



HAL
open science

AguaFlash : Délivrable du GT3.2 : Détermination des zones à risque potentiel de contamination des eaux de surface sur les BV du Flumen et Alegria (Espagne) & Enxoé (Portugal)

Francis Macary, Odile Leccia, Paul Bordenave, R. Laplana, Kévin Petit, Daniel Uny, F. Saudubray, J.M. Sánchez-Pérez, S. Sauvage, J.L. Probst, et al.

► To cite this version:

Francis Macary, Odile Leccia, Paul Bordenave, R. Laplana, Kévin Petit, et al.. AguaFlash : Délivrable du GT3.2 : Détermination des zones à risque potentiel de contamination des eaux de surface sur les BV du Flumen et Alegria (Espagne) & Enxoé (Portugal). [Rapport de recherche] irstea. 2011, pp.40. hal-02595684

HAL Id: hal-02595684

<https://hal.inrae.fr/hal-02595684>

Submitted on 15 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Délivrable du GT3.2

Détermination des zones à risque potentiel de contamination des eaux de surface sur les BV du Flumen et Alegria (Espagne) & Enxoé (Portugal)

Auteurs du rapport :

Francis MACARY et Odile LECCIA

Cemagref-Bordeaux-ADBX

Ont également contribué sur un plan scientifique à ces travaux pour la GT3.2 :

- Cemagref-ADBX : Paul BORDENAVE, Ramon LAPLANA, Kévin PETIT, Daniel UNY, Frédéric SAUDUBRAY.
- CNRS -ECOLAB : José-Miguel SANCHEZ-PEREZ, Sabine SAUVAGE, Jean-Luc PROBST.
- INPT-ENSAT : Georges MERLINA.
- CSIC : Francisco A. Comín, César Pedrocchi, Nadia Darwiche, Ricardo Sorando.
- Universidad del País Vasco: Iñaki Antigüedad, Estilita Ruiz, Itsasne Cerro.
- INRB- L-INIA : Maria da Conceição Gonçalves, Ramiro Neves, Inocêncio Seita Coelho, Manuel Luis Fernandes, David Brito.

Juin 2011



CSIC



INRB, I.P.
Instituto Nacional dos Recursos Biológicos, I.P.

INTRODUCTION

L'objectif global du projet SUDOE Interreg IV B « Aguaflash » est le développement d'une méthode d'évaluation des risques de dégradation de la qualité des eaux dans les bassins versants agricoles au cours de crues, transposable aux bassins versants de Sudoe.

Il répond ainsi à la priorité européenne du renforcement de la protection et de la conservation durable de l'environnement et des milieux naturels dans les régions du SUDOE, plus particulièrement dans le cadre d'une problématique de préservation de la qualité de la ressource en eau potable, en période de crue.

Le groupe de tâches GT3 a pour objectifs dans une première phase (GT3.1) de mettre au point la méthode de détermination des zones à risque potentiel de contamination des eaux de surface sur le BV la Save, puis le test de cette méthode. La seconde phase (GT 3.2) prévoit l'application de cette démarche sur les trois autres bassins versants étudiés dans ce projet : Flumen et Alegria en Espagne ; Enxoé au Portugal.

Ce livrable GT3.2 indique les éléments méthodologiques et les résultats finaux obtenus par bassin versant, la démarche générale ayant été déjà exposée en détails dans les livrables GT3.1a et b.

Le bassin versant du Flumen présente une surface de 1430 km² ce qui permet de le comparer d'un point de vue de sa dimension à celui de la Save (1150 km²). Alors que les deux autres BV sont de tailles nettement inférieures : 94 km² pour le BV d'Alegria et 60 km² pour l'Enxoé.

Ces quatre BV se distinguent également par les conditions climatiques différentes :

Le BV Save est sous influence océanique (700-800 mm pluviométrie annuelle) mais avec un déficit hydrique de l'ordre de 200mm. Le Flumen est sous climat continental semi aride : la pluviométrie annuelle y est de l'ordre de 400 mm avec une évapotranspiration de même niveau. Le BV Alegria est sous influence continentale: la pluviométrie est de l'ordre de 600 mm/an. Le BV Enxoé est de type méditerranéen sec : la pluviométrie annuelle y est d'environ 450 mm mais essentiellement d'octobre à avril. L'évapotranspiration est très forte (environ 1250 mm /an).

Ces conditions climatiques conditionnent directement la nature des cultures et occupation du sol ainsi que les pratiques culturales. De plus, les conditions arides ou semi aride engendrent des orages parfois très violents qui expliquent des crues importantes. Aussi dans l'étude des risques potentiels, il convient alors de modéliser de façon la plus fine possible le réseau hydrographique susceptible de recueillir les contaminants provenant des pratiques culturales.

1. Détermination des zones potentielles du risque de pollution des eaux de surface par les intrants agricoles à l'échelle du BV du Flumen

1.1. Élaboration des indicateurs simples de vulnérabilité des eaux de surface aux contaminants

Nous présenterons en suivant les valeurs finalisées des indicateurs de milieu traduisant la vulnérabilité des eaux de surface aux contaminants.

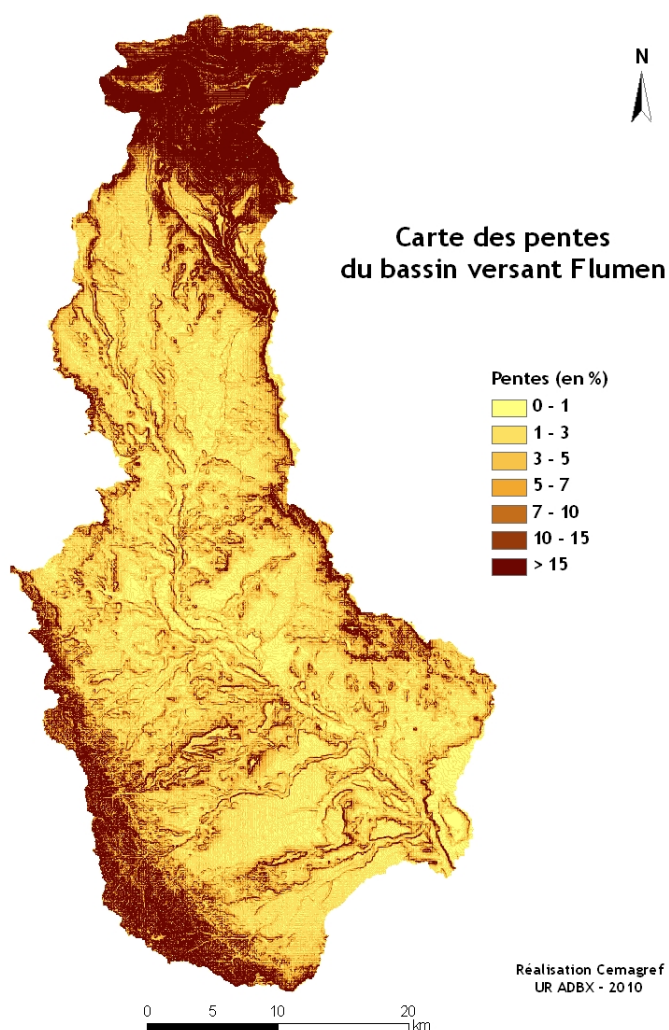
Toutes les notes retenues sont transformées en Indice base 100, au moment de l'intégration dans le modèle spatial développé sous SIG, de façon à éviter toute pondération indirecte de chaque indicateur.

1.1.1. Pente

Les pentes ont été obtenues à partir d'un Modèle Numérique de terrain (MNT) acquis à un pas de 40m et interpolé à 30m. Les classes de pente ont été choisies afin de mieux prendre en compte les phénomènes de ruissellement des eaux de surface. Les notes affectées à chaque classe tiennent compte des flux hydriques. Les valeurs résultantes sont les suivantes :

Classes de pentes	Note
> 15	11
[10 - 15 [10
[7- 10 [9
[5 - 7 [7
[3 - 5 [5
[1 - 3 [3
[0 - 1 [1

La partie nord du BV est située en zone de montagne. Le BV Flumen est caractérisé dans sa plus grande partie par des arrêtes rocheuses plantées sur des terrains à pente douce.

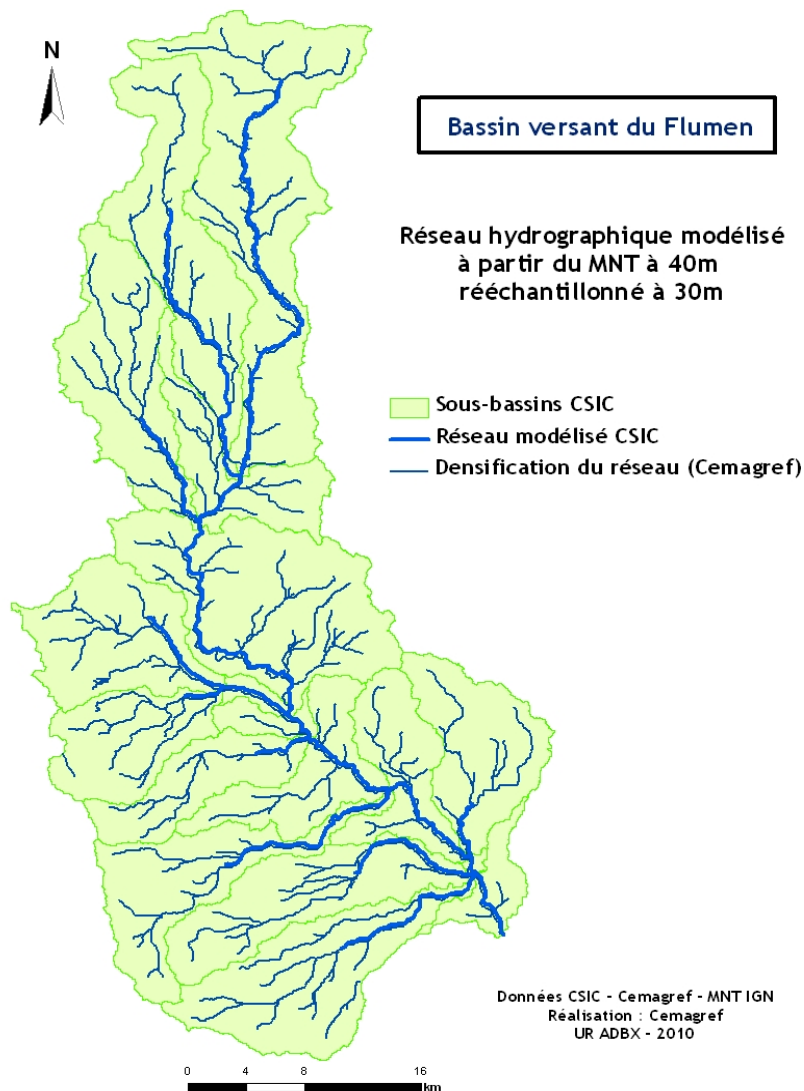


1.1.2. Distance aux cours d'eau

Le réseau hydrographique retenu résulte d'une modélisation hydrographique sous SWAT®. Il tient compte des cours d'eau principaux et du réseau secondaire afin d'optimiser les circuits hydriques en période de crues.

Nous avons retenu les cinq classes déjà exprimées sur le BV Save.

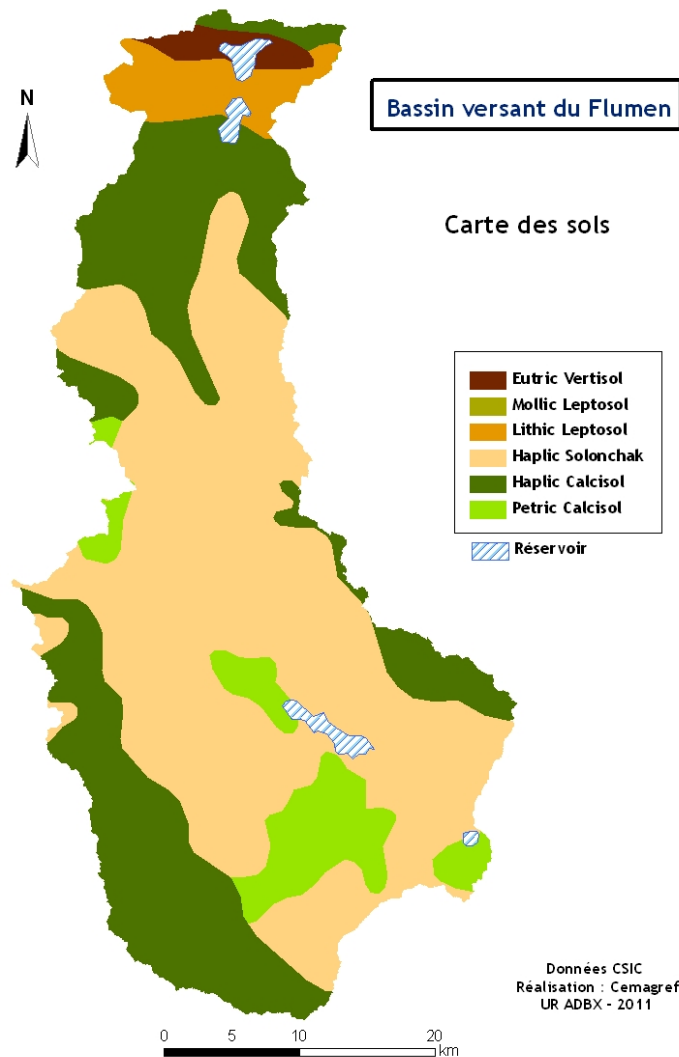
Distance au réseau hydro	Note
< 30 m (1pixel)	5
30 -60 (2 pixels)	4
60 -90 (3 pixels)	3
90-120 (4 pixels)	2
> 120 m (>4 pixels)	1



1.1.3. Nature des sols

Nous avons considéré les risques majeurs de contamination des eaux de surface (ESU) eu égard à la contribution des sols au ruissellement des ESU. Afin de permettre une meilleure compréhension des types de sol hors de cette région, nous avons adopté les appellations de la classification FAO. Les notes retenues sont les suivantes :

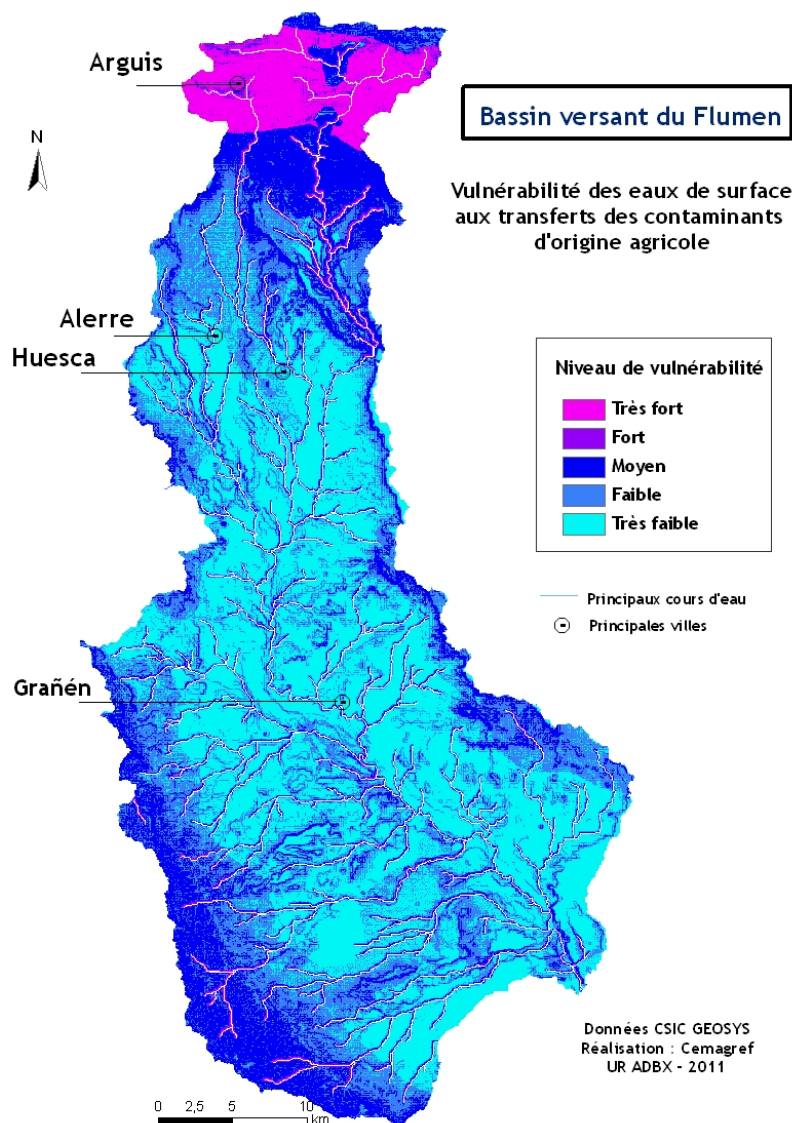
Nature des sols	Note
Lithic Leptosol	8
Eutric Vertisol	4
Haplic et Petric Calcisol	2
Haplic Solonchak	1



1.1.3. Vulnérabilité des eaux de surface

La vulnérabilité des eaux de surface aux contaminations des intrants d'origine agricole est liée aux éléments du milieu naturel représentés par les indicateurs simples précédemment évoqués : pente des terrains, distance des cultures au réseau hydrographique, nature des sols. A l'échelle de chaque maille (30m x 30m), la vulnérabilité résulte de l'addition des trois valeurs de ces indicateurs, ici sans pondération.

La carte ci après définit le gradient de vulnérabilité des eaux de surface. Le relief est un facteur prépondérant : la partie nord est très influencée par les montagnes pyrénéennes. Les classes de vulnérabilité sont établies en mode relatif suivant la discrétisation par la méthode des seuils naturels optimisés par Jenks.



1.2. Élaboration des indicateurs simples de pression agricole

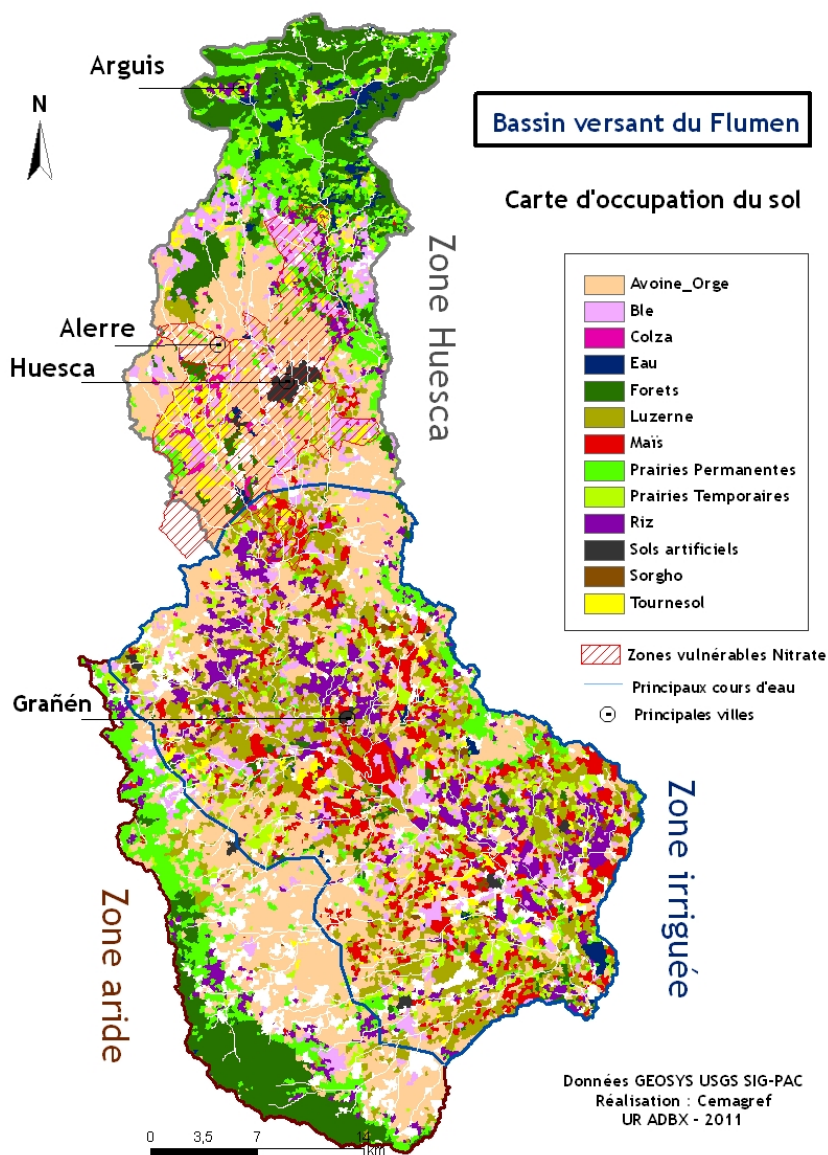
Les indicateurs de pression agricole ont été réalisés dans l'objectif de déterminer les zonages pour les trois types de risque suivants :

- Transferts des excès d'azote total (minéral et organique),
- Transferts de matières en suspension (MES),
- Transferts de produits phytosanitaires.

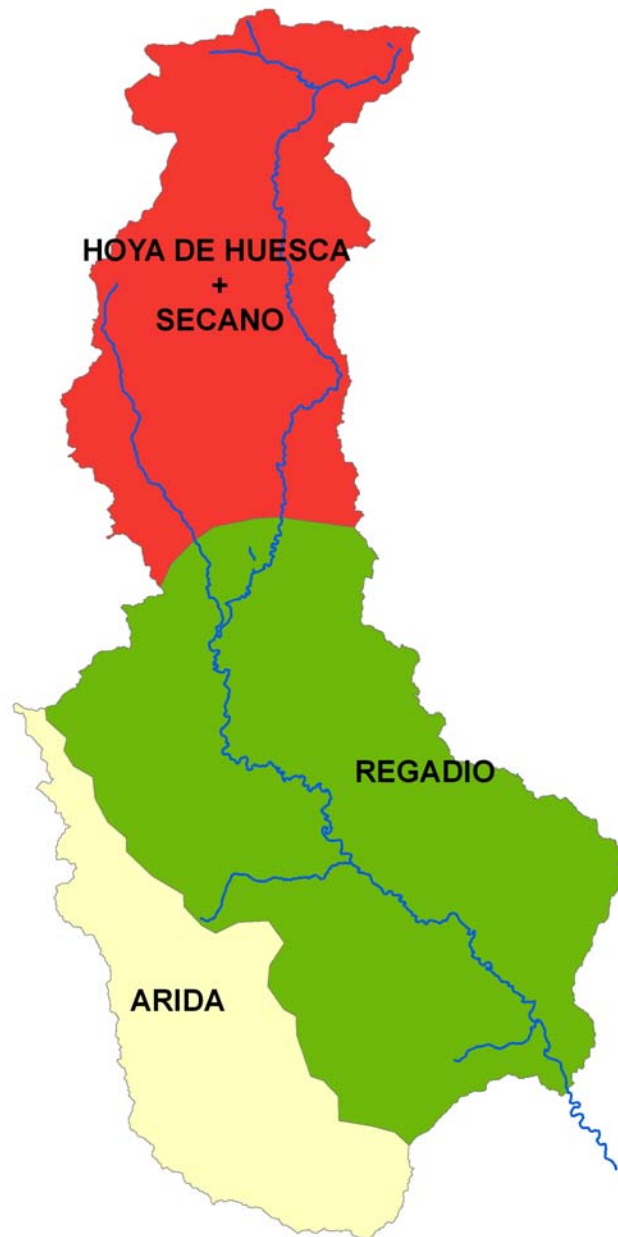
La détermination de la pression a d'abord été calculée pour chaque pixel de l'occupation du sol obtenu par une classification hybride qui résulte d'une part de la classification de cinq images satellitales Landsat 5TM couvrant toute la période végétative en 2009, avec les données de la PAC graphique.

Ensuite, une agrégation des valeurs du risque potentiel a été réalisée par la méthode des seuils naturels optimisée par Jenks, à l'échelle des sous bassins versants modélisés sous SWAT®.

La carte d'occupation des sols 2009 ci après présente une répartition des cultures en 11 catégories distinctes auxquelles se rajoutent les retenues d'eau et les sols artificiels (urbain).



Nous avons considéré trois zones différentes suivant les conditions pédo-climatiques : la zone sèche de Huesca au Nord ; la zone irriguée dans la partie centrale et coté est ; la zone aride dans les *Monegros* au sud-ouest. Sur chaque zone, des itinéraires techniques culturaux spécifiques ont été différenciés et les valeurs reportées pour obtenir les pressions en azote, pesticides, matières en suspension.



1.2.1 Pression agricole azotée

La pression azotée comprend les apports d'azote minéral sous forme de fertilisants chimiques et les apports d'azote organique par les déjections animales notamment dans la zone vulnérable. Les valeurs d'azote minéral par culture ont été déterminées par enquêtes de terrain sur les pratiques moyennes exercées sur le bassin versant pour les trois zones précitées.

Afin de tenir compte du fractionnement des apports, nous avons appliqué le coefficient correcteur des quantités totales suivant le fractionnement déjà testé sur le BV de la Save. La méthode est la suivante :

Nombre d'apports	Correction en % de l'apport total
1	100%
2	85%
3	75%
4 et plus	70%

La prise en compte des rejets des animaux essentiellement en élevages hors sol (dont le lisier est très concentré) est basée un apport de 100 N / ha de culture sur la zone vulnérable.

Ainsi les valeurs moyennes en azote total sont les suivantes :

Zone 1 irriguée : Regadio Azote minéral			
Culture	Qtés N kg/ha	Nbre apports	Qtés corrigées Azote minéral
Blé	120	2	102
Avoine, Orge	90	2	77
Riz	160	2	136
Colza	130	2	111
Maïs	200	2	170
Sorgho	100	2	85
Tournesol	40	1	34
Luzerne	0	0	0
Prairies P / landes	0	0	0

Zone 2 sèche : Hoya- Huesca Azote minéral			
Culture	Qtés N kg/ha	Nbre apports	Qtés corrigées Azote minéral
Blé	60	2	51
Avoine, Orge	40	1	40
Riz	-	-	-
Colza	70	2	60
Maïs	-	-	-
Sorgho	-	-	-
Tournesol	30	1	30
Luzerne	0	0	0
Prairies P / landes	0	0	0

Zone 3 Aride			
Culture	Qtés N kg/ha	Nbre apports	Qtés corrigées Azote minéral
Blé	40	1	40
Avoine, Orge	30	1	30
Riz	-	-	-
Colza	-	-	-
Maïs	-	-	-
Sorgho	-	-	-
Tournesol	20	1	20
Luzerne	0	0	0
Prairies P / landes	0	0	0

1.2.2. Transferts de matières en suspension

Les matières en suspension (MES) sont entraînées par ruissellement et ce d'autant plus que le sol est nu en période d'épisodes pluvieux. Lorsque des molécules phytosanitaires principalement insolubles en milieu aqueux sont épandues à ce moment, elles peuvent être adsorbées sur les particules et entraînées dans le ruissellement vers les eaux de surface.

Afin d'apprécier la pression liée aux transferts de ces MES, nous avons effectué une notation suivant la couverture du sol à différentes périodes de l'année et en fonction de la largeur entre les rangs de semis.

Type d'occupation du sol	Note pixel
Mais	8
Sorgho	8
Tournesol	8
Colza	5
Blé	4
Avoine, Orge	4
Riz	2
Luzerne	1
Prairies / Landes	1
Forêt	1

1.2.3. Pression en produits phytosanitaires

La pression phytosanitaire est appréciée suivant le nombre de traitement appliqué car l'Indice de Fréquence de Traitement (IFT) régional pour chaque culture appliqué sur la Save n'est pas calculé en Espagne et Portugal. Il tient compte des molécules concernant les herbicides, fongicides, insecticides et acaricides.

Occupation du sol	Zone 1 Irriguée	Zone 2 Hoya- Huesca	Zone 3 Arida
Blé	2	1	1
Avoine, Orge	2	1	1
Riz	4	-	-
Colza	3	3	-
Mais	2	-	-
Sorgho	1	-	-
Tournesol	1	-	-
Luzerne	3	3	3
Prairies / landes	0	0	0

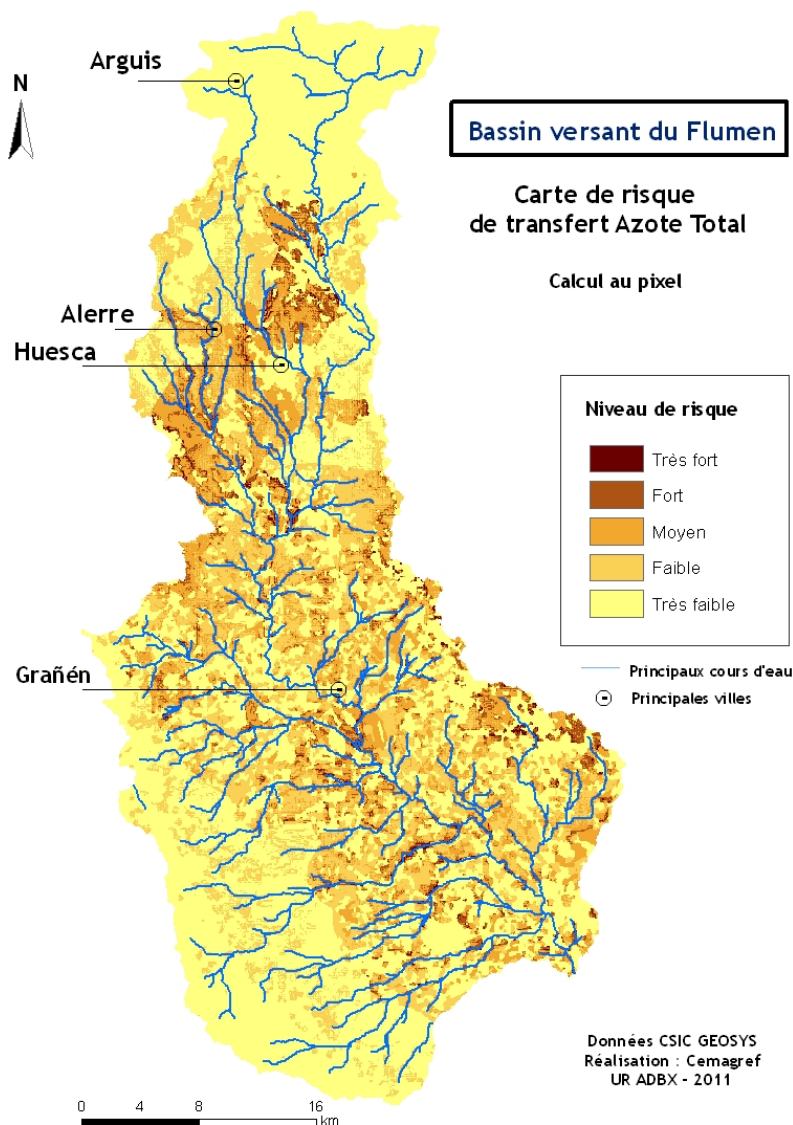
1.3 Résultats obtenus pour la détermination des zones potentielles du risque de pollution des eaux de surface par les intrants agricoles à l'échelle du BV du Flumen

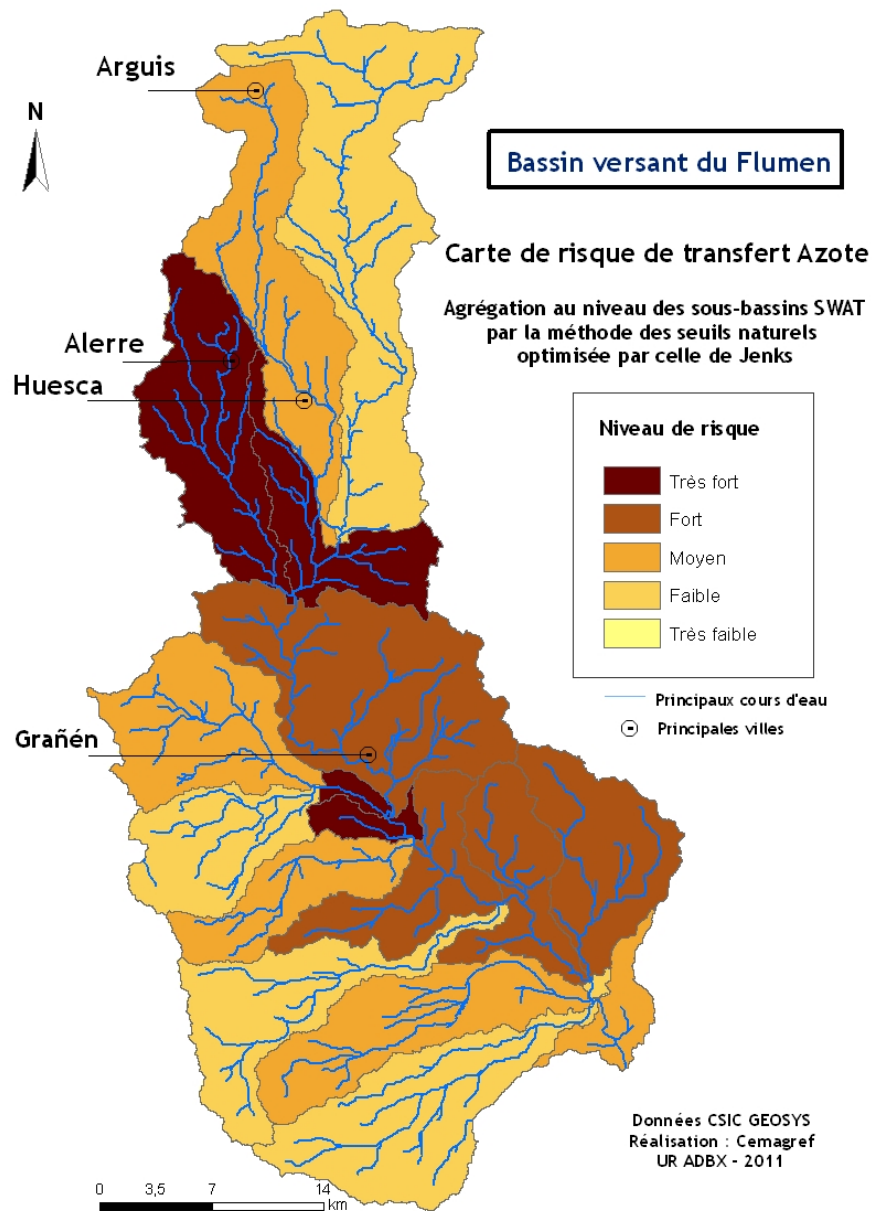
Les risques potentiels de transferts des intrants dans les eaux de surface ont été estimés au niveau de chaque pixel.

A cette échelle, la visualisation des résultats n'apparaît pas de façon suffisante pour qu'ils puissent être utilisés pour l'aide à la décision des gestionnaires. En conséquence, comme énoncé précédemment, nous avons réalisé une agrégation des valeurs pixélisées pour chaque sous bassin versant modélisé sous SWAT®.

1.3.1 Risques de contamination par les transferts azotés

Les cartes ci après expriment le niveau de risque spatialisé des contaminations des eaux de surface par les transferts azotés aux différentes échelles spatiales précitées. Afin de permettre une visualisation opérationnelle de la discrétisation, nous présenterons les agrégations aux Sous bassins modélisés SWAT®.

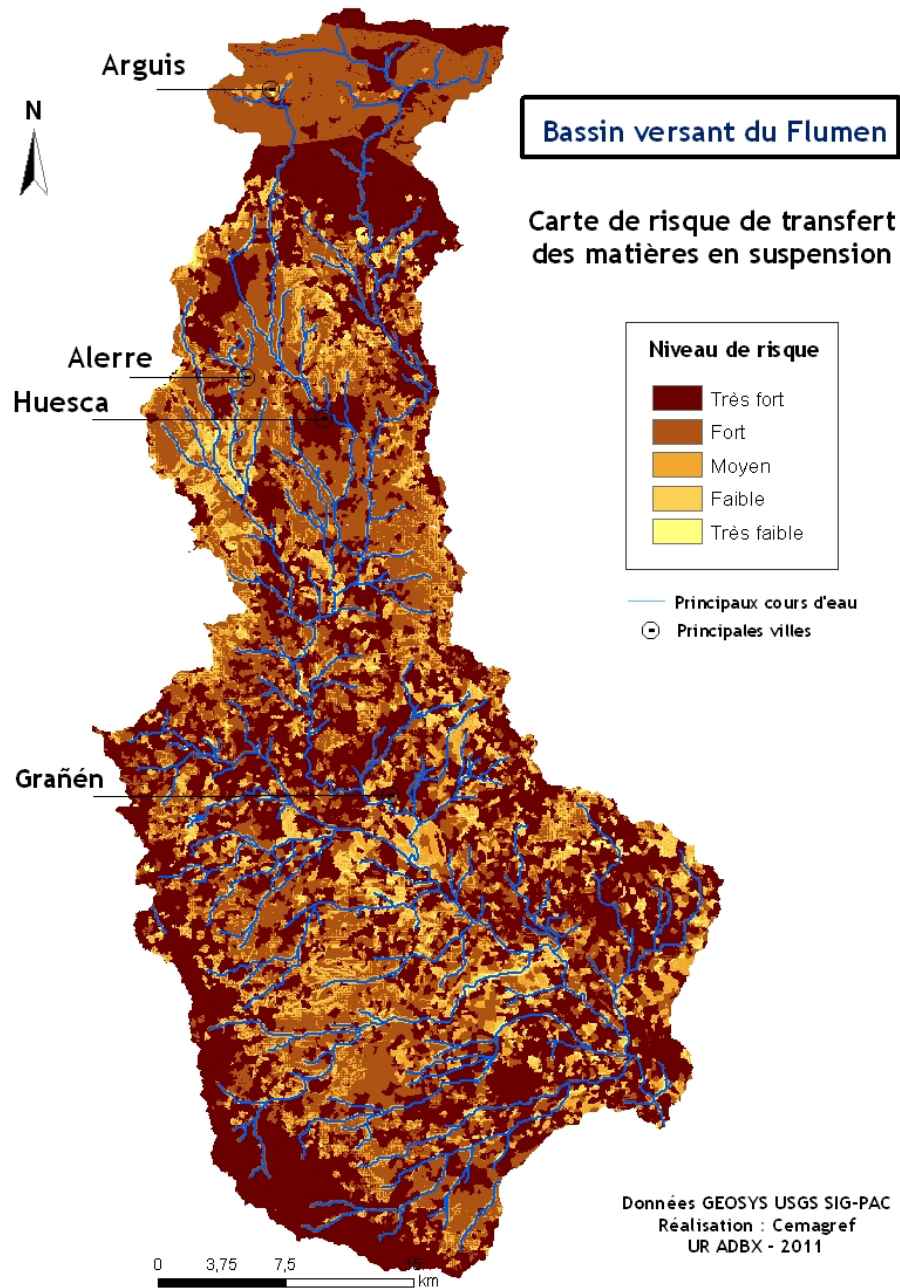




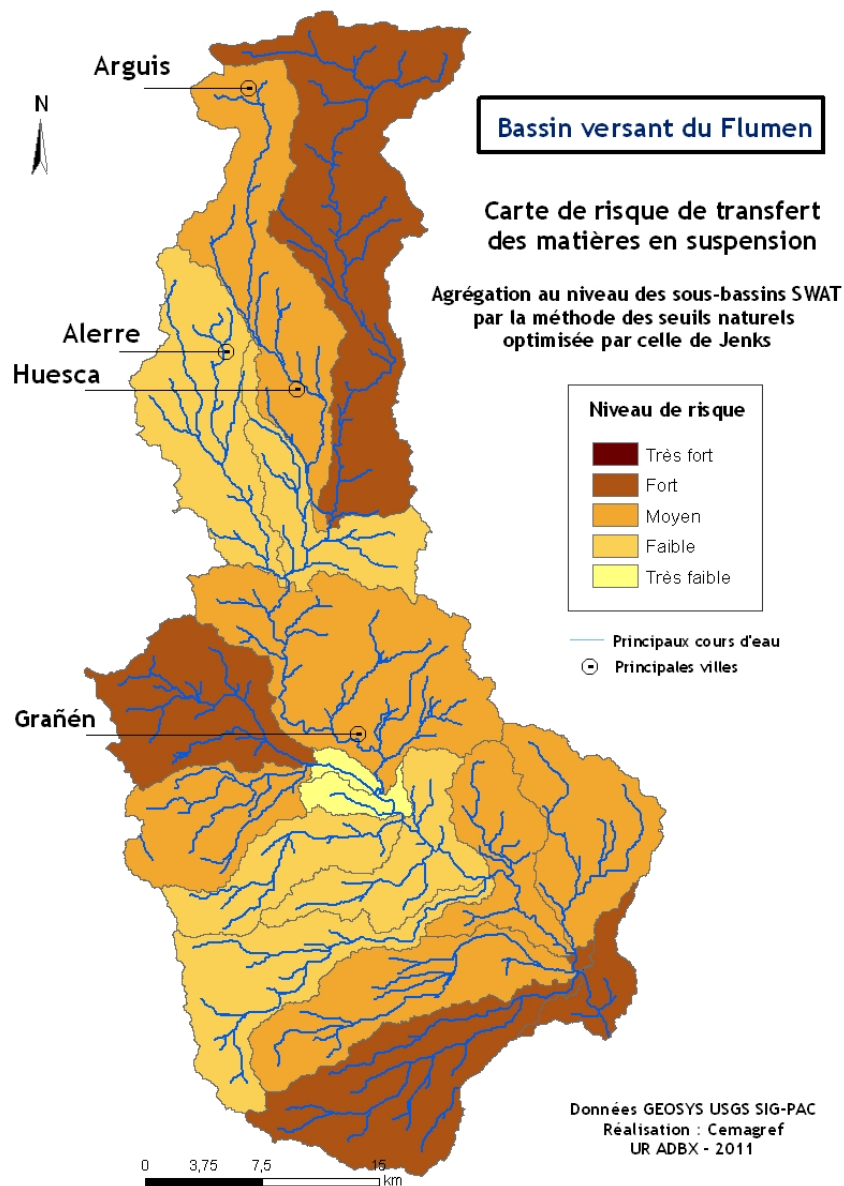
L'agrégation des valeurs de risque de transfert de l'azote vers les eaux superficielles montre nettement les zonages dominants dans la région irriguée ainsi que dans les zones vulnérables nitrates.

1.3.2 Risques de contamination par les matières en suspension

La carte ci après établie au niveau des pixels représentent les risques de transferts des MES. A cette échelle, sa lecture semble mettre en évidence un risque élevé de contamination des eaux de surface par les MES. Cela peut s'expliquer par le relief très particulier modélisé par le MNT extrapolé à 30m. Hormis la zone nord montagneuse, la partie centrale est relativement plate mais avec des barres rocheuses et divers monticules qui peuvent expliquer cette tendance.

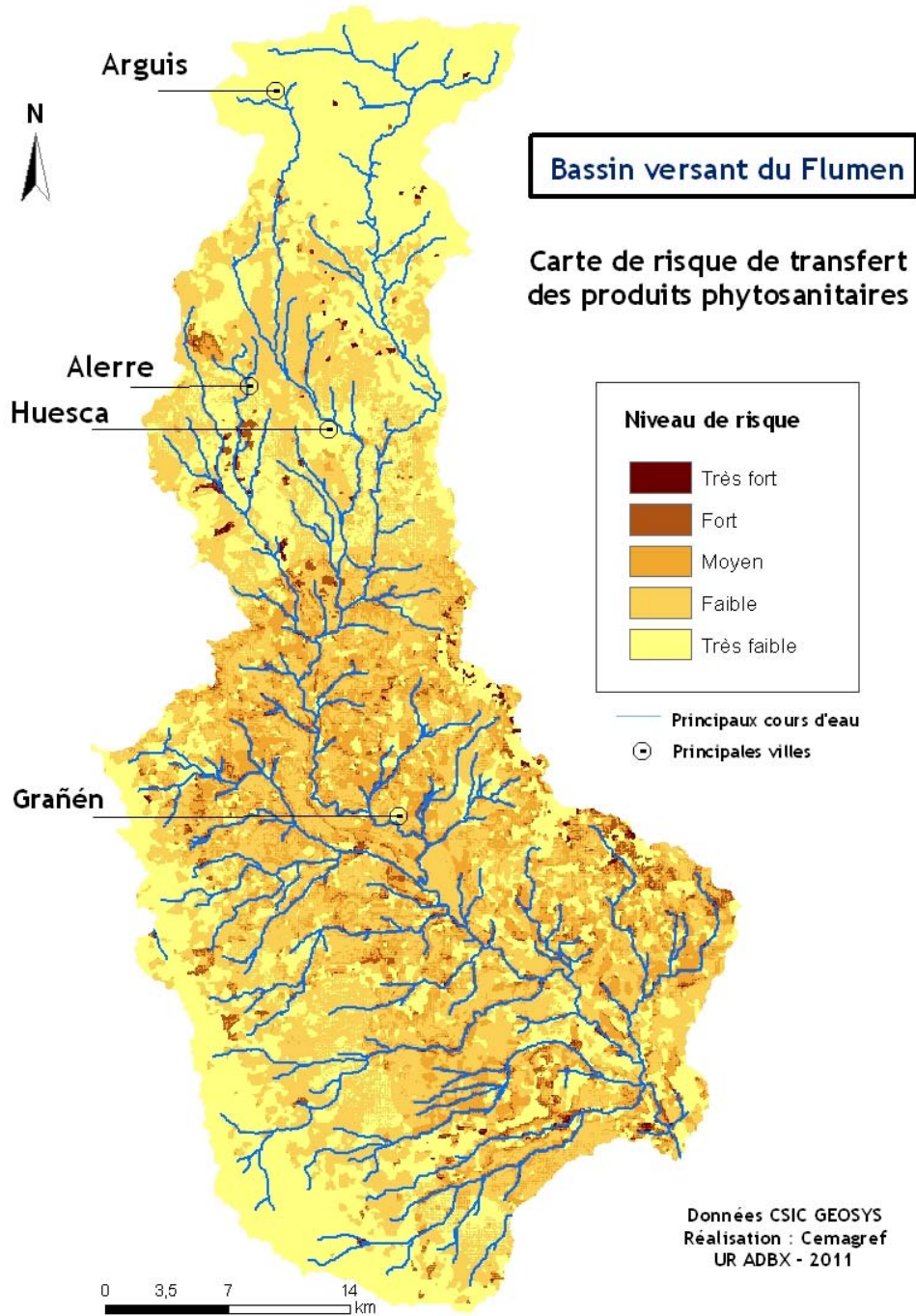


La carte ci-dessous présente les niveaux de risque de transferts des matières en suspension avec certaines molécules phytosanitaires adsorbées à l'échelle des sous bassins modélisés sous SWAT®.



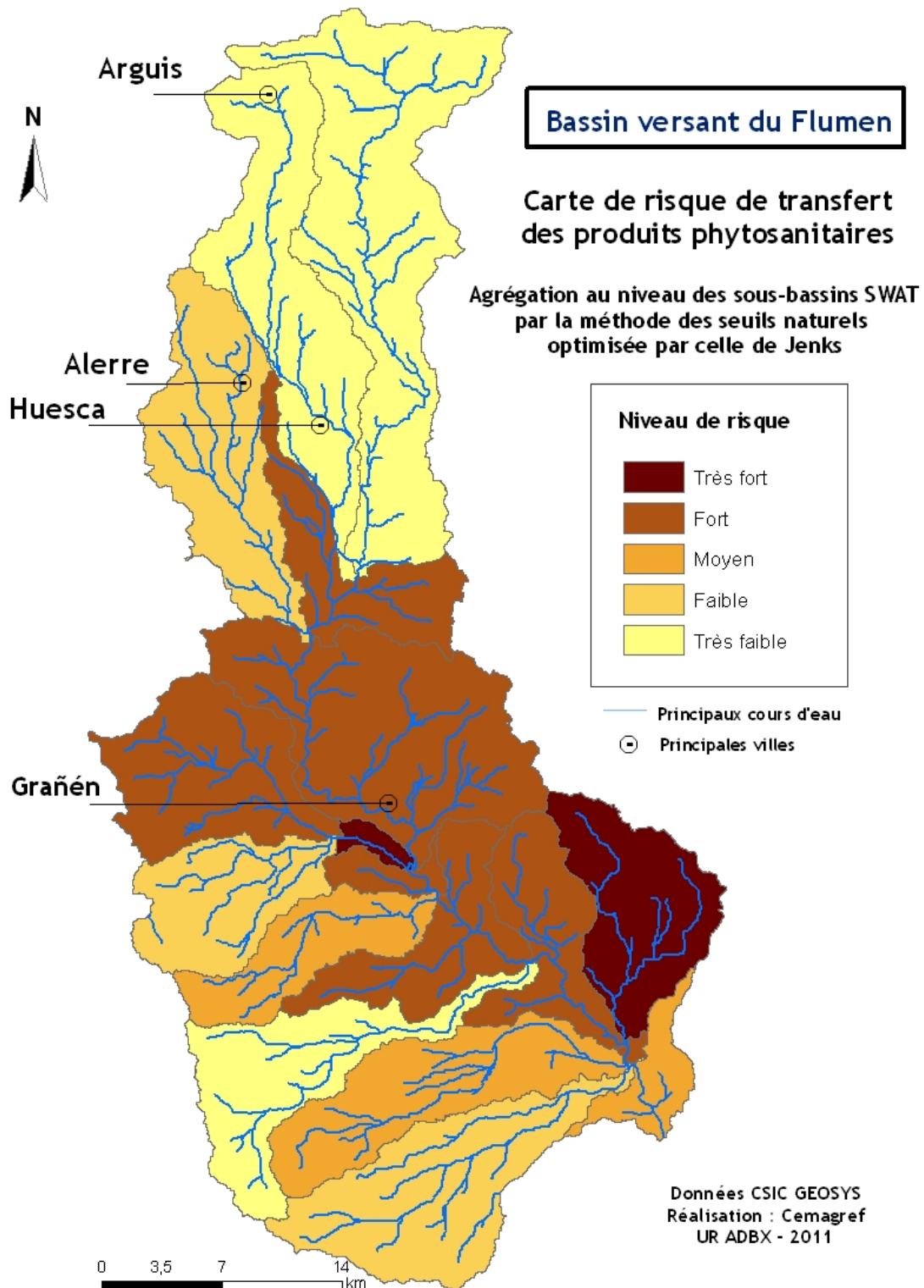
1.3.3 Risques de contamination par les produits phytosanitaires

La carte établie au niveau des pixels révèle une tendance de contamination dans la zone irriguée, mais une agrégation des valeurs du risque est nécessaire afin de mieux visualiser les principales zones concernées.



La carte ci après résulte de l'agrégation à l'échelle des sous bassins modélisés sous SWAT®.

Elle montre nettement le risque accru dans la zone irriguée dont les assolements et les pratiques intensives conduisent à des niveaux de traitements nettement plus élevés que dans le reste du BV.



Discussion et Conclusion à l'étude sur le BV du Flumen

Les cartes de risques de contaminations pour les excédents azotés et les produits phytosanitaires présentent des niveaux de risques les plus élevés dans la partie irriguée du BV, secteur où l'intensification des systèmes de conduite culturaux est la plus forte. En revanche, les niveaux de risque de transferts des matières particulaires est dominant là où la vulnérabilité des eaux de surface est la plus forte également, la zone montagneuse et les parties à relief. Cependant une partie des phytosanitaires insolubles sont entraînés par les MES et donc avec un risque plus fort dans ce secteur.

Ces zonages présentent des niveaux de risques évalués au maximum lors des périodes de crues, compte tenu de l'importance accordée au réseau hydrographique. Cette cartographie couplée à la détermination quantitative des flux (GT4) constitue la base méthodologique pour l'outil d'aide à la décision conçu en GT5, sur un grand bassin versant (> 1000 km²) de SUDOIE en condition semi-aride.

2. Méthode de détermination des zones potentielles du risque de pollution des eaux de surface par les intrants agricoles à l'échelle du BV de l'Alegria

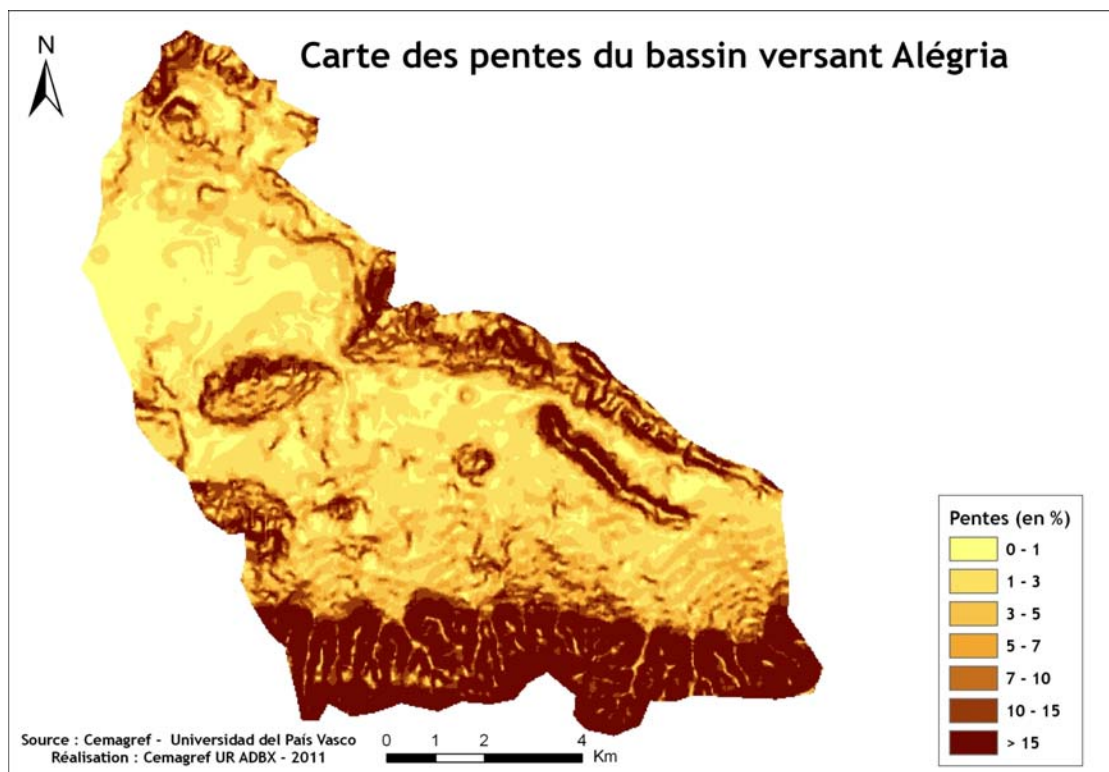
2.1. Élaboration des indicateurs simples de vulnérabilité des eaux de surface aux contaminants

Nous présenterons en suivant les valeurs finalisées des indicateurs de milieu traduisant la vulnérabilité des eaux de surface aux contaminants.

Toutes les notes retenues sont transformées en Indice base 100, au moment de l'intégration dans le modèle spatial développé sous SIG, de façon à éviter toute pondération indirecte de chaque indicateur.

2.1.1. Pente

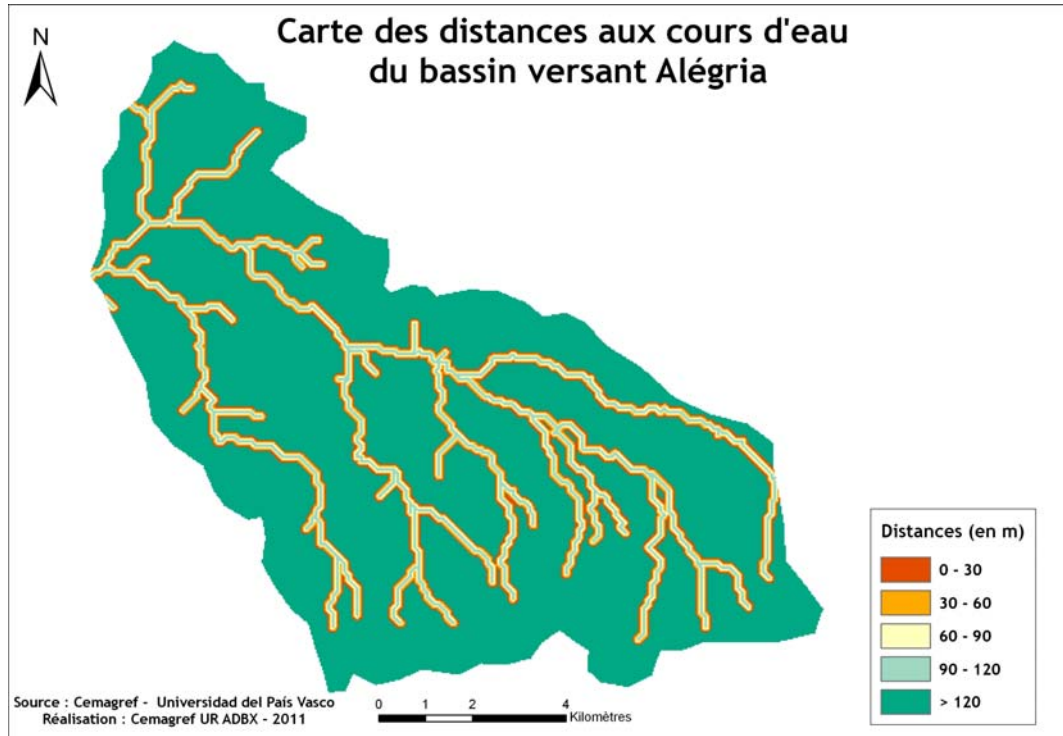
Les mêmes classes de pente que celles du Flumen ont été retenues afin de mieux prendre en compte les phénomènes de ruissellement des eaux de surface. Les notes affectées à chaque classe ont été établies pour optimiser la prise en compte des flux hydriques.



2.1.2. Distance aux cours d'eau

Le réseau hydrographique retenu résulte d'une modélisation hydrographique sous SWAT®. Il retient les cours d'eau principaux et le réseau secondaire afin d'optimiser les circuits hydriques en période de crues.

Nous avons établi cinq classes déjà exprimées sur le BV Save et le BV Flumen.

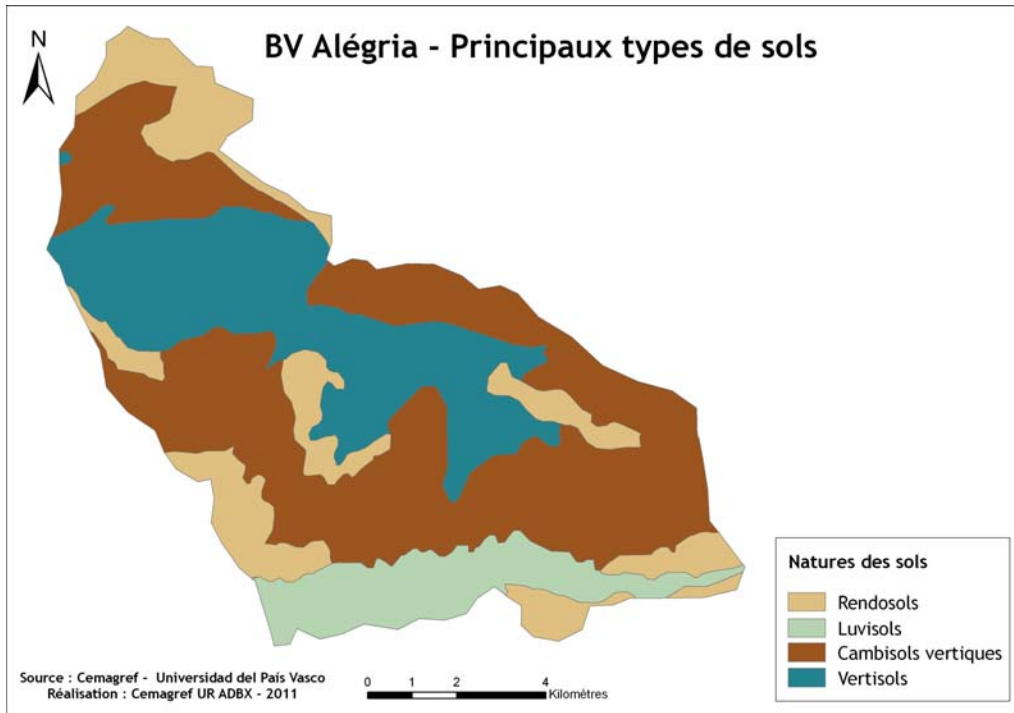


2.1.3. Nature des sols

La spécificité du BV Alegria est la présence d'une nappe aquifère du quaternaire, qui capte ou fourni de l'eau en fonction des conditions hydrologiques. Nous avons considéré les risques majeurs de contamination des eaux de surface (ESU) et d'infiltration vers la nappe eu égard à la contribution des sols.

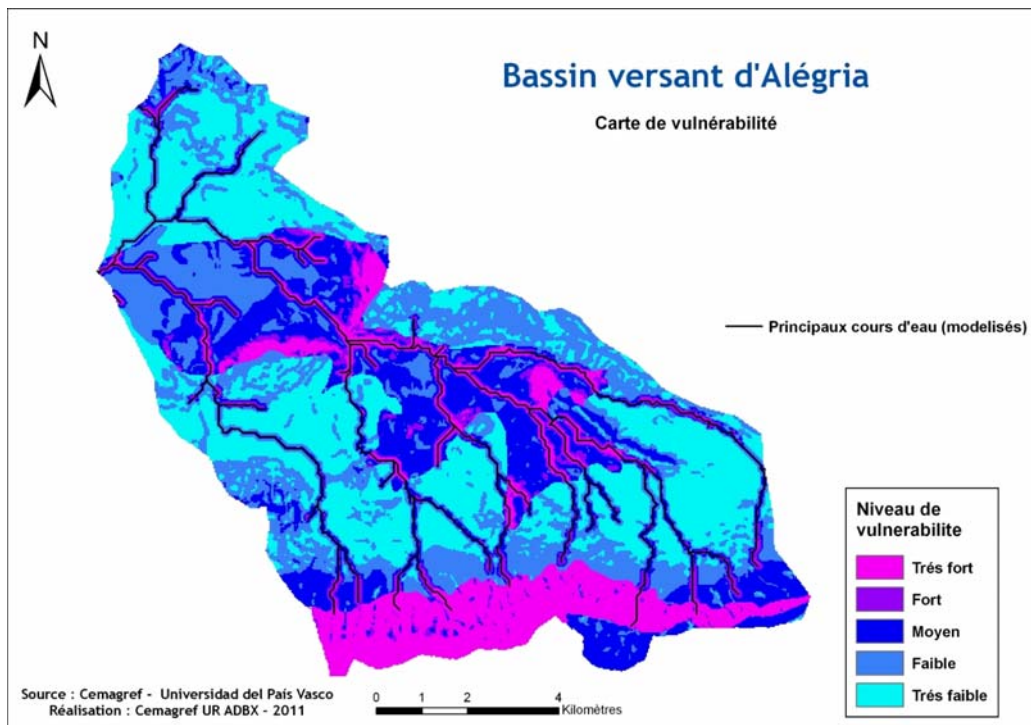
Afin de permettre une meilleure compréhension des types de sol hors de cette région, nous avons adopté les appellations de la classification FAO. Les notes retenues sont les suivantes :

Nature des sols	Note / pixel
Rendosols	8
Luvisols	4
Cambisols vertiques	2
Vertisol	1



2.1.4. Vulnérabilité des eaux de surface

La vulnérabilité des eaux de surface aux contaminations des intrants d'origine agricole est liée aux éléments du milieu naturel appréciés par les indicateurs simples précédemment évoqués : pente des terrains, distance des cultures au réseau hydrographique, nature des sols. A l'échelle de chaque maille (30m x 30m), elle résulte de l'addition des trois valeurs de ces indicateurs, ici sans effet de pondération.



2.2. Élaboration des indicateurs simples de pression agricole

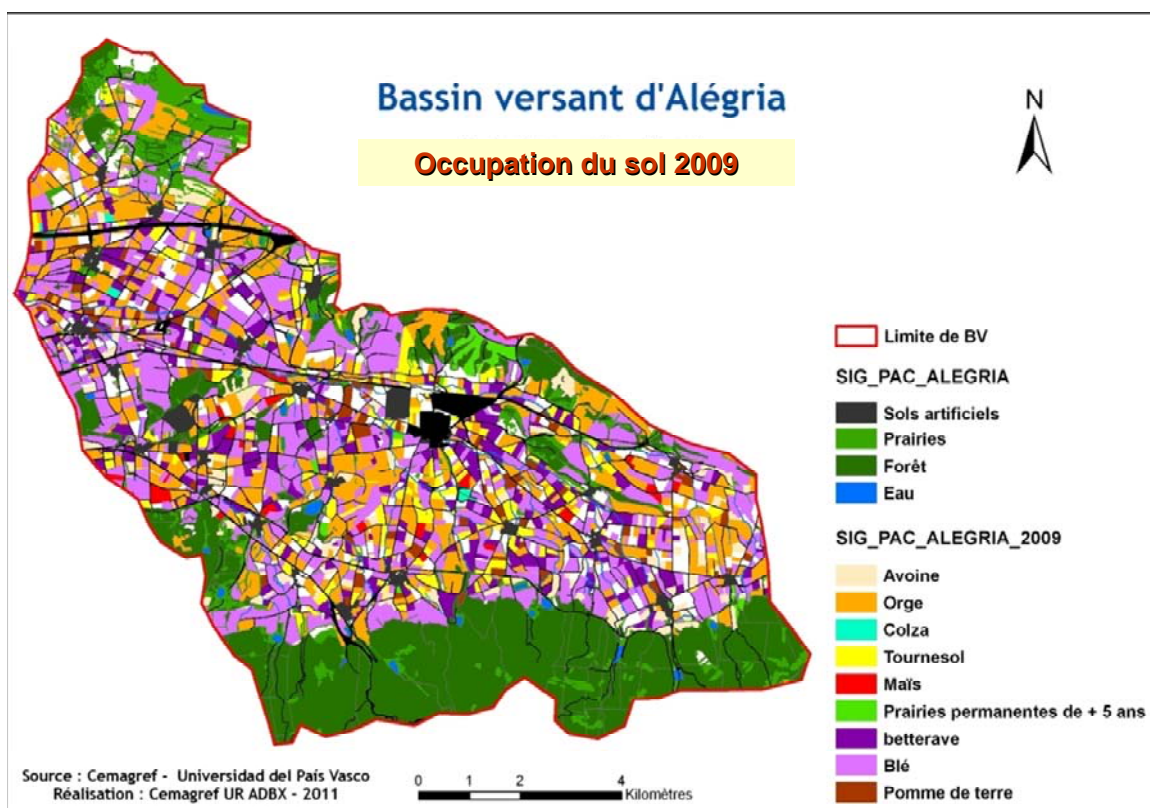
Les indicateurs de pression agricole ont été réalisés dans l'objectif de déterminer les zonages pour les trois types de risque suivants :

- Transferts des excès d'azote total (minéral et organique),
- Transferts de matières en suspension (MES),
- Transferts de produits phytosanitaires.

Sur ce BV de petite taille (94 km²), l'occupation du sol en 2009 a été déterminée à partir du SIG du site officiel de la PAC à l'échelle des parcelles agricoles. Nous avons pu ainsi limiter l'erreur habituelle due à la classification des images satellitales par confusion des réflectances de la végétation (environ 20% à 30%).

Les calculs de risque ont été déterminés à l'échelle de la maille de l'indicateur de vulnérabilité (30m x 30m), puis une agrégation des valeurs du risque potentiel a été réalisée par la méthode des seuils naturels optimisée par Jenks, à l'échelle des sous bassins modélisés sous SWAT®.

La carte d'occupation des sols 2009 ci après présente une répartition des cultures en 11 catégories distinctes auxquelles se rajoutent les retenues d'eau et les sols artificiels (urbain).



2.2.1 Pression agricole azotée

La pression azotée comprend les apports d'azote minéral sous forme de fertilisants chimiques. La faible présence d'animaux nous a conduit à négliger les apports d'azote organique par les déjections animales notamment dans les prairies. Les valeurs d'azote minéral par culture ont été déterminées par enquêtes de terrain sur les pratiques moyennes exercées sur le bassin versant.

Afin de tenir compte du fractionnement des apports, nous avons appliqués le même coefficient correcteur des quantités totales suivant le fractionnement que précédemment.

Ainsi les valeurs moyennes en azote total sont les suivantes :

Culture	Qtés N kg/ha	Nbre apports	Qtés corrigées Azote minéral
Maïs	89	2	76
Tournesol	45	2	38
Betteraves sucrières	201	2	171
Pommes de terre	196	2	167
Colza	200	2	170
Blé	209	2	178
Orge	195	2	166
Avoine,	90	2	77
Prairies (permanentes / Temporaires:graminées)	50	2	43
Légumineuses	0	0	0
Jachère	0	0	0
Forêt	0	0	0

2.2.2. Transferts de matières en suspension

Les matières en suspension (MES) sont entraînées par ruissellement et ce d'autant plus que le sol est nu en période d'épisodes pluvieux. Lorsque des molécules phytosanitaires principalement insolubles en milieu aqueux sont épandues à ce moment, elles peuvent être adsorbées sur les particules et entraînées dans le ruissellement vers les eaux de surface.

Afin d'apprécier la pression liée aux transferts de ces MES, nous avons effectué une notation suivant la couverture du sol à différentes périodes de l'année et en fonction de la largeur entre les rangs de semis.

Type d'occupation du sol	Note pixel
Maïs	8
Tournesol	8
Betteraves sucrières	6
Pommes de terre	6
Colza	5
Blé	4
Orge	4
Avoine,	4
Prairies (permanentes / temporaires)	1
Jachère	1
Forêt	1

2.2.3. Pression en produits phytosanitaires

La pression phytosanitaire est appréciée suivant le nombre de traitement appliqué car l'Indice de Fréquence de Traitement (IFT) régional pour chaque culture appliqué sur la Save n'est pas calculé en Espagne et Portugal. Il tient compte des molécules concernant les herbicides, fongicides, insecticides et acaricides.

Nombres de traitements / an	
Occupation du sol	Nb Trait
Maïs	2
Tournesol	1
Betteraves sucrières	10
Pommes de terre	12
Colza	6
Blé	2
Orge	2
Avoine	1
Prairies (permanentes /temporaires)	0
Jachère	0
Forêt	0

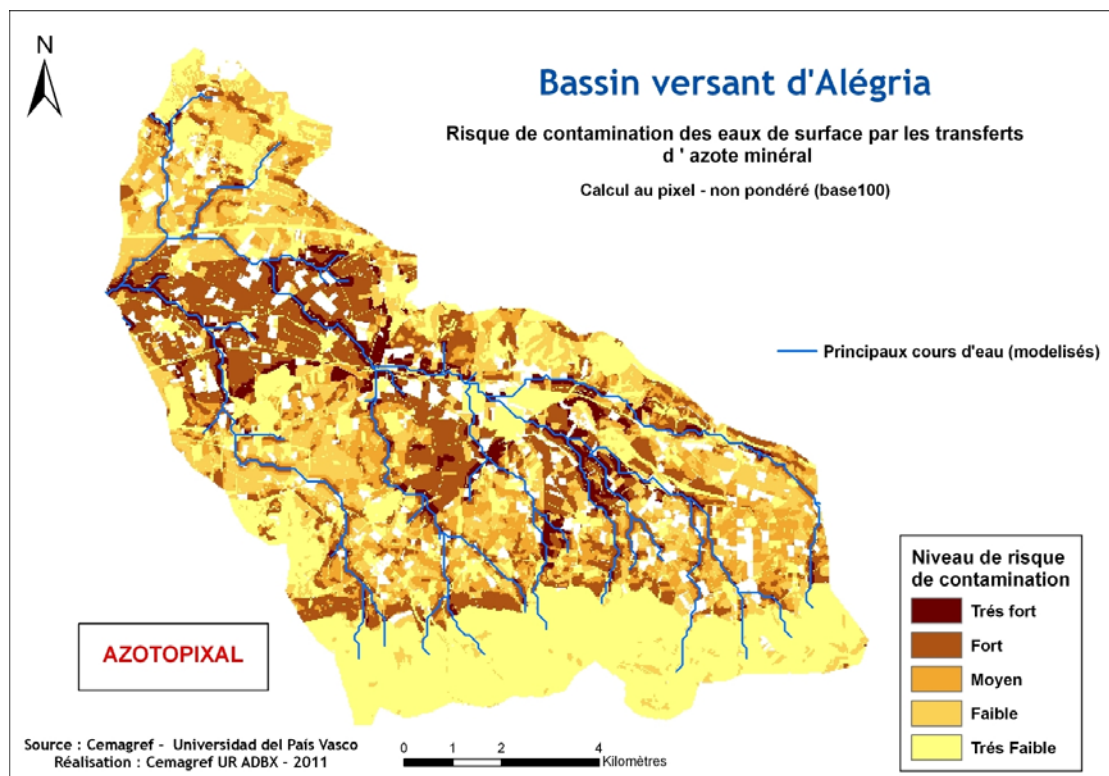
2.3 Résultats obtenus pour la détermination des zones potentielles du risque de pollution des eaux de surface par les intrants agricoles à l'échelle du BV de l'Algérie

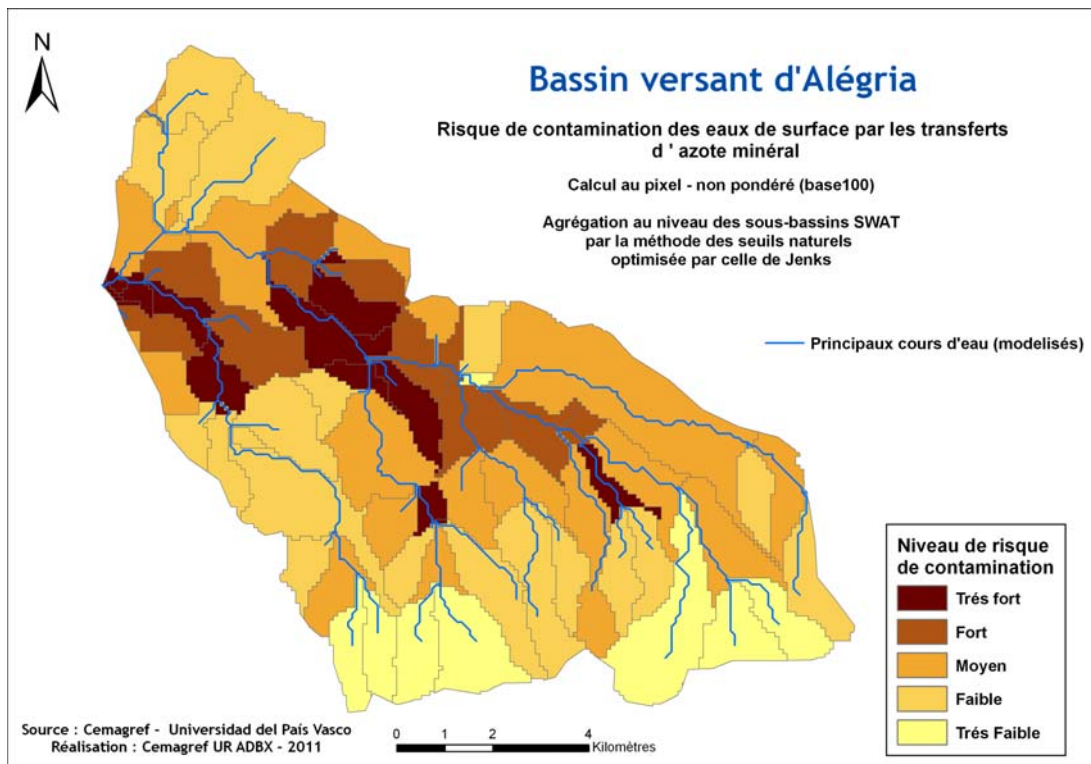
Les risques potentiels de transferts des intrants dans les eaux de surface ont été estimés au niveau de chaque pixel.

A cette échelle, les résultats n'apparaissent pas de façon suffisante pour être utilisés pour l'aide à la décision des gestionnaires. En conséquence, comme énoncé précédemment, pour le BV FLUMEN, nous avons réalisé une agrégation des valeurs pixélisées pour chaque sous bassin versant modélisé sous SWAT®.

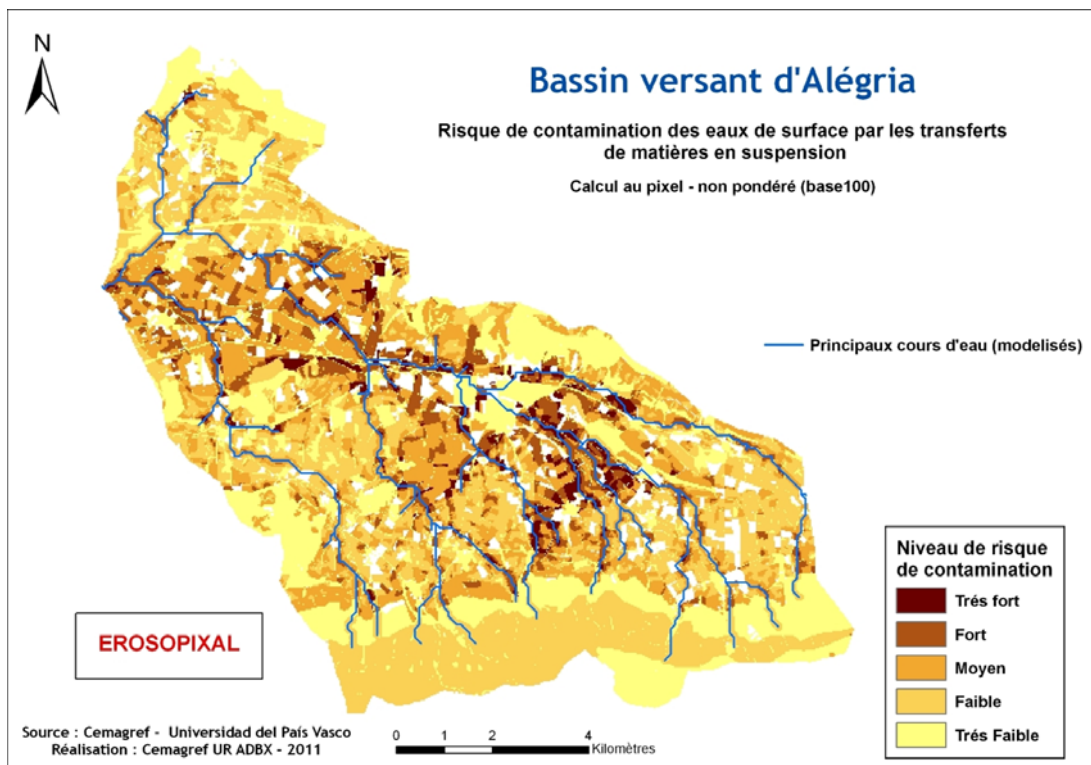
2.3.1 Risques de contamination par les transferts azotés

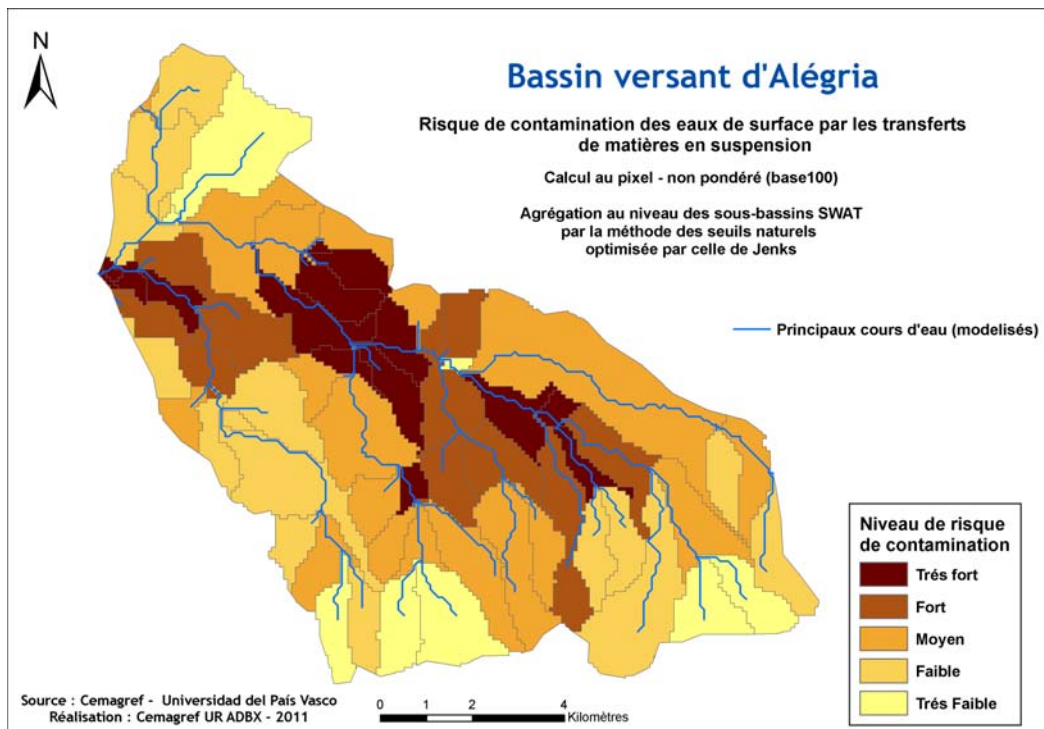
Les cartes ci après expriment le niveau de risque spatialisé des contaminations des eaux par les transferts azotés aux échelles spatiales précitées (pixel et sous bassin modélisé sous SWAT®).



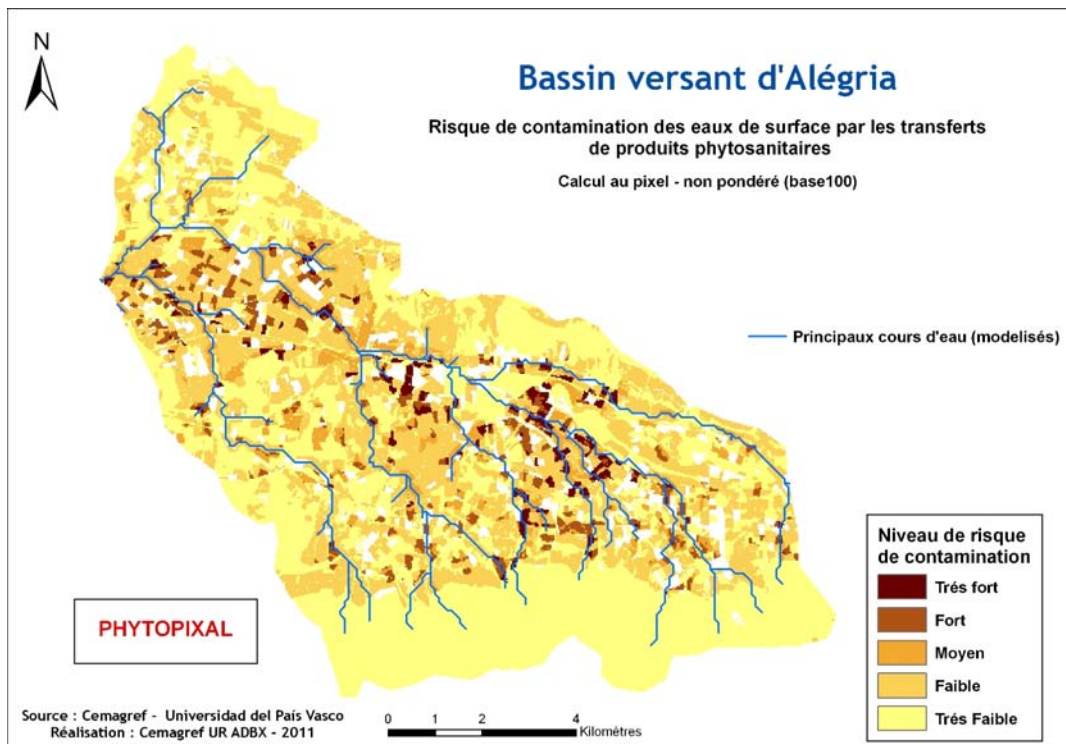


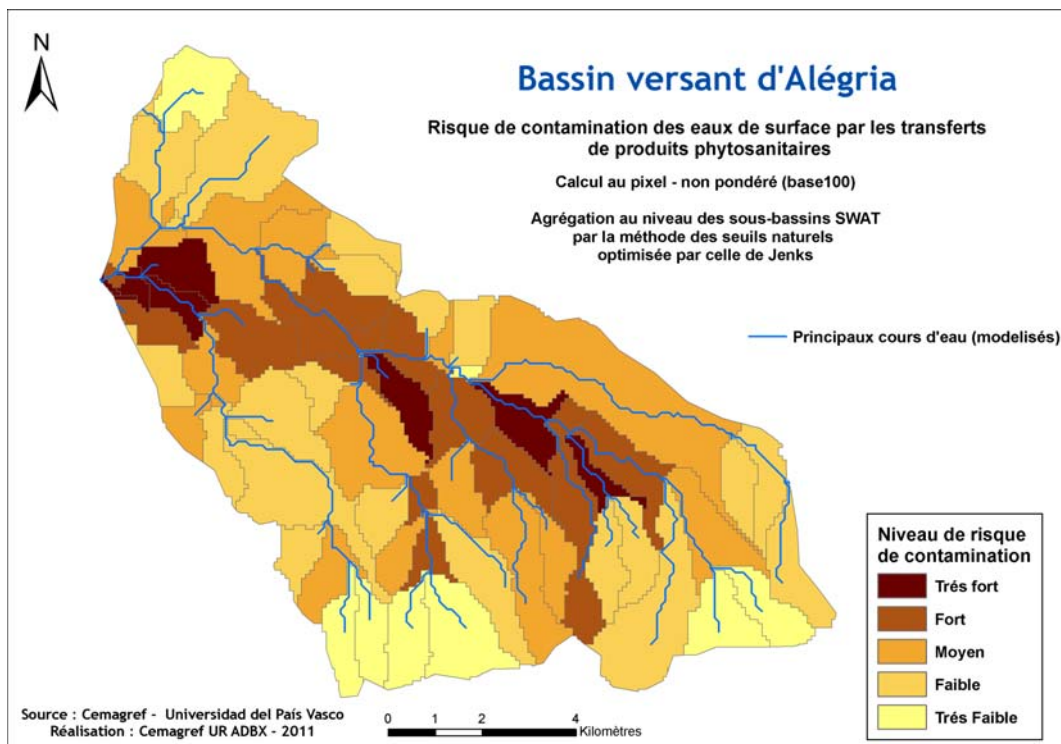
2.3.2 Risques de contamination par les matières en suspension





2.3.3 Risques de contamination par les produits phytosanitaires





Discussion et Conclusion à l'étude sur le BV de l'Alégria Flumen

Les cartes de risques de contaminations pour les excédents azotés et les produits phytosanitaires présentent des niveaux de risques les plus élevés dans la partie centrale du BV aux abords de la rivière principale. Il en est de même pour les niveaux de risque de transferts des matières particulaires.

Ces zonages présentent des niveaux de risques évalués au maximum lors des périodes de crues, compte tenu de l'importance accordée au réseau hydrographique. Cette cartographie couplée à la détermination quantitative des flux (GT4) constitue la base méthodologique pour l'outil d'aide à la décision conçu en GT5.

3. Méthode de détermination des zones potentielles du risque de pollution des eaux de surface par les intrants agricoles à l'échelle du BV de l'Enxoé

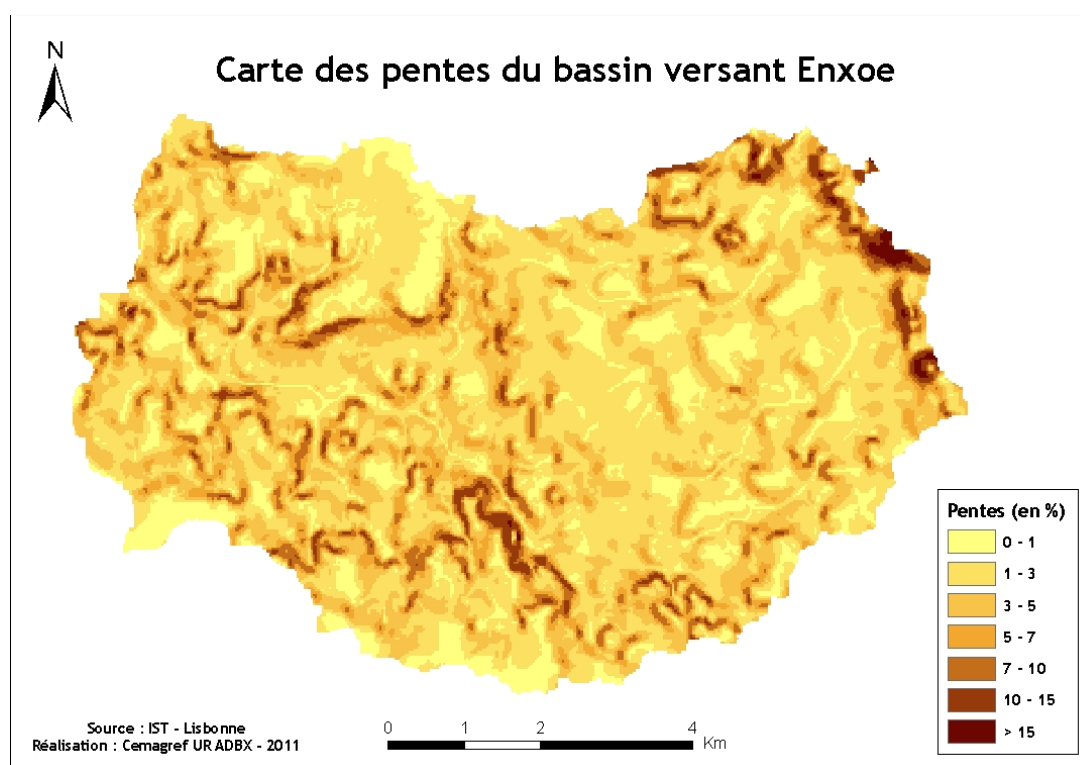
3.1. Élaboration des indicateurs simples de vulnérabilité des eaux de surface aux contaminants

Nous présenterons en suivant les valeurs finalisées des indicateurs de milieu traduisant la vulnérabilité des eaux de surface aux contaminants.

Toutes les notes retenues sont transformées en Indice base 100, au moment de l'intégration dans le modèle spatial développé sous SIG, de façon à éviter toute pondération indirecte de chaque indicateur.

3.1.1. Pente

Les mêmes classes de pente que celles du BV du Flumen et de l'Alégria ont été retenues afin de mieux prendre en compte les phénomènes de ruissellement des eaux de surface. Les notes affectées à chaque classe ont été établies pour optimiser la prise en compte des flux hydriques.

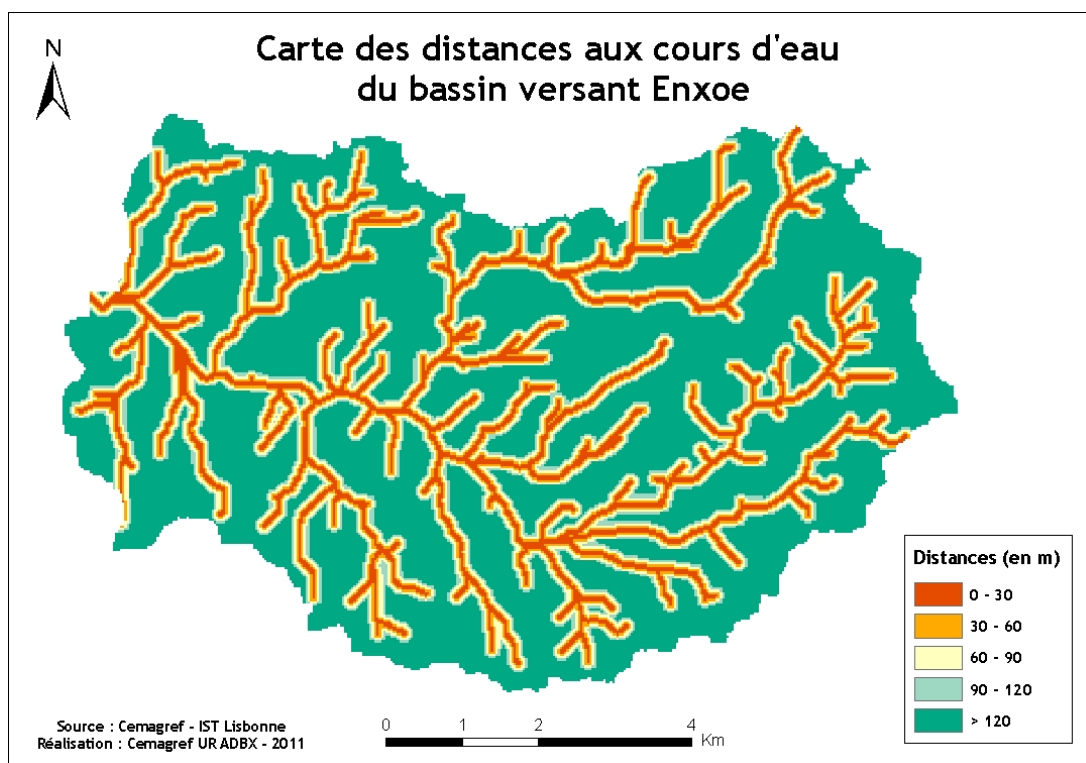


3.1.2. Distance aux cours d'eau

Le réseau hydrographique retenu résulte d'une modélisation hydrographique sous SWAT®. Il tient compte des cours d'eau principaux et du réseau secondaire afin d'optimiser les circuits hydriques en période de crues.

Nous avons retenu les cinq classes déjà exprimées sur les BV précédents.

Distance au réseau hydro	Note
< 30 m (1pixel)	5
30 -60 (2 pixels)	4
60 -90 (3 pixels)	3
90-120 (4 pixels)	2
> 120 m (>4 pixels)	1

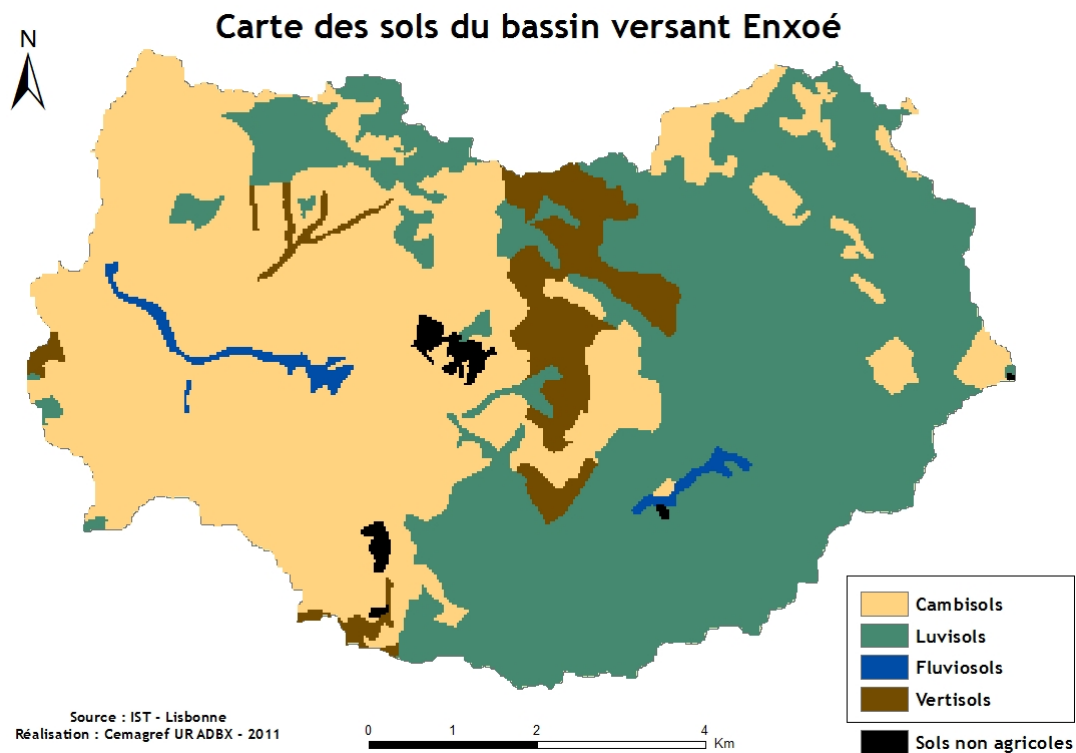


3.1.3. Nature des sols

Nous avons considéré les risques majeurs de contamination des eaux de surface (ESU) eu égard à la contribution des sols au ruissellement des ESU.

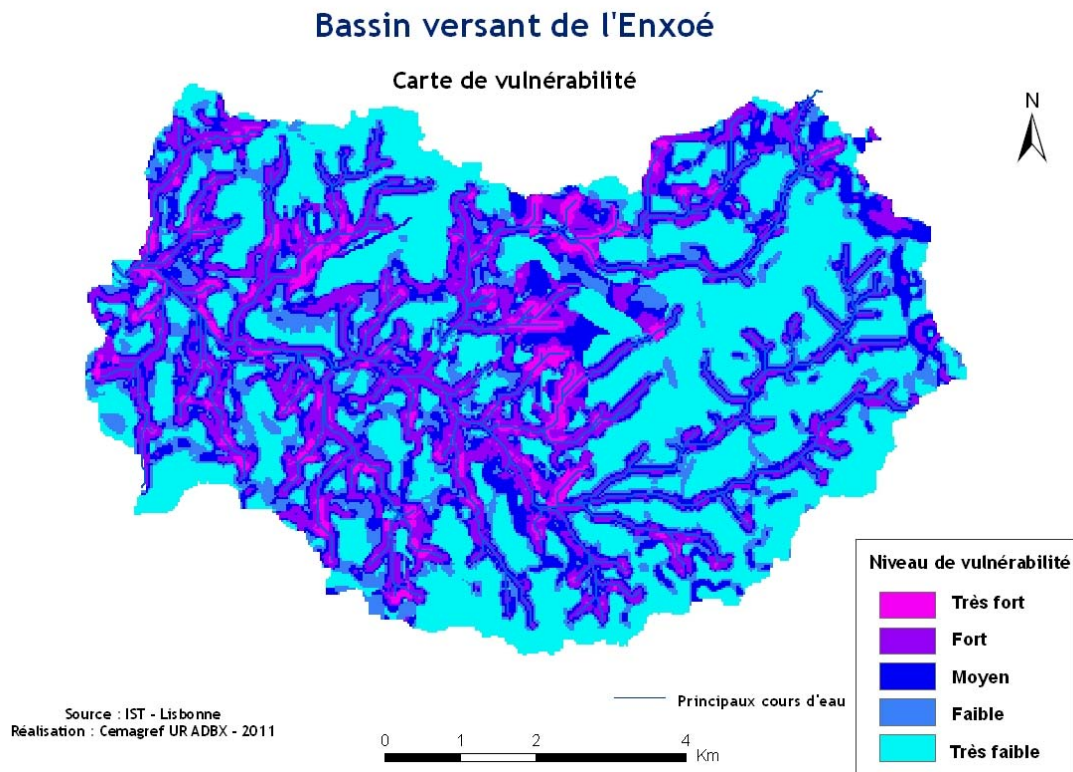
Afin de permettre une meilleure compréhension des types de sol hors de cette région, nous avons adopté les appellations de la classification FAO. Les notes retenues sont les suivantes :

Nature des sols	% surface	Note / pixel
Roche dure	2,2	10
Vertisols	4,5	8
Cambisols	43,3	4
Luvisols	48,2	2
Fluvisols	1,1	1



3.1.3. Vulnérabilité des eaux de surface

La vulnérabilité des eaux de surface aux contaminations des intrants d'origine agricole est liée aux éléments du milieu naturel représentés par les indicateurs simples précédemment évoqués : pente des terrains, distance des cultures au réseau hydrographique, nature des sols. A l'échelle de chaque maille (30m x 30m), la vulnérabilité résulte de l'addition des trois valeurs de ces indicateurs, ici sans pondération. La carte ci après définit le gradient de vulnérabilité des eaux de surface.



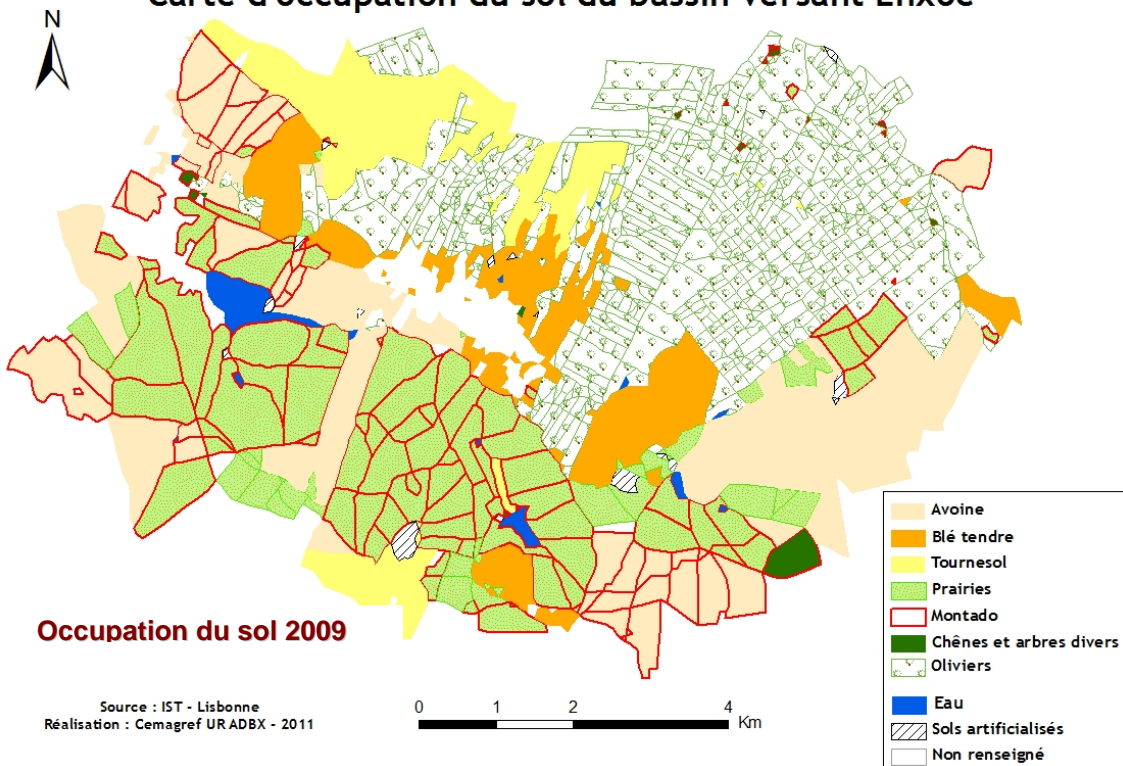
3.2. Élaboration des indicateurs simples de pression agricole

Sur ce BV de petite taille (60 km²), tout comme pour le BV Alérgia, l'occupation du sol en 2009 a été déterminée à partir du SIG du site officiel de la PAC à l'échelle des parcelles agricoles. Nous avons pu ainsi limiter l'erreur habituelle due à la classification des images satellitales par confusion des réflectances de la végétation (environ 20% à 30%).

Les calculs de risque ont été déterminés à l'échelle de la maille de l'indicateur de vulnérabilité (30m x 30m), puis une agrégation des valeurs du risque potentiel a été réalisée par la méthode des seuils naturels optimisée par Jenks, à l'échelle des sous bassins modélisés sous SWAT®.

La carte d'occupation des sols 2009 ci après présente une répartition des cultures en 6 catégories distinctes auxquelles se rajoutent les retenues d'eau et les sols artificiels (urbain).

Carte d'occupation du sol du bassin versant Enxoe



3.2.1 Pression agricole azotée

La pression azotée comprend les apports d'azote minéral sous forme de fertilisants chimiques et les apports d'azote organique par les déjections animales notamment dans les prairies sur les chaumes pâturés. Les valeurs d'azote minéral par culture ont été déterminées par enquêtes de terrain sur les pratiques moyennes exercées sur le bassin versant.

Afin de tenir compte du fractionnement des apports, nous avons appliqués un coefficient correcteur des quantités totales suivant le fractionnement. La méthode est la suivante :

Nombre d'apports	Correction en % de l'apport total
1	100%
2	85%
3	75%
4 et plus	70%

La prise en compte des rejets des animaux lors de la pâture est basée sur le chargement des animaux en UGB/ha pour lequel on Save de 65N/ha, soit après application du coefficient de fractionnement : 45N/ha.

Ainsi les valeurs moyennes en azote minéral sont les suivantes :

Culture	Qtés N kg/ha	Nbre apports	Qtés corrigées Azote minéral
Tournesol	0	0	0
Blé	100	3	75
Avoine	40	1	40
Prairie permanente	0	0	0
Agroforesterie* / Blé	80	3	60
Agroforesterie* / Avoine	32	1	32
Agroforesterie / Prairie	0	0	0
Oliviers traditionnels	16	1	16

Pour l'azote organique :

Culture	Nb UGB /ha	Qtés N kg/ha	Qtés corrigées Azote organique
Tournesol	0	0	0
Blé	0,6	39	27
Avoine	0,6	39	27
Prairie permanente **	0,8	52	36
Agroforesterie** / Blé	0,5	33	23
Agroforesterie** / Avoine	0,5	33	23
Agroforesterie / Prairie **	0,5	33	23
Oliviers traditionnels	0,1	7	5

Il en résulte un apport d'azote total par nature d'occupation de sol :

Culture	Qtés N minéral	Qtés N organique	Qtés N Total
Tournesol	0	0	0
Blé	75	27	102
Avoine	40	27	67
Prairie permanente	0	36	36
Agroforesterie / Blé	60	23	83
Agroforesterie / Avoine	32	23	55
Agroforesterie / Prairie	0	23	23
Oliviers traditionnels	16	5	21

3.2.2. Transferts de matières en suspension

Les matières en suspension (MES) sont entraînées par ruissellement et ce d'autant plus que le sol est nu en période d'épisodes pluvieux. Lorsque des molécules phytosanitaires principalement insolubles en milieu aqueux sont épandues à ce moment, elles peuvent être adsorbées sur les particules et entraînées dans le ruissellement vers les eaux de surface.

Afin d'apprécier la pression liée aux transferts de ces MES, nous avons effectué une notation suivant la couverture du sol à différentes périodes de l'année et en fonction de la largeur entre les rangs de semis.

Type d'occupation du sol	Note pixel
Tournesol	8
Blé	4
Avoine	4
Prairie permanente	1
Agroforesterie / Blé	3
Agroforesterie / Avoine	3
Agroforesterie / Prairie	1
Oliviers traditionnels	2

3.2.3. Pression en produits phytosanitaires

La pression phytosanitaire est appréciée suivant l'Indice de Fréquence de Traitement (IFT) régional pour chaque culture, noté en valeur réelle au niveau de chaque pixel. Il tient compte des doses moyennes /ha apportées et des surfaces traitées par rapport aux doses homologuées /ha. Sont comprises les molécules concernant les herbicides, fongicides, insecticides et acaricides.

Nombres de traitements / an	
Occupation du sol	Nb Trait
Tournesol	1
Blé	2
Avoine	1
Prairie permanente	0
Agroforesterie / Blé	2
Agroforesterie / Avoine	0
Agroforesterie / Prairie	0
Oliviers traditionnels	0

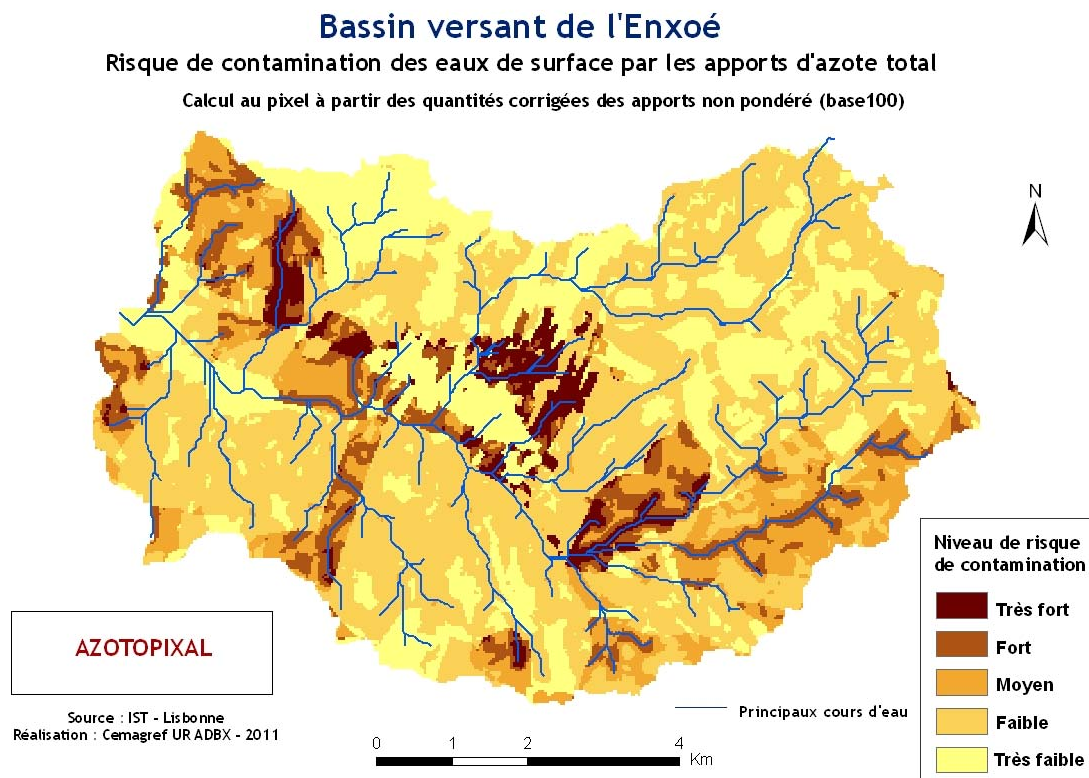
3.3 Résultats obtenus pour la détermination des zones potentielles du risque de pollution des eaux de surface par les intrants agricoles à l'échelle du BV de l'Enxoé

Les risques potentiels de transferts des intrants dans les eaux de surface ont été estimés au niveau de chaque pixel.

A cette échelle, les résultats n'apparaissent pas de façon suffisante pour être utilisés pour l'aide à la décision des gestionnaires. En conséquence, comme énoncé précédemment, pour les autres BV, nous avons réalisé une agrégation des valeurs pixélisées pour chaque sous bassin versant modélisé sous SWAT®.

3.3.1 Risques de contamination par les transferts azotés

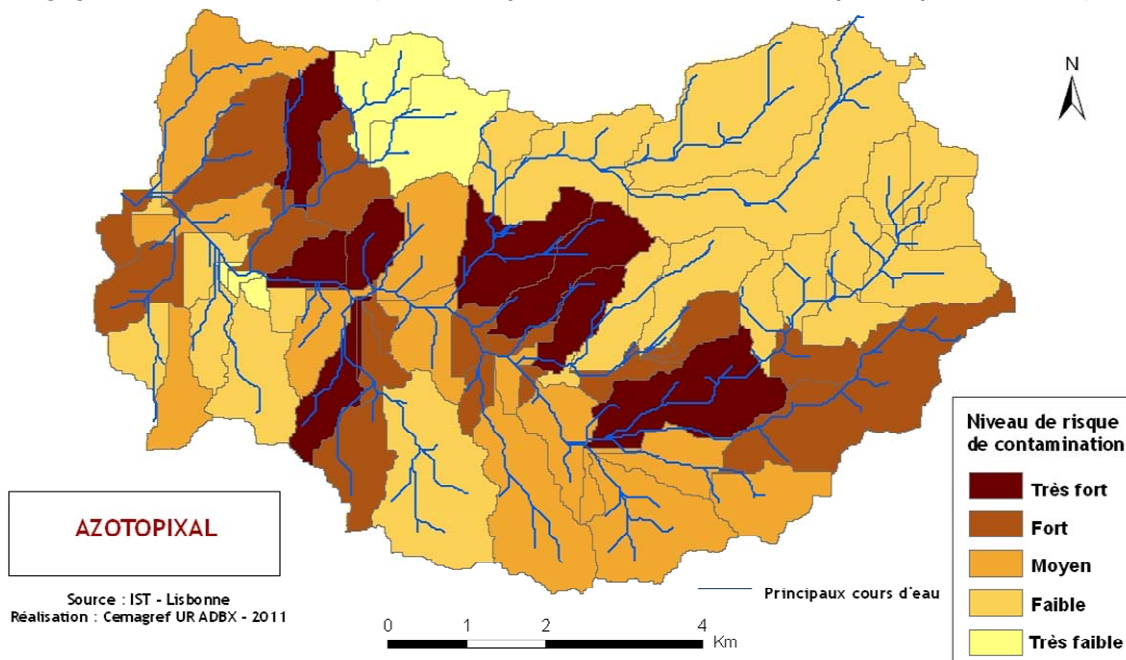
Les cartes ci après expriment le niveau de risque spatialisé des contaminations des eaux de surface par les transferts azotés aux différentes échelles spatiales précitées.



Bassin versant de l'Enxoé

Risque de contamination des eaux de surface par les apports d'azote total

Calcul au pixel à partir des quantités corrigées des apports non pondéré (base100)
Agrégation aux sous bassins versants (discrétisation par la méthode des seuils naturels optimisée par celle de Jenks)

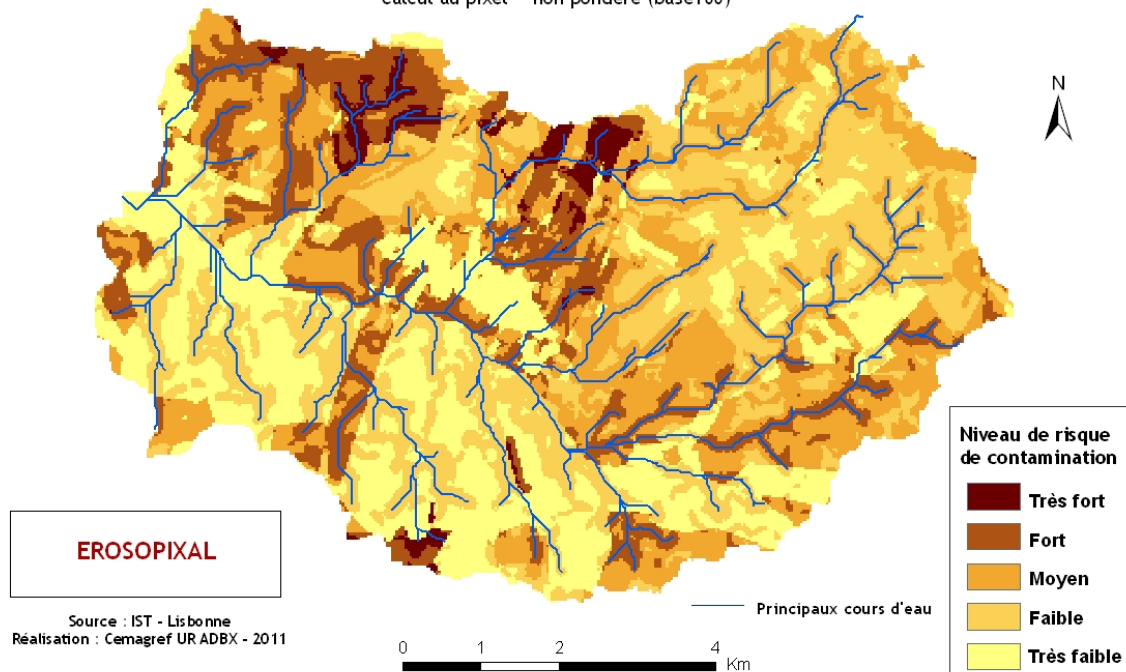


3.3.2 Risques de contamination par les matières en suspension

Bassin versant de l'Enxoé

Risque de contamination des eaux de surface par les transferts de matières en suspension

Calcul au pixel - non pondéré (base100)

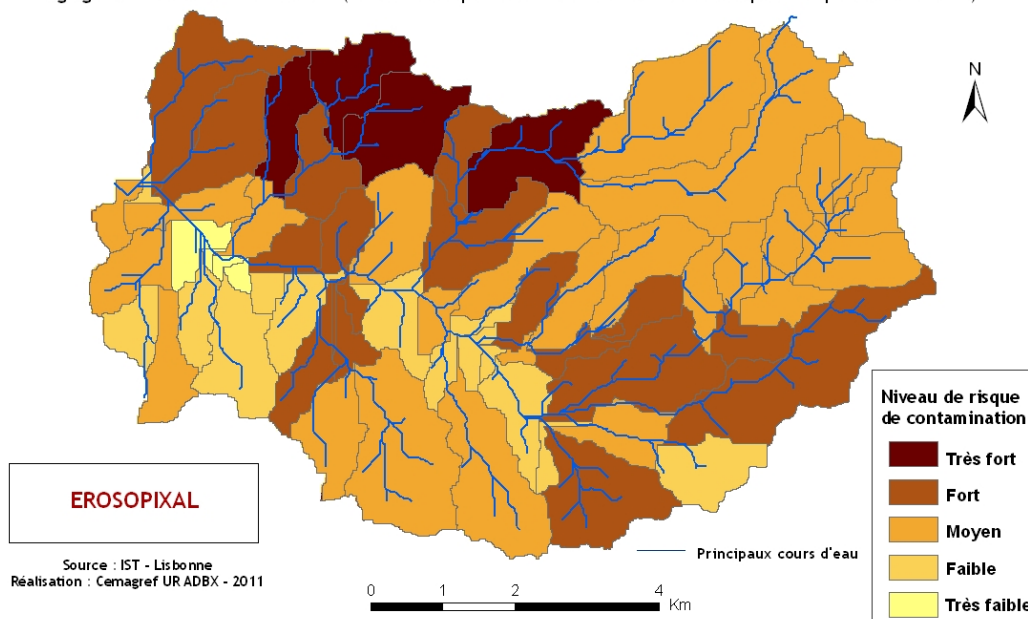


Bassin versant de l'Enxoé

Risque de contamination des eaux de surface par les transferts de matières en suspension

Calcul au pixel - non pondéré (base100)

Agrégation aux sous bassins versants (discrétisation par la méthode des seuils naturels optimisée par celle de Jenks)

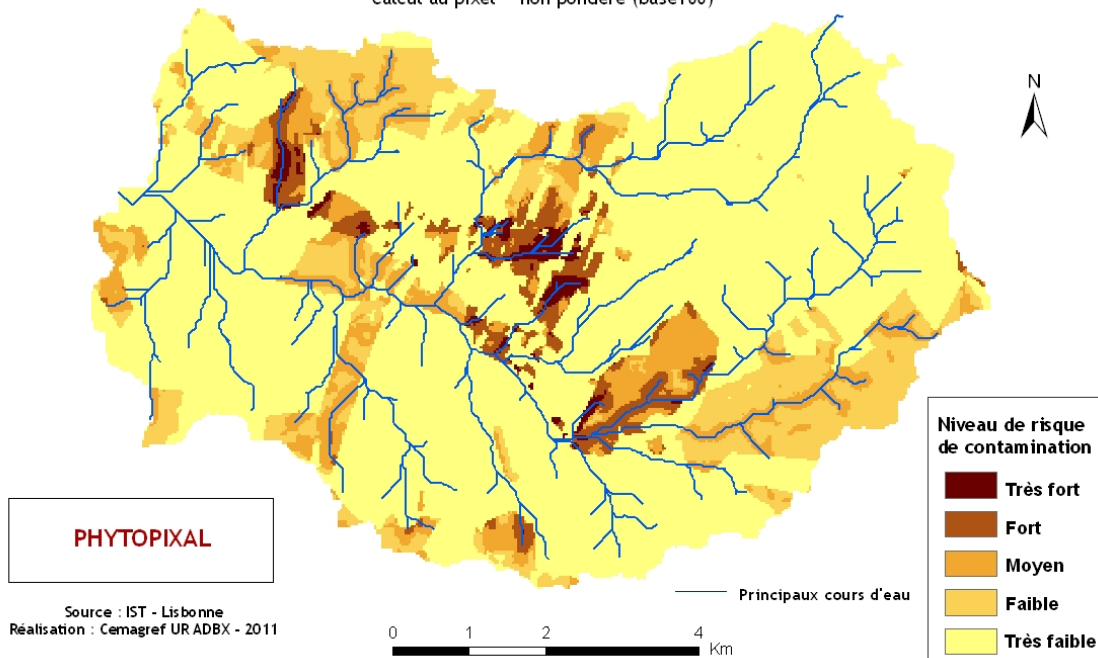


3.3.3 Risques de contamination par les produits phytosanitaires

Bassin versant de l'Enxoé

Risque de contamination des eaux de surface par les transferts de produits phytosanitaires

Calcul au pixel - non pondéré (base100)

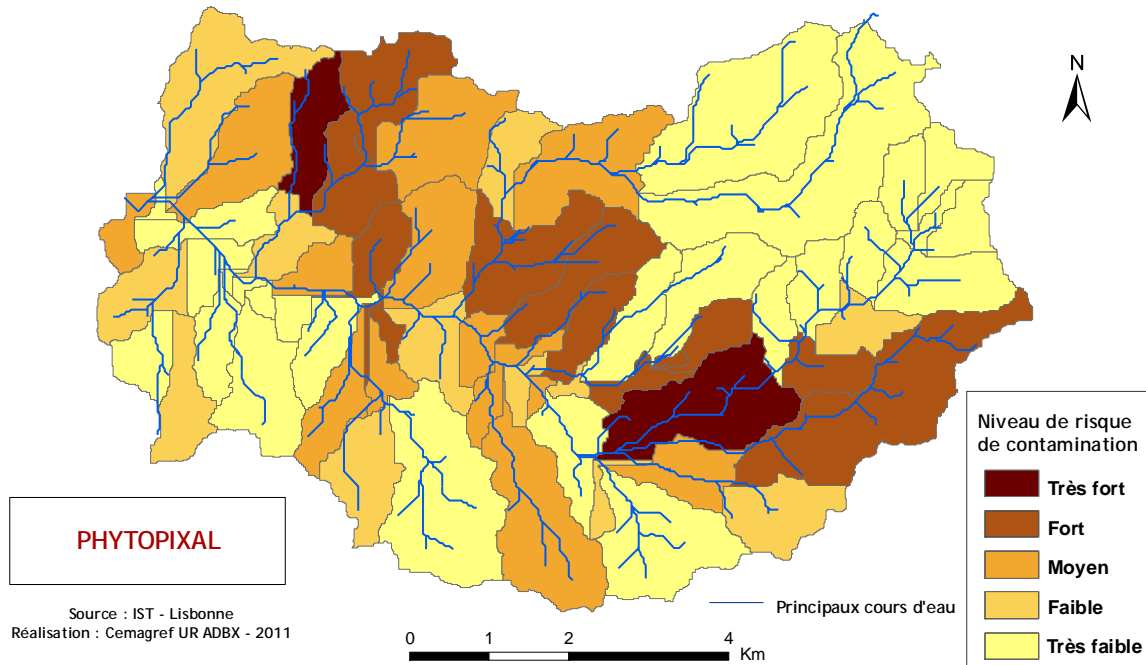


Bassin versant de l'Enxoé

Risque de contamination des eaux de surface par les transferts de produits phytosanitaires

Calcul au pixel - non pondéré (base100)

Agrégation aux sous bassins versants (discrétisation par la méthode des seuils naturels optimisée par celle de Jenks)



Discussion et Conclusion à l'étude sur le BV de l'Enxoé

Les cartes de risques de contaminations sur le BV de l'Enxoé mettent en évidence une problématique liée aux transferts des MES compte tenu des milieux très érosifs. Ces phénomènes sont généralement accentués par des orages violents. Les matières azotées proviennent pour l'essentiel des animaux présents. En revanche le caractère très extensif des modes culturels engendre un risque limité de contamination par l'azote minéral et les produits phytosanitaires. Les cartes de risque étant établies en mode relatif, on ne peut pas comparer les niveaux forts et très forts d'un BV à l'autre. Ici notamment, les valeurs enregistrées en termes de flux par la GT4 sont relativement faibles à moyennes.

Ainsi, cette cartographie couplée à la détermination quantitative des flux (GT4) constitue la base méthodologique pour l'outil d'aide à la décision conçu en GT5.

Conclusion générale du GT3

Nous avons développé une méthode de qualification des risques agroenvironnementaux de contamination des eaux de surface par les intrants d'origine agricole à différents niveaux d'organisation spatiale.

Cette méthode a été mise au point et testée sur le BV de la Save (1150 km²) dans le sud-ouest de la France, puis appliquée aux trois autres BV de la zone SUDOE : BV du Flumen (1400 km²) et BV de l'Alérgia (94 km²) au pays Basque espagnol, puis au BV de l'Enxoé (60 km²) dans le sud est du Portugal.

Cette méthode générale est adaptable suivant la typologie des bassins versants concernés, tant par leur dimension et structure que par le contexte pédo-climatique qui influence directement les pratiques agraires et les flux de contaminants vers les eaux de surface.

La qualification des risques est ici exprimée de façon qualitative en obtenant une discrétisation spatiale de leurs différents niveaux en vue de l'aide à la décision pour les gestionnaires publics.

Le rapprochement de ces travaux avec ceux du GT4 dont la modélisation des flux de contaminants dans les eaux et les indicateurs biologiques, permet alors d'établir l'ensemble des indicateurs pertinents d'appréciation du milieu naturel, de la pression anthropique agricole exercée et de l'état des eaux de surface sur un plan physico-chimique et biologique.

La combinaison de ces éléments au sein d'un outil d'aide à la décision en périodes de situations de crues dans les BV de SUDOE est effectuée au sein du GT5, aboutissement fonctionnel des recherches conduites dans les GT2, GT3 et GT4.