

PRÉVENTION DU RISQUE LIÉ AUX ÉPISODES CÉVENOLS DANS LE DÉPARTEMENT DE L'HÉRAULT

RAPPORT UR06 - A20 - SENSIBILITÉ DES TERRITOIRES
LATORRE Juliette & RAKOTOARISOA Cécile



REMERCIEMENTS

Nous remercions Nathalie Molines pour ses enseignements et son encadrement tout du long du projet, ainsi que Nassima Voyneau pour son temps et ses réponses à nos questions. Nous remercions également Amélie Haensler, étudiante à Montpellier pour les données qu'elle nous a aidé à acquérir.

INTRODUCTION

Le présent rapport rend compte de l'étude que nous avons menée dans le cadre du cours de Systèmes d'Information Géographiques (SIG) (UR06).

Le but pédagogique de cet exercice est d'apprendre à utiliser les outils informatiques de SIG comme ArcGis, et de s'en servir pour fournir une analyse territoriale permettant de répondre à une problématique. Le projet doit être mené à bien en suivant une démarche cohérente et professionnelle.

Ce semestre, le thème donné pour le projet est "la sensibilité des territoires". Nous avons donc choisi de nous intéresser aux risques d'inondation dans le département de l'Hérault, un sujet touchant aussi bien à des problématiques de sensibilité environnementale, que de sensibilité sociale.

Ce rapport s'articule autour des problématiques des risques naturels et de la vulnérabilité sociale, et propose un indicateur global de sensibilité. Des cartes thématiques sont fournies avec le rapport pour une meilleure compréhension du territoire.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	1
INTRODUCTION	1
TABLE DES MATIÈRES	2
I. PROBLÉMATIQUE	3
A. Constat de sensibilité	3
B. Problématisation	4
II. DONNÉES	5
A. Identification des couches	5
Les données basiques	5
Les données liées aux risques naturels	5
Les données liées à la vulnérabilité	5
B. Recherche de données	5
III. ANALYSE SIG	6
A. Contexte général	6
B. Risque naturel	7
Risque d'inondation par débordement	7
Risque d'inondations par ruissellement	8
Risque lié à la formation de torrents	9
Indicateur global d'aléa	14
C. Risque social	15
Une population inégalement répartie	15
L'Hérault : un territoire sensible d'un point de vue social	16
L'Hérault : un territoire sensible d'un point de vue social	17
D. Identification des zones d'action prioritaire	18
Elaboration de la couche indicateur	18
Analyse des résultats	21
Critique de l'approche	22
CONCLUSION	23
ANNEXES	24
BIBLIOGRAPHIE	25

I. PROBLÉMATIQUE

A. Constat de sensibilité

Depuis plusieurs années, on observe une intensification des événements climatiques. Dans le sud de la France, cette intensification se traduit par des canicules plus longues et plus chaudes chaque été, entraînant des sécheresses. Dans la région Occitanie, ces étés chauds et secs sont suivis en automne de pluies intenses que l'on appelle des **épisodes cévenols**. Plus l'été a été chaud, plus la mer Méditerranée s'est réchauffée, et plus ces épisodes sont violents. Ils sont caractérisés par des **pluies abondantes et soudaines**, qui provoquent des torrents destructeurs dans les déversoirs et sur les surfaces anthropisées imperméables, ainsi que des "crues éclair" laissant peu de temps de réaction aux habitants.

Ces dernières années, ces pluies diluviennes ont créé de nombreux dégâts matériels et humains, qui semblent empirer avec le temps, comme une conséquence directe du changement climatique. Et ces sinistres ne passent pas inaperçus dans les médias. L'épisode du 19 au 21 Septembre 2020 par exemple, qui a touché le Gard et l'Hérault, a été d'une intensité centennale :

"Inondations : des épisodes cévenols de plus en plus fréquents et intenses ?"

Titre France Info 10/09/2020[1]

Le lien entre le changement climatique et l'augmentation de la violence des épisodes cévenols est avéré. Comme le montre le réseau d'experts méditerranéens sur les changements climatiques et environnementaux (MEDECC), le bassin Méditerranéen se réchauffe en moyenne 20% plus vite que le reste du Globe. En 2020, sa température moyenne a déjà gagné 1,5 °C par rapport à l'ère pré-industrielle, et une augmentation jusqu'à 2,2 °C est attendue dans à peine 20 ans. Rencontrer les objectifs des accords de Paris n'est déjà plus possible pour le bassin méditerranéen. Le premier rapport du MEDECC met ainsi en lumière que malgré un probable assèchement général du bassin, et une raréfaction des pluies, l'augmentation des températures et l'assèchement des sols pourraient mener à des épisodes pluviaux plus rares mais plus violents ; soit d'une manière générale, à une **accentuation des saisonnalités** déjà marquées dans la région.

"Future changes in the quantity and intensity of rain could affect the water cycles and increase the risk of floods"

Citation du *First Mediterranean Assessment Report* du MEDECC[2]

Les régions côtières du Sud de la France sont donc des territoires particulièrement sensibles, et dont le climat évolue plus vite que sur le reste du territoire. En conséquence, il semble nécessaire de prévenir les risques naturels liés aux inondations sur ces territoires, en réduisant leur vulnérabilité.

Dans cette étude, nous proposons une analyse des risques sur le département de l'Hérault, et nous tentons d'en détecter les zones les plus vulnérables, sur lesquelles développer des plans de prévention en priorité.

B. Problématisation

Au cours de cette étude, nous nous focalisons sur le département de l'Hérault afin d'en déterminer les zones les plus sensibles, sur lesquelles une prévention doit être pensée en priorité.

Pour cela, nous devons dans un premier temps caractériser les risques naturels liés aux épisodes cévenols sur l'ensemble du territoire, c'est-à-dire déterminer la nature des risques naturels et les quantifier.

Dans un second temps, il faut quantifier la vulnérabilité des territoires, soit déterminer quelle serait l'ampleur des dégâts humains et matériels sur une zone plutôt qu'une autre lors d'un événement climatique d'une même violence.

Enfin, il faut confronter ces deux indicateurs, de risque naturel et de vulnérabilité, pour obtenir un indicateur final de sensibilité du territoire.

En résumé, voici les problématiques auxquelles nous tentons de répondre successivement :

- Quelles sont les caractéristiques des risques et quels sont les territoires à risques ?
- Quels sont les facteurs (sociaux, environnementaux...) de vulnérabilité ?
- Quelles zones du département cumulent un risque élevé et une grande vulnérabilité sociale ?
- Quelles solutions pourraient être mises en place afin de limiter la sensibilité des territoires ?

III. DONNÉES

Pour mener à bien cette analyse de territoire, nous utilisons des Systèmes d'Information Géographiques (SIG). La première étape de notre étude est donc de déterminer les couches de données géographiques dont nous avons besoin, et de les acquérir.

A. Identification des couches

Plusieurs couches de données sont nécessaires à la réalisation de cette étude. En voici la liste :

Les données basiques

- Les frontières administratives
- La topographie
- L'hydrographie

Les données liées aux risques naturels

- Les Plans de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) existants
- Les zones inondables par débordement (divers niveaux de risques)
- Les zones inondables par ruissellement
- Les pentes (calculées à partir des données topographiques)

Les données liées à la vulnérabilité

- Les données sur la population (répartition, revenu...)
- L'occupation des sols (zones bâties, imperméabilisées...)
- Les réseaux de communication (accès d'évacuation)

B. Recherche de données

La plupart des données nécessaires sont des données nationales en libre accès sur la plateforme géoservices de l'IGN (Institut national de l'information géographique et forestière)[3]. C'est le cas des données administratives, de l'hydrographie, des différents réseaux de communication et de l'occupation des sols.

Les données sur les zones inondables et les PPRI en vigueur dans l'hérault ont été téléchargées sur le site data.gouv[4], dernière mise à jour en date du 11 février 2020.

Une étude du Cerema sur l'ensemble des régions françaises de l'arc méditerranéen donne des données sur les zones inondables par simple ruissellement lors d'événements pluvieux intenses, grâce à un calcul effectué sur les bassins versants. La méthode de calcul utilisée est la méthode Exzeco[5].

Les données sur la population sont téléchargées sous forme de carroyage de 1 km de côté sur le site de l'INSEE (Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques)[6].

Enfin, l'élévation du département au format raster nous a été fourni par une étudiante de l'Université Paul Valéry de Montpellier.

IV. ANALYSE SIG

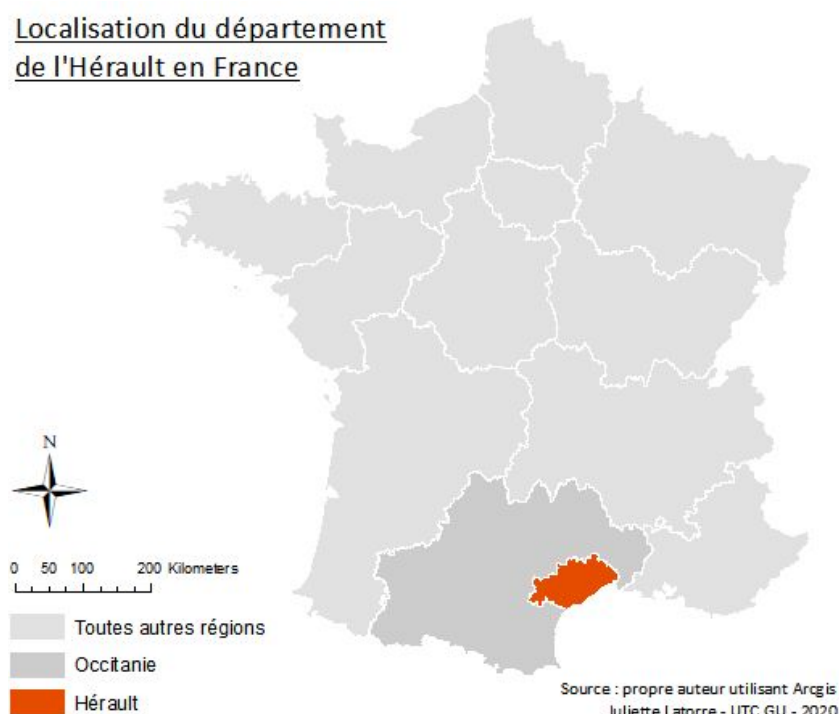
A. Contexte général

Le département de l'Hérault (34) est un département de France métropolitaine situé en région occitanie, et adjacent à la mer méditerranée. Il tire son nom de l'Hérault, un fleuve qui le traverse.

Sa population s'élève à 1 144 892 habitants, dont près de 40% habitent dans l'agglomération de Montpellier, le chef-lieu du département.

Deux chefs-lieux secondaires sont notables : Béziers et Lodève.

Localisation du département de l'Hérault en France



Carte générale de l'Hérault



B. Risque naturel

Risque d'inondation par débordement

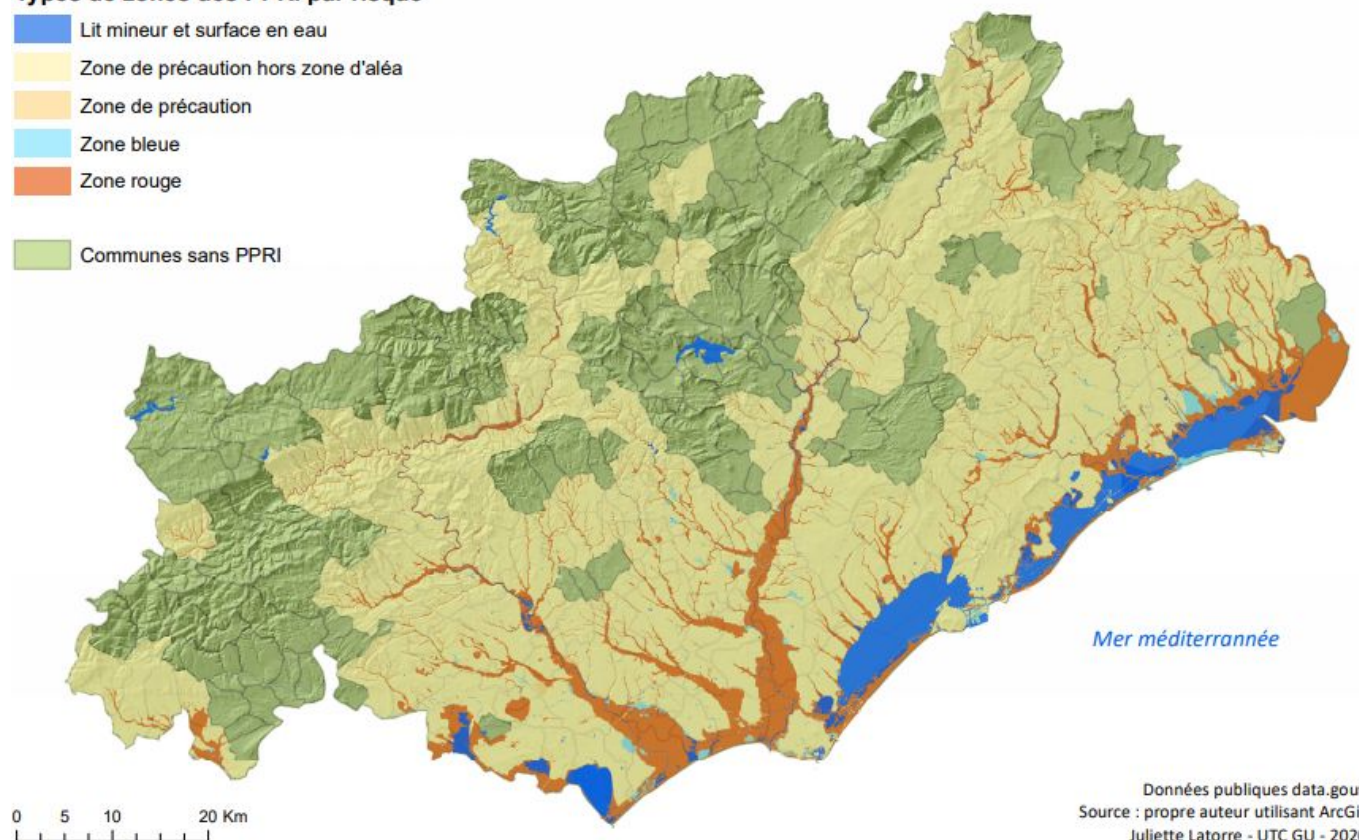
Le premier risque naturel auquel l'on pense lorsqu'on s'intéresse à la pluviométrie est évidemment le risque d'inondations par crues. L'Hérault étant un département côtier traversé par de nombreuses rivières, la question des débordements fluviaux et maritimes y a déjà été étudiée. Ainsi, 221 communes sur 342 sont régies par un Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI). Ce document recense les zones d'aléa, ainsi que les zones où l'environnement construit augmente les risques, et les hiérarchise. Les principales zones réglementées des PPRI sont décrites ci-dessous :

- **Zones blanches** : zones de non risque, non soumises à une réglementation restrictive.
- **Zones de précaution hors zone d'aléa** : zones de non risque, où l'urbanisation peut néanmoins créer du risque, parfois soumises à prescriptions ou interdictions.
- **Zones de précaution** : zones à risque moyen.
- **Zones bleues** : zones à risque moyen, soumises à prescription.
- **Zones rouges** : zones à risque élevé, soumises à interdiction de construire.

Carte des zones inondables référencées dans les PPRI existants

Types de zones des PPRI par risque

-  Lit mineur et surface en eau
-  Zone de précaution hors zone d'aléa
-  Zone de précaution
-  Zone bleue
-  Zone rouge
-  Communes sans PPRI



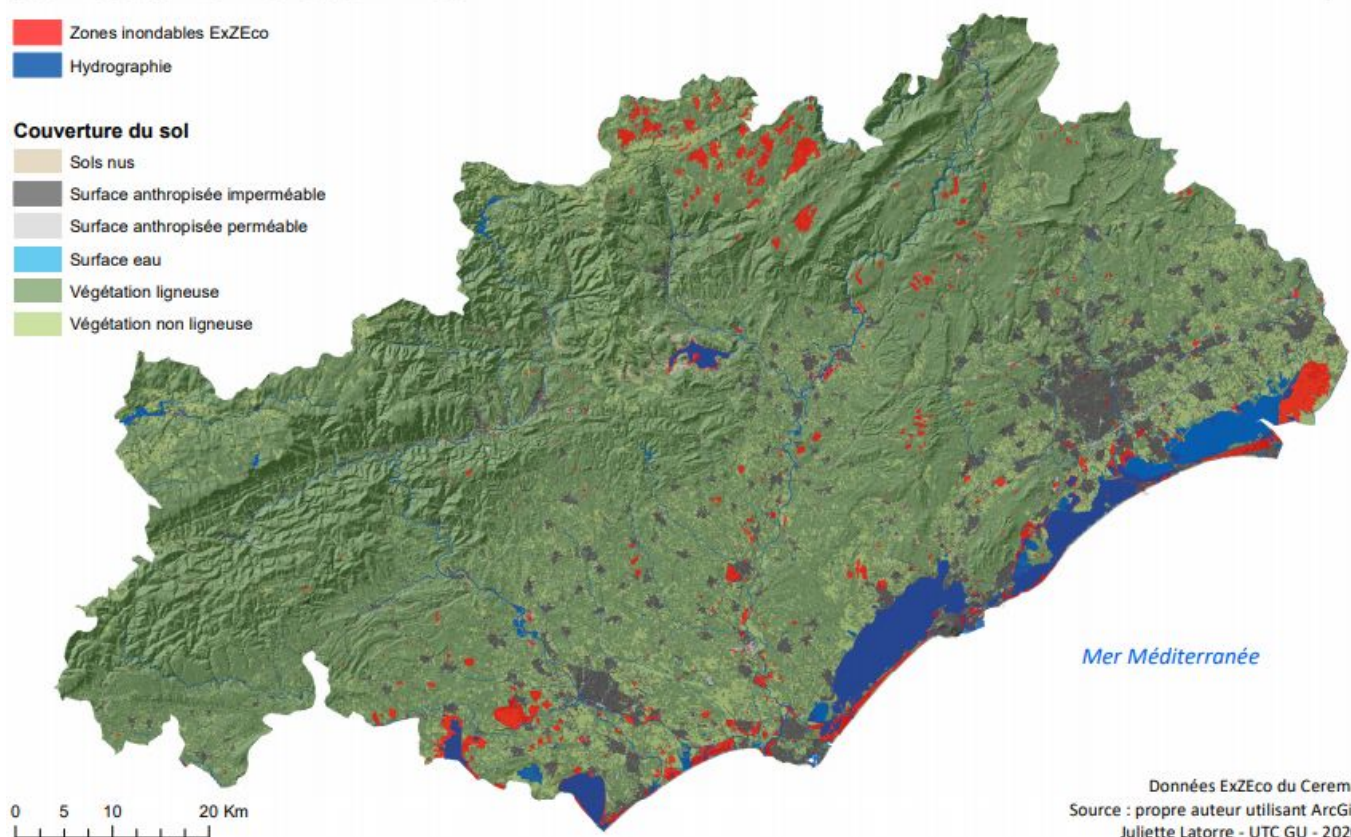
L'analyse des données SIG montre que près de **10% du territoire héraultais est classé en zone rouge** ou en zone de précaution. Ce pourcentage est légèrement minimisé par le manque de PPRI dans certaines communes qui semblent pourtant être "traversées" par des zones rouges.

Risque d'inondations par ruissellement

Les zones inondables référencées dans les PPRI sont les zones inondables par débordements de surfaces d'eau existantes. Elles sont souvent situées en aval des grands bassins versants, dans le cas de l'Hérault, au bord des grandes rivières et sur le bord de mer. Les zones d'inondation situées en amont, liées aux **ruissellements dans les petits bassins versants** en forme de cuvettes, ne sont généralement pas prises en compte dans les PPRI, bien qu'elles présentent un risque réel.

Ainsi, le Cerema (Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement), a estimé ces zones inondables à travers un processus de géotraitement appelé **ExZEco** (Extraction des Zones d'Écoulement)[7]. Les zones inondables obtenues sont des zones de risque calculées à partir de la topographie, selon une méthode semblable à celle présentée dans la section suivante. Elles ne sont ni liées à une hauteur d'eau, ni à une vitesse d'écoulement, ni même à une période de retour. L'aléa n'est pas quantifié, elles indiquent simplement des **zones de vigilance**.

Carte des zones inondables en amont des bassins versants, estimées par la méthode ExZEco

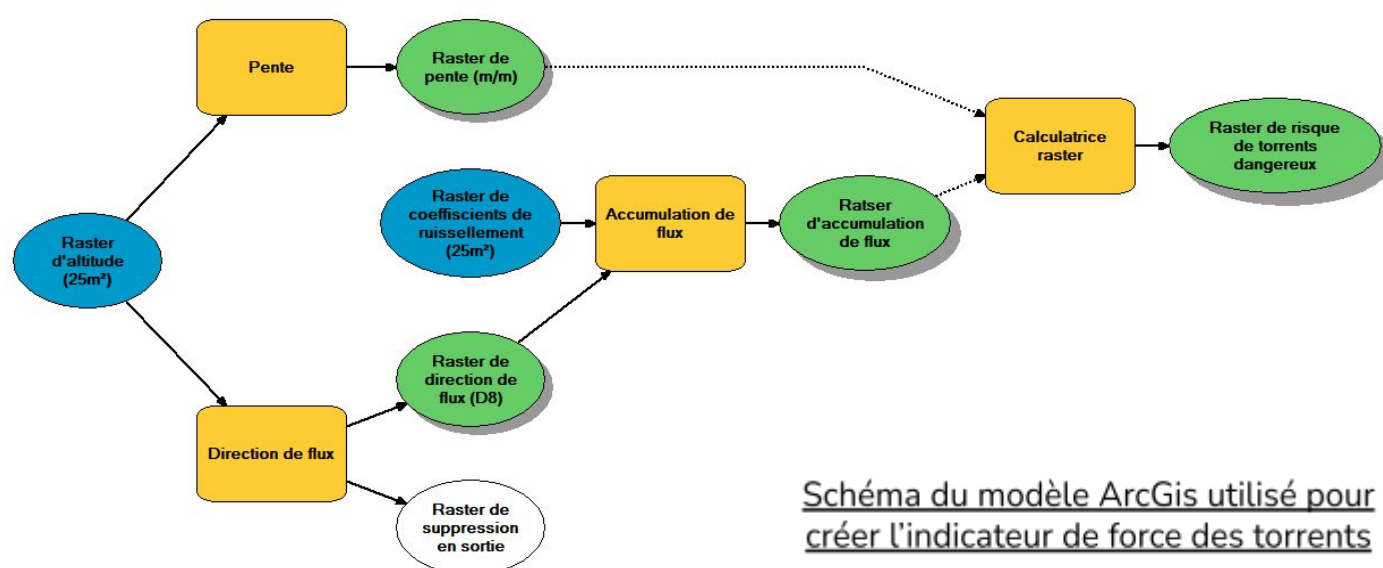


Risque lié à la formation de torrents

Les inondations ne sont pas le seul facteur de risque lié aux épisodes cévenols dans le département de l'Hérault. En effet, une autre facette de ces événements météorologiques est la grande quantité de **ruissellements** qu'ils produisent. En effet, pour les mêmes raisons que les crues éclair apparaissent, les eaux ruisselantes arrivent d'un coup en grande quantité. Elles n'ont pas le temps d'être absorbées par des sols de nature peu absorbante, et de surcroît encore asséchés par l'été. Ces eaux ruisselantes forment des **torrents** qui peuvent causer de nombreux dégâts, en particulier en zone urbaine où les sols sont artificialisés, et l'environnement construit n'est pas toujours en bon état. Ils représentent ainsi un danger supplémentaire.

Construction d'un modèle

Nous avons tenté de modéliser les zones susceptibles de voir apparaître de violents torrents lors d'épisodes cévenols. Pour cela, nous avons créé un modèle à l'aide de l'extension *Spatial Analyst* d'ArcGis, calculant un indice de risque pour chaque parcelle du territoire. Le schéma du modèle est le suivant :



Les deux rasters en entrée sont :

- le raster d'altitude de l'Hérault, en carreaux de 25 m de côté
- le raster des coefficients de ruissellement, obtenu par rasterisation d'une couche vectorielle de polygones d'occupation des sols, suivant l'attribut "coefficient de ruissellement". La couche vectorielle utilisée est une union d'une couche *Corine Land Cover* (pour la diversité des couvertures du sol en milieu rural) et d'une couche d'occupation des sols de la BD TOPO (pour la précision des petites zones artificialisées représentées), à laquelle on a ajouté un attribut "coefficient de ruissellement".

Les coefficients de ruissellement indiquent la proportion de l'eau de pluie qui ruisselle à la surface du sol sans s'infiltrer. Un coefficient de 1 indique que l'intégralité de la pluie brute ruisselle, tandis qu'un coefficient de valeur 0 indique que l'intégralité de la pluie brute est absorbée par le sol.

Ils sont attribués à chaque type de couverture du sol selon des valeurs usuelles. Pour les sols de la garrigue, des vignes et oliveraies, qui représentent une grande proportion de la surface du département, on choisit des valeurs assez élevées en raison de la nature rocailleuse du sol. On vérifie que ces valeurs sont cohérentes dans les PPRI accessibles. La commune de Vendargues dans l'agglomération de Montpellier, par exemple, a choisi un coefficient de 0,4 pour les sols rocaillieux de la garrigue. On reprend cette valeur. Les coefficients choisis sont présentés dans la table ci-dessous :

Table des coefficients de ruissellement attribués par type de couverture du sol

Couverture du sol	Coefficient de ruissellement
Forêts de feuillus, conifères ou mixtes, prairies, plage	0,05
Vergers, cultures parcellaires, surfaces mixtes agricoles/naturelles, forêts arbustives en mutation, pâturages naturels, espaces verts urbains	0,1
Landes et broussailles, vignobles, oliveraies, mines	0,3
Garrigue	0,4
Tissus urbains discontinus, zones industrielles et commerciales, équipements de sport et loisirs, végétation clairsemée et rochers	0,6
Roches nues, décharges	0,8
Surfaces imperméables de la BD TOPO, tissus urbains continus, aéroport, infrastructures de transport	0,9
Toutes surfaces d'eau permanentes (rivières, lacs, lagunes...)	0,99

Ainsi, le modèle fonctionne de la manière suivante : à partir du raster d'altitude, on calcule le raster de direction de flux, dont on déduit le raster d'accumulation des flux que l'on pondère avec les coefficients de ruissellement. On multiplie le tout par la pente avec la calculatrice raster pour finalement obtenir **l'indicateur de la force des torrents susceptibles d'apparaître en chaque point du territoire : F_t** .

Explication et critique de l'indicateur

On a d'abord pensé à calculer un débit de pointe décennal, ou une vitesse de torrent. Le problème de ces approches est qu'elles nécessitent des données météorologiques de Météo-France payantes (comme les coefficients de Montana pour l'application de la formule de Caquot du débit de pointe), ou bien elles s'appliquent sur des trajets très détaillés, ou sur des domaines d'application très restreints. Nous avons donc opté pour un indicateur en unité arbitraire, mais proportionnel à un risque réel. En effet, F_t est obtenu en multipliant une quantité d'eau et une pente :

$$F_t = \phi_{cum} * P$$

ϕ_{cum} = est le score des flux cumulés de la case (nb de cases)

P = pente de la case (m/m)

Par exemple, si $\phi_{cum} = 8$, cela veut dire que la case reçoit par ruissellement l'équivalent de l'eau qui serait tombée sur 8 cases complètement imperméables, soit sur une surface de $25^2 * 8 = 5000m^2$. ϕ_{cum} est donc bien **proportionnel à une quantité d'eau** reçue, pour une intensité de pluie donnée sur l'ensemble du territoire. C'est une simplification que l'on accepte.

D'autre part, vu l'échelle considérée, on suppose que chaque pixel de 25 m de côté est homogène en pente, et a une surface de nature et de géométrie régulière. Comme la pente est homogène, on estime aussi que la profondeur de l'écoulement ne varie pas, ou que ses variations, très localisées en raison de la forme du sol, sont négligeables à notre échelle. Dans ce cas, la formule suivante, (formule de Chézy simplifiée), donne l'expression de la **vitesse de l'écoulement à l'air libre en fonction de la pente**.

$$V = C\sqrt{P}$$

V = vitesse moyenne de l'écoulement (m/s)

C = regroupement des divers coefficients de la formule de Chézy originale

P = pente de la case (m/m)

On peut quantifier le pouvoir de destruction du torrent par son énergie cinétique, ainsi :

$$E_c = \frac{1}{2}.m.V^2 = \frac{1}{2}.m.C^2.\sqrt{P}^2 = C'.m.P$$

E_c = énergie cinétique instantanée moyenne de l'écoulement

m = masse d'eau présente sur la case à un instant t

C' = ensemble des constantes et coefficients du problème

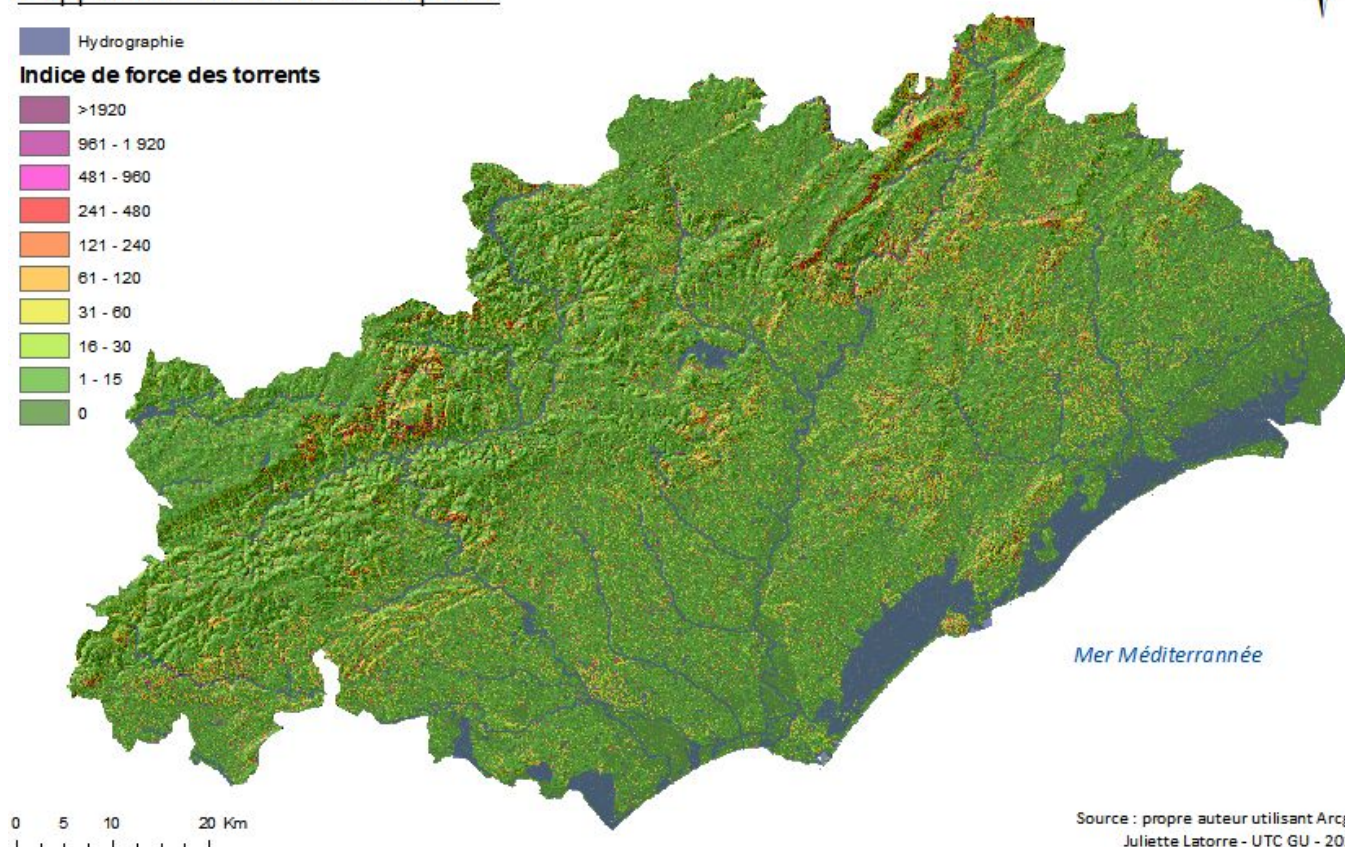
On obtient que l'énergie cinétique moyenne du torrent est proportionnelle au **produit d'une masse d'eau et d'une pente**, ce qui justifie notre modèle.

De nombreuses approximations sont faites pour choisir ces formules, mais cela a l'avantage de grandement simplifier le problème pour des étudiantes n'ayant jamais fait d'hydrologie approfondie. En réalité, la formule de Chézy qui s'applique aux écoulements uniformes ne convient pas aux écoulements fortement irréguliers sur les surfaces naturelles. Cependant elle peut correspondre aux zones urbaines, et plus spécifiquement aux routes. On accepte cette approximation sur les zones rurales car on souhaite justement s'intéresser en priorité aux zones urbaines.

Une autre critique de ce modèle sur les zones urbaines est qu'il ne prend pas en compte les couloirs artificiels créés par les formes urbaines et l'implantation du bâti. Si les voies de circulation sont dans le sens de l'écoulement, celui-ci peut s'avérer très dangereux. Tandis que s'il est en travers des voies, sa course peut être gênée par les bâtiments. Dans l'Hérault cependant, le bâti est assez clairsemé, sauf dans l'hypercentre historique des villages, et donc peu susceptible de créer de réelles barrières. Les voies ont tendance à suivre le sens des écoulements, les villages s'organisant autour de "**déversoirs**" naturels ou non, des lits de rivière asséchés toute l'année sauf après chaque pluie. On se résout à ne pas prendre en compte la forme urbaine, par manque de données, et parce que cela complexifierait trop le problème.

Résultat du modèle

Carte représentant l'indice de force des torrents susceptibles d'apparaître en cas de fortes pluies

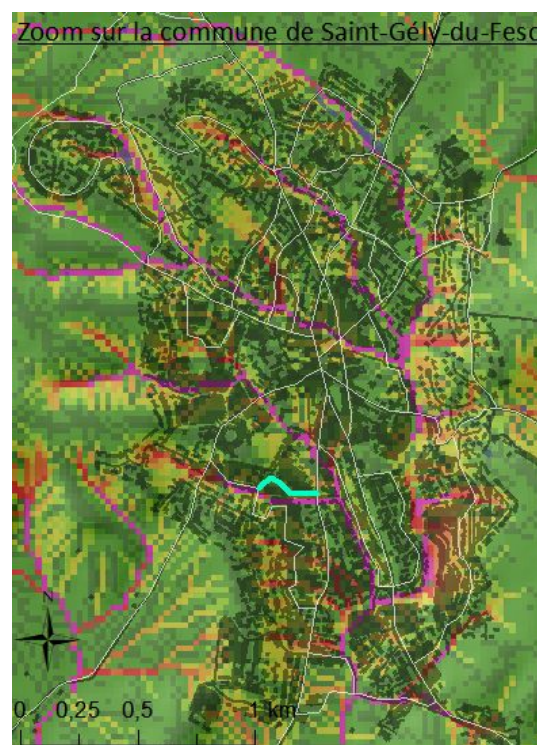


On constate sur cette carte qu'il n'y a pas de régions spécialement à risque, en dehors des massifs montagneux où les pentes sont très élevées mais rarement habitées. En revanche, l'ensemble du territoire est parsemé d'une **multitude de parcelles à haut risque**. On peut zoomer sur une commune pour mieux se rendre compte des réalités locales.

La carte ci-contre montre la commune de Saint Gély du Fesc, au nord de Montpellier. Nous l'avons choisie en raison de notre connaissance du terrain. Son cas est représentatif des communes de taille moyenne du département.

On constate la présence de thalwegs d'indice supérieur à 500, il s'agit en fait de déversoirs naturels qui ne signifient pas de danger. En revanche, de nombreuses zones bâties se trouvent sur des pixels d'indice supérieur à 30, comme la route en surbrillance (turquoise), qui est construite sur un terrain dont l'indice varie entre 30 et 60.

Le revêtement des trottoirs (en état usé) le long de cette dernière, a été arraché par les torrents lors de l'épisode cévenol de 6 jours, du 24 au 29 Novembre 2014, durant lequel plus de 450 mm d'eau sont tombés. C'est une période de retour d'environ trois ans.



Grâce aux données pluviométriques de météo-France, et à notre connaissance du terrain, nous pouvons attribuer des appréciations qualitatives à notre indicateur :

Episode de période de retour 1 an (>300mm)	
0-30	Zone sûre..
31-120	Zone de vigilance en milieu urbain, hors zone d'aléa.
121-240	Faible danger, dégâts possibles sur des éléments construits en mauvais état.
241-480	Danger, dégâts possibles sur des éléments construits et état d'usage.
>480	Courants forts, déversoirs. Torrents capables d'emporter des objets de taille moyenne..
Episode de période de retour 3 ans (>400mm)	
0-30	Zone sûre.
31-120	Faible danger, dégâts possibles sur des éléments construits en mauvais état.
121-240	Danger, dégâts possibles sur des éléments construits en état d'usage.
241-480	Danger important, torrents capables d'emporter des objets de grande taille.
>480	Courants forts, fleuves, déversoirs pleins ou débordants, zones d'inondations très probables.

On a identifié les principaux risques naturels liés aux épisodes cévenols. Dans la partie suivante, on regroupe les différentes zones à risque présentées précédemment pour obtenir un indicateur unique de risque naturel.

Indicateur global d'aléa

A partir des trois cartes vues précédemment, présentant les trois risques naturels suivants :

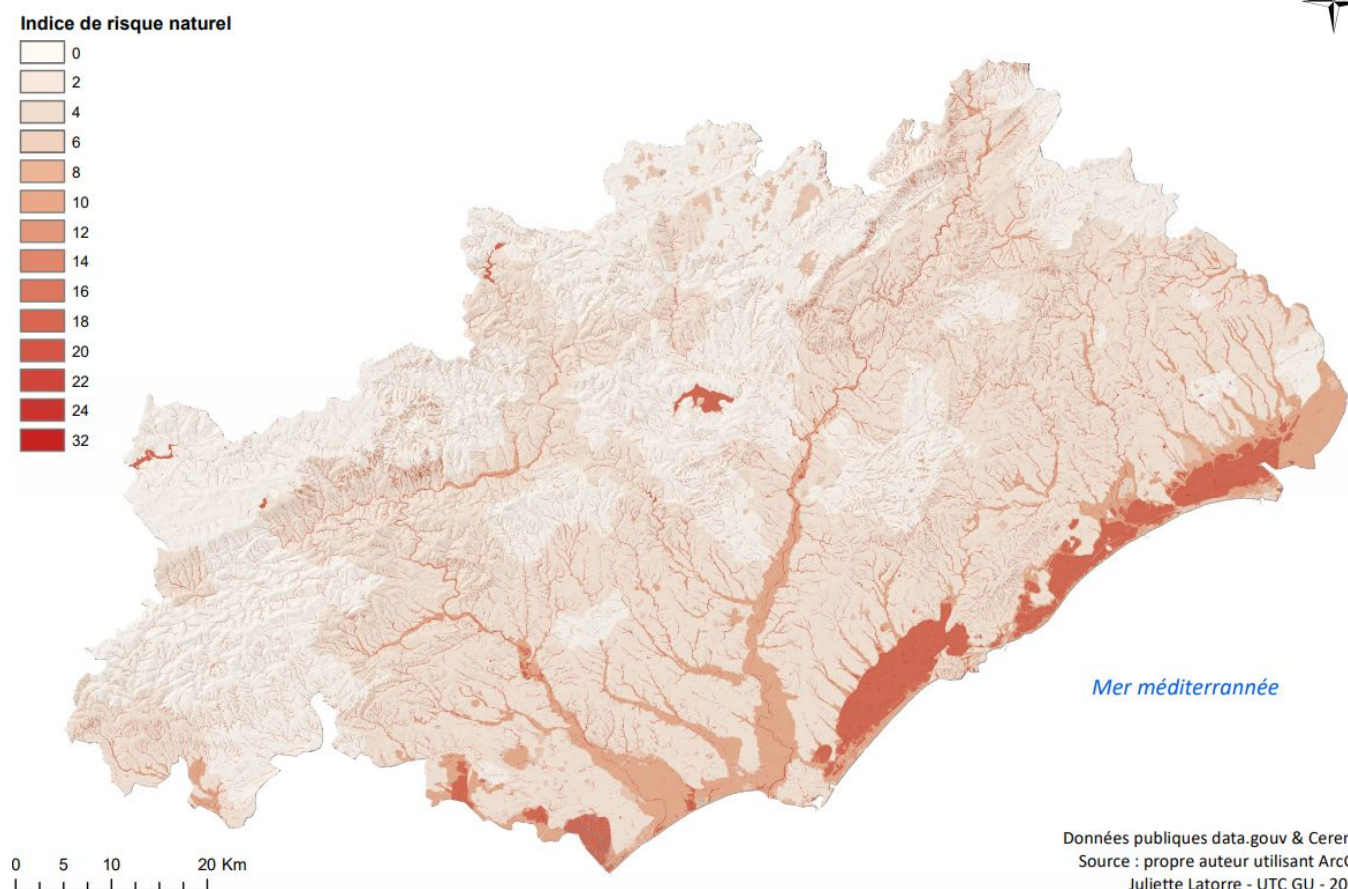
- Inondations par débordements de plans d'eaux existants,
- Inondations par ruissellement dans des petits bassins versants,
- Formation de torrents violents par ruissellement,

On calcule un indicateur général du niveau de risque naturel lié aux épisodes cévenols sur tout le territoire. L'indicateur varie de 0 à 32, et est calculé selon la matrice suivante :

+			Indice de risque sur la violence des torrents				
			0 - 30	30 - 120	120 - 240	240 - 480	>480
			0	2	4	8	16
Types de zones inondables	Z Blanche	0	0	2	4	8	16
	Z précaution hors aléa	2	2	4	6	10	18
	Z précaution	4	4	6	8	12	20
	Z Bleue & Z ExZEco	6	6	8	10	14	22
	Z Rouge	8	8	10	12	16	24
	Surface eau	16	16	18	20	24	32

On estime que les zones d'indice 0 ou 2 sont sûres, et entre 4 et 6, exposées à de faibles risques. Les zones d'indice > 6 sont considérées dangereuses en cas d'épisode de période de retour annuelle.

Carte de l'indice de risque naturel sur les épisodes cévenols dans l'Hérault



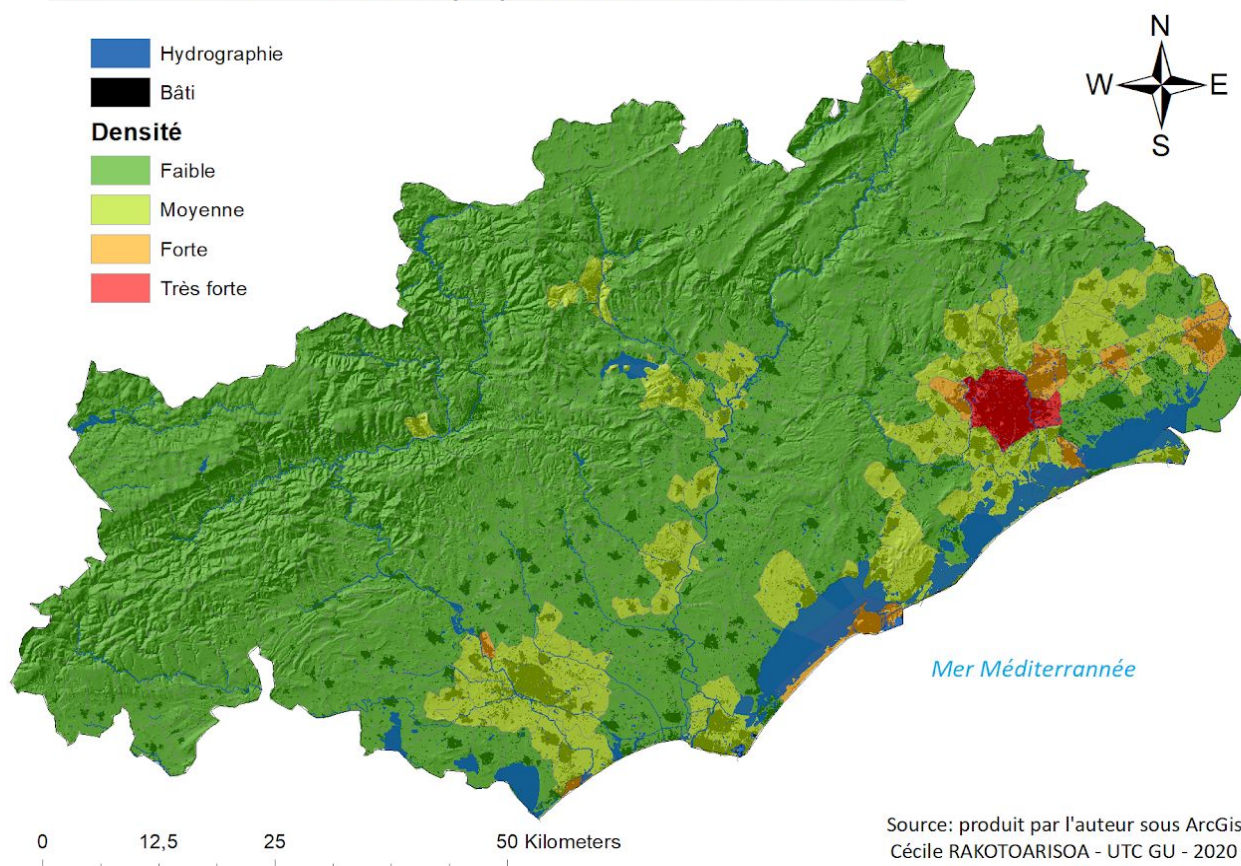
Attention cependant à la lecture de cette carte, car la plupart des zones de risque zéro reflètent un **manque de données** lié à l'absence de PPRI dans près d'un tiers des communes.

C. Risque social

Nous allons à présent nous intéresser à la vulnérabilité sociale de l'Hérault et aux conséquences que pourraient avoir les épisodes cévenols sur la population

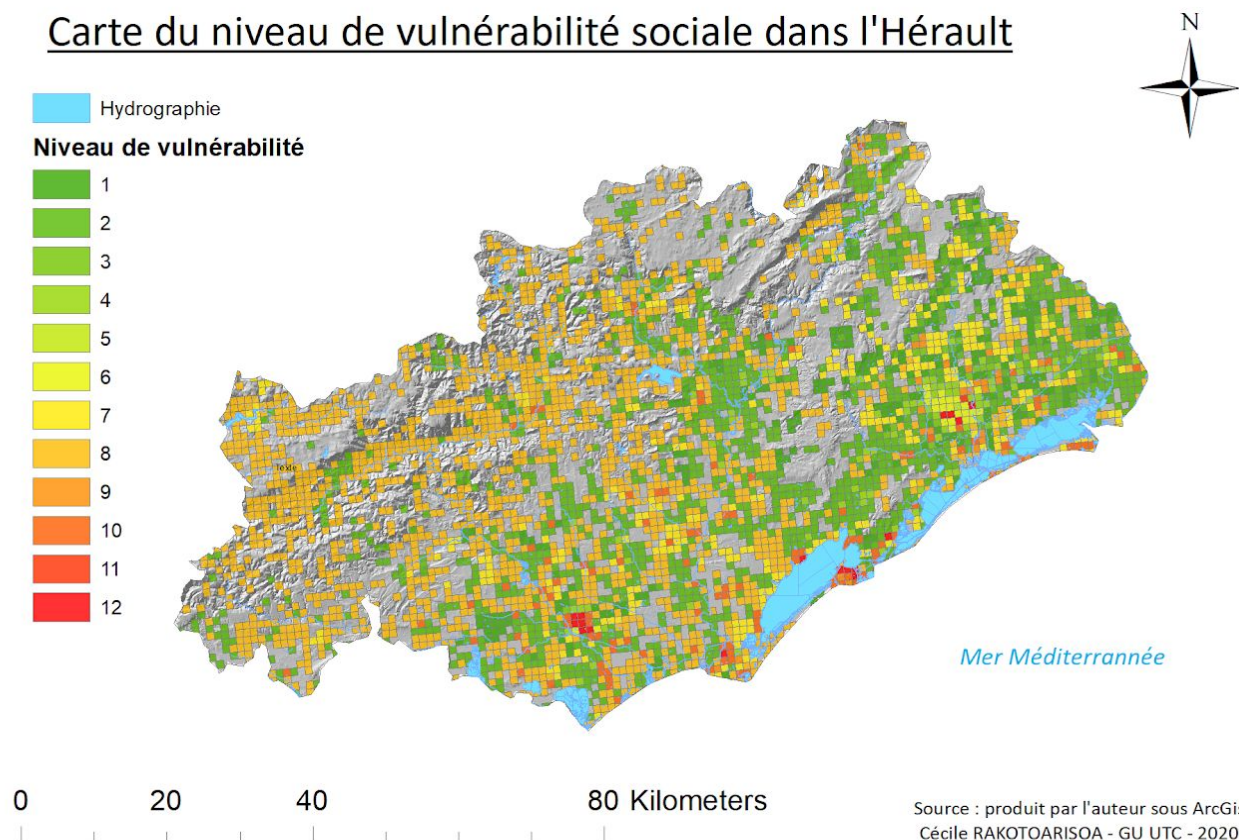
Une population inégalement répartie

Carte de la densité de population dans l'Hérault



Le département de l'Hérault peut être caractérisé par une **répartition de la population très hétérogène**. En effet, grâce à un calcul de densité de population nous avons pu remarquer que celle-ci était sans surprise très forte au sein de l'agglomération de Montpellier qui compte 296 386 habitants . Elle reste importante dans les villes qui entourent cette dernière mais également au sein des chefs-lieux secondaires, On compte environ **75% du territoire** qui est composé **d'une densité faible de population**.

Carte du niveau de vulnérabilité sociale dans l'Hérault



Les données de l'INSEE nous donnent de nombreuses informations à propos de la population française et donc pour notre étude, de l'Hérault. Comme nous avons pu le voir précédemment, il existe une véritable inégalité de répartition de la population dans le département. Certaines zones sont si peu peuplées qu'elles ne peuvent pas être répertoriées dans le carroyage. Cependant nous avons tout de même pu analyser et tirer une conclusion globale quant au **niveau de vulnérabilité de la population de l'Hérault**.

En effet, à l'aide d'un calcul de revenu moyen annuel, d'un calcul du pourcentage de personnes de plus de 64 ans, et d'une sélection attributaire, nous avons pu classer les différents carreaux selon un **niveau de vulnérabilité variant de 1 à 12**. Pour créer cet indicateur, nous avons décidé de **hiérarchiser les différents attributs**. Nous avons priorisé la population âgée de **plus de 64 ans** car c'est une population vulnérable qui peut s'avérer être **difficile à évacuer**. Nous avons ensuite pris en compte la **densité de population** par carreau et enfin le **niveau de vie de la population**.

L'Hérault : un territoire sensible d'un point de vue social

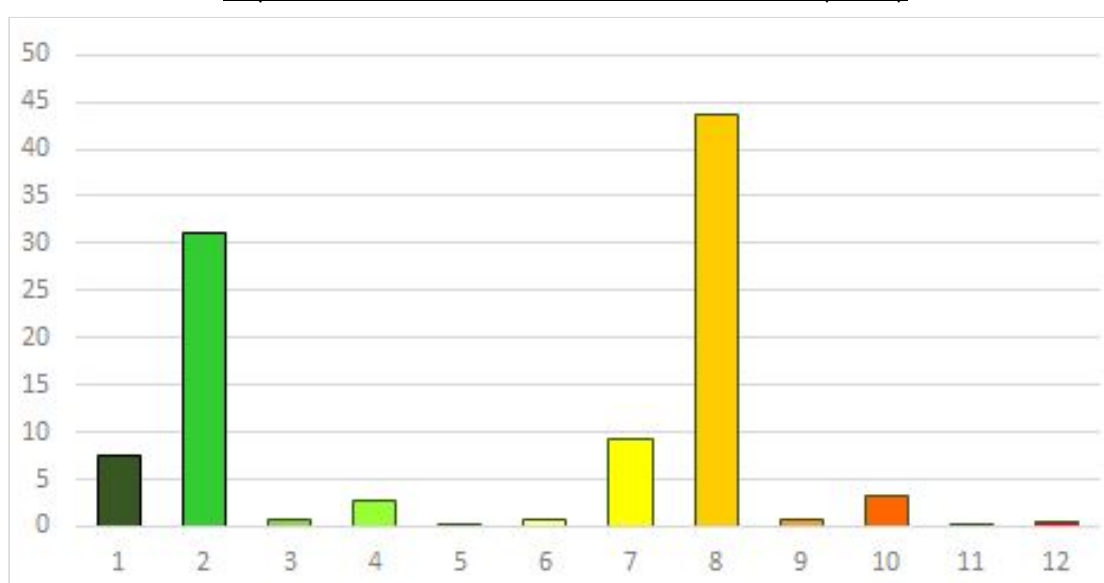
Description des différentes sélections attributaire pour établir l'indice de vulnérabilité sociale

1: Pct(64_80p) < 20 AND Densité = 'Faible' AND Rev_moy > 24000	7: Pct(64_80p) >= 20 AND Densité = 'Faible' AND Rev_moy > 24000
2: Pct(64_80p) < 20 AND Densité = 'Faible' AND Rev_moy <= 24000	8: Pct(64_80p) >= 20 AND Densité = 'Faible' AND Rev_moy <= 24000
3: Pct(64_80p) < 20 AND Densité = 'Moyenne' AND Rev_moy > 24000	9: Pct(64_80p) >= 20 AND Densité = 'Moyenne' AND Rev_moy > 24000
4: Pct(64_80p) < 20 AND Densité = 'Moyenne' AND Rev_moy <= 24000	10: Pct(64_80p) >= 20 AND Densité = 'Moyenne' AND Rev_moy <= 24000
5: Pct(64_80p) < 20 AND Densité = 'Forte' AND Rev_moy > 24000	11: Pct(64_80p) >= 20 AND Densité = 'Forte' AND Rev_moy > 24000
6: Pct(64_80p) >= 20 AND Densité = 'Forte' AND Rev_moy <= 24000	12: Pct(64_80p) >= 20 AND Densité = 'Forte' AND Rev_moy <= 24000

L'établissement de cet indicateur nous a permis de pouvoir quantifier la vulnérabilité sociale du territoire de l'Hérault. Ainsi, nous avons pu réaliser une **analyse statistique de nos résultats**.

En effet, nous pouvons remarquer que près de **40%** de la population recensée par le carroyage INSEE se situe dans une **zone peu vulnérable** d'un point de vue social (**1 et 2**). Cependant une part importante de la population de notre zone d'étude s'avère relativement vulnérable : **44%** de la population est associée à un **niveau de vulnérabilité de 8**, **10 %** à un **niveau 7** et tout de même **3,2%** à un **niveau 10**. On a donc plus de la moitié de la population qui est soumise à une vulnérabilité élevée.

Répartition du niveau de vulnérabilité sociale (en %)



D. Identification des zones d'action prioritaire

Maintenant que nous avons identifié les zones de risque naturel et les zones de vulnérabilité sociale, on peut croiser ces informations pour déterminer un indice global de sensibilité, qui nous permette d'identifier les zones d'action prioritaire.

Elaboration de la couche indicateur



Les zones de vulnérabilité sociale obtenues précédemment étant délimitées par des carreaux INSEE, elles ne représentent pas exactement les zones qui nous intéressent : celles qui sont habitées et/ou celles où les dégâts matériels peuvent avoir un impact important sur le fonctionnement des activités humaines. On cherche donc à créer une couche raster rendant compte d'un indicateur de sensibilité, mais également de la forme des surfaces anthropisées. La première étape de ce travail est donc de délimiter les zones anthropisées.

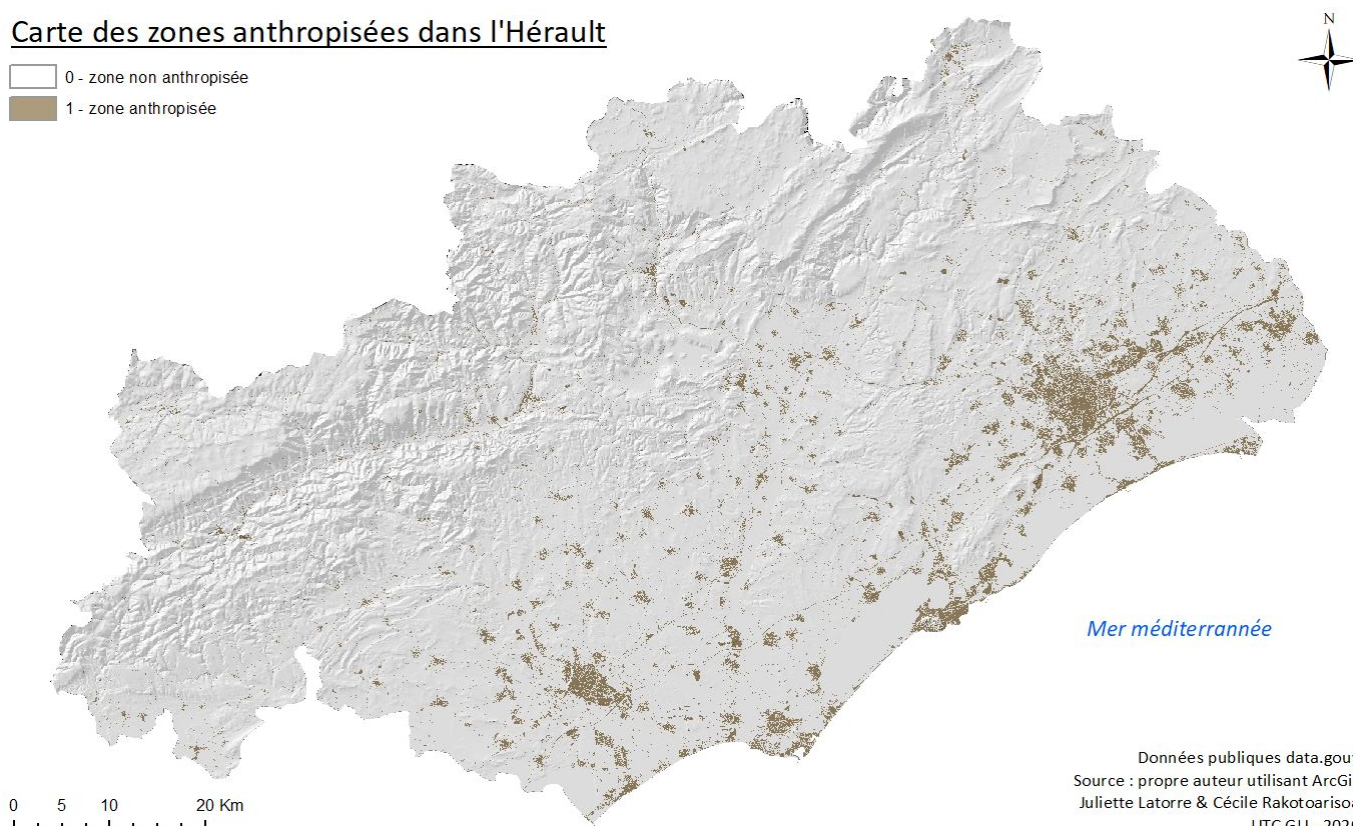
Pour cela, on choisit d'utiliser les zones notées CS 1.1 des données de couverture du sol de l'IGN, qui représentent l'ensemble des surfaces anthropisées. On isole ces polygones et on les unit avec un polygone unique du département. On rasterise ensuite cette couche suivant les trois méthodes possibles, et on additionne les trois couches obtenues de sorte à obtenir un raster couvrant tout le territoire, avec une couverture optimale des zones anthropisées. Un reclassement de ce raster donne une couche de valeur 1 en zone anthropisée, et 0 sinon. Les cellules de ce raster font $\frac{1}{4}$ des cellules du raster d'indicateur de risque naturel, en raison des petits éléments à représenter.

CS 1.1 Surfaces anthropisées	CS 1.1.1 Zones imperméables	CS 1.1.1.1 Zones bâties
		CS 1.1.1.2 Zones non bâties
	CS 1.1.2 Zones perméables	CS 1.1.2.1 Matériaux minéraux
		CS 1.1.2.2 Matériaux composites

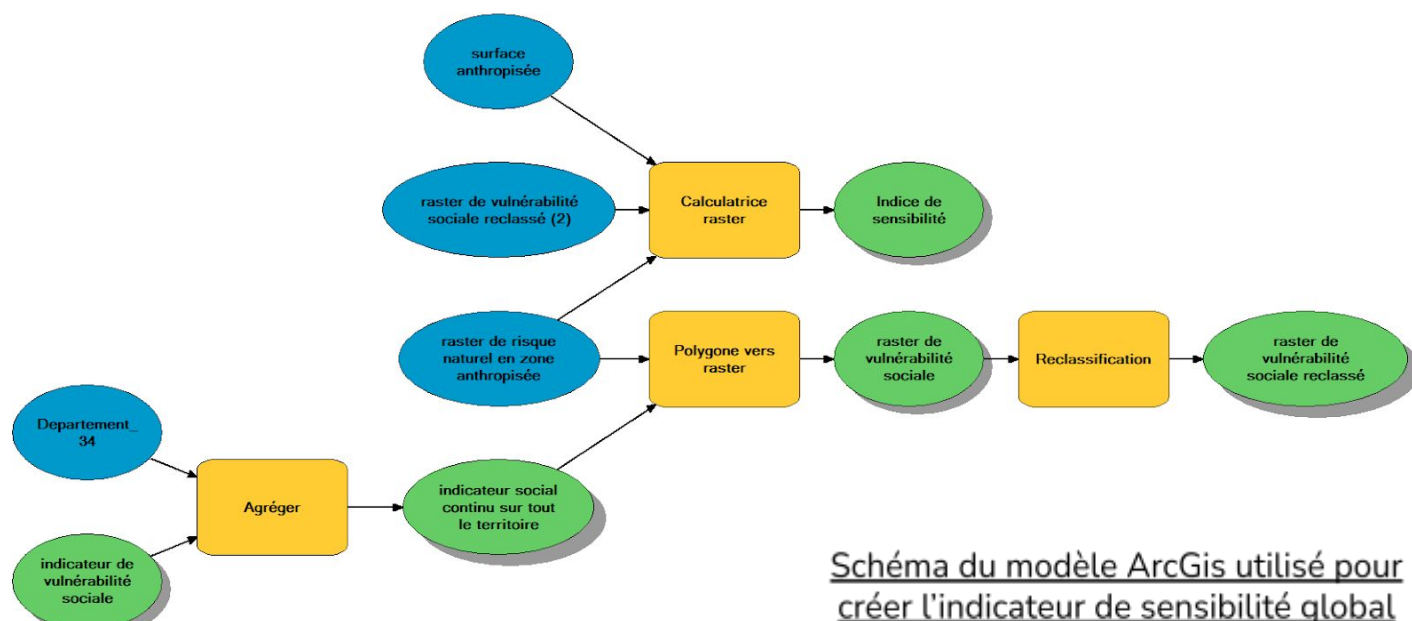
Extrait du dictionnaire de données
sur la couverture du sol de l'IGN

Carte des zones anthropisées dans l'Hérault

-  0 - zone non anthropisée
-  1 - zone anthropisée



Ensuite, on calcule notre indicateur de sensibilité globale sur ces zones. Les étapes pour parvenir à cette information sont détaillées sur le diagramme suivant :



Dans un premier temps, on crée un raster de vulnérabilité sociale qui soit continu sur tout le territoire du département. Pour cela, on comble les “trous” de la couche vectorielle en faisant une union avec une couche du département de valeur constante nulle. On rastérise la couche obtenue en prenant pour taille de cellule le raster de risque naturel en zone anthropisée (obtenu par multiplication des zones anthropisées et de l’indicateur de risque naturel). On reclassifie le raster obtenu de sorte à donner la valeur 1 aux zones non comprises dans les carreaux insee, note de risque minimal lié à une densité de population très faible ou nulle. On obtient ainsi le **raster de vulnérabilité sociale reclassé**.

On obtient l’indicateur final en effectuant le calcul suivant avec la calculatrice raster :

$$(Vulnérabilité\ sociale\ reclassée + Risque\ naturel\ en\ zone\ anthropisée) * surface\ anthropisée = sensibilité$$

On obtient ainsi une couche représentant **la somme de la vulnérabilité sociale et du risque naturel en zone anthropisée, et zéro ailleurs**. Grâce au reclassement de la vulnérabilité sociale, on s’assure que des zones urbaines présentes hors des limites des carreaux INSEE originaux ne sont pas ignorées.

Pour cet indicateur, on a d’abord pensé à multiplier le risque naturel et la vulnérabilité sociale entre eux, pour représenter la variation souvent exponentielle de la dangerosité d’un aléa en fonction de la vulnérabilité. Cette méthode ne permettait cependant pas de dégager un seuil d’indicateur de sensibilité intéressant. L’addition, en revanche, fait apparaître des paliers sur lesquelles on peut émettre une appréciation qualitative, comme montré sur le tableau ci-dessous :

Matrice vulnérabilité X risque naturel		Indice de vulnérabilité sociale											
		Zones vides ou non vulnérables						zones très vulnérables					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Indice de risque naturel	nul	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	négligeable	2	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
	très faible	4	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44
	faible	6	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66
	moyen	8	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88
	assez fort	10	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
	fort	12	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132
	très fort	14	14	28	42	56	70	84	98	112	126	140	154
	très fort	16	16	32	48	64	80	96	112	128	144	160	176
	très fort	18	18	36	54	72	90	108	126	144	162	180	198
	très fort	20	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220
	très fort	22	22	44	66	88	110	132	154	176	198	220	242
	très fort	24	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	264
	très fort	32	32	64	96	128	160	192	224	256	288	320	352

Matrice vulnérabilité + risque naturel		Indice de vulnérabilité sociale											
		Zones vides ou non vulnérables						zones très vulnérables					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Indice de risque naturel	nul	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	négligeable	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	très faible	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	faible	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	moyen	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	assez fort	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	fort	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	très fort	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	très fort	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	très fort	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
	très fort	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	très fort	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
	très fort	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
	très fort	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43

Matrice vulnérabilité x risque naturel :

Limite désirée

Matrice vulnérabilité + risque naturel :

>=10 - Vigilance

>=14 - Vigilance et mise en application de mesures de prévention voire de mesures restrictives

>= 20 - Grande vigilance, voire évacuation

Ces deux matrices nous ont permis de choisir l'indicateur additionné comme le plus parlant.

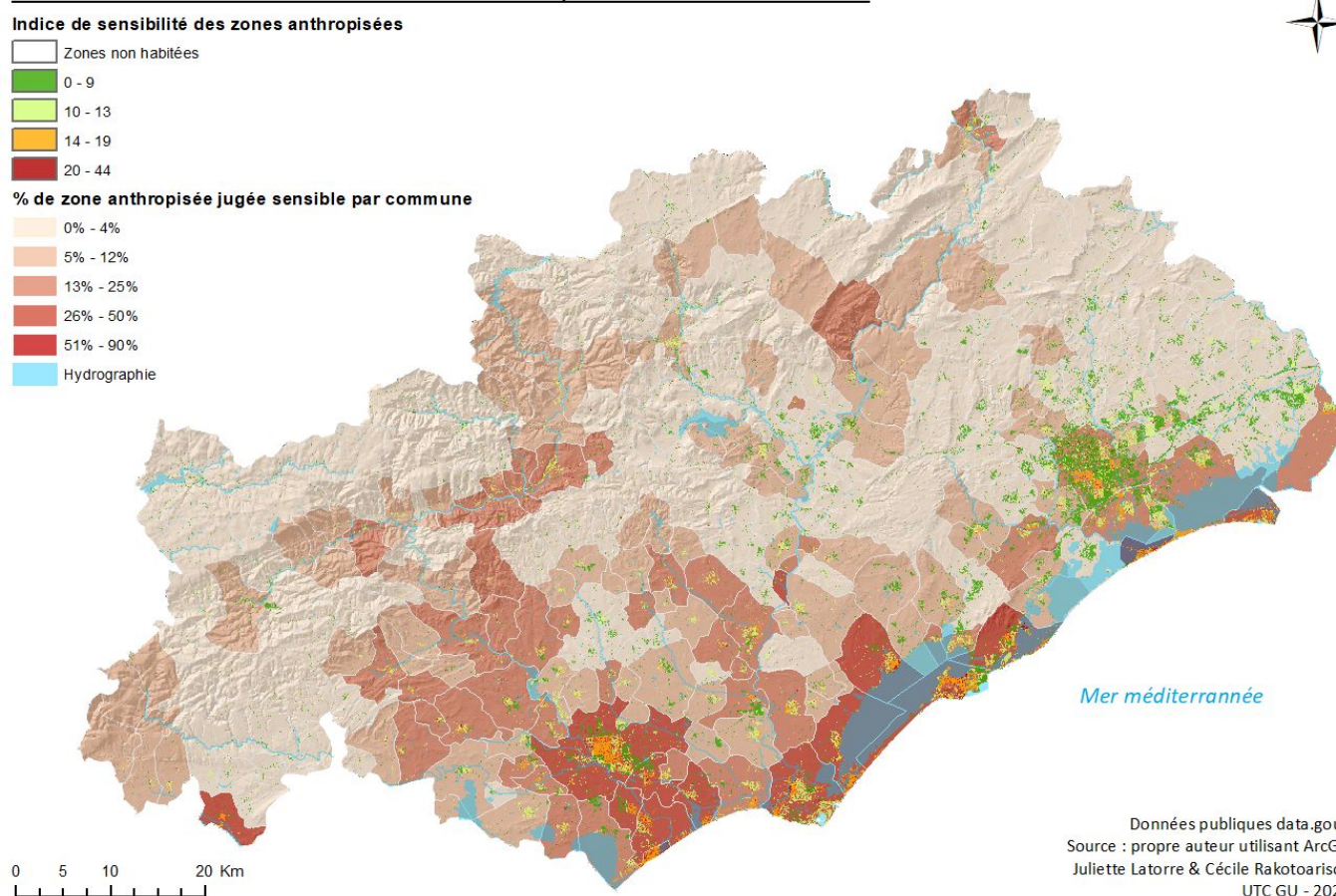
Sur cet indicateur, on fixe trois seuils, délimitant une zone de non vigilance, une zone de vigilance, une zone d'action prioritaire, et une zone de sensibilité critique.

On juge que tous les territoires avec une sensibilité **supérieure ou égale à 14** sont **prioritaires**, et doivent dans tous les cas faire partie d'un plan de prévention et d'action de toute urgence si ce n'est pas déjà le cas.

Sur la carte de la page suivante, on montre l'indicateur de sensibilité sur chaque pixel des zones anthropisées, ainsi que le **taux de surfaces anthropisées prioritaires (TSAP)** dans chaque commune. Ce taux représente le pourcentage des zones anthropisées de la commune dont le **score de sensibilité est supérieur ou égal à 14**.

Analyse des résultats

Carte de l'indice de sensibilité dans le département de l'Hérault



Sur cette carte, on observe que certaines communes ont un taux de zones prioritaires très élevé, en particulier des **communes côtières** comme Valras-Plage, petite commune côtière située au sud de Béziers, qui a un TSAP de 90%, mais aussi de Palavas-les-flots, au sud de Montpellier (72%), et de plusieurs autres communes côtières comme Sète, Marseillan, Olonzac, la Grande Motte et Sérignan, qui ont toutes des TSAP situés entre 40 et 50%. Sept autres communes proches du littoral attirent notre attention avec des TSAP supérieurs à 30%, dont Béziers, chef-lieu secondaire, fait partie. Enfin, on note la présence d'une commune particulièrement sensible dans les terres, la commune de Cazouls d'Hérault, située sur les rives du fleuve dont elle tire son nom, et dont le TSAP est de 38%.

Le TSAP nous permet d'identifier facilement des **communes prioritaires** à l'échelle du département, mais c'est une analyse beaucoup trop globale pour les enjeux considérés. Cette carte pourrait en effet être utilisée à l'échelle communale, car sa résolution le permet, avec des zones anthropisées découpées en pixels de 12,5m² de côté. A une échelle plus réduite, on peut visualiser les parcelles sensibles et proposer des **solutions concrètes à l'échelle communale ou parcellaire**, comme la rénovation d'équipements urbains délabrés susceptibles d'être plus facilement endommagés, la désimperméabilisation de surfaces artificialisées, la construction de bassins de rétention d'eau en amont des écoulement, ou bien de caniveaux le long des routes suivant des thalwegs...

Critique de l'approche

Notre approche nous semble intéressante du fait qu'elle est exploitable à plusieurs échelles, tout en prenant en compte de nombreux facteurs. Au total, trois types de risques naturels et trois paramètres sociaux sont résumés en un seul indicateur de sensibilité territoriale. Nous sommes parvenues à réduire ces divers facteurs en indicateurs chiffrés simples, affichables sur des cartes, et à y attribuer des descriptions qualitatives facilement interprétables pour des décideurs.

En revanche, nous pouvons émettre un certain nombre de critiques sur le travail réalisé. Premièrement, **l'absence de PPRI sur certaines communes entraîne une véritable désinformation** sur ces dernières, abaissant probablement leur indice de risque naturel réel. Comme nous l'avons vu, les communes littorales sont les plus à risque, et elles possèdent toutes des PPRI, ce qui permet de penser que nous ne ratons pas de commune hautement prioritaire, mais ce manque d'information avantage probablement de nombreuses communes fluviales au centre des terres, à en juger par les communes voisines, et par la corrélation évidente qui existe entre la carte des TSAP (p.22) et celles des PPRI existants (p.7). **Nous ne pouvons que recommander la création de PPRI sur les communes fluviales qui en manquent encore, ou celles dont les voisines ont un TSAP élevé.**

D'autre part, de nombreuses **analyses complémentaires** auraient pu être menées pour mieux évaluer la vulnérabilité des territoires. Nous avons par exemple pensé à utiliser Network Analyst pour déterminer les communes isolées, ou dont les seuls accès dépendent de ponts par exemple, ou encore les temps d'arrivée des secours. A plus petite échelle, nous aurions pu prendre en compte la hauteur et la fonction du bâti pour déterminer des ordres d'évacuation prioritaires en cas de sinistre par exemple, ou encore l'état d'usure des infrastructures. Ces analyses pourraient être effectuées à l'échelle communale, suite à un premier diagnostic à grande échelle effectué à l'aide de notre travail.

Enfin, l'évaluation même des **risques naturels** pourrait être grandement améliorée. Avec plus de PPRI, comme évoqué ci-dessus, mais aussi en ajoutant du "brouillage" lors des simulations d'écoulement, en prenant en compte **l'implantation du bâti** et les déviations que cela entraîne sur les écoulements, voire en se basant sur des données historiques des crues et des dégâts, données dont nous ne disposons pas pour notre études, mais qui peuvent exister à l'échelle communale.

CONCLUSION

Synthèse de l'étude de la sensibilité du territoire de l' Hérault

Nous avons pu constater à travers ce dossier que le département de l'Hérault est un territoire hautement sensible.

Tout d'abord, nous avons pu remarquer que notre zone d'étude était soumise à d'importants **risques naturels**. Trois risques majeurs liés aux épisodes cévenols ont ainsi été étudiés : inondation par débordement, inondation par ruissellement et la formation de torrents violents par ruissellement.

D'autre part, nous avons constaté que l'Hérault était vulnérable d'un **point de vue social**. En effet, la population de l'Hérault est en grande partie composée de personnes âgées et d'une population active ayant des revenus relativement bas. De plus, le territoire de l'Hérault est parsemé de zones anthropisées (routes, bâti...) dispersées sur tout le territoire, parfois isolées, qui sont exposées à de forts risques naturels.

Grâce à l'étude de ces deux aspects, nous avons pu montrer que l'Hérault est un **territoire hautement sensible** du fait de son climat et de ses évolutions probables. Ainsi, il est primordial d'agir et de trouver des solutions afin de limiter les dégâts engendrés par les différentes catastrophes naturelles, sur sa population et ses biens.

Utilisation du SIG pour la mise en place de solutions

Mise en place de PPRI supplémentaires

Bien que de nombreuses communes soient dotées d'un **Plan de Prévention du Risque d'Inondation**, il serait judicieux d'en mettre en place dans les communes qui n'en possèdent pas afin d'avoir des informations complètes quant à la vulnérabilité de l'intégralité du territoire.

Elaboration de la stratégie d'évacuation des populations

Il existe deux stratégies d'évacuation en lien avec le phénomène d'inondation : **l'évacuation verticale et l'évacuation horizontale**. Grâce aux données fournies par la BD-TOPO de l'Hérault, les collectivités sont aptes à savoir quelle est la stratégie la plus adaptée.

En effet, grâce à l'accès à la **hauteur du bâti**, les communes peuvent plus ou moins savoir si l'évacuation verticale est judicieuse. Si les bâtiments sont relativement hauts alors le déplacement des populations aux étages les plus hauts leur permettra de rester en sécurité en attendant l'arrivée des secours.

D'autre part, la BD-TOPO nous fournit la localisation des **casernes de pompiers et des centres hospitaliers**. Grâce à Network Analyst, il est possible de calculer le temps de trajet entre la commune inondée et la caserne de pompier ou l'hôpital tout en prenant en compte les routes qui pourraient s'avérer impraticables. Ainsi cela pourrait conduire à l'implantation de nouvelles casernes ou infrastructures médicales près des communes isolées ou tout simplement une implantation de routes afin de faciliter l'accès à ces communes.

Apports du projet dans nos parcours personnels

Effectuer cette étude nous a permis de nous familiariser avec ArcGis, et d'approfondir l'utilisation de l'extension Spatial Analyst, avec laquelle nous avons effectué une grande partie de notre analyse. Cela nous a également permis de comprendre les modes d'application des technologies SIG pour l'analyse territoriale, la visualisation de données et la prise de décision éclairée.

D'autre part, ce travail nous a également sensibilisées sur des problématiques climatiques et sociales en France dont nous n'avons pas toujours conscience ; et sur l'importance et la complexité de les modéliser et de les synthétiser sans perdre d'information!

ANNEXES

Un lot de cartes thématiques fournies en annexe, à côté de ce rapport, peuvent aider à l'appropriation du territoire et à la compréhension de ses enjeux.

BIBLIOGRAPHIE

- [1]https://www.francetvinfo.fr/meteo/inondations/intemperies-dans-le-sud-est/inondations-des-episod-es-cevenols-de-plus-en-plus-frequents_4112671.html
- [2]<https://www.medecc.org/>
- [3]<https://geoservices.ign.fr/documentation/diffusion/telechargement-donnees-libres.html#bd-topo>
- [4]<https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/zone-reglementee-dun-pprn-inondation-dans-lherault/>
- [5]<https://www.cdata.cerema.fr/geonetwork/srv/fre/catalog.search#/metadata/a2939bae-ff30-4bf3-b233-d320114ea523>
- [6]<https://www.insee.fr/fr/statistiques/4176305>
- [7]<https://files.geo.data.gouv.fr/link-proxy/www.cdata.cerema.fr/2020-01-23/5e2a235b68abba2e4cbf1af7/note-exzeco-paca.zip/methode%20exzeco-13mai2019.pdf>