

PESTEAUX : Mise au point d'un Système d'Information Géographique (SIG), à l'échelle de la parcelle, évaluant le risque de pollution diffuse des eaux par l'usage des pesticides

B. Bah et Q. Limbourg

Journée « Moerman »

27 janvier 2011, CRA-W, Gembloux

Intervenants



Centre wallon de Recherches agronomiques

1. Contexte, objectifs, méthodologie et finalité de l'outil PESTEAUX (B. Bah)
2. Évaluation de la sensibilité des sols aux transferts des pesticides vers les eaux (B. Bah)
3. Évaluation de la pression polluante due à l'usage des pesticides (Q. Limbourg)
4. Analyse des résidus de pesticides dans les eaux pour la validation de l'outil (G. Rousseau)
5. Développement de l'outil WebGIS (B. Bah)
6. Conclusions et perspectives – Doctorat (B. Bah)



Contexte



Centre wallon de Recherches agronomiques

- Mise en application des politiques environnementales (DCE, code de l'eau en Wallonie)
- Disponibilité d'un nombre important de bases de données pertinentes et géoréférencées
 - Bases de données sur les propriétés et usages des pesticides PROTECTEAUX, PHYTOWEB
 - BD SIGEC - Système Intégré de Gestion et de Contrôle des déclarations de la PAC (parcellaire complet)
 - Carte Numérique des Sols de Wallonie (CNSW)
 - BD d'analyses des sols AARDEWERK et de terres (REQUASUD)
 - BD climatiques B-CGMS
 - BD du monitoring des eaux CALYPSO et AQUAPHYC



Objectifs spécifiques



- Évaluer la pression polluante liée à l'usage des pesticides
- Évaluer la sensibilité des sols aux transferts des pesticides vers les eaux souterraines et de surface
- Évaluer le risque de pollution des eaux par les pesticides pour l'entièreté des parcelles cultivées en Wallonie
- Développer une interface « utilisateur » WebGIS
- Réaliser une thèse de doctorat

Centre wallon de Recherches agronomiques



Expertises mobilisées et/ou développées



Personnes	Expertises	Unités
B. Bah R. Oger L. Bock (ULg GxABT)	Caractérisation des sols Modélisation du transfert des pesticides dans les sols	D3U9 D3U11
B. Bah D. Buffet R. Oger	Gestion de bases de données SIG Programmation (R, Python, ...) Développement d'outil WebGIS/SAD	D3U11
Q. Limbourg B. Huyghebaert C. Roisin F. Henriët	Caractérisation des usages de pesticides Caractérisation des pratiques agricoles	D3U9
Q. Limbourg G. Rousseau O. Pigeon	Analyse de résidus des pesticides	D3U9 D3U10

Centre wallon de Recherches agronomiques



Approche d'évaluation du risque



Source – Transit/Vecteur – Cible (Lecomte, 1998 : les sites pollués)

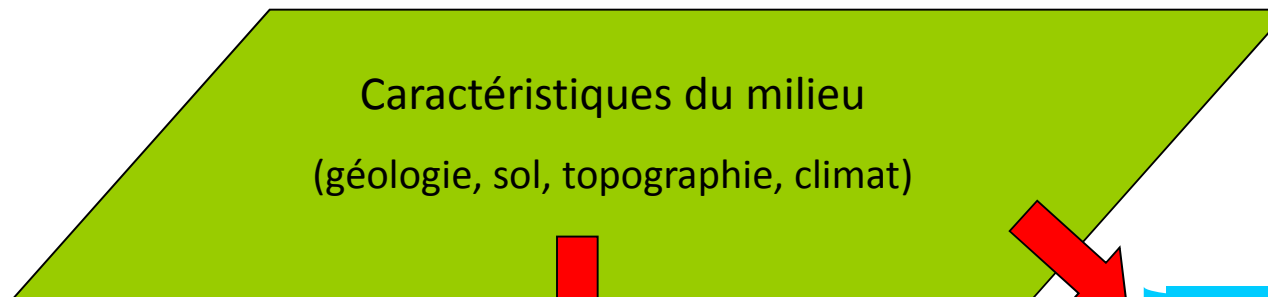
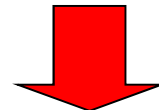
« L'évaluation du risque de pollution consiste à calculer la probabilité pour une **cible** (population, écosystèmes, etc.) de recevoir une certaine dose de polluant (**source**), à partir d'une pollution du milieu (**transit/vecteur**) »

SOURCE
(Pression polluante)



Propriétés des pesticides
Modalités d'application
Période d'application
Type de culture

TRANSIT/VECTEUR



CIBLES



Eaux de surface

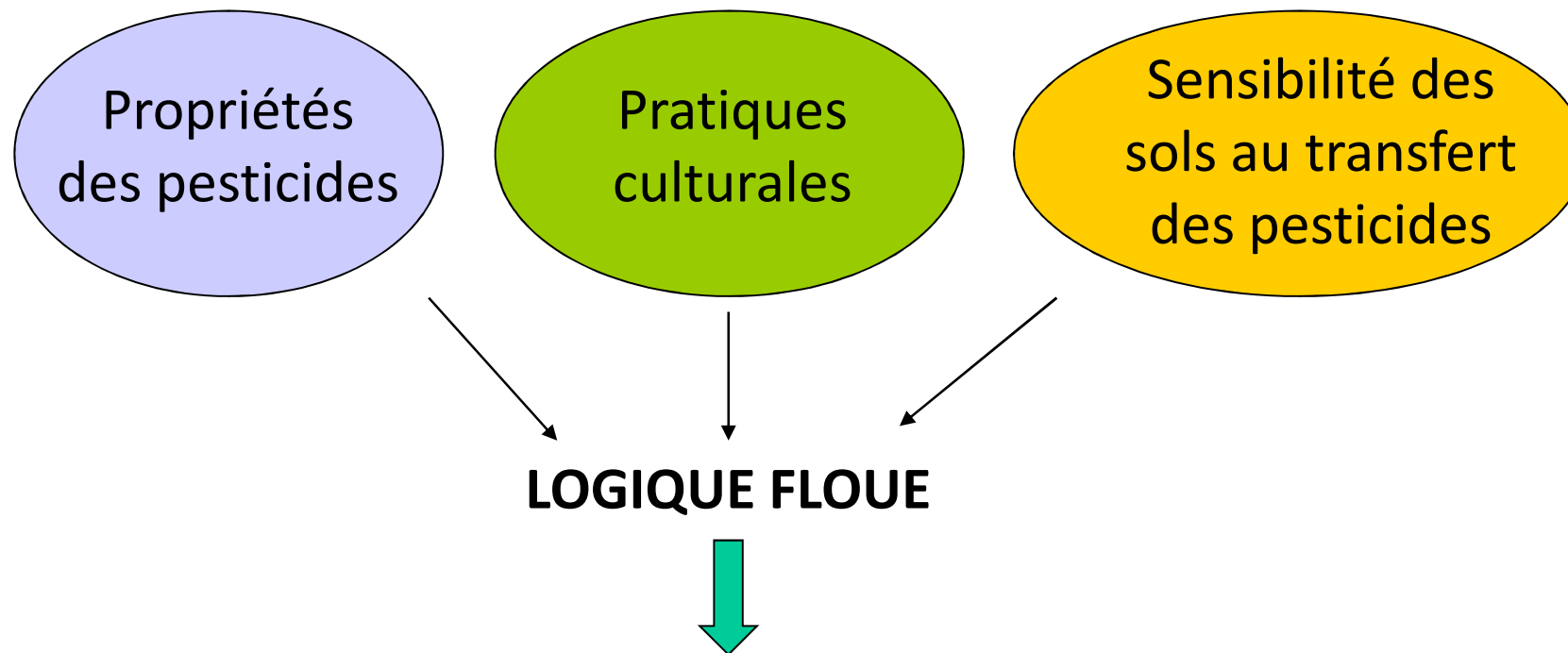
Eaux souterraines



Systeme « expert » basé sur la logique floue



Intégration de trois types d'informations

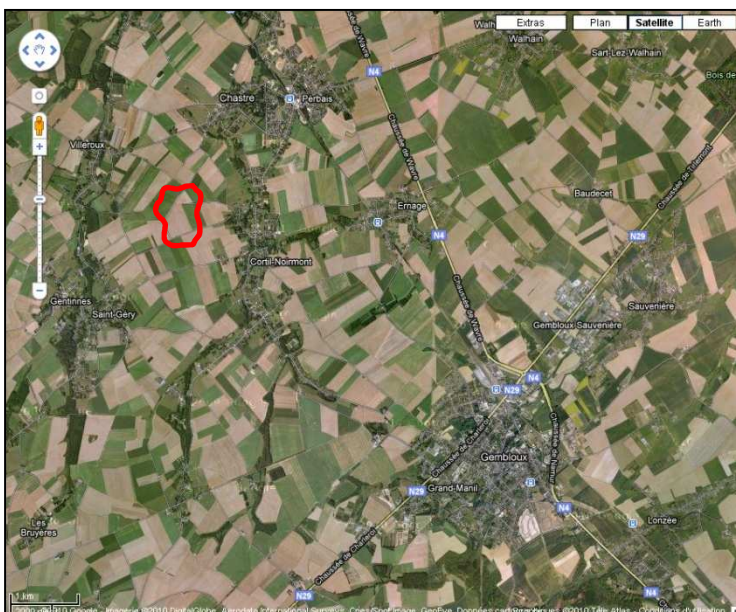


**Evaluation du risque de transfert des pesticides
vers les eaux souterraines ou de surface**

Finalité de l'outil

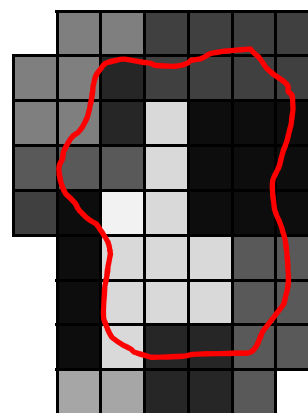
Evaluation du risque de pollution diffuse des eaux de surface et souterraines par les pesticides à l'échelle de la parcelle agricole

Localisation de la « zone d'intérêt »

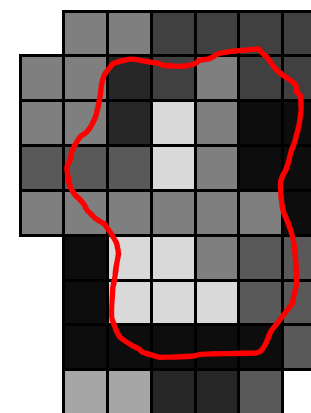


Résultats cartographiques

Risque pour les eaux souterraines



Risque pour les eaux de surface (ruissellement/érosion)



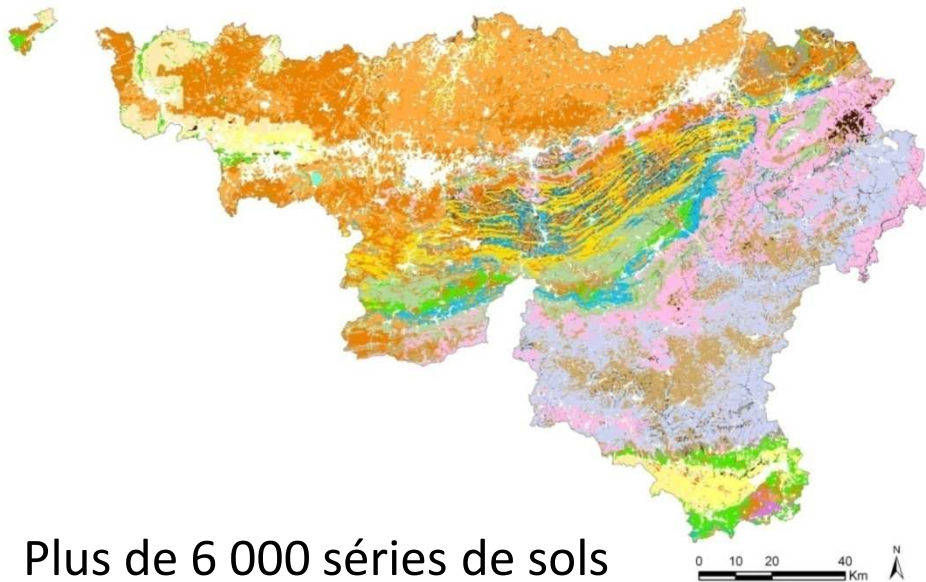
0 RISQUE 1

Évaluation de la sensibilité des sols aux transferts des pesticides vers les eaux de surface ou souterraines

Données « sols » exploitées

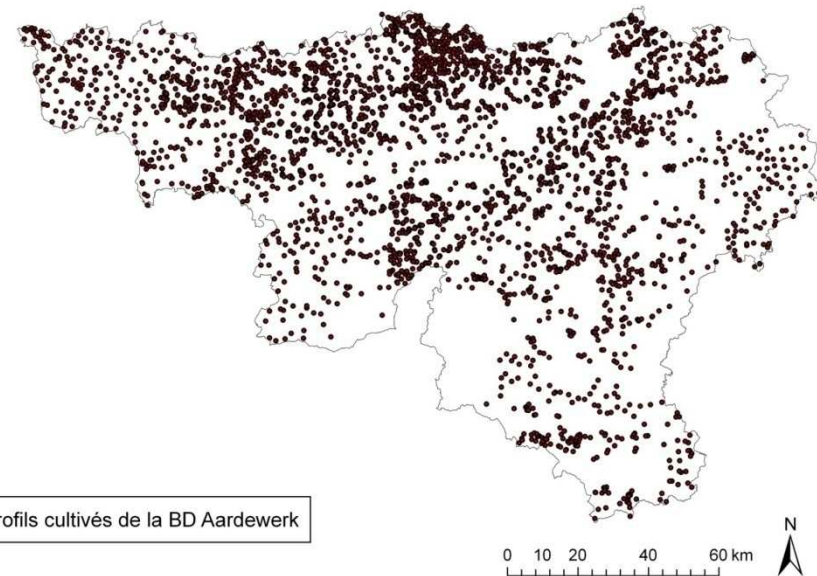


Carte Numérique des Sols de Wallonie (CNSW)



Plus de 6 000 séries de sols
(Aba, Abp, Gbap2, GbbK, ...)

Plus de 3700 profils cultivés analysés



Centre wallon de Recherches agronomiques



Analyse géomorphopédologique



Facteurs de sensibilité des sols au transfert des polluants	Critères explicatifs de la CNSW
Battance / tassement	Texture
Perméabilité des couches superficielles	Texture, développement de profil
Drainage naturel (état hydrique)	Drainage naturel
Capacité de rétention en eau – Réserve utile	Texture, épaisseur, % en éléments grossiers
Pouvoir épurateur (tampon) du sol	Texture, drainage naturel
Perméabilité du substrat sous-jacent	Nature du substrat
Proximité des eaux	Drainage naturel et développement de profil

Centre wallon de Recherches agronomiques



Modélisation mécaniste

Modèle MetaPEARL (Tiktak et al., 2006)

$$\ln(C_L) = \alpha_0 - \alpha_1 X_1 - \alpha_2 X_2 - \alpha_3 X_3$$

Dégradation
des pesticides

$$X_1 = \frac{\mu \theta L}{q}$$

Rétention des
pesticides

$$X_2 = \frac{\mu \rho f_{om} K_{om} L}{q}$$

Prélèvement
racinaire

$$X_3 = \frac{gSL}{q} \approx 0$$

Transport



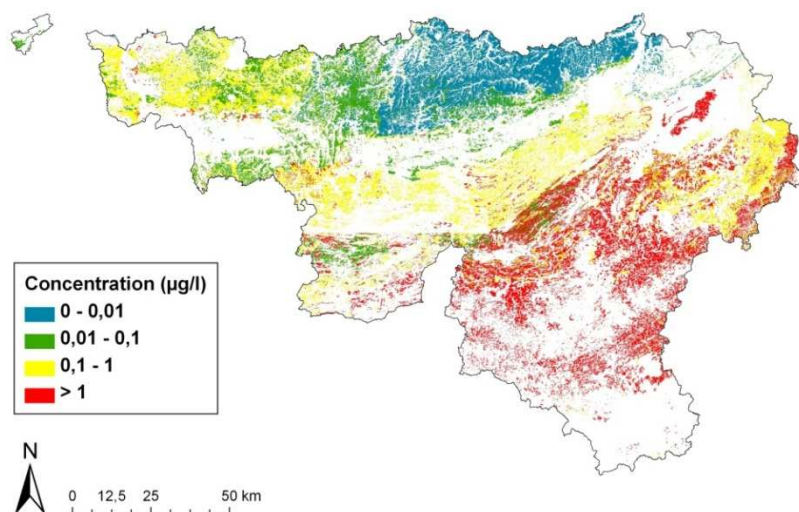
Concentration en pesticide lixivié au bas du profil pédologique

Concentration en pesticide lixivié

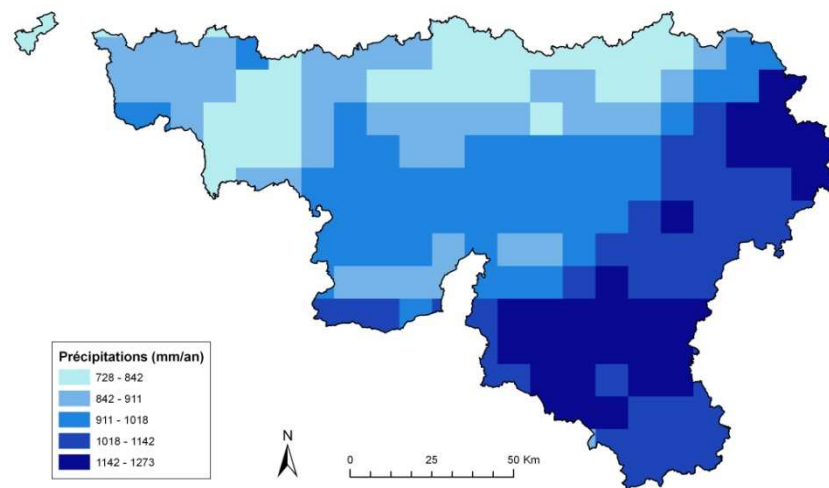


Corrélation de la concentration en pesticide lixivié avec les précipitations et la MO

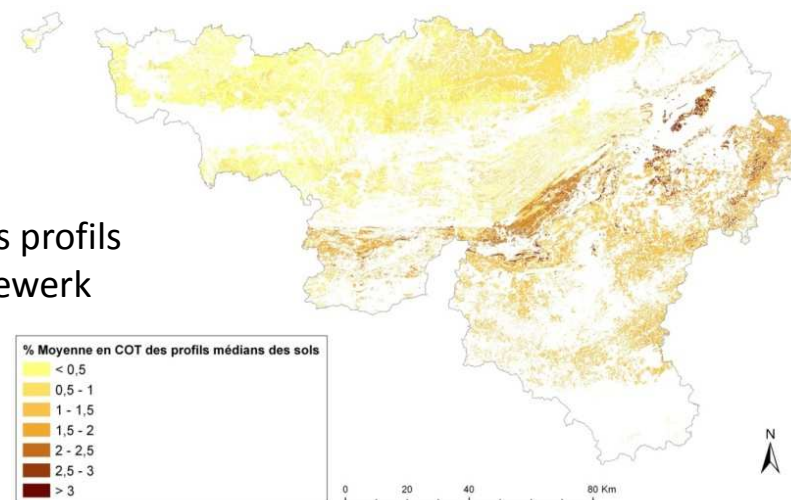
Pesticide « B » – Automne
(Koc : 17 dm³/kg ; DT50 : 20 jours)



Précipitations moyennes annuelles sur 20 ans
(1988-2008) par maille de 10 X 10 km de l'IRM



Teneurs moyennes pondérées en COT des profils
médians cultivés à partir de la BD Aardewerk



Centre wallon de Recherches agronomiques



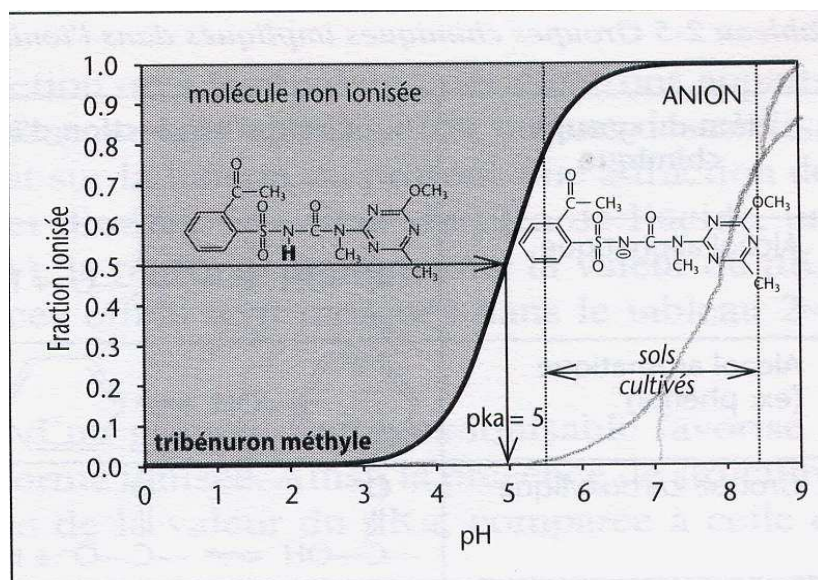
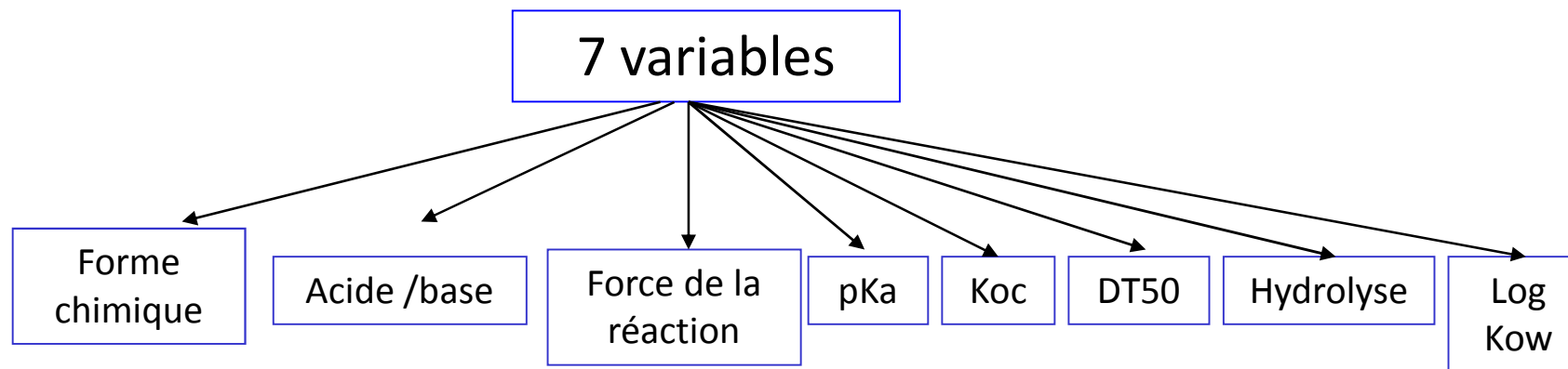
Évaluation de la pression polluante



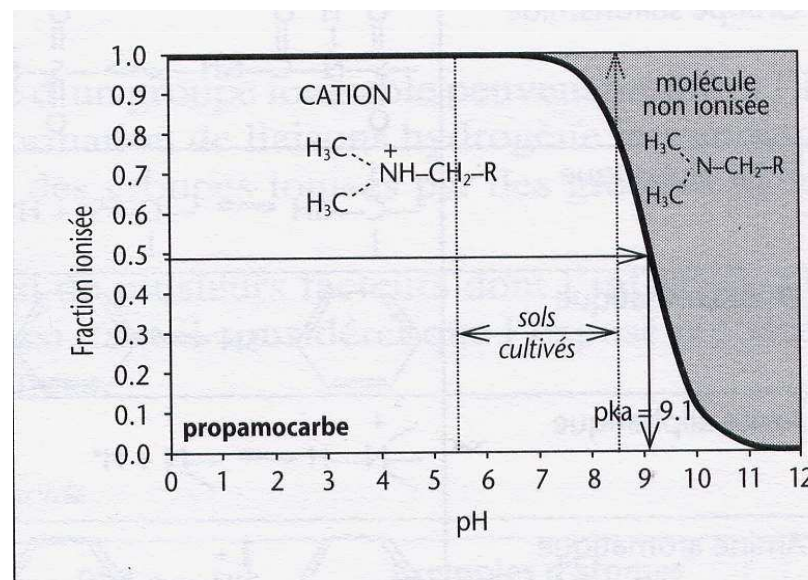
Centre wallon de Recherches agronomiques



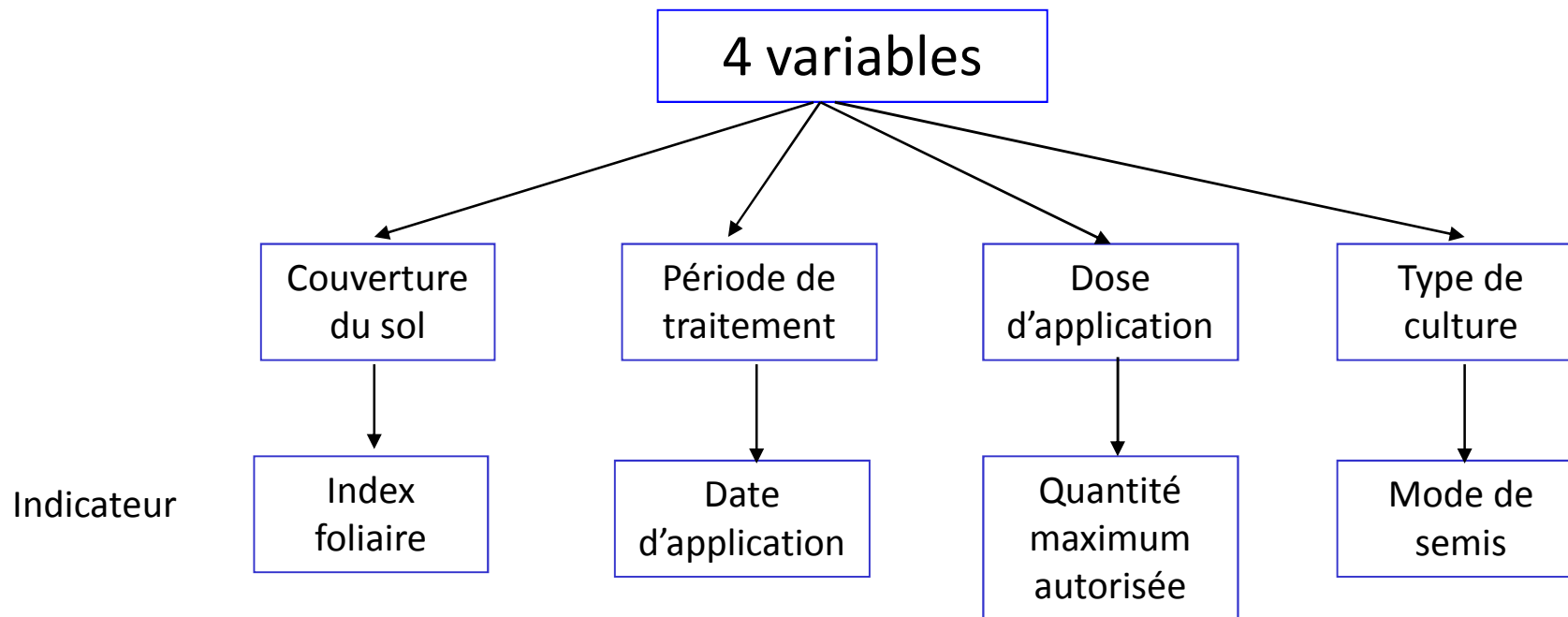
Propriétés physico-chimiques



Influence du pH sur l'ionisation d'un pesticide acide



Influence du pH sur l'ionisation d'un pesticide base

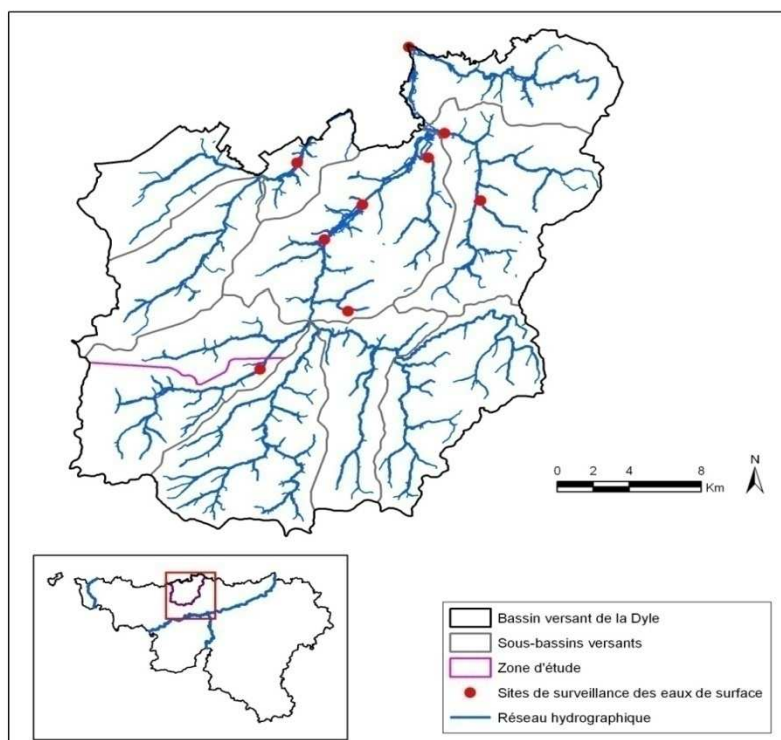


Évaluation de la pression polluante

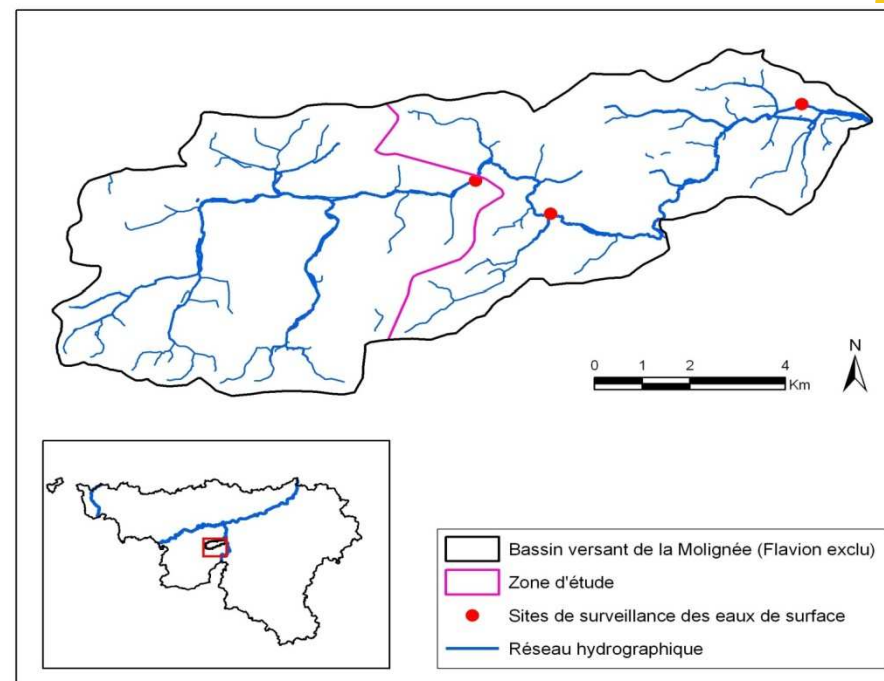


miques

Réalisation d'enquêtes de terrain sur les pratiques culturales sur les deux zones d'études du projet



Représentativité
agronomique



Représentativité
géomorphopédologique



Utilisation de la chromatographie liquide à ultra haute performance (UHPLC) couplée à un spectromètre de masse en tandem quadripôles (TQD) pour la recherche de résidus de pesticides dans des eaux de surface

Ir Rousseau G.
g.rousseau@cra.wallonie.be

Pesteaux = Mise au point d'un Système d'Information Géographique (SIG), à l'échelle de la parcelle, évaluant le risque de pollution des eaux par l'usage des pesticides

Un des objectifs de ce projet est d'**évaluer le risque de pollution des eaux de surface** par les pesticides

Dispositif expérimental



- ⇒ Les sites d'études choisis sont les bassins versants de la Dyle et de la Molignée
- ⇒ En 2009 une enquête a été réalisée auprès des agriculteurs pour déterminer quels sont les produits phytopharmaceutiques qu'ils ont utilisés, en quelles quantités et sur quelles cultures (Quentin Limbourg)
- ⇒ Des prélèvements d'échantillons d'eau de surface ont été réalisés toutes les 2 semaines pour les 2 bassins depuis le 30/03/2009 en vue d'analyses (prélèvement à l'exore)

Centre wallon de Recherches agronomiques

Sur 92 substances actives reprises dans l'enquête auprès des agriculteurs, choix de 83 substances actives comme candidates pour être analysées :



1	Amidosulfuron	23	Difenoconazole	45	Linuron	67	Pyraclostrobin
2	Asulam	24	DIFLUFENICAN	46	Mesosulfuron-methyl	68	Quinmerac
3	Azoxystrobin	25	Dimethomorph	47	Mesotrione	69	Quinoxyfen
4	Bentazone	26	Epoxiconazole	48	METAMITRON	70	Quizalofop-P (métabolite)
5	Boscalid	27	Ethofumesate	49	Metazachlor	71	Quizalofop-P-ethyl
6	Carbendazim	28	Fenpropidin	50	Metribuzin	72	Spiroxamine
7	Carbetamide	29	Fenpropimorph	51	Metsulfuron methyl	73	Sulcotrione
8	Carfentrazone-ethyl	30	Florasulam	52	Napropamide	74	Tebuconazole
9	Chloridazon	31	Fluazafop-P-butyl	53	Nicosulfuron	75	Tepraloxydim
10	CHLOROTHALONIL	32	Flufenacet	54	Pendimethalin	76	Terbuthylazine
11	Chlortoluron	33	Fluoxastrobin	55	Phenmedipham	77	Tetraconazole
12	Clodinafop	34	FLUPYRSULFURON-METHYL	56	Picolinafen	78	Thiacloprid
13	Clodinafop-propargyl	35	Fluroxypyr	57	Picoxystrobin	79	Thifensulfuron methyl
14	Clomazone	36	Flurtamone	58	PINOXADEN	80	Topramezone
15	Clopyralid	37	Flutriafol	59	Pirimicarb	81	Triallate
16	Cloquintocet - mexyl	38	Fluzilazole	60	Procloraz	82	Trifloxystrobin
17	Cyazofamid	39	Foramsulfuron	61	Propamocarb	83	Triflusulfuron-methyl
18	Cymoxanil	40	Imazaquin	62	Propaquizafop	84	Trinexapac (métabolite)
19	Cyproconazole	41	Iodosulfuron methyl	63	Propiconazole	85	TRINEXAPAC-ETHYL
20	Cyprodinil	42	Isoproturon	64	Propyzamide	86	Zoxamide
21	Cyromazine	43	Isoxaben	65	Prosulfocarb		
22	Desmedipham	44	Lenacil	66	Prothioconazole		s.a. non pestaux

Centre wallon de Recherches agronomiques

Centre wallon de Recherches agronomiques

Département Agriculture et Milieu naturel

Unité Physico-chimie et Résidus des Produits Phytopharmaceutiques et des biocides

www.cra.wallonie.be



Méthode d'analyse



Centre wallon de Recherches agronomiques

Centre wallon de Recherches agronomiques

Département Agriculture et Milieu naturel

Unité Physico-chimie et Résidus des Produits Phytopharmaceutiques et des biocides

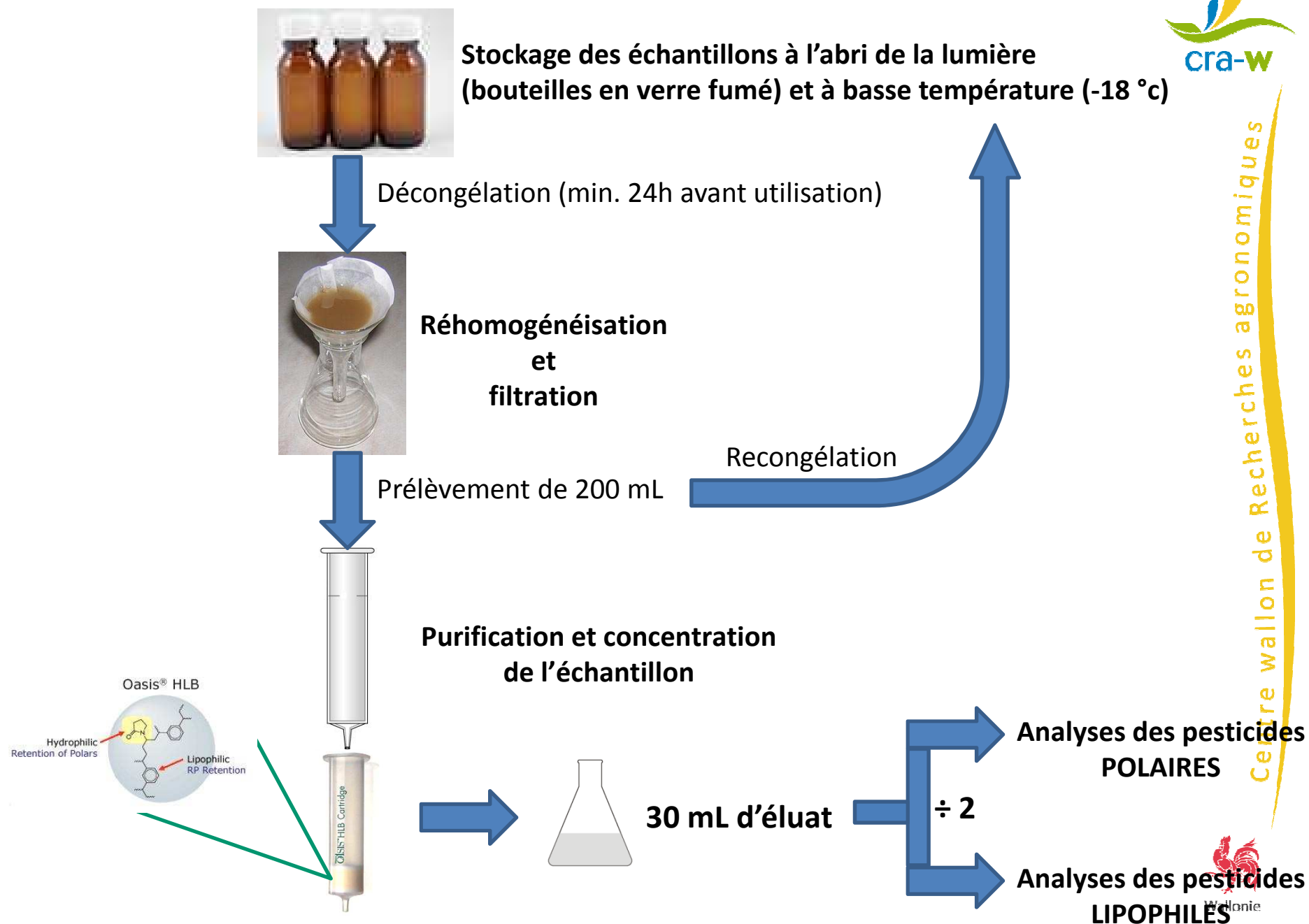
www.cra.wallonie.be



Méthode de préparation au laboratoire



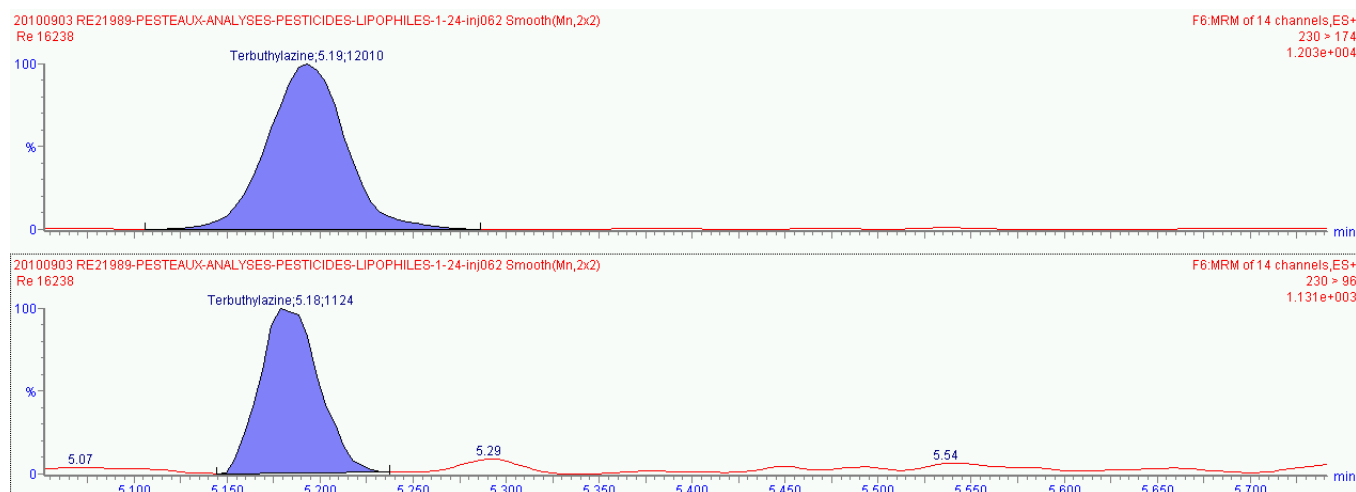
Centre wallon de Recherches agronomiques



Analyse par spectrométrie de masse



Centre wallon de Recherches agronomiques



Conditions pour valider la méthode

- Démontrer la **spécificité**
 - blanc
 - témoin non traité (control -)
 - témoin traité ou ajouts dosés (contrôle +)
- Evaluer la **justesse** et la **précision** de la **méthode d'analyse** : ajouts dosés / taux de récupération (3 niveaux de fortification 10, 1 et 0.1 µg/L)
- Vérifier la **linéarité** de la réponse (droite d'étalonnage)
- Evaluer la limite de quantification (**LOQ**) \Rightarrow fixée arbitrairement au niveau du taux de récupération le plus bas pour lequel les rendements sont corrects

Bilan de la validation



Sur **86** substances actives (s.a.) analysées

- **5** substances actives (s.a.) ont une LOQ > 10 µg/L
⇒ **PAS ASSEZ SENSIBLE**
- **10** substances actives (s.a.) présentent des mauvais rendements de récupération (η)
⇒ **PAS JUSTE (METHODE NE MARCHE PAS)**
- **2** substances actives (s.a.) ne présentent des rendements de récupération (η) acceptables qu'au niveau de leur LOQ
⇒ **DETECTE MAIS QUANTIFICATION LIMITEE**

69 substances actives (s.a.) ont été validées et donnent des résultats semi-quantitatifs acceptables

⇒ **RESULTATS EXPLOITABLES**

Centre wallon de Recherches agronomiques

Analyses des échantillons



La méthode originale qui a été développée nous a permis de suivre simultanément un grand nombre de pesticides (69 s.a.) avec une précision acceptable (semi-quantitatif)

⇒ Les échantillons prélevés pour la période allant du 30/03/2009 au 3/11/2010 ont été analysés

⇒ De nombreux résidus de pesticides ont été détectés à des niveaux pouvant parfois être relativement importants

⇒ Les résultats obtenus donnent une vision concrète (s.a. identifiées, dénombrées et quantifiées) de la **pollution réelle des eaux de surface** par les pesticides pour les 2 bassins versant étudiés.

Centre wallon de Recherches agronomiques

Résultats et conclusions



Centre wallon de Recherches agronomiques

Les résultats obtenus ont permis :

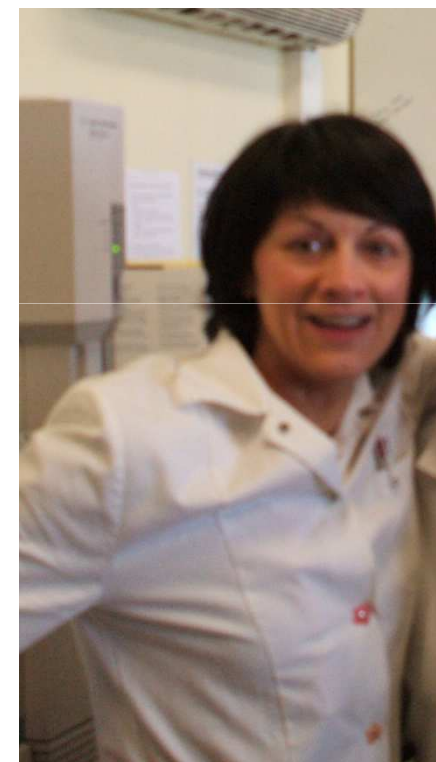
- de démontrer que la nature physico-chimique (polaires ou lipophiles) des pesticides joue bien un rôle primordial dans leur mobilité (sous-estimé)
- d'identifier une certaine chronologie des pollutions des eaux de surfaces
- de mettre en évidence l'influence des conditions météorologiques et des propriétés orohydrographiques et pédologiques des bassins versants sur les résidus de pesticides retrouvés dans les eaux
- d'identifier des cas de pollutions accidentelles
- d'identifier les composés qui se prêtent le mieux à ce type d'expérimentation pour la mise au point de nouveaux dispositifs expérimentaux dans le cadre de futurs projets de recherche

Ces résultats seront croisés avec d'autres sources informations pour permettre l'amélioration des connaissances et des outils développés...



Merci de votre attention

et à toute l'équipe...



Centre wallon de Recherches agronomiques

Développement d'une interface WebGIS



Centre wallon de Recherches agronomiques



Moteur de l'outil



Centre wallon de Recherches agronomiques

MODULES et VARIABLES D'ENTRÉE	INDICATEURS DE RISQUE		
	RESOPEST	RESUPEST- Ruissellement	RESUPEST- Erosion
Propriétés des pesticides			
Forme chimique (ionisé ou non ionisé)	X	X	X
Force de la réaction	X	X	X
Réaction Acide-Base	X	X	X
pKa	X	X	X
Coefficient de partage carbone organique/eau (Koc)	X	X	X
Coefficient de partage octonal/eau (log Kow)	X	X	X
Temps de demi-vie – DT50	X	X	X
Hydrolyse	X		
Pratiques culturales			
Couverture du sol – LAI	X	X	X
Dose d'application	X	X	X
Date d'application	X	X	X
Type de culture (non sarclée, sarclée, butée)		X	X
Sensibilité des sols			
Concentration en pesticide lixivié (C _L)	X		
Perméabilité des couches superficielles du sol (texture)	X		
Drainage naturel du sol – Etat hydrique	X		
Pierrosité (charge en éléments grossiers)	X		
Perméabilité du substrat sous-jacent	X		
Concentration en pesticide transporté par ruissellement		X	
Concentration en pesticide transporté par érosion			X



Localisation de la « zone d'intérêt »



Ici : « outils GIS » (crayon, gomme, ...)

Ici : explications :

1. Zoomez sur la zone d'intérêt
2. Utilisez les « outils GIS » pour délimiter votre zone d'intérêt
3. Cliquez sur « Suivant »


ATTENTION : La surface de votre zone d'intérêt ne peut dépasser SurfMax ha.

PRECEDENT

SUIVANT

Propriétés physico-chimiques du pesticide



Matière active	<div>Faites votre choix....</div> <div>Isoproturon</div>
Forme chimique :	<div>Non ionisé</div> <div>Ionisé – Non ionisé</div>
Force de la réaction :	<div>Néant</div> <div>Forte – Faible</div>
Acide / Base :	<div>Néant</div> <div>Acide – Base</div>
pKa :	<div>Néant</div>
Koc :	<div>36</div> <div>kg/L</div>
DT50 :	<div>22,5</div> <div>jours</div>
Hydrolyse :	<div>Très persistant</div> <div>Non persistant – Persistant – Très persistant</div>
Log Kow :	<div>2,5</div>
<div>PRECEDENT</div> <div>SUIVANT</div>	

Pratiques agricoles



Centre wallon de Recherches agronomiques

Culture

Faites votre choix....



Escourgeon

Couverture du sol :



0

m²

Dose :



1000

g/ha

Date d'application :



Fin octobre

jj-mm

Type de culture :



Non sarclée

Non-sarclée – Sarclée – Butée

PRECEDENT

SUIVANT



Sensibilité du sol

10 m	10 m	
	$C_L = 0,06$ Texture = G Drainage = b Pierrosité > 15% Substrat = p	0,06 G b 15% p
	0,06 G b 15% p	0,06 G b 15% p
	0,00 A b <5%	0,00 A b <5%

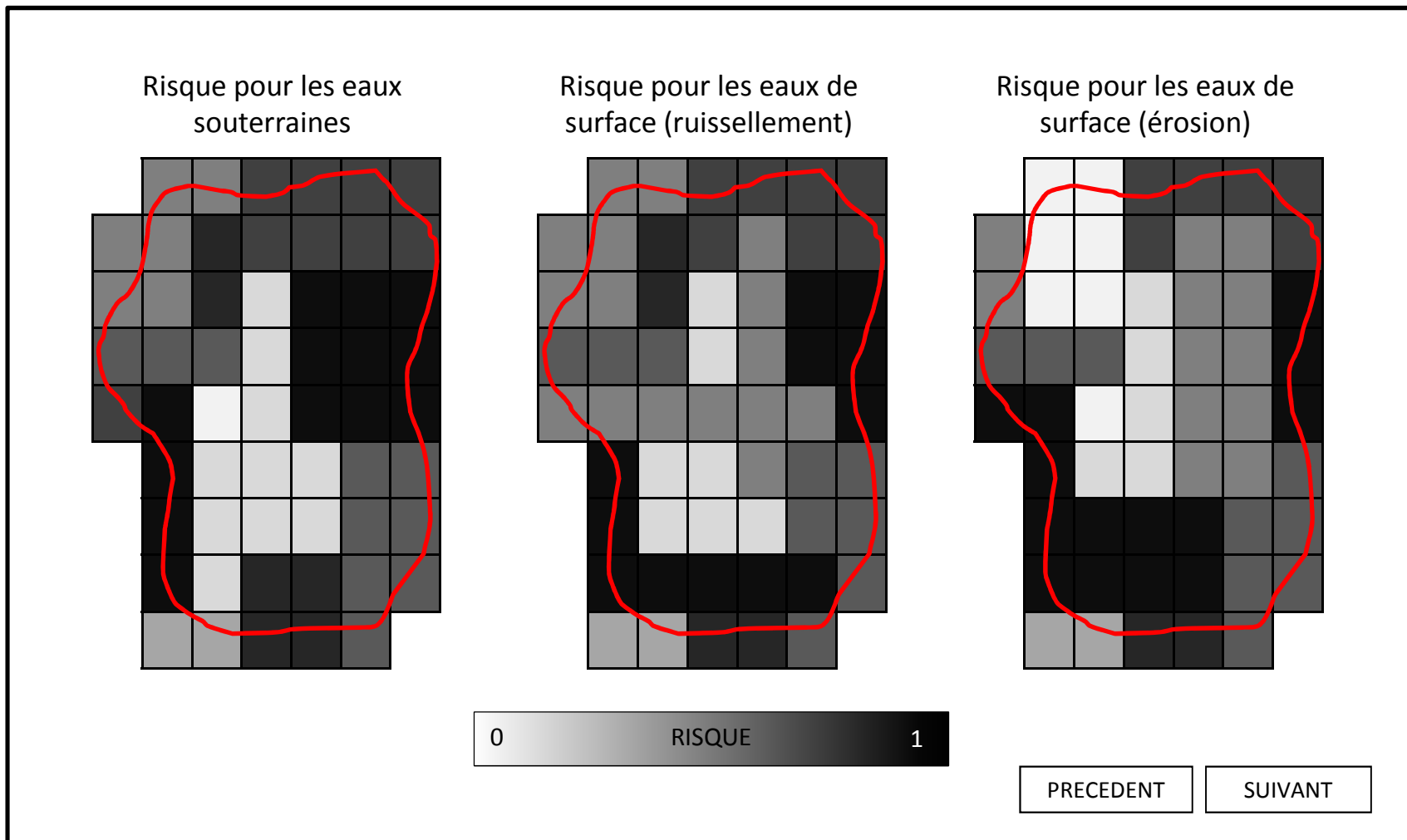


```

Parcelle_TestSoilReso - Bloc-notes
Fichier Edition Format Affichage ?
MetaPearl,Texture,Drainage,Pierrosite,Substrat
0.06,G,b,>15%,p
0.06,G,b,>15%,p
0.06,G,b,>15%,p
0.06,G,b,>15%,p
0.00,A,b,<5%
0.00,A,b,<5%
    
```

Risque pour la zone d'intérêt

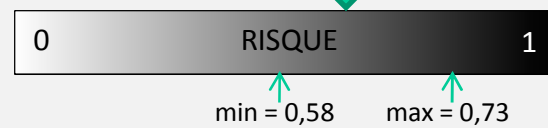
Résultats cartographiques



Risque pour la zone d'intérêt

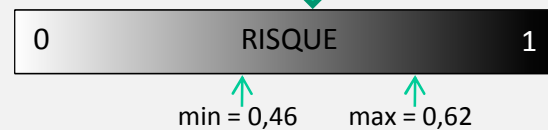
Risque pour les eaux
souterraines

Moyenne = 0,65



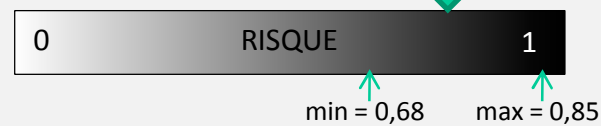
Risque pour les eaux de
surface (ruissellement)

Moyenne = 0,53



Risque pour les eaux de
surface (érosion)

Moyenne = 0,79



PRECEDENT

Conclusions et perspectives



Centre wallon de Recherches agronomiques



Conclusions



Centre wallon de Recherches agronomiques

- Outil de monitoring qui permet le classement des parcelles les unes par rapport aux autres au sein d'une région donnée
- Évaluation de deux types de risque (eaux souterraines et eaux de surface), qui ne seront pas agrégés (pour une parcelle donnée on considérera le type de risque le plus important)
- Caractérisation de l'incertitude liée aux résultats de l'outil
- Validation des résultats fournis par l'outil
- Valorisation/adaptation de l'outil dans le cadre d'autres problématiques de pollution/protection (future DC Sols, ...)
- Nouveau projet avec le SPF Santé « *Actualisation de l'outil d'estimation des concentrations en produits phytopharmaceutiques dans les eaux souterraines en Belgique* »



... Perspectives



Thèse de doctorat

« Valorisation de l'information géomorphopédologique disponible, dans le cadre de la prédiction du transfert des pesticides du sol vers les eaux souterraines »

- Meilleure exploitation de l'information qualitative de la CNSW et des bases de données d'analyses des sols en laboratoire disponibles
- Collaborations : CRA-W, ULg-GxABT

Centre wallon de Recherches agronomiques



Etat de l'art



Centre wallon de Recherches agronomiques

- Faible valorisation des informations disponibles sur la morphologie (différenciation verticale) et les propriétés physico-chimiques des sols
- Prédiction déterministes (moyennes spatiales) des modèles souvent accompagnées d'une grande incertitude
- Précision des estimations fortement dépendante de la concordance entre échelle d'acquisition des données et échelle d'application du modèle
- Discordance fréquente entre échelle d'application du modèle (profil) et échelle d'exploitation des résultats
- ...

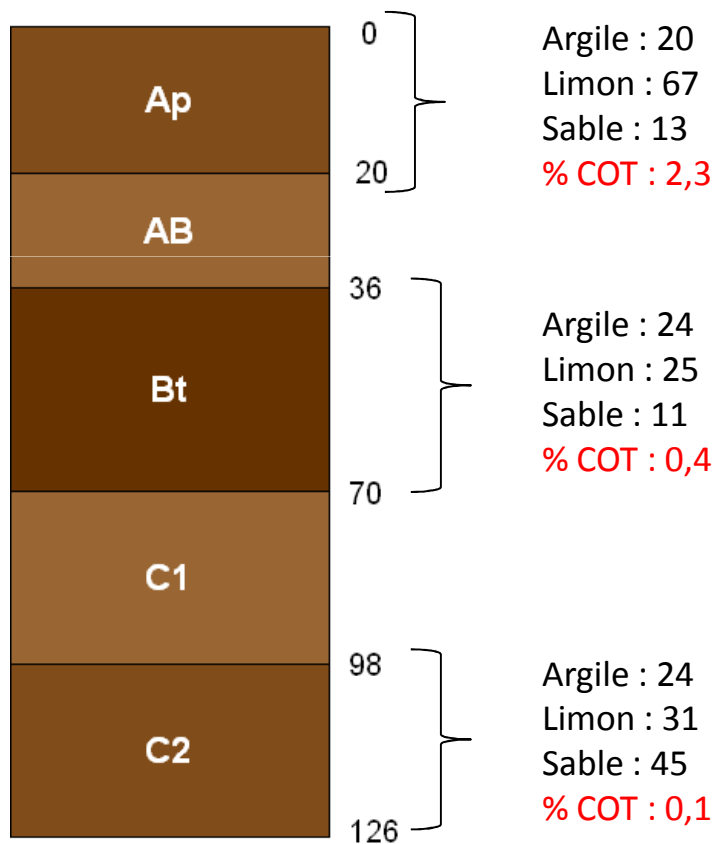


Axe 1 : variabilité verticale des sols



Prise en compte de la différenciation verticale des sols

Profil « Gbap0_1 » différencié



Profil « Gbap0_1 » moyen

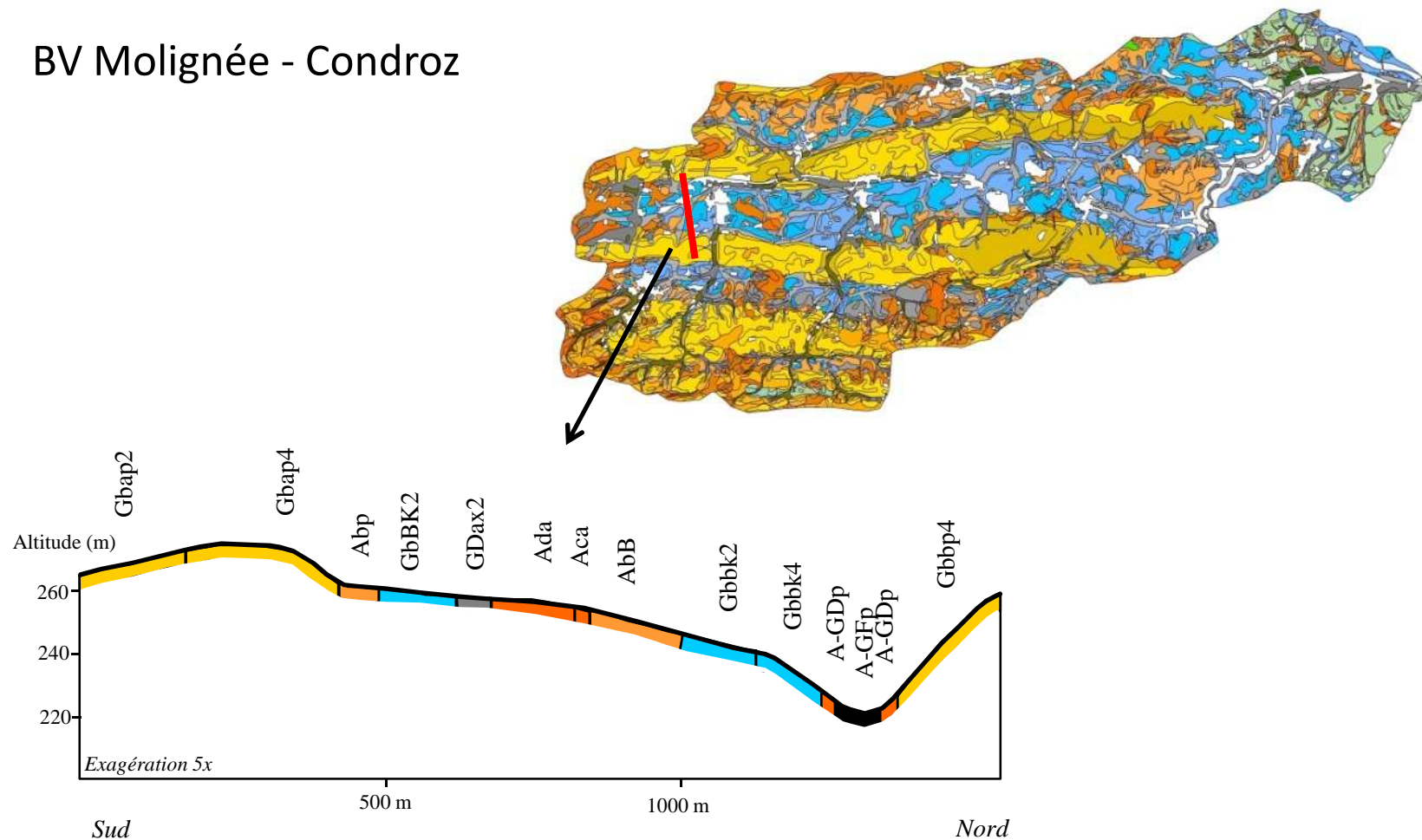
Argile : 22
Limon : 58
Sable : 18
% COT : 0,7

Axe 2 : variabilité spatiale des sols



Prise en compte de la variabilité spatiale sur base de toposéquences reflétant l'organisation spatiale des sols

BV Molinee - Condroz



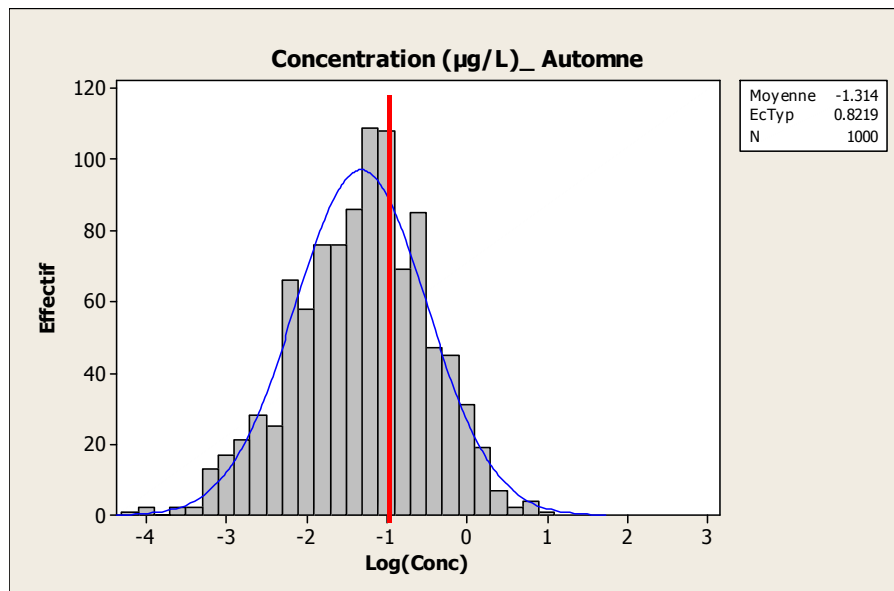
Centre wallon de Recherches agronomiques



Axe 2 : variabilité spatiale des sols



Analyse d'incertitude : approche déterministe *versus* approche stochastique (Monte carlo)



Paramètres les plus sensibles

Gbbp0_1

Paramètre	Valeur	Ecart-type
L	1	0,1
MO	1,3	0,3
VMF	1,41	0,141

L = Épaisseur du profil (m)

MO = Matière organique (%)

VMF = Densité apparente de la fraction minérale de sol (kg dm^{-3})

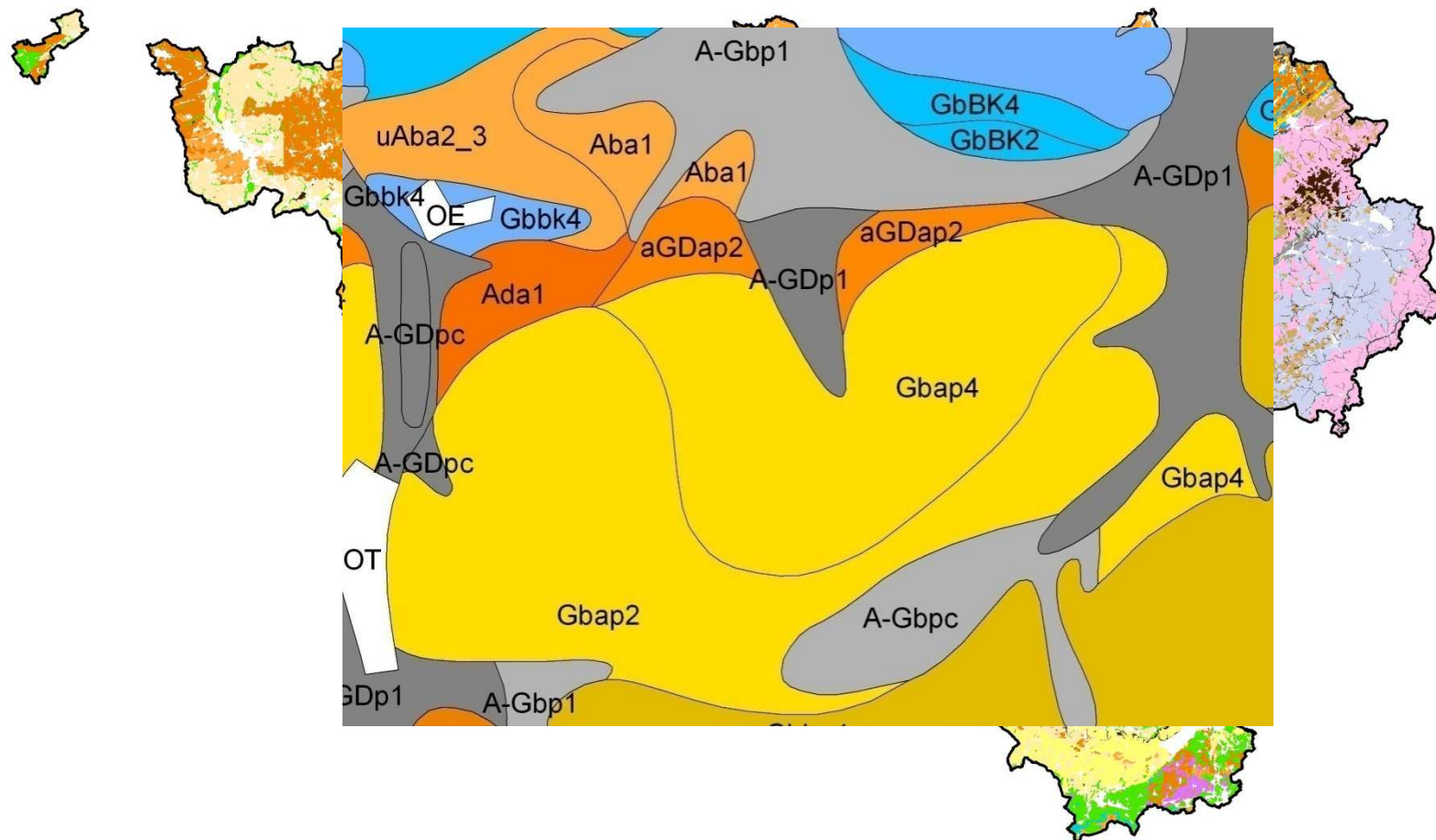


A partir de quelle probabilité le risque est-il acceptable ?

Axe 3 : problématique des échelles



Impact de l'échelle d'agrégation des données d'entrée
pédologiques sur les sorties du modèle



Centre wallon de Recherches agronomiques



...Merci de votre attention

