



**PRÉFET
DE LA RÉGION
PAYS DE LA LOIRE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Direction régionale de l'environnement,
de l'aménagement et du logement

ÉVALUATION DU NIVEAU DE SENSIBILITÉ DE LA RÉGION PAYS DE LA LOIRE AUX INONDATIONS PAR RUISSELLEMENT

Rapport méthodologique



Source : Inondations à Bonnétable (Sarthe) en juin 2018 (L'Écho Sarthois)

Janvier 2025



Tél : 02.72.74.73.00
Mél : dreal-pays-de-la-loire@developpement-durable.gouv.fr
5 rue Françoise Giroud - CS 16 326 – 44 263 NANTES cedex 2

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
V1	02/08/24	Rédaction DREAL
V2	16/09/24	Modification DREAL suite remarques INRAE
V3	04/11/24	Modification DREAL suite à plusieurs réunions de présentation de l'étude
V4	24/12/24	Modification DREAL suite relecture interne

Affaire suivie par

Yannick DEBRABANT – DREAL Pays de la Loire – SRNT - DRNHSS
Tél. : 02 72 74 76 58
Courriel : yannick.debrabant@developpement-durable.gouv.fr

Rédacteurs

Yannick DEBRABANT - DREAL Pays de la Loire - SRNT - DRNHSS, chargé de missions risques naturels

Nicolas BOUDESSEUL - DREAL Pays de la Loire - SRNT - DRNHSS, chargé de missions risques naturels

Relecteurs

Sarah LAHMADI - DREAL Pays de la Loire - SRNT/DRNHSS - Responsable de la division et adjointe au responsable de service

Thibaut NOVARESE - DREAL Pays de la Loire - SRNT - Responsable de service

Pascal BREIL - INRAE - UR RIVERLY

Référence internet

<https://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/evaluation-du-niveau-de-sensibilite-de-la-region-a6628.html>

Table des matières

Résumé.....	4
1. Contexte et périmètre de l'étude.....	5
1.1 Contexte de l'étude.....	5
1.2 Objet du rapport.....	5
1.3 Périmètre de l'étude.....	6
2. Outil IRIP.....	8
2.1 Périmètre de l'étude.....	8
2.2 Définition du ruissellement selon IRIP.....	9
2.3 Données nécessaires à la réalisation des cartes.....	10
2.4 La prise en compte des surfaces agricoles.....	11
2.5 La notion de « Maille ».....	12
2.6 Calcul des scores.....	12
2.7 Réalisation des cartes de production, transfert et accumulation.....	13
2.8 Analyse des zones.....	14
3. Croisement des niveaux de sensibilité IRIP avec les données de sinistralité issues de la CCR.....	17
3.1 Méthodologie de croisement.....	17
3.2 Test de la méthode sur le périmètre de Nantes Métropole.....	20
3.3 Déploiement de la méthodologie sur l'ensemble du périmètre d'étude.....	20
3.4 Incertitudes liées aux informations liées aux sinistres géolocalisés.....	21
4. Traitement statistique effectué à partir du croisement entre les résultats IRIP et les données des sinistres géolocalisés.....	22
4.1 Calcul de la matrice de contingence.....	22
4.2 Calcul de la matrice du hasard.....	23
4.3 Calcul du Khi-2.....	23
5. Regroupement des zones.....	25
5.1 Objectif opérationnel.....	25
5.2 Matrice de couplage.....	25
5.3 Sélection du couple pour la construction des matrices des niveaux de sensibilité forts.....	26
6. Synthèse régionale.....	32
6.1 Données d'entrée et étapes pour réaliser les cartes de sensibilité par commune.....	33
6.2 Proportion des surfaces communales concernées par un niveau de sensibilité fort.....	34
6.3 Croisement avec les enjeux.....	39
6.4 Limites et usages de l'atlas.....	42
7. Amélioration continue.....	45
7.1 Retour sur l'évènement orageux du 17/06 au 21/06.....	45
7.2 Bases de données des SDIS.....	46
7.3 Autres sources de données exploitables.....	47
8. Conclusion et perspectives.....	48

Résumé

La Caisse Centrale de Réassurance (CCR) estime qu'en Pays de la Loire, environ 700 000 personnes sont actuellement exposées aux inondations par ruissellement (soit environ une personne sur cinq), et environ un sinistre sur deux est situé en dehors des enveloppes approchées des inondations potentielles par débordements de cours d'eau et submersions marines.

Compte-tenu de ce niveau d'exposition et de son évolution en lien avec les effets du changement climatique, la DREAL Pays de la Loire, appuyée par l'INRAE et la Caisse Centrale de Réassurance (CCR), a déployé sur l'ensemble de la région des Pays de la Loire élargie au périmètre du service de prévision des crues Maine-Loire aval la méthode IRIP (Inondations par Ruissellement Intense Pluvial).

Cette démarche régionale revêt plusieurs objectifs, dont celui de partager avec l'ensemble des acteurs de l'eau et plus généralement des sols, une base commune de connaissance à une échelle macroscopique sur les inondations par ruissellement, afin de faciliter l'intégration de ce phénomène dans les politiques publiques. **Cette approche régionale ne se substitue pas aux démarches locales de connaissance ou aux documents réglementaires (zonages d'assagissements pluviaux, plans de prévention des risques notamment)** sur les territoires disposant d'éléments de connaissance plus précis et qui le cas échéant sont déjà engagés dans la réalisation d'actions opérationnelles.

IRIP est une méthode cartographique dite « sèche » développée par l'INRAE, fondée sur des calculs de scores permettant d'évaluer la susceptibilité du territoire à la production, au transfert et à l'accumulation du ruissellement, selon des paramètres topographiques, d'occupation des sols, et pédogéologiques.

Les niveaux de sensibilité obtenus à partir de IRIP ont été croisés par la CCR avec plus de 3500 sinistres géolocalisés sur le périmètre régional afin de démontrer, par une analyse statistique, la robustesse des résultats issus de l'outil.

Même s'il est établi qu'il existe une forte corrélation entre la sensibilité forte au ruissellement (regroupement des niveaux de sensibilité 4 et 5 en transfert et en accumulation, soit environ 12 % du périmètre d'étude) et la présence de sinistres (96 % des sinistres sont situés à proximité des mailles de sensibilité forte), **les résultats doivent être interprétés avec précaution, eu égard aux hypothèses simplificatrices retenues notamment sur les espaces agricoles, à la maille utilisée pour mener l'étude (50 m x 50 m), et à la réalité du phénomène de ruissellement sur certains secteurs à topographie plane avec de faibles pentes.**

Un atlas cartographique des niveaux de sensibilité a été produit à partir de cette méthode. **Cet atlas ne représente ni l'aléa ruissellement, ni les risques associés**, mais bien les zones sur lesquelles le phénomène de ruissellement est susceptible de se produire.

La poursuite de l'amélioration de la connaissance du phénomène de ruissellement, au travers notamment des programmes d'actions de prévention des inondations (PAPI), des plans de prévention des risques inondations (PPRI), des études locales en lien avec la réalisation des zonages pluviaux, de la sinistralité, doit être pérennisée. Une collaboration entre les acteurs de l'eau et plus globalement des sols pourrait permettre d'**accompagner certains territoires tests** identifiés comme particulièrement exposés et accroître ainsi leur résilience. Une **plaquette à l'attention des collectivités territoriales** sur les actions possibles à mettre en place localement est un axe de travail qu'il serait intéressant d'engager.

1. Contexte et périmètre de l'étude

1.1 Contexte de l'étude

La Caisse Centrale de Réassurance (CCR) estime qu'en Pays de la Loire, environ 700 000 personnes sont actuellement exposées aux inondations par ruissellement (soit environ une personne sur cinq), et environ un sinistre sur deux est situé en dehors des enveloppes approchées des inondations potentielles par débordements de cours d'eau et submersions marines.

Compte-tenu du niveau d'exposition du territoire français au risque de ruissellement, la feuille de route nationale 2022-2024 sur les risques naturels, élaborée par la DGPR, impose que « *Les plans de prévention des risques d'inondations (PPRI) assureront une prise en compte globale des différents aléas inondation (dont l'aléa ruissellement) auquel est soumis le territoire dès lors qu'ils sont majeurs* ».

Cette exigence a été traduite au niveau régional au sein de la feuille de route régionale 2022-2024 des risques naturels (validée au pré-CAR Pays de la Loire en avril 2022) de la manière suivante : « *Les PPRI proposés à la révision/prescription et n'ayant pas déjà fait l'objet d'une étude d'aléas intégreront le ruissellement* ».

L'intégration de cet aléa est également exigée par le cahier des charges PAPI3 v2023 « *Il est important que les territoires exposés à l'aléa inondation lié au ruissellement l'étudient afin de mieux appréhender son impact localement et de le prendre en compte de façon proportionnée dans les stratégies d'aménagement* ».

En outre, la prise en compte de cet aléa et de ses effets dans les documents de planification est obligatoire en vertu de l'application des dispositions du Plan de Gestion des Risques d'Inondation (PGRI) 2022-2027.

En dépit de ce fort niveau d'exposition, et de l'intensification de cet aléa en lien avec les effets du changement climatique, la connaissance reste très partielle en région Pays de la Loire, hormis sur certains territoires pilotes.

Afin de répondre au besoin d'améliorer la connaissance des inondations par ruissellement, la DREAL Pays de la Loire a travaillé à un atlas cartographique de sensibilité au ruissellement, en utilisant en régie l'outil IRIP (Inondations par Ruissellement Intense Pluvial) développé par l'INRAE. Afin de disposer d'un appui technique, la DREAL a sollicité une assistance à maîtrise d'ouvrage (AMO) de la part de l'INRAE (unité de recherche RIVERLY).

La DREAL s'est également appuyée sur la caisse centrale de réassurance (CCR) afin de réaliser un croisement entre les données de sinistralité et les niveaux d'exposition issus de IRIP.

1.2 Objet du rapport

L'objet du rapport est :

- la présentation des principales composantes de l'outil IRIP et des paramètres pris en compte pour la réalisation des cartes de sensibilité du territoire au ruissellement ;
- la présentation de la méthodologie retenue pour valider les cartes à l'aune des sinistres géolocalisés, ainsi que les résultats obtenus ;

- la justification du choix retenu pour le regroupement de certains niveaux de sensibilité. Ce choix est essentiel car il conditionne la forme définitive des cartes qui seront portées au niveau des territoires ;
- l'explicitation des biais de la méthode ;
- les propositions pour une démarche d'amélioration continue. Elle est encore expérimentale mais constitue une opportunité pour nouer un partenariat avec les services départementaux d'incendie et secours (SDIS), pour affiner les résultats issus de la méthode IRIP, et pour faciliter l'identification de secteurs sensibles sur lesquels travailler au déploiement d'un programme d'actions.

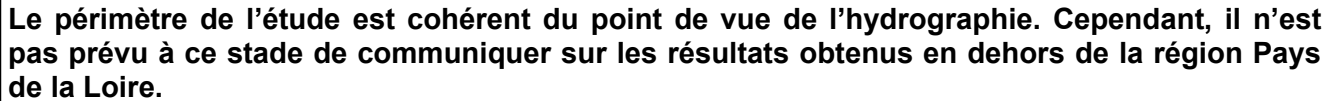
Enfin, en guise de conclusion, les suites qui pourraient être données à cette démarche seront proposées.

1.3 Périmètre de l'étude

Afin de respecter la cohérence hydrographique du territoire d'étude, il a été retenu de travailler sur un périmètre fusionnant les bassins versants intersectant la région administrative Pays de la Loire et le territoire du Service de Prévision des Crues Maine-Loire aval.

Aussi le périmètre s'étend sur :

- 4 régions : Pays de la Loire en totalité, et partiellement Bretagne, Normandie, Centre-Val de Loire, et Nouvelle Aquitaine
- 5 départements complets : Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe et Vendée
- 11 départements en partie : Morbihan, Ile-et-Vilaine, Manche, Orne, Eure-et-Loir, Loir-et-Cher, Indre-et-Loire, Vienne, Deux-Sèvres et Charente-Maritime.
- Pour un total de 45 600 km²



2. Outil IRIP¹

2.1 Périmètre de l'étude

La méthode IRIP est une méthode de cartographie par combinaison géomatique d'indicateurs ayant une influence sur le ruissellement. Chaque indicateur est catégorisé en favorable ou défavorable à l'occurrence de ruissellement. Ainsi, plus une zone aura d'indicateurs favorables au ruissellement, plus elle sera considérée comme susceptible de voir se produire du ruissellement. La méthode IRIP prend en compte uniquement les caractéristiques de surface et ne prend pas en compte la pluie. C'est donc une méthode dite « sèche »². Les précipitations intenses pouvant se produire partout, dans une logique de protection par des politiques d'aménagement ou de prévention, il est essentiel de connaître les zones les plus propices au ruissellement par rapport aux caractéristiques de surface indépendamment de l'aléa météorologique. Bien qu'il existe des régimes pluviométriques différents à l'échelle de la France, pouvant influencer le ruissellement, pour une gestion territoriale des risques à l'échelle d'un bassin versant, le paramètre précipitation peut être écarté dans un premier temps. C'est pourquoi la carte produite est nommée carte de susceptibilité au ruissellement et non cartes d'aléas. (Pour produire des cartes d'aléa, les cartes de susceptibilité doivent être croisées avec l'aléa pluviométrique).

En synthèse, IRIP est une méthode cartographique dite « sèche » de scores pour évaluer la capacité d'une maille raster à développer du ruissellement selon 3 fonctions (production, transfert et accumulation) à partir de données topographiques, d'occupation des sols, et pédogéologiques. Les cartes produites sont des cartes de niveaux de sensibilité, et pas des cartes d'aléa.

IRIP permet de produire deux jeux de cartes : les cartes dites « sèches » et les cartes 30y (y = years).

Les cartes dites « sèches » sont les cartes produites sans tenir compte de la réaction des sols à l'aléa pluviométrique. Les cartes 30y sont quant à elles les cartes de susceptibilité produites en tenant compte de la capacité de certaines mailles à infiltrer les pluies trentennales³⁴. Il s'agit ainsi d'un focus sur le niveau de susceptibilité du territoire à produire du ruissellement dans le cas d'un événement pluvieux trentennal.

Les cartes 30y étant « moins détaillées »⁵ par rapport aux cartes dites « sèches », seules ces dernières sont exploitées dans la suite du rapport.

Néanmoins, les cartes 30y pourront faire l'objet d'analyses spécifiques, et ce pour plusieurs raisons :

- malgré le fait que la méthode IRIP n'est pas une méthode pluie-débit, l'outil permet de réaliser un focus pour une période de retour donnée ;
- les modélisations pluie-débit nécessitent de réaliser des hypothèses en matière de répartition des pluies. Les cartes IRIP 30y permettent à ce titre de cibler les bassins versants ou sous

1 Sources : « Rapport de synthèse sur l'assistance à maîtrise d'ouvrage sur la cartographie des risques inondation et associés liés au ruissellement intense pluvial dans la région Pays de Loire » (INRAE, mai 2024) ; « Contexte pédoclimatique et ruissellement intense » (INRAE, 2021) ; « Une analyse des « données proxy » pour l'évaluation des cartographies des aléas liés au ruissellement intense pluvial » (INRAE, 2020) ; « Cartographie de l'aléa ruissellement : Inventaire des éléments de validation » (INRAE, 2020) ; Thèse de Lilly-Rose LAGADEC « Évaluation et développement de la méthode IRIP de cartographie du ruissellement. Application au contexte ferroviaire » (2017)

2 Une méthode sèche est une méthode qui prend en compte uniquement les caractéristiques de surface, sans prendre en compte la pluie, contrairement à un modèle pluie-débit.

3 Ce seuil de 30 ans est intéressant en matière de prévention des inondations car il marque la séparation entre ce qui relève de la gestion courante des eaux pluviales, de ce qui relève de la gestion d'un événement exceptionnel.

4 Une pluie trentennale a une probabilité de 1/30 de survenir chaque année.

5 L'explication est que le filtre de la pluie trentennale homogénéise les réponses au ruissellement par effet de seuil. Par conséquent, les cartes sont moins « pixelisées » mais elles représentent des situations improbables puisqu'un événement pluvieux n'est jamais trentennal sur l'ensemble d'un grand bassin versant (ou bien localement). Les cartes 30y sont informatives à l'échelle kilométrique de la maille de la lame d'eau radar.

bassins versants sur lesquels concentrer un évènement pluvieux trentennal afin de chercher à maximiser les volumes d'eau de ruissellement dans le cadre des modélisations hydrologiques.

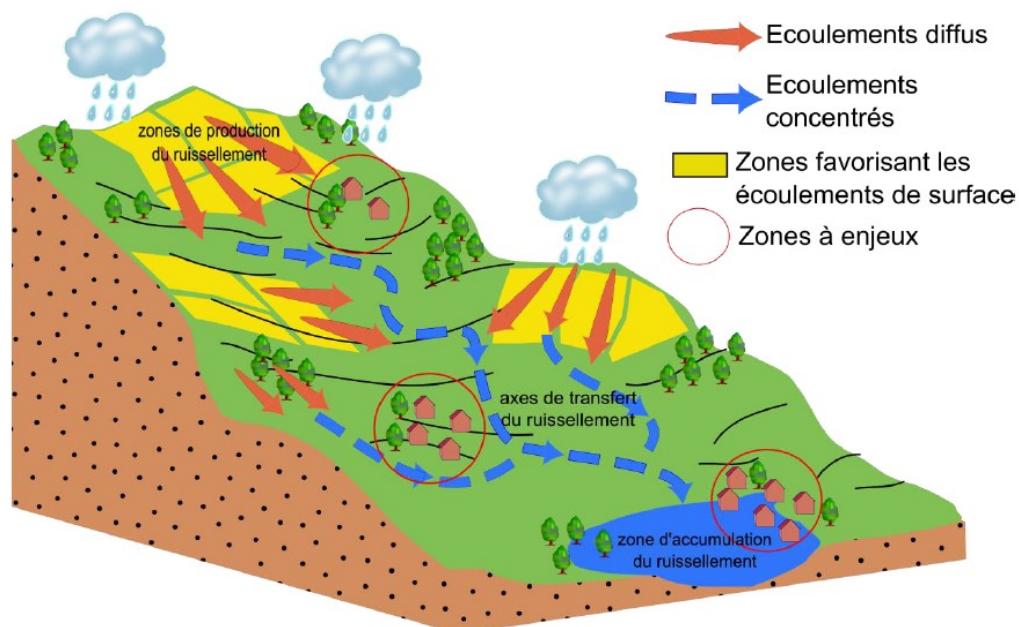
2.2 Définition du ruissellement selon IRIP

Le ruissellement se définit dans le cadre de la méthode IRIP comme « *une circulation d'eau à la surface du sol, qui prend un aspect diffus sur des terrains ayant une topographie homogène et qui se concentre lorsqu'elle rencontre des dépressions topographiques* » (Jaillet et al., 2012).

La méthode IRIP distingue trois étapes dans le ruissellement intense : la production, le transfert et l'accumulation.

- Production : lors d'un évènement pluvieux, les zones de production du ruissellement, du fait de leur nature physico-géo-pédo-morphologique, limitent la lame d'eau infiltrée et favorisent une dynamique d'écoulement gravitaire en surface. Au début de l'épisode météorologique, les aspérités du sol vont retenir une fine lame d'eau (appelée le flaquage). Si l'évènement pluvieux s'intensifie ou se maintient dans la durée, la lame d'eau retenue par les aspérités du sol va s'écouler vers l'aval par débordement. La lame d'eau, par effet gravitaire, se déplace d'amont en aval de manière diffuse et à de faibles vitesses.
- Transfert : lorsque les zones de production s'actionnent suite à un évènement pluvieux, la lame d'eau produite s'écoule vers l'aval de façon diffuse et désordonnée. Lors de son écoulement, cette lame d'eau va rencontrer et agglomérer d'autres lames d'eau. Suite à cela la dynamique d'écoulement devient plus linéaire, avec une vitesse de transfert et une hauteur de lame d'eau croissante avec l'aire amont drainée. Le ruissellement est alors concentré dans les points bas (thalwegs secs, fossés...) où il prendra la direction de la plus grande pente, qu'elle soit naturelle ou artificielle. La dimension des axes de transfert varie en fonction de la distance entre les zones drainées (zones de production) et les zones où le ruissellement sera collecté (zones d'accumulations) ou restitué au cours d'eau.
- Accumulation : les zones d'accumulations collectent les eaux issues du ruissellement si celles-ci n'ont pas été restituées au cours d'eau. Ces zones ont une dynamique de stockage des lames d'eau ruisselées. Encaissées, ou situées dans des dépressions naturelles ou artificielles (bassins de rétention) les zones d'accumulation du ruissellement sont caractérisées par de faibles vitesses d'écoulement et d'importantes lames d'eau.

Le schéma ci-dessous illustre les trois étapes décrites *supra* :



Source : « Cartographie de l'aléa ruissellement. Inventaire des éléments de validation »
S. Bonnet Carrier (1) , Christine Poulard (1) , Pascal Breil (1) 2013 - 106 p

2.3 Données nécessaires à la réalisation des cartes

Les données nécessaires à la réalisation des cartes, et les principaux paramètres considérés pour calculer les scores mentionnés *supra*, sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

Fichiers en entrée	Sources de données	Millésimes	Commentaires
MNT	Référentiel IGN BD Alti® ré-échantillonné au pas de 50 m	Lot de données téléchargé en octobre 2023 via les géoservices IGN	Ré-échantillonnage réalisé en raison du temps de calcul. Adaptation possible en fonction de la taille du territoire d'étude et de la résolution finale envisagée.
Périmètre d'étude	Limites des bassins versants topographiques (©IGN BD Topage®) comprenant les bassins versants intersectant la région administrative Pays de la Loire et le territoire du Service de Prévision des Crues Maine-Loire aval	/	/
Occupation des sols (OCS)	OCS THEIA à la maille raster de 20 m sur l'ensemble de la France.	2017	www.theia-land.fr
Pédologie	Raster au pas de 250 m produit par INRAE à partir des données de l'ESDAC (European Soil Data Centre) avec les caractéristiques hydrauliques des 30 premiers centimètres du sol et des données de lame d'eau radar (MétéoFrance, grille 1km).	/	https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/maps-indicators-soil-hydraulic-properties-europe

Légendes	Élaborés et fournis par l'INRAE : 2 fichiers légende pour l'occupation du sol et 4 fichiers légende pour la pédologie (érodibilité, battance, ruissellement par saturation du sol et ruissellement hortonien).	/	Raster permettant de traiter différents critères d'occupation des sols et de pédologie de manière binaire : 0 non favorable, 1 favorable au processus de ruissellement intense
Réseaux routiers et ferroviaires	Route500® IGN	2023	/

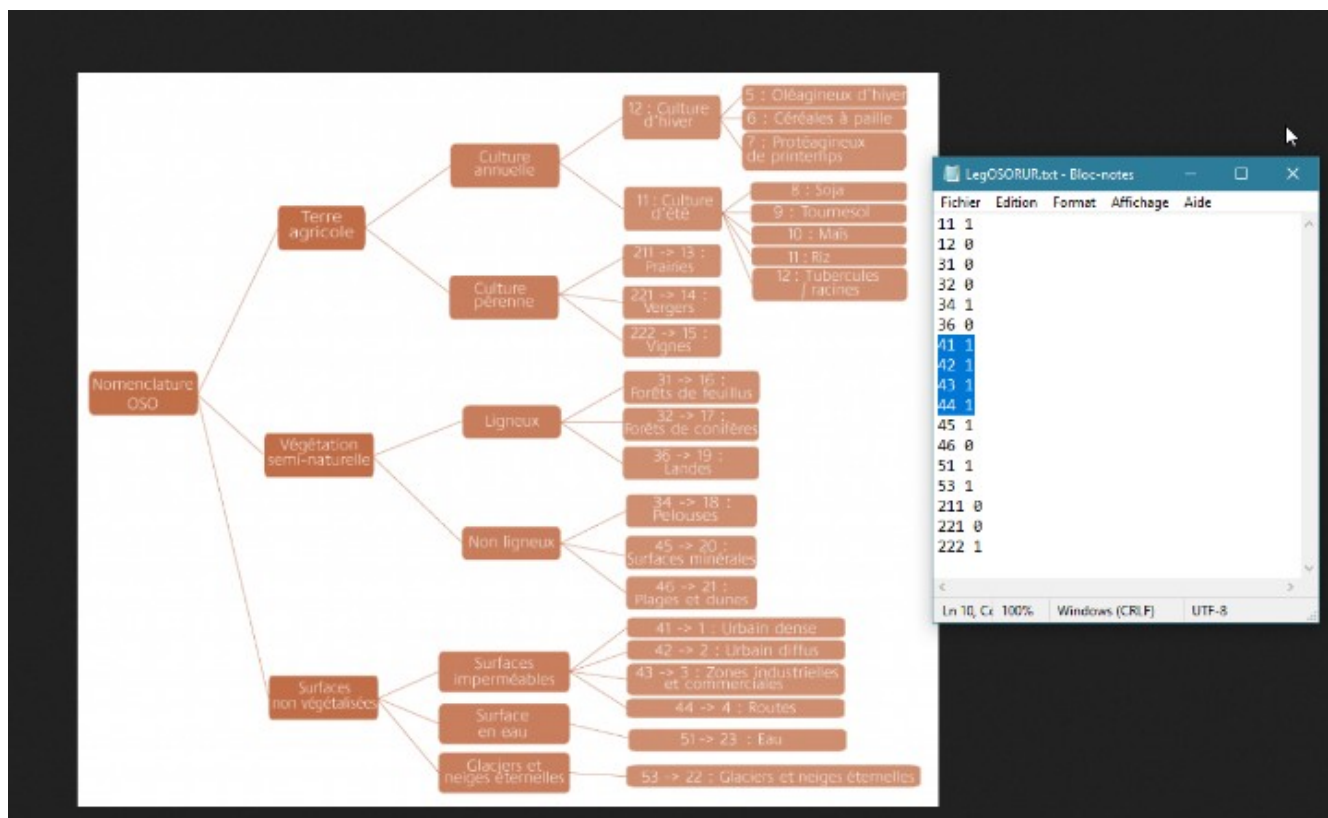
2.4 La prise en compte des surfaces agricoles

Comme indiqué *supra*, la donnée utilisée dans IRIP pour l'occupation des sols est la donnée THEIA (2017) à la maille raster de 20m.

Pour chacune des catégories d'occupation des sols de cette base de données, un score de 0 ou de 1 établi à dire d'expert a permis de classer les surfaces contribuant au phénomène de ruissellement (score de 1) ou atténuant ce phénomène (score de 0).

S'agissant des espaces agricoles, les cultures d'été et les vignes ont été classées comme favorisant le ruissellement. Les cultures d'hiver, les prairies et les vergers ont quant à elles été classées comme atténuant le ruissellement.

La classification complète des espaces issus de la nomenclature THEIA (naturels, agricoles, urbains) qui est utilisée dans IRIP est indiquée ci-dessous⁶ :



⁶ Pour lire la classification, il convient d'associer à chaque typologie d'occupation des sols le code binaire IRIP associé. Par exemple, la culture d'hiver (code 12) est associée au code IRIP de 0. Elle est donc considérée comme atténuant le ruissellement.

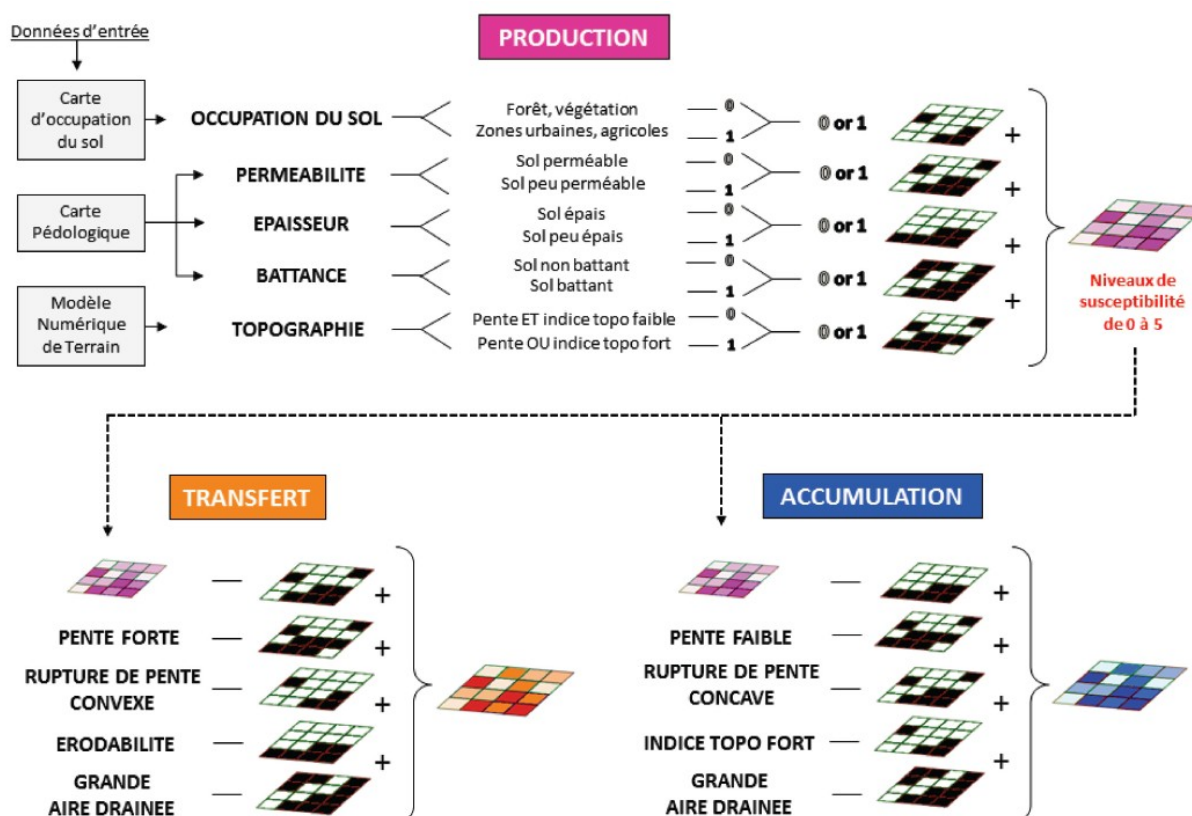
Cette approche peut se révéler pessimiste sur certains bassins versants sur lesquels les pratiques agricoles ont été adaptées pour favoriser l'infiltration l'eau, et peut comporter des imprécisions liées au millésime de la base de données THEIA (par exemple sur les bassins versants sur lesquels les surfaces en cultures d'été et en vignes ont sensiblement diminué « au profit » de surfaces considérées dans IRIP comme atténuant le ruissellement). **Une analyse plus fine tenant compte des assolements et plus globalement de l'évolution de l'occupation des sols est possible afin d'adapter les scores au contexte local.**

2.5 La notion de « Maille »

L'entité spatiale de base est la « maille » raster, qui permet de discrétiser l'espace du bassin versant. La maille IRIP utilisée est une maille de 50m x 50m. Ce choix induit un certain nombre de biais dans les résultats qui seront présentés par la suite. En effet, l'idée initiale de simuler le ruissellement avec la méthode IRIP sur tout le territoire d'étude avec un modèle numérique de terrain avec une maille de résolution de 25 m a été abandonnée. Le traitement par le calcul, de 76 millions de mailles, n'était pas possible à réaliser à la DREAL. Il a donc été fait le choix d'augmenter la taille de la maille de calcul de résolution 50 m, ce qui a permis de réduire à 19 millions le nombre de mailles de calcul et de produire en une passe les trois cartes IRIP pour l'ensemble du territoire.

2.6 Calcul des scores

La cartographie des niveaux de sensibilité au ruissellement est approchée ici par une méthode de scores : plus le nombre de facteurs favorables au ruissellement intense est présent dans une maille raster de l'espace d'un bassin versant et plus le niveau de sensibilité est grand. Les paramètres pris en compte pour calculer les scores sont schématisés ci-dessous :



2.7 Réalisation des cartes de production, transfert et accumulation

Les différentes étapes pour la production des cartes sont les suivantes :

- chargement, dans l'ordre, du MNT, de la zone d'étude, de l'occupation du sol, des « légendes » rurale et urbaine, de la pédologie et des 4 « légendes » associées ;
- calculs des facteurs du ruissellement : ruptures de pente, axes de transfert, pentes fortes, pentes faibles, indicateurs de compacité, index topographique... ;
- intégrations des linéaires des réseaux routiers et ferroviaires ;
- réalisation des cartes de production, transfert et accumulation.

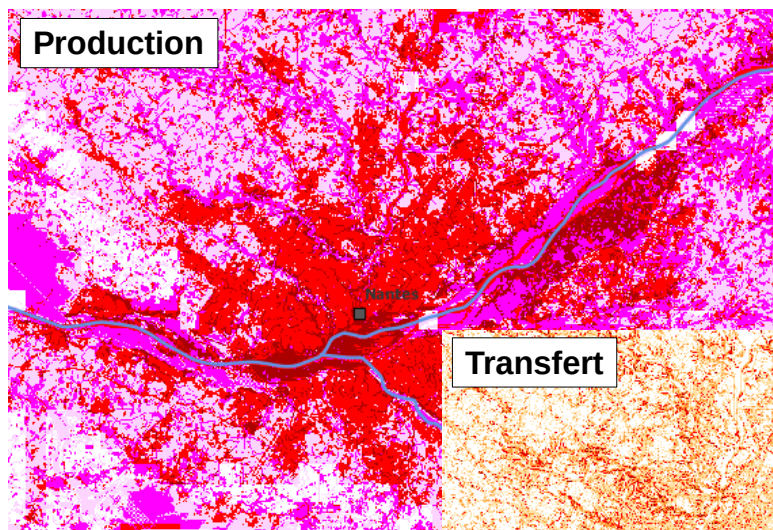
Les cartes ont été produites pour les 6 niveaux de sensibilité calculés à partir des scores évoqués *supra*, selon le triptyque production / transfert / accumulation.

La carte de production du ruissellement constitue l'un des 5 facteurs de chacune des cartes Transfert et Accumulation. La production est influencée par les zones imperméables mais aussi par le choix des pluies réalisé pour la construction des cartes MixMap pour représenter les processus de ruissellement par dépassement de la vitesse d'infiltration (ruissellement hortonien) et par la saturation du profil de sol supérieur (les 30 premiers centimètres). Les zones de production correspondent à des lames d'eau planes de 1 à quelques centimètres et qui peuvent se charger en matériaux fins du sol du fait de l'érosion hydrique (impact des gouttes de pluies) et des flottants (feuilles, brindilles, petit bois mort,...) aisément mobilisables.

La carte de transfert représente les chemins de l'eau à effet érosif dans les versants. Comme indiqué précédemment dans le rapport, ce sont les zones pour lesquelles l'érodibilité et la mise en vitesse des écoulements sont des facteurs d'érosion et de prise en charge des matériaux disponibles. L'énergie des écoulements devenus chargés est capable de transporter des éléments beaucoup plus grossiers qui sont dégagés et déstabilisés dans les zones d'érosion régressives. Cela peut produire des glissements de terrain ou des effondrements par effet de sape.

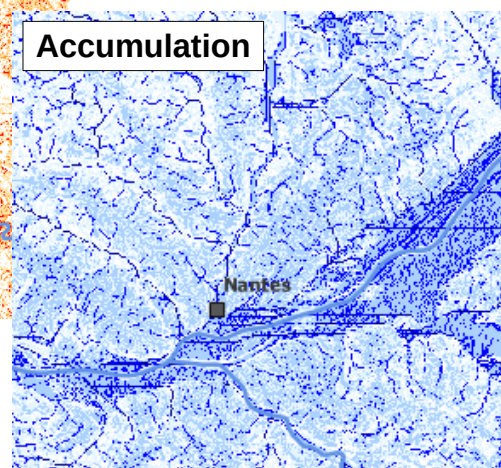
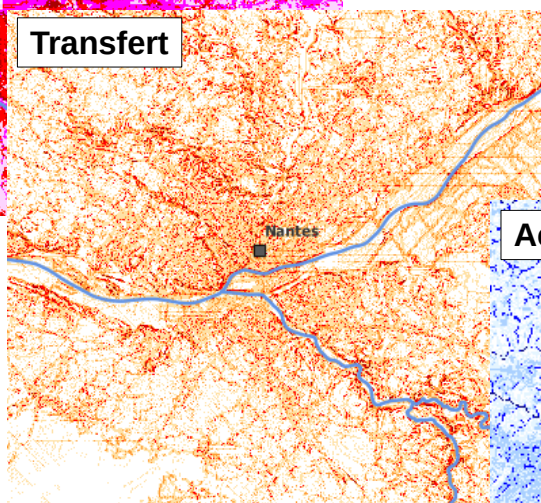
La carte d'accumulation montre les zones où le ruissellement ralentit ou stagne par effet topographique ou d'aire drainée qui peut en limiter la quantité. Il pourrait être intéressant d'intégrer un facteur de macro-rugosité lié à l'occupation du sol mais peu d'études sont disponibles sur le sujet pour définir un sens d'effet. Les zones d'accumulation permettent d'identifier le réseau de talweg et le réseau des cours d'eau car ce sont par définition des zones d'accumulation.

Les 3 cartes ci-après illustrent les résultats sur le secteur de Nantes Métropole (6 niveaux de sensibilité sont représentés, les couleurs les plus claires étant les niveaux les plus faibles, et les couleurs les plus foncées les niveaux les plus forts) :



Pour chaque étape du ruissellement, 6 niveaux de sensibilité :

- 0 - Aucun
- 1 - Très faible
- 2 - Faible
- 3 - Moyen
- 4 - Fort
- 5 - Très fort



2.8 Analyse des zones

Comme le montrent les cartes de transfert et d'accumulation ci-dessus, des lignes horizontales sont observées dans certains secteurs. Il s'agit de zones à topographie plane horizontale. Il est ressorti des traitements réalisés aux mailles de 50m, 25m et 5m que ces axes pouvaient suivre des directions particulières (Nord-Sud, Est-ouest, NE-SO, NO-SE).

La direction unique provient de l'algorithme dit « D8 » du plan de drainage qui ne cherche qu'une direction de sortie parmi les 8 possibles d'une maille carrée vers l'une de ses voisines, la plus basse en règle générale. Dans un plan horizontal, la direction de sortie de l'écoulement par défaut est celle de l'amont. On notera que les directions « linéaires » d'écoulement sont initiées à partir de chemins d'accumulation qui prennent naissance en dehors de la topographie horizontale.

L'interprétation des résultats dans ces zones doit faire l'objet d'une vigilance particulière, en distinguant deux types de zones.

- Les zones planes mais dont les pentes ne sont pas nulles ((ie) pentes supérieures à 0,05 degré⁷) : dans ces zones, le parallélisme des directions d'écoulement qui se traduisent par les lignes parallèles horizontales représentées sur les cartes indiquées *supra*, n'est pas loin de la situation de l'écoulement en cas de pluies intenses, du fait que les micro variations topographiques seront alors comblées physiquement. Dans cette situation, le chemin d'écoulement de niveau 5 qui est initié par la zone de production amont en périphérie du plan (faiblement) incliné peut avoir une réalité sans pour autant passer exactement à cet endroit.
- Les zones planes en eau : dans ces zones, le modèle IRIP ne peut pas représenter les zones d'accumulation, du fait qu'il n'y a plus de ruissellement. Il est rappelé que IRIP est par construction un outil permettant de représenter les zones sur lesquelles sont initiées le processus de ruissellement, et qu'il n'est donc pas conçu pour fournir des résultats sur les surfaces en eau.

En conclusion, il n'est pas souhaitable d'écarter des analyses les zones sur lesquelles sont observées des lignes horizontales, puisque ces dernières peuvent correspondre à une réalité physique. Toutefois, dans ces zones, des aménagements ponctuels ou linéaires peuvent avoir un impact sur le chemin hydraulique des eaux de ruissellement. Or, du fait du choix de la maille retenue pour élaborer la carte régionale, ces aménagements ne sont pas nécessairement détectés par l'outil, pouvant conduire localement à des imprécisions dans les calculs de scores. En outre, certaines surfaces planes avec une faible pente pouvant rester en eau une partie de l'année (marais, lits majeurs des cours d'eau, zones d'expansion des crues...), les scores calculés à partir de l'outil IRIP peuvent n'être valables qu'une partie de l'année.

⁷ Plusieurs valeurs de pentes ont été testées, et 0,05 degré est la valeur qui permettait d'écarter les zones en eau sans écarter les zones présentant de faibles pentes sur lesquelles IRIP reste pertinent.

Les secteurs qui devront faire l'objet d'une attention particulière lors de l'interprétation des résultats sont les zones continues bleues représentées en bleu sur la carte de l'index topographique indiquée ci-dessous :



3. Croisement des niveaux de sensibilité IRIP avec les données de sinistralité issues de la CCR

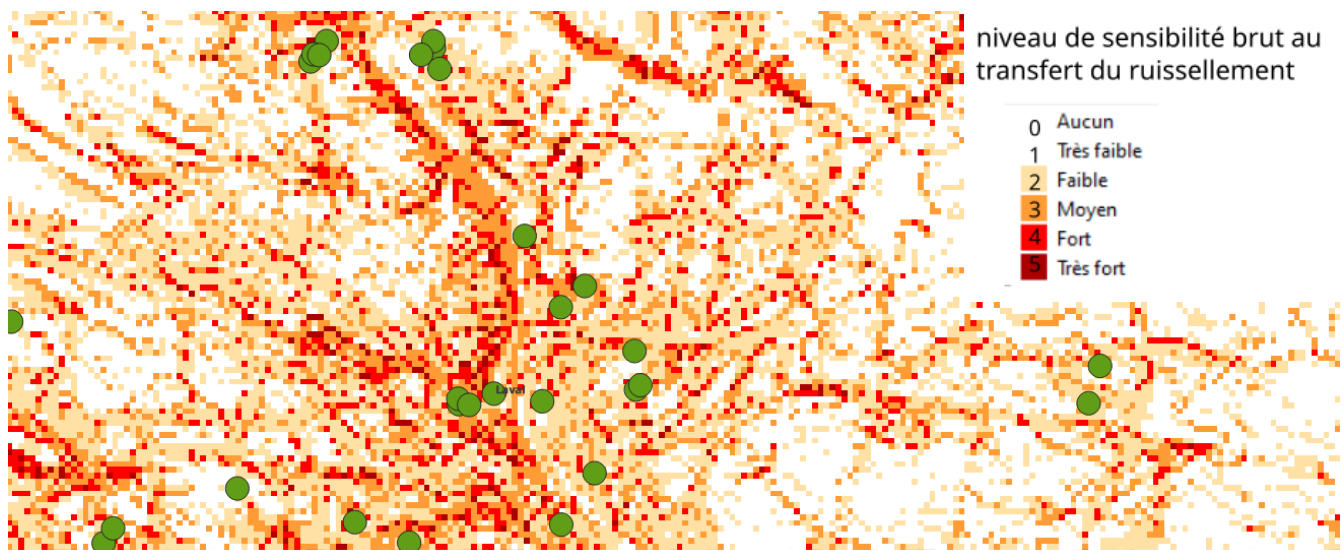
La DREAL a comparé les données issues de IRIP aux données de sinistralité de la CCR, afin ::

- d'évaluer les cartographies produites à partir de l'outil IRIP au regard des informations relevées *in situ* ;
- de définir le meilleur compromis dans le regroupement des zones de sensibilité entre le nombre de sinistres « captés » par les niveaux de sensibilité forts et la proportion du territoire correspondant à ces niveaux forts.

Les données de sinistralité de la CCR n'étant pas communicables, cette-dernière a réalisé le croisement pour le compte de la DREAL. La présente partie vise à exposer la méthodologie déployée pour réaliser ce croisement et les principaux résultats obtenus.

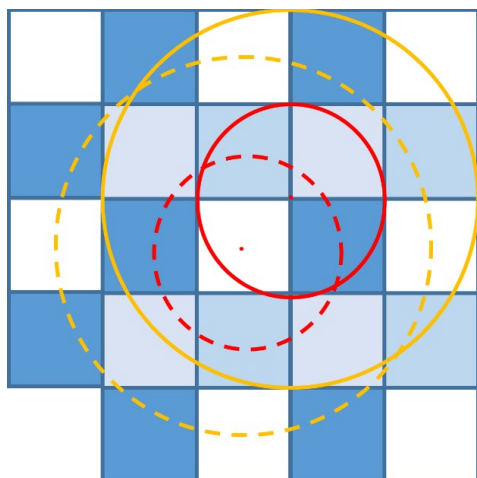
3.1 Méthodologie de croisement

Dans un premier temps, les sinistres sont géolocalisés par la CCR sur les cartes produites à partir de l'outil IRIP. La carte ci-dessous illustre ce principe général sur une carte de transfert de ruissellement (*les points verts représentent des sinistres aléatoirement positionnés sur la carte pour les besoins de l'exercice*) :



Dans un deuxième temps, un « tampon » est construit autour du point géolocalisé. Ce tampon circulaire doit avoir un rayon égal à 2 fois le côté de la maille de base, soit un rayon de 100m dans le cadre de notre étude puisque la maille raster de base est une maille de 50m x 50m. La raison en est que la méthode IRIP indique les zones potentielles d'initiation des aléas mais pas les zones de propagation en aval. Il est donc intégré une maille de distance entre le niveau de sensibilité (maille raster) et sa conséquence (le sinistre géolocalisé).

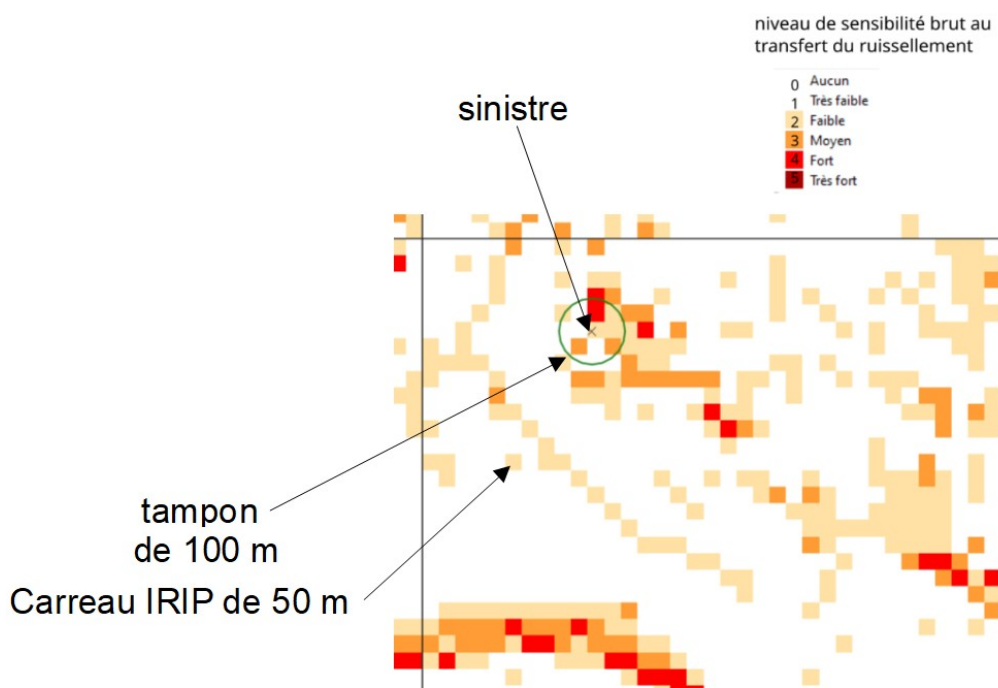
Le schéma ci-dessous illustre ce principe (les points rouges représentent les sinistres, les cercles rouges les cercles de rayon 50m autour des sinistres, les cercles orange les cercles de rayon 100m autour des sinistres) :



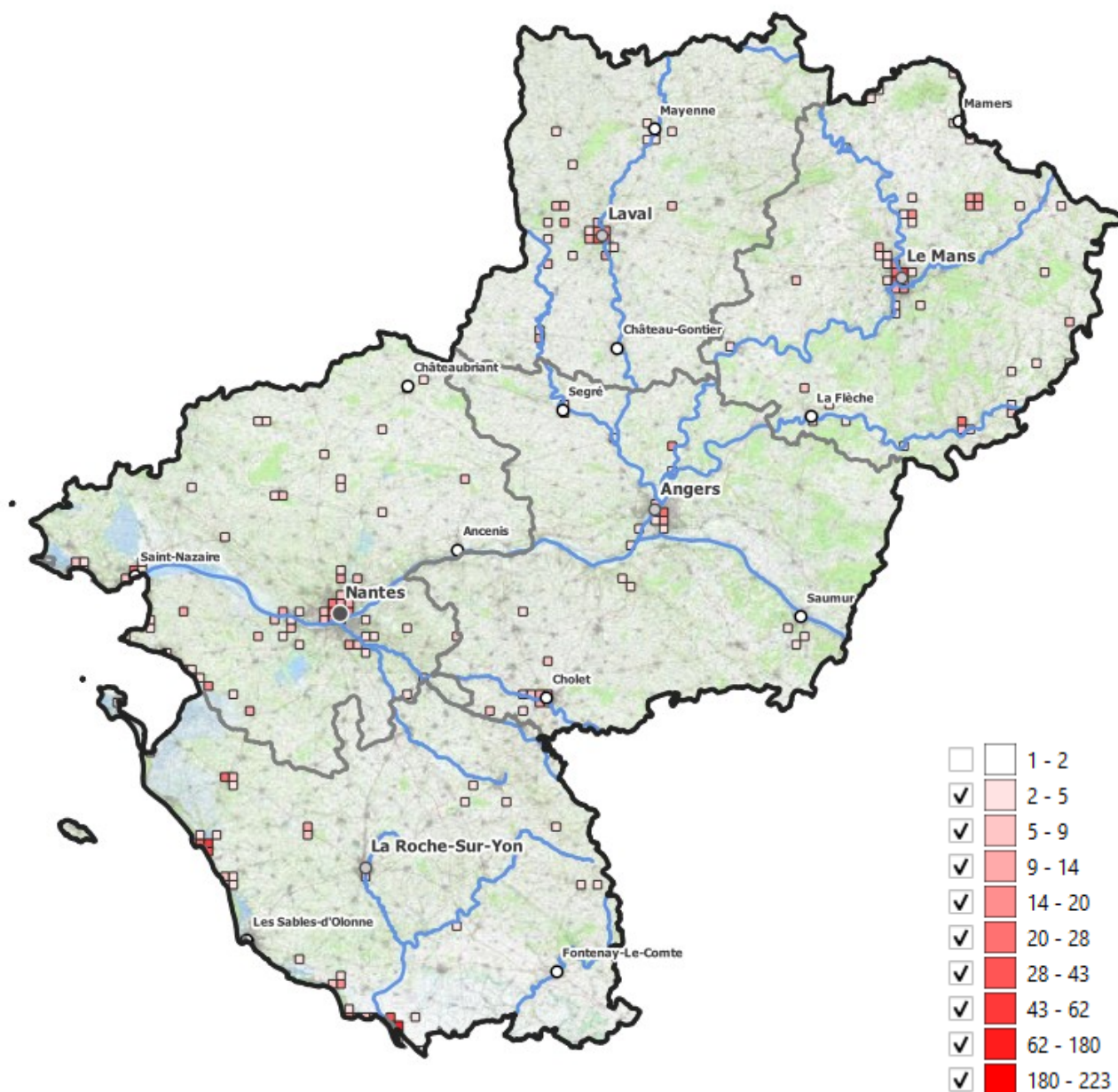
Dans un troisième temps, pour chaque sinistre, le nombre de mailles raster intersectées par le tampon décrit *supra* est calculé par niveau de sensibilité et par sinistre. Le tableau ci-après illustre un exemple de résultat obtenu :

ID_SIN	Production						Transfert						Accumulation					
	nb_0	nb_1	nb_2	nb_3	nb_4	nb_5	nb_0	nb_1	nb_2	nb_3	nb_4	nb_5	nb_0	nb_1	nb_2	nb_3	nb_4	nb_5
SIN_1	22	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	0
SIN_2	0	0	11	9	2	0	0	0	0	0	19	3	0	0	12	6	4	0
SIN_3	0	1	6	11	5	0	0	0	1	2	15	5	0	0	13	10	0	0
SIN_4	0	0	4	15	2	0	0	0	0	0	19	2	0	1	14	4	2	0

Le principe de croisement des données de sinistres de la CCR avec les résultats bruts de sensibilité au transfert du ruissellement est schématisé ci-dessous :



La CCR a également fourni une répartition du nombre de sinistres par maille de 2km x 2km. Ces dimensions ont été proposées par la DREAL sur la base d'un calcul afin de respecter la confidentialité des données ((ie) avoir au moins 2 sinistres par maille de 2km x 2km). La carte ci-dessous représente les résultats obtenus sur le périmètre régional :



Pour chacune de ces mailles, il a été demandé d'avoir une répartition du nombre de sinistres par niveau de sensibilité. Le tableau ci-dessous illustre les résultats obtenus :

périmètres	Nb de sinistres dans le périmètre	Nombre de sinistres avec une sensibilité de production du ruissellement = 0	Nombre de sinistres avec une sensibilité de production du ruissellement = 1	Nombre de sinistres avec une sensibilité de production du ruissellement = 2	... idem avec niveaux 3, 4 et 5, et idem pour transfert et accumulation...
périmètre 1	35	2	1	12	...
périmètre 2	13	5	3	1	...
périmètre 3	28	1	2	21	...
...	...	...	...	...	...

Cette information est intéressante, car elle peut permettre le cas échéant d'adapter les paramètres IRIP en fonction des typologies des zones de la carte (milieu urbain dense, milieu rural par exemple).

Cette répartition des résultats permet également de visualiser rapidement les zones les plus sinistrées.

3.2 Test de la méthode sur le périmètre de Nantes Métropole

Avant de pouvoir déployer la méthodologie sur l'ensemble du périmètre d'étude, la DREAL a souhaité qu'un test soit effectué sur le périmètre de Nantes Métropole. Ce choix a été motivé par deux raisons principales :

- le nombre élevé de sinistres (387 au total) sur le périmètre de Nantes Métropole permet d'assurer la robustesse de la méthode sur le plan statistique ;
- Nantes Métropole dispose d'une cartographie des zones inondables par ruissellement à partir d'un modèle hydraulique 2D, réalisé dans le cadre de la révision de son PLUm.⁸

Cette phase de test a permis de préciser les attendus et d'adapter la méthodologie.

3.3 Déploiement de la méthodologie sur l'ensemble du périmètre d'étude

La méthodologie a ensuite été déployée sur l'ensemble du périmètre régional. 3876 sinistres géolocalisés ont initialement servi pour mener l'analyse qui sera détaillée dans la partie suivante. Toutefois, un premier post-traitement a permis de détecter que parmi ces 3876 sinistres, 347 ne pouvaient pas être exploités en raison de l'absence de résultats IRIP dans le tampon de 100m de rayon⁹. Finalement, environ 3500 sinistres ont été considérés dans l'analyse.

8 Un comparatif entre les cartes IRIP et les cartes produites par Nantes Métropole n'a pas de sens scientifique puisque un comparatif entre deux modèles nécessite avant tout de comparer leurs domaines d'application, leurs résolutions spatiales et leurs choix et hypothèses internes. L'utilisation des cartes produites par Nantes Métropole revêtait l'objectif de pouvoir mener un comparatif avec les données de sinistralité géolocalisées. Toutefois, pour des raisons de formatage des données, cette analyse n'a pas pu être conduite.

9 Ces 347 sinistres correspondent à des sinistres en dehors du périmètre d'étude et qui n'ont pas été exclus car compris dans le maillage raster ayant servi au traitement.

3.4 Incertitudes liées aux informations liées aux sinistres géolocalisés

Les données de sinistralité de la CCR servent de base à la validation des cartes produites à partir de l'outil IRIP. Il convient de noter que ces données comportent des incertitudes. Les principales sont les suivantes :

- 1) Les sinistres avant 1995 ne sont pas référencés ;
- 2) Seuls les sinistres déclarés dans le cadre d'une reconnaissance catastrophe naturelle sont référencés ;
- 3) La qualité de la géolocalisation est variable, mais non estimée ;
- 4) Dans les zones soumises à la fois à un aléa débordement/submersion et un aléa ruissellement, il n'y a pas de distinction entre les deux.

4. Traitement statistique effectué à partir du croisement entre les résultats IRIP et les données des sinistres géolocalisés

L'évaluation des cartographies est basée sur l'hypothèse qu'un dégât géolocalisé est détecté si la zone tampon autour du sinistre géolocalisé qui contient le dégât comporte une indication d'un ou plusieurs pixels en niveau de sensibilité fort en ruissellement. Le traitement statistique va consister à quantifier le niveau de dépendance entre la géolocalisation des sinistres et le niveau de sensibilité, en construisant d'une part une matrice de contingence, d'autre part une matrice du hasard, et enfin en calculant le Khi-2 (qui « mesure » l'écart entre une distribution théorique et une distribution réelle). Ces notions sont détaillées ci-après.

4.1 Calcul de la matrice de contingence

La matrice de contingence permet d'avoir un aperçu de la distribution entre deux variables, qui sont dans notre cas d'étude le niveau de sensibilité fort (qui est un regroupement de niveaux de sensibilité à définir) et la présence d'un sinistre. La matrice de contingence contient les informations suivantes :

		Sinistre	
		NON	OUI
Niveau de sensibilité fort	NON	[D] Vrais négatifs : pas de détection en faible Calcul : nombre de mailles en niveau de sensibilité faible hors tampons des dégâts	[B] Faux négatifs : modèle n'a pas détecté le sinistre Calcul : nombre de mailles en niveau de sensibilité faible dans les tampons des dégâts
	OUI	[C] Faux positifs Calcul : nombre de mailles en niveau de sensibilité fort hors tampons des dégâts	[A] Vrais positifs : détection en fort Calcul : nombre de mailles en niveau de sensibilité fort dans les tampons des dégâts

Les faux négatifs donnent une mesure de la non adéquation du modèle à la réalité de terrain.

Les faux positifs reflètent un niveau de sensibilité fort sans présence de dégât. Il peut y avoir trois raisons à cela :

- (I) le modèle n'est pas en adéquation avec la réalité de terrain
- (II) le dégât n'est pas répertorié, en particulier car hors enjeux assurantiel
- (III) il n'a pas plu ou pas suffisamment à cet endroit du bassin versant pendant l'événement ou les événements.

4.2 Calcul de la matrice du hasard

Une matrice du hasard est ensuite construite afin de permettre de calculer la distribution théorique dans le cas où il n'y aurait aucune dépendance entre le niveau de sensibilité et la présence de sinistre.

		Sinistre	
		NON	OUI
Niveau de sensibilité fort	NON	[4]	[2]
	OUI	[3]	[1]

Par exemple, $[1] = (\text{nombre de mailles en niveau de sensibilité fort} \times \text{nombre de mailles total dans les tampons de 100m autour des sinistres}) / (\text{nombre total de mailles sur le périmètre d'étude})$.¹⁰

4.3 Calcul du Khi-2

Le calcul du Khi-2 permet de mesurer la relation de dépendance entre un niveau de sensibilité fort et la présence d'un sinistre. Pour faire simple, le calcul de ce paramètre va permettre de s'assurer que le fait que les sinistres soient majoritairement à proximité de mailles en niveau de sensibilité fort ne relève pas d'une simple coïncidence, mais bien d'une dépendance entre les deux paramètres.

La formule de calcul du Khi-2 est la suivante :

$$\text{Khi-2} = ([A] - [1])^2 / [1] + \dots + ([D] - [4])^2 / [4]$$

Le résultat du calcul du Khi-2 est comparé au résultat issu d'une table du Khi-2 qui indique par degré de liberté et par quantile les valeurs limites au-delà desquelles les variables (niveau de sensibilité fort et sinistre dans notre cas) sont supposées ne pas être indépendantes.

Un extrait de cette table est présenté ci-dessous :

LOI DU KHI-DEUX AVEC k DEGRÉS DE LIBERTÉ
QUANTILES D'ORDRE $1 - \gamma$

k	γ										
	0.995	0.990	0.975	0.950	0.900	0.500	0.100	0.050	0.025	0.010	0.005
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.45	2.71	3.84	5.02	6.63	7.88
2	0.01	0.02	0.05	0.10	0.21	1.39	4.61	5.99	7.38	9.21	10.60
3	0.07	0.11	0.22	0.35	0.58	2.37	6.25	7.81	9.35	11.34	12.84
4	0.21	0.30	0.48	0.71	1.06	3.36	7.78	9.94	11.14	13.28	14.86
5	0.41	0.55	0.83	1.15	1.61	4.35	9.24	11.07	12.83	15.09	16.75

¹⁰ Le résultat est homogène à un nombre, donc comparable avec le nombre de mailles de la matrice de convergence. En outre, la formule proposée revient à multiplier des probabilités, ce qui revient finalement à un calcul de probabilité entre deux événements indépendants.

Dans cette table, le quantile permet de quantifier les probabilités d'erreur, et le k correspond au nombre de degrés de liberté (en clair, le nombre de variables à connaître pour pouvoir estimer toutes les autres).

En prenant la ligne 1, qui correspond au degré de liberté, la table montre que la valeur du Khi-2 doit dépasser 7,88 afin d'être sûr à plus de 99,5 % de la dépendance entre le niveau de sensibilité et la présence du sinistre.

Un calcul effectué en prenant une combinaison avec les niveaux 4 et 5 en accumulation et les niveaux 4 et 5 en transfert conduit à une valeur du Khi-2 de 9124, valeur très largement supérieure à 7,88.

En conclusion, le calcul du Khi-2 permet d'affirmer avec une certitude de plus de 99,5 % que les zones de sensibilité forte (dans l'exemple décrit ci-dessus, les niveaux 4 et 5 en accumulation et les niveaux 4 et 5 en transfert) et la présence de sinistres à proximité sont dépendantes.

5. Regroupement des zones

Les choix en matière de regroupement des niveaux de sensibilité conditionnent la représentation des cartes qui seront communiquées.

5.1 Objectif opérationnel

L'expérience acquise par l'INRAE dans la validation des cartes IRIP sur un territoire porte sur une double condition : il est nécessaire de détecter au moins 80% des dommages (ou sinistres) déclarés avec au plus 20% de mailles en niveau de sensibilité fort IRIP dans le territoire. Ces conditions antagonistes l'une de l'autre obligent à chercher un optimum opérationnel qui consiste à trouver un maximum de dommages à proximité des niveaux de sensibilité IRIP de scores élevés avec un minimum de pixels en niveau de sensibilité fort, car plus le seuil de score est faible plus les pixels des niveaux de sensibilité occupent une part importante du territoire. Par exemple, il est possible de détecter 100% des dommages ou sinistres avec les seuils de scores IRIP > 1 qui couvrent jusqu'à 90% d'un territoire, mais cela n'a aucun intérêt opérationnel.

5.2 Matrice de couplage

Pour chaque couple de niveaux de sensibilité, un pourcentage de détection des sinistres et un pourcentage de surface en niveau de sensibilité fort par rapport au périmètre global ont été calculés. Un paramètre d'efficacité a également été évalué.

Les résultats de ces calculs sont présentés dans le tableau ci-contre (les lignes surlignées en vert sont les lignes qui répondent à la double condition décrite au paragraphe précédent) :

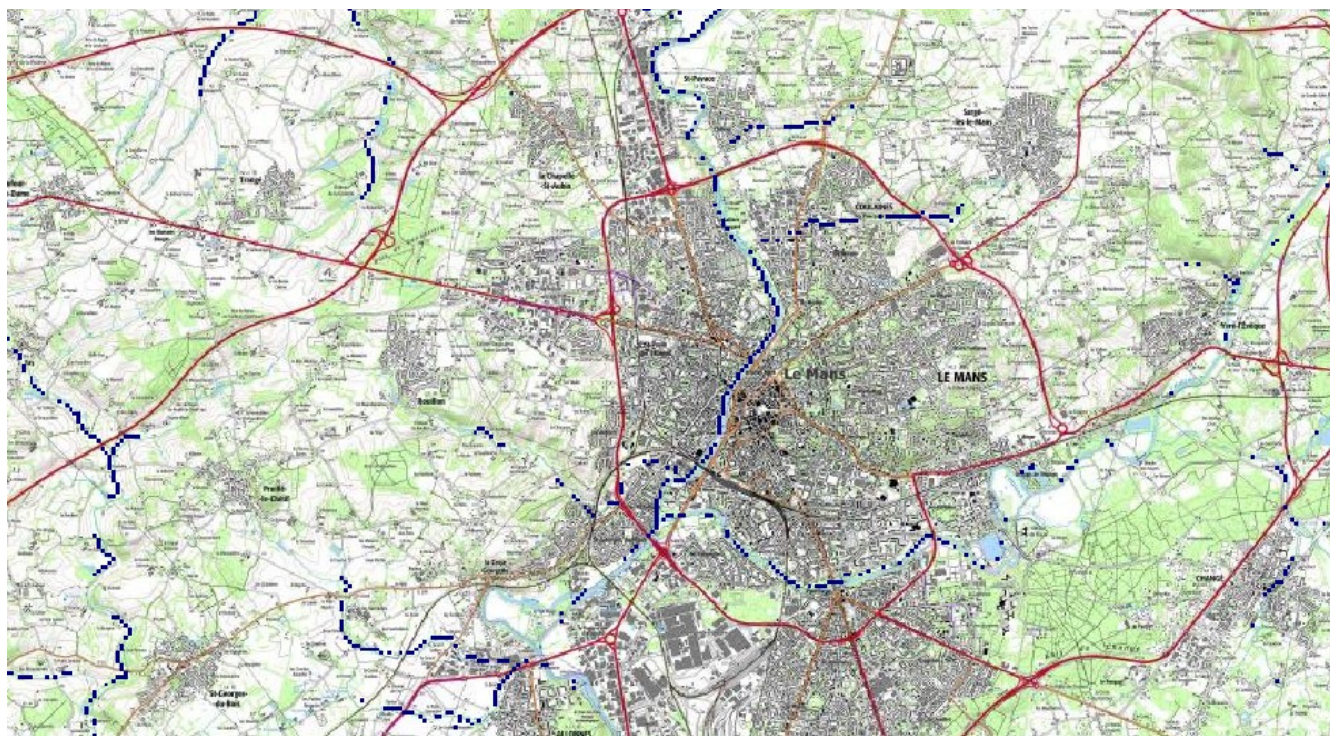
Accumulation	Transfert	Production	Nombre sinistres détectés	% détection	Nombre pixels	% surface niveau de sensibilité fort	« Efficacité » (% détection / % surface en niveau de sensibilité fort)
3,4,5	3,4,5	5	3527	100 %	10856825	60 %	1,68
3,4,5	4,5	5	3526	100 %	8570270	47 %	2,13
3,4,5	5	5	3526	100 %	7810500	43 %	2,33
4,5	3,4,5	5	3523	100 %	6194729	34 %	2,94
4,5	4,5	5	3514	100 %	3908174	21 %	4,65
4,5	5	5	3508	99 %	3148404	17 %	5,76
5	3,4,5	5	3520	100 %	5037278	28 %	3,61
5	4,5	5	3509	99 %	2750723	15 %	6,59
5	5	5	3498	99 %	1990953	11 %	9,08
3,4,5	3,4,5		3527	100 %	9109251	50 %	2,00
3,4,5	4,5		3526	100 %	6822696	37 %	2,67
3,4,5	5		3522	100 %	6062926	33 %	3,00
4,5	3,4,5		3507	99 %	4447155	24 %	4,08
4,5	4,5		3390	96 %	2160600	12 %	8,11
4,5	5		2864	81 %	1400830	8 %	10,57
5	3,4,5		3477	99 %	3289704	18 %	5,46
5	4,5		2816	80 %	1003149	5 %	14,51
5	5		1068	30 %	243379	1 %	22,68
3,4,5			3508	99 %	5977658	33 %	3,03
4,5			2712	77 %	1315562	7 %	10,65
5			704	20 %	158111	1 %	23,01
	3,4,5		3475	98 %	3131593	17 %	5,74
	4,5		2700	77 %	845038	5 %	16,51
	5		507	14 %	85268	0 %	30,73

Il est nécessaire de préciser que la production n'est pas considérée dans la méthode IRIP comme un phénomène dommageable, si ce n'est en zone agricole où ce processus peut contribuer aux pertes en sol sous la forme de matières en suspension. Aussi, dans le tableau ci-dessus, seules les lignes sans production sont analysées. Les sources de dommages considérées sont donc celles liées au transfert et à l'accumulation. Pour l'évaluation IRIP ceux-ci sont en général représentés avec une carte unique car ces deux phénomènes sont quasi exclusifs l'un de l'autre (par construction dans la méthode). Dans le cas de Nantes métropole le recouvrement est de 1.5% entre les scores de transfert ≥ 3 et les scores d'accumulation ≥ 4 . Cela s'explique en partie par les artefacts des écoulements en zones planes horizontales et les abords encaissés comme pour certains cours d'eau où le transfert et l'accumulation sont sur une même maille de jonction.

5.3 Sélection du couple pour la construction des matrices des niveaux de sensibilité forts

Le calcul d'efficacité présenté dans le tableau ci-dessous montre que le couple associant les niveaux 4 et 5 en transfert et le niveau 5 en accumulation permet de capter 80 % des sinistres pour seulement 5 % du territoire couvert par des mailles en niveau de sensibilité fort, et qu'il présente à ce titre une efficacité élevée.

La carte produite à partir du niveau 5 en accumulation a la forme suivante (*zoom sur le territoire du Mans Métropole ; les points bleus représentent le niveau 5 en accumulation, les lignes rouges représentent les routes*) :



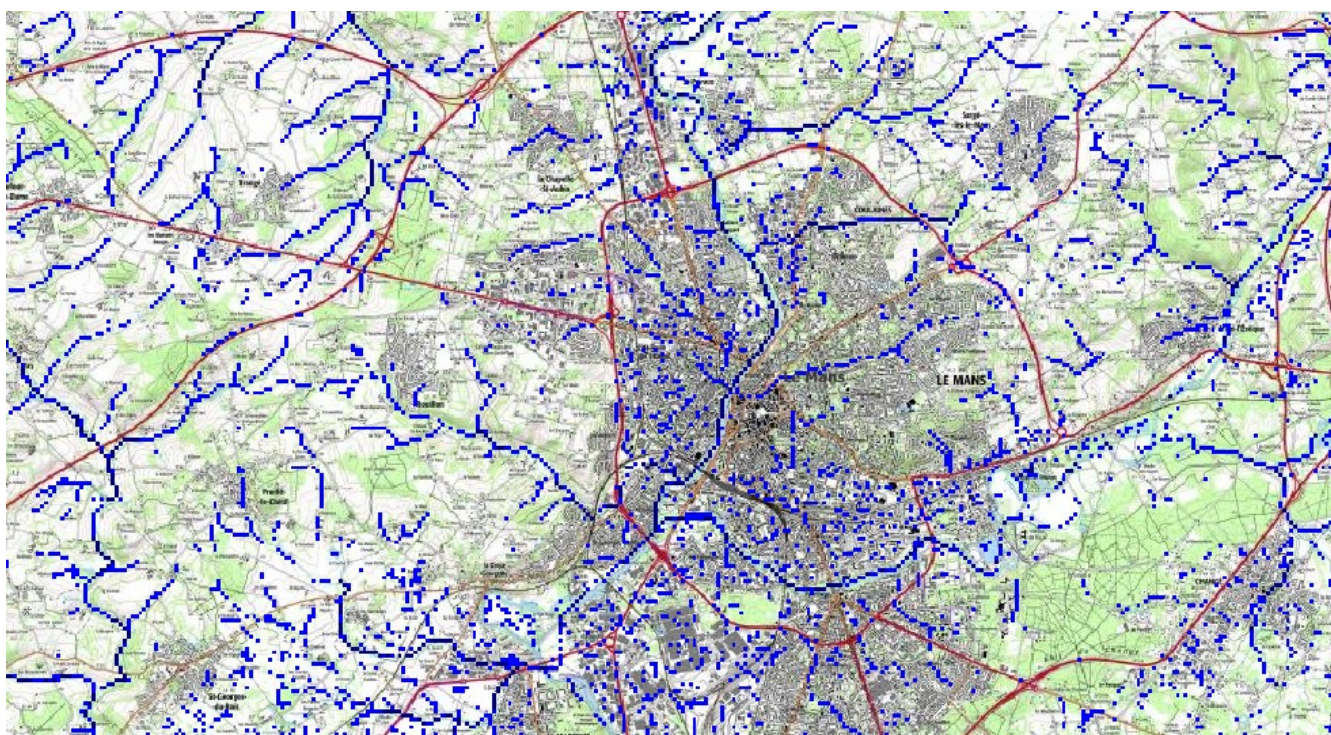
Il s'avère que les zones d'accumulation sont discontinues et que les thalwegs sont segmentés. Il semble difficile d'échanger avec les acteurs locaux sur la base de cette carte et de faire le lien entre le phénomène du ruissellement et la manifestation physique (même si IRIP est un outil d'évaluation de la sensibilité du territoire au ruissellement et non un modèle pluie-débit). En outre, en superposant la carte précédente avec les emprises des zones inondables liées aux enveloppes approchées des inondations potentielles (EAIP) issues de la Directive Inondation, le résultat est le suivant (*les zones EAIP sont représentées en vert*) :



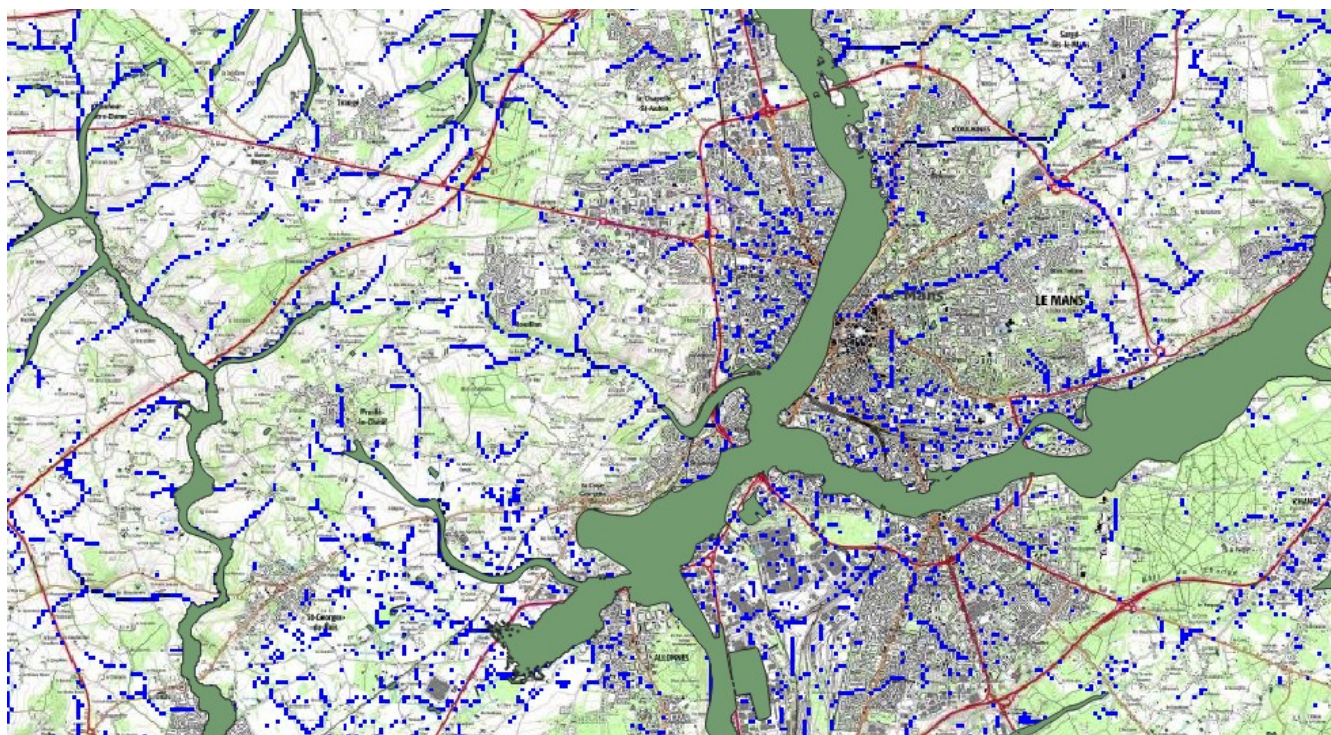
Les zones en niveau 5 d'accumulation sont presque intégralement recouvertes par les emprises EAIP, et il sera difficile de distinguer les actions qui relèvent de la prévention des inondations par débordements des cours d'eau des actions qui relèvent de la prévention du ruissellement.

Si d'un point de vue statistique, retenir uniquement le niveau 5 en niveau de sensibilité fort accumulation est intéressant, il est difficile de l'exploiter au niveau opérationnel.

Il est donc proposé d'intégrer également le niveau 4. Sur ce même périmètre, la carte produite à partir des niveaux 4 et 5 est la suivante :



En superposant avec les emprises liées à l'EAIP, le résultat est le suivant :



Les niveaux 4 et 5 en accumulation permettent ainsi de remonter en profondeur dans les bassins versants et d'analyser les zones où les cours d'eau sont non pérennes.

Il est donc proposé de retenir les niveaux 4 et 5 pour définir le niveau de sensibilité fort accumulation.

S'agissant du transfert, retenir le niveau 5 uniquement conduirait à des cartes de la forme suivante (*zoom sur la vallée du Cens sur Nantes Métropole ; les points rouges représentent le niveau 5 en transfert, les lignes rouges représentent les routes*) :



Retenir les niveaux 4 et 5 conduirait à obtenir la carte suivante :



D'un point de vue opérationnel, aucune des 2 cartes n'est facilement interprétable.

Deux éléments complémentaires sont donc analysés pour permettre de prendre un arbitrage.

Le premier est le gain sur le nombre de sinistres détectés en intégrant le niveau 4. Le tableau présenté supra montre un gain de 15 % sur le nombre de sinistres détectés pour 4 % de surface supplémentaire. Au regard des autres combinaisons, l'intégration du niveau 4 semble convenable.

Le second est le taux de sinistres finalement détectés en intégrant le niveau 4, qui est de 96 %. Aussi, le résultat est tel qu'il est possible d'affirmer que la quasi-intégralité des sinistres sont dans l'emprise des niveaux de sensibilité 4 et 5 en accumulation et en transfert. D'un point de vue opérationnel, cette conclusion est intéressante.

En conclusion, la prise en compte des niveaux 4 et 5 pour définir le niveau de sensibilité fort transfert apparaît comme la solution la plus intéressante d'un point de vue opérationnel.

<u>Le niveau de sensibilité fort ruissellement correspondra à la fusion entre les niveaux 4 et 5 en accumulation et les niveaux 4 et 5 en transfert, ce qui permet de détecter 96 % des sinistres pour environ 12 % du territoire. La production n'est pas intégrée car le phénomène en lui-même est non dommageable. Toutefois, les analyses complémentaires sur les secteurs agricoles pourraient nécessiter d'exploiter les résultats liés à la production, notamment pour permettre son atténuation.</u>
--

6. Synthèse régionale

Le regroupement des niveaux de sensibilité présenté précédemment permet d'obtenir la superficie du périmètre d'étude qui fait l'objet d'une sensibilité forte au ruissellement.

Toutefois, **la maille élémentaire utilisée pour réaliser l'étude (maille de dimensions 50m x 50m) ne permet pas d'identifier à une échelle infra communale les zones les plus exposées au ruissellement. Aussi, établir un programme d'actions opérationnelles (prescriptions en matière d'urbanisme, réduction de la vulnérabilité individuelle, ouvrages de rétention,...) sur la base des résultats IRIP à cette échelle ne serait pas opportun.**

C'est pourquoi il est important de travailler sur des cartes de synthèse régionale qui permettront d'identifier certains secteurs du périmètre régional particulièrement exposés au ruissellement.¹¹

Deux analyses distinctes seront conduites dans cette partie :

- une analyse du niveau de sensibilité au ruissellement par commune, sans tenir compte des enjeux ;
- une analyse du niveau de sensibilité au ruissellement par commune, en tenant compte des enjeux.

Il est rappelé que les résultats dans les zones de plans d'eau et les zones planes à faibles pentes (lit majeur des cours d'eau, zones de marais par exemple) comportent des biais. Aussi, dans ces zones, les résultats consolidés qui seront présentés dans la présente partie sont à interpréter avec précaution.

Il est également important de rappeler que les résultats obtenus à partir de l'outil IRIP fournissent des informations des niveaux de sensibilité au ruissellement, sans déterminer l'aléa. **La démarche régionale qui fait l'objet du présent rapport ne permet pas de qualifier le niveau de risques liés aux inondations par ruissellement**, qui lui doit être déterminé à partir du croisement entre le niveau d'aléa et les enjeux, comme le montre le schéma ci-dessous :



¹¹ Il est bien question ici de conduire une analyse sur le périmètre régional, et non sur le périmètre complet de l'étude, qui nécessite une communication spécifique au niveau des régions et départements situés en dehors de la région Pays de la Loire.

6.1 Données d'entrée et étapes pour réaliser les cartes de sensibilité par commune

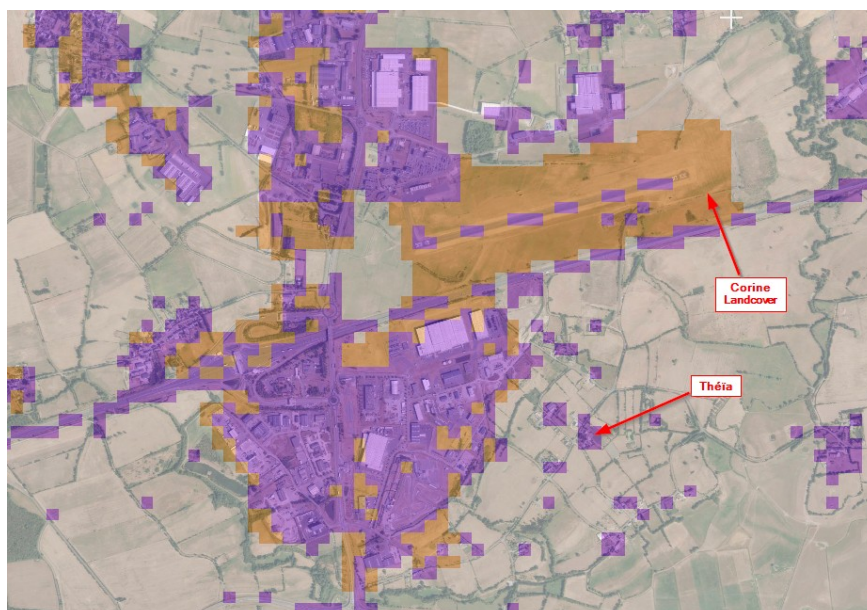
Les données d'entrée utilisées pour produire les cartes de sensibilité par commune sont les suivantes :

- périmètres communaux AdminExpress® IGN 2024 pour les analyses communales des résultats IRIP ;
- occupations du sol (OCS) Corine Landcover 2018 et Theïa 2017 pour la définition des enjeux (zones urbaines, industrielles, commerciales, portuaires et aéroportuaires) ;
- résultats IRIP à la maille de 50m.

Les cartes sont ensuite réalisées de la manière suivante :

- production d'un raster à la maille de 50 m des « enjeux » à partir des OCS Corine Landcover et THEIA. L'occupation du sol THEIA utilisée pour produire la sensibilité au ruissellement présente une sorte de mitage à l'intérieur des zones urbaines, qui est amplifié par le ré-échantillonnage des données sur la grille de 50 m des données IRIP produites. Pour palier ce mitage, ont été ajoutées les zones artificialisées de Corine Landcover. Pour les deux OCS, les zones artificialisées utilisées sont les zones urbaines, industrielles, commerciales, aéroportuaires, et les infrastructures routières et ferroviaires. Cette combinaison des deux OCS permet de tenir compte des espaces « naturels » anthropisés susceptibles d'être artificialisés.
- utilisation du traitement QGIS « Histogramme zonal » qui calcule pour chaque commune le nombre de mailles pour chaque niveau de sensibilité brute (en production, en transfert et en accumulation), et le nombre de mailles comportant à la fois des surfaces artificialisées et une sensibilité au ruissellement intense.

Un exemple de surfaces artificialisées de l'OCS THEIA superposée à l'OCS Corine Landcover est représenté ci-dessous :



6.2 Proportion des surfaces communales concernées par un niveau de sensibilité fort

L'analyse qui est conduite ci-dessous est une analyse surfacique du niveau de sensibilité des communes au ruissellement, sans considération à ce stade des enjeux.

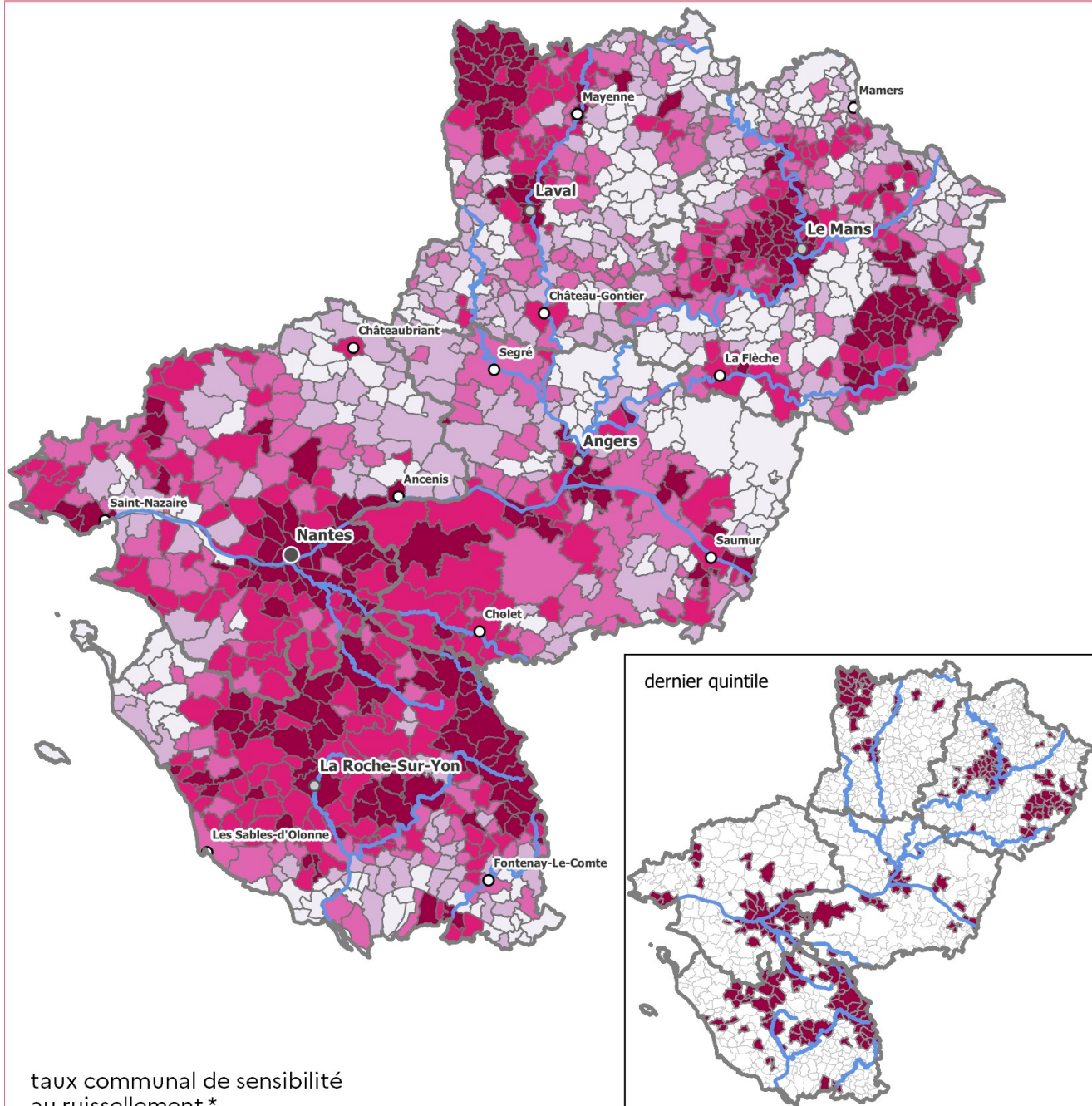
La carte ci-dessous représente la proportion des surfaces communales concernées par un niveau de sensibilité fort. Elle a été bâtie en calculant le rapport entre la superficie communale et la superficie cumulée des mailles de niveaux 4 et 5 en accumulation et en transfert. Les communes sont réparties par quantile par rapport à leur niveau de sensibilité. La carte dans l'encadré représente le dernier quintile, c'est-à-dire les 20 % des communes dont les superficies sont les plus couvertes par des mailles de niveaux 4 et 5 en accumulation et en transfert.

Plusieurs zones géographiques se distinguent (*cf carte ci-après*). Par département, il s'agit des EPCI suivants :

- **Loire-Atlantique : Nantes Métropole, CC Sèvre et Loire**
- **Maine-et-Loire : Mauges Communauté, CC Loire Layon Aubance, Angers Loire Métropole et CA Saumur Val de Loire**
- **Mayenne : CA de Laval Agglomération, CC du Bocage Mayennais et CC de l'Ernée**
- **Sarthe : Le Mans Métropole, CC Loué-Brûlon-Noyen, CC Maine Coeur de Sarthe, CC Loir-Lucé-Bercé, CC des Vallées de la Braye et de l'Anille**
- **Vendée : CC du Pays de Mortagne, CC du Pays de Pouzauges, CC du Pays de la Châtaigneraie, CC Pays de Chantonay, CA la Roche-sur-Yon agglomération, CC de Vie et Boulogne et CA Terres de Montaigu**

SENSIBILITÉ AU RUISSELLEMENT

taux de sensibilité communal au ruissellement



taux communal de sensibilité
au ruissellement *
(méthode IRIP)

- < 9,6% (min. = 3,1 %)
- entre 9,6 % et 11,2%
- entre 11,2 % et 13 %
- entre 13 % et 14,6 %
- > 14,6 % (max. = 37,2 %)

* le taux calculé est le rapport entre :

- la somme des surfaces comportant un niveau fort ou très fort en transfert ou accumulation,
- et la surface communale

Représentation par quintile : en statistiques, un quintile est une valeur qui partage une distribution statistique en effectifs égaux. La carte dans l'encadré représente le dernier quintile, c'est-à-dire les 20% des communes dont le taux communal de sensibilité au ruissellement est le plus élevé.

Source : DREAL Pays de la Loire

©IGN adminexpress®

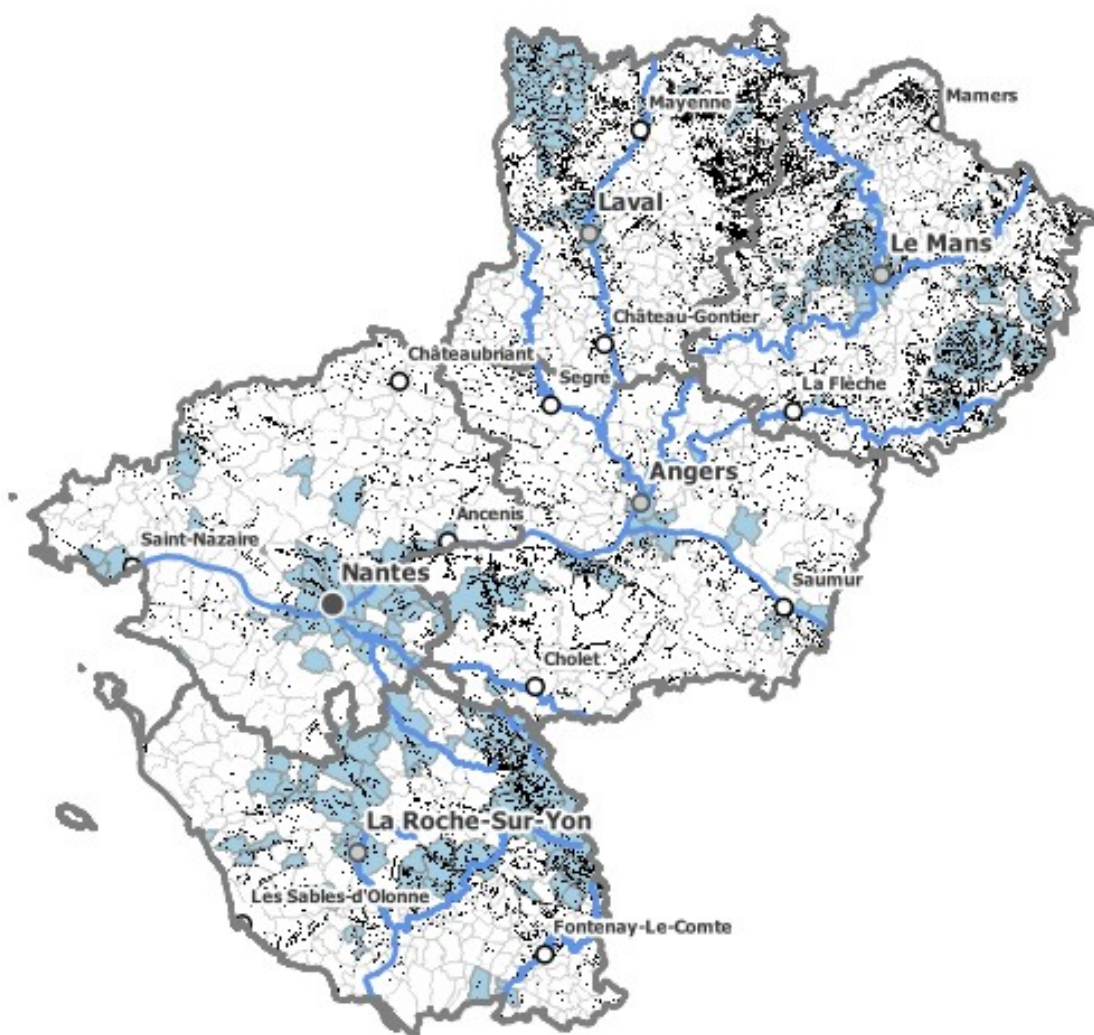
©DREAL Pays de la Loire (Nantes, déc. 2024)

DREAL Pays de la Loire - 5 rue Françoise Giroud - CS 16326 - 44263 NANTES Cedex 2

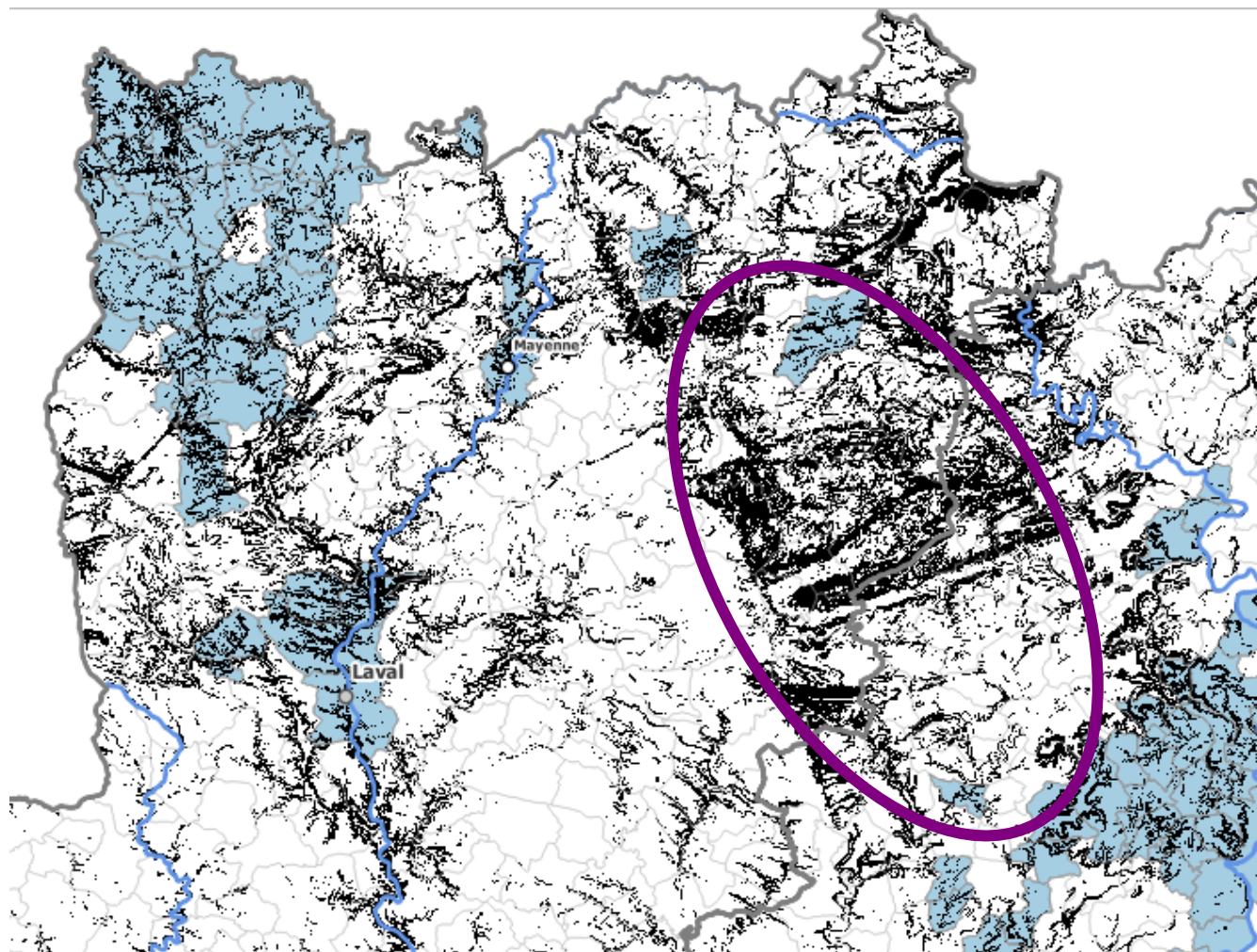
0 25 50 km



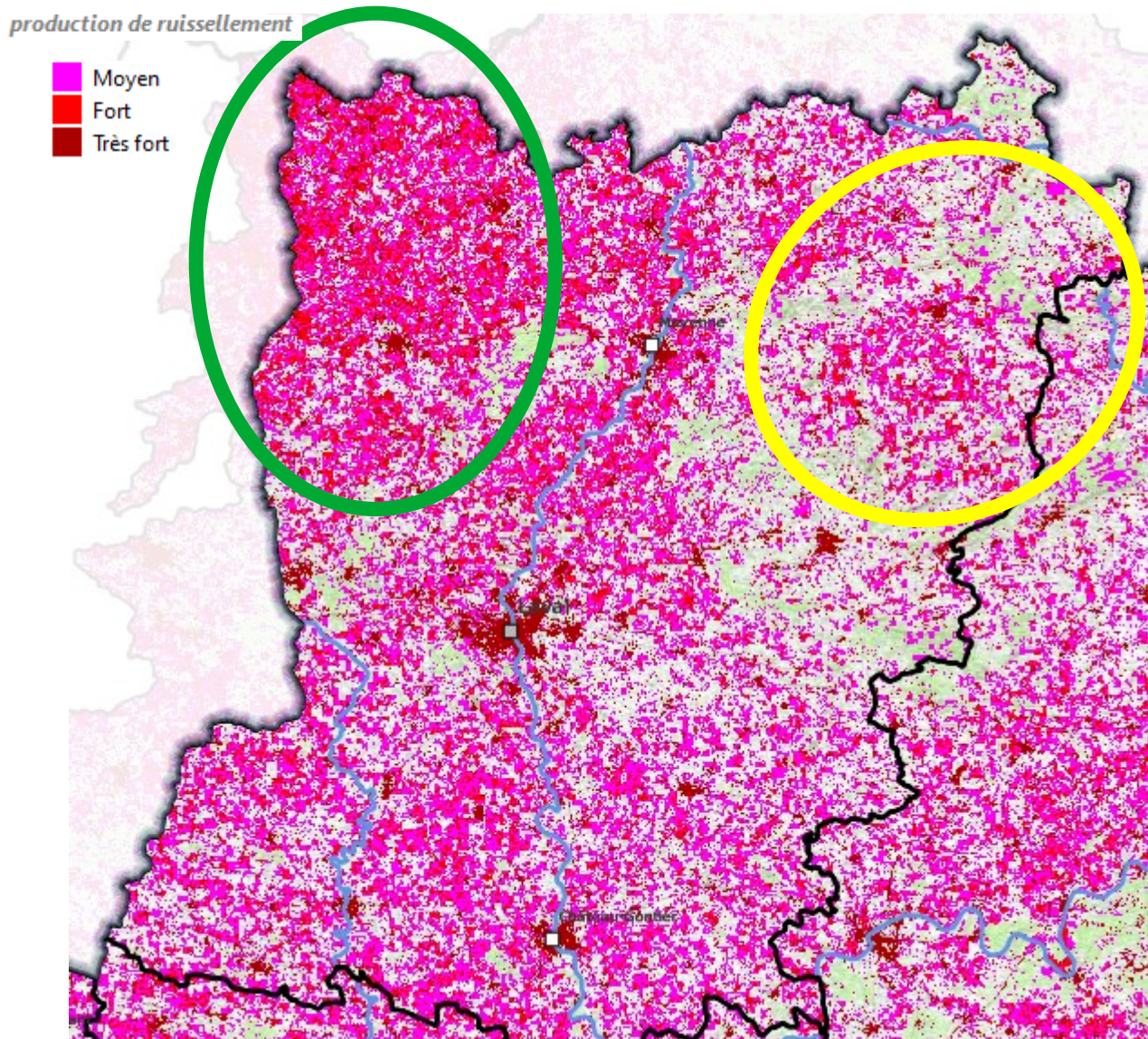
L'analyse des paramètres qui influencent le plus le score en transfert dans les zones les plus sensibles fait état d'une influence importante de la densité des pentes fortes, comme le montre la carte ci-dessous (les points noirs représentent les mailles sur lesquelles des pentes fortes sont détectées par IRIP, les zones bleues représentent les 20 % des communes les plus sensibles au ruissellement (hors enjeux)) :



Même s'il est effectivement constaté une corrélation entre la présence des pentes fortes et un niveau de sensibilité fort au ruissellement, certains secteurs échappent à cette règle, notamment le nord-est du département de la Mayenne comme le montre la carte ci-dessous :



L'une des explications est liée au niveau de sensibilité à la production (qui est l'un des facteurs pris en compte pour calculer les scores en production et en transfert), comme le montre la carte ci-dessous sur laquelle les niveaux 3, 4 et 5 en production sont représentés, et sur laquelle sont entourées les zones sensibles à la production du ruissellement (en vert) et les zones peu sensibles à la production du ruissellement (en jaune) :



Sur cette carte, il est constaté une propension du territoire nord-est de la Mayenne (entouré en jaune) à produire du ruissellement nettement inférieure au territoire situé au nord-ouest (entouré en vert), ce qui impacte *de facto* le calcul des scores en accumulation et en transfert.

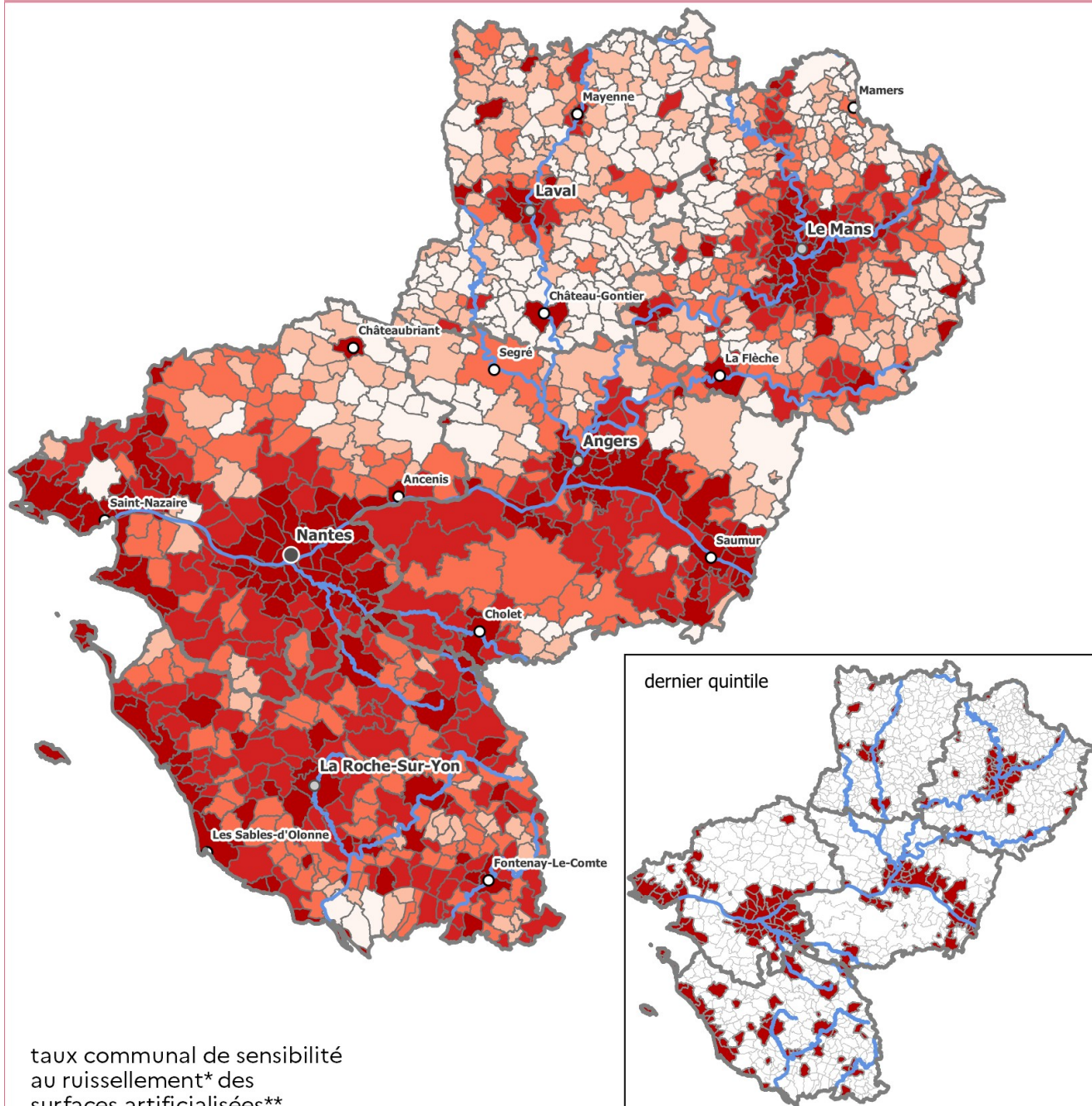
Cet exemple montre notamment l'importance de ne pas écarter des analyses les zones de production, sur lesquelles des focus plus locaux pourront être réalisés au besoin pour réfléchir à des solutions d'atténuation.

6.3 Croisement avec les enjeux

L'analyse précédemment menée a permis d'établir un état des lieux des zones les plus susceptibles de générer des inondations par ruissellement. Cette partie vise désormais à ajouter une analyse sur les enjeux. La carte ci-après représente par quantile le taux communal de sensibilité au ruissellement des surfaces imperméabilisées (rapport entre la somme des surfaces artificialisées comportant un niveau fort ou très fort en transfert ou accumulation et la surface communale). La carte dans l'encadré représente le dernier quintile, c'est-à-dire les 20 % des communes dont les superficies des surfaces artificialisées sont les plus couvertes par des mailles de niveaux 4 et 5 en accumulation et en transfert.

SENSIBILITÉ AU RUISSELLEMENT

taux de sensibilité communal au ruissellement des surfaces artificialisées



taux communal de sensibilité
au ruissellement* des
surfaces artificialisées**
(méthode IRIP)

- < 0,8 % (min = 0,2 %)
- entre 0,8 % et 1,3 %
- entre 1,3 % et 1,8 %
- entre 1,8 % et 3 %
- >3 % (max = 31 %)

* le taux calculé est le rapport entre :

- la somme des surfaces artificialisées comportant un niveau fort ou très fort en transfert ou accumulation,
- et la surface communale

** les surfaces artificialisées prises en compte sont issues des bases de données Corine Landcover 2018 et Théia 2022 (zones urbaines, zones commerciales et industrielles, zones portuaires et aéroportuaires)

Représentation par quintile : en statistiques, un quintile est une valeur qui partage une distribution statistique en effectifs égaux. La carte dans l'encadré représente le dernier quintile, c'est-à-dire les 20% des communes dont le taux communal de sensibilité au ruissellement des surfaces artificialisées est le plus élevé.

Source : DREAL Pays de la Loire

©IGN adminexpress®

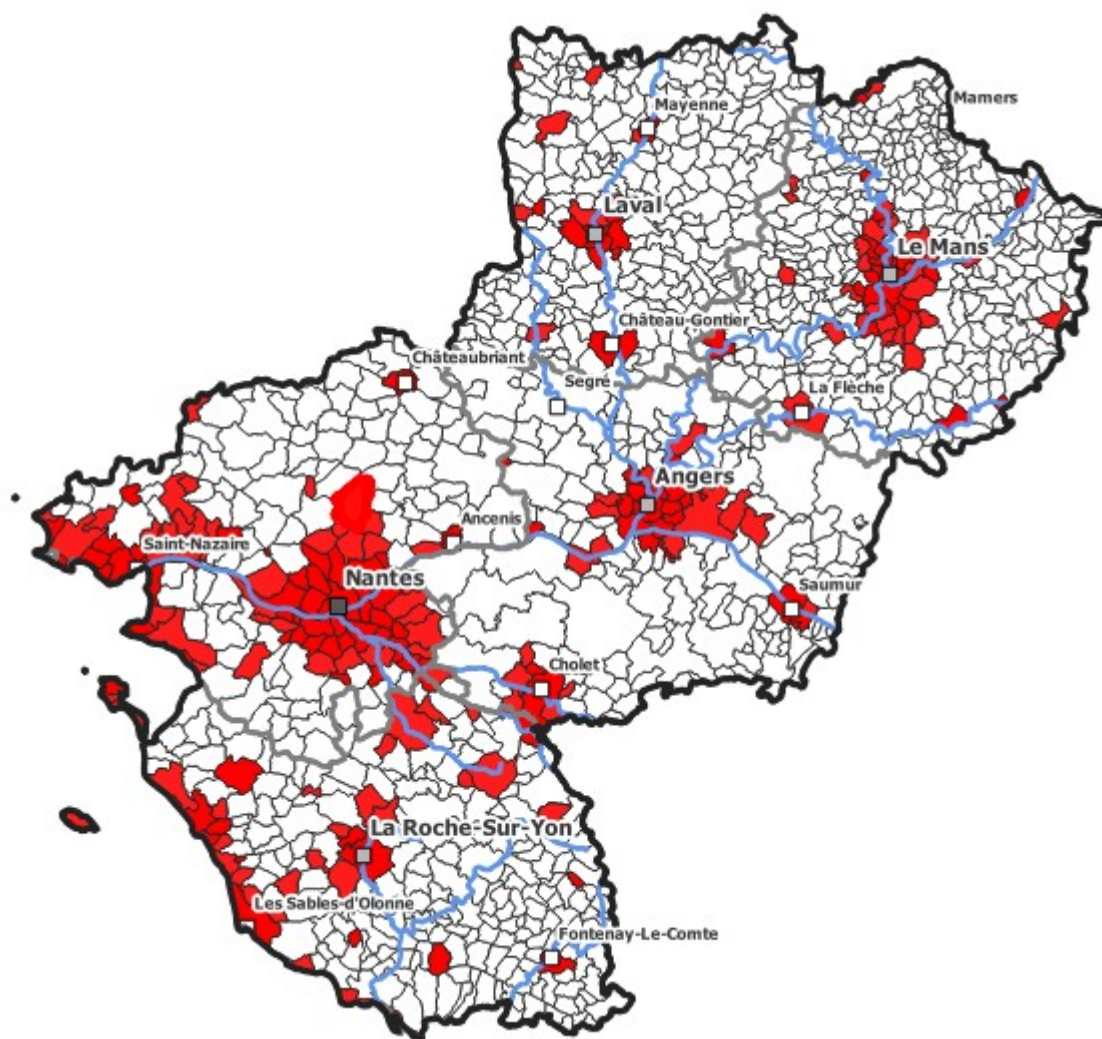
©DREAL Pays de la Loire (Nantes, dec. 2025)

DREAL Pays de la Loire - 5 rue Françoise Giroud - CS 16326 - 44263 NANTES Cedex 2

0 25 50 km



Hormis sur de rares secteurs, la carte du dernier quantile en matière de niveau de sensibilité représentée *supra* correspond peu ou prou à la carte ci-dessous (les zones en rouge représentent les communes correspondant au dernier quintile en matière de densité de population) :



En matière de niveau de sensibilité des communes par rapport aux enjeux, plusieurs zones géographiques se distinguent. Par département, il s'agit des EPCI suivants (non classés par degré de sensibilité) :

- Loire-Atlantique : Nantes Métropole, CC Sèvre et Loire, CA Clisson Sèvre et Maine Agglo, Cap Atlantique, CARENE et CA Pornic Agglo Pays de Retz
- Maine-et-Loire : Angers Loire Métropole, CA Saumur Val de Loire, CC Loire Layon Aubance
- Mayenne : CA de Laval Agglomération
- Sarthe : Le Mans Métropole
- Vendée : CA la Roche-sur-Yon Agglomération, CA Les Sables d'Olonne Agglomération, CA du Pays de Saint-Gilles-Croix-de-Vie, CC Océan Marais de Monts, CC de l'Île de Noirmoutier

6.4 Limites et usages de l'atlas

Un atlas cartographique a été produit à partir des résultats issus de l'outil IRIP. Sa réalisation a nécessité de faire des hypothèses et des simplifications, qu'il convient d'explicitier ou de rappeler afin d'apprécier les limites quant à son interprétation et à son utilisation.

→ Méthode sèche VS méthode hydrologique/hydraulique

Il est important de rappeler que IRIP est une méthode dite « sèche », et qu'elle n'est donc pas adaptée pour déterminer des hauteurs d'eau, des emprises de zones inondables, ou des vitesses d'écoulement. Elle sert à localiser les zones de déclenchement des aléas, mais sans faire de propagation en aval, à l'inverse des modèles hydrologiques/hydrauliques. Cette remarque est structurante et implique que **IRIP ne détermine par l'aléa ruissellement, mais un niveau de sensibilité des territoires à produire/transférer/accumuler les eaux de ruissellement.** En corollaire, même si un croisement a été réalisé entre les niveaux de sensibilité et les enjeux, **les cartes produites ne sont pas des cartes de risques.**

→ Démarche régionale peu adaptée pour être traduite en prescriptions en matière d'urbanisme

Comme indiqué *supra*, IRIP permet d'identifier les zones susceptibles de produire/transférer/accumuler du ruissellement. En outre, il est rappelé que la maille élémentaire utilisée pour conduire la démarche régionale est une maille carrée de 50m x 50m. **Aussi, les résultats ne doivent pas être traduits en prescriptions d'urbanisme à l'échelle de la parcelle.** Par contre, elle peut tout à fait servir de base à des réflexions portant par exemple sur la provenance des eaux de ruissellement en lien avec les secteurs non urbanisés situés en périphérie de zones urbanisées, ou des zones qui ressortent comme particulièrement exposées au sein desquelles la connaissance locale met en lumière une sinistralité particulièrement prégnante.

→ Prise en compte des parcelles agricoles dans les calculs

L'outil IRIP considère l'occupation des sols par certaines typologies de cultures comme un facteur favorisant le ruissellement, sans tenir compte des pratiques culturales, de l'organisation spatiale, du sens du labour... En outre, le millésime utilisé pour effectuer les calculs sur les parcelles agricoles est 2017. Ces hypothèses simplificatrices peuvent conduire à des résultats pessimistes ((ie) maximisant le ruissellement) sur les bassins versants sur lesquels les pratiques culturales ont été adaptées pour mieux maîtriser les phénomènes érosifs et améliorer l'infiltration de l'eau dans les sols, et/ou sur lesquels les assolements ont été sensiblement modifiés depuis 2017 « au profit » de cultures considérées comme atténuant le ruissellement. Dans le cas où une analyse plus locale venait à être conduite sur un bassin versant, l'utilisation du registre parcellaire graphique (RPG)¹² pourrait permettre de moduler les scores calculés sur IRIP en fonction des assolements et des pratiques culturales. En fonction de la maille qui sera retenue pour effectuer ce travail, les infrastructures agro-écologiques et les aménagements d'hydraulique douce réalisés sur les bassins versants pourraient également être pris en compte comme facteurs d'atténuation du ruissellement.

12 <https://geoservices.ign.fr/agriculture>

→ Prise en compte partielle des ouvrages (terrassement et hydraulique)

Comme indiqué précédemment dans le rapport, la maille élémentaire utilisée pour réaliser les calculs avec IRIP est une maille carrée de dimensions 50m x 50m. Le travail sur un maillage plus fin n'a pas été possible en raison des temps de calcul trop importants pour le périmètre d'étude considéré. **Ce choix ne permet pas de détecter les modifications topographiques qui influencent le chemin d'écoulement gravitaire, et donc en corollaire les petits (en dimensions) ouvrages (terrassement et hydraulique) à l'origine de ces modifications.** Les aménagements concernés peuvent être par exemple les infrastructures agroécologiques ou aménagements d'hydraulique douce (haies, fascines,...) mises en place dans certains secteurs pour limiter les phénomènes érosifs et favoriser l'infiltration de l'eau, les infrastructures de transport, les aménagements canalisant les écoulements (canaux, fossés,...). Or la présence de ces ouvrages peut expliquer la redirection ou le stockage du ruissellement. Lors d'une approche plus locale, il sera donc opportun de regarder l'information IRIP en fonction de ces éléments et la compléter le cas échéant par des contrôles terrain.

S'agissant des ouvrages de drainage enterrés non détectables en surface, IRIP fait l'hypothèse qu'ils sont saturés afin d'être maximisant par rapport au phénomène de ruissellement.

→ Interprétation des résultats dans les zones planes

Comme le montrent les cartes de transfert et d'accumulation présentées précédemment dans le rapport, des lignes horizontales sont observées en accumulation et en transfert dans certaines zones à topographie plane à faibles pentes. **L'interprétation des résultats dans ces zones doit faire l'objet d'une vigilance particulière. En effet, même si ces lignes peuvent correspondre à une réalité physique, des petits (en dimensions) aménagements ponctuels ou linéaires, non détectés du fait de la maille retenue, peuvent avoir un impact sur le chemin hydraulique des eaux de ruissellement et donc conduire à des écarts entre la modélisation et la réalité. En outre, certaines surfaces planes avec une faible pente pouvant rester en eau une partie de l'année (marais, lits majeurs des cours d'eau, zones d'expansion des crues...), les scores calculés à partir de l'outil IRIP peuvent n'être valables qu'une partie de l'année.**

→ limite à l'étude en matière de croisement des données

Pour rappel, le croisement entre les données de sinistralité issues de la CCR et les résultats IRIP repose sur la détection ou non d'une maille en niveaux 4 ou 5 en accumulation ou transfert dans un rayon de 100m autour du sinistre. Une telle zone représente approximativement 3ha. Or la plupart des zones urbaines denses sont à la fois les zones dans lesquelles il y a le plus grand nombre de sinistres recensés, mais également les zones les plus sensibles au ruissellement, comme le montre la carte de sensibilité présentée au « 6.2 Proportion des surfaces communales concernées par un niveau de sensibilité fort ». Dans ces zones, il y a donc à la fois une probabilité accrue d'avoir un nombre important de sinistres, et également la présence de pixels 4 ou 5 en accumulation ou transfert dans une zone de 3ha autour des sinistres. Cela induit un biais dans les calculs, qu'il conviendra de corriger en analysant plus finement certains secteurs (travail à une maille plus fine, géolocalisation précise des sinistres).

Toutefois, ce constat reste à relativiser en matière de validité de la méthode. En effet, l'analyse statistique présentée dans le rapport a justement été menée pour tenir compte des taux de faux positifs (nombre de mailles en sensibilité forte hors tampons des dégâts) et de faux négatifs (nombre de mailles en niveau de sensibilité faible dans les tampons des dégâts). Cette analyse a bien conclu à

une nette interdépendance entre la présence des sinistres et la présence de mailles de niveau de sensibilité forte à proximité, démontrée *in fine* par le calcul du Khi-2.

→ **limite identifiée à l'étude en matière de sinistres, issus de la base de données de la CCR**

En plus du biais méthodologique induit par le travail à une maille de 50m x 50m, des incertitudes liées à la base de données de sinistralité de la CCR sont à noter. Elles ont été détaillées au « 3.4 Incertitudes liées aux informations liées aux sinistres géolocalisés » du présent rapport.

7. Amélioration continue

Comme indiqué précédemment dans le rapport, les données de sinistralité issues de la CCR ne peuvent pas être rendues publiques. En outre, il a également été indiqué qu'elles contenaient des incertitudes inhérentes à leur construction.

Afin de pouvoir poursuivre l'amélioration des résultats issus de l'outil IRIP, tout en identifiant des territoires particulièrement sensibles à cet aléa, une expérimentation a été réalisée à partir des bases de données des SDIS de Loire-Atlantique et de Mayenne.

Cette expérimentation a pour objet l'exploitation des bases de données des SDIS afin de géolocaliser les interventions en lien avec une problématique d'inondation par ruissellement. Un premier essai a été effectué à partir de la base de données du SDIS 53, en lien avec l'épisode pluvieux qui a concerné la région Pays de la Loire (particulièrement la Mayenne et la Loire-Atlantique) du 17 au 21 juin 2024.

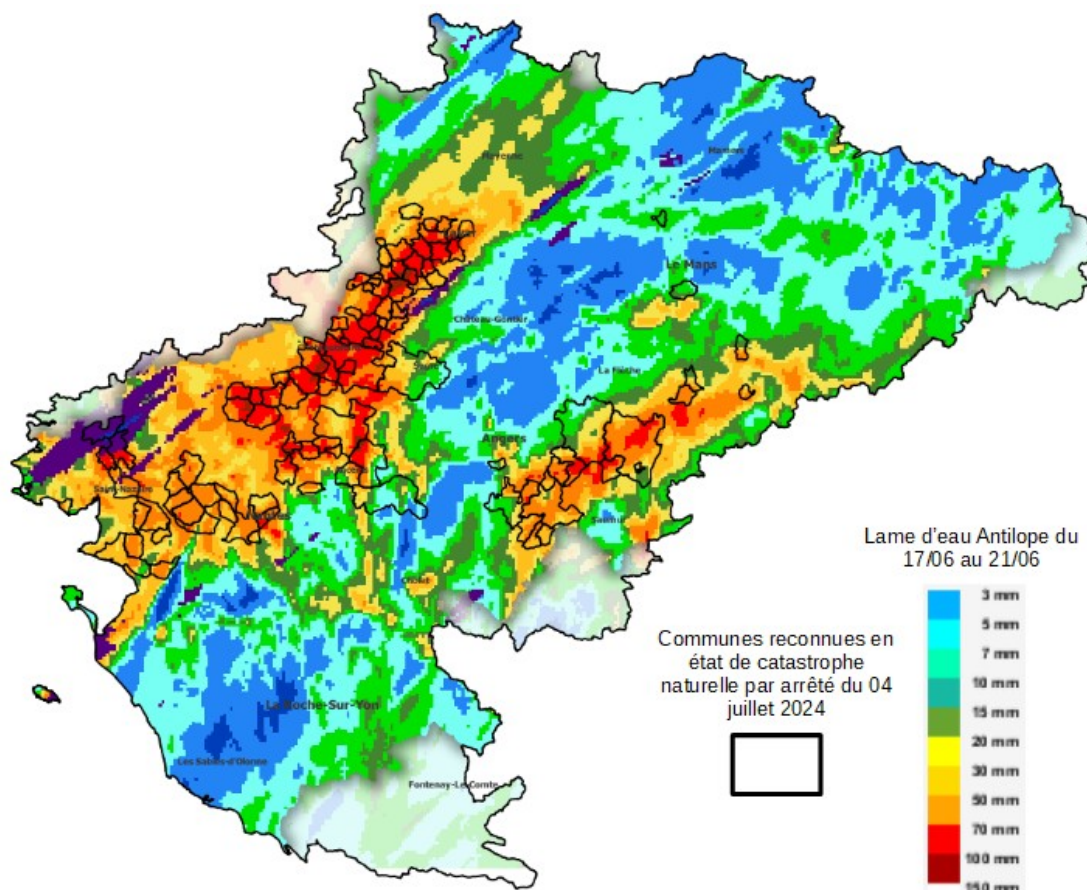
7.1 Retour sur l'évènement orageux du 17/06 au 21/06

Du 17 au 21 juin 2024, de violents orages accompagnés localement de cumuls de pluies très importants ont impacté la région Pays de la Loire, causant de nombreux dégâts.

Au total, au moment de la rédaction du présent rapport, près d'une centaine de communes ont été reconnues en état de catastrophe naturelle en Pays de la Loire¹³. Elles sont listées dans l'[arrêté du 04 juillet 2024 portant reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle](#).

La carte ci-dessous montre une superposition entre la lame d'eau radar ANTILOPE observée du 17 au 21 juin 2024 et les communes listées dans l'arrêté mentionné *supra* :

¹³ Il est important de noter que ce nombre de communes reconnues en état de catastrophe naturelle peut être amené à augmenter du fait du traitement progressif des demandes.



7.2 Bases de données des SDIS

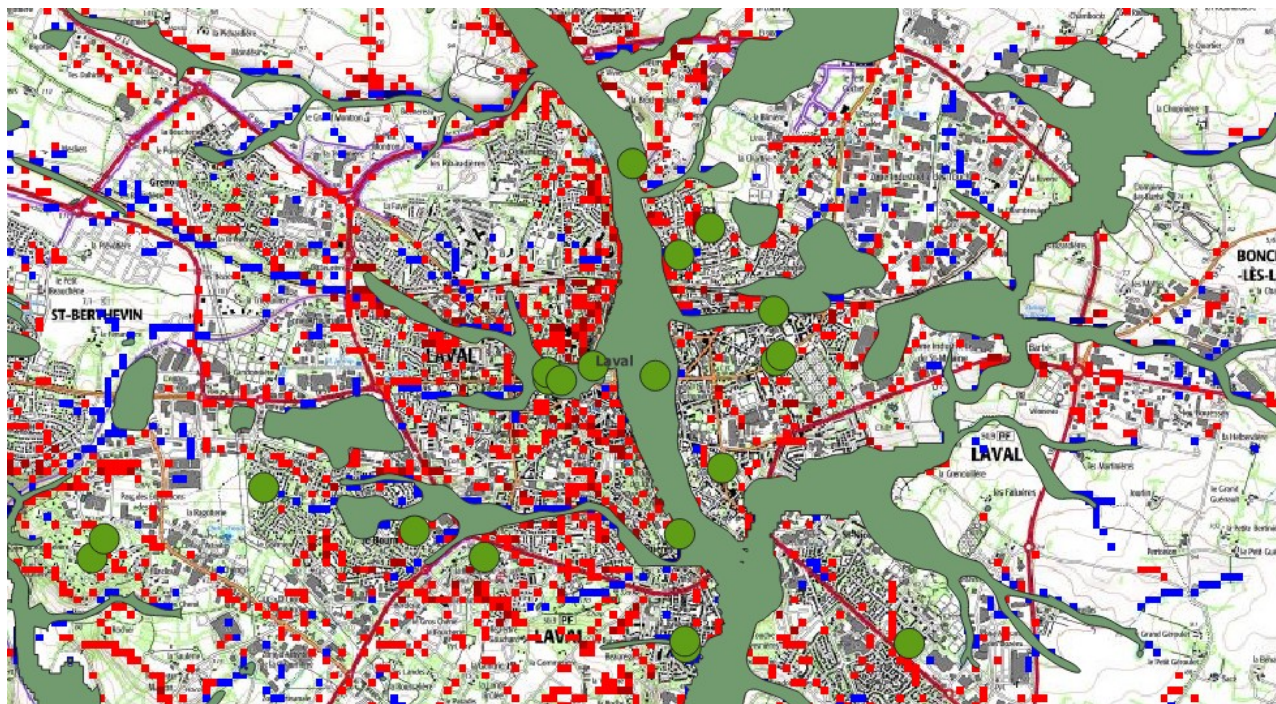
Afin de pouvoir évaluer les conséquences locales d'un tel évènement, la DREAL a pris contact avec les SDIS 53 et 44 afin de pouvoir récupérer leurs bases de données d'interventions.

Les bases de données ont le format suivant (pour des raisons de confidentialité des données, les éléments liés à l'adresse ont été supprimés dans l'exemple ci-dessous) :

Date	Sinistre réel - Nom	on Réel - Nom (	Localisation Réel - Nom Lieu	Localisation Réel - Numéro	Compte Rendu
18/06/2024	INONDATION	AHUILLE	XXXXX	XXXXX	Inondation d'une rue. 1m d'eau dans la rue avec 3 personnes piégées dans leur maison Évacuation des personnes à l'aide d'une embarcation

La DREAL a ensuite reconstitué les adresses, puis les a transformées en coordonnées GPS. Les points (autour desquels sont dessinés des tampons de 100m de rayon, par cohérence avec la méthodologie employée par la CCR) associés à ces coordonnées ont ensuite été placés sur les cartes obtenues à partir de IRIP, comme le montre la carte ci-dessous (les points verts représentent les sinistres géolocalisés ; les emprises des zones vertes correspondent aux zones EAIP ; les points

bleus représentent le niveau d'exposition fort en accumulation ; les points rouges représentent le niveau d'exposition fort en transfert) :



Au moment de la rédaction de ce rapport, aucun post-traitement n'a été réalisé à partir de ces cartes. Toutefois, il serait opportun de :

- analyser les sinistres en dehors des emprises de l'EAIP ou/et PPRi pour voir si la carte IRIP apporte une information complémentaire quant au niveau d'exposition de certains secteurs ;
- quantifier la part de sinistres effectivement détectés par les pixels en niveau de sensibilité fort issus de IRIP, afin le cas échéant de moduler certains paramètres ;
- détecter les zones sur lesquelles les interventions liées aux inondations par ruissellement sont récurrentes.

Une coopération avec l'ensemble des SDIS de la région constitue à ce titre un axe de travail intéressant.

7.3 Autres sources de données exploitables

En compléments des informations issues des SDIS, ainsi que des croisements avec la base de données de la CCR, d'autres données pourraient être exploitées :

- bases de données des interventions des services techniques des collectivités¹⁴ ;
- informations contenues dans les dossiers de demande de reconnaissance en catastrophe naturelle ou les dossiers de demande de reconnaissance en calamités agricoles ;
- bases de données des principaux assureurs des exploitations agricoles ;
- témoignages et recueils photographiques des acteurs territoriaux.

¹⁴ Un questionnaire de recensement des informations lors des sinistres a été réalisé par la DREAL Pays de la Loire, et peut être mis à disposition des personnes qui le souhaiteraient

8. Conclusion et perspectives

La présente étude, qui s'inscrit dans les objectifs de la feuille de route nationale 2022-2024 sur les risques naturels, a permis d'établir à une échelle régionale un état des lieux du niveau de sensibilité du territoire d'étude au ruissellement.

Cette connaissance régionale ne pourra pas être déclinée en "porter à connaissance (PAC) urbanisme" pour une prise en compte dans l'élaboration des documents de planification, du fait de l'échelle d'analyse et de l'absence de prise en compte de certaines spécificités locales qui peuvent impacter les ruissellements (pratiques culturelles favorables à l'atténuation des ruissellements, ouvrages hydrauliques, dispositifs de drainage, marais)

Elle constitue cependant une première analyse qui pourra être le préalable à de nouvelles études, plus fines, pour les territoires identifiés comme très sensibles au ruissellement. Elle sera donc rendue publique, au moyen d'une publication sur le site de la DREAL.

Plusieurs perspectives sont proposées ci-après pour initier ou soutenir les démarches des territoires :

→ Communication des livrables de l'étude, à l'attention du public

Les livrables de l'étude sont publiés sur le site internet de la DREAL Pays de la Loire et communiqués au besoin au fil de l'eau au sein de différentes instances (comités de suivi des PAPI, CLE des SAGE, séminaire régional PAPI/GEMAPI, réunions spécifiques, instances de bassin, groupe de travail national inter-DREAL,...). Le cas échéant, des analyses élargies à l'ensemble du périmètre d'étude pourront être conduites, sous réserve d'obtention des accords des DREAL et DDT(M) voisines au Pays de la Loire (au bénéfice des PAPI interrégionaux).

→ Accompagner des acteurs locaux sur des territoires tests

L'identification de territoires tests sur lesquels accompagner les acteurs locaux pour structurer un plan d'actions de maîtrise du ruissellement constitue une étape essentielle pour enclencher une dynamique opérationnelle sur le sujet.

Cette identification s'appuyera sur les cartes de synthèse de sensibilité au ruissellement présentées précédemment, sur des témoignages remontés par les acteurs territoriaux lors d'événements météorologiques intenses ou à l'occasion des comités de suivi PAPI par exemple, sur des dynamiques engagées par les structures en charge de la GEMAPI,....

Dans tous les cas, il s'agira d'une démarche volontaire, à construire en lien avec d'autres politiques publiques. Il est en effet important de souligner que le présent rapport focalise les analyses sur les inondations par ruissellement. Toutefois, le ruissellement est à la croisée de plusieurs politiques sectorielles (qualité des milieux aquatiques, agriculture, urbanisme, assainissement pluvial,...) et se doit donc d'être appréhendé dans sa globalité, en associant l'ensemble des acteurs concernés.

Cette association large revêt un double enjeu : celui de permettre de faire émerger des actions locales complémentaires avec **plusieurs politiques publiques**, mais également celui de mobiliser **plusieurs sources de financements publics** et ainsi inciter à la réalisation de programmes plus ambitieux.

Dans ces territoires, l'élaboration d'un plan d'actions pour lutter contre le ruissellement permettra d'accompagner les réflexions des collectivités au sujet de la gouvernance de l'eau et des sols.

→ **Promouvoir l'inscription d'actions relatives à la lutte contre le ruissellement dans les PPR et les PAPI**

Dans la "boîte à outils" de la prévention du ruissellement, les plans de préventions des risques, les porter à connaissance et les PAPI peuvent être mobilisés, selon les territoires.

- Les servitudes de PPR sont l'une des actions des PAPI, portée par les services de l'Etat. L'intégration de l'aléa ruissellement dans l'élaboration ou révision des plans de préventions des risques d'inondation est un objectif fort de la feuille de route nationale des risques naturels 2022/2024. En Pays de la Loire, la déclinaison qui a été retenue, pour la prise en compte de ce risque "émergent", est de vérifier si la prescription d'un PPR ruissellement ou PPR inondation multi-thématique est pertinente, au moment de l'élaboration ou révision des PPR. Compte-tenu du programme d'élaboration des PPR en Pays de la Loire, les nouveaux PPRi qui intégreront un volet ruissellement concerneront un nombre limité de communes exposées.
- Il est important de poursuivre **la caractérisation de l'aléa ruissellement et de ses impacts sur les enjeux, en l'inscrivant dans les PAPI**. A ce titre, le cahier des charges PAPI3 v2023 indique : « *Il est important que les territoires exposés à l'aléa inondation lié au ruissellement l'étudient afin de mieux appréhender son impact localement et de le prendre en compte de façon proportionnée dans les stratégies d'aménagement.* ». Ainsi, les diagnostics PAPI doivent intégrer une caractérisation du risque lié au ruissellement, ou à défaut démontrer en quoi les territoires ne sont pas exposés. Les porteurs de PAPI pourront s'appuyer sur différents outils de caractérisation de l'aléa, dont un panel est présenté dans le « *Guide méthodologique des outils existants d'évaluation* » élaboré par la DRIEAT en juillet 2023¹⁵. Ils pourront également s'appuyer sur des études locales, dont par exemple celles conduites dans le cadre de l'élaboration des zonages pluviaux ou/et schémas directeurs de gestion des eaux pluviales si ces dernières intègrent une analyse hydrologique/hydraulique du territoire lors d'épisodes pluvieux extrêmes (supérieurs à une période de retour de 30 ans).

→ **Constituer une plaquette à l'attention des collectivités territoriales**

Avec les contributions des acteurs de l'eau et des sols, une **plaquette sera réalisée à l'attention des collectivités territoriales**, afin de :

- Fournir une synthèse des éléments de connaissance disponibles sur le ruissellement ;
- Clarifier la gouvernance en matière de gestion des eaux de ruissellement ;
- Lister les dispositifs financiers mobilisables, et les conditions d'éligibilité ;
- Fournir des exemples d'aménagements réalisés.

Un bilan des actions de lutte contre le ruissellement sera réalisé à l'issue de la prochaine feuille de route des risques naturels 2025/2027.

15 https://www.drieat.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/231011_guide_methodologique-web_md.pdf