



POLYTECH[®]
TOURS

Département Aménagement



Ecole d'ingénieurs
polytechnique
de l'université de Tours

CITERES
UMR 6173
Cités, Territoires,
Environnement et Sociétés

Equipe IPA-PE
Ingénierie du Projet
d'Aménagement, Paysage,
Environnement

Projet de Fin d'Etudes

L'ACCESSIBILITE COMME INDICATEUR DE LA VULNERABILITE D'UN TERRITOIRE FACE AUX INONDATIONS



2012-2013

ANDRIEU Dominique
SERRHINI Kamal

FIET Romain
VALLAT Etienne

L'ACCESSIBILITE COMME INDICATEUR DE LA VULNERABILITE D'UN TERRITOIRE FACE AUX INONDATIONS

Auteurs :

- FIET Romain
- VALLAT Etienne

Directeurs de recherche :

- ANDRIEU Dominique
- SERRHINI Kamal

Année 2012/2013

AVERTISSEMENT

Cette recherche a fait appel à des lectures, enquêtes et interviews. Tout emprunt à des contenus d'interviews, des écrits autres que strictement personnels, toute reproduction et citation, font systématiquement l'objet d'un référencement.

Les auteurs de cette recherche ont signé une attestation sur l'honneur de non-plagiat.

FORMATION PAR LA RECHERCHE ET PROJET DE FIN D'ETUDES

La formation au génie de l'aménagement, assurée par le département aménagement de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours, associe dans le champ de l'urbanisme et de l'aménagement, l'acquisition de connaissances fondamentales, l'acquisition de techniques et de savoir-faire, la formation à la pratique professionnelle et la formation par la recherche. Cette dernière ne vise pas à former les seuls futurs élèves désireux de prolonger leur formation par les études doctorales, mais tout en ouvrant à cette voie, elle vise tout d'abord à favoriser la capacité des futurs ingénieurs à :

- Accroître leurs compétences en matière de pratique professionnelle par la mobilisation de connaissances et de techniques, dont les fondements et contenus ont été explorés le plus finement possible afin d'en assurer une bonne maîtrise intellectuelle et pratique,
- Accroître la capacité des ingénieurs en génie de l'aménagement à innover tant en matière de méthodes que d'outils, mobilisables pour affronter et résoudre les problèmes complexes posés par l'organisation et la gestion des espaces.

La formation par la recherche inclut un exercice individuel de recherche, le projet de fin d'études (P.F.E.), situé en dernière année de formation des élèves ingénieurs. Cet exercice correspond à un stage d'une durée minimum de trois mois, en laboratoire de recherche, principalement au sein de l'équipe Ingénierie du Projet d'Aménagement, Paysage et Environnement de l'UMR 6173 CITERES à laquelle appartiennent les enseignants-chercheurs du département aménagement.

Le travail de recherche, dont l'objectif de base est d'acquérir une compétence méthodologique en matière de recherche, doit répondre à l'un des deux grands objectifs :

- Développer tout ou partie d'une méthode ou d'un outil nouveau permettant le traitement innovant d'un problème d'aménagement
- Approfondir les connaissances de base pour mieux affronter une question complexe en matière d'aménagement.

Afin de valoriser ce travail de recherche, nous avons décidé de mettre en ligne les mémoires à partir de la mention bien.

REMERCIEMENT

Dans le cadre de ce projet de fin d'études, nous adressons nos remerciements à M. ANDRIEU Dominique et M. SERRHINI Kamal, pour l'aide apportée tout au long de notre travail, ainsi que pour les conseils et les informations qu'ils nous ont transmis.

Au-delà de l'expérience que nous avons pu partager avec eux, nous retiendrons aussi le dévouement de nos tuteurs pour l'avancement de notre recherche.

SOMMAIRE

AVERTISSEMENT	2
FORMATION PAR LA RECHERCHE ET PROJET DE FIN D'ETUDES	3
REMERCIEMENT	4
SOMMAIRE	5
INTRODUCTION	7
I. La vulnérabilité du territoire, un concept d'étude de plus en plus important	7
II. Les différents termes clés de l'étude	8
III. La délimitation du bassin d'étude	11
A. Le bassin de la Loire	11
B. L'agglomération d'Orléans	12
1. Chiffres clés	12
2. Le risque d'inondation sur l'agglomération orléanaise	13
PARTIE I : ETAT DE L'ART DE LA VULNERABILITE D'UN TERRITOIRE ET DE L'ANALYSE DECISIONNELLE	15
I. La vulnérabilité d'un territoire	15
A. Le territoire d'étude	15
B. Les critères d'analyse de la vulnérabilité	15
C. Les techniques de calcul de la vulnérabilité	16
II. L'aide à la décision.....	16
III. Résultat d'analyse et orientation de la recherche	19
A. Résultat de l'analyse	19
B. Orientation de recherche	20
C. Problématique	20
PARTIE II : DESCRIPTION ET EVALUATION DE L'ACCESSIBILITE D'UN TERRITOIRE	21
I. La description de l'accessibilité et de sa mesure	21
II. Le choix des déplacements domicile-travail	22
III. L'obtention et l'interprétation des résultats	23
A. La méthode envisageable et les critères choisis pour le calcul des flux	23
B. Le choix de la méthode de calcul	25
1. Première méthode : détermination de k par tâtonnement	25
2. Deuxième méthode : détermination de k par régression linéaire	28
C. Conclusion de la partie avant inondation	33

IV. L'estimation des flux pendant l'inondation	33
A. La distance entre communes	35
B. La population vivant au sein de l'inondation	35
C. Les emplois et bassins d'activités	36
V. Les flux pendant l'inondation	37
A. La technique de calcul.....	37
B. Analyse graphique des résultats	40
PARTIE III : LIMITES ET CONCLUSION DE NOTRE TRAVAIL	42
I. Les limites de notre travail	42
A. L'importance du réseau routier	42
B. L'estimation des populations et des emplois impactés par les aléas	42
C. La limitation du territoire d'étude	42
D. Les déplacements au sein d'une commune	42
E. Les effets sur les calculs	42
II. Conclusion	43
Bibliographie	45
Webographie.....	46
Table des illustrations	47
A. Image	47
B. Tableau	47
Fiches de lecture	48
A. L'étude de la vulnérabilité à Lyon	48
B. L'évaluation de la vulnérabilité de la Loire dans l'étude Méthodoloire	50
C. Londres et sa vulnérabilité après l'arrivée des Jeux Olympiques de 2012	52
D. Le concept de résilience	54

INTRODUCTION

I. LA VULNERABILITE DU TERRITOIRE, UN CONCEPT D'ETUDE DE PLUS EN PLUS IMPORTANT

L'inondation, phénomène naturel représentant les cycles terrestres de l'eau, est un élément fortement présent dans la création et la modification de nombreux paysages actuels. Ce phénomène, à la fois craint ou adulé par certaines populations, est cependant un élément que les mémoires peuvent oublier rapidement.

En France, le risque d'inondation est très présent puisque c'est le risque naturel prépondérant, une commune sur deux y est exposée et en 2008, il a été estimé que 10% de la population française était exposée au risque d'inondation par cours d'eau¹. Ces inondations sont des sources de dégâts matériels et économiques des plus importants. En effet, les dégâts causés par les inondations représentent environ 80% du coût des dommages imputables aux risques naturels, soit en moyenne 250M d'€ par an. La moitié de cette somme relève des activités économiques.²

Dans le but d'agir contre les dégâts que ce phénomène peut causer, les constructions actuelles ont tout de même montré leurs limites. L'actualité récente démontre encore que l'inondation pose la question de la vulnérabilité d'un territoire.

L'évaluation de la vulnérabilité des territoires est un enjeu de plus en plus important et indispensable pour les collectivités locales, mais également pour les institutions nationales. En effet, considérant les dégradations tant matérielles qu'économiques que les inondations peuvent avoir sur les territoires, il apparaît vital pour les territoires de connaître leur degré de vulnérabilité afin de mieux anticiper et d'avoir une meilleure gestion en cas de crise causée par un aléa naturel.

Il existe bien des documents réglementaires, comme les DICRIM (Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs) ou comme les Plans de Prévention des Risques d'Inondations (PPRI), qui sont des outils à la fois basiques et utiles pour se préparer à la gestion de crise. Mais bien que les PPRI soient obligatoires depuis 1995, seulement 37% des communes exposées à des crues disposaient d'un PPRI approuvé en 2011³. Il y a donc un réel manque de prise en considération du risque d'inondation de la part des communes et des intercommunalités françaises. On peut notamment citer le cas de l'agglomération nantaise qui, possédant l'ensemble de son territoire en zone inondable, ne possède pas de PPRI.

L'évaluation de la vulnérabilité, bien que sous-estimée, est un processus qui est de plus en plus d'actualité. En effet, de nombreuses études, comme présentées plus tard dans ce document, ont été réalisées à différentes échelles depuis ces dernières années. Ces études avaient pour but de définir ou de caractériser, selon différents aspects, la vulnérabilité d'un territoire face à des

¹ <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/> consulté en avril 2013

² <http://www.prim.net> consulté en mars 2013

³ Ibid au ¹.

risques naturels ou technologiques. Afin d'effectuer de telles études, nous verrons que des critères sont alors définis et hiérarchisés par ordre d'importance par les commanditaires.

Dans le cas de notre étude, nous étudierons le bassin de la Loire, qui s'étend de Saint-Etienne à Nantes et qui représente un très bon site d'étude. En attestent le plan Loire ainsi que l'étude Méthodoloire, réalisées ces dernières années, qui se sont penchées sur la vulnérabilité des territoires appartenant à ce bassin. Aujourd'hui encore, le projet CEMORAL (Conscience, Evaluation et Mise en œuvre des Outils de prévention du Risque d'inondation, Application au bassin de la Loire) a pour objectif, à travers différentes tâches, de comprendre et d'évaluer la mise en œuvre des outils destinés à l'action publique afin de réduire la vulnérabilité sur le bassin de la Loire.

Notre travail s'insère dans la tâche 2 de ce projet : analyse systémique et multicritère de la vulnérabilité. Il convient de noter que M. CHENUET Romain et M. AUCHER Gwendoline ont également travaillé dans le cadre de CEMORAL sur le même thème, mais traitent quant à eux de la vulnérabilité directe des entités socio-économiques.

Nous verrons alors comment utiliser des méthodes analytiques afin d'évaluer la vulnérabilité d'un site particulier, celui de l'agglomération orléanaise.

II. LES DIFFERENTS TERMES CLES DE L'ETUDE

Afin de bien comprendre les différents aspects de ce genre d'étude, il semble nécessaire de définir clairement les différents termes qui peuvent être utilisés. Ces définitions sont donc le résultat d'une analyse de différentes définitions issues de notre bibliographie ainsi que d'une reformulation personnelle.

L'aléa

«Dans le domaine de la gestion des risques, les phénomènes naturels sont appelés des aléas⁴».

L'aléa d'inondation est décrit comme correspondant *«au phénomène physique, découlant d'événements hydrométéorologique»⁵*.

On appelle « aléas » des phénomènes naturels pouvant avoir une incidence négative sur notre environnement. Toutes les définitions insistent sur le fait que l'aléa est un évènement ayant pour origine un phénomène naturel.

⁴ Source : *La gestion du risque d'inondation* [Bruno LEDOUX, 2005].

⁵ Source : *Prévention des risques d'inondation par ralentissement dynamique : principe et recommandation* [POULARD C., CHASTAN B., ROYET P., DEGOUTTE G., GRELOT F., ERDLENBRUCH K., et NEDELEC Y., 2009]

Pour aller plus loin que les définitions, la caractérisation d'un aléa se réalise, dans la grande majorité des cas, à l'aide de quatre paramètres principaux⁶ :

- l'occurrence de la crue,
- la hauteur et la durée de submersion,
- la vitesse du courant,
- le volume de matière transporté.

Dans notre étude, nous ne travaillerons qu'avec l'extension spatiale de ces quatre paramètres.

Cette notion d'aléa est importante dans le domaine de l'aménagement du territoire, car au-delà d'un territoire, ce sont les habitants, les structures et les activités économiques qui sont soumises aux aléas d'inondation.

Les enjeux

«La notion d'enjeux correspond à l'ensemble des personnes (enjeux humains), des biens (l'habitat, les entreprises, les équipements, les réseaux) et des activités économiques qui se trouvent ou se déroulent en zone inondable»⁷.

Les enjeux sont des personnes, des biens et des activités économiques qui peuvent être perturbés et/ou impactés en cas d'aléa.

Dans ce contexte où les inondations touchent, que ce soit de manière directe ou indirecte, les habitants, les biens et les activités économiques, il semble essentiel de définir les enjeux susceptibles d'être affectés par le risque d'inondation. Et surtout, de cibler au mieux les enjeux pertinents afin de réduire au maximum leur vulnérabilité. Il existe de nombreuses études qui se sont déjà attachées à la définition des enjeux associés au risque d'inondation.⁸

Les risques

Le risque d'inondation est *«la combinaison de la probabilité d'une inondation et des conséquences négatives potentielles pour la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique associées à une inondation.»⁹*

La définition du risque, d'une manière très formelle, pourrait être présentée sous cette forme :

$$\text{Risque} = \text{Aléa} \times \text{Enjeu}.$$

Cette « formule », que l'on retrouve systématiquement dans les définitions du risque montre bien qu'il *«est donc la confrontation d'un aléa (phénomène naturel dangereux) et d'une zone géographique où existent des enjeux qui peuvent être humains, économiques ou environnementaux»¹⁰.*

⁶ Source : *Les inondations, dossier d'information* [Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, direction de la prévention des pollutions et des risques, 2004]

⁷ Source : *La gestion du risque d'inondation* [Bruno LEDOUX, 2005].

⁸ Source : *Ledoux (2006), Cemagref, BCEOM, Egis eau (2007)...*

⁹ Source : Directive 2007/60/CE

¹⁰ Source : http://www.uved.fr/fileadmin/user_upload/modules_introductifs/module3/risques/1.1/html/2_2-2_1.html consulté en mars 2013

Le risque se définit comme un croisement entre les enjeux situés sur un territoire et la vulnérabilité de ces enjeux.

La vulnérabilité

La vulnérabilité, si l'on considère la définition élaborée par la direction générale de la prévention des risques «*exprime et mesure le niveau de conséquences prévisibles de l'aléa sur les enjeux. Elle caractérise la plus ou moins grande résistance d'un enjeu à un événement donné*»¹¹.

Il existe d'autres définitions, qui tendent à dire que la vulnérabilité «*exprime le niveau d'effet prévisible d'un phénomène naturel sur les entités exposées.*»¹²

Si l'on synthétise les différentes définitions que nous avons pu rencontrer, il ressort que la notion de vulnérabilité d'un territoire recouvre diverses acceptations, qui ont en commun de faire apparaître une notion d'attaque par un élément extérieur et une notion de fragilité ou de résistance. Il est donc question de la sensibilité d'un territoire face à un aléa. Cette sensibilité se décline en termes de dommages aux personnes et aux biens et de perturbation de l'activité socio-économique.

L'aide à la décision

«*L'activité de celui qui, prenant appui sur des modèles clairement explicités mais non nécessairement complètement formalisés, aide à obtenir des éléments de réponse aux questions que se pose un intervenant dans un processus de décision, éléments concourant à éclairer la décision et normalement à prescrire, ou simplement à favoriser, un comportement de nature à accroître la cohérence entre l'évolution du processus d'une part, les objectifs et le système de valeurs au service desquels cet intervenant se trouve placé d'autre part*»¹³.

L'aide à la décision est un processus ayant pour objectif de justifier le choix d'une solution dans le cadre d'un problème donné.

¹¹ Source : *Le PPR : un outil pour une stratégie globale de prévention*. [Direction générale de la prévention des risques, Service des risques naturels et hydrauliques].

¹² Source : *La connaissance de la vulnérabilité indirecte du réseau de transport routier pour une meilleure gestion du risque d'inondation* [Diane-Claire AUROY, Rebecca-Valéry DORCEUS, Anne Claire SEBROU, 2010]

¹³ Source : *Méthodologie multicritère d'aide à la décision* [Bernard ROY, 1985]

III. LA DELIMITATION DU BASSIN D'ETUDE

Le projet CEMORAL, dans lequel notre recherche s'inscrit, est lui-même déjà limité à l'étude du bassin de la Loire.

A. LE BASSIN DE LA LOIRE

Le bassin versant de la Loire peut être décrit de manière synthétique par différentes données :

- Sa superficie est de 117 500 km², ce qui fait de lui le plus grand bassin versant de France.
- Il recouvre 10 régions et 32 départements et il recense 11.5 millions d'habitants

La Loire, quant à elle, est le plus grand fleuve de France avec une distance de 1012 kilomètres.

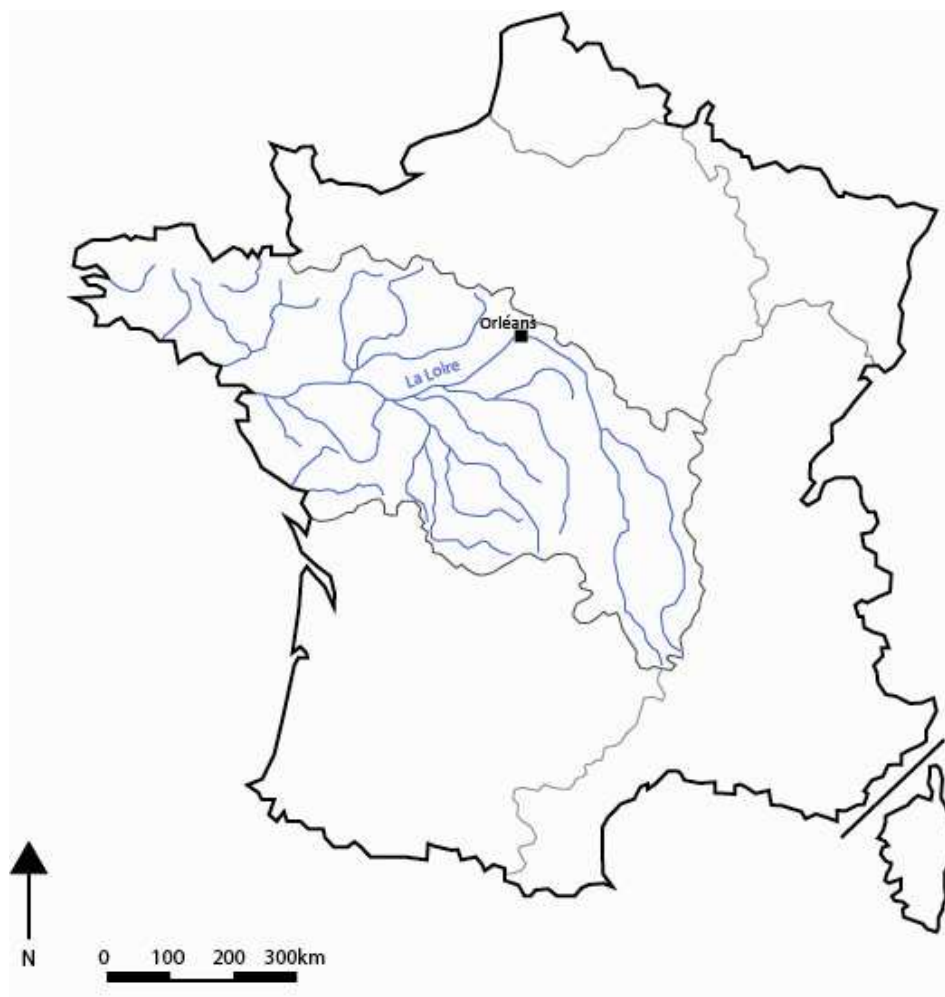


IMAGE 1 : LE BASSIN VERSANT LOIRE-BRETAGNE
SOURCE : [HTTP://WWW.PENICHE.COM/INONDATIONS/1CP_BASSINS.HTM](http://www.peniche.com/inondations/1CP_BASSINS.HTM)
REALISATION : FIET ROMAIN / VALLAT ETIENNE

B. L'AGGLOMERATION D'ORLEANS

Le choix du bassin d'Orléans comme site d'étude s'est fait selon différents critères :

- Le site en lui-même est complexe : la ville se situe entre la Loire et le Loiret. La Loire crée une véritable séparation entre le Nord et le Sud, amorçant au sein de la ville un développement "bicéphale".
- Les caractéristiques et les perspectives en termes d'études sont alors intéressantes puisque le territoire se situe dans un goulet d'étranglement.
- L'agglomération prend en compte les enjeux et la vulnérabilité de son territoire à travers différentes études (renouvellement actuel de son PPRI par exemple).

1. Chiffres clés

La communauté d'agglomération Orléans Val de Loire (l'Agglo), composée de 22 communes, est caractérisée par les éléments suivants :

	Orléans	Agglo
Superficie (km²)	27,5	334,3
Population (habitant)	113 224	272 172
Densité (habitant/km²)	4 120	814
Population active	49 206	132 811
Nombre d'emploi	70 086	146 796

TABLEAU 1 : DESCRIPTIF DE L'AGGLOMERATION ORLEANAISE
SOURCE : RECENSEMENT INSEE 2009

2. Le risque d'inondation sur l'agglomération orléanaise

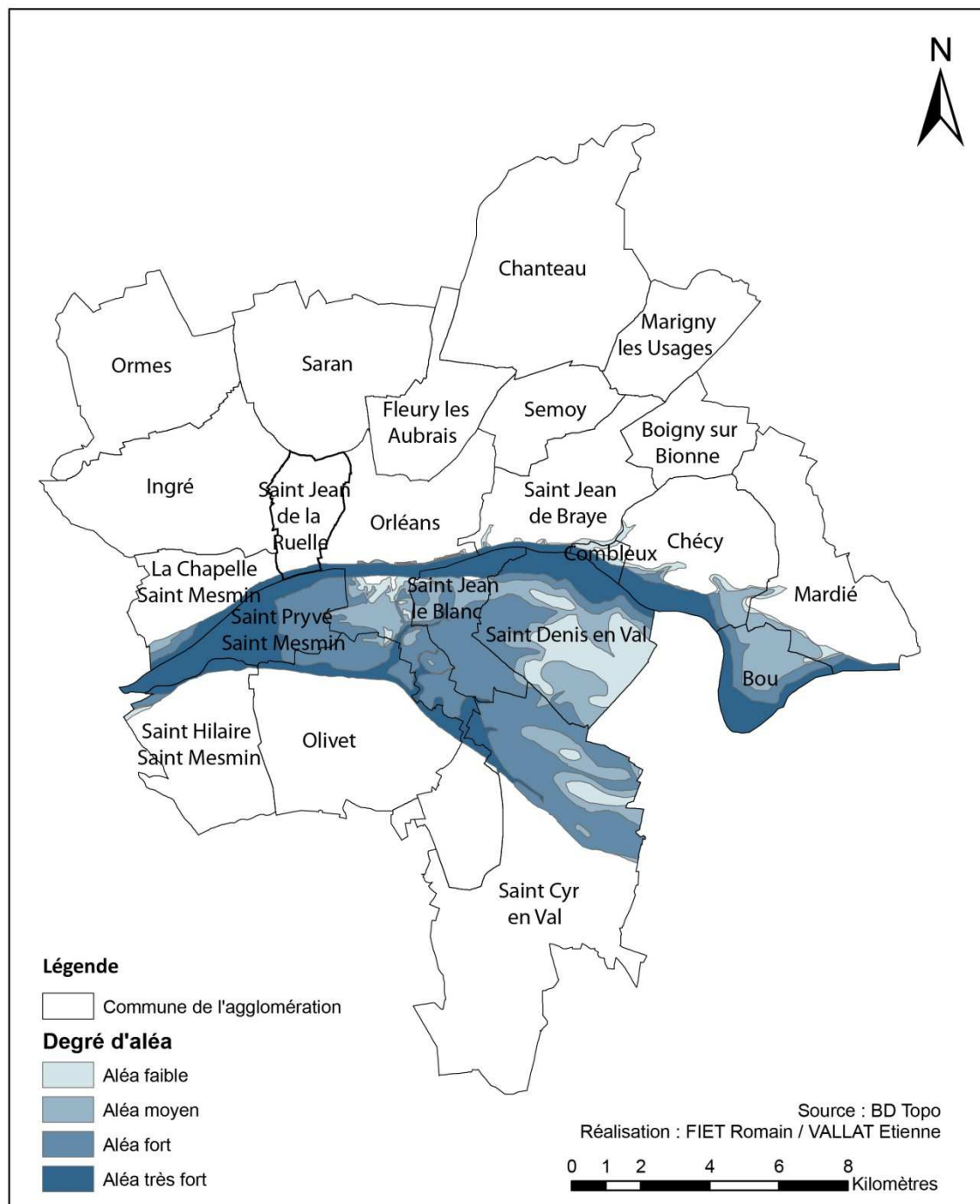


IMAGE 2 : CARTOGRAPHIE DES ALEAS SUR L'AGGLOMERATION ORLEANAISE

Cette carte, avec la représentation de l'aléa en fonction de son intensité, permet de constater que l'agglomération d'Orléans est majoritairement soumise à des aléas moyens, forts ou très forts. Le territoire d'Orléans est donc soumis à un risque assez important et l'importance de réduire la vulnérabilité du territoire apparaît donc cruciale.

En reprenant cette carte de l'agglomération d'Orléans, mais en y rajoutant le réseau routier, il apparaît que la présence de la Loire (et des aléas) vient séparer la communauté d'agglomération en deux parties Nord et Sud. Une grande partie du réseau routier se retrouve dans une zone d'aléa, se qui peut se traduire par des perturbations de la circulation en cas d'inondation.

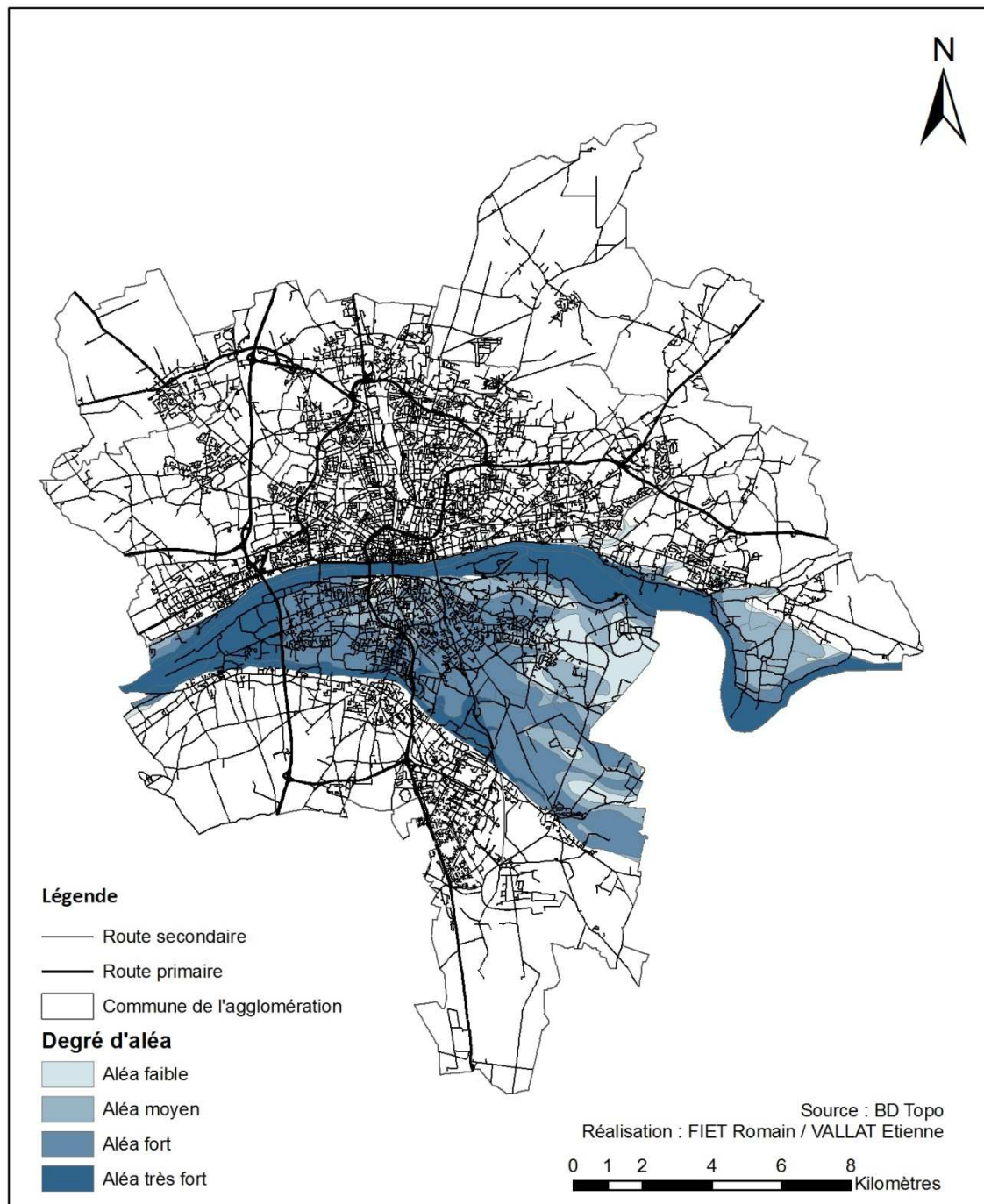


IMAGE 3 : CARTOGRAPHIE DES ALEAS CROISES AVEC LE RESEAU ROUTIER ORLEANAIS

PARTIE I : ETAT DE L'ART DE LA VULNERABILITE D'UN TERRITOIRE ET DE L'ANALYSE DECISIONNELLE

I. LA VULNERABILITE D'UN TERRITOIRE

De nombreuses études ont été réalisées dans le cadre de l'analyse de la vulnérabilité d'un territoire. Aussi bien en France qu'à l'étranger, le problème des risques naturels ou technologiques a été étudié récemment.

Pour les différents textes étudiés¹⁴, des fiches de lectures ont été réalisées pour résumer et analyser les textes. Nous verrons dans ce chapitre les éléments importants repris par les différents auteurs classés par thème.

A. LE TERRITOIRE D'ETUDE

Les territoires d'études peuvent être variés, principalement de par leurs échelles. Si certaines études sont axées sur la vulnérabilité au sein d'une agglomération, avec l'exemple de l'analyse de la vulnérabilité de l'agglomération lyonnaise de Samuel RUFAT, d'autres étudient un territoire bien plus grand, comme l'étude Méthodoloire sur l'ensemble du bassin de la Loire.

Mais l'échelle d'étude représente un réel problème, comme l'explique Magali REGHEZZA-ZITT dans le texte La résilience urbaine comme nouvelle stratégie de gestion du risque. La métropole francilienne face à la grande crue. En effet, les interactions entre une agglomération et le territoire qui l'entoure ne peuvent être négligées. Il est important de noter que dans son étude, c'est l'agglomération parisienne qui est analysée. Le rayonnement de cette agglomération est tel que se limiter à l'impact d'une inondation sur son territoire serait comme oublier, voire ne pas s'intéresser aux impacts qui pourraient avoir lieu à l'extérieur du périmètre d'étude, alors que ces derniers ne seraient pas négligeables. L'auteur parle alors du concept de résilience urbaine, permettant ainsi de dégager une nouvelle méthode d'analyse de la vulnérabilité et reprenant l'idée de la capacité d'un territoire à se remettre d'une crise pour limiter l'impact de cette dernière.

B. LES CRITERES D'ANALYSE DE LA VULNERABILITE

Afin de déterminer la vulnérabilité d'un territoire, il est nécessaire de dégager des critères pertinents pour mener l'étude. Dans la plupart des études, des critères simples, voire conventionnels, sont utilisés, principalement pour des raisons pratiques.

En effet, dans bien des cas, la vulnérabilité ou bien le risque ne se chiffre qu'à la suite d'une étude financière des impacts d'un risque naturel sur le territoire. Pour Samuel RUFAT, se limiter à ce type d'étude n'est pas suffisant pour bien juger de la vulnérabilité d'un territoire. Selon lui, la

¹⁴ Voir bibliographie, chapitre *état de l'art*.

vulnérabilité «sociétale» doit aussi être prise en compte : la répartition de la population, la réaction en cas de crise et la capacité sociale de gestion de crise sont des éléments qui sont aussi importants.

Cette notion est aussi reprise dans le London Strategic Flood Framework que le London Resilience Partnership a rédigé en 2012. Cette fois-ci, l'importance du public présent sur le territoire d'étude oblige les autorités londoniennes à focaliser une partie de son effort sur la prévention des risques et l'augmentation de la capacité de réaction des habitants pour réduire au maximum les dégâts causés par une inondation.

Parmi les différents critères qui sont aussi mentionnés dans différents documents, celui de l'accessibilité apparaît souvent comme un critère trop peu employé. Samuel RUFAT va plus loin : *«par contre, les axes de transport, qui devraient être considérés pour leur rôle dans l'acheminement des secours et dans l'évacuation de la population n'ont pas été pris en compte par manque de données et par manque de compatibilité avec les autres données recueillies à l'échelle des îlots»*¹⁵. Dans l'étude Méthodoloire, le constat est assez proche: si l'accessibilité de chaque commune est calculée, le croisement entre le réseau routier et les aléas est aussi réalisé en partant du principe que les axes routiers croisant des aléas forts et très forts deviennent inutilisables. Mais seule l'accessibilité de la ville est prise en compte, pour plus de précision et de justesse, une étude avec les îlots et les différents bâtiments stratégiques permettraient de rendre l'étude plus précise et plus représentative de l'accessibilité sur le territoire.

C. LES TECHNIQUES DE CALCUL DE LA VULNERABILITE

C'est souvent en utilisant des méthodes d'analyse multicritères que la vulnérabilité d'un territoire tend à être définie. Mais d'un point de vue pratique, ces analyses restent trop souvent peu objectives. La pondération des critères utilisés pose un réel problème. Avec des demandeurs d'ordres souvent issus de la classe politique, il semble difficile pour les scientifiques de proposer une analyse objective de la vulnérabilité d'un territoire. La politique, suite à des actions ou des préférences en termes d'urbanisme, oblige les scientifiques à orienter leurs efforts, ce qui, malheureusement, ne représente qu'une partie de la réalité des faits.

II. L'AIDE A LA DECISION

Notre travail s'insérant dans la tâche 2 du projet CEMORAL, il nous était demandé au début une : «analyse systémique et multicritère de la vulnérabilité». Un travail sur l'aide à la décision et sur les analyses multicritères a donc été effectué.

On peut définir l'aide à la décision comme étant une approche scientifique des problèmes de décision qui se posent dans tout contexte socio-économique, ceci afin de choisir parmi plusieurs propositions, en fonction de critères établis.

Les techniques d'aide à la décision n'ont cependant pas pour finalité d'indiquer clairement la meilleure solution, mais d'aider un décideur à opter pour la meilleure solution, via par exemple des méthodes de sur-classement, en fonction des indicateurs choisis.

¹⁵ Source: L'estimation de la vulnérabilité urbaine, un outil pour la gestion du risque. Approche à partir du cas de l'agglomération lyonnaise [Samuel RUFAT, 2007]

Différentes méthodes d'aide à la décision existent, les principales sont :

- l'analyse SWOT,
- l'analyse pondérée,
- les méthodes multicritères.

Le sujet initial nous demandait d'estimer la vulnérabilité d'un territoire via une analyse multicritère, nous expliquons donc ci-dessous les caractéristiques de cette méthode, et pour quelles raisons nous avons décidé de ne pas faire d'analyse multicritère mais d'utiliser un autre modèle mathématique.

Le principe général des méthodes d'analyses multicritères est de fournir des outils qui permettent de progresser dans la résolution d'un problème de décision où plusieurs objectifs, souvent contradictoires, doivent être pris en compte.

Il existe trois grandes familles au sein de ces méthodes, qui ont une approche différente de l'utilisation des données pour l'aide à la décision des donneurs d'ordre et des scientifiques. Toutes ces méthodes sont répertoriées dans le tableau suivant.

Avec trois différentes familles ou courant de pensée, il est alors nécessaire de comprendre précisément les avantages et inconvénients de ces méthodes.

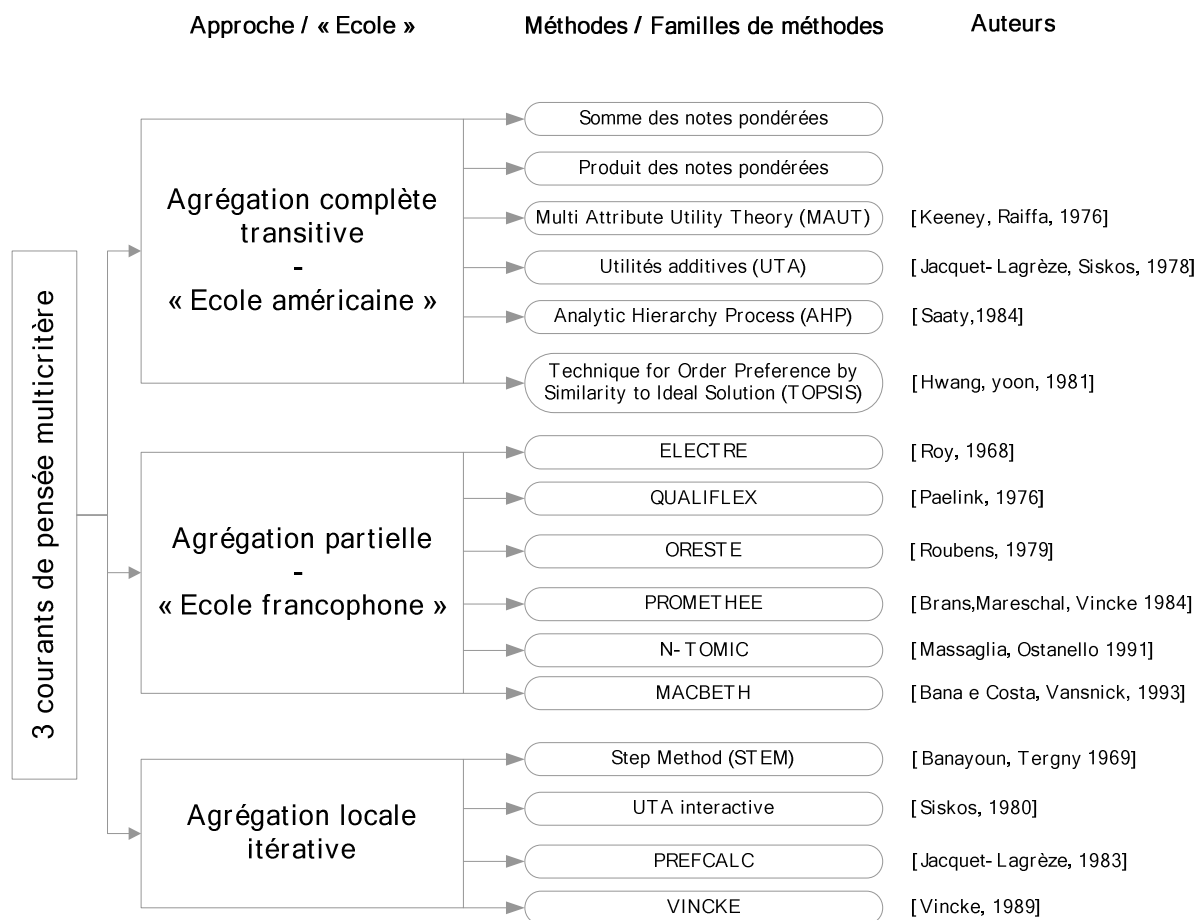


TABLEAU 2 : TABLE DES DIFFERENTES FAMILLES D'ANALYSE MULTICRITERE.
SOURCES : APPROCHES OPERATIONNELLES ET METHODES [MAYSTRE ET AL., 1994].

La première approche est celle du cocktail de jugements qui consiste à optimiser une fonction d'utilité¹⁶ attachée à chaque action potentielle. Ce courant de pensée issu de « l'école américaine » conduit à calculer pour chaque action, la valeur de cette fonction d'utilité. L'action pour laquelle cette valeur est optimisée est considérée comme la meilleure. Cette attitude suppose néanmoins la commensurabilité des jugements récoltés à travers les divers critères. Ainsi, elle aboutit à l'agrégation complète des critères en un critère unique (monocritère). Cette approche est appelée agrégation complète transitive, car elle suppose également que les jugements soient transitifs¹⁷. L'inconvénient de cette attitude réside dans le peu de signification

¹⁶ L'utilité est le niveau de satisfaction qu'un bien (panier de consommation) ou qu'un service procure [Dictionnaire **ROBERT, 2001**]. Mathématiquement, une fonction d'utilité est obtenue en associant à chaque panier de consommation x , un nombre réel $u(x)$ de manière à respecter la cohérence suivante : le panier de consommation y est préféré au panier z , si et seulement si : $u(y) > u(z)$. Si le consommateur n'a pas de préférence vis à vis des paniers y et z , alors l'utilité associée aux deux paniers est égale : $u(y) = u(z)$.

¹⁷ Se dit d'une opération ou d'une relation qui, lorsqu'elle lie un premier terme à un second, et ce dernier à un troisième, lie de la même façon le premier terme au troisième [Dictionnaire **ROBERT, 2001**]. Par exemple, $A > B > C$ implique $A > C$ est une relation transitive. Réciproquement, A préféré à B , préféré à C n'implique pas forcément A préféré à C . C'est donc est une relation intransitive.

du résultat final à cause d'une perte d'information trop importante lors du passage du multicritère en monocritère.

La seconde approche issue de « l'école francophone », appelée agrégation partielle, consiste à comparer des couples d'actions pour l'établissement de relations de sur classement. Cette comparaison s'effectue en considérant, critère par critère, les avantages et les inconvénients d'une action vis-à-vis d'une autre [JOERIN, 1997]. Dans ce cas de figure, l'incommensurabilité et l'intransitivité des critères sont respectés. Cette approche a pour principal inconvénient le manque de clarté des résultats obtenus [SCHÄRLIG, 1985 et 1996].

Enfin, l'approche intermédiaire, appelée agrégation locale itérative, consiste en un compromis entre les précédentes. Elle est généralement utilisée quand l'ensemble des actions potentielles A est très grand. Il s'agit à partir d'une solution connue de rechercher autour de celle-ci, une meilleure solution et de réitérer cette recherche. L'application d'une telle méthode demande d'une part une grande disponibilité du décideur et d'autre part une totale confiance dans les experts, car ces méthodes sont très souvent inaccessibles à des non-spécialistes [JOERIN, 1997]. De ce fait, ces méthodes ne seront pas abordées dans le cadre de CEMORAL qui doit proposer des outils accessibles par les gestionnaires.

III. RESULTAT D'ANALYSE ET ORIENTATION DE LA RECHERCHE

A. LE RESULTAT DE L'ANALYSE

Différents points ressortent des lectures effectuées :

- Les indicateurs utilisés sont des indicateurs standards, à la fois facile à récupérer et à traiter ou croiser avec d'autres données géographiques.
- Du point de vue de la mobilité, du transport ou de l'accessibilité du territoire, les éléments d'analyse (indicateurs et/ou études d'impact) sont soit manquants dans l'étude, soit non traités suite à des manques de clarté ou à des difficultés de croisement entre les données existantes.
- Dans le cas des grandes agglomérations, les zones d'études s'avèrent parfois bien trop grandes aux vues des territoires qui pourraient être indirectement affectés par l'inondation. De ce fait, au-delà de l'analyse de la vulnérabilité, l'objectif est tourné vers la sensibilisation des acteurs et des populations afin de réduire au maximum l'impact de l'inondation. Grâce à la sensibilisation, la vulnérabilité s'en trouve réduite.
- L'analyse multicritère se retrouve bien souvent critiquée, soit parce que celle-ci se retrouve dans la limite d'objectivité (choix des critères et de leur pondération), soit parce qu'elle est trop complexe à mettre en œuvre vu la multitude de critères à prendre en compte.

B. L'ORIENTATION DE RECHERCHE

Suite à ces remarques, l'accent sera donc porté vers une méthode d'analyse différente. Le but est principalement de réduire la complexité de la démarche d'analyse de la vulnérabilité.

Alors que les critères portés sur le logement, la population et l'emploi sont souvent utilisés, notre travail portera essentiellement sur l'analyse du territoire en termes de mobilité et d'accessibilité.

Afin de s'insérer de manière cohérente dans la tâche 2 du projet CEMORAL, l'analyse de la vulnérabilité pourrait se faire en utilisant des modèles de types gravitationnels ou modèle de HUFF, permettant à la fois d'éviter le manque d'objectivité des analyses multicritères et restants le plus fidèle possible à la réalité du terrain.

Une nouvelle orientation de la recherche est alors choisie : **l'analyse de la vulnérabilité en termes de mobilité.**

C. LA PROBLEMATIQUE

En orientant notre recherche sur le problème de la mobilité et des déplacements au sein d'un territoire inondé, la problématique serait alors :

Comment juger de la vulnérabilité d'un territoire en étudiant les variations de mobilité ? Quel modèle peut être utilisé pour calculer les variations de mobilité ?

PARTIE II : DESCRIPTION ET EVALUATION DE L'ACCESSIBILITE D'UN TERRITOIRE

I. LA DESCRIPTION DE L'ACCESSIBILITE ET DE SA MESURE

« En Géographie, l'accessibilité d'un lieu est généralement définie comme la plus ou moins grande facilité avec laquelle ce lieu peut être atteint à partir d'un ou de plusieurs autres lieux, par un ou plusieurs individus susceptibles de se déplacer à l'aide de tout ou partie des moyens de transport existants. Ainsi, l'accessibilité ne renvoie pas uniquement à la seule possibilité d'atteindre ou non un lieu donné, mais elle traduit également la pénibilité du déplacement, la difficulté de la mise en relation appréhendée le plus souvent par la mesure des contraintes spatio-temporelles¹⁸ ».

L'accessibilité est un paramètre qui se caractérise par différentes notions géographiques et techniques comme :

- la structure du réseau de transport,
- la typologie des infrastructures de transport,
- les contraintes topologiques de ce réseau, plus particulièrement les pentes,
- les contraintes réglementaires, les limitations de vitesse influençant fortement la vitesse de déplacement des véhicules,
- les caractéristiques "techniques" des véhicules, qui ne leur permettent pas de se déplacer dans des hauteurs d'eau supérieures à 30 cm¹⁹.

L'accessibilité, dans le cadre de notre recherche, est un outil qui participerait à l'évaluation de la vulnérabilité. L'hypothèse étant, plus un territoire dispose d'une accessibilité faible, plus il est vulnérable. Dans le cadre de l'inondation, c'est bien la notion de pénibilité et de difficulté du déplacement qui influence l'évolution de l'accessibilité d'une ville, avec par exemple la prise en compte des itinéraires de déviation suite à l'inondation d'une route.

La mesure de l'accessibilité nécessite d'être encadrée. Cette notion prend en compte de nombreux critères ayant chacun des rôles importants. L'accessibilité se mesure selon des opportunités et des composants, tous mis en relation à travers l'image 4 située à la page suivante.

L'influence des différents éléments entre eux peut rendre le calcul à la fois précis et complexe si l'on essaye de tenir compte de toutes ces caractéristiques. C'est donc pour cela que le choix des critères dans le calcul de l'accessibilité est primordial.

Pour notre étude, l'idée initiale n'a pour but que de comparer deux situations et pour cela, la complexification du modèle de calcul ne semble pas apporter une plus-value significative. Au contraire, dans le cadre de notre étude, seule la variation de l'accessibilité des infrastructures de transport joue un rôle clef dans la justification de la différence entre deux situations.

¹⁸ Source : <http://www.hypergeo.eu/spip.php?article30> consulté en avril 2013

¹⁹ Source : La connaissance de la vulnérabilité indirecte du réseau de transport routier pour une meilleure gestion du risque d'inondation [Diane-Claire AUROY, Rebecca-Valéry DORCEUS, Anne Claire SEBIROU, 2010]

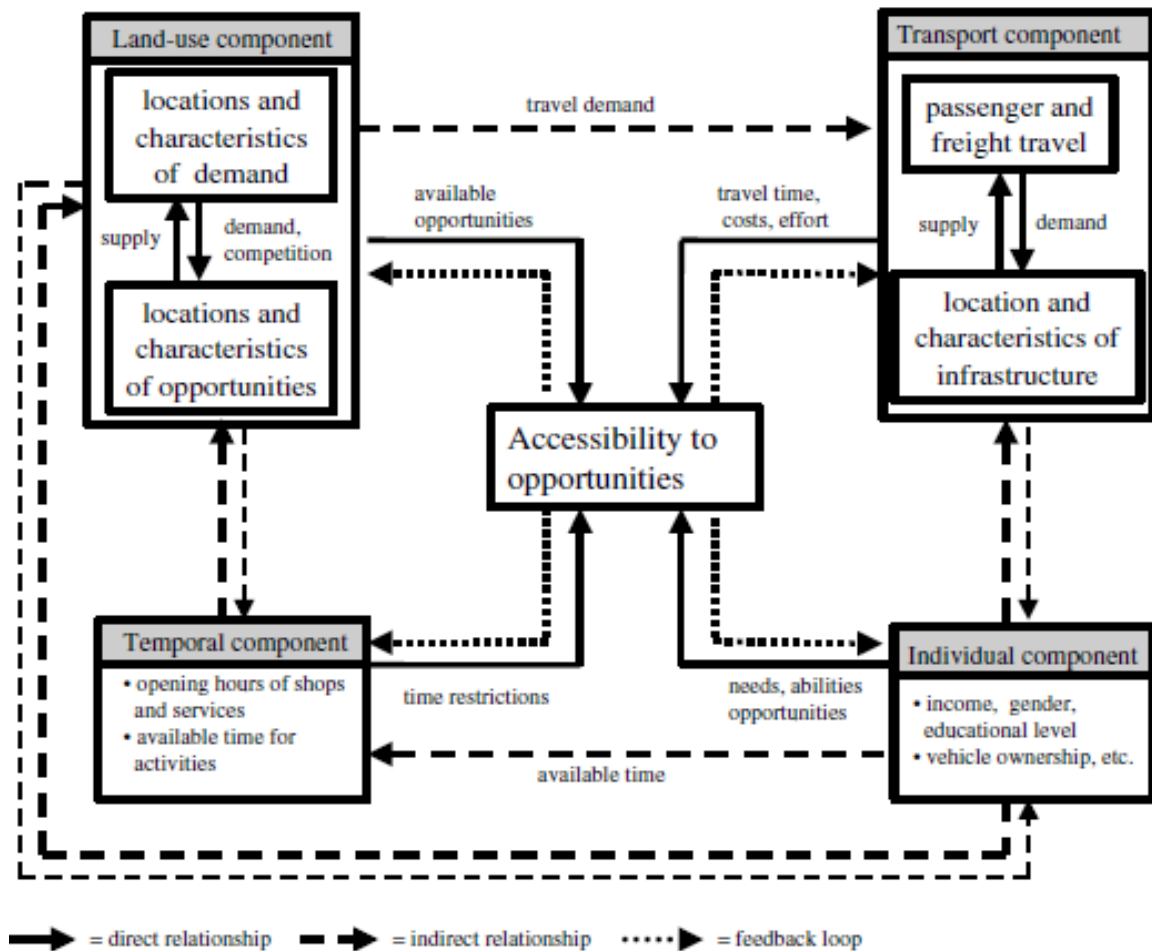


IMAGE 4 : RELATION ENTRE LES OBJETS DEFINISSANT L'ACCESSIBILITE
SOURCE : JOURNAL OF TRANSPORT GEOGRAPHY 12 [K.T. GEURS, B. VAN WEE, 2004]

II. LE CHOIX DES DEPLACEMENTS DOMICILE-TRAVAIL

Notre choix se porte donc sur l'étude du potentiel attractif d'un territoire. Les déplacements domicile-travail peuvent constituer une base de réflexion et d'analyse qui peut alors être rapportée à d'autres types de déplacement, à vocation scolaire ou bien commerciale.

Les déplacements domicile-travail représentent une partie importante des déplacements totaux répertoriés sur un territoire. Nous verrons alors que les données permettant de juger du potentiel attractif d'un territoire en termes d'emploi existent et ne nécessitent à priori pas de recherche complexe.

III. L'OBTENTION ET L'INTERPRETATION DES RESULTATS

Pour mesurer l'impact de l'inondation sur l'accessibilité en fonction de l'importance de l'aléa, nous allons utiliser le modèle gravitaire. Ce modèle est basé sur la loi d'interaction gravitationnelle élaborée par Newton à la fin du XVII^e siècle, loi relative à l'attraction de deux corps en raison directe de leur masse et en raison inverse de la distance qui les sépare. Dans notre projet, nous nous sommes focalisés sur les flux domicile-travail. En effet, ce sont les flux les plus courants à l'échelle d'une agglomération et la variation de ces flux en fonction de l'importance de l'aléa d'inondation est un bon indicateur pour estimer le gradient de l'accessibilité par rapport à l'inondation.

A. LA METHODE ENVISAGEABLE ET LES CRITERES CHOISIS POUR LE CALCUL DES FLUX

L'objectif de notre étude porte donc sur le calcul de l'accessibilité en utilisant un modèle gravitaire. Notre recherche est centrée sur les déplacements domicile-travail dont les informations sont répertoriées par l'INSEE.

Pour calculer cette variation de flux domicile-travail, nous avons décidé d'utiliser le modèle gravitaire, destiné «à formaliser, à étudier et à prévoir la géographie des flux ou des interactions»²⁰. Par analogie, ce ne sont plus des masses au sens physique du terme, mais des masses de populations, et le résultat non plus une force, mais un flux résultant de l'attractivité des deux masses de population considérant leur distance.

Loi d'interaction gravitationnelle	Modèle gravitaire
$A_{ij} = G * \frac{M_i * M_j}{D_{ij}^2}$ <p>A_{ij} : force d'attraction entre i et j G : constante gravitaire universelle M_i, M_j : masse des planètes D_{ij} : distance entre les planètes</p>	$F_{ij} = k * \frac{P_i * T_j}{D_{ij}^\alpha}$ <p>F_{ij} : flux entre i et j k : constante de calibration P_i : Population active de la commune i T_j : nombre d'emplois de la commune j D_{ij} : distance entre les communes</p>

TABLEAU 3 : ANALOGIE ENTRE LOI DE NEWTON ET MODELE GRAVITAIRE

²⁰ <http://www.hypergeo.eu/> consulté en avril 2013

Notre choix s'est donc orienté vers ces différents indicateurs :

- P_i , poids de la commune de départ est égale à la population active résidant dans la commune de départ.

Ce choix est le résultat de deux remarques : la population totale englobe la population des 0-15 ans, qui se déplace non pas pour des raisons professionnelles mais scolaires et les valeurs de IPONDI sont calculées à partir du recensement effectué sur les personnes actives de 15 à 64 ans.

- T_j , poids de la commune d'arrivée est égale à la totalité des emplois occupés dans la commune.

L'utilisation de cette donnée se justifie par le choix de l'analyse des déplacements domicile-travail, puisqu'elle représente au mieux le potentiel attractif de la commune d'arrivée.

Pour obtenir les valeurs de P_i et T_j , les fiches INSEE de chaque commune regroupent toutes ces informations et la récupération de ces dernières est gratuite.

Pour avoir une base de travail pour travailler sur les flux, ces données ont été obtenues à partir de manipulations sur la base de données FD_MOBPRO 2009 de l'INSEE. Dans cette base de données, « *chaque enregistrement du fichier correspond à un individu décrit selon les caractéristiques de ses déplacements pour aller travailler (déplacements domicile-travail)* »²¹. Une ligne correspond donc à un individu, nous avons gardé comme informations la commune de départ, la commune d'arrivée ainsi que la variable IPONDI, qui correspond au poids de l'individu. Cette base de données contient 8 428 456 lignes. Nous avons donc retravaillé cette base de données grâce au logiciel Access afin de n'avoir plus que les flux entre les différentes communes de l'agglomération. La dernière étape a consisté à sommer toutes les lignes ayant les mêmes communes d'arrivée et de départ. La valeur des flux correspond à la somme des IPONDI des individus ayant la même origine et la même destination.

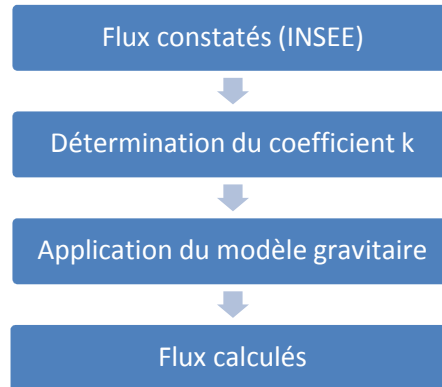
L'INSEE fournit cependant quelques conseils et informations à propos de la valeur IPONDI dans un document publié sur son site²². L'information importante que nous avons retenue est la suivante : « *Les effectifs supérieurs à 500 peuvent normalement être utilisés en toute confiance. Les effectifs inférieurs à 200 doivent être maniés avec précaution car, en raison de l'imprécision liée au sondage, ils peuvent ne pas être significatifs* ».

²¹ Source : Fichier détail: documentation MOBPRO [INSEE, 2009]

²² Document : http://www.insee.fr/fr/publics/communication/recensement/particuliers/doc/doc_fichiers_detail_2006.pdf consulté en avril 2013

B. LE CHOIX DE LA METHODE DE CALCUL

Le travail consiste alors à trouver une méthode de calcul capable de représenter au mieux le territoire et les flux à l'intérieur de ce territoire. Pour cela, une fois les données récupérées et la base de données construite, nous avons donc commencé notre recherche en utilisant la méthode suivante :



1. Première méthode : détermination de k par tâtonnements

En utilisant la formule $F_{ij} = k * \frac{P_i * T_j}{D_{ij}^\alpha}$, nous avons plusieurs solutions pour trouver la valeur de k. La première, et plus intuitive, consiste à isoler k et à calculer sa valeur en essayant différentes valeurs du coefficient α :

$$k = \frac{F_{ij}}{P_i * T_j * D_{ij}^{-\alpha}}$$

Dans le modèle gravitaire, le coefficient k ne dépend pas de i et de j. Sa valeur est alors unique bien que nous ayons à travailler sur des matrices 22*22. Le calcul de k devient donc :

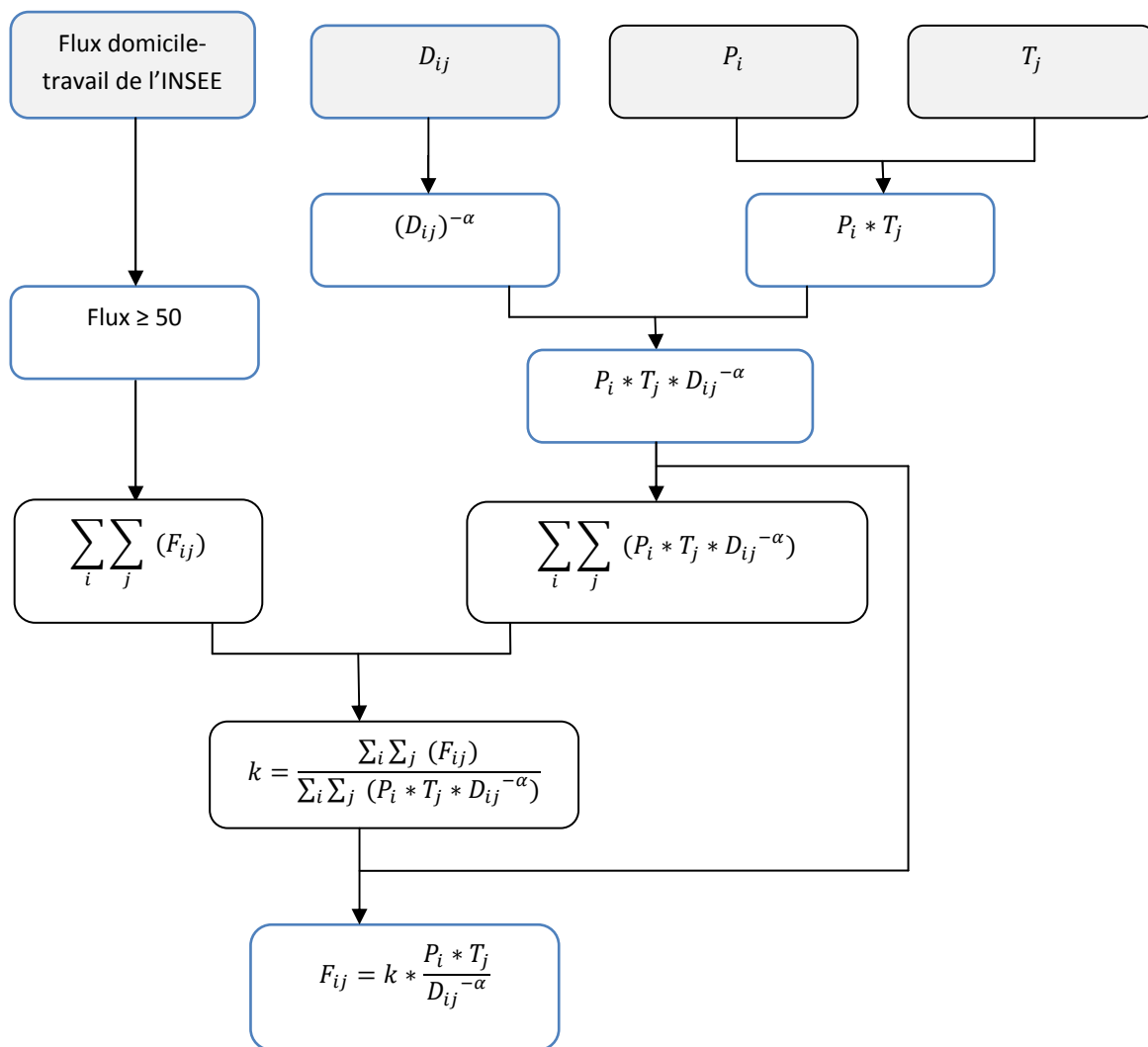
$$k = \frac{\sum_i \sum_j (F_{ij})}{\sum_i \sum_j (P_i * T_j * D_{ij}^{-\alpha})}$$

Par analogie avec la loi d'interaction gravitationnelle de Newton, nous avons fixé comme coefficient initial $\alpha = 2$.

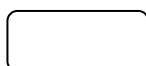
Nous avons initialement travaillé avec toutes les valeurs de IPONDI, mais vu le manque de précisions de ces valeurs lorsqu'elles sont inférieures à 100, nous n'avons gardé que celles supérieures à 50 pour travailler. Cette manipulation nous a permis de supprimer certaines valeurs qui pouvaient être considérées comme imprécises. Malgré cela, les résultats n'étaient pas concluants, car les résidus entre les flux calculés et la valeur de IPONDI étaient très élevés.

Nous avons ensuite réappliqué la méthode, mais cette fois-ci avec $\alpha=1,5$ afin de voir l'évolution des résultats. Nous constatons qu'avec la réduction de α , les résidus diminuent. Nous avons décidé de vous présenter les résultats obtenus avec $\alpha=1,5$.

La méthode, détaillée ci-après, donne des résultats satisfaisants. Néanmoins, elle n'est pas totalement rigoureuse : la valeur du coefficient α étant un choix et non un résultat obtenu mathématiquement, elle est donc considérée comme une valeur arbitraire.



Légende :



Résultat non matriciel



Données de départ



Résultat sous forme de matrice 22*22

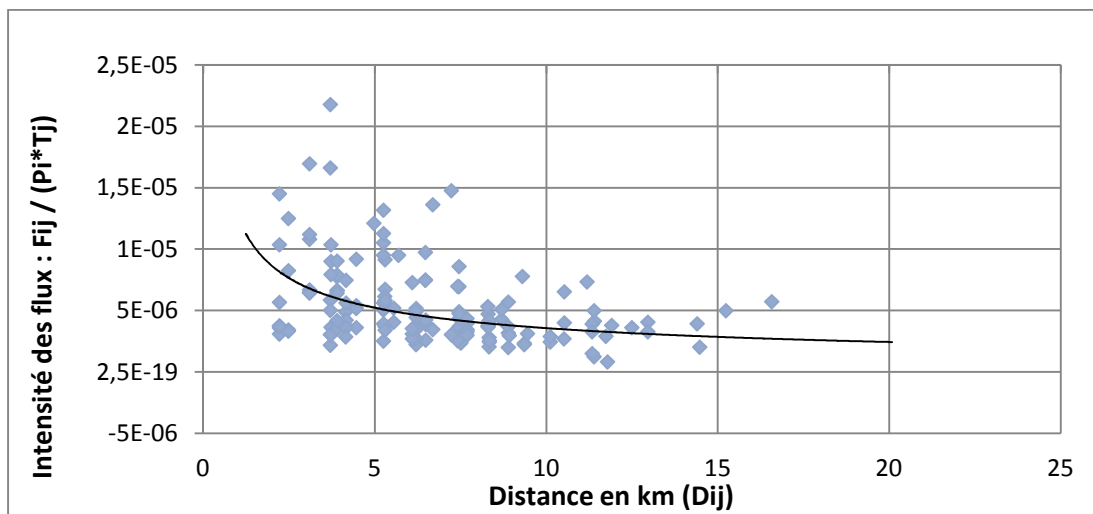
Flux INSEE Flux calculés (α=1,5)	Boigny-sur-Bionne	Bou	Chanteau	La Chapelle-Saint-Mesmin	Chécy	Combleux	Fleury-les-Aubrais	Ingré	Mardié	Marigny-les-Usages	Olivet	Orléans	Ormes	Saint-Cyr-en-Val	Saint-Denis-en-Val	Saint-Hilaire-Saint-Mesmin	Saint-Jean-de-Braye	Saint-Jean-de-la-Ruelle	Saint-Jean-le-Blanc	Saint-Pryvé-Saint-Mesmin	Saran	Semoy
Boigny-sur-Bionne	0 0,0	0 0,1	0 1,0	0 2,0	60 12,7	0 0,2	80 18,6	0 2,3	0 0,9	0 2,0	0 7,5	264 88,8	0 2,5	0 2,5	0 2,1	0 0,2	120 29,1	0 7,3	0 2,6	0 1,2	0 10,9	0 5,3
Bou	0 1,2	0 0,0	0 0,1	0 0,8	0 4,2	0 0,0	0 3,8	0 0,7	0 2,4	0 0,1	0 3,3	112 23,1	0 0,8	0 2,2	0 0,9	0 0,1	68 7,8	0 2,1	0 0,8	0 0,4	0 2,5	0 0,7
Chanteau	0 3,4	0 0,0	0 0,0	0 1,6	0 2,6	0 0,1	75 21,6	0 2,1	0 0,3	0 0,4	0 4,7	213 79,3	0 2,4	0 1,2	0 1,0	0 0,1	51 11,9	0 6,7	0 1,8	0 0,9	71 14,6	0 5,2
La Chapelle-Saint-Mesmin	0 4,9	0 0,2	0 1,1	0 0,0	0 8,1	0 0,2	148 72,1	148 79,8	0 1,0	0 0,4	152 108,2	1214 696,6	167 50,2	58 12,0	0 7,7	0 18,6	140 49,9	354 134,3	0 17,0	0 60,6	260 67,1	0 8,1
Chécy	121 33,6	0 1,3	0 2,1	0 9,0	0 0,0	0 1,8	179 62,7	81 9,0	0 10,2	0 1,6	0 39,4	1615 352,3	114 9,7	0 16,7	0 14,0	0 0,8	438 193,5	109 28,8	0 12,0	0 5,4	211 36,2	0 15,0
Combleux	0 1,2	0 0,0	0 0,1	0 0,6	0 4,4	0 0,0	0 4,6	0 0,6	0 0,2	0 0,1	0 2,8	57 26,8	0 0,6	0 0,9	0 1,5	0 0,0	0 47,9	0 2,0	0 1,0	0 0,4	0 2,3	0 1,2
Fleury-les-Aubrais	67 29,5	0 0,7	50 10,4	71 47,8	105 37,5	0 1,1	0 0,0	160 62,7	0 3,6	0 2,4	205 139,2	2674 7018,2	253 63,9	88 24,9	0 28,5	0 3,4	414 288,8	351 324,3	56 85,2	0 29,8	678 637,7	145 147,6
Ingré	0 4,1	0 0,2	0 1,1	108 59,4	0 6,0	0 0,2	184 70,5	0 0,0	0 0,7	0 0,3	88 47,5	984 601,7	288 196,5	0 7,2	0 5,0	0 3,0	164 36,4	300 152,5	0 11,4	0 17,1	208 90,1	0 7,2
Mardié	0 15,9	0 4,8	0 1,3	0 7,1	118 65,9	0 0,6	57 39,1	0 7,1	0 0,0	0 0,9	0 30,0	231 230,6	0 7,6	0 16,6	0 8,4	0 0,6	109 84,1	0 20,6	0 7,6	0 4,1	85 25,2	0 8,2
Marigny-les-Usages	0 13,2	0 0,1	0 0,8	0 1,0	0 3,8	0 0,1	0 9,8	0 1,2	0 0,4	0 0,0	0 3,5	123 44,7	0 1,4	0 1,1	0 0,9	0 0,1	80 11,2	0 3,8	0 1,2	0 0,6	0 6,2	0 2,6
Olivet	0 14,2	0 0,7	0 2,7	291 85,9	0 28,3	0 0,8	302 166,8	90 50,7	0 3,3	0 1,0	0 0,0	3362 1628,9	122 43,9	144 59,2	67 46,1	0 8,3	264 205,7	206 166,9	108 71,9	0 86,4	214 111,1	59 22,1
Orléans	322 126,0	0 3,8	60 34,2	505 414,2	304 189,1	0 6,0	2287 6300,2	796 480,5	0 19,1	0 9,8	1967 1219,8	0 0,0	954 428,1	679 163,4	183 198,4	0 27,7	2000 1586,2	1542 3901,7	382 1018,2	314 304,3	2108 2508,4	279 380,8
Ormes	0 1,6	0 0,1	0 0,5	0 13,3	0 2,3	0 0,1	85 25,5	73 69,9	0 0,3	0 0,1	0 14,6	420 190,6	0 0,0	0 2,6	0 1,7	0 0,8	60 13,0	81 39,1	0 3,6	0 4,4	137 36,7	0 2,7
Saint-Cyr-en-Val	0 2,2	0 0,2	0 0,3	0 4,3	0 5,4	0 0,1	0 13,5	0 3,5	0 0,8	0 0,1	56 26,8	670 99,0	0 3,5	0 0,0	0 4,6	0 0,4	0 24,9	0 9,7	0 3,7	0 2,6	0 9,2	0 2,2
Saint-Denis-en-Val	52 9,8	0 0,5	0 1,5	0 14,9	0 24,5	84 1,1	0 83,0	0 12,8	0 2,3	0 0,6	216 112,0	1321 643,7	0 12,3	96 24,5	0 0,0	0 1,3	108 347,5	84 46,9	104 37,0	0 11,1	104 43,3	0 14,7
Saint-Hilaire-Saint-Mesmin	0 1,3	0 0,1	0 0,3	0 60,8	0 2,2	0 0,1	0 16,6	0 13,1	0 0,3	0 0,1	140 34,3	464 152,5	0 9,9	0 3,8	0 2,1	0 0,0	0 13,4	0 24,3	0 4,2	0 12,6	0 14,6	0 2,0
Saint-Jean-de-Braye	181 47,1	0 1,5	0 5,8	80 33,8	0 118,2	0 12,1	545 295,0	58 33,1	0 7,9	0 2,8	183 175,3	2479 1805,4	190 33,2	73 46,9	0 121,9	0 2,8	0 0,0	343 122,0	53 79,9	0 22,9	418 136,6	150 70,9
Saint-Jean-de-la-Ruelle	0 11,8	0 0,4	0 3,3	142 91,6	0 17,8	0 0,5	419 333,9	242 139,7	0 2,0	0 0,9	203 143,3	1822 4475,6	252 100,8	87 18,3	0 16,6	0 5,1	257 122,9	0 0,0	0 53,8	59 54,4	333 338,7	0 26,4
Saint-Jean-le-Blanc	0 9,4	0 0,3	0 2,0	51 26,3	0 16,7	0 0,6	94 199,0	0 23,7	0 1,6	0 0,7	219 140,2	1520 2650,4	0 21,3	54 15,8	55 29,7	0 2,0	145 182,6	133 122,0	0 0,0	0 22,9	141 87,2	0 23,2
Saint-Pryvé-Saint-Mesmin	0 3,5	0 0,2	0 0,8	0 74,4	0 6,0	0 0,2	100 55,2	0 28,2	0 0,7	0 0,3	144 133,6	932 628,2	60 20,4	60 9,0	0 7,0	0 4,7	80 41,5	124 97,8	0 18,2	0 0,0	96 103,8	0 6,1
Saran	0 13,5	0 0,4	0 5,5	94 34,7	0 16,9	0 0,4	551 497,8	143 62,5	0 1,8	0 1,2	146 72,3	1775 2181,2	269 71,7	86 13,2	0 11,6	0 2,3	314 104,4	241 256,8	0 29,1	0 43,3	0 0,0	74 34,2
Semoy	0 7,9	0 0,1	0 2,3	0 5,0	0 8,5	0 0,3	207 139,2	0 6,0	0 0,7	0 0,6	0 17,4	387 400,0	53 6,4	0 3,9	0 4,8	0 0,4	101 65,4	0 24,2	0 9,4	0 3,1	94 41,4	0,0 0,0

Nous constatons que les résidus (Flux INSEE – Flux obtenus) diminuent lorsque la valeur de α diminue mais nous ne pouvons pas connaître la valeur qui minimise les résidus. Nous devons donc envisager une autre méthode.

2. Deuxième méthode : détermination de k par régression linéaire

Partant du principe que l'intensité des flux domicile-travail est fonction de la distance entre les communes d'arrivée et de départ nous avons décidé de vérifier cela graphiquement.

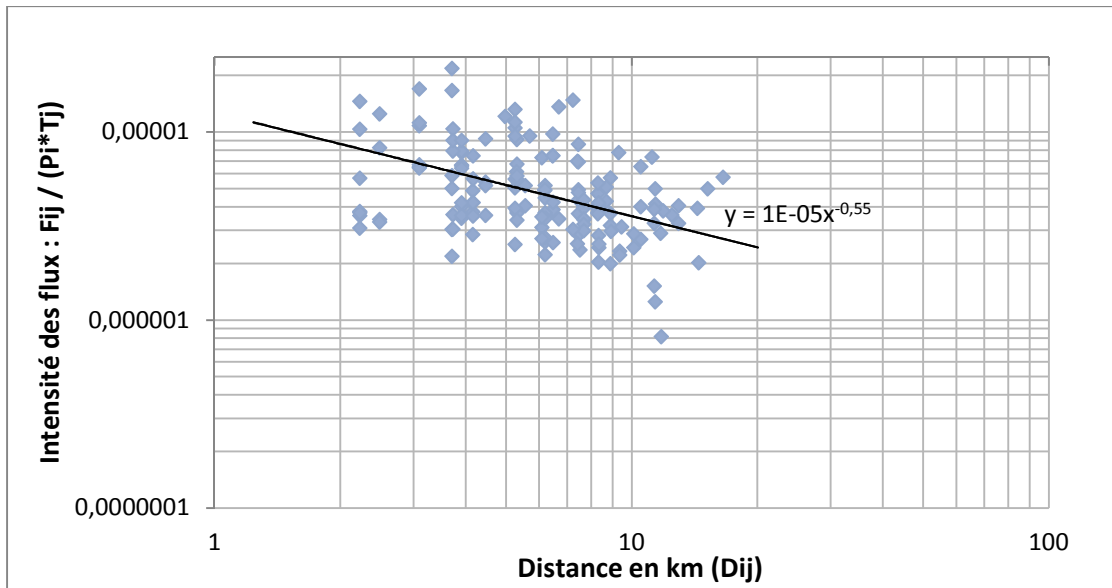
Nous constatons, sur le graphique suivant (graphique arithmétique), que l'intensité des flux est une fonction non linéaire de la distance. Cependant, on constate une fonction de type puissance entre l'intensité des flux et la distance.



L'étape suivante a donc consisté à tracer l'intensité des flux en fonction de la distance dans un repère bi-logarithmique. En effet, le meilleur ajustement est obtenu dans un repère bi-logarithmique ce qui signale l'existence d'une relation de type puissance²³.

Nous formulons donc l'hypothèse que l'intensité des flux domicile-travail diminue avec la distance selon une fonction de puissance. Ce que nous pouvons effectivement voir sur le graphique bi-logarithmique ci-dessous.

²³ Source : <http://grasland.script.univ-paris-diderot.fr/> consulté en avril 2013



Nous sommes donc partis du principe que l'intensité des flux diminue avec la distance selon une fonction de puissance.

En effet d'après le graphique bi-logarithmique, on a :

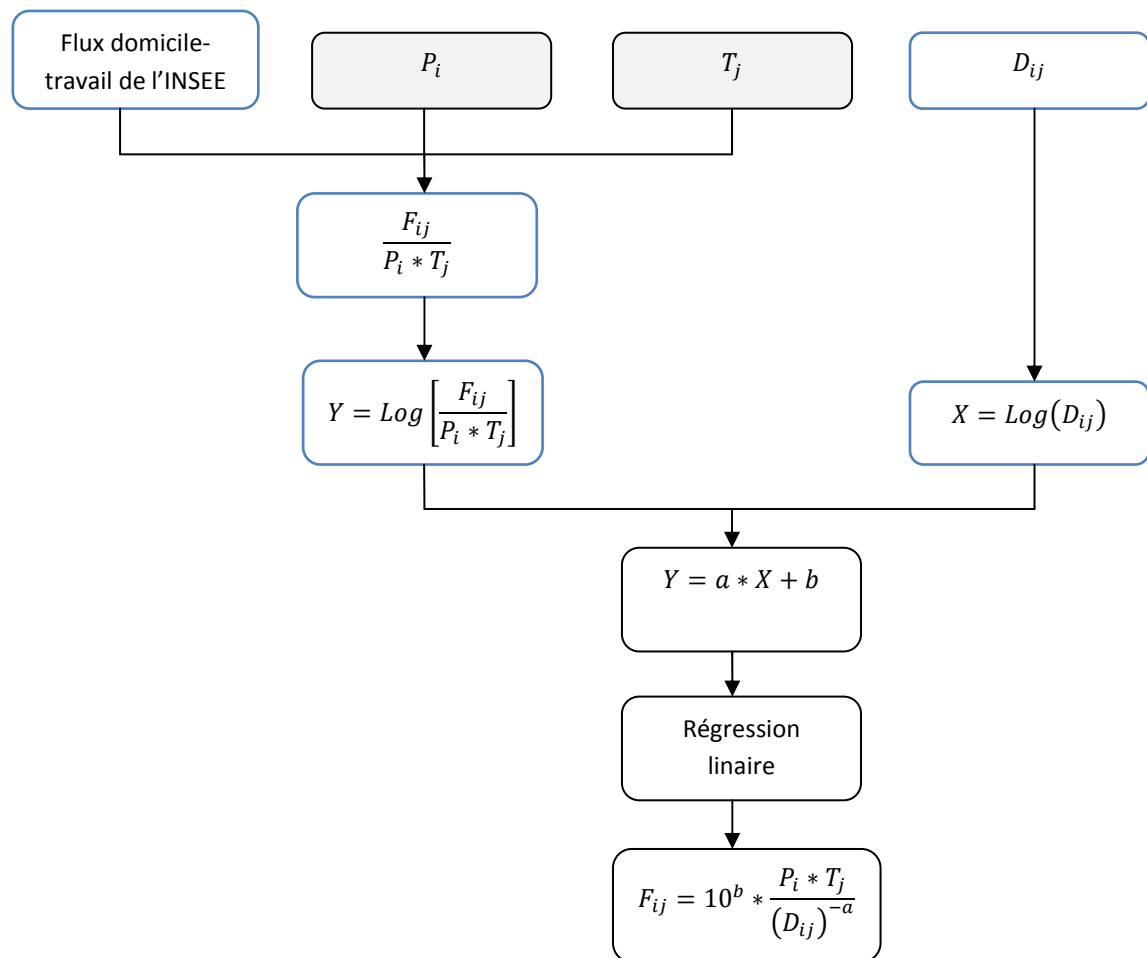
$$\text{Log} \left[\frac{F_{ij}}{P_i * T_j} \right] = a * \text{Log}(D_{ij}) + b \quad (1)$$

Après des manipulations mathématiques, nous obtenons :

$$F_{ij} = 10^b * P_i * T_j * (D_{ij})^a$$

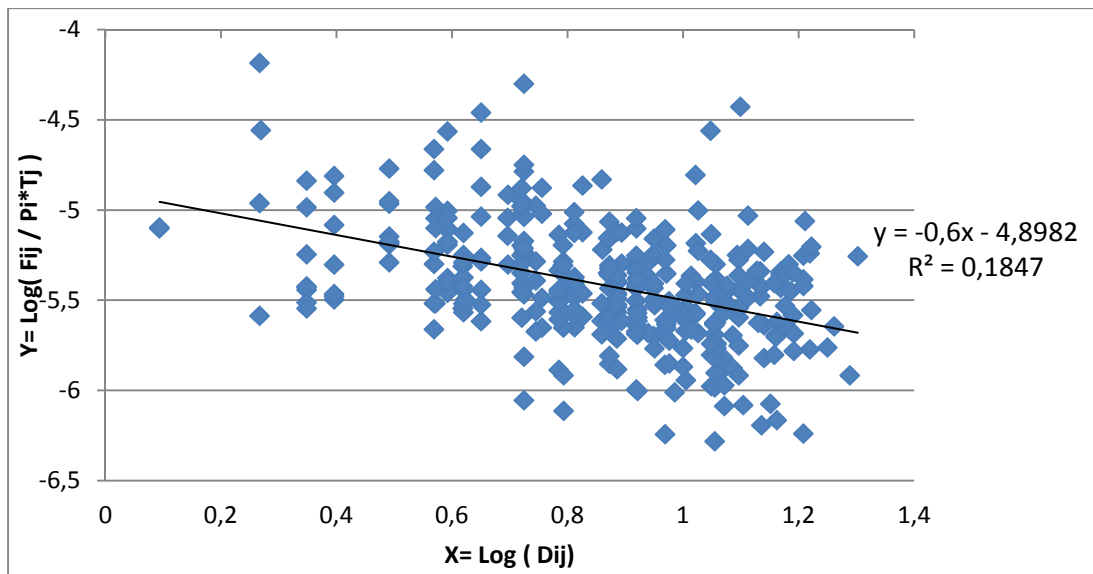
Ce qui est bien une fonction de type puissance (de la forme $y = a * x^b$), et qui est également l'équation du modèle gravitaire. Une régression linéaire sur la droite affine **(1)** nous permettra de déterminer les coefficients a et b (qui représentent respectivement la pente et l'ordonnée à l'origine).

Ci-dessous un schéma explicatif de la méthode :



Légende :

- Résultat non matriciel
- Données de départ
- Résultat sous forme de matrice 22*22



Nous avons décidé de faire la régression linéaire en considérant tous les flux (et donc toutes les valeurs non nulles de Y) car nous avons constaté que le coefficient de détermination (R^2) était plus élevé que lorsque l'on a effectué la régression avec les valeurs de Y calculées uniquement pour $F_{ij} > 50$.

Cependant, ce coefficient de détermination (R^2) est toujours faible. Ceci étant dû au fait que nous travaillons sur des matrices 22×22 , ce qui donne 484 valeurs, et les valeurs de l'INSEE ne sont pas d'une grande fiabilité.

Nous avons également essayé d'effectuer la régression uniquement sur 3 ou 4 villes (c'est-à-dire 3 ou 4 valeurs de i). Les flux calculés sont très proches des flux constatés pour ces 3 villes, mais totalement différents pour le reste des villes. Nous avons essayé de prendre la moitié des villes, ou celles pour lesquelles les flux sont les plus importantes, et même essayé de calculer a et b pour chaque ville et de faire la moyenne. Mais dans tous les cas, les flux calculés sont toujours très différents des flux constatés sur l'INSEE.

Flux INSEE Flux calculés	Boigny-sur-Bionne	Bou	Chanteau	La Chapelle-Saint-Mesmin	Chécy	Combleux	Fleury-les-Aubrais	Ingré	Mardié	Marigny-les-Usages	Olivet	Orléans	Ormes	Saint-Cyr-en-Val	Saint-Denis-en-Val	Saint-Hilaire-Saint-Mesmin	Saint-Jean-de-Braye	Saint-Jean-de-la-Ruelle	Saint-Jean-le-Blanc	Saint-Pryvé-Saint-Mesmin	Saran	Semoy
Boigny-sur-Bionne	0	0	0	0	60	0	80	0	0	0	0	264	0	0	0	0	120	0	0	0	0	0
		0,4	1,9	10,6	15,9	0,3	47,8	12,2	1,9	1,2	29,9	273,4	14,5	10,3	5,5	0,9	52,1	28,7	7,3	5,2	38,4	8,9
Bou	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	112	0	0	0	0	68	0	0	0	0	0
	3,2		0,5	4,4	6,3	0,1	16,3	4,8	1,5	0,2	13,0	100,8	5,7	5,6	2,3	0,4	19,4	11,0	2,8	2,1	13,6	2,7
Chanteau	0	0	0	0	0	0	75	0	0	0	0	213	0	0	0	0	51	0	0	0	71	0
	6,2	0,2		7,6	7,5	0,2	38,6	9,2	1,0	0,6	19,9	203,5	11,0	6,3	3,4	0,6	30,4	21,6	5,0	3,6	32,4	6,8
La Chapelle-Saint-Mesmin	0	0	0	0	0	0	148	148	0	0	152	1214	167	58	0	0	140	354	0	0	260	0
	25,3	1,2	5,5		39,2	0,8	207,6	105,1	5,6	2,1	195,4	1479,0	104,6	47,7	23,2	11,3	175,4	203,1	37,7	50,1	192,3	28,9
Chécy	121	0	0	0	0	0	179	81	0	0	0	1615	114	0	0	0	438	109	0	0	211	0
	42,0	1,9	6,0	43,5		1,5	180,2	48,3	10,5	3,0	129,4	1084,5	56,8	48,0	25,4	3,8	242,8	114,0	30,7	21,4	143,9	31,9
Combleux	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1,8	0,1	0,3	2,3	3,6		9,8	2,5	0,4	0,1	7,0	59,7	2,9	2,4	1,5	0,2	19,3	6,1	1,8	1,1	7,5	1,8
Fleury-les-Aubrais	67	0	50	71	105	0	0	160	0	0	205	2674	253	88	0	0	414	351	56	0	678	145
	75,6	3,0	18,5	137,5	107,8	2,4		166,1	14,3	6,3	360,1	5177,0	192,0	102,1	59,4	11,3	516,5	455,3	106,2	68,4	660,9	122,0
Ingré	0	0	0	108	0	0	184	0	0	0	88	984	288	0	0	0	164	300	0	0	208	0
	21,8	1,0	4,9	78,3	32,4	0,7	186,7		4,6	1,8	136,9	1279,8	145,0	36,9	18,3	5,8	144,0	191,4	30,2	30,6	190,9	25,3
Mardié	0	0	0	0	118	0	57	0	0	0	0	231	0	0	0	0	109	0	0	0	85	0
	33,2	2,9	5,2	40,3	68,3	1,0	155,3	44,8		2,5	118,6	949,0	52,6	47,8	21,6	3,5	187,0	102,5	26,5	19,6	128,4	26,3
Marigny-les-Usages	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	123	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0
	8,1	0,2	1,2	5,7	7,2	0,1	26,0	6,7	0,9		15,7	146,4	8,0	5,3	2,8	0,5	25,6	15,6	3,8	2,7	21,3	4,8
Olivet	0	0	0	291	0	0	302	90	0	0	0	3362	122	144	67	0	264	206	108	0	214	59
	56,6	2,9	11,4	155,2	92,7	2,1	431,7	146,0	13,1	4,6		3085,6	160,6	125,6	64,9	14,1	436,7	347,8	94,7	89,6	360,2	63,4
Orléans	322	0	60	505	304	0	2287	796	0	0	1967	0	954	679	183	0	2000	1542	382	314	2108	279
	388,0	16,7	87,7	879,5	582,1	13,2	4647,4	1022,0	78,6	32,0	2310,6		1133,5	598,4	354,9	71,1	2865,3	3225,1	751,1	460,2	3303,7	534,7
Ormes	0	0	0	0	0	0	85	73	0	0	0	420	0	0	0	0	60	81	0	0	137	0
	9,2	0,4	2,1	27,7	13,6	0,3	76,7	51,5	1,9	0,8	53,5	504,5		15,1	7,4	2,2	58,9	70,6	11,9	11,3	81,4	10,5
Saint-Cyr-en-Val	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56	670	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8,9	0,6	1,7	17,2	15,6	0,3	55,5	17,8	2,4	0,7	57,0	362,5	20,5		8,9	1,6	63,6	40,3	10,5	8,5	46,6	8,7
Saint-Denis-en-Val	52	0	0	0	0	84	0	0	0	0	216	1321	0	96	0	0	108	84	104	0	104	0
	25,1	1,3	4,7	44,8	44,2	1,1	173,1	47,5	5,8	2,0	157,6	1151,4	53,9	47,5		3,9	256,4	116,7	38,4	23,5	133,9	27,8
Saint-Hilaire-Saint-Mesmin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140	464	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7,1	0,4	1,5	37,0	11,2	0,2	55,8	25,4	1,6	0,6	58,0	391,2	26,8	14,2	6,6		49,4	50,6	10,3	13,0	50,8	7,9
Saint-Jean-de-Braye	181	0	0	80	0	0	545	58	0	0	183	2479	190	73	0	0	0	343	53	0	418	150
	84,2	3,7	14,9	118,7	148,3	4,9	527,8	130,9	17,6	6,4	372,2	3261,2	150,6	119,6	89,9	10,2		322,9	100,2	60,6	393,2	93,4
Saint-Jean-de-la-Ruelle	0	0	0	142	0	0	419	242	0	0	203	1822	252	87	0	0	257	0	0	59	333	0
	46,8	2,1	10,7	138,5	70,2	1,5	468,9	175,3	9,7	3,9	298,8	3699,5	182,0	76,3	41,3	10,6	325,4		75,7	67,8	446,1	58,6
Saint-Jean-le-Blanc	0	0	0	51	0	0	94	0	0	0	219	1520	0	54	55	0	145	133	0	0	141	0
	27,1	1,2	5,7	58,4	42,8	1,0	248,3	62,7	5,7	2,2	184,6	1955,1	69,7	45,3	30,8	4,9	229,1	171,8		32,2	181,9	35,0
Saint-Pryvé-Saint-Mesmin	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	144	932	60	60	0	0	80	124	0	0	96	0
	15,1	0,7	3,2	61,5	23,7	0,5	126,7	50,4	3,3	1,2	138,4	949,9	52,4	28,9	15,0	4,9	109,8	122,0	25,6		146,1	17,6
Saran	0	0	0	94	0	0	551	143	0	0	146	1775	269	86	0	0	314	241	0	0	0	74
	47,3	2,0	12,1	99,4	67,1	1,4	515,9	132,6	9,2	4,1	234,5	2872,7	159,0	66,9	35,9	8,0	300,4	338,2	60,8	61,4		61,8
Semoy	0	0	0	0	0	0	207	0	0	0	0	387	53	0	0	0	101	0	0	0	94	0
	13,3	0,5	3,1	18,1	18,0	0,4	115,0	21,2	2,3	1,1	49,9	561,6	24,8	15,2	9,0	1,5	86,2	53,7	14,1	9,0	74,7	

C. CONCLUSION DE LA PARTIE AVANT INONDATION

Au vu de ces deux méthodes, il apparaît qu'il n'y a pas de méthode idéale permettant de retrouver, via le calcul, les flux constatés sur l'INSEE. Cela pour plusieurs raisons :

- Les flux constatés ne sont pas les flux réels, car comme expliqué précédemment, ils correspondent à la somme des IPONDI. Dans nos flux constatés, seuls 3,7% sont supérieurs à 500 (pouvant être considérés comme parfaitement justes) quand 81,6% sont inférieurs à 200 (devant être considérés comme des ordres de grandeur).
- Nous n'avons pas la totalité des flux. En effet, l'ensemble des P_i d'une commune (population active de 15 à 64 ans) ne se répartit pas intégralement dans les zones d'emploi des autres communes de l'agglomération. Pour chaque commune de départ, il y a un flux hors agglomération qui n'est pas pris en compte. Et l'inverse est également vrai, les personnes habitant hors agglomération et travaillant dans l'agglomération ne sont pas comptabilisées, pourtant elles sont comptabilisées dans les T_j (nombre d'emploi de la commune d'arrivée.)
- Les distances utilisées sont les distances à vol d'oiseau et non celles calculées en fonction du réseau routier. Par conséquent les flux sont en fonction de l'éloignement géographique des communes et ne tiennent pas compte de l'accessibilité via le réseau routier.

Cependant, pour la deuxième partie de notre étude, qui consiste à étudier la variation d'accessibilité en cas d'inondation, nous utiliserons la deuxième méthode. C'est un choix de notre part, car nous considérons cette méthode comme rigoureuse et ayant une validité mathématique.

IV. L'ESTIMATION DES FLUX PENDANT L'INONDATION

Ayant choisi la méthode de calcul de régression linéaire, il nous a donc fallu chercher comment décrire le territoire de l'agglomération lors de l'inondation. Pour cela, il a donc fallu modifier les bases de données.

Une fois le territoire inondé, le réseau routier se retrouve donc soumis aux aléas. Cette période se caractérise par l'inaccessibilité de certains axes de transport, principalement au centre de notre territoire comme le montre la carte suivante :

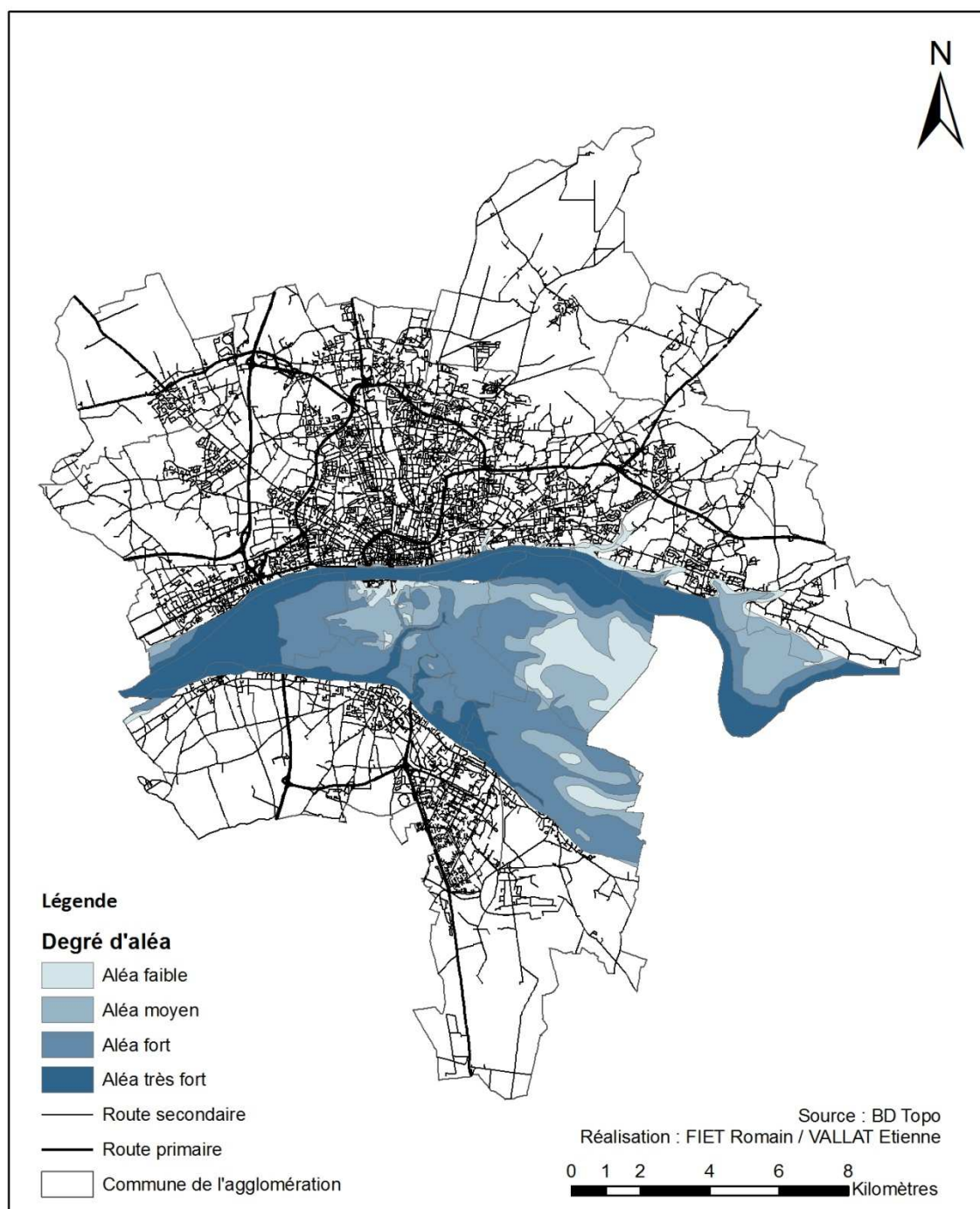


IMAGE 5 : CARTE DE SUPERPOSITION DES ALEAS AU RESEAU ROUTIER

Dans le principe, cette carte, avec une partie du réseau routier situé sous l'aléa, montre que ces axes ne sont donc plus utilisables pour se déplacer. Cette hypothèse ne se fonde que sur un jugement spatial 2D, où la hauteur des axes de transport n'est pas prise en compte. Une rupture se crée donc entre la partie Nord et la partie Sud de l'agglomération.

Notre principe repose donc sur le fait que cette rupture annule tout déplacement Nord-Sud et Sud-Nord.

Cependant, certaines communes peuvent se retrouver découpées. Prenons l'exemple d'Orléans qui se retrouve scindée en 3 parties : celle du centre dans laquelle la population ne pourra ni

entrer ni sortir, celle du Nord qui ne peut donc que se déplacer dans la zone Nord de l'agglomération ou être atteinte par les communes situées au Nord de la Loire, et réciproquement avec la partie Sud de la ville.

La séparation du territoire communal engendre donc différentes modifications sur les données de notre système de calcul, que nous explicitons à présent.

A. LA DISTANCE ENTRE COMMUNES

Avec la rupture de liaison entre le Nord et le Sud, nous envisageons donc de faire tendre les valeurs de distances vers l'infini. Cette méthode permet de représenter à la fois:

- une augmentation de la distance entre les communes, due au fait que d'autres itinéraires de liaison, en dehors du territoire d'étude, doivent être recherchés pour franchir les zones inondées,
- la baisse du potentiel attractif d'une commune par rapport à une autre due à leur éloignement.

Cette méthode reste cependant subjective, car le modèle 3D permettrait de révéler que certains axes traversant l'agglomération ne seraient pas impactés par l'inondation, car assez surélevé par rapport au niveau de l'eau durant l'inondation. Pour cela, une analyse avec un logiciel de SIG comme ArcGis et son module Network Analyst permettrait de trouver le chemin le plus court entre 2 points (deux communes dans notre cas) en s'adaptant aux contraintes que l'inondation crée sur le territoire.

B. LA POPULATION VIVANT AU SEIN DE L'INONDATION

En partant du principe que la population vivant au cœur d'un territoire ne peut plus se déplacer, il faudrait alors savoir combien de personnes au sein de la commune sont touchées par l'inondation.

Pour cela, différentes méthodes d'estimation de la population touchée existent :

- Il est possible de recenser la population d'une commune touchée avec des méthodes de proportionnalité :

$$\text{Populations touchées} = \frac{\text{Population totale} * \text{Surface soumise aux aléas}}{\text{Surface totale}}$$

Avec cette méthode, le territoire communal est caractérisé comme ayant une répartition homogène de la population. Cependant, cette théorie de l'homogénéité du territoire en terme de répartition de population est bien subjective : la densité du territoire est une moyenne générale qui n'est que très rarement valable sur un ensemble localisé d'habitation.

- Il est aussi possible de réaliser cette opération de manière plus précise en fonction du nombre d'habitations touchées :

$$\text{Populations touchées} = \frac{\text{Population totale} * \text{Habitations inondées}}{\text{Habitations totales}}$$

Pour ce cas, il est nécessaire de récolter des données sur l'habitat au sein de la commune. L'INSEE fournit cette donnée dans les fiches communes, mais il reste cependant nécessaire de localiser les logements au sein de la commune, ce qui obligerait aux chercheurs de créer une base de données avec tous les logements et de les géo-localiser. Toutefois, l'existence d'une telle base de données permettrait de réaliser une étude plus précise pour estimer la population touchée.

- Cependant, il semble aussi tout à fait possible que les services de recensement en mairie puissent aussi connaître le nombre d'habitants de leur commune qui habitent en zone inondable. L'INSEE a tout de même déjà réalisé une enquête sur les communes de plus de 10000 habitants se situant en région Centre²⁴ et elle a déjà effectué un recensement concernant le nombre d'habitants vivants en zone inondable.

C. LES EMPLOIS ET BASSINS D'ACTIVITES

En cherchant à appliquer un raisonnement similaire à celui de la population vivant dans une zone inondable, les emplois et bassins d'activité peuvent être traités en partant du postulat suivant : tous les bassins d'emploi situés en zone inondable ne sont plus accessibles et toute activité serait stoppée en cas d'inondation dans la zone inondable.

Afin de déterminer le nombre d'emplois qui pourraient être touché par les inondations, deux méthodes semblent encore une fois envisageables :

- Il est possible de calculer sous forme de ratio les surfaces soumises aux aléas par rapport à la surface totale de la commune et en déduire le nombre d'emplois supprimer durant la période :

$$\text{Emplois touchés} = \frac{\text{Total d'emploi} * \text{Surface soumise aux aléas}}{\text{Surface totale}}$$

De même que pour la population touchée, cette formule met en avant l'hypothèse d'une répartition homogène des emplois sur le territoire communal, ce qui encore une fois ne semble pas être proche de la réalité.

²⁴ Source : http://www.insee.fr/fr/insee_regions/centre/themes/ici/ICI-145.pdf consulté en mai 2013

- L'autre méthode proposerait d'utiliser le nombre d'entreprises situées dans une zone inondable.

$$\text{Emplois touchés} = \frac{\text{Total d'emploi} * \text{Entreprises inondées}}{\text{Total d'entreprises}}$$

Dans ce cas, cette hypothèse répartit les emplois dans les entreprises de manière homogène, ce qui encore une fois n'est pas le reflet de la réalité.

- La dernière possibilité est de se renseigner auprès des communes pour chercher un recensement des entreprises situées en zone inondable et connaître le nombre d'employé par entreprise. L'INSEE a, dans la même étude que celle citée avant, déjà répertorié le nombre d'emplois situés en zone inondable dans les communes de plus de 10000 habitants.

Notre choix de calcul se porte sur l'estimation des populations et des emplois se situant en zone soumis aux aléas par rapport à la surface communale soumise aux aléas, pour des raisons de simplicité.

V. LES FLUX PENDANT L'INONDATION

A. LA TECHNIQUE DE CALCUL

En considérant nos hypothèses d'étude, notamment en prenant les distances à vol d'oiseau, les résultats confirment la validité de notre modèle gravitaire pour calculer les flux avant et pendant inondation.

En effet, au regard des résultats, il apparaît bien que, pour les communes inondées, les flux sont nuls, dû à leur inaccessibilité. Et aucun flux ne subsiste entre deux communes dont l'une se situerait au Nord de l'aléa et l'autre au Sud de l'aléa. De plus, on remarque bien que les flux domicile-travail entre les communes au Nord de l'aléa sont inférieurs aux flux calculés hors inondation puisque certaines communes sont partiellement inondées. Le constat est identique pour les communes situées au Sud de l'aléa.

Communes inondées	Communes au Nord de l'aléa	Communes au Sud de l'aléa
-Bou -Saint Denis en Val -Saint-Pryvé-Saint-Mesmin -Saint-Jean le Blanc	-Boigny-sur-Bionne -Chanteau -La Chapelle Saint Mesmin -Chécy -Combleux -Fleury-les-Aubrais -Ingré -Mardié -Marigny -Orléans Nord -Ormes -Saint Jean de Braye -Saint Jean de la Ruelle -Saran -Semoy	-Olivet -Orléans Sud -Saint Cyr en Val -Saint Hilaire Saint Mesmin

TABEAU 4 : POSITION DES COMMUNES EN FONCTION DE LA ZONE D'ALEA

Sans inondation, on recensait 77 592 déplacements, et pendant inondation on en dénombre 30 446. Durant l'inondation, on a donc 61% des déplacements domicile-travail qui sont supprimés en cas d'inondation. Ces déplacements supprimés montrent une certaine vulnérabilité indirecte, notamment économique puisque 61% de la population active de l'agglomération orléanaise serait dans l'incapacité de se rendre sur son lieu de travail.

La différence entre avant et pendant inondation est plus flagrante pour la commune d'Orléans. En effet, malgré le fait qu'elle ait seulement 30% de sa superficie en zone inondable, seulement 9 640 individus travaillant à Orléans peuvent se rendre sur leur lieu de travail, contre 29 550 à l'accoutumée. Ceci en tenant compte de nos hypothèses, c'est-à-dire que les emplois sont répartis de manière homogène sur chaque commune.

Différence de flux avant et après inondation	Boigny-sur-Bionne	Bou	Chanteau	La Chapelle-Saint-Mesmin	Chécy	Combleux	Fleury-les-Aubrais	Ingré	Mardié	Marigny-les-Usages	Olivet	Orléans	Ormes	Saint-Cyr-en-Val	Saint-Denis-en-Val	Saint-Hilaire-Saint-Mesmin	Saint-Jean-de-Braye	Saint-Jean-de-la-Ruelle	Saint-Jean-de-le-Blanc	Saint-Pryvé-Saint-Mesmin	Saran	Semoy	Total
Boigny-sur-Bionne	/	0	0	2	4	0	0	0	0	0	30	152	0	10	5	1	3	1	7	5	0	0	222
Bou	3	/	1	4	6	0	16	5	1	0	13	101	6	6	2	0	19	11	3	2	14	3	217
Chanteau	0	0	/	1	2	0	0	0	0	0	20	113	0	6	3	1	2	1	5	4	0	0	158
La Chapelle-Saint-Mesmin	5	1	1	/	16	1	40	20	2	0	195	946	20	48	23	11	42	44	38	50	37	6	1546
Chécy	11	2	2	18	/	1	47	13	4	1	129	728	15	48	25	4	75	33	31	21	38	8	1254
Combleux	1	0	0	2	3	/	7	2	0	0	7	52	2	2	2	0	14	4	2	1	5	1	110
Fleury-les-Aubrais	0	3	0	26	28	2	/	0	2	0	360	2869	0	102	59	11	31	16	106	68	0	0	3684
Ingré	0	1	0	15	9	1	0	/	1	0	137	709	0	37	18	6	9	7	30	31	0	0	1009
Mardié	24	3	4	31	55	1	113	33	/	2	119	834	38	48	22	4	139	76	27	20	93	19	1703
Marigny-les-Usages	0	0	0	1	2	0	0	0	0	/	16	81	0	5	3	0	2	1	4	3	0	0	117
Olivet	57	3	11	155	93	2	432	146	13	5	/	2304	161	54	65	3	437	348	95	90	360	63	4896
Orléans	215	17	49	562	391	12	2562	566	47	18	1725	/	628	417	355	55	1664	1839	751	460	1829	297	14460
Ormes	0	0	0	5	4	0	0	0	0	0	54	505	/	15	7	2	4	2	12	11	0	0	622
Saint-Cyr-en-Val	9	1	2	17	16	0	56	18	2	1	25	252	20	/	9	1	64	40	11	8	47	9	606
Saint-Denis-en-Val	25	1	5	45	44	1	173	47	6	2	158	1151	54	48	/	4	256	117	38	24	134	28	2361
Saint-Hilaire-Saint-Mesmin	7	0	2	37	11	0	56	25	2	1	14	301	27	5	7	/	49	51	10	13	51	8	676
Saint-Jean-de-Braye	5	4	1	29	46	4	32	8	3	0	372	1895	9	120	90	10	/	30	100	61	24	6	2847
Saint-Jean-de-la-Ruelle	2	2	0	30	20	1	16	6	1	0	299	2107	6	76	41	11	30	/	76	68	15	2	2810
Saint-Jean-le-Blanc	27	1	6	58	43	1	248	63	6	2	185	1955	70	45	31	5	229	172	/	32	182	35	3396
Saint-Pryvé-Saint-Mesmin	15	1	3	61	24	1	127	50	3	1	138	950	52	29	15	5	110	122	26	/	146	18	1897
Saran	0	2	0	19	18	1	0	0	1	0	235	1592	0	67	36	8	18	12	61	61	/	0	2130
Semoy	0	0	0	3	5	0	0	0	0	0	50	311	0	15	9	2	5	2	14	9	0	/	426
TOTAL																			47146				

B. ANALYSE GRAPHIQUE DES RESULTATS

Afin d'obtenir un aperçu graphique des variations de flux entre la période avant inondation et la période pendant inondation, nous avons utilisé le logiciel MapInfo avec lequel nous avons tracé tous les flux supérieurs à 100 entre chaque communes.

L'image 6 représente les flux obtenus par manipulation de la base de données MOBPRO_2009, l'image 7 représente les flux obtenus lors du calcul des flux pendant inondation.

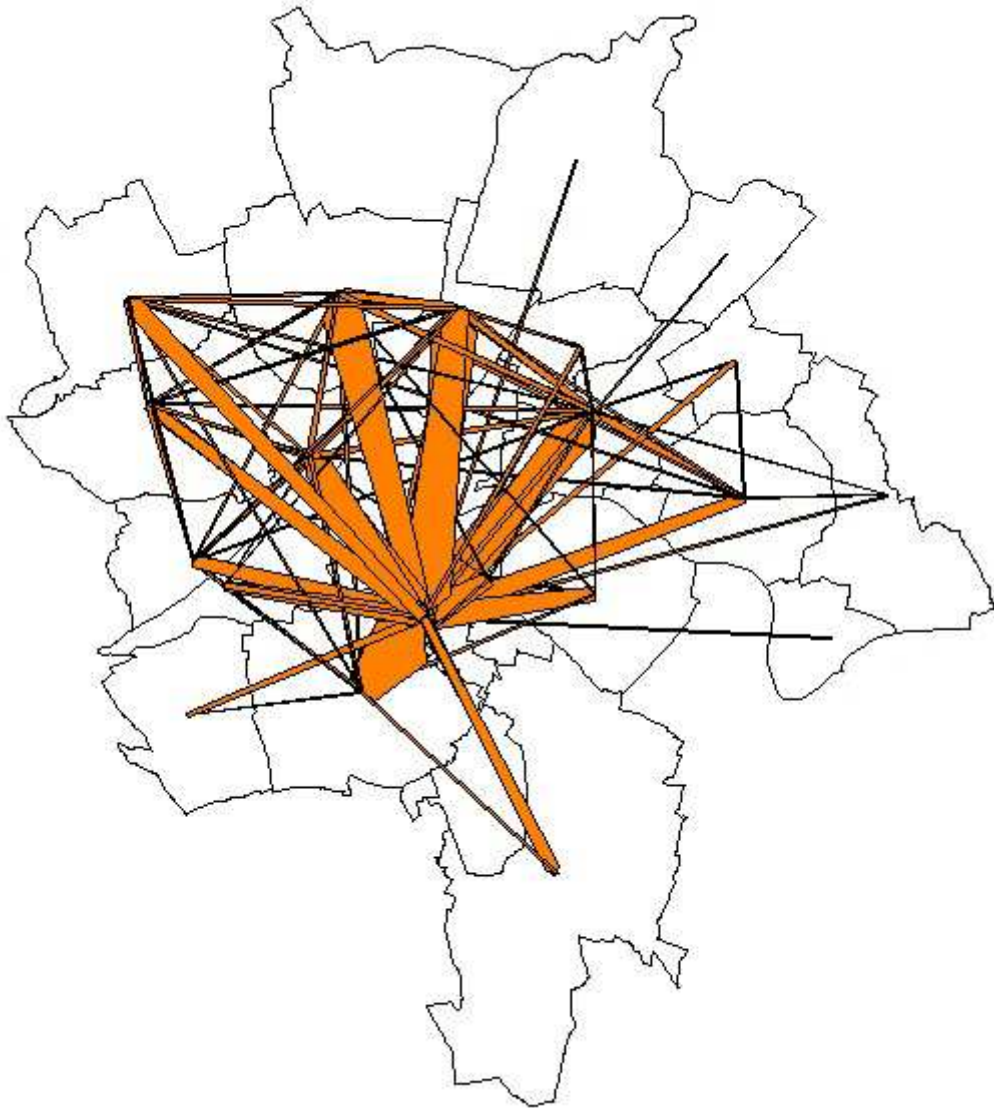


IMAGE 6 : REPRESENTATION DES FLUX AVANT INONDATION
REALISATION : FIET ROMAIN / VALLAT ETIENNE

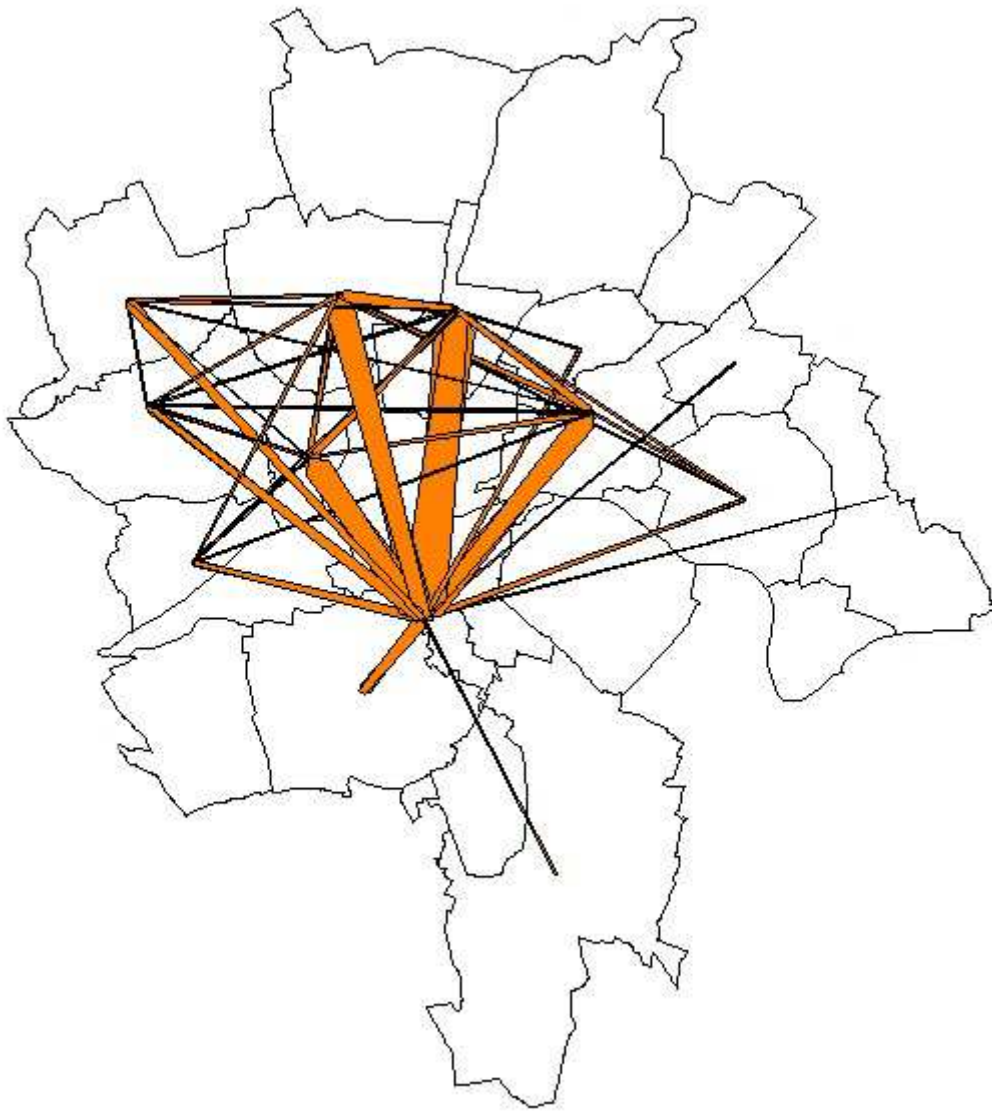


IMAGE 7 : REPRESENTATION DES FLUX PENDANT INONDATION
REALISATION : FIET ROMAIN / VALLAT ETIENNE

Les flux sont tous représentés à la même échelle, afin de donner un aperçu des différences entre les deux situations.

On remarque alors que la totalité des flux entre Nord et Sud ont disparu, comme prévu précédemment. Mais on constate aussi que l'intensité des flux a largement diminué, spécialement en provenance et à destination d'Orléans, mais aussi avec Fleury-les-Aubrais, Olivet et Saran.

PARTIE III : LIMITES ET CONCLUSION DE NOTRE TRAVAIL

I. LES LIMITES DE NOTRE TRAVAIL

A. L'IMPORTANCE DU RESEAU ROUTIER

Considéré comme un élément structurant de notre territoire, le réseau routier est un élément indispensable au bon fonctionnement de notre société.

Dans notre étude, l'un des choix importants réside dans le postulat suivant : tout axe routier soumis à un aléa est considéré comme non utilisable. Cependant, comme dit précédemment dans la partie III. A. I., l'utilisation d'un modèle 3D permettrait de définir plus précisément les axes routiers non franchissables et montrerait alors que le réseau routier offrirait des possibilités de déplacements Nord-Sud et inversement.

B. L'ESTIMATION DES POPULATIONS ET DES EMPLOIS IMPACTES PAR LES ALEAS

Si nos estimations sont basées sur la relation entre les surfaces soumises aux aléas et les populations et les emplois impactés par les aléas, il est important de prendre en compte le fait que ces dernières ne sont pas réparties de manière homogène sur les territoires d'études. La géo-localisation de ces enjeux représente la manière la plus juste pour estimer les populations et emplois impactés par les aléas.

C. LA LIMITATION DU TERRITOIRE D'ETUDE

L'agglomération orléanaise dispose d'un pouvoir d'attraction supérieur à celui que nous évaluons. En effet, de nombreux déplacements domicile-travail ont lieu entre des communes hors agglomération et des communes dans l'agglomération. Cependant, l'ouverture du territoire à des communes extérieures élargirait fortement la matrice de travail et la complexité du travail de récolte des données.

D. LES DEPLACEMENTS AU SEIN D'UNE COMMUNE

Même si les données INSEE nous informé sur la valeur des flux domicile travail au sein d'une même commune, les calculs prenant en compte la distance entre communes ne permettent pas d'évaluer les flux au sein d'une commune.

Dans la première méthode, la distance étant au dénominateur, une distance nulle ne pourrait être acceptée pour calculer les flux au sein de la commune. De même dans la deuxième méthode, où l'utilisation d'une valeur nulle au sein d'un logarithme ne peut être acceptée.

E. LES EFFETS SUR LES CALCULS

La prise en compte du réseau routier augmenterait donc le nombre de déplacements domicile-travail tout comme l'élargissement du territoire d'étude. Il peut aussi mettre en avant un éloignement plus grand entre deux communes ainsi que la réduction du potentiel attractif d'une commune par rapport à une autre, si l'on se base sur l'idée suivante: les déplacements entre centres d'intérêt diminuent lorsque la distance qui les sépare augmente.

Nous pouvons donc considérer que la spatialisation du réseau en 2D ainsi que l'utilisation de distance entre communes par les vols d'oiseau n'a permis de donner qu'un aperçu de la réelle accessibilité du territoire.

De même, l'estimation des populations et emplois impactés ne pourrait que très rarement représenter le nombre réel des enjeux qui seraient soumis aux aléas. Le potentiel attractif étant en partie calculé grâce à la connaissance des enjeux présents et accessibles durant l'inondation, des variations significatives pourraient être observées entre nos résultats et ceux d'une méthode que nous jugeons bien plus rigoureuse et représentative du territoire d'étude.

II. CONCLUSION

Tout territoire est vulnérable, il n'existe pas de protection totale et parfaite contre les risques naturels, notamment contre le risque d'inondation. En cas d'inondation, une des premières conséquences est la modification du réseau praticable. En effet, le réseau routier maille le territoire et il est indispensable pour la circulation des biens et des personnes. L'accessibilité est donc grandement impactée en cas d'inondation et, malgré ce constat, le critère d'accessibilité est très peu utilisé dans les différentes études sur l'estimation de la vulnérabilité de territoires.

Dans notre étude à l'échelle de l'agglomération orléanaise, malgré les hypothèses d'étude, il apparaît de manière évidente qu'en cas d'inondation, les flux de population seraient grandement perturbés puisque 61% des déplacements domicile-travail seraient supprimés. Au-delà du chiffre, il convient de réaliser que c'est donc un impact socio-économique très important. En effet, les entreprises en zone inondable sont à l'arrêt en cas d'inondation et même celles qui sont hors zone inondable sont impactées puisque l'activité sera perturbée, du fait que certains employés ne pourront se rendre sur leur lieu de travail. Dans notre définition de la vulnérabilité, nous avons introduit les notions de sensibilité, de fragilité et de résistance. Ces notions de sensibilité et de fragilité prennent tous leur sens en étudiant l'accessibilité et plus spécifiquement les variations de mobilité. En effet, malgré des opérations de prévention, ou même une bonne gestion pendant l'inondation, la mobilité sera toujours impactée. Plus les variations de mobilité sont fortes, plus un territoire va être isolé et donc vulnérable.

Nous avons décidé d'utiliser le modèle gravitaire pour calculer cette variation de mobilité. Dans la majorité des études de vulnérabilité face au risque d'inondation, des analyses multicritères sont utilisées. Mais comme nous l'avons mentionné au cours de notre étude, ces méthodes sont paradoxales car bien que les analyses multicritères puissent être mathématiquement poussées, le choix du poids des critères pose toujours problème et vient nuancer cette méthode. Le résultat dépendra grandement du choix effectué par les décideurs. Notre choix d'utiliser le modèle gravitaire était donc motivé par le fait d'avoir une méthode avec une justification mathématique

et n'utilisant que des données qui sont facilement disponibles et qui caractérisent le territoire. De plus cette méthode est applicable à des lieux et des échelles différentes.

L'ensemble des résultats obtenus montre que le modèle gravitaire peut, avec des données précises capables de caractériser le territoire de manière réaliste, tout à fait être utilisé comme méthode d'analyse de la vulnérabilité d'un territoire. A la fois plus simple qu'une analyse multicritère et plus rigoureuse scientifiquement, cette méthode se montre bien plus adaptée à ce type d'étude et peut tout à fait s'adapter à d'autres territoires que celui de l'agglomération d'Orléans.

BIBLIOGRAPHIE

Introduction

Mathilde GRALEPOIS, *Face aux risques d'inondation*, Paris : Éd. Rue d'Ulm, 2012, 64 pages.

Bruno LEDOUX, *La gestion du risque d'inondation*, Éd. Tec & doc, 2006, 766 pages.

Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durable, Direction de la Préventions des Pollutions et des Risques, *Le PPR : un outil pour une stratégie globale de prévention*, 2006, 4 pages.

Bernard ROY, *Méthodologie multicritère d'aide à la décision*. Paris : Économica, 1985, 424 pages.

Etat de l'art

Magali REGHEZZA-ZITT, *La résilience urbaine comme nouvelle stratégie de gestion du risque. La métropole francilienne face à la grande crue*, dans : Géraldine DJAMENT-Tran, Magali REGHEZZA-ZITT, *Résilience urbaines, les villes face aux catastrophes*, Editions Le Manuscrit, 364 pages.

London Resilience Partnership, *London Strategic Flood, Framework*, Version 2.0, 2012, 31 pages.

Samuel RUFAT, *l'estimation de la vulnérabilité urbaine, un outil pour la gestion du risque. Approche à partir du cas de l'agglomération lyonnaise*. Géocarrefour 2007, 11 pages.

SOUS LA DIRECTION DE L'UMR CITERES ET DU CEPRI, *Projet Méthodoloire: Développement d'une méthodologie de mise en perspective des dommages économiques à l'échelle du bassin fluvial de la Loire*, 2012, 182 pages.

Accessibilité

Diane-Claire AUROY, Rebecca-Valéry DORCEUS, Anne Claire SEBIROU, *La connaissance de la vulnérabilité indirecte du réseau de transport routier pour une meilleure gestion du risque d'inondation*, Université de Tours: EPU-DA, 2010, 130 pages.

K.T. GEURS, B. van WEE, *Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research direction*, 13pages dans : *Journal of transport geography* 12, 2004. ([http://projectwaalbrug.pbworks.com/f/Transp+Accessib+-+Geurs+and+Van+Wee+\(2004\).pdf](http://projectwaalbrug.pbworks.com/f/Transp+Accessib+-+Geurs+and+Van+Wee+(2004).pdf))

WEBOGRAPHIE

<http://www.insee.fr/fr/>, consulté en mars, avril et mai 2013

<http://cybergeo.revues.org/>, consulté en mars, avril et mai 2013

<http://www.hypergeo.eu/>, consulté en avril et mai 2013

<http://prim.net/>, consulté en mars et avril 2013

<http://grasland.script.univ-paris-diderot.fr/>, consulté en mars et avril 2013

TABLE DES ILLUSTRATIONS

A. IMAGE

Image 1 : Le bassin versant Loire-Bretagne	11
Image 2 : Cartographie des aléas sur l'agglomération orléanaise	13
Image 3 : Cartographie des aléas croisés avec le réseau routier orléanais	14
Image 4 : Relation entre les objets définissant l'accessibilité	22
Image 5 : Carte de superposition des aléas au réseau routier	34
Image 6 : Représentation des flux avant inondation	40
Image 7 : Représentation des flux pendant inondation	41

B. TABLEAU

Tableau 1 : Descriptif de l'agglomération orléanaise	12
Tableau 2 : Table des différentes familles d'analyse multicritère	18
Tableau 3 : Analogie entre loi de Newton et modèle gravitaire	23
Tableau 4 : Position des communes en fonction de la zone d'aléa	38

A. L'ETUDE DE LA VULNERABILITE A LYON

Samuel RUFAT, *l'estimation de la vulnérabilité urbaine, un outil pour la gestion du risque. Approche à partir du cas de l'agglomération lyonnaise.*

Face aux catastrophes naturelles, les politiques ne parviennent pas à choisir entre le déplacement des activités à risques et le déplacement des populations à proximité, car ces deux déplacements ont des coûts importants. Dans le cadre de la gestion du risque, le déplacement des activités, des équipements et des services publics sont souvent privilégiés au déplacement des populations voisines.

Le cas de Lyon

Sur le lieu d'étude, les aléas sont spatialisés suite à des calculs de seuil de conséquence, des périmètres sont définis de manière circulaire autour des installations avec des rayons correspondant à la distance maximale d'un seuil.

Les types d'accidents sont découpés en deux types:

- rapide, touchant les infrastructures, le bâti et les personnes,
- lent, nécessitant une évacuation et/ou confinement des personnes qui sont à l'intérieur et/ou de la zone d'exposition (valable pour la montée des eaux).

Les indicateurs de bases sont répertoriés de la manière suivante:

- la densité, qui indique la concentration des habitants et des flux. Elle est souvent un bon indicateur de la concentration des ressources,
- la population jeune (0-9ans), la population âgée (>70ans), les personnes à mobilité réduite, l'habitat précaire et/ou mobile.

Avec de tels indicateurs, le profil le plus vulnérable se trouve exclusivement au centre-ville. Cette étape ne peut donc servir de base pour une analyse approfondie.

La vulnérabilité "sociétale" dépend de la répartition de la population, de sa réaction en cas de crise et de sa capacité sociale de gestion de crise. Des études montrent que l'efficacité de la sensibilisation est plus élevée en fonction du niveau de formation.

La vulnérabilité des infrastructures a été estimée par deux enquêtes:

- l'une sur l'habitat collectif,
- l'autre sur les capacités des établissements recevant du public.

«Par contre, les axes de transport, qui devraient être considérés pour leur rôle dans l'acheminement des secours et dans l'évacuation de la population n'ont pas été pris en compte par manque de données et par manque de compatibilité avec les autres données recueillies à l'échelle des îlots»

Le cadre réglementaire

Le cadre se voit alors renforcer avec la Loi Bachelot: alors que la directive SEVESO se contente de ne pas aggraver la situation, la loi Bachelot s'attaque à la reconquête des périmètres exposés, avec les PPRT et des expropriations. La reconquête du foncier s'appuie donc sur la délimitation des périmètres exposés dans les plans d'intervention.

COMMENTAIRE :

Dans le cas de Lyon, l'étude de la vulnérabilité ne concerne pas les risques d'inondation, cependant les notions de risque, de vulnérabilité ainsi que d'analyse multicritère sont clairement explicités.

Dans le cadre de notre étude, il est bon de noter que la vulnérabilité ne peut pas seulement être prise en compte de manière financière, en pensant seulement aux dégâts d'un aléa. Différents aspects, décrits dans l'analyse sociétale ne peuvent être clairement mesurés malgré qu'ils puissent fortement influencer la vulnérabilité du territoire.

L'analyse multicritère ainsi que la définition des degrés de vulnérabilité sont souvent arbitraires : en effet, on voit que la politique du territoire et des acteurs influence très rapidement les mesures de prévention des risques. Cette méthode semble donc particulièrement délicate à mettre en place et si la vulnérabilité est vue d'un point de vue plus scientifique que politique, elle n'est peut-être pas adaptée à une telle analyse.

Enfin, parmi les critères cités, celui d'accessibilité est dit «manquant». Alors que les axes de transport sont très importants en tant de crise, ils ne sont pas pris en compte dans l'analyse de la vulnérabilité, «par manque de données et manque de compatibilité avec les autres données recueillies sur le site». Cette défaillance au sein du choix des critères n'est pas négligeable et le travail des chercheurs et analystes pourrait s'orienter sur l'intégration de l'accessibilité dans les analyses de la vulnérabilité d'un territoire.

B. L'EVALUATION DE LA VULNERABILITE DE LA LOIRE DANS L'ETUDE METHODOLOIRE

Dans le cadre de Méthodoloire, la méthodologie montre que des critères basiques sont pris en compte dans l'étude de la vulnérabilité du territoire. Les indicateurs choisis sont les suivants:

- les indicateurs relatifs aux logements et aux populations,
- les indicateurs relatifs aux activités économiques,
- les indicateurs relatifs aux vulnérabilités indirectes.

Tous ces indicateurs sont issus du travail effectué lors de l'étude Loire Moyenne. Ils sont très communs, facilement trouvables avec les différentes bases de données de l'INSEE, les IRIS ou encore la BD SIRENE.

Les indicateurs relatifs aux logements et aux populations servent principalement à comptabiliser le nombre de personnes et de logements pouvant être touchés, ainsi que de recenser des personnes vulnérables (vulnérables physiquement et financièrement puisqu'un postulat serait qu'ils sont alors plus vulnérables à l'inondation). Enfin, les dynamiques immobilières sont étudiées afin d'identifier les zones en expansion et de porter plus d'attention à ces zones en évolution.

Les indicateurs relatifs aux activités économiques évaluent à la fois l'importance des activités économiques, en termes d'emploi ou de chiffres d'affaires par exemple, les dynamismes en termes d'emploi mais aussi l'exposition des secteurs clés, c'est à dire des industries spécialisées. Un postulat de l'étude est le suivant: «une économie est d'autant plus vulnérable que son activité est spécialisée»

En ce qui concerne la vulnérabilité indirecte, cela concerne donc «la prise en compte des conséquences hors zone inondable liées à l'exposition aux inondations d'un certain nombre d'équipements collectifs». Dans le cadre de cette étude, quatre entrées différentes ont été choisies :

- l'exposition des services de gestion de crise,
- l'exposition des activités servant au retour à la normale et à la reconstruction,
- l'exposition des activités générant un sur-endommagement,
- l'inondation de tout ou partie du réseau collectif.

Dans le cadre plus restreint de la gestion de l'accessibilité et de la vulnérabilité des réseaux routiers, l'accessibilité est plus ou moins prise en compte. Dans le cadre de l'étude de l'agglomération tourangelle, des calculs de chemin le plus court ont été faits, le croisement entre aléas et axe routier a lui aussi été fait, considérant que les routes n'étaient plus utilisables lorsque l'aléa était fort ou très fort. Cependant, pour calculer cette accessibilité, les communes ont été représentées sous forme de centroïde. Parmi les cartes qui sont présentées, aucune ne prend en compte les différents bâtiments et services et aucune ne calcule leur accessibilité.

COMMENTAIRE :

Dans le cadre de cette étude, les différents critères utilisés sont représentatifs de la vulnérabilité du territoire, mais ces derniers sont les plus communs et n'apportent pas de réelle plus-value à ce type d'étude. En laissant de côté certains aspects liés aux déplacements, l'accessibilité n'est qu'abordée. La représentation des villes reste cependant très approximative, puisqu'aucune distinction au sein de cette dernière n'est réellement faite, par exemple à l'échelle des quartiers ou plus finement à l'échelle des ilots. Ce manque de précision ne permet pas de juger objectivement de la vulnérabilité d'un territoire en termes d'accessibilité.

C. LONDRES ET SA VULNERABILITE APRES L'ARRIVEE DES JEUX OLYMPIQUES DE 2012

London Resilience Partnership, *London Strategic Flood Framework*, Version 2.0, April 2012, 31 pages.

Londres a voulu étudier sa vulnérabilité et les impacts d'une inondation sur un territoire appelé «London-wide». L'étude comprend la possible arrivée de l'inondation, la préparation à l'arrivée de l'inondation ainsi que l'instant pendant lequel la ville est inondée (la ville place donc son étude dans le cadre de la prévention et de la gestion de l'inondation).

Le but de ce document est donc défini comme étant le suivant :

- Fournir la direction stratégique aux responsables londoniens, avant, pendant et après une inondation significative à Londres (*«Provide strategic direction to London responders, before, during and after a significant flooding incident in London»*).
- Fournir les liens entre les plans et procédures existants (*«Provide the necessary links to existing plans and procedures»*).
- Identifier les leviers et mécanismes pour invoquer une réponse dans le "Londres-élargi" (*«Identify triggers and mechanisms for invoking a London-wide response»*).
- Fournir aux responsables des conseils pour le public, avant et pendant et après l'inondation (*«Provide responders with guidance about warning the public before, during and after a flood»*).
- Confirmer les actions que les responsables doivent mettre en place à chaque étape de l'inondation (*«Confirm the actions responders should take at each stage of a flooding incident»*).

Après avoir fait une liste des différents types d'inondations face auxquels la ville peut être soumise, le document tend à définir les différents techniques de gestion de crise qu'il faudrait mettre en place avec la population.

Dans le but de rendre les consignes à effectuer claires, le document distingue donc deux étapes d'activation des plans : la préparation et la réponse. Les différents indicateurs sont donc classés en fonction des étapes dans lesquels ils sont les plus pertinents. Un tableau permet alors de classer les indicateurs, les plans et les démarches à suivre selon chaque étape.

Afin de mieux informer et préparer la population, des systèmes d'avertissements et d'informations sont mis en place. Ces différents outils informent la population par message des possibles risques ainsi que des instructions à suivre. Les agences de l'environnement et les médias sont des relais importants dans la transmission des informations.

COMMENTAIRE :

Dans le cadre de cette étude, l'effort est porté par le besoin d'informer à la fois les décideurs et à la fois les habitants de Londres sur les démarches, les indicateurs et les plans présents et utiles sur le territoire dans le cadre de la prévention et la gestion de l'inondation.

La définition ou limitation du territoire est un élément important sur une ville aussi grande que Londres. En effet, le rayonnement de Londres peut être un véritable problème pour les autorités et si la vulnérabilité est très élevée, la réduction de celle-ci doit se faire en préparant au mieux les personnes concernées.

L'intérêt d'une telle étude montre donc que l'information de ces acteurs et de ces habitants est un outil intéressant lorsqu'il est question de vulnérabilité, afin de rendre le territoire moins vulnérable.

D. LE CONCEPT DE RESILIENCE

Magali REGHEZZA-ZITT, *La résilience urbaine comme nouvelle stratégie de gestion du risque. La métropole francilienne face à la grande crue*, dans : Géraldine DJAMENT-TRAN, Magali REGHEZZA-ZITT, *Résilience urbaine, les villes face aux catastrophes*.

Paris est soumis à différents types d'aléas inondations. Suite à ce potentiel risque, les endommagements peuvent être considérables et l'urbanisation a une forte influence sur les enjeux. Le fait que Paris se soit considérablement développée, depuis 1910 avec la métropolisation et le rayonnement international de la capitale, fait que le risque d'inondation n'est pas seulement à l'échelle de l'agglomération, mais aussi à l'échelle nationale voire internationale. De plus, les structures s'étant installées en zone inondable créent une menace d'un risque environnemental supplémentaire.

Il est alors possible de dire que l'urbanisation appelle à l'augmentation du risque. En général, le principe initial est le suivant: le risque est naturel, mais l'homme joue sur cette nature et en se développant considérablement, en densifiant et en polluant, il a une influence directe sur les risques d'inondation. Les enjeux sont donc chaque jour de plus en plus importants.

Historiquement, la prise en compte du risque d'inondation a été menée techniquement. Au moment de la crise, la gestion se faisait de manière improvisée. L'estimation de la vulnérabilité a longtemps été réduite à l'évaluation de l'endommagement. La vulnérabilité n'a été prise en compte qu'à travers des approches économiques, qui sous-estimaient la dimension sociale, par exemple. De plus, on a essentiellement utilisé des approches analytiques pour estimer cette vulnérabilité.

Or une telle démarche se heurte à la moindre complexité, et surtout à la grandeur du système francilien. Il faut prendre en compte tous les aspects : économiques, sociaux, juridiques, sociocognitifs, etc.

A partir des années 1990, le lien entre urbanisation et risques apparaît clairement aux yeux des collectivités. La vulnérabilité sociale rentre alors dans le vocabulaire. Cependant, les solutions proposées restent encore très timides: sensibilisation des élus et des gestionnaires, prescription massive de plan de prévention des risques.

A Paris, un Plan de Secours Spécialisé Inondation Zonal (PSSIZ) a été mis en place. Comportant bien qu'à l'échelle de Paris, il est bien sûr impossible d'atteindre le risque zéro, ce plan s'oriente autour de trois objectifs:

- minimiser autant que possible l'ampleur des submersions afin d'atténuer les dégâts matériels et les perturbations,
- concentrer les moyens de l'Etat sur la sécurité des personnes pendant les phases d'urgence,
- permettre une continuité des fonctions urbaines et métropolitaines stratégiques et revenir le plus rapidement possible à un fonctionnement normal de l'agglomération.

Si le concept et la logique de la résilience sont évoqués explicitement, ils ne sont pas appelés de telle façon directement par les différents décideurs et gestionnaires.

Avec un risque aussi complexe que celui présent sur Paris, à la fois important du fait des aléas naturels et des effets de l'urbanisation, il est alors bon de définir ce risque comme hybride, qui associent des dommages matériels et des perturbations fonctionnelles majeures.

COMMENTAIRE :

Pour Paris, les risques sont à la fois induits par les aléas naturels et l'urbanisation. Avec le rayonnement de Paris, la vulnérabilité et les impacts ne se mesurent pas seulement à l'échelle de l'agglomération mais aussi à une échelle nationale voire internationale.

Pour étudier la vulnérabilité, la difficulté est double. Identifié à la fois l'étendue du terrain d'étude tant les différents enjeux présents sur le site ont un grand rayonnement l'environnement et les activités environnantes et les indicateurs important, puisque la quantité dépendra surtout de la taille du site choisi. L'étude de la vulnérabilité est principalement orientée vers une étude financière des dégâts et laisse donc les impacts sociologiques de côté.

Dans le cas de Paris, la complexité du risque entraîne les différents acteurs à réfléchir différemment. Alors que ces derniers ne parlent pas directement de résilience, ils prennent en compte le fait que le système "Paris" soit le moins perturbé et revienne au plus vite à son fonctionnement normal.

CITERES

UMR 6173

*Cités, Territoires,
Environnement et
Sociétés*

*Equipe IPA-PE
Ingénierie du Projet
d'Aménagement,
Paysage,
Environnement*



Département Aménagement
35 allée Ferdinand de Lesseps
BP 30553
37205 TOURS cedex 3

Directeurs de recherche :
ANDRIEU Dominique
SERRHINI Kamal

FIET Romain
VALLAT Etienne
Projet de Fin d'Etudes
DA5
2012-2013

L'ACCESSIBILITE COMME INDICATEUR DE LA VULNERABILITE D'UN TERRITOIRE FACE AUX INONDATIONS

Résumé :

Le risque d'inondation fait partie des risques majeurs dont la population doit se protéger, la vulnérabilité des territoires face à ce risque doit être une des préoccupations importantes pour les autorités locales et nationales.

Le nombre d'études portant sur ce sujet se multiplie et la Loire est un terrain d'étude qui offre de nombreuses perspectives de travail. Cependant, l'accessibilité n'est pas assez prise en compte alors qu'il est un révélateur pertinent de la vulnérabilité d'un territoire.

Notre projet a consisté en l'utilisation d'un modèle gravitaire pour analyser les flux domicile-travail avant et pendant inondation, afin de démontrer la pertinence de cet indicateur. En formulant des hypothèses d'études, nous avons appliqué ce modèle à l'agglomération orléanaise. Ce travail a permis d'obtenir un aperçu des perturbations qu'une inondation pourrait engendrer. Il permet d'avoir une base de travail pour l'estimation de la vulnérabilité indirecte d'un territoire, notamment pour les enjeux socio-économiques. En effet, une perturbation du réseau routier a des impacts sur les entreprises au moment de l'inondation mais également après inondation.

En effet, en prenant en compte le réseau routier ou en caractérisant de manière plus précise le contexte urbain en termes de population et d'emploi soumis aux aléas, il serait possible d'obtenir des résultats plus fiables.

**Mots Clés : Vulnérabilité / Risque naturel / Inondation / Aide à la décision / Loire / Orléans
Accessibilité / Déplacement domicile-travail / Modèle Gravitaire.**