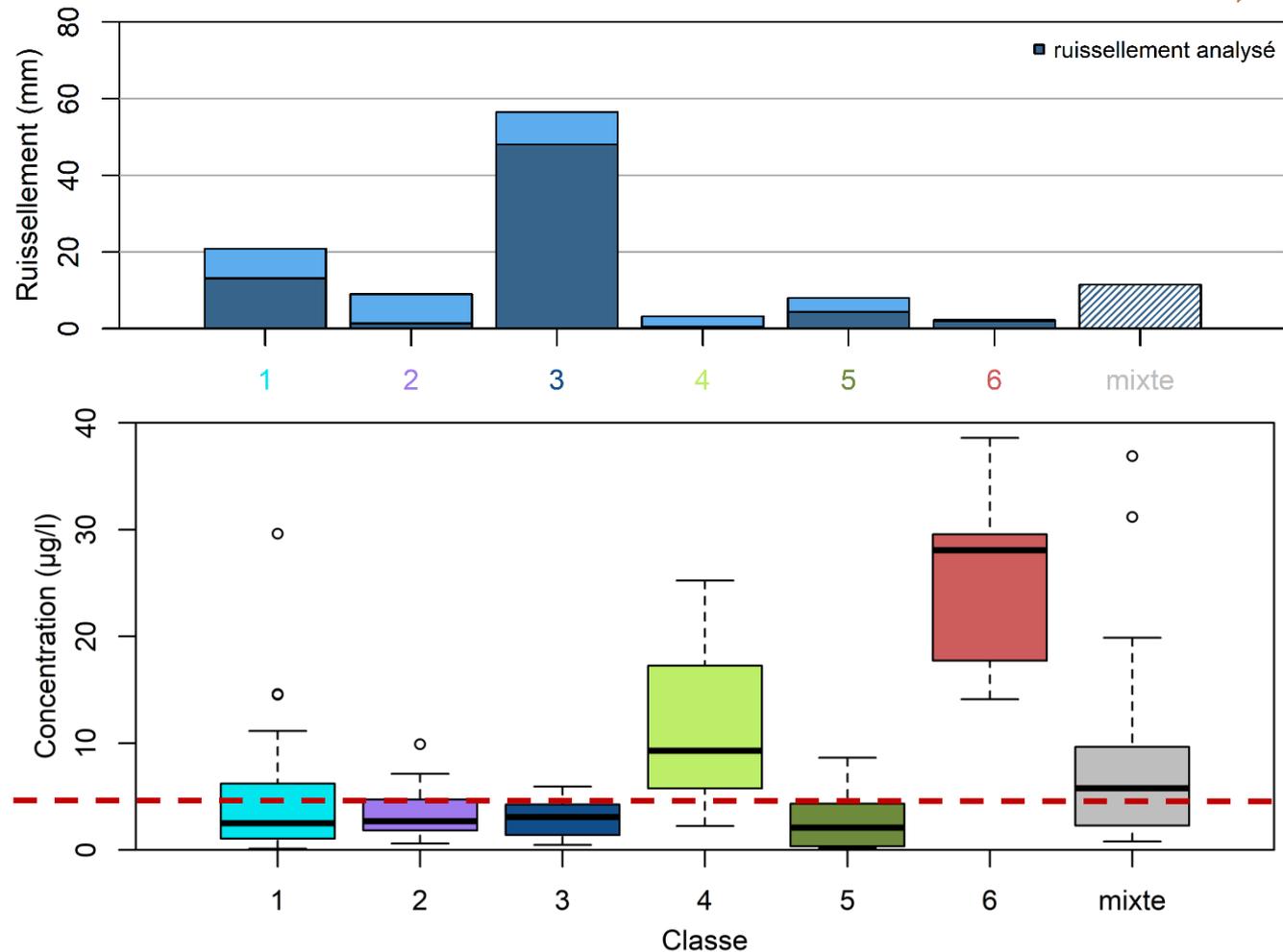


Concentrations de SA par classe d'évts. (*)



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)

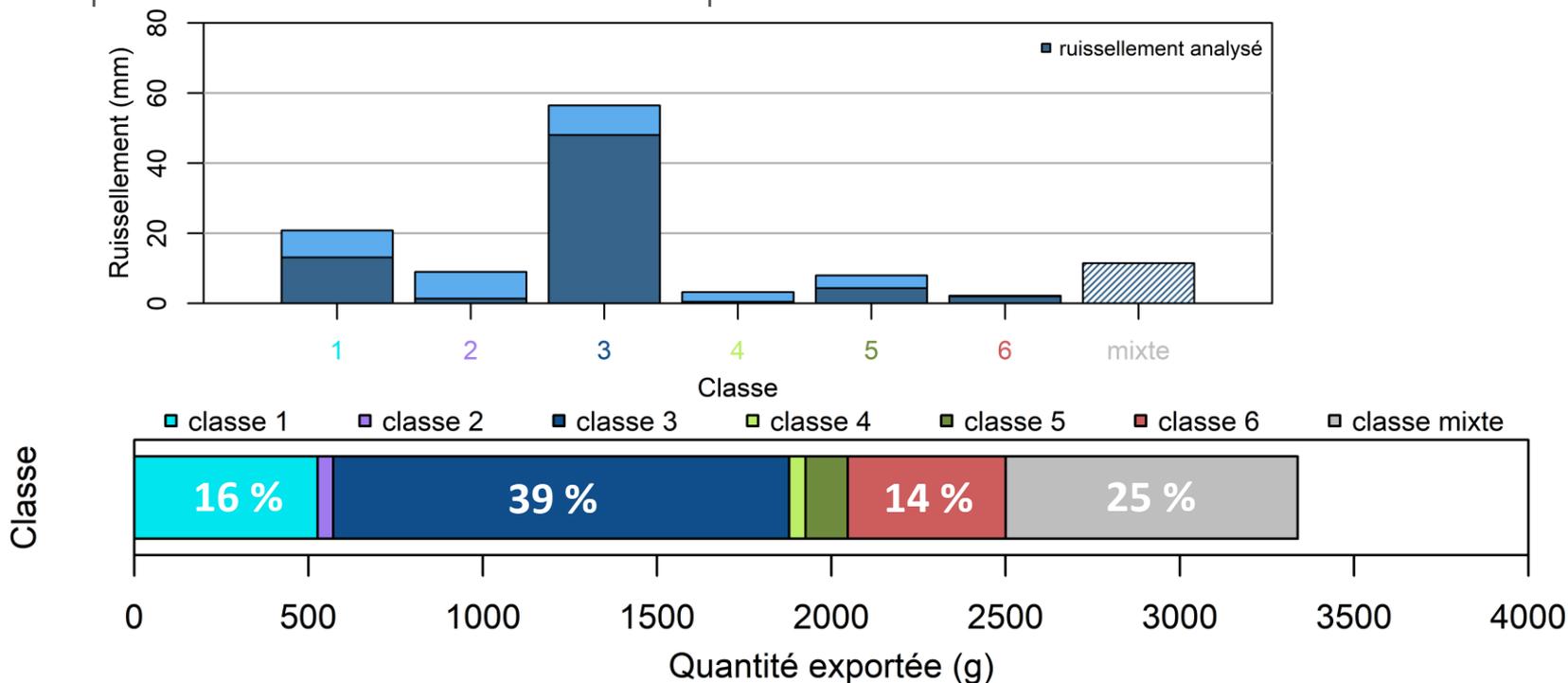


Gestion des transferts par classe d'évts. (*)



↳ Selon l'étude des 195 événements pluie-débit des 9 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 : une unique crue a représenté 1/3 des ruissellements et 1/4 des quantités exportées toutes SA confondues
- Campagne 2016 : une unique crue a représenté 2/3 des ruissellements 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

Physico-chimie

↘ Cas d'étude 1 (HC) : Herbicide de céréales :
Pourquoi, comment, où, quand, combien ?

↘ Cas d'étude 2 (HT) : Herbicide Total : Pourquoi,
comment, où, quand, combien ?

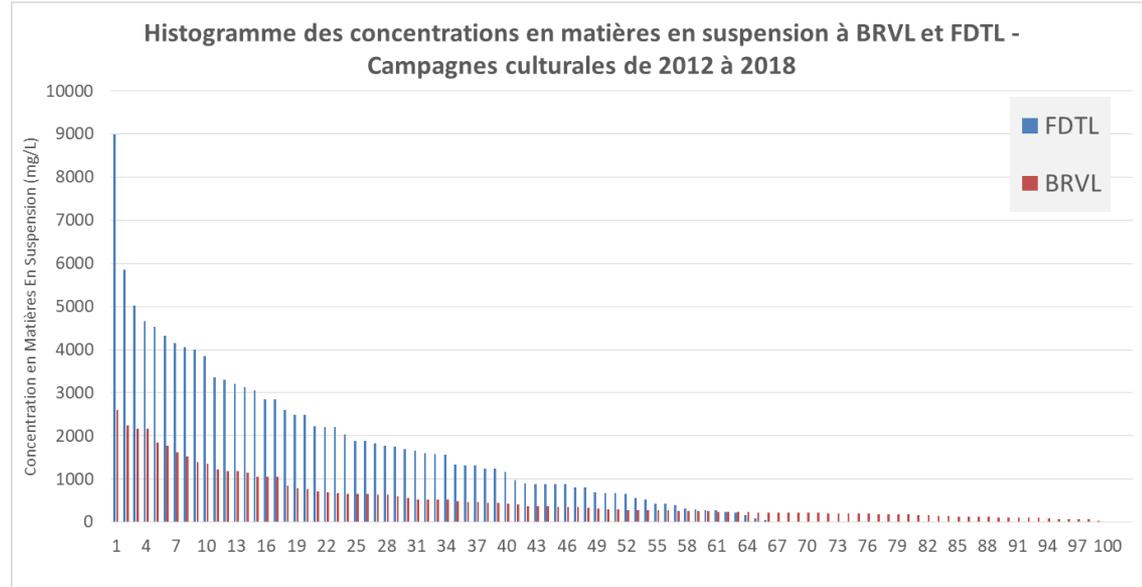
↘ Cas d'étude 3 : une crue marquante aux
transferts extrêmes de substances actives
phytosanitaires

Quelles sont les leçons à tirer ?

↘ Conclusion et perspectives

Ruissellement-Erosion et transfert de MES

↳ Concentrations en MES dans les analyses entre 2012 à 2018 :



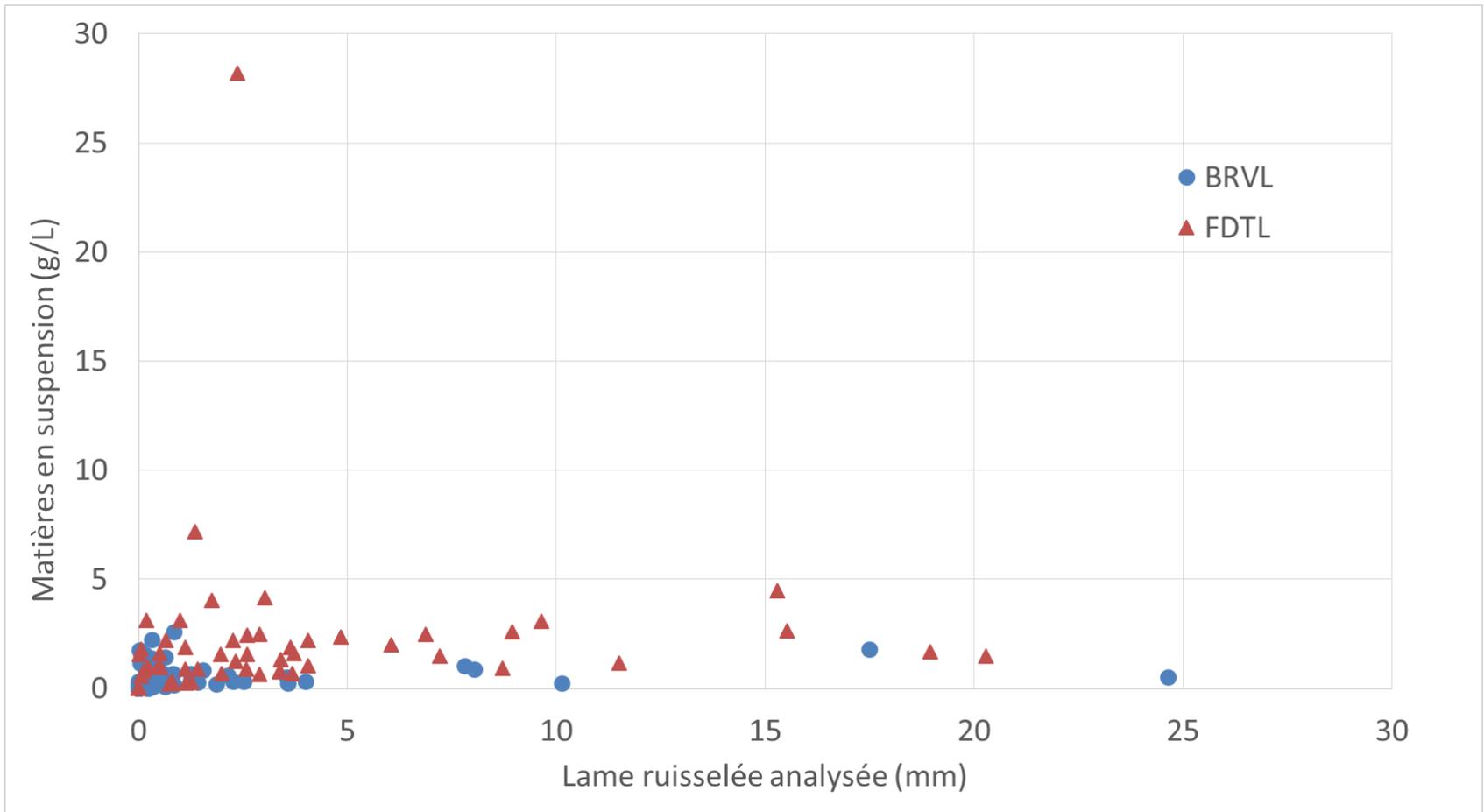
↳ Exports cumulés en MES par campagne :

Campagne	kg/ha de TL		% automne-hiver		kg/ha de TL/mm de LR	
	BRVL	FDTL	BRVL	FDTL	BRVL	FDTL
2012	36.7	213.9	62.6	61.8	5,6	14,7
2013	92.6	857.5	95.2	86.8	6,3	22,1
2014	47,9	721.2	97.9	97.2	4,8	16,0
2015	11.6	151.1	48.7	100.0	3,8	16,0
2016	45.6	440.5	98.7	93.1	2,9	15,7
2017	0.5	1.0	35.6	0.0	1,6	8,1
2018	583.2	2404.1	82.2	62.6	9,9	34,4
Moyenne pondérée	116.9	684.2	74.4	71.6	5,0	18,1

Ruissellement-Erosion et transfert de MES

↳ Concentrations en MES en fonction des lames ruisselées entre 2012 et 2018

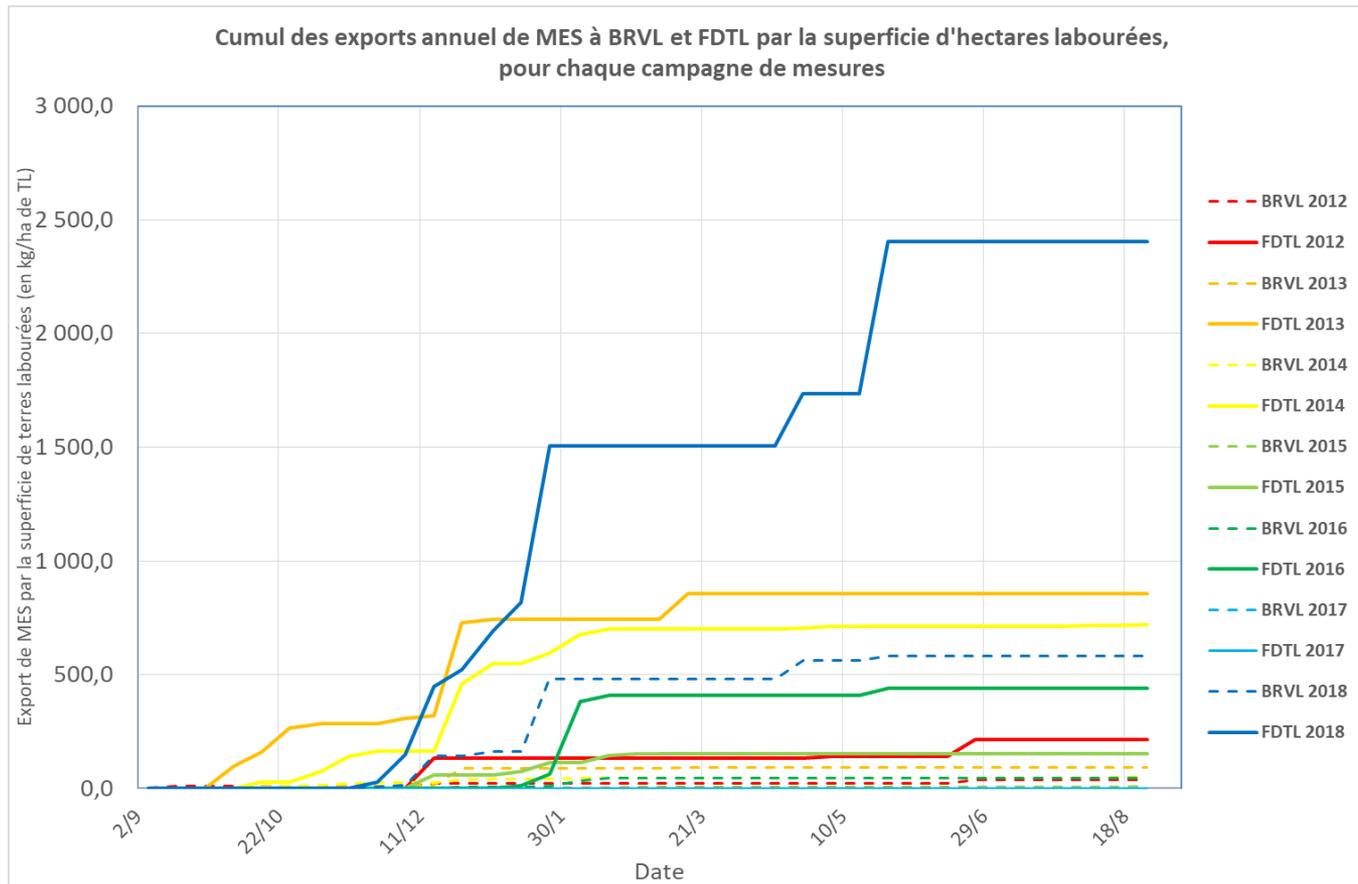
- Les fortes concentration sont sur les faibles LR : effet de dilution



Ruissellement-Erosion et transfert de MES

↘ Evolution temporelle des exports cumulés en MES par campagne entre 2012 et 2018

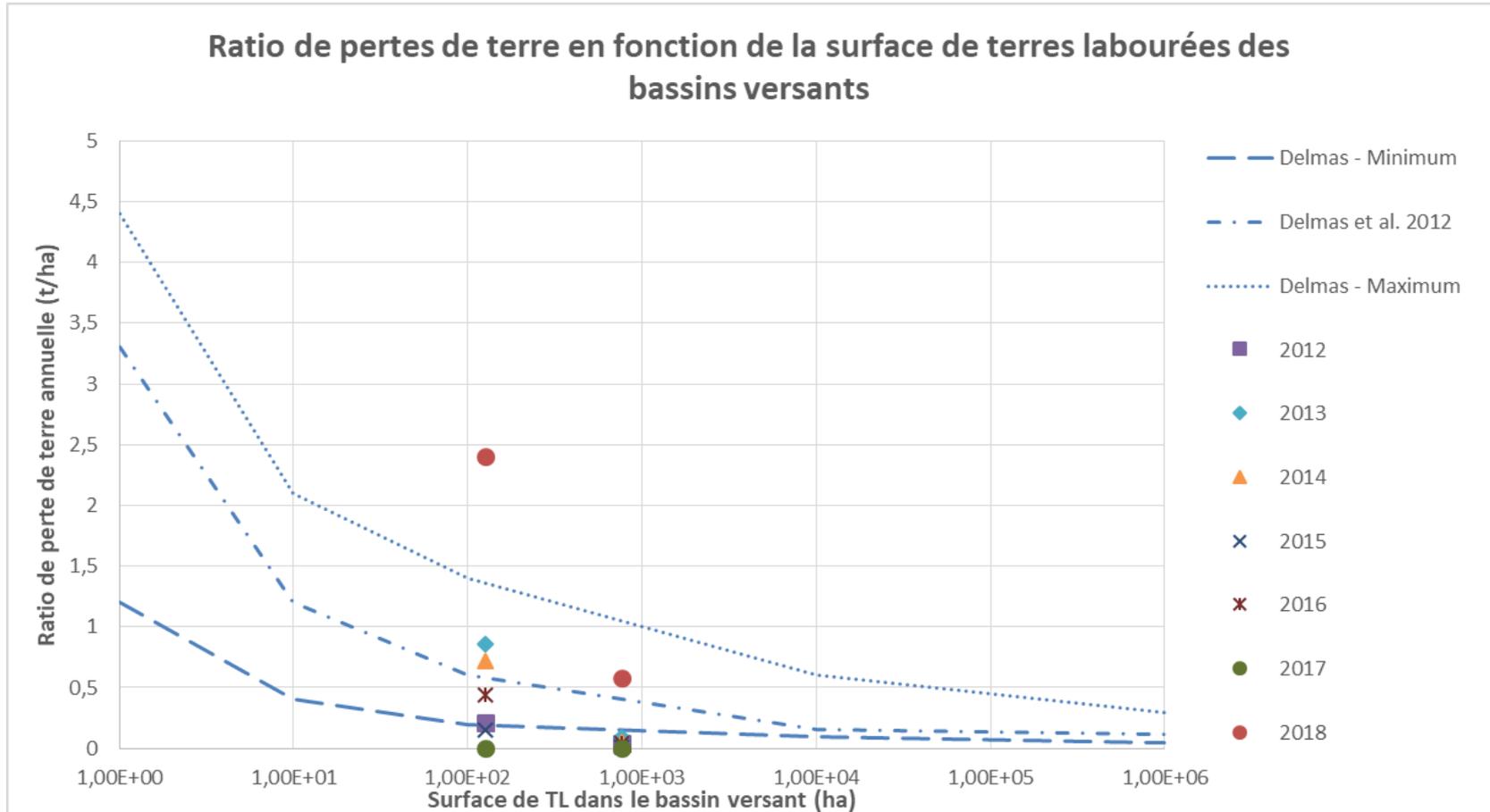
- Les exports se produisent essentiellement au cours de séquences ruisselantes de quelques jours



Ruissellement-Erosion et transfert de MES

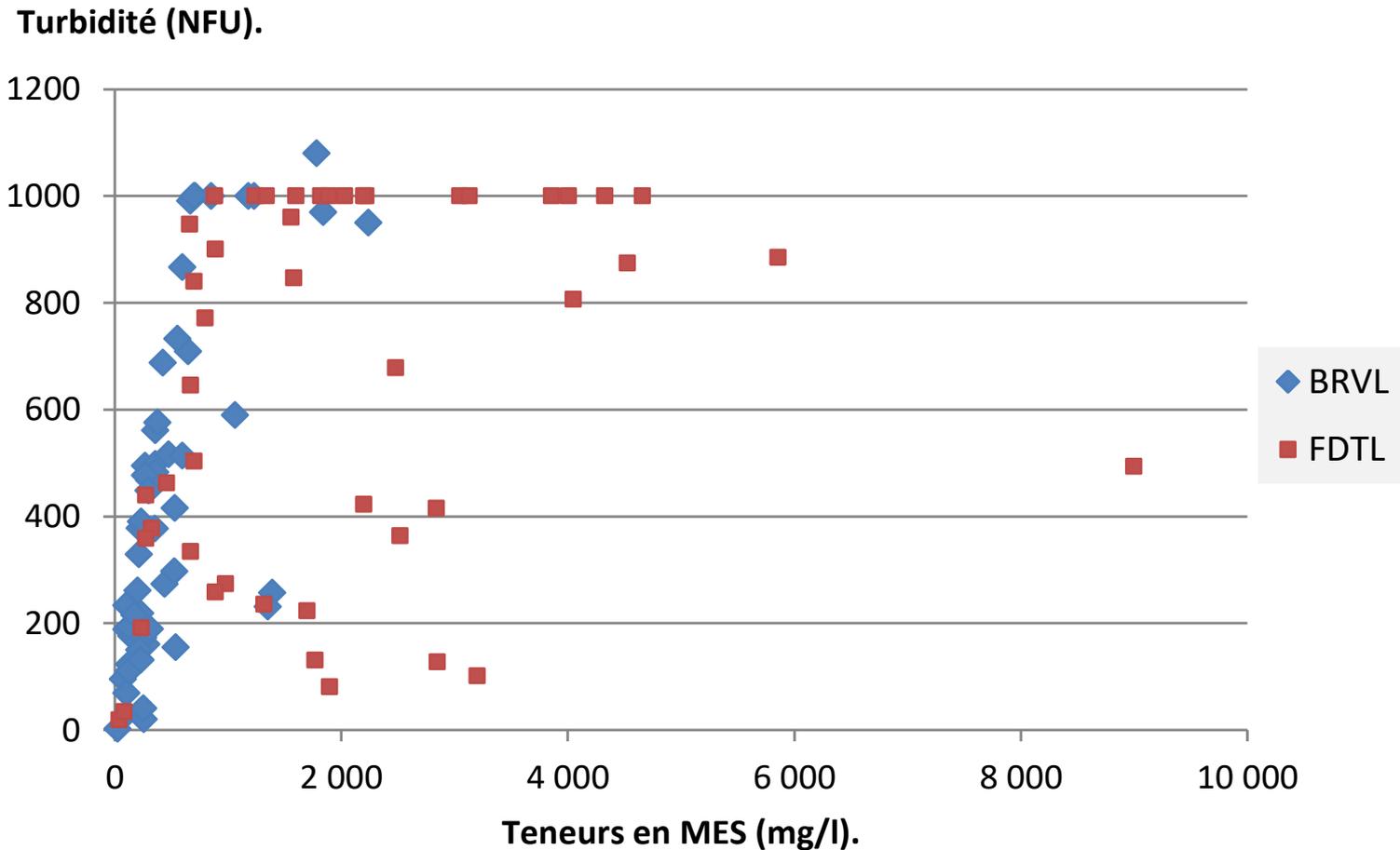
↳ Comparaison des ratios de perte de terre moyenne annuelle par ha de TL par campagne entre 2012 et 2018

- Validation des données de Delmas *et al.*, 2012



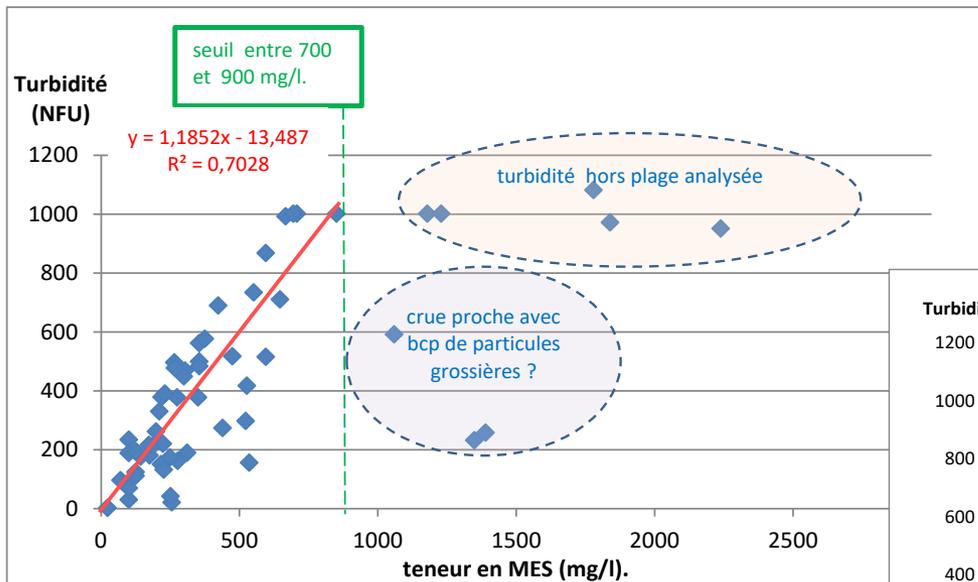
Ruissellement-Erosion et turbidité

- ↳ Turbidité et exports cumulés en MES dans les ruissellements analysés entre 2012 et 2016



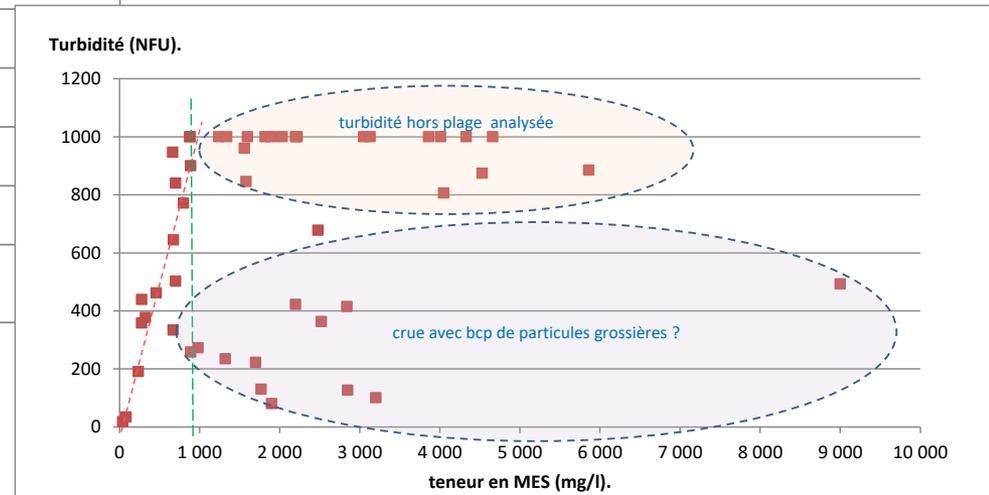
Ruissellement-Erosion et turbidité

Relation turbidité (NFU) et teneur en MES à BRVL de 2012 à 2016



- Entre 0 et 700-900 mg/l, une tendance linéaire à BRVL :
Turbidité (NFU) = 1,1852 ;
Teneur en MES (mg/l) = 13,487 ;
 $R^2 = 0,7028$

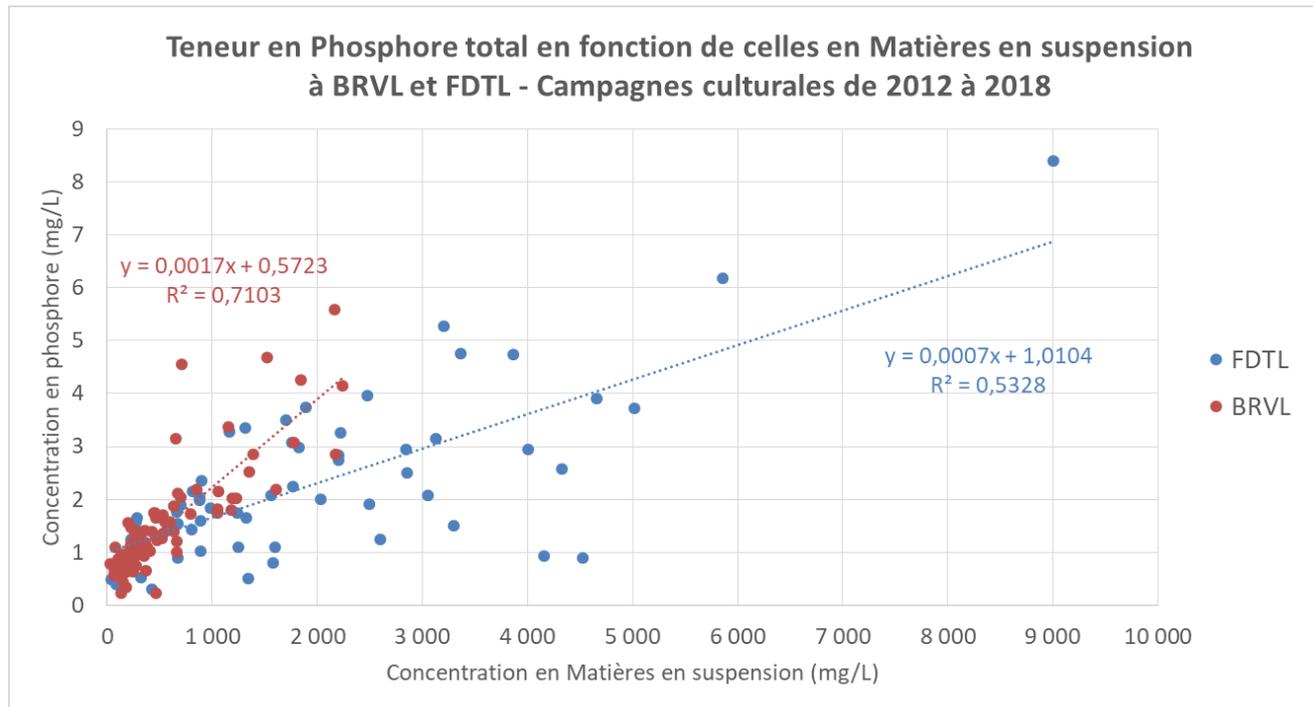
Relation turbidité (NFU) et teneur en MES à FDTL de 2012 à 2016



Ruissellement-Erosion et transfert de phosphore total

↳ Export de P total

- Concentration en P total de 0,2 à 8 mg/l
- Corrélation significative avec le taux de MES, mais effet d'échelle :
SBV concentration proportionnellement 2 fois moins élevée en P total



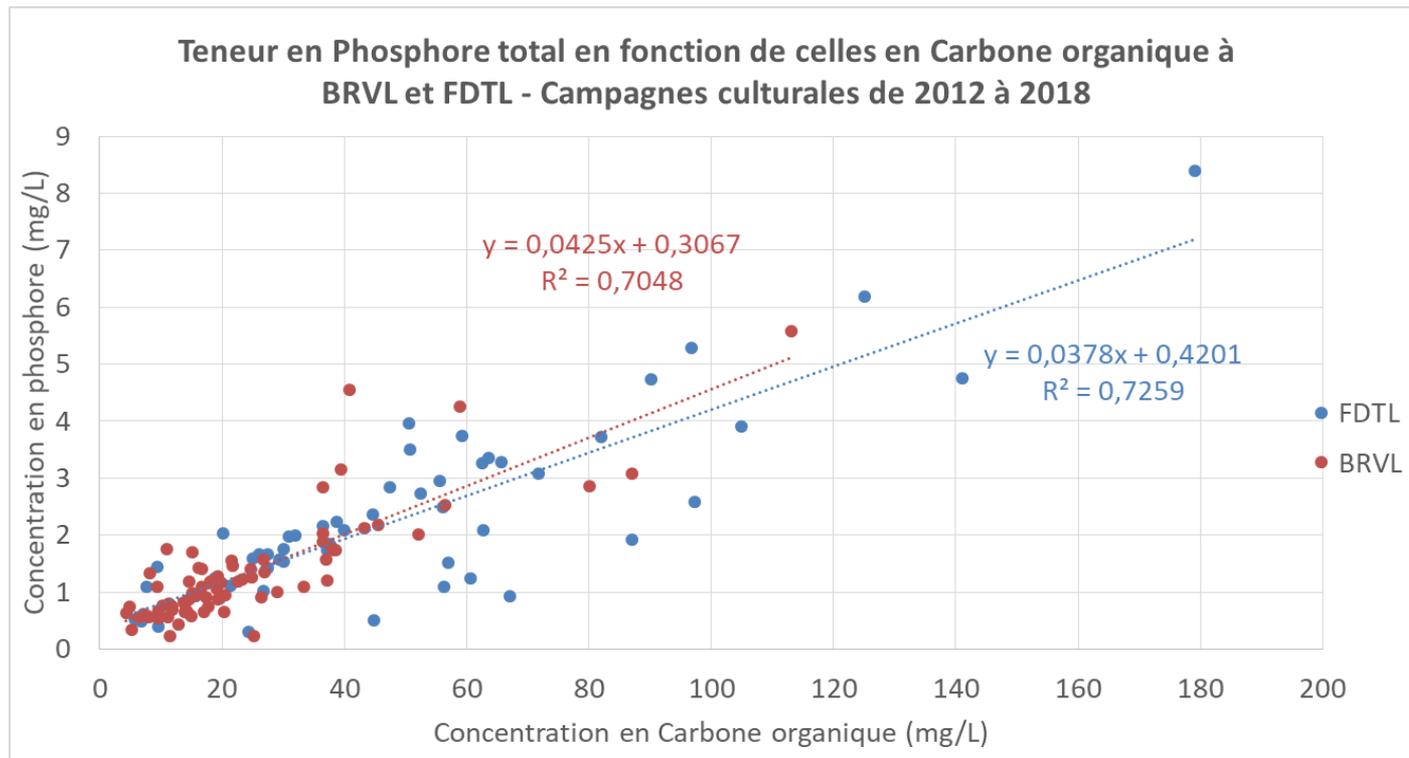
- Export annuel en P Total (*) : FDTL : 0 à 3,25 kg/ha de TL/an
BRVL : 0 à 1 kg/ha de TL/an

(*) années 2012-2018

Transfert lié de phosphore total et carbone organique

↳ P total et C Organique

- Les exports de C Organique sont fortement corrélés aux MES, comme le P total
- Concentration (et export) en P total = 4 % de celle en C Organique



- Export du complexe : MES minéral + P + C Organique # agrégats

Transfert lié au carbone organique

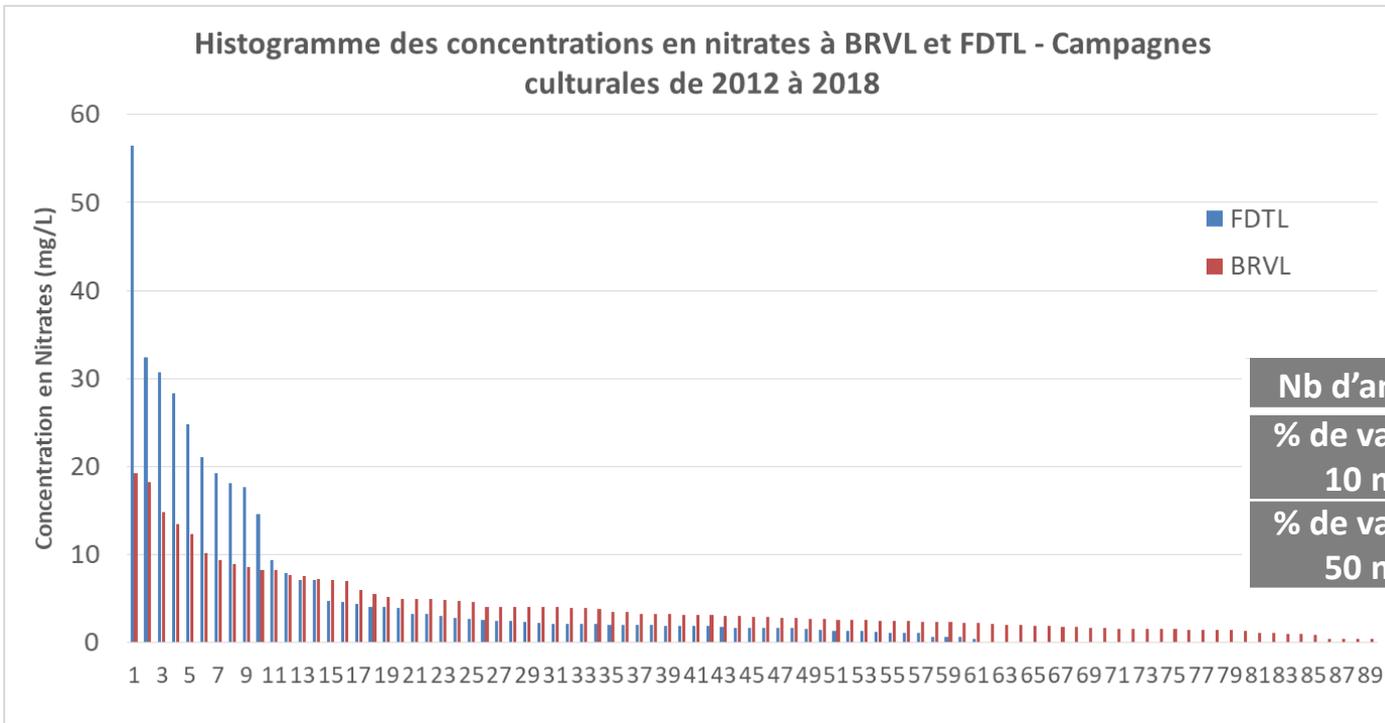
↳ Exports cumulés par campagne

Campagne	BRVL			FDTL		
	C Orga.	MO		C Orga.	MO	
	kg/ha de TL	kg/ha de TL	% du stock moyen de MO du sol	kg/ha de TL	kg/ha de TL	% du stock moyen de MO du sol
2012	0,68	1,17	0,19	1,93	3,32	0,55
2013	4,66	8,03	1,34	20,60	35,51	5,92
2014	3,05	5,26	0,88	24,25	41,82*	6,97
2015	0,51	0,89	0,15	18,26	31,48*	5,25
2016	2,84	4,83	0,81	9,26	15,96	2,66
2017	0,04	0,07	0,01	0,04	0,07	0,01
2018	24,24	47,79	6,97	54,76	94,41	15,73
Moyenne pondérée	5,14	8,86	1,48	18,44	31,80	5,30

- Sachant que 1 ha de terre labourée contient en moyenne 600 kg de MO (épaisseur = 0,26 m – densité 1,4 - taux de MO = 1.65 %),
=> à FDTL les pertes moyennes en MO s'élèvent chaque année à 5,3 % du stock de MO de la couche labourée.

Ruissellement-Erosion et transfert de nitrates

↘ Histogramme des concentrations en nitrates dans les analyses à BRVL et à FDTL sur les 5 campagnes de 2012 à 2018



- La répartition temporelle des données sur les 2 sites :
 - Valeurs inférieures à 10 mg/l en été, automne, hiver
 - C'est toujours de mars à juin, qu'on observe des teneurs plus élevées



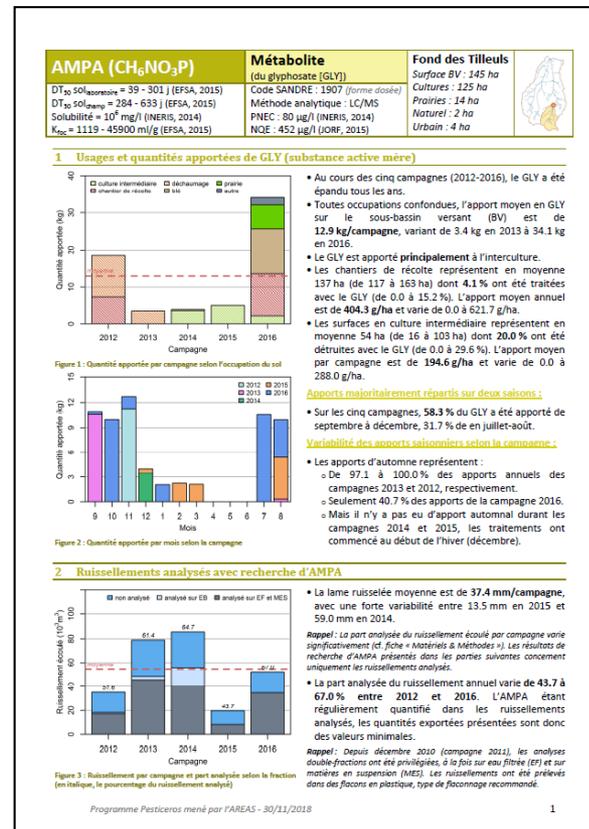
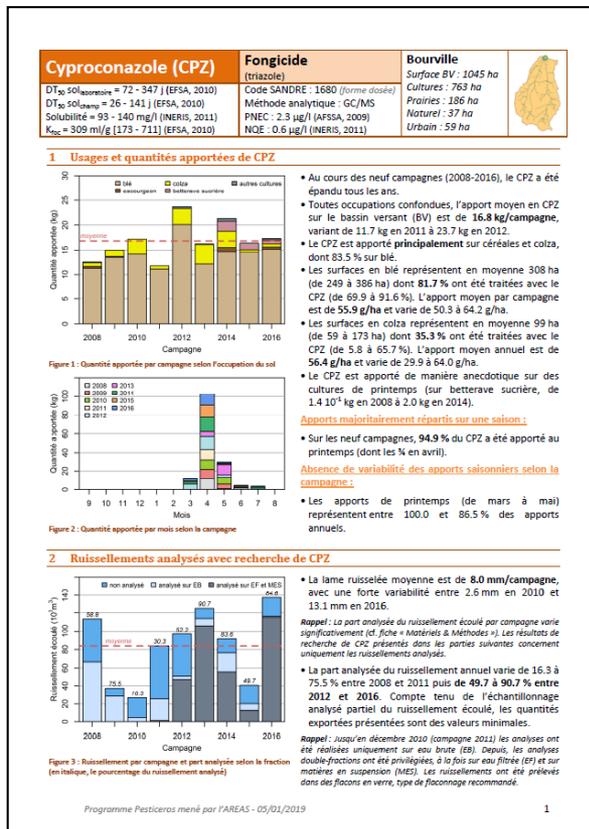
Plan de présentation

- ↘ Introduction
- ↘ Matériels et méthodes
- ↘ Résultats globaux
 - Au pas de temps : campagne, saison, mois
 - A l'échelle événementielle
 - Physico-chimie
- ↘ **Cas d'étude 1 (HC) : Herbicide de céréales :**
Pourquoi, comment, où, quand, combien ?
- ↘ Cas d'étude 2 (HT) : Herbicide Total : Pourquoi, comment, où, quand, combien ?
- ↘ Cas d'étude 3 : 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

↳ Fiches synthèses pour 10 substances actives (SA) :

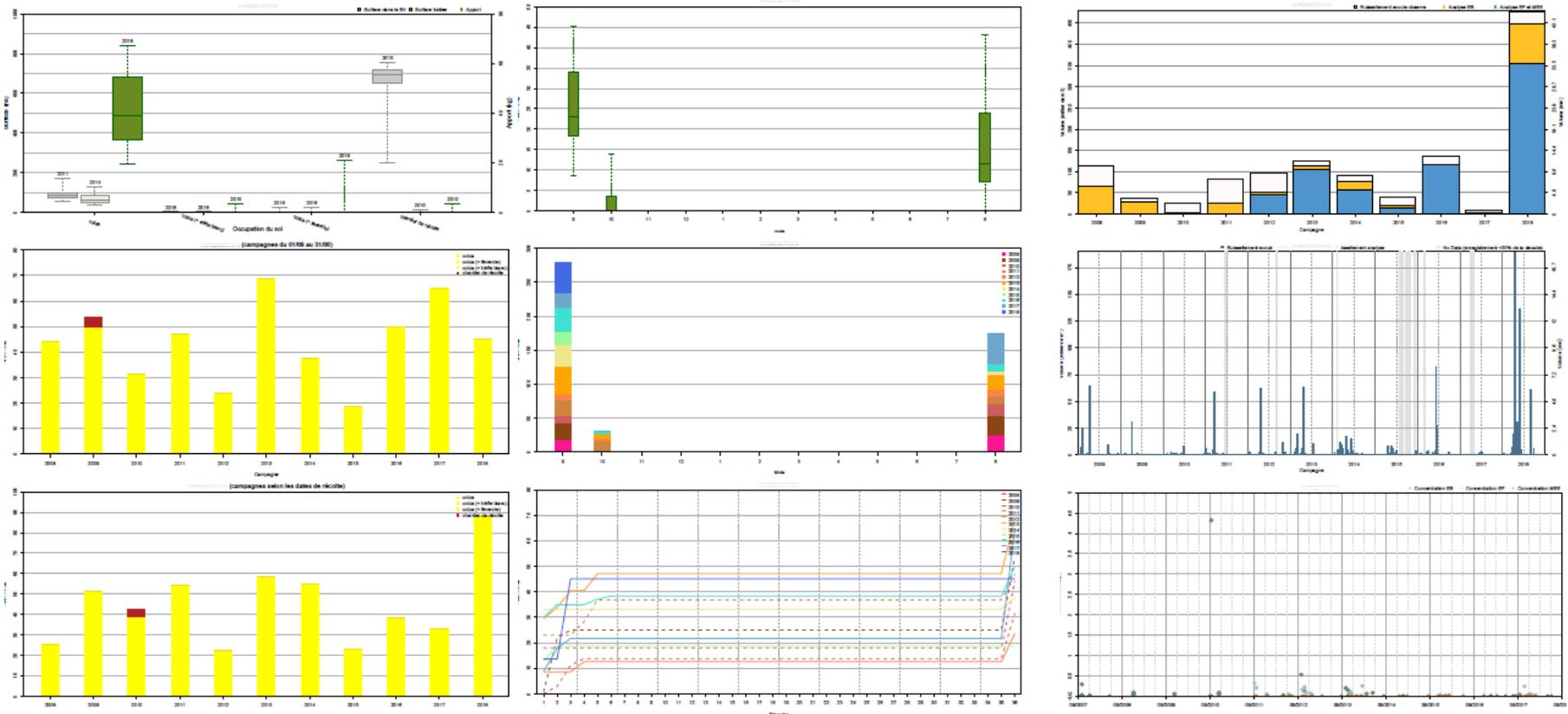
- Données du BV de 1045 ha (*Bourville*) (*)
- Données du sous-BV de 145 ha (*Fond des Tilleuls*) (**)
- Synthèse des deux sites (BV et sous-BV) et propositions de solutions



Dispositif de production de graphiques par SA

↳ 12 Graphiques de synthèses pour 220 substances actives (SA) :

- Données du BV de 1045 ha (*Bourville*) (*)
- Données du sous-BV de 145 ha (*Fond des Tilleuls*) (**)



Plan de présentation

↘ Introduction

↘ Matériels et méthodes

↘ Résultats globaux

Au pas de temps : campagne, saison, mois

A l'échelle événementielle

Physico-chimie

↘ **Cas d'étude 1 (HC) : Herbicide de céréales :**
Pourquoi, comment, où, quand, combien ?

↘ Cas d'étude 2 (HT) : Herbicide Total : Pourquoi,
comment, où, quand, combien ?

↘ Cas d'étude 3 : une crue marquante aux
transferts extrêmes de substances actives
phytosanitaires

Quelles sont les leçons à tirer ?

↘ Conclusion et perspectives

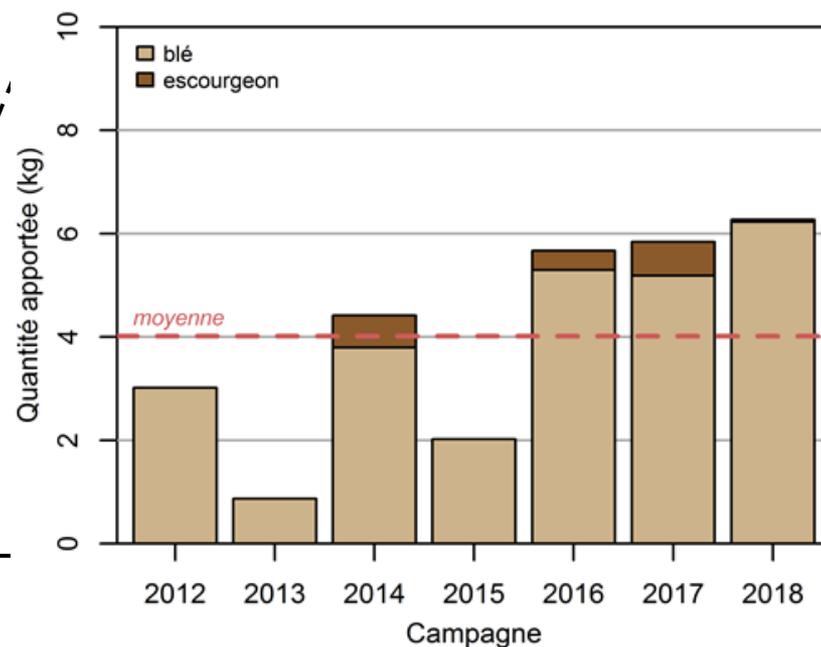
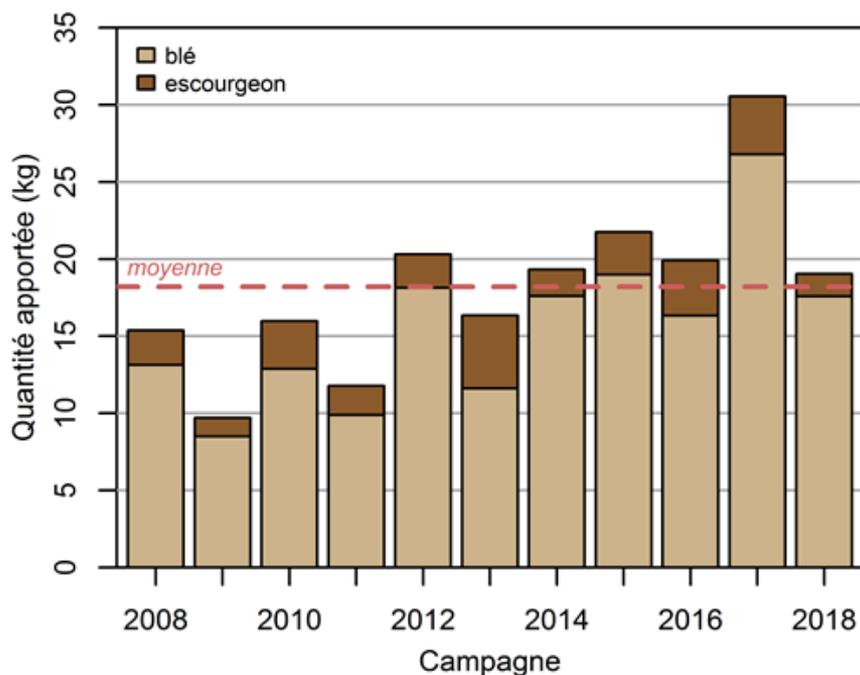
HC : Herbicide de Céréales d'hiver

↘ Quelles sont les sources de HC, apports sur chaque site ?

- 22^e SA la plus apportée (*)
- 18.2 kg/campagne
- Sur blé (85.7 %) et escourgeon
 - Blé : 70.8 g/ha traité/campagne
 - Esc. : 70.9 g/ha traité/camp.



- 19^e SA la plus apportée (**)
- 4.0 kg/campagne
- Sur blé (94.0 %) et escourgeon
 - Blé : 85.2 g/ha traité/campagne
 - Esc. : 104.8 g/ha traité/camp.



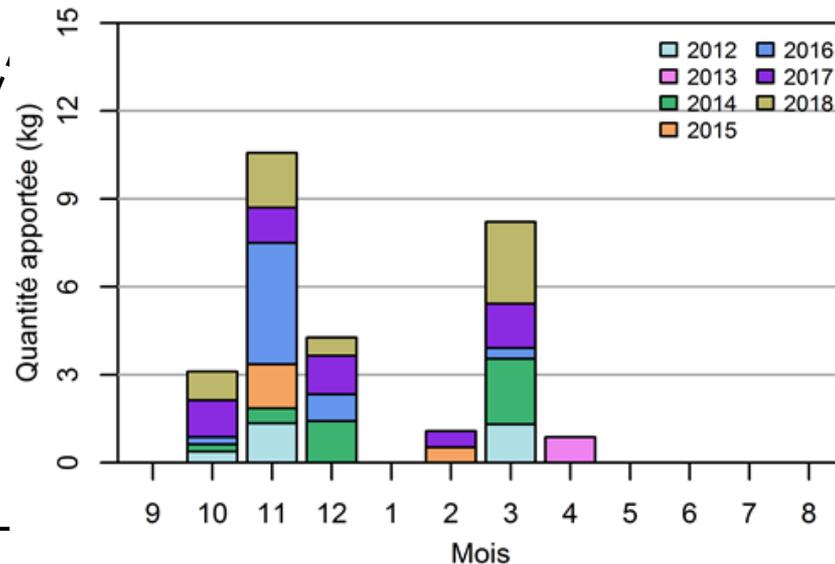
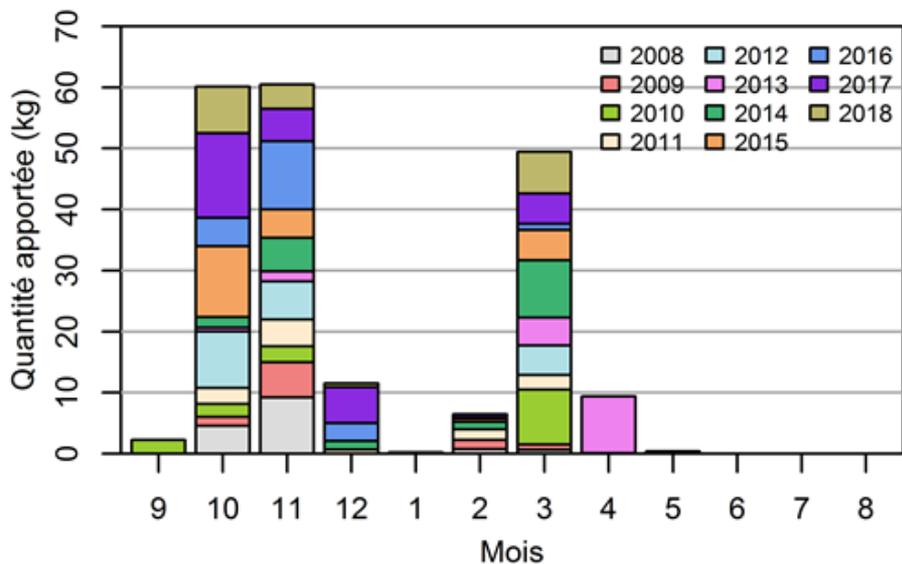
HC : Herbicide de Céréales d'hiver

↘ Quelles sont les sources de HC, apports sur chaque site ?

- 28^e SA la plus apportée (*)
- 18.2 kg/campagne
- Sur blé (85.7 %) et escourgeon
 - Blé : 70.8 g/ha traité/campagne
 - Esc. : 70.9 g/ha traité/camp.
- 60.2 % apporté en oct.-nov.



- 25^e SA la plus apportée (**)
- 4.0 kg/campagne
- Sur blé (94.0 %) et escourgeon
 - Blé : 85.2 g/ha traité/campagne
 - Esc. : 104.8 g/ha traité/camp.
- 63.9 % apporté en oct.-nov.



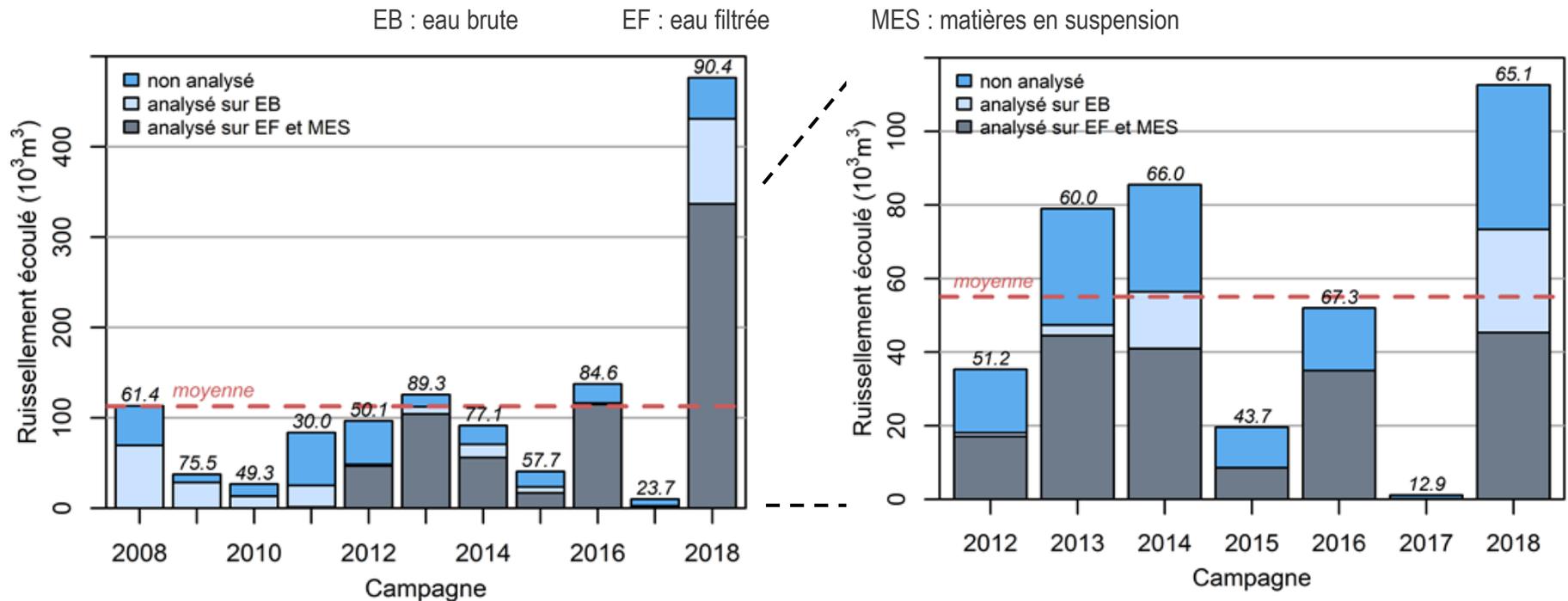
Recherche de HC dans les ruissellements

↘ Quels sont les ruissellements, vecteur de HC ?

- 10.8 mm écoulés/campagne (*)

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

- 2008-2011 : 16.3-75.5 %/camp.
- 2012-2018 : 23.7-90.4 %/camp.



Recherche de HC dans les ruissellements

↘ Combien d'échantillons de ruissellement ont été analysés ?

- 109 échantillons (*)
- LQ : 0.01 à 0.02 µg/l

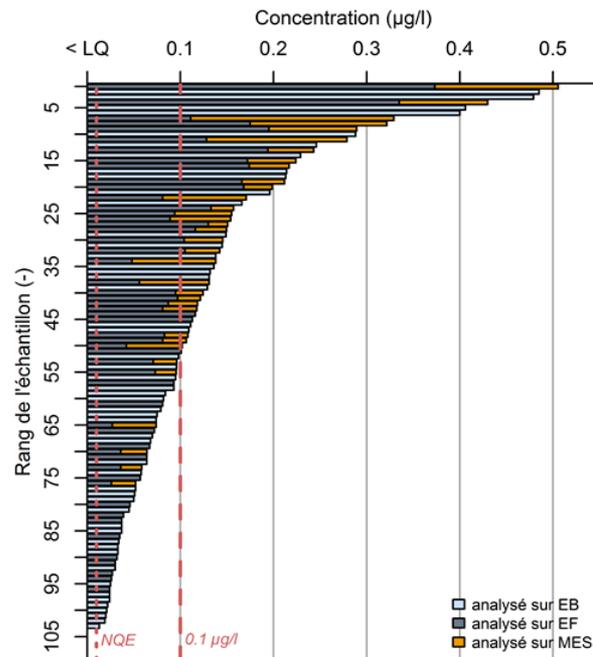


- 65 échantillons (**)
- LQ : 0.02 µg/l

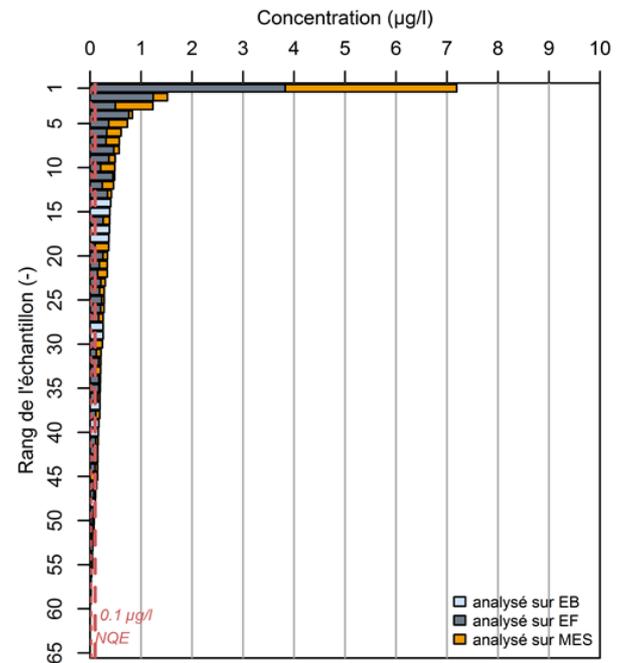


↘ Quelle est la fréquence de quantification du HC ?

- quantifications dans 94.5% ech.
 - 103 quant. > NQE (0.01 µg/l)
 - 39 quantifications > 0.1 µg/l



- quantifications dans 84.9% ech.
 - 56 quant. > NQE (0.01 µg/l)
 - 43 quantifications > 0.1 µg/l



HC quantifié dans les ruissellements d'aut.-hiver

↘ A quelle période le HC est-il quantifié dans les ruissellements ?

- 80.6 % des quantifications en automne-hiver (*)



- 81.4 % des quantifications en automne-hiver (**)



↘ A quelle concentration le HC est-il quantifié dans les ruissellements ?

- 35.8 % des quant. > 0.1 µg/l

→ Sur EB : 0.485 µg/l en 08/2014

→ Sur EB : 0.373 µg/l en 02/2015

→ Sur MES: 0.218 µg/l en 11/2017

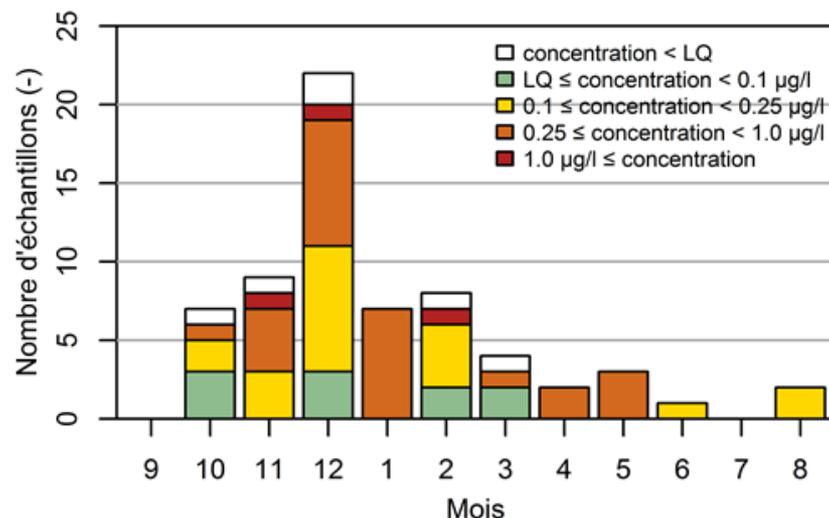
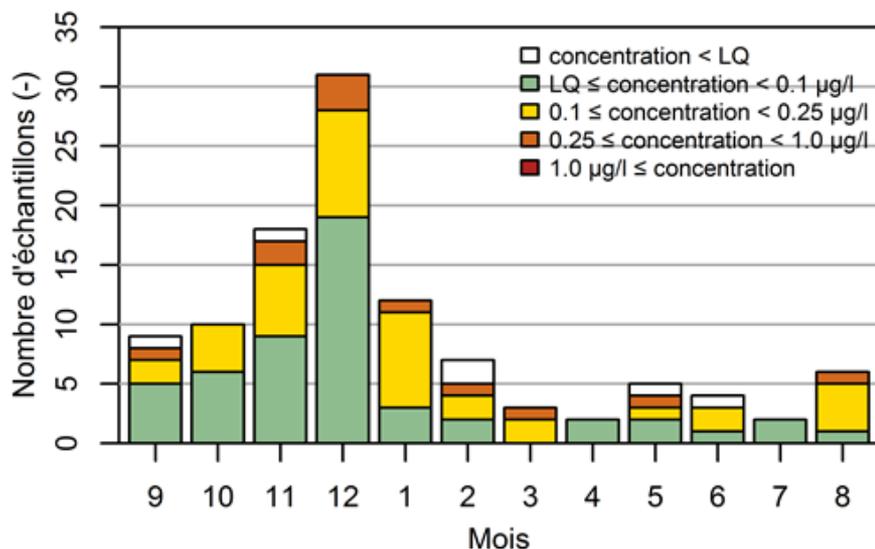
- 66.2 % des quant. > 0.1 µg/l

→ Sur EF : 3.83 µg/l en 12/2017

→ Sur EB : 0.406 µg/l en 04/2012

→ Sur MES: 3.36 µg/l en 12/2017

$$[HC]_{MES} = 0.8142 * [HC]_{EF} - 0.0592 \quad R^2 = 0.8829$$



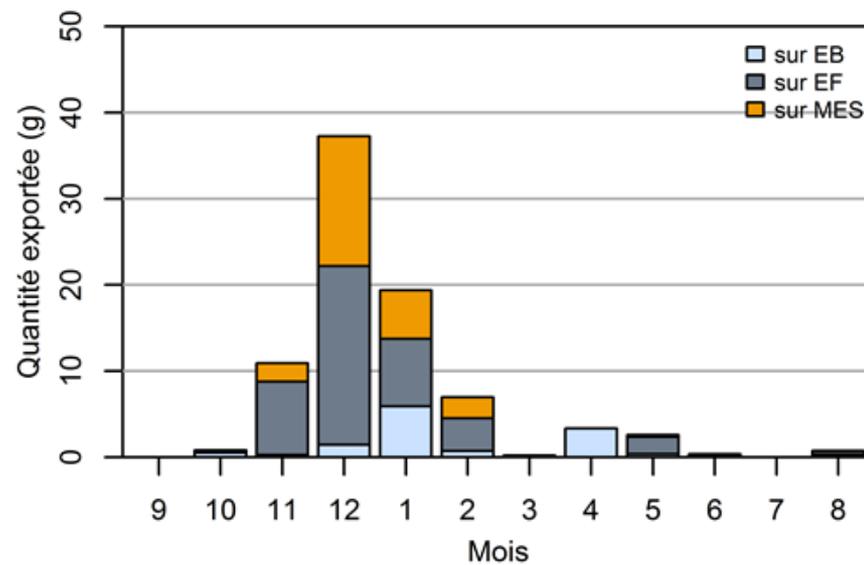
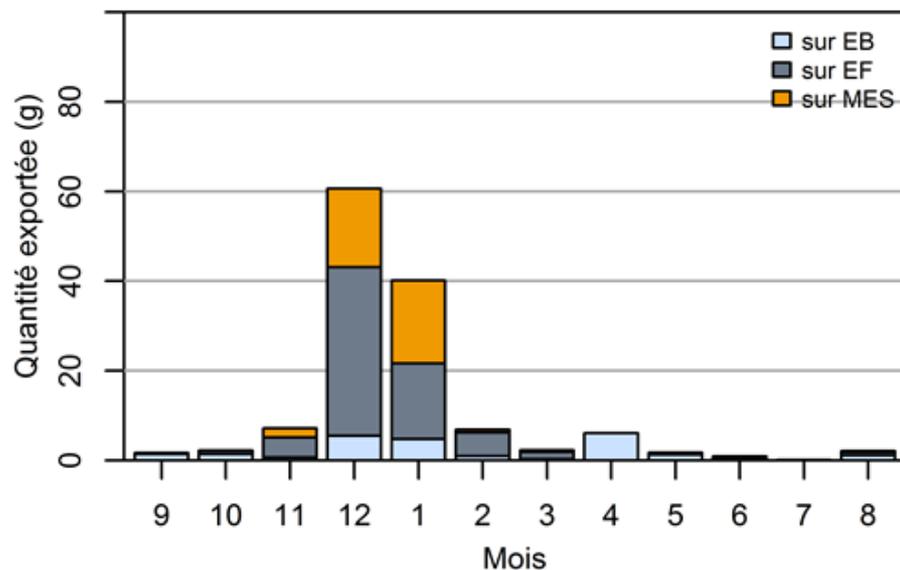
HC exporté dissous et adsorbé aux MES

↘ Quelles sont les flux de HC, exports à l'exutoire de chaque site ?

- 8^e SA la plus exportée (*)
- De 0.2 à 89.5 g/campagne
- Selon fraction-vecteur :
 - 57.4 à 93.9 % des exports sur EF-MES
 - 30.2 % du HC exporté adsorbé



- 5^e SA la plus exportée (**)
- De 0.9 à 44.7 g/campagne
- Selon fraction-vecteur :
 - 50.2 à 78.3 % des exports sur EF-MES
 - 31.5% du HC exporté adsorbé



HC exporté dans les ruissellements d'aut.-hiver

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

- 76.4 % des quantités exportées en dec-janv (*)



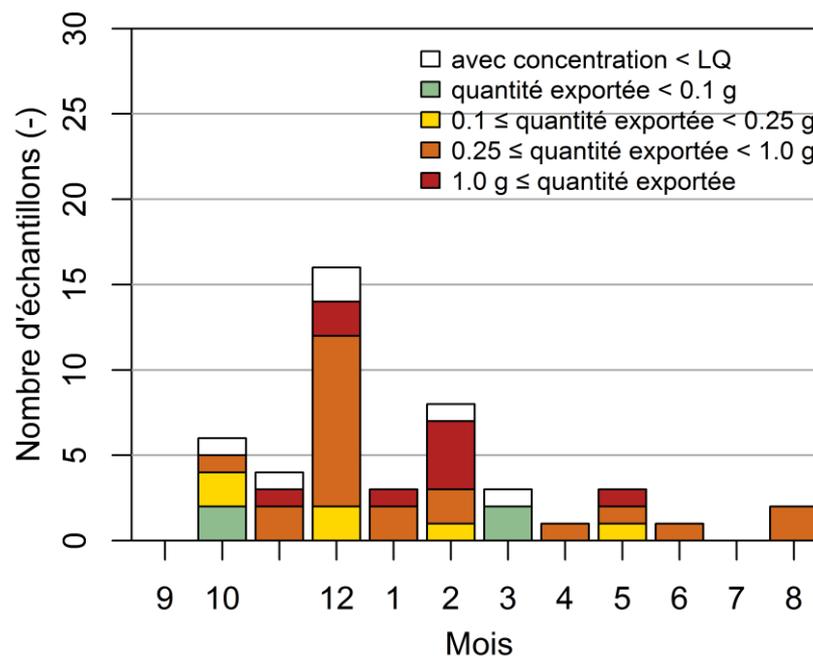
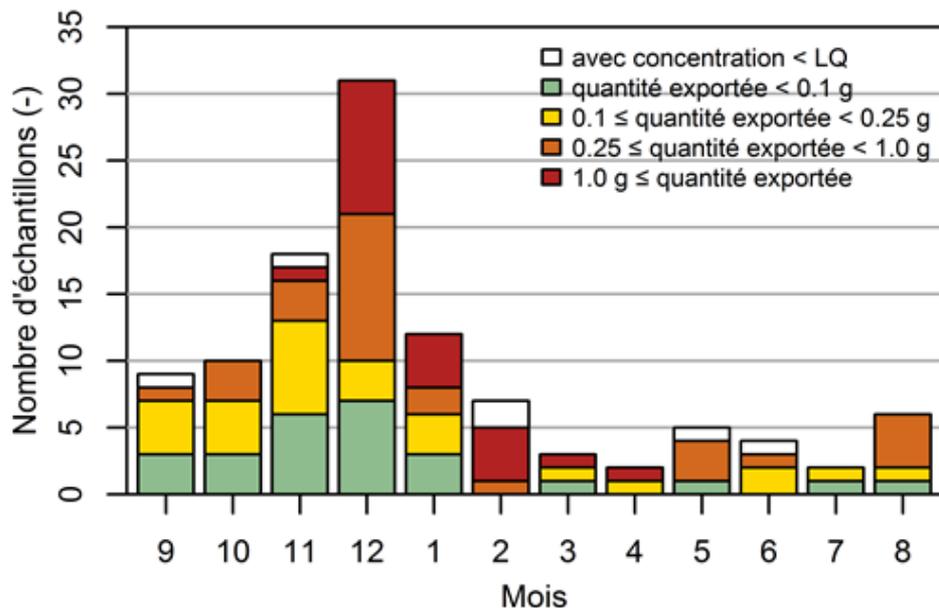
- 90.2 % des quantités exportées en nov.-fév. (**)



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

- 21 échantillons > 1.0 g
- Représentent 83.5 % des quantités exportées

- 17 échantillons > 1.0 g
- Représentent 82.7 % des quantités exportées

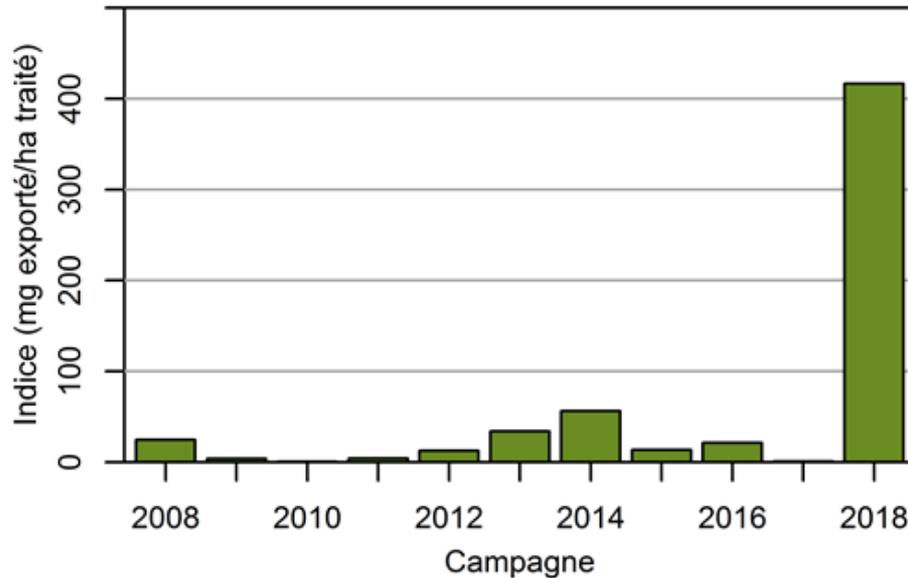


HC exporté dissous et adsorbé aux MES

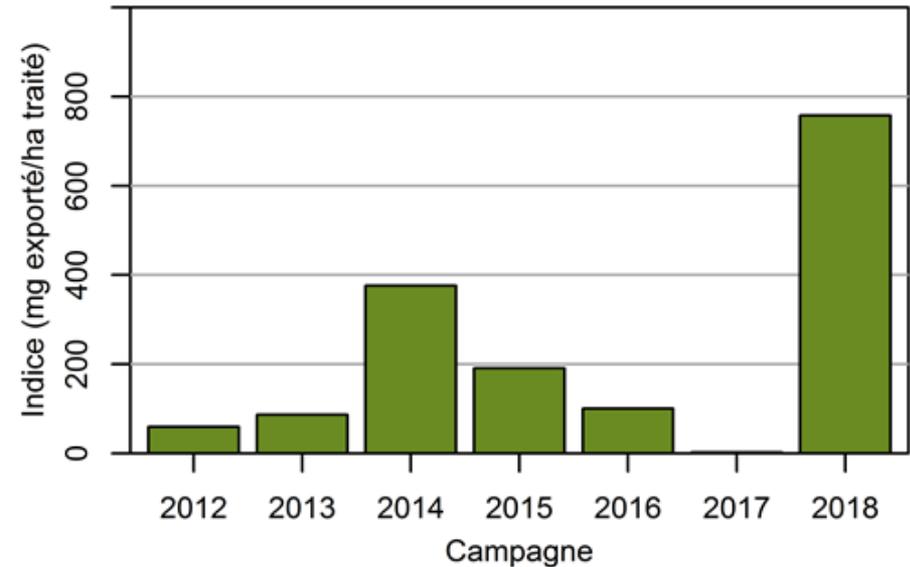
↘ Quelles sont les flux de HC, exports à l'exutoire de chaque site ?



■ De 0.6 à 416.5 mg/ha traité/camp.



■ De 59.9 à 757.5 mg/ha traité/c.



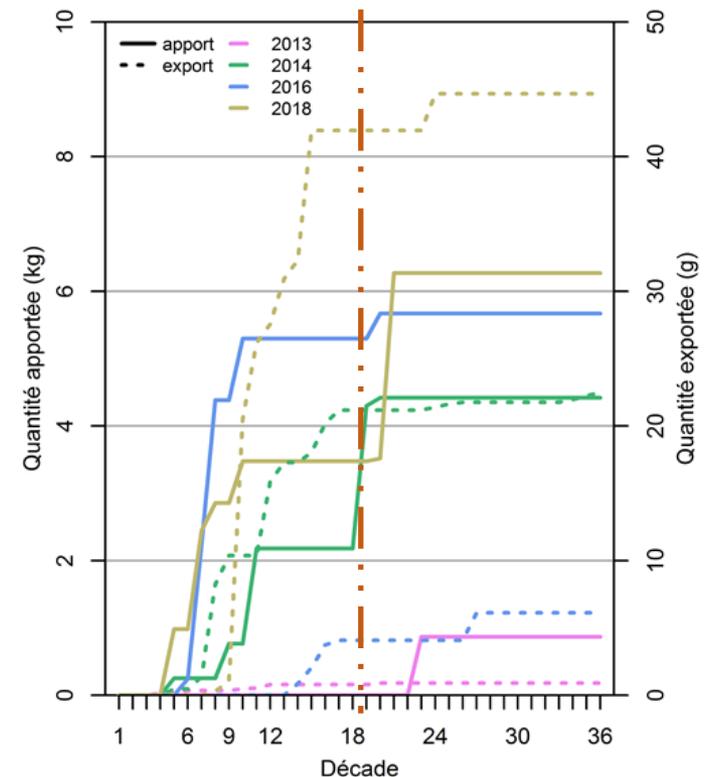
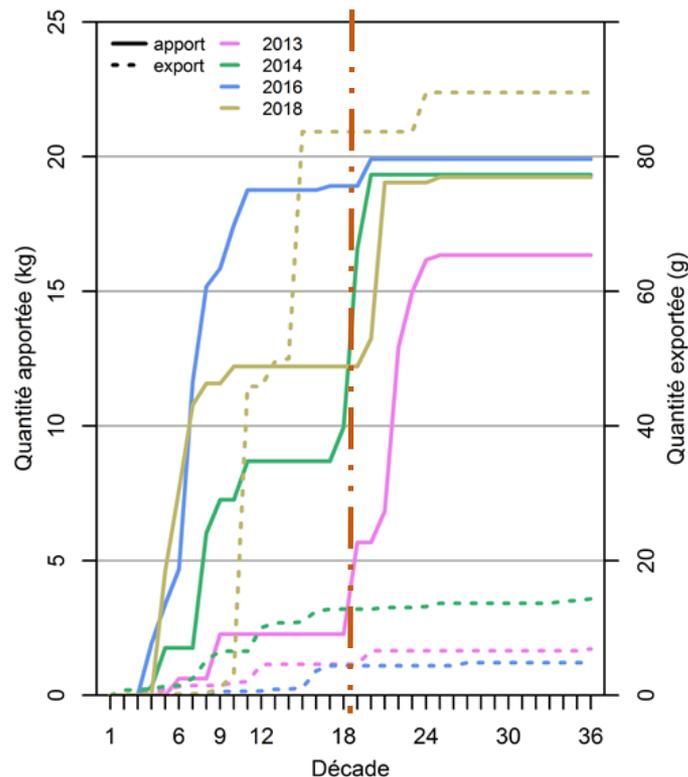
Concomitance des apports de HC et du ruiss.

↳ Quelle relation temporelle existe-t-il entre les apports et exports de HC ?

- Automne-hiver 2014 /2016
 - - apports / +apports
 - + ruissellements / - R (automne)
 - + exports / - exports



- Automne-hiver 2014 /2016
 - - apports / + apports
 - + ruissellements / - R (automne)
 - ++ exports / - exports



Levier agronomique : report des traitements au HC

↳ Décaler les apports de HC au printemps est possible, est-ce une solution ?

- Automne-hiver 2013

- -- apports

- + ruissellements

- - exports

- Printemps-été 2013

- ++ apports

- + ruissellements

- + exports



- Automne-hiver 2013

- ∅ apport

- + ruissellements

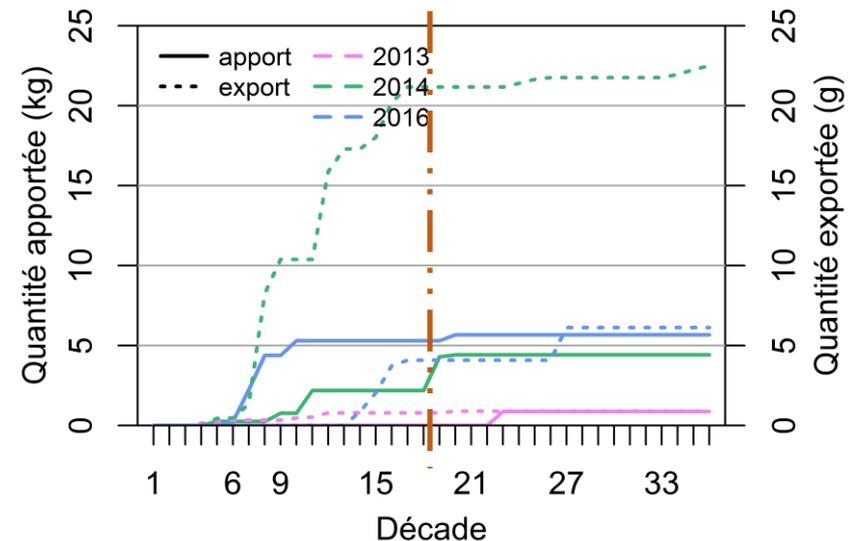
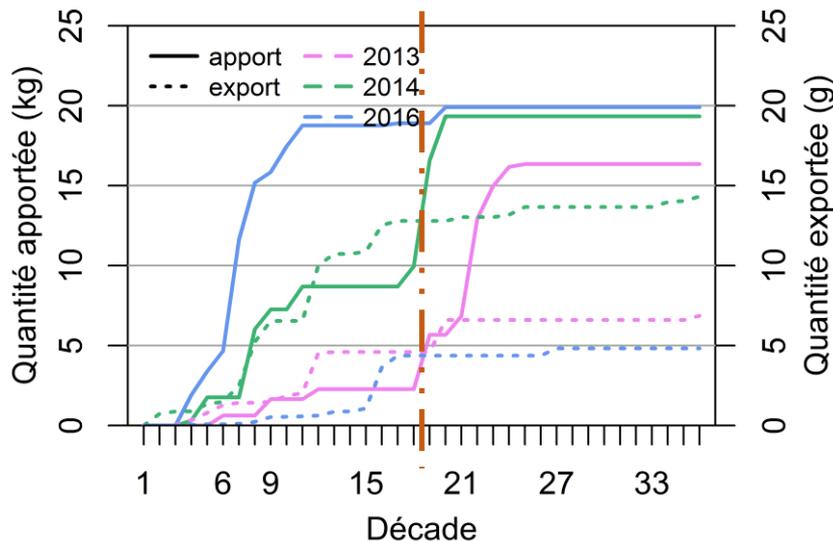
- -- exports

- Printemps-été 2013

- + apports

- ∅ ruissellement post-traitement

- -- exports



Rôle de la connectivité sur les transf. de HC (**)



↘ Sur le parcours de l'exutoire du **sous-BV** vers l'exutoire du **BV** :

- Nombreuses bêtoures
- Zones tampons (ZT) : 3.2 km de fonds de talwegs enherbés

↘ Quel est l'impact des ZT présentes et futures visant à réduire les transferts sortant du **sous-BV** amont vers l'exutoire du **BV** ?

- Les crues ≤ 1 mm transfèrent 22.0 % de la quantité totale exportée à l'exutoire du **sous-BV** et réinfiltrent sans transfert de HC à l'exutoire du **BV**
- Les $1 < \text{crues} \leq 2$ mm transfèrent 31.2 % de la quantité totale exportée par le **sous-BV** et une réinfiltration totale sans parvenir à l'exutoire du **BV** est envisageable avec des ZT complémentaires (avec frein hydraulique)
- Les crues > 2 mm transfèrent 46.0 % de la quantité totale exportée par le **sous-BV** et sont difficiles à réduire par l'implantation de ZT additionnelles

		Crue ≤ 1 mm	$1 < \text{Crue} \leq 2$ mm	$2 < \text{Crue} \leq 5$ mm	$5 \text{ mm} < \text{Crue}$
	Effectif (-)	133	37	8	4
Moy.	Ruissellement écoulé (mm)	0.36	1.37	3.09	9.45
	Débit de pointe (l/s)	34.5	112.0	240.0	423.9
Som.	Ruissellement analysé (%)	46.4	79.3	91.5	71.4
	Quantité exportée (g)	8.3	11.8	14.2	3.2

Conclusions du cas d'étude par substance active

↳ Exemple du HC : pourquoi, comment, où, quand, combien ?

- 22^e SA la plus apportée sur le BV, 19^e sur le sous-BV
 - Majoritairement en automne-hiver (propice au ruissellement) avec rattrapage au printemps (moins propice au ruissellement)
 - Sur de grandes surfaces en céréales
 - Dose appliquée sur sous-BV > sur BV
- Transféré principalement sous forme dissoute mais également adsorbé aux MES
- 8^e SA la plus exportée à l'exutoire du BV, 5^e à l'exutoire du sous-BV
 - Très majoritairement entre novembre et février
 - Flux sortant du sous-BV >> du BV

↳ Perspective : regrouper les SA par culture pour une approche ITK

- Céréales d'hiver (blé et escourgeon) : désherbage d'automne, rattrapage de printemps puis applications de régulateurs de croissance et traitements fongiques
- Culture de printemps (lin et betterave sucrière)

Cas d'étude par culture à étudier avec les experts de terrain afin de définir des objectifs opérationnels et proposer des conseils applicables

Conclusions du cas d'étude par substance active

↘ HC Perspective : une approche ITK

- Céréales d'hiver (blé et escourgeon) : désherbage d'automne, ou de printemps. (Stage 2022)

↘ Différences d'usage nettes

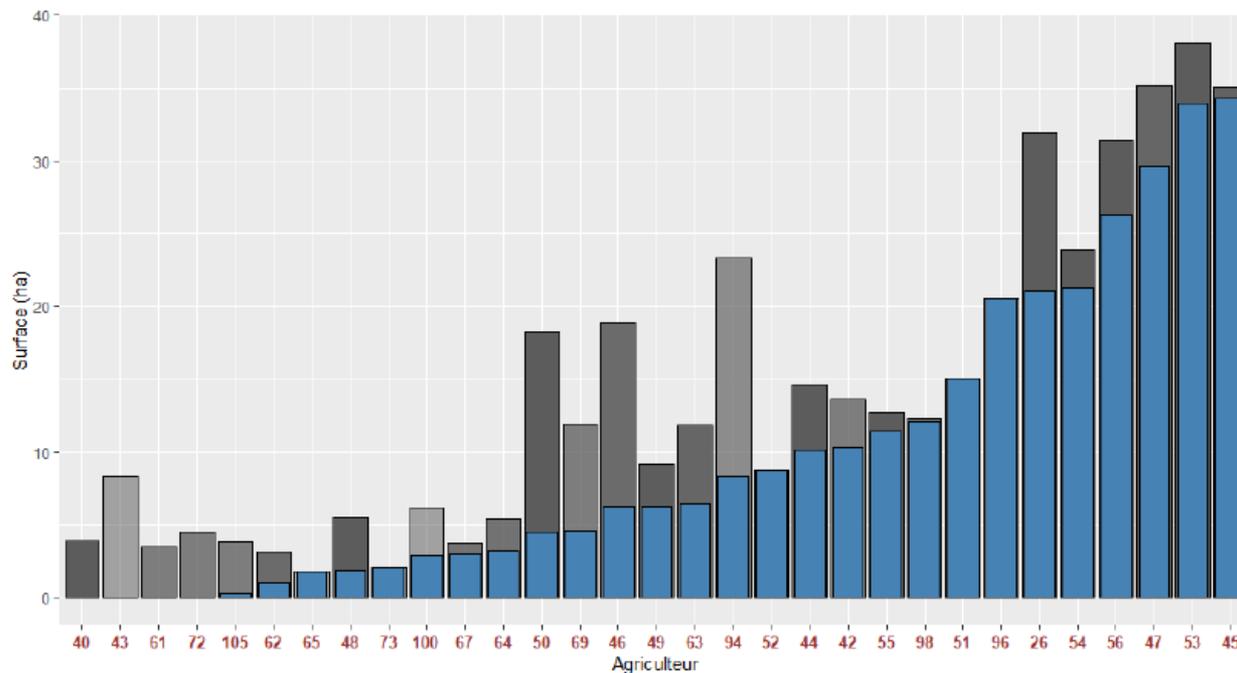


Figure 12 : Surface en blé traitée au HC pour chaque agriculteur entre 2008 et 2018 sur le bassin versant de Bourville

Conclusions du cas d'étude par substance active

↘ HC Perspective : une approche ITK

- Céréales d'hiver (blé et escourgeon) : désherbage d'automne, ou de printemps. (Stage 2022)

↘ Différences d'usage nettes

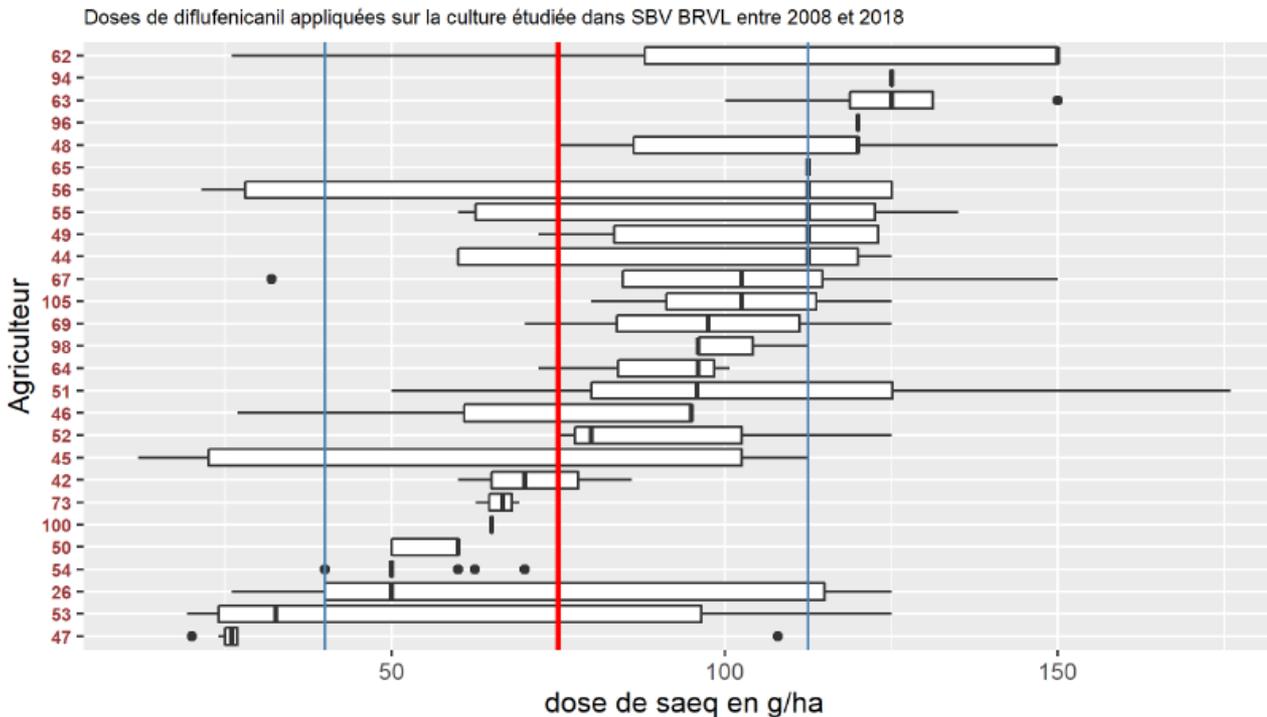


Figure 14 : Doses de HC appliquée sur le blé, exprimées en g/ha, par chaque agriculteur entre 2008 et 2018 sur le BV BRVL

Conclusions du cas d'étude par substance active

↘ HC Perspective : une approche ITK

- Céréales d'hiver (blé et escourgeon) : désherbage d'automne, ou de printemps. (Stage 2022)

↘ Qq exploitants ne traitent que tardivement

Deux groupes de délai ressortent de la Figure 17:

- Un **premier groupe** a tendance à rapidement appliquer le premier traitement d'HC sur le blé : dans les deux mois qui suivent le semis.
- Un **dernier groupe** a tendance à appliquer le HC tardivement : au-delà de 125 jours.

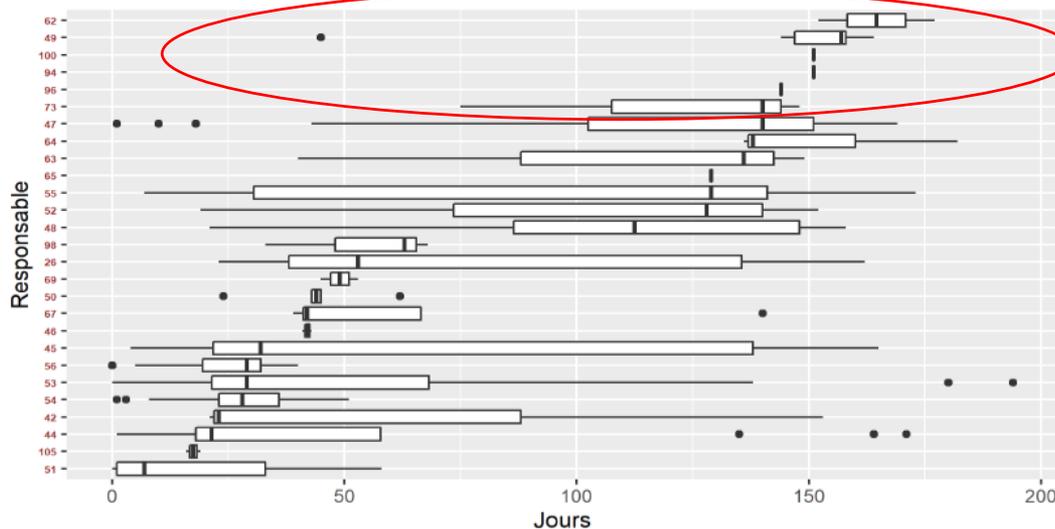


Figure 17 : Délai moyen, exprimé en jours, entre la date de semis et le premier traitement au HC sur le blé pour chaque agriculteur entre 2008 et 2018 sur le BV BRVL

Conclusions du cas d'étude par substance active

↘ HC Perspective : une approche ITK

- Céréales d'hiver (blé et escourgeon) : désherbage d'automne, ou de printemps. (Stage 2022)

↘ Qq exploitants ne traitent que tardivement

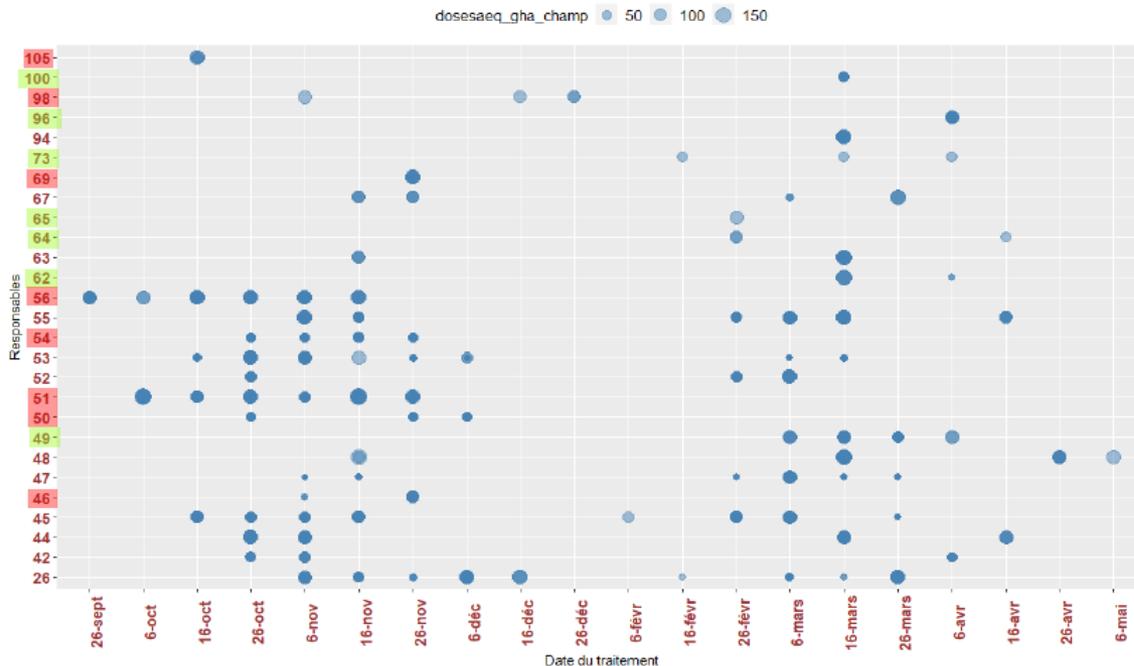


Figure 19 : Doses de HC appliqué sur les champs de blé en fonction de la date de traitement pour chaque agriculteur entre 2008 et 2018 sur le bassin versant de Bourville

Traitement d'automne uniquement

Traitement de printemps uniquement



Plan de présentation

- ↘ Introduction
- ↘ Matériels et méthodes
- ↘ Résultats globaux
 - Au pas de temps : campagne, saison, mois
 - A l'échelle événementielle
 - Physico-chimie
- ↘ Cas d'étude 1 (HC) : Herbicide de céréales : Pourquoi, comment, où, quand, combien ?
- ↘ **Cas d'étude 2 (HT) : Herbicide Total : Pourquoi, comment, où, quand, combien ?**
- ↘ Cas d'étude 3 : une crue marquante aux transferts extrêmes de substances actives phytosanitaires
 - Quelles sont les leçons à tirer ?
- ↘ Conclusion et perspectives

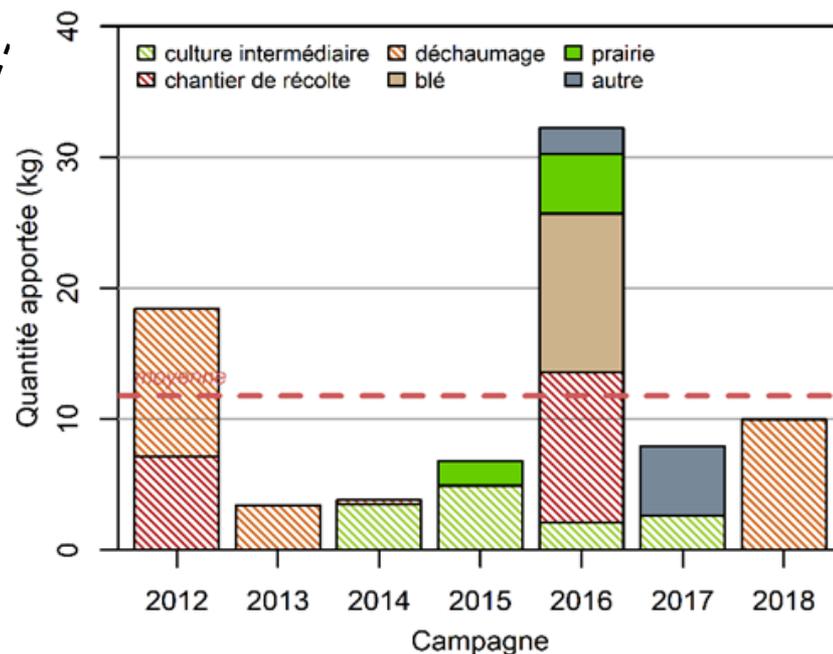
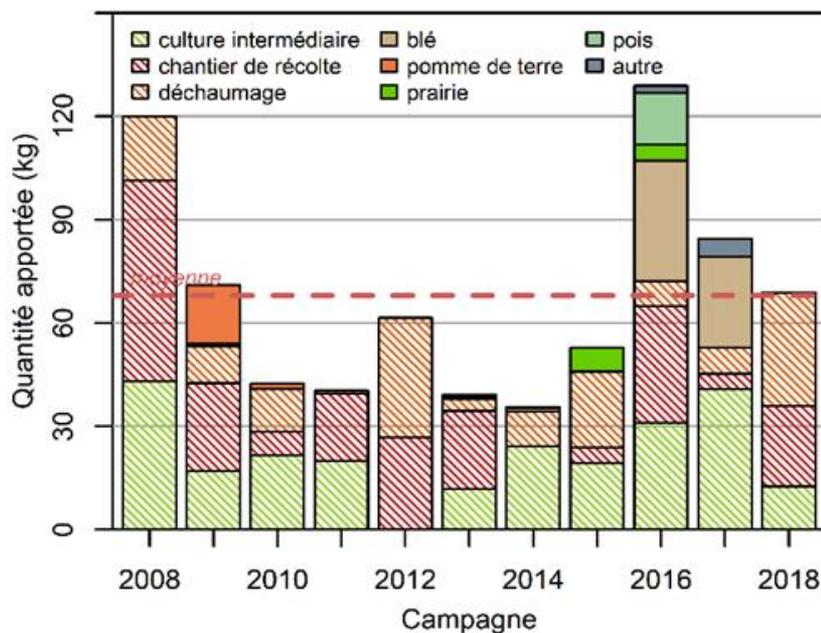
Herbicide Totale (HT)

↘ Quelles sont les sources de HT, apports sur chaque site ?

- 5^e SA la plus apportée (*)
- 68.0 kg/campagne
- Sur CIPAN et chantier de récolte
 - CIPAN : 609.6 g/ha traité/camp.
 - Chantier : 477.3 g/ha traité/c.



- 5^e SA la plus apportée (**)
- 11.8 kg/campagne
- Sur CIPAN et chantier de récolte
 - CIPAN : 230.8 g/ha traité/camp.
 - Chantier : 404.3 g/ha traité/c.



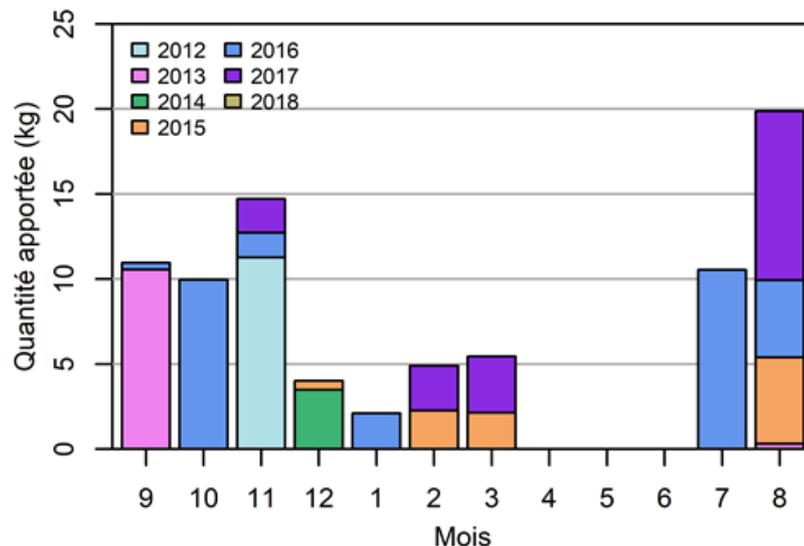
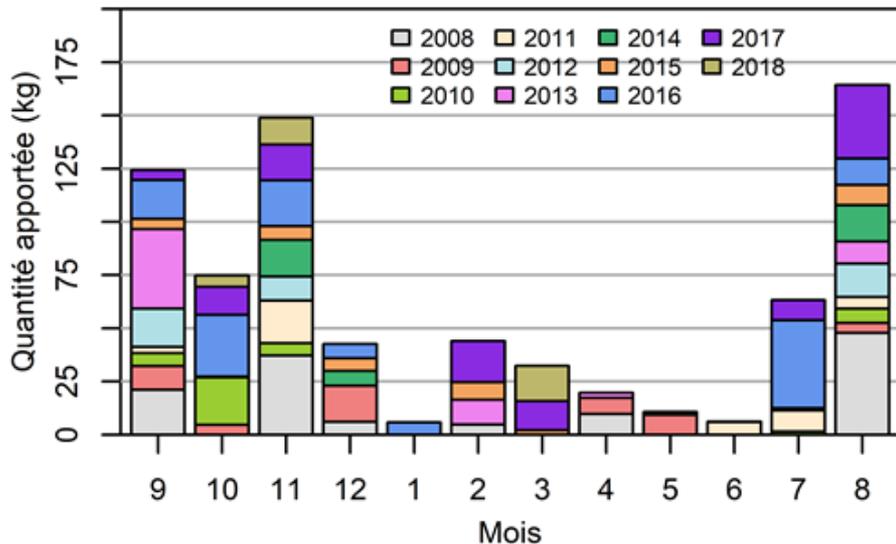
Herbicide Totale (HT)

Quelles sont les sources de HT, apports sur chaque site ?

- 5^e SA la plus apportée (*)
- 68.0 kg/campagne
- Sur CIPAN et chantier de récolte
 - CIPAN : 609.6 g/ha traité/camp.
 - Chantier : 477.3 g/ha traité/c.
- 53.0 % apporté de sept. à déc.



- 5^e SA la plus apportée (**)
- 11.8 kg/campagne
- Sur CIPAN et chantier de récolte
 - CIPAN : 230.8 g/ha traité/camp.
 - Chantier : 404.3 g/ha traité/c.
- 48.0 % apporté de sept. à déc.



Recherche de HT dans les ruissellements

Quels sont les ruissellements, vecteur de HT ?

- 10.8 mm écoulés/campagne (*)
- 37.9 mm écoulés/campagne (**)

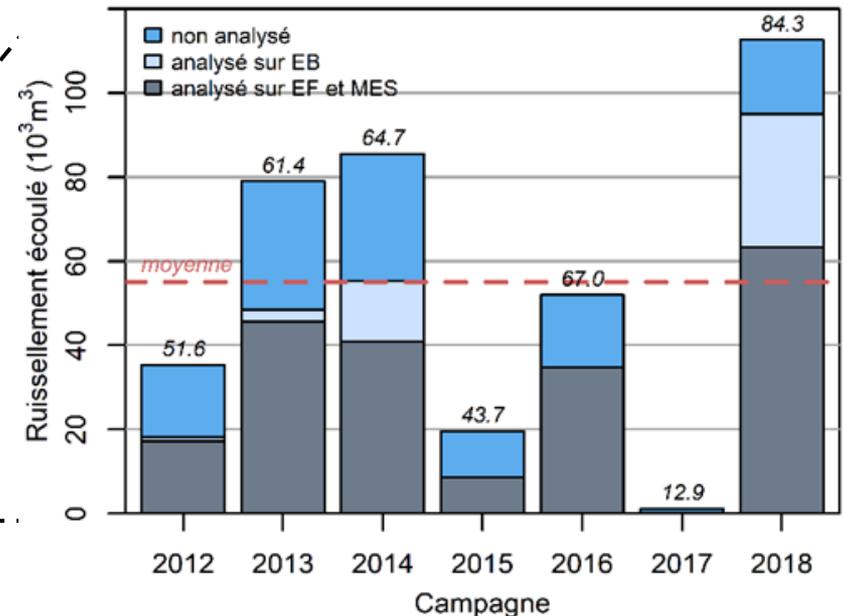
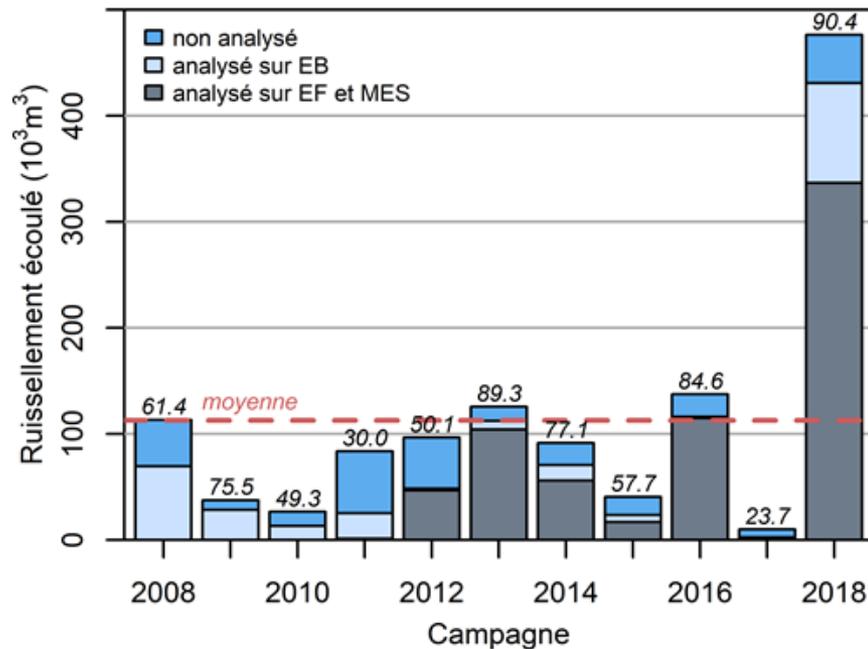
Quelle est la part analysée des ruissellements avec recherche de HT ?

- 2008-2011 : 30.0-75.5 %/camp.
- 2012-2016 : 12.9-84.3 %/camp.
- 55/114 analyses sur EF-MES
- 31/39 analyses sur EF-MES

EB : eau brute

EF : eau filtrée

MES : matières en suspension



Recherche de HT dans les ruissellements

↘ Combien d'échantillons de ruissellement ont été analysés ?

- 114 échantillons (*)
- LQ : 0.05 à 0.1 µg/l

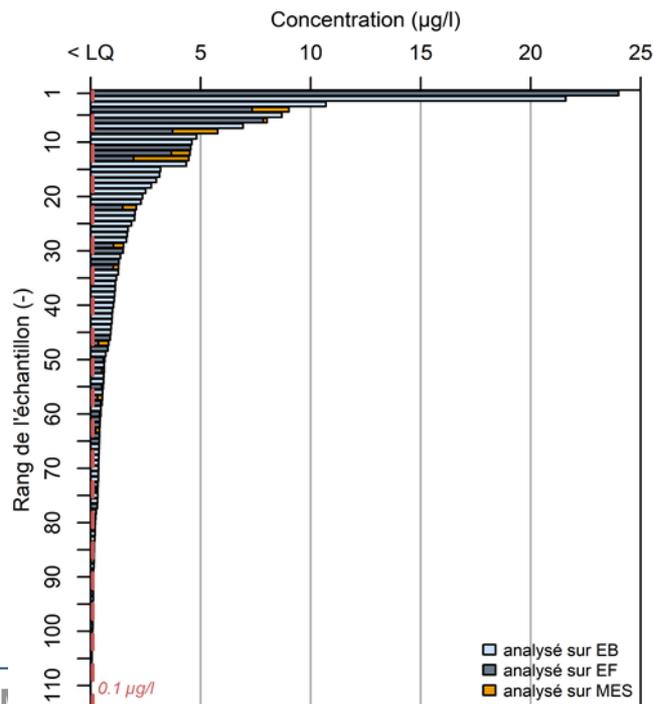


- 65 échantillons (**)
- LQ : 0.05 µg/l

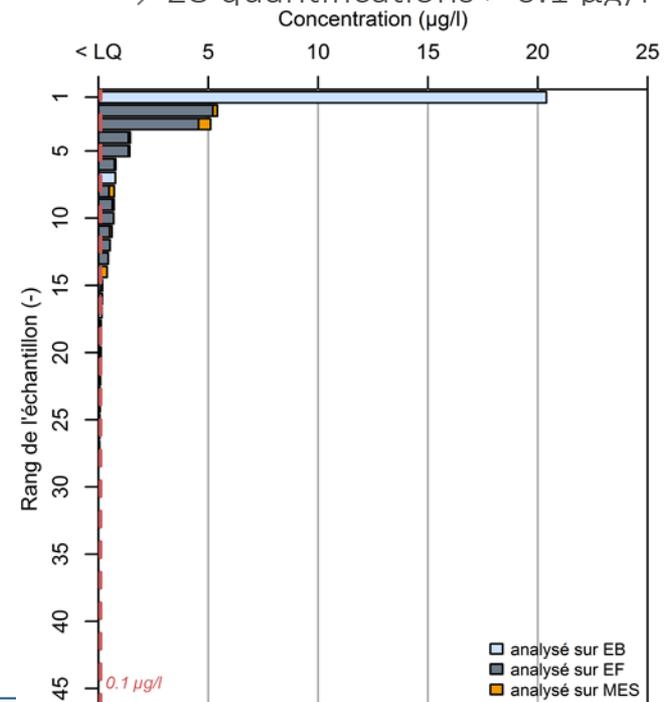


↘ Quelle est la fréquence de quantification du HT ?

- 106 quantifications de HT
 - 0 quant. > NQE (28 µg/l)
 - 99 quantifications > 0.1 µg/l



- 39 quantifications de HT
 - 0 quant. > NQE (28 µg/l)
 - 28 quantifications > 0.1 µg/l



HT quantifié dans les ruissellements toute l'année

↘ A quelle période le HT est-il quantifié dans les ruissellements ?

- 798.3 % des quantifications en automne-hiver (*)



- 78.6 % des quantifications en automne-hiver (**)

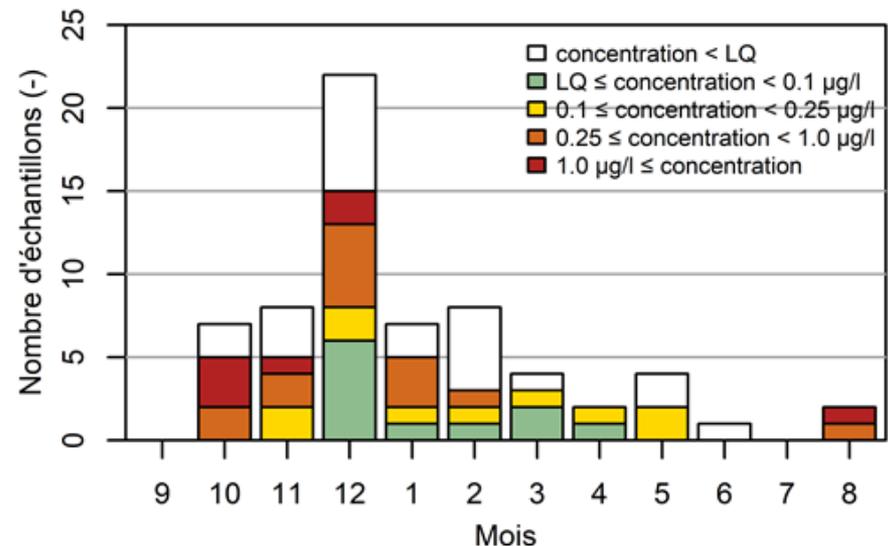
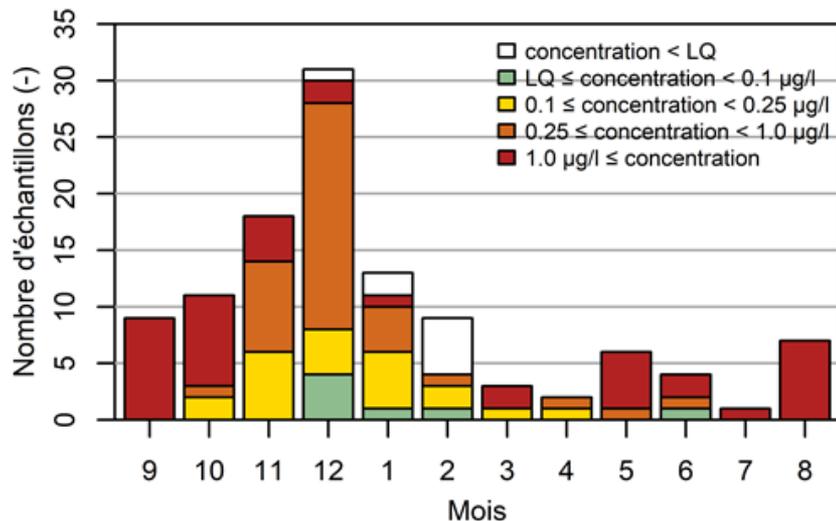


↘ A quelle concentration le HT est-il quantifié dans les ruissellements ?

- 86.8 % des quant. > 0.1 µg/l
 - Sur EF : 24.0 µg/l en 05/2016
 - Sur EB : 21.6 µg/l en 08/2017

- 43.1 % des quant. > 0.1 µg/l
 - Sur EB : 20.4 µg/l en 08/2014
 - Sur EF : 5.21 µg/l en 10/2012
 - Sur MES : 0.549 µg/l en 10/2012

$$[HT]_{MES} = 0.0477 * [HT]_{EF} + 0.1080 \quad R^2 = 0.2377$$



HT exporté dissous (peu adsorbé aux MES)

↘ Quelles sont les flux de HT, exports à l'exutoire de chaque site ?

- 1^e SA la plus exportée (*)
- De 11.3 à 132.2 g/campagne
- Selon fraction-vecteur :

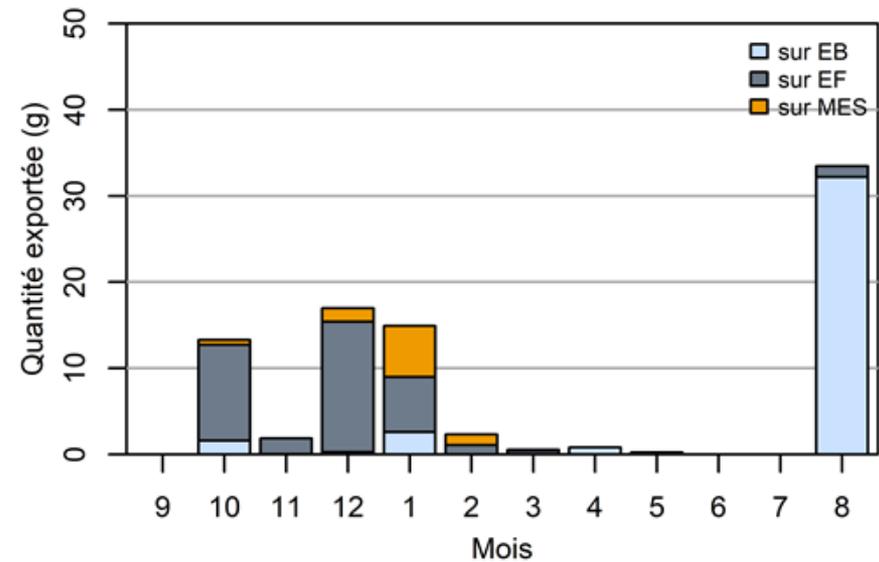
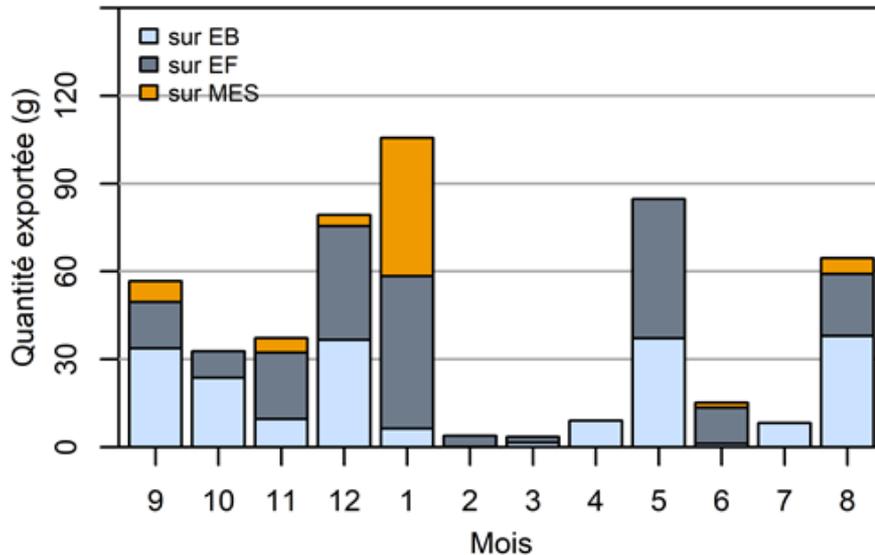


→ 14.1 % du HT exporté adsorbé

- 5^e SA la plus exportée (**)
- De 0.013 à 35.3 g/campagne
- Selon fraction-vecteur :



→ 11.2 % du HT exporté adsorbé

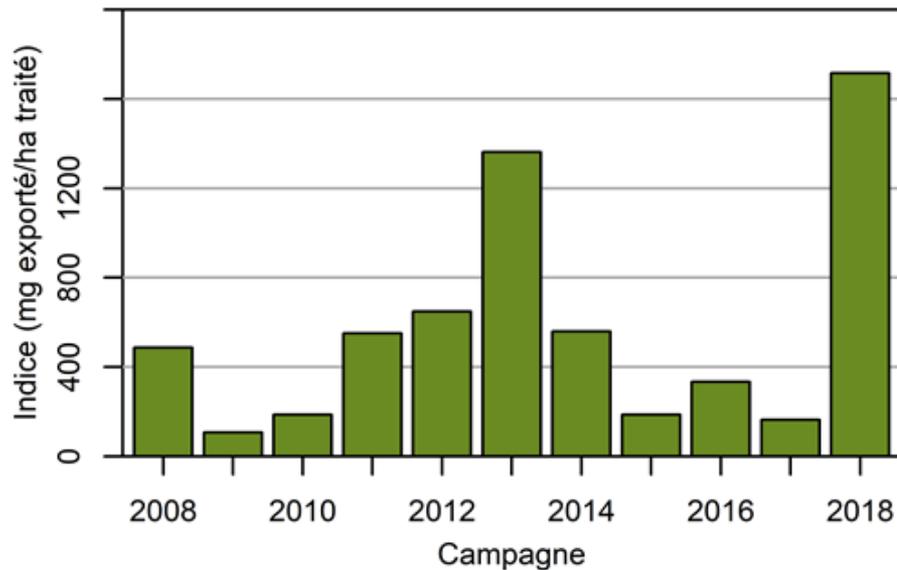


HT exporté dissous (peu adsorbé aux MES)

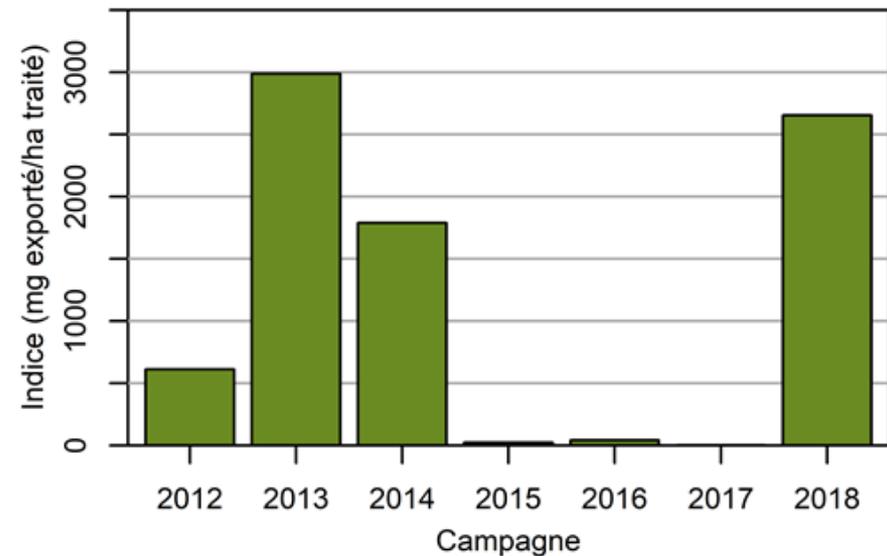
↘ Quelles sont les flux de HT, exports à l'exutoire de chaque site ?



- De 106.7 à 1715.0 mg/ha tr./c.



- De 23.8 à 2988.0 mg/ha traité/c.



HT exporté dans les ruissellements toute l'année

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

- 62.2 % des quantités exportées de sept. à Janv. (*)



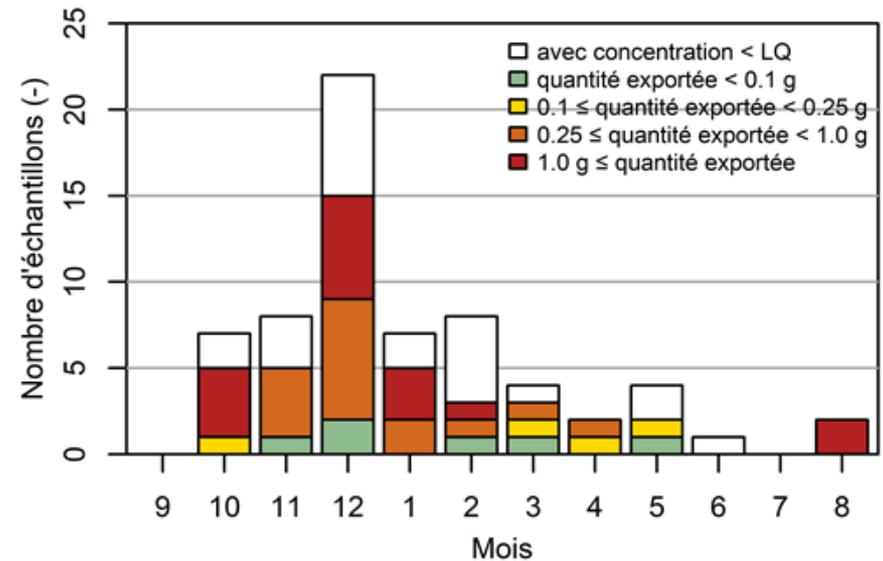
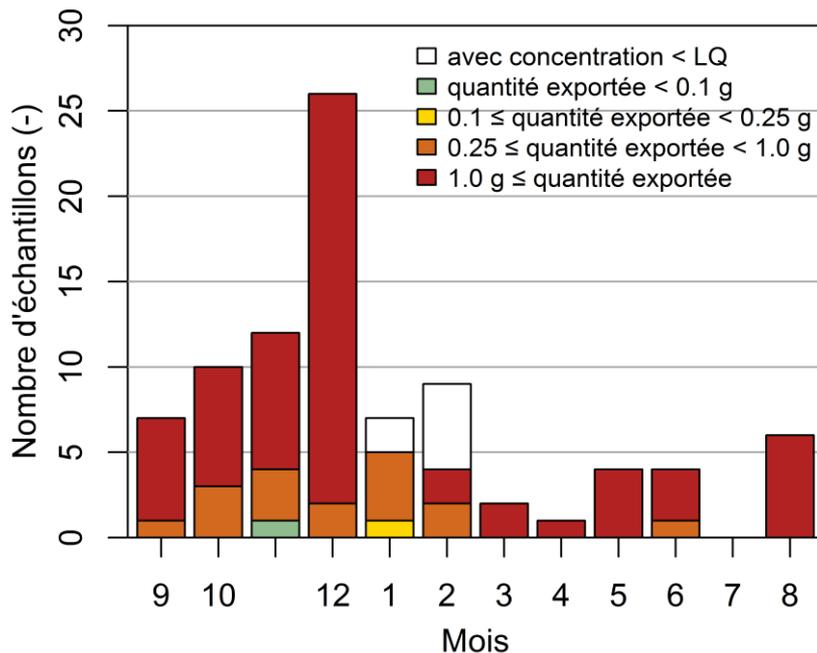
- 55.7 % des quantités exportées de oct. à janv. (**)



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

- 78 échantillons > 1.0 g
- Représentent 97.3 % des quantités exportées

- 16 échantillons > 1.0 g
- Représentent 88.5 % des quantités exportées



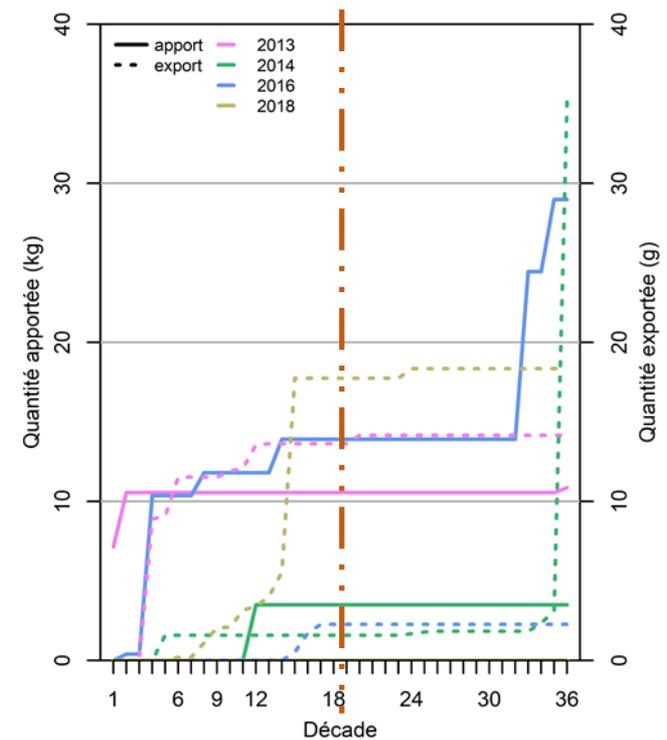
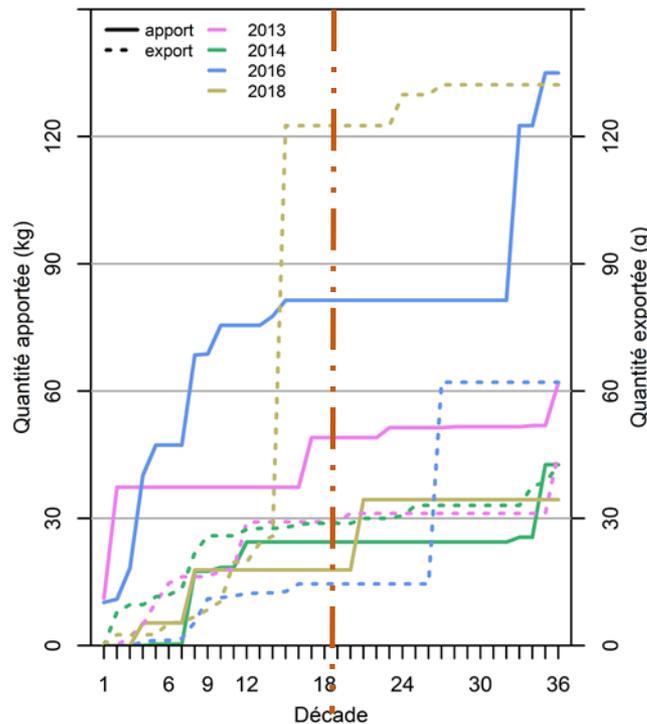
Concomitance des apports de HT et du ruiss.

↳ Quelle relation temporelle existe-t-il entre les apports et exports de HT ?

- Automne-hiver 2018 /2016
 - - apports / +apports
 - + ruissellements / - R (automne)
 - + exports / - exports



- Automne-hiver 2018 /2016
 - - apports / + apports
 - + ruissellements / - R (automne)
 - ++ exports / - exports



Rôle de la connectivité sur les transf. de HT (**)



↘ Sur le parcours de l'exutoire du **sous-BV** vers l'exutoire du **BV** :

- Nombreuses bêtouilles
- Zones tampons (ZT) : 3.2 km de fonds de talwegs enherbés

↘ Quel est l'impact des ZT présentes et futures visant à réduire les transferts sortant du **sous-BV** amont vers l'exutoire du **BV** ?

- Les crues ≤ 1 mm transfèrent 23.5 % de la quantité totale exportée à l'exutoire du **sous-BV** et réinfiltrent sans transfert de HT à l'exutoire du **BV**
- Les $1 < \text{crues} \leq 2$ mm transfèrent 60.8 % de la quantité totale exportée par le **sous-BV** et une réinfiltration totale sans parvenir à l'exutoire du **BV** est envisageable avec des ZT complémentaires (avec frein hydraulique)
- Les crues > 2 mm transfèrent 14.9 % de la quantité totale exportée par le **sous-BV** et sont difficiles à réduire par l'implantation de ZT additionnelles

		Crue ≤ 1 mm	$1 < \text{Crue} \leq 2$ mm	$2 < \text{Crue} \leq 5$ mm	$5 \text{ mm} < \text{Crue}$
	Effectif (-)	133	37	8	4
Moy.	Ruissellement écoulé (mm)	0.36	1.37	3.09	9.45
	Débit de pointe (l/s)	34.5	112.0	240.0	423.9
Som.	Ruissellement analysé (%)	44.5	77.1	91.5	71.4
	Quantité exportée (g)	15.5	40.2	0.6	9.3

Conclusions du cas d'étude par substance active

↘ Exemple du HT : pourquoi, comment, où, quand, combien ?

- 5^e SA la plus apportée sur le BV, 5^e sur le sous-BV
 - Majoritairement en automne-hiver (propice au ruissellement) mais aussi l'été (moins propice au ruissellement)
 - Sur des surfaces en période d'interculture (nettoyage de chantiers de récolte)
 - Dose appliquée sur sous-BV < sur BV (notamment pour la destruction des CIPAN)
- Transféré très majoritairement sous forme dissoute
- 1^e SA la plus exportée à l'exutoire du BV, 5^e à l'exutoire du sous-BV
 - Tout au long de l'année
 - Flux sortant du sous-BV \approx du BV

↘ Perspectives :

- Aménager en zones tampons pour réinfiltrer un maximum de crues car toutes sont des vecteurs de HT
- Rechercher des alternatives au désherbage avec le HT (Reboud *et al.*, 2017) : destruction mécanique, labour pour enfouir les graines d'adventices, recours au gel hivernal, culture sous mulch vivant, utilisation d'autres herbicides

Plan de présentation

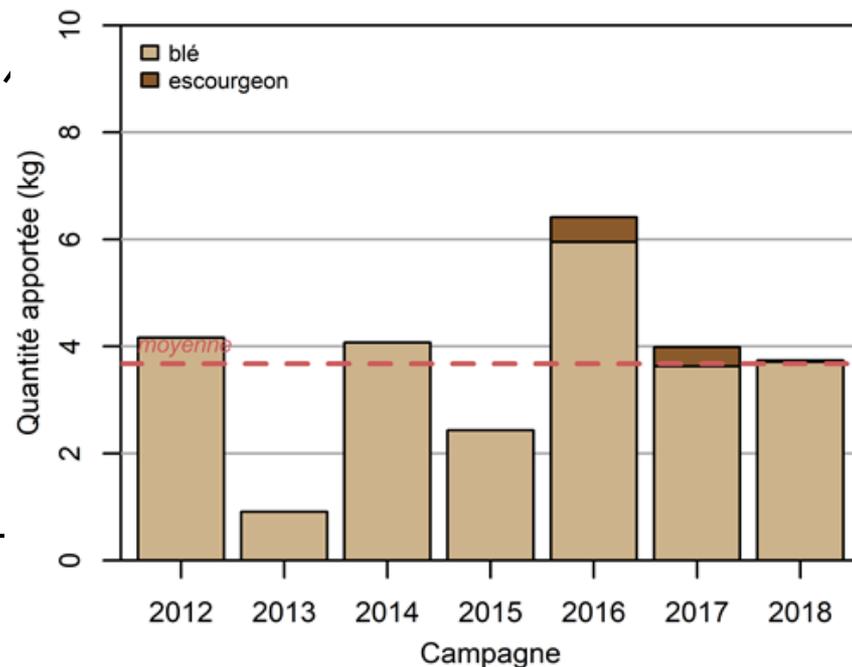
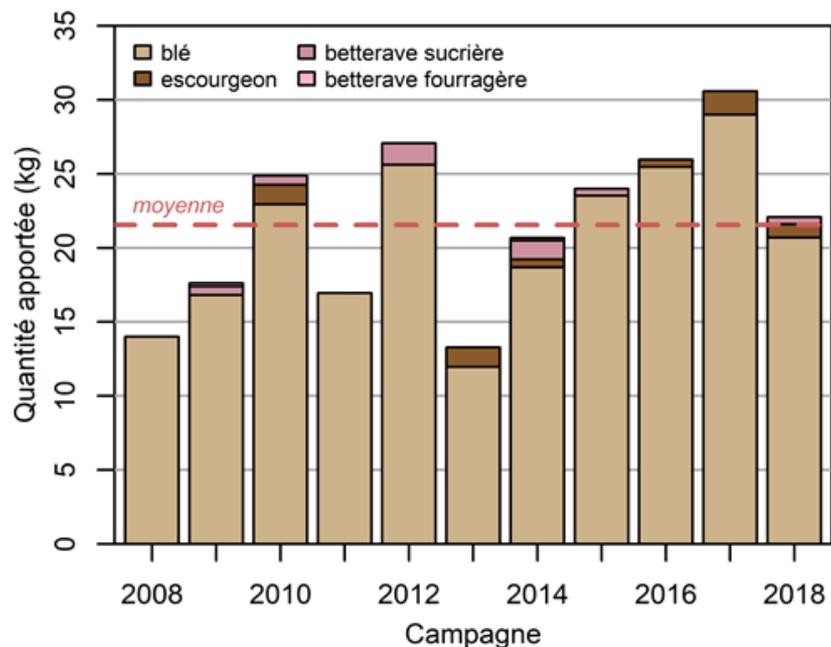
- ↘ Introduction
- ↘ Matériels et méthodes
- ↘ Résultats globaux
 - Au pas de temps : campagne, saison, mois
 - A l'échelle événementielle
 - Physico-chimie
- ↘ Cas d'étude 1 (HC) : Herbicide de céréales :
Pourquoi, comment, où, quand, combien ?
- ↘ **Cas d'étude 2 (FP) : Fongicide de printemps :**
Pourquoi, comment, où, quand, combien ?
- ↘ Cas d'étude 3 : une crue marquante aux transferts extrêmes de substances actives phytosanitaires
 - Quelles sont les leçons à tirer ?
- ↘ Conclusion et perspectives

FP : fongicide de céréales (et bett.)

↘ Quelles sont les sources de FP, apports sur chaque site ?

- 19^e SA la plus apportée (*) 
- 21.6 kg/campagne
- Sur blé (95.2 %) et escourgeon
 - Blé : 85.3 g/ha traité/campagne
 - Esc. : 88.1 g/ha traité/camp.

- 20^e SA la plus apportée (**) 
- 3.7 kg/campagne
- Sur blé (96.7 %) et escourgeon
 - Blé : 76.3 g/ha traité/campagne
 - Esc. : 75.0 g/ha traité/camp.

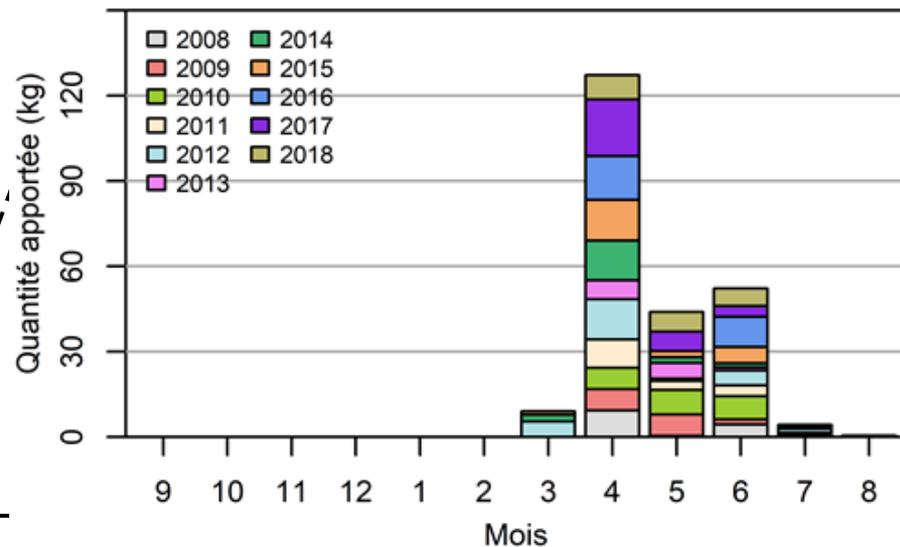
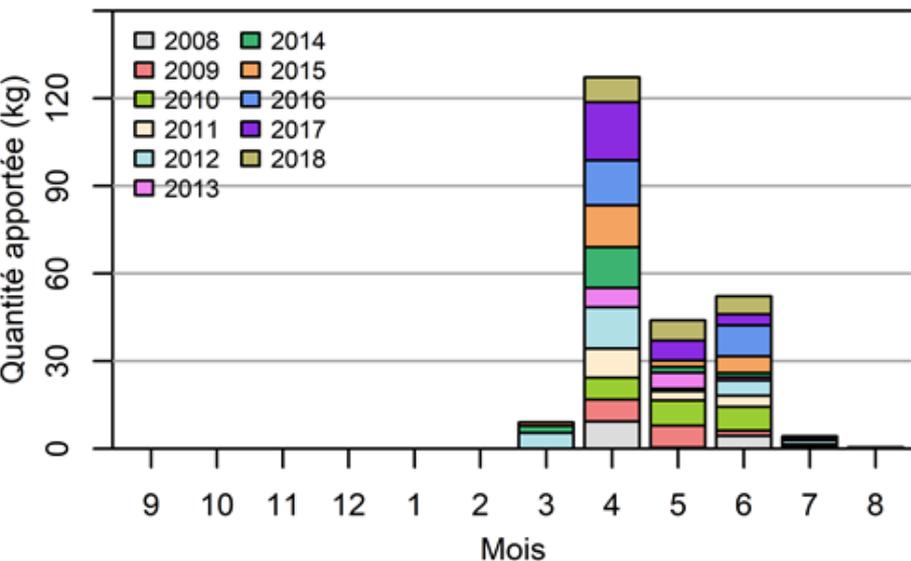


FP: fongicide de céréales (et bett.)

↘ Quelles sont les sources de FP, apports sur chaque site ?

- 19^e SA la plus apportée (*) 
- 20.5 kg/campagne
- Sur blé (95.4 %) et escourgeon
 - Blé : 81.6 g/ha traité/campagne
 - Esc. : 97.2 g/ha traité/camp.
- 76.0 % apporté au printemps

- 20^e SA la plus apportée (**) 
- 3.6 kg/campagne
- Sur blé (97.4 %) et escourgeon
 - Blé : 85.9 g/ha traité/campagne
 - Esc. : 75.0 g/ha traité/camp.
- 69 % apporté en avril (100% Prt)



Recherche de FP dans les ruissellements

Quels sont les ruissellements, vecteur de FP ?

- 10.8 mm écoulés/campagne (*)
- 37.9 mm écoulés/campagne (**)

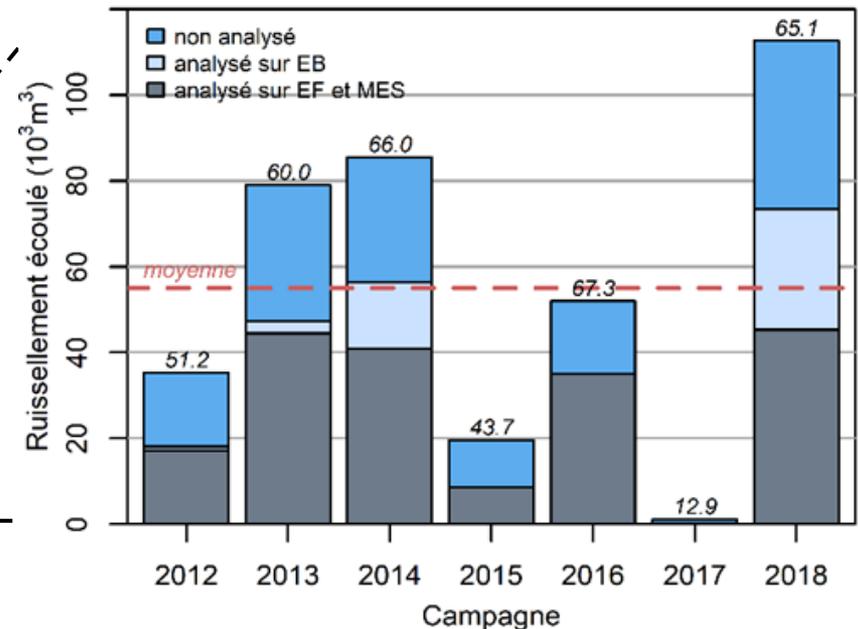
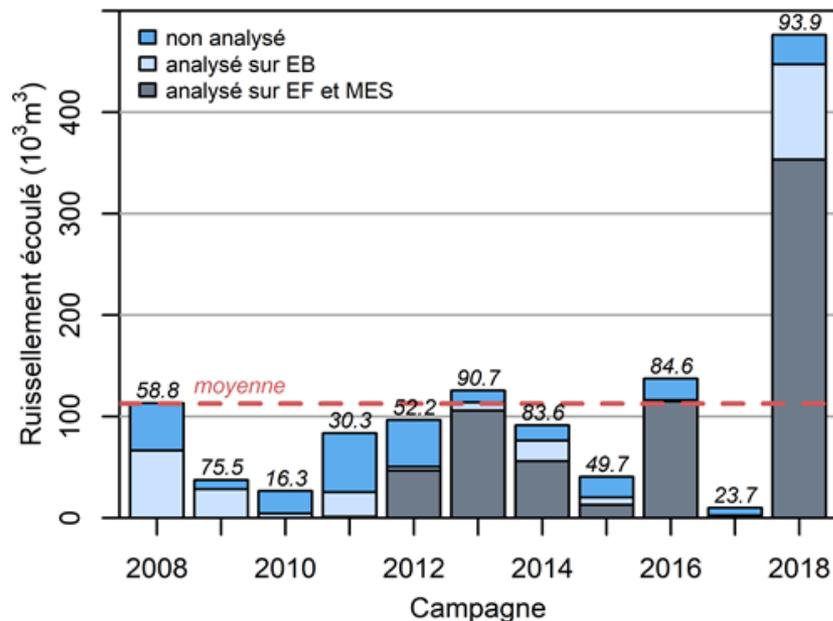
Quelle est la part analysée des ruissellements avec recherche de FP ?

- 2008-2011 : 16.3-75.5 %/camp.
- 2012-2016 : 23.7 %-93.9 %/camp.
- 55/109 analyses sur EF-MES
- 2012-2016 : 12.9 - 67.3 %/camp.
- 53/65 analyses sur EF-MES

EB : eau brute

EF : eau filtrée

MES : matières en suspension



Recherche de FP dans les ruissellements

↘ Combien d'échantillons de ruissellement ont été analysés ?

- 109 échantillons (*)
- LQ : 0.1 µg/l



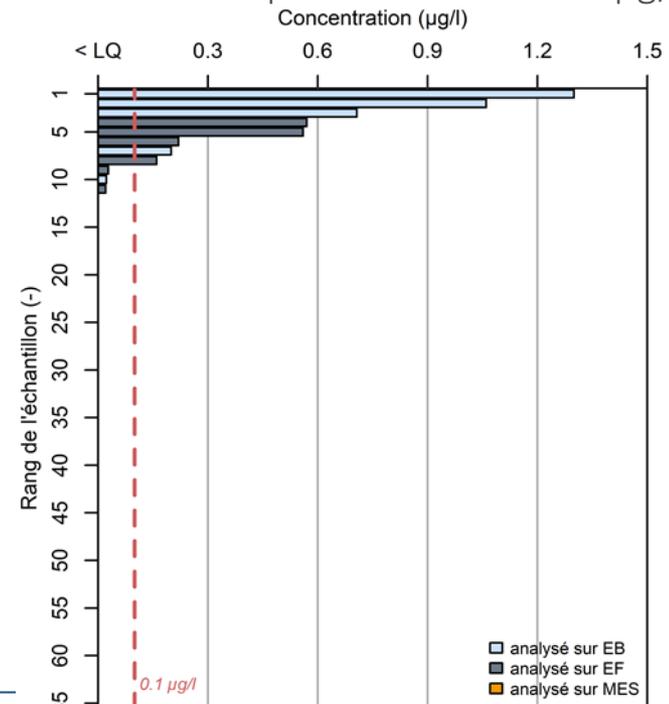
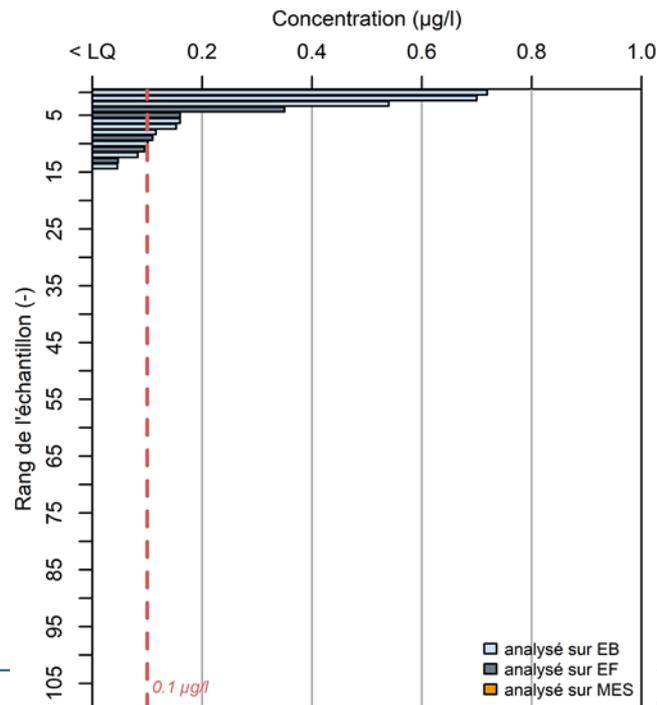
- 65 échantillons (**)
- LQ : 0.1 µg/l



↘ Quelle est la fréquence de quantification du PPZ ?

- 14 quantifications de FP
→ NQE (non disponible)
→ 10 quantifications > 0.1 µg/l

- 11 quantifications de FP
→ NQE (non disponible)
→ 8 quantifications > 0.1 µg/l



FP quantifié dans les ruissellements de printemps.-été

↘ A quelle période le FP est-il quantifié dans les ruissellements ?

- 78.6 % des quantifications au printemps-été (*)



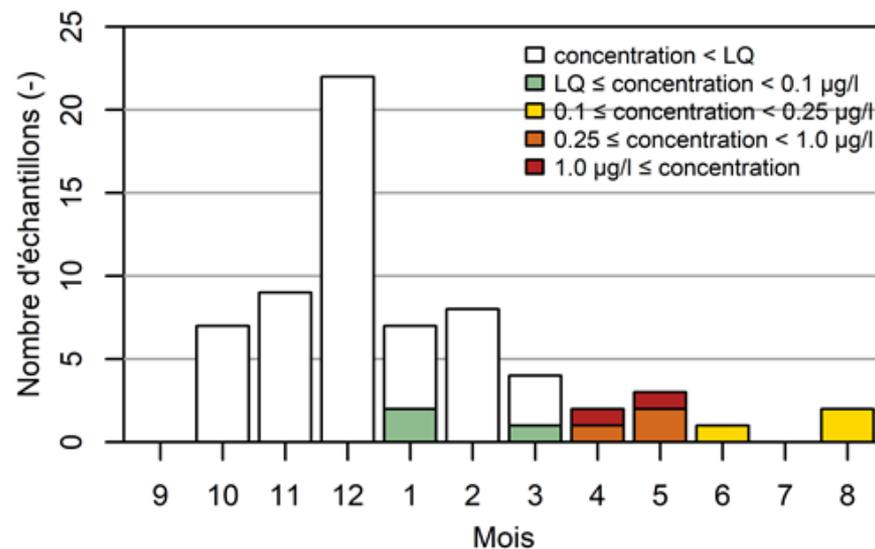
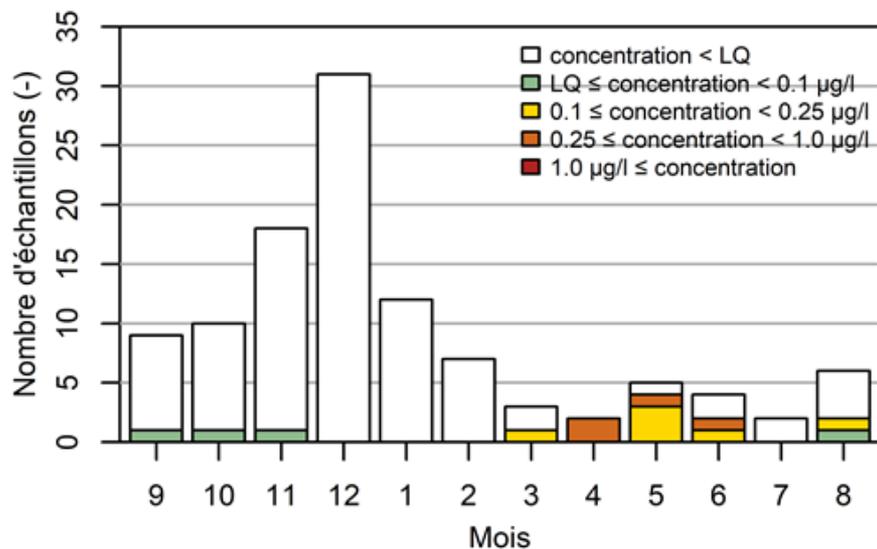
- 9/11 quantifications au printemps-été (**)



↘ A quelle concentration le FP est-il quantifié dans les ruissellements ?

- 100.0 % des quant. > 0.1 µg/l
 - Sur EB : 0.70 µg/l en 05/2014
 - Sur EB : 0.72 µg/l en 04/2018

- 100.0 % des quant. > 0.1 µg/l
 - Sur EB : 1.3 µg/l en 05/2014
 - Sur EB : 1.06 µg/l en 04/2012



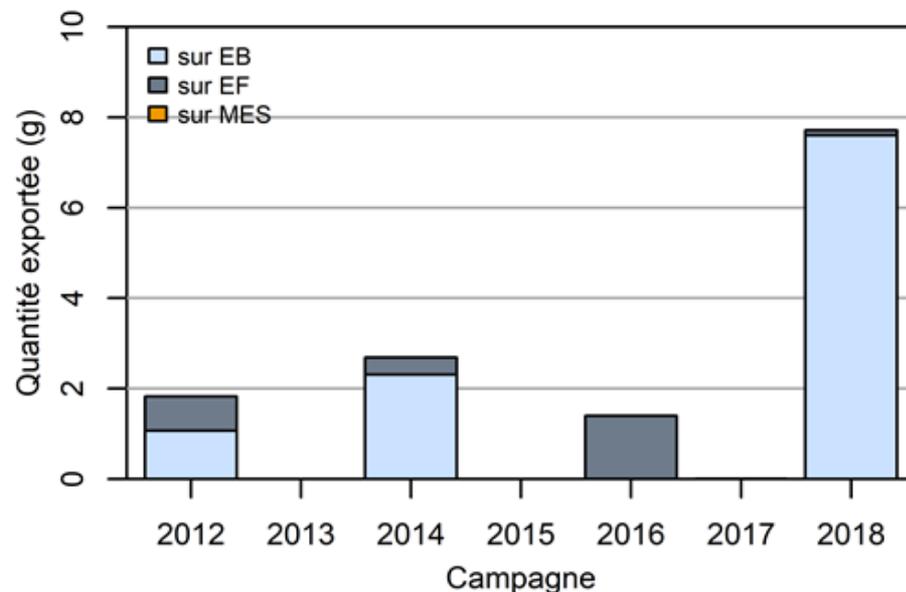
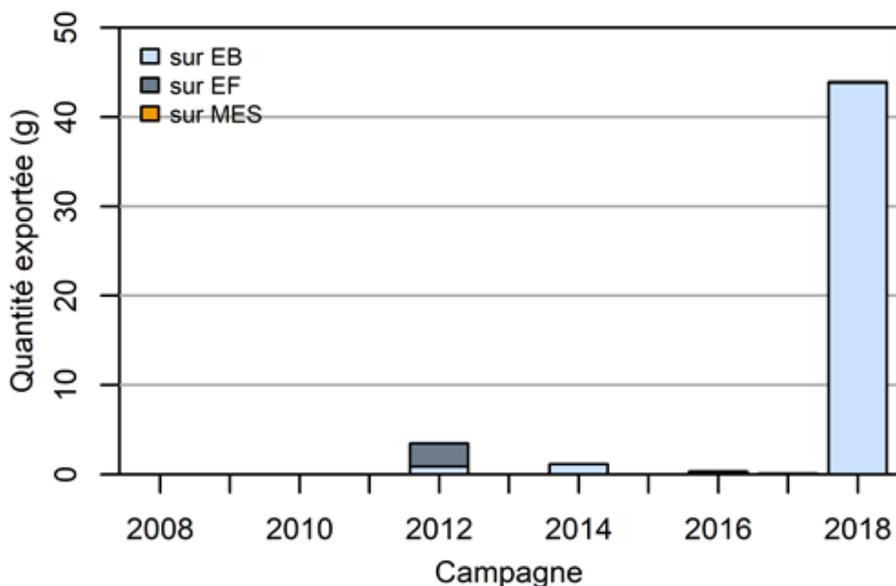
FP exporté dissous (jamais adsorbé aux MES)

↘ Quelles sont les flux de FP, exports à l'exutoire de chaque site ?

- 19^e SA la plus exportée (*)
- De 0.0 à 43.9 g/campagne



- 17^e SA la plus exportée (**)
- De 0.0 à 7.7 g/campagne



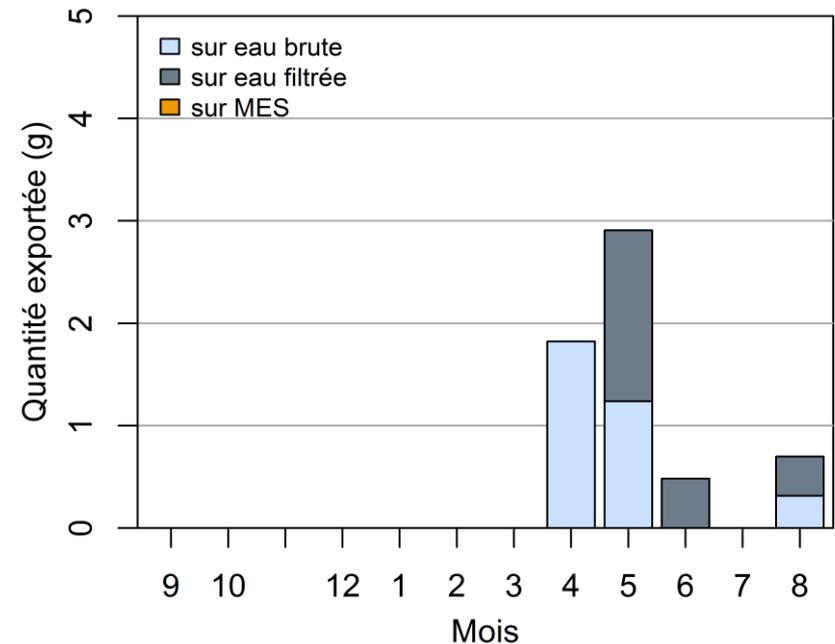
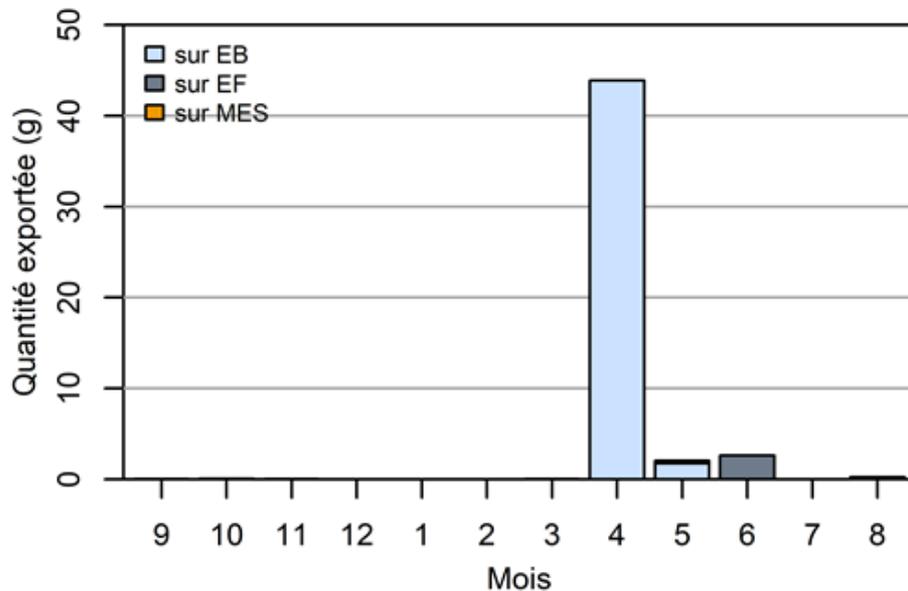
FP exporté dissous (jamais adsorbé aux MES)

↘ Quelles sont les flux de FP, exports à l'exutoire de chaque site ?

- 19^e SA la plus exportée (*)
- De 0.0 à 43.9 g/campagne
- Selon fraction-vecteur :
 - 55/109 analyses sur EF-MES
 - 0.0 % du FP exporté adsorbé



- 17^e SA la plus exportée (**)
- De 0.0 à 7.7 g/campagne
- Selon fraction-vecteur :
 - 53/65 analyses sur EF-MES
 - 0.0 % du FP exporté adsorbé

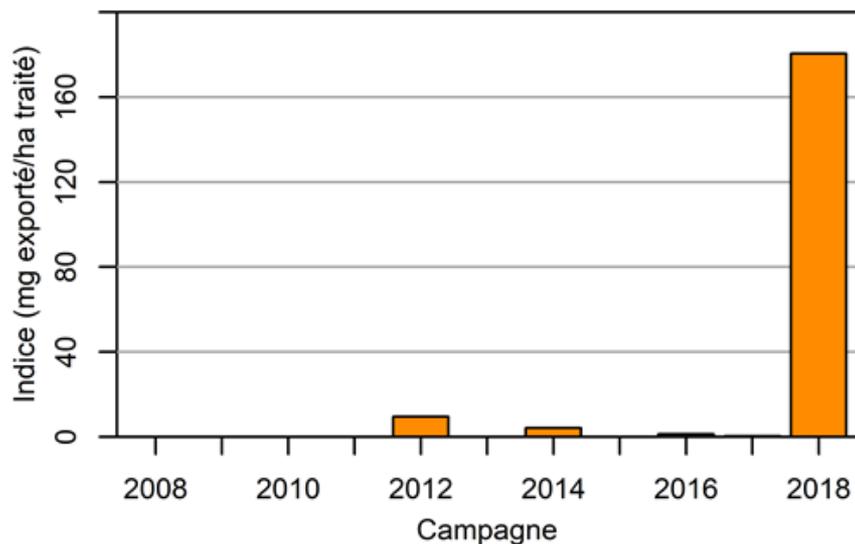


FP exporté dissous (jamais adsorbé aux MES)

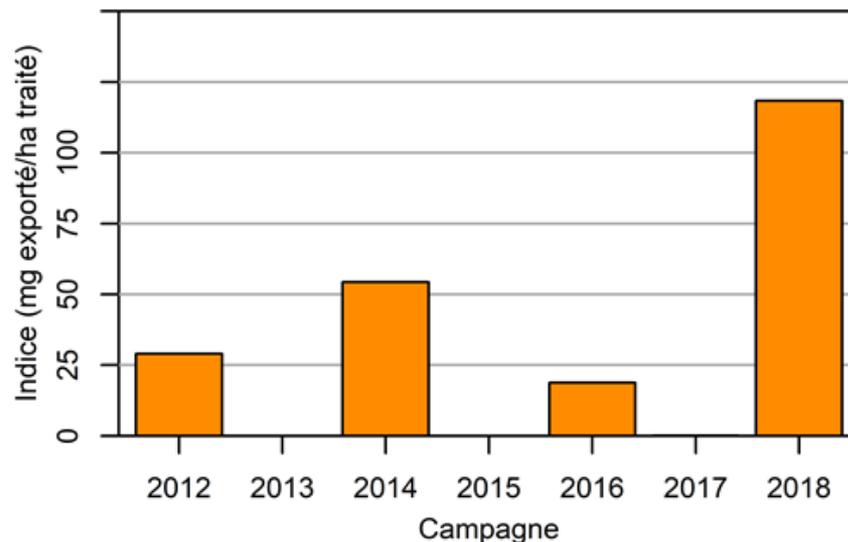
↘ Quelles sont les flux de FP, exports à l'exutoire de chaque site ?



- De 0.0 à 180.5 mg/ha traité/camp.



- De 0.0 à 118.4 mg/ha traité/camp.



FP exporté dans les ruissellements toute l'année

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

- 93.9 % des quantités exportées d'avril à mai (*)



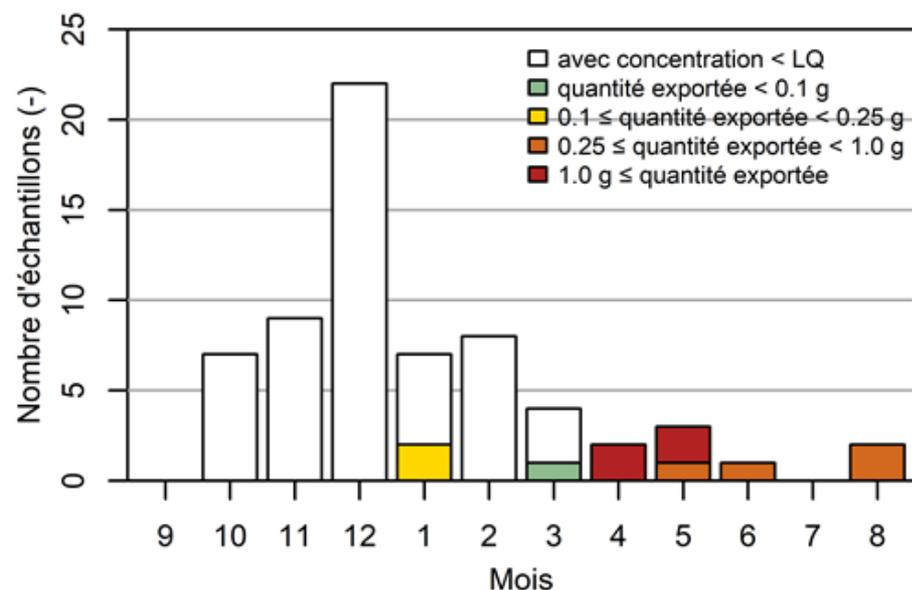
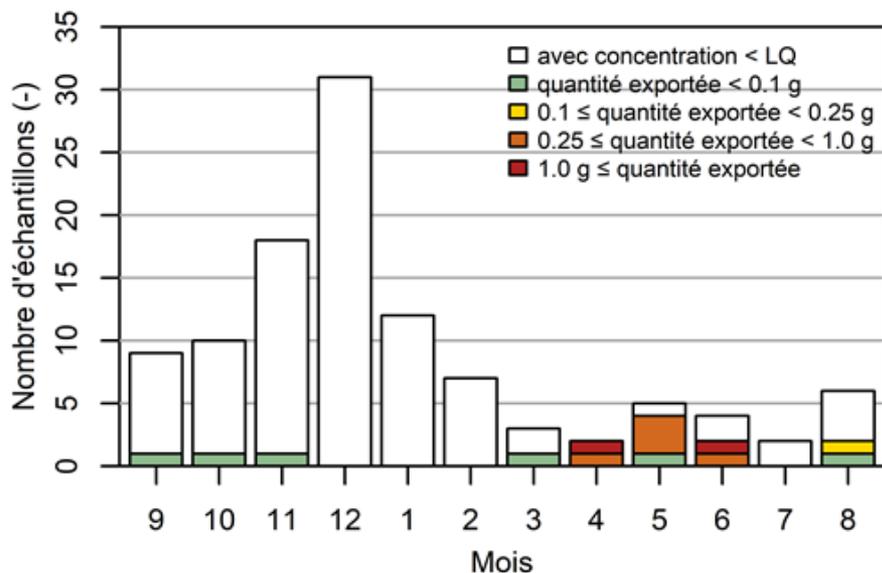
- 89.7 % des quantités exportées d'avril à mai (**)



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

- 2 échantillon > 1.0 g
- Représente 92.1 % des quantités exportées

- 4 échantillons > 1.0 g
- Représentent 87.6 % des quantités exportées

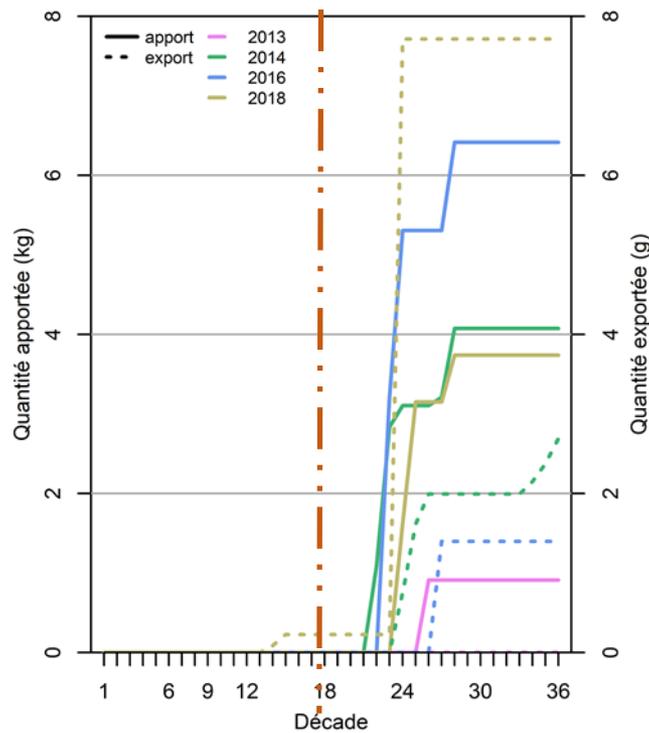


Concomitance des apports de FP et du ruiss.

↘ Quelle relation temporelle existe-t-il entre les apports et exports du FP ?

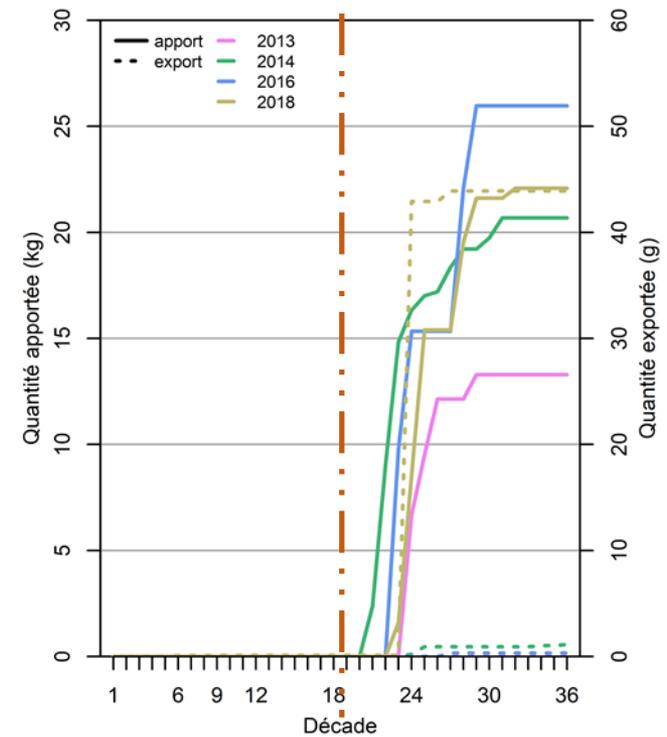
■ Automne-hiver 2018 /2014

- - apports / +apports
- + ruissellements / - Ruisselt.
- + exports / - exports



■ Automne-hiver 2018 /2014

- - apports / + apports
- + ruissellements / - Ruisselt.
- ++ exports / - - exports



Rôle de la connectivité sur les transf. de FP (**)



↘ Sur le parcours de l'exutoire du **sous-BV** vers l'exutoire du **BV** :

- Nombreuses bêtes
- Zones tampons (ZT) : 3.2 km de fonds de talwegs enherbés

↘ Quel est l'impact des ZT présentes et futures visant à réduire les transferts sortant du **sous-BV** amont vers l'exutoire du **BV** ?

- Les crues ≤ 1 mm transfèrent 56.3 % de la quantité totale exportée à l'exutoire du **sous-BV** et réinfiltrent sans transfert de FP à l'exutoire du **BV**
- Les $1 < \text{crues} \leq 2$ mm transfèrent 40.9 % de la quantité totale exportée par le **sous-BV** et une réinfiltration totale sans parvenir à l'exutoire du **BV** est envisageable avec des ZT complémentaires (avec frein hydraulique)
- Les crues > 2 mm les plus difficiles à réinfiltrer, observées de fin octobre à mi-mars, n'ont pas transféré de FP

		Crue ≤ 1 mm	$1 < \text{Crue} \leq 2$ mm	$2 < \text{Crue} \leq 5$ mm	$5 \text{ mm} < \text{Crue}$
	Effectif (-)	133	37	8	4
Moy.	Ruissellement écoulé (mm)	0.36	1.37	3.09	9.45
	Débit de pointe (l/s)	34.5	112.0	240.0	423.9
Som.	Ruissellement analysé (%)	46.4	79.3	91.5	71.4
	Quantité exportée (g)	3.3	2.4	0.0	0.0

Conclusions du cas d'étude par substance active

↘ Exemple du FP : pourquoi, comment, où, quand, combien ?

- 19^e SA la plus apportée sur le BV, 20^e sur le sous-BV
 - Exclusivement au printemps-été (moins propice au ruissellement) mais jamais en automne-hiver (propice au ruissellement)
 - Sur de grandes surfaces en céréales
 - Dose appliquée sur sous-BV \approx sur BV
- Transféré exclusivement sous forme dissoute
- 19^e SA la plus exportée à l'exutoire du BV, 17^e à l'exutoire du sous-BV
 - Exclusivement au printemps-été
 - Hors orage, Flux sortant du sous-BV > du BV

↘ Perspective :

- Aménager en zones tampons complémentaires pour réinfiltrer entièrement les crues ≤ 2 mm, parmi lesquelles certaines sont des vecteurs de FP
- Etudier l'écotoxicité du FP pour comprendre l'éventuel impact sur les ressources des faibles concentrations et quantités mesurées dans les eaux de ruissellement



Plan de présentation

↘ Introduction

↘ Matériels et méthodes

↘ Résultats globaux

Au pas de temps : campagne, saison, mois

A l'échelle événementielle

Physico-chimie

↘ Cas d'étude 1 (HC) : Herbicide de céréales :
Pourquoi, comment, où, quand, combien ?

↘ Cas d'étude 2 (FP) : Fongicide de printemps :
Pourquoi, comment, où, quand, combien ?

↘ **Cas d'étude 3 : une crue marquante aux transferts extrêmes de substances actives phytosanitaires**

Quelles sont les leçons à tirer ?

↘ Conclusion et perspectives

Contexte hydrologique sensible de fin d'automne

↳ Etat initial sensible au ruissellement au 20/11/2013

■ Occupation du sol du BV

- Cult. d'hiver semées : 40 %
- Cult. interm. en place : 16 %
- Chantier de récolte, culture intermédiaire détruite, déchaumage, labour : 17 %



■ Occupation du sol du ss.-BV

- Cult. d'hiver semées : 48 %
- Cult. interm. en place : 28 %
- Chantier de récolte, déchaumage : 10 %

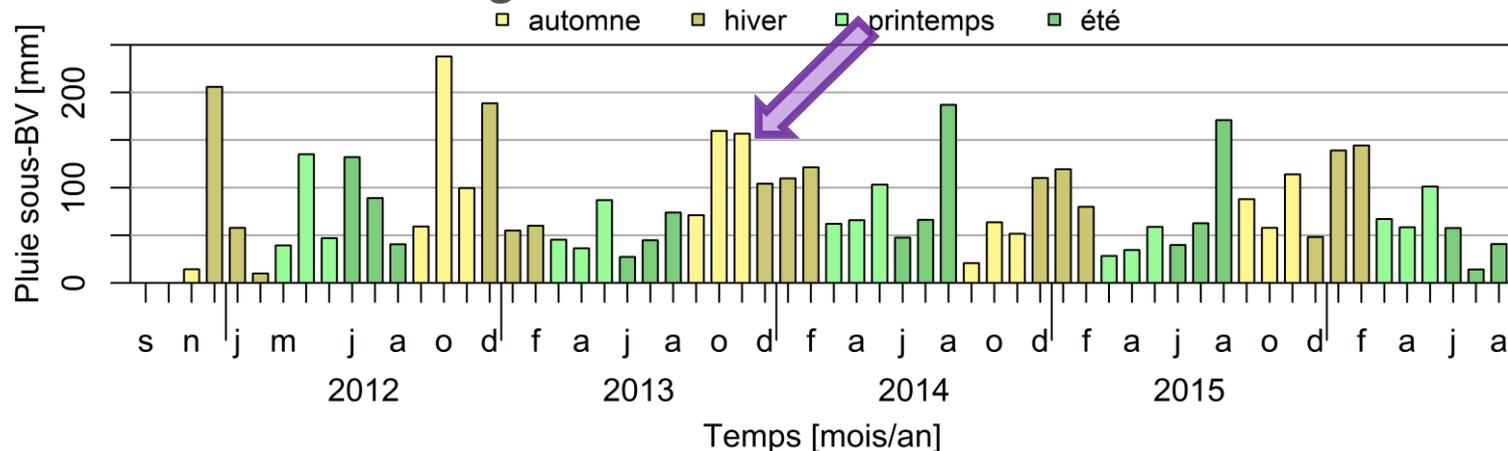


Couvert végétal insuffisant à l'exception des cultures intermédiaires en place

- Pluie cumulée importante depuis le début campagne : 379 mm

- Pluie cumulée importante depuis le début campagne : 359 mm

Etat de surface dégradé avec formation d'une croûte de battance



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

↳ Caractéristiques de l'événement P-Q

■ Pluie :

→ Durée : 22.5 h

→ lame : 28.0 mm

→ Intensité max. : 10 mm/h



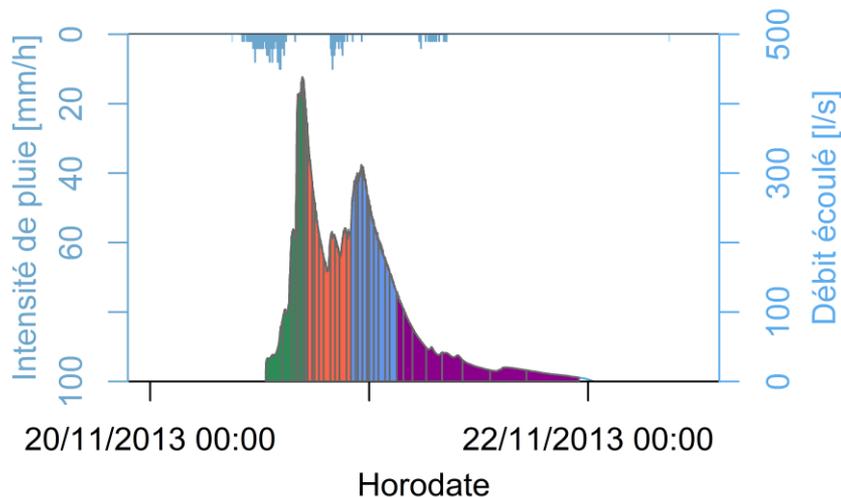
■ Crue importante :

→ Durée : 36.0 h

→ Volume : 13038 m³ (1.25 mm)

→ Débit max. : 439 l/s

→ Part analysée : 100 %



■ Pluie :

→ Durée : 13.5 h

→ lame : 26.8 mm

→ Intensité max. : 20 mm/h



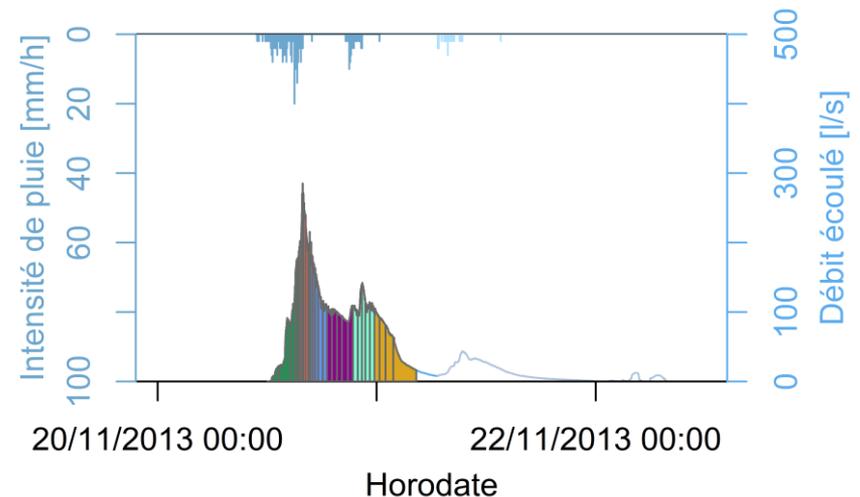
■ Crue extrême :

→ 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
 - PP1 : 9.21 µg/l
 - PP2 : 1.38 µg/l
 - PP3 : 0.89 µg/l
 - PP4 : 0.66 µg/l
 - PP5 : 0.46 µg/l
 - PP6 : 0.36 µg/l
 - PP7 : 0.29 µg/l
 - PP8 : 0.07 µg/l
 - PP9 : 0.07 µg/l



- Analyse double-fraction
- 192 SA recherchées
 - 172 SA non quantifiées (< LQ)
 - 20 SA quantifiées
- Quantifications les plus élevées
 - PP1 : 31.91 µg/l
 - PP2 : 4.96 µg/l
 - PP3 : 4.39 µg/l
 - PP4 : 3.35 µg/l
 - PP5 : 1.52 µg/l
 - PP6 : 1.13 µg/l
 - PP7 : 0.36 µg/l
 - PP8 : 0.18 µg/l
 - PP9 : 0.13 µg/l
 - PP10 : 0.09 µg/l
 - PP11 : 0.07 µg/l
 - PP12 : 0.05 µg/l



Crue marquante en transfert de substances actives

↘ Concentration extrême mesurée aux deux exutoires

▪ H1 : 9.21 µg/l

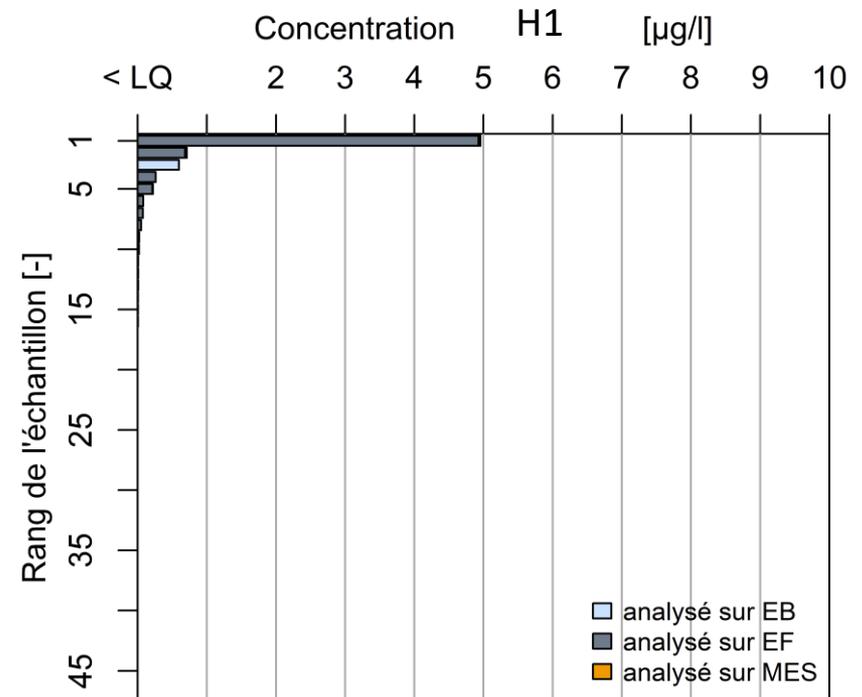
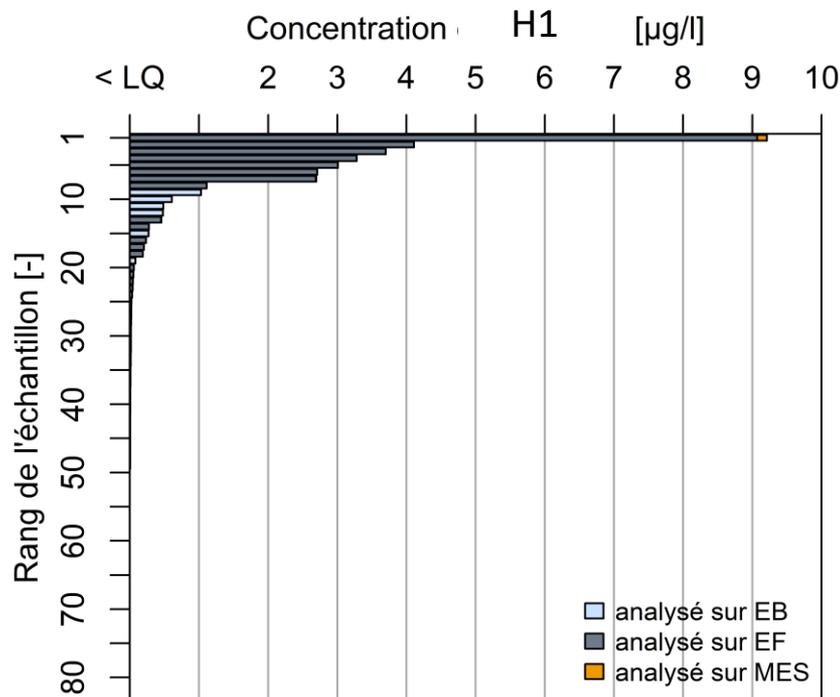


▪ H1 : 4.96 µg/l



▪ Pas de traitement au CTU sur la période d'étude → pollution ponctuelle ?

↘ Augmentation de la concentration de H1 d'amont en aval





Plan de présentation

↘ Introduction

↘ Matériels et méthodes

↘ Résultats globaux

Au pas de temps : campagne, saison, mois

A l'échelle événementielle

Physico-chimie

↘ Cas d'étude 1 (HC) : Herbicide de céréales :
Pourquoi, comment, où, quand, combien ?

↘ Cas d'étude 2 (FP) : Fongicide de printemps :
Pourquoi, comment, où, quand, combien ?

↘ Cas d'étude 3 : une crue marquante aux
transferts extrêmes de substances actives
phytosanitaires

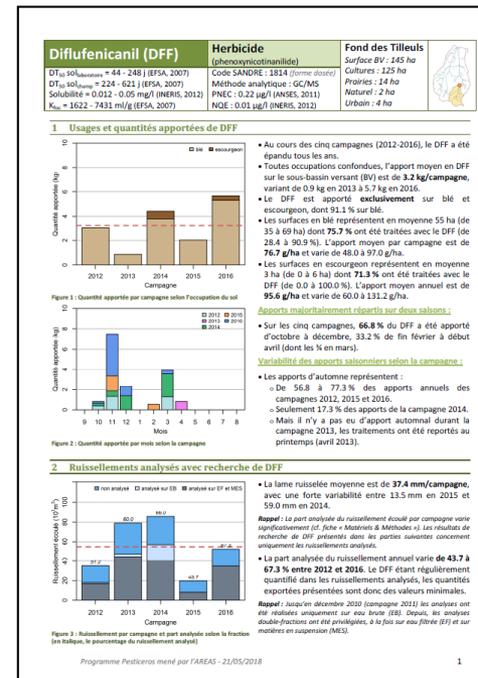
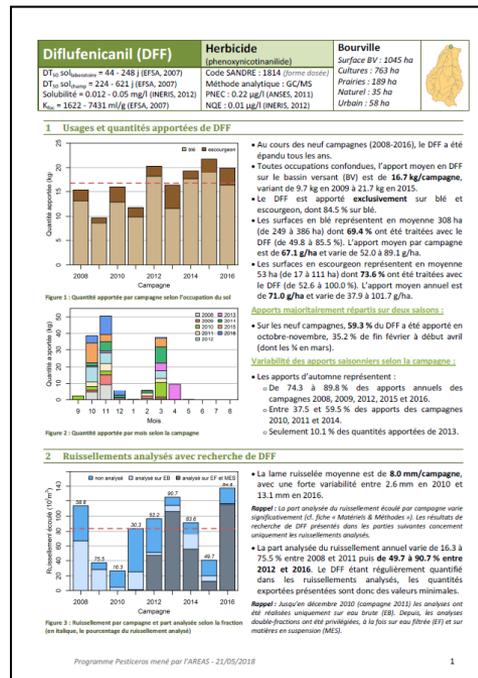
Quelles sont les leçons à tirer ?

↘ **Conclusion et perspectives**

Conclusion et productions

Observatoire *Pesticeros* : solution pour un meilleur suivi des substances actives phytosanitaires dans l'environnement

- Communication vers et appropriation par l'ensemble de nos partenaires (financeurs, membres des comités de pilotage, scientifique et technique)



- Définition d'objectifs opérationnels accompagnés de conseils de terrain
- Valorisation des enseignements scientifiques (articles, colloques,...)



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