

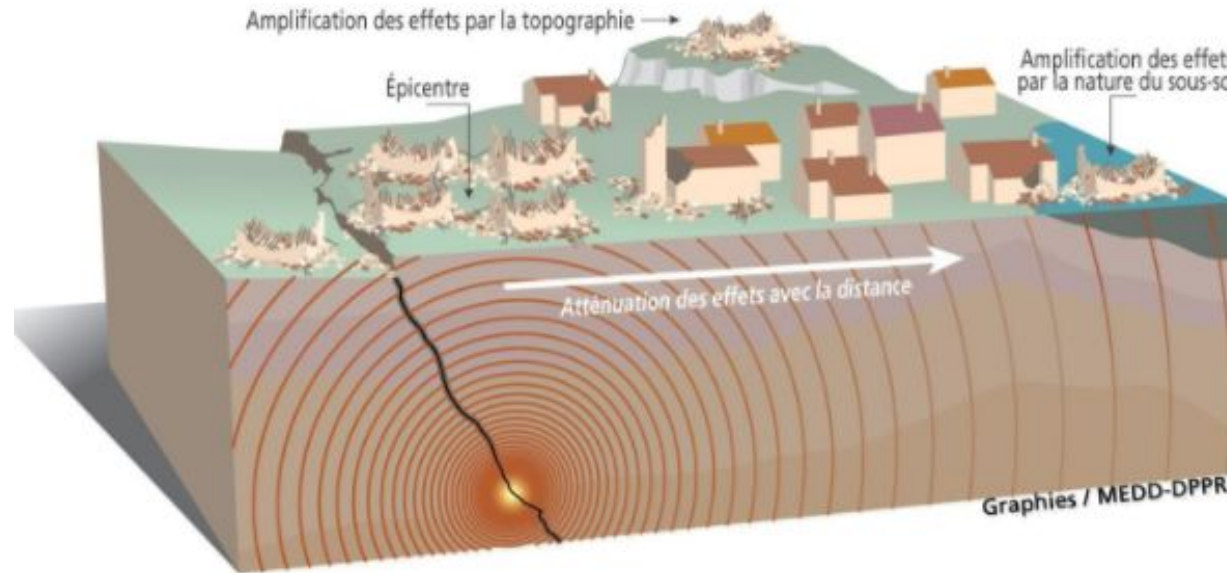
# **PROJET DE FIN D'ÉTUDES**

## **2017/2018**

**Plan d'évacuation post-séisme de la  
population de Nice :  
Affectation sous-optimale de lieux sécurisés  
à des habitants en cas de séisme**

**Étudiants : A. BENEDI - L. DAVID - O. LOUARD**  
**Tuteur : K. SERRHINI**

## Contexte du projet

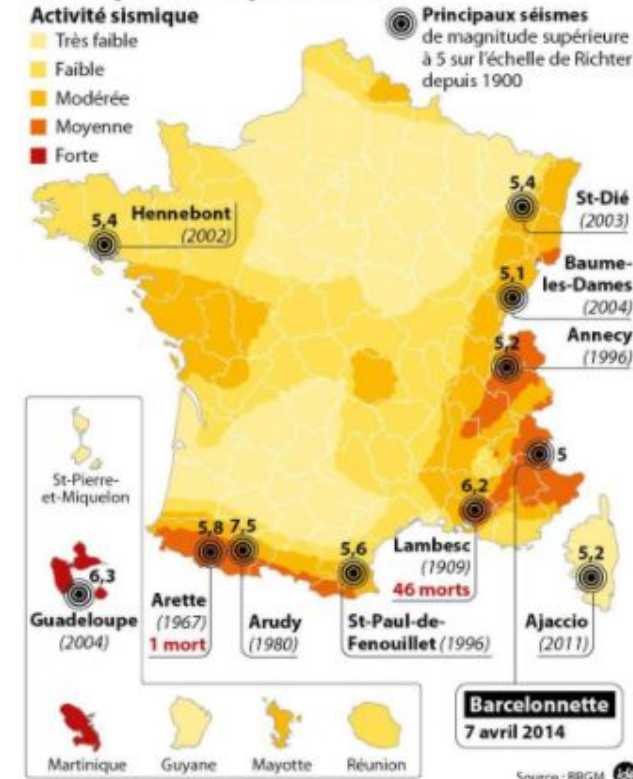


Zones de sismicité	Qualification de l'aléa	Accélération de référence au rocher (*)
Zone 1	Très faible	0,4 m/s <sup>2</sup> soit 0,04 g (**)
Zone 2	Faible	0,7 m/s <sup>2</sup> soit 0,07 g
Zone 3	Modéré	1,1 m/s <sup>2</sup> soit 0,11 g
Zone 4	Moyen	1,6 m/s <sup>2</sup> soit 0,16 g
Zone 5	Fort	3 m/s <sup>2</sup> soit 0,31 g

(\*) L'aléa sismique est caractérisé par une accélération du sol « au rocher »

(\*\*) « g » désigne l'accélération gravitationnelle terrestre (9,81 m/s<sup>2</sup>)

## Le risque sismique en France



Sources: <https://www.nice.fr/fr/gestion-des-risques/les-seismes>

## Plus fort séisme à NICE :

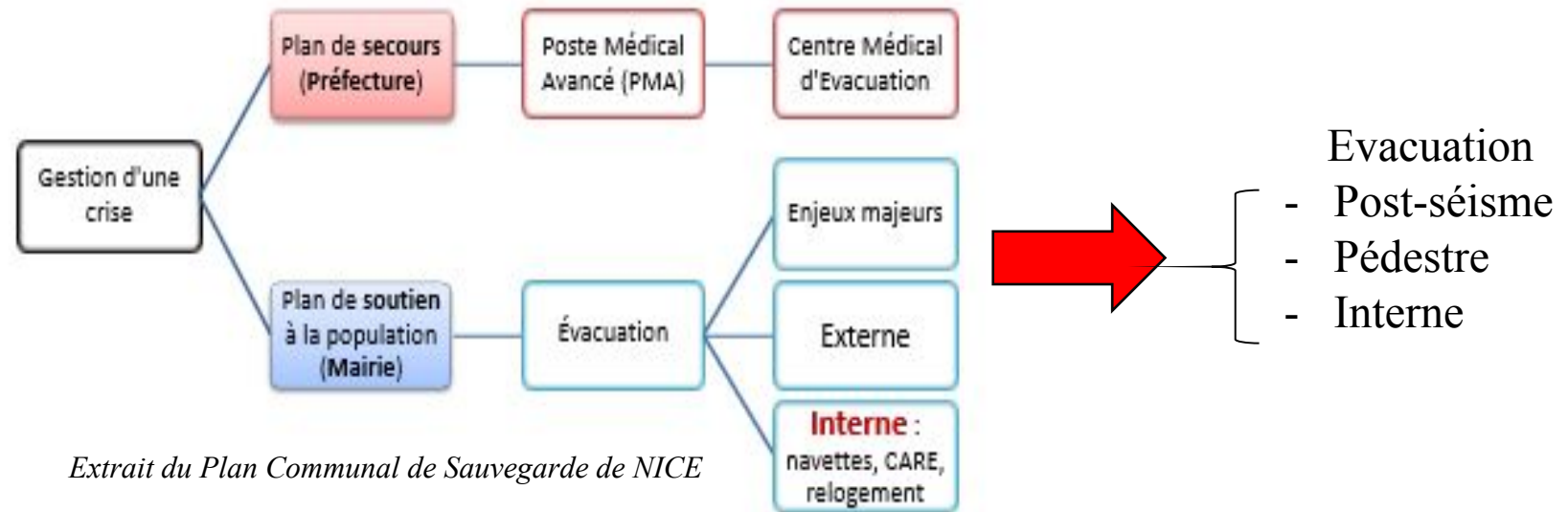
- produit le **23 février 1887**
- a touché **80 000 habitants**
- a causé **635 morts** et **555 blessés**

Plan de prévention du  
risque sismique (PPRS)

Document d'Information Communal  
sur les Risques Majeurs (DICRIM)



## Contexte du projet



## Notre instance de travail

Nombre de bâtiments	Nombre de Centres d'Accueil (CARE)
50634	187
Nombre de sans-abris (NSA)	Capacité des CARE
99314	83731

**15583 places manquantes**

**But général: Recherche de solutions pour l'optimisation de l'affectation des habitants**



- Etudier différentes méthodes d'optimisation d'un problème
- Choisir la méthode qui correspond le plus à notre problématique
- Travailler sur différents moyens informatiques pour la résolution
- Proposer des scénarii possibles afin d'affecter toute la population



## Une étude qui repose sur une optimisation multiobjectif

*Thèse de Jérôme Baray:*

**Objectif:** choisir un emplacement pour un nombre  $p$  d'activités qui doivent fournir  $n$  clients

**Contrainte:** la somme des distances séparant chaque activité aux clients les plus proches soit minimale

### Problème du P-médian:

*“représente une variante de la classe des problèmes de localisation dans le domaine de l'optimisation combinatoire” [Gay, 2011]*

### Domaines d'application :

- la localisation des services d'urgence (police, pompiers, urgences médicales,...)
- les réseaux de communication et informatique (localisation des fichiers informatiques sur des serveurs identifiés)
- les applications militaires
- les activités de services public ou privé
- les activités de transport
- autres

**Minimiser**  $\sum_i \sum_j a_i d_{ij} x_{ij}$

représente la fonction objectif,

Avec  $\sum_i x_{ij} = 1, \forall i,$

Assure que tous les clients sont assignés à une activité et une seule,

$x_{ij} \leq y_j, \forall i, j$

Empêche d'assigner un client à une activité si elle n'est pas ouverte

$\sum_j y_j = p$

Le nombre total d'activités est  $p$ ,

$x_{ij}, y_j \in \{0, 1\}, \forall i, j$

Nature binaire des variables  $x_{ij}, y_j$

$$\frac{n!}{p!(n-p)!}$$

**50634 !**

## Une étude qui repose sur une optimisation multiobjectif

### Le Problème du sac à dos

**Objectif:** choisir des objets à mettre dans un sac afin de maximiser la valeur totale de ces objets sans dépasser la capacité du sac

**Maximiser**  $f(x) = \max \sum_{i \in \{1, \dots, n\}} \sum_{j \in \{1, \dots, m\}} p_i * x_{ij}$   
représente la fonction objectif,

$\sum_{j \in \{1, \dots, m\}} x_{ij} \leq 1 \quad \forall i \in \{1, \dots, n\}$   
Le nombre d'article choisi par objet est limité à 1,

$\sum_{i \in \{1, \dots, n\}} w_i * x_{ij} \leq C_j \quad \forall j \in \{1, \dots, m\}$   
Empêche de dépasser la capacité,

### Le Problème du bin packing

**Objectif:** Trouver un nombre minimal de boîtes nécessaires pour ranger l'ensemble des objets présents.

**Minimiser**  $f(x) = \min \sum_{j \in \{1, \dots, n\}} y_j$   
représente la fonction objectif,

$\sum_{j \in \{1, \dots, n\}} x_{ij} = 1$

$\sum_{i \in \{1, \dots, n\}} w_i * x_{ij} \leq C * y_j \quad \forall j \in \{1, \dots, n\}$   
Empêche de dépasser la capacité,

### Algorithme heuristique et métaheuristique

Font partie des méthodes de résolution approchées

**Heuristique:** une technique de résolution adaptée à un problème précis qui permet d'avoir une solution rapidement mais qui n'est pas optimale.

**Métaheuristique:** une correction des heuristiques. cette technique permet d'avoir des solutions très proches de l'optimum.

## Formalisation du problème multiobjectif

*En se basant sur le problème du p-médian*


Fonction objectif 1 :  $\sum_j \sum_i (P_{ij} * Distance_{ij} * x_{ij}) \min$  Minimiser la distance parcourue

Fonction objectif 2 :  $\sum_j W_j \max$  Maximiser la capacité des CARE

tels que :  $\sum_i (P_{ij} * x_{ij}) \leq W_j$

$x_{ij} \in \{0,1\}, \quad 1 \leq i \leq n \text{ et } 1 \leq j \leq m$

## Modélisation du problème multiobjectif sous ArcGIS

 SIG : Système d'Information Géographique  
Module Emplacement –Allocation « *Location-allocation* » de Network Analyst

 Localiser des ressources (CARE) et leur allouer des points de demandes (Bâtiments – NSA)

### 7 types de problèmes différents

- Minimiser l'impédance
- Optimiser la couverture
- Optimiser la couverture de capacité
- Minimiser les ressources



Problèmes proches de notre problématique de base

- Optimiser la fréquentation
- Optimiser la part de marché
- Part de marché cible



Problèmes traitant de la concurrence entre ressources



## Les problèmes résolus par le module Emplacement-Allocation

Problème	But	Exemple d'application
Minimiser l'impédance	Sélectionne des CARE de manière à ce que la somme totale des distances pondérées (par le nombre de NSA) soit minimisée	Livraison de marchandises
Optimiser la couverture	Sélectionne des CARE de manière à ce que le plus de bâtiments possibles soient dans la solution finale dans la limite d'une certaine distance depuis les CARE.	Entreprise de livraison de pizza

## Les problèmes résolus par le module Emplacement-Allocation

Problème	But	Exemple d'application
Optimiser la couverture de capacité	Sélectionne des CARE de manière à ce que l'intégralité ou le cas échéant une grande partie des bâtiments puisse être affectés, toutefois sans dépasser la capacité des CARE.	Hôpitaux/ Notre problème
Minimiser les ressources	Sélectionner des CARE de manière à allouer le plus de bâtiments aux CARE dans la limite d'une distance. De plus, le solveur cherchera à minimiser le nombre de CARE.	Casernes de pompiers ou postes de police

## Algorithmes de résolution

Matrice de coût Origine-Destination (matrice OD)

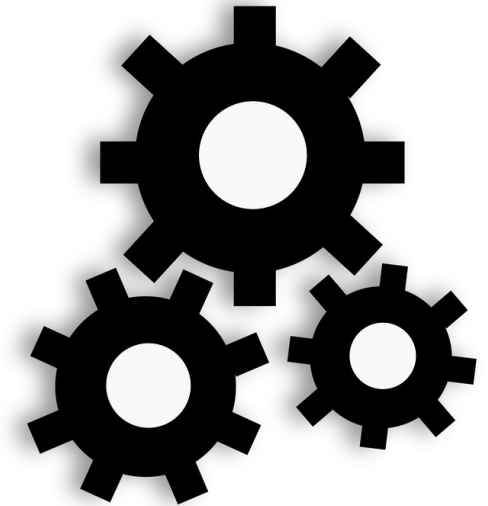
Heuristique : Modification de Hillsman

Emplacement-Allocation génère un ensemble de solutions semi-aléatoire

Heuristique : Substitution de sommet (Teitz et Bart)

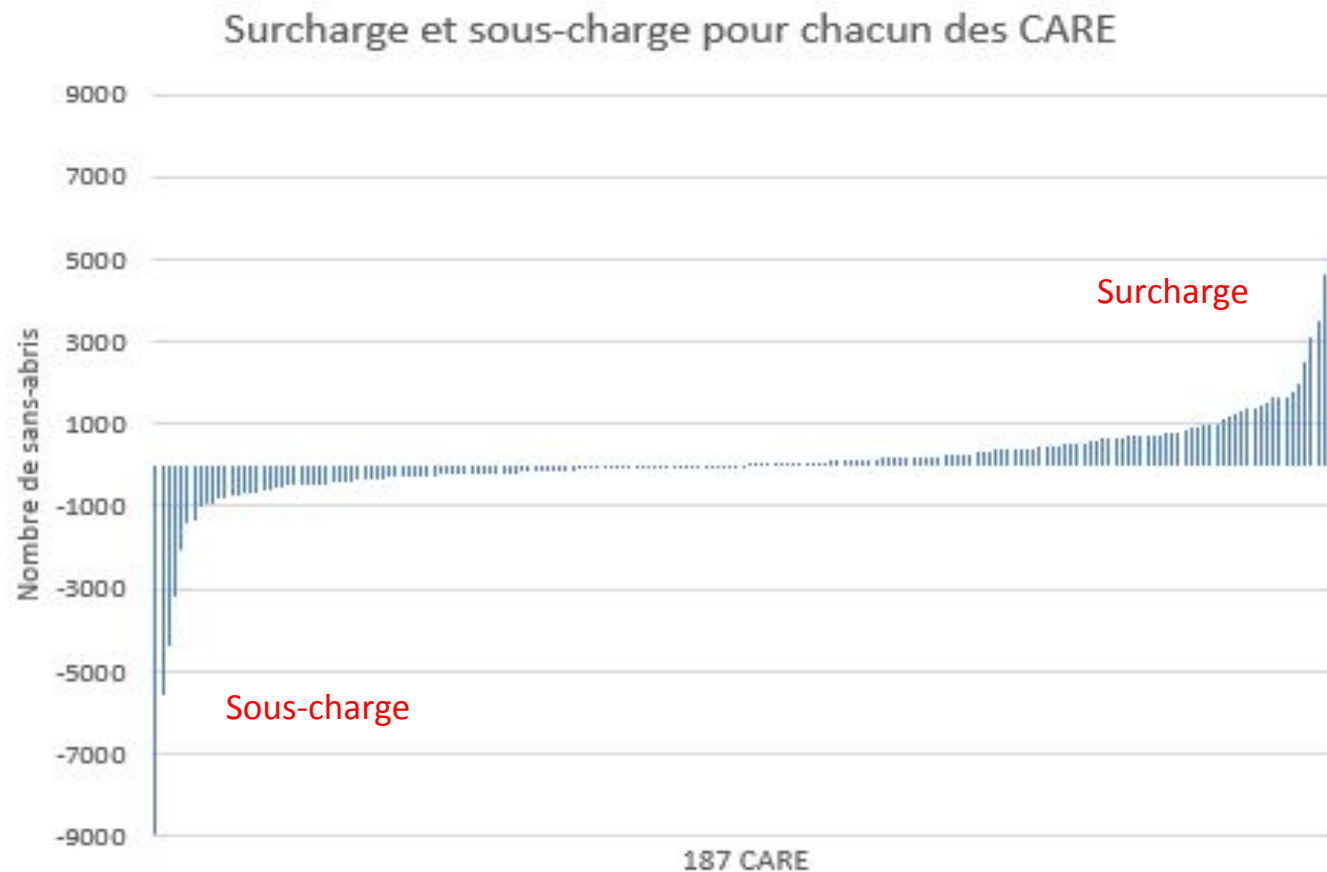
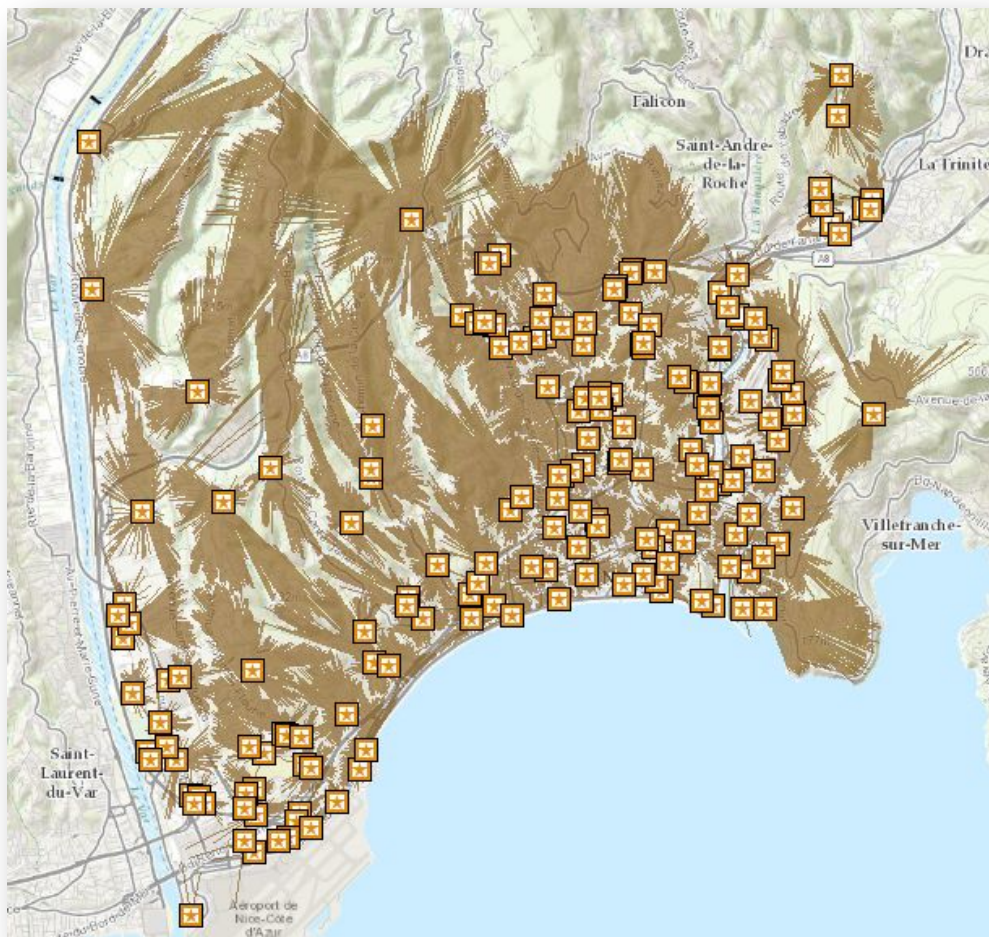
Métaheuristique qui effectue des combinaisons

**Meilleure solution trouvée**



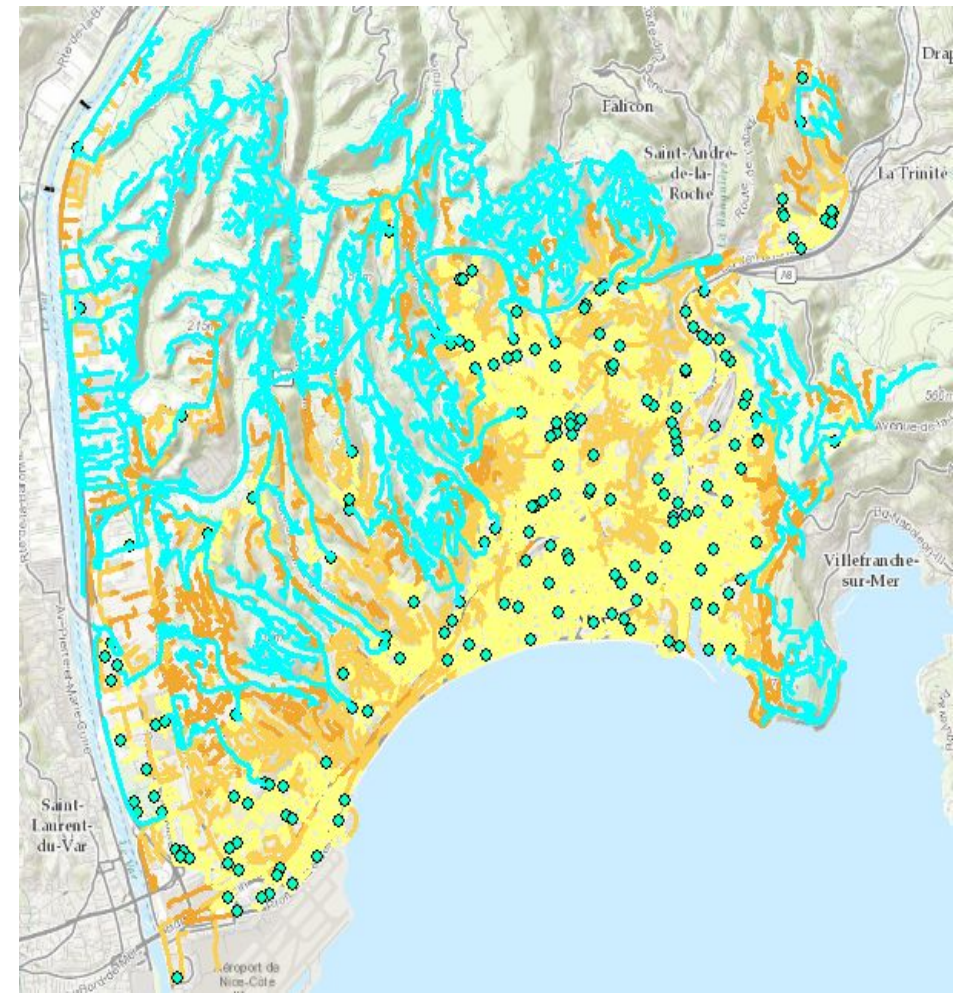
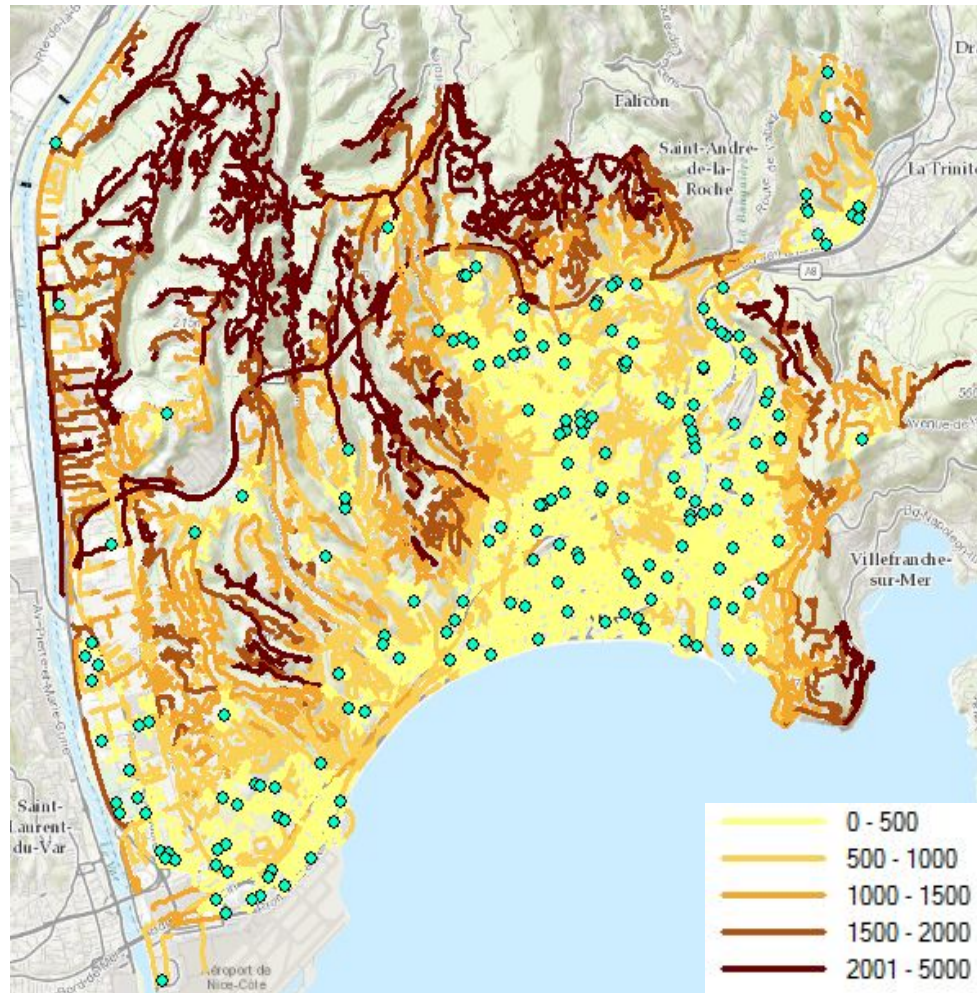
## Scénario 1: Augmenter la capacité des CARE

Fonction objectif 1:  $\sum_j \sum_i (P_{ij} * Distance_{ij} * x_{ij})$  à minimiser



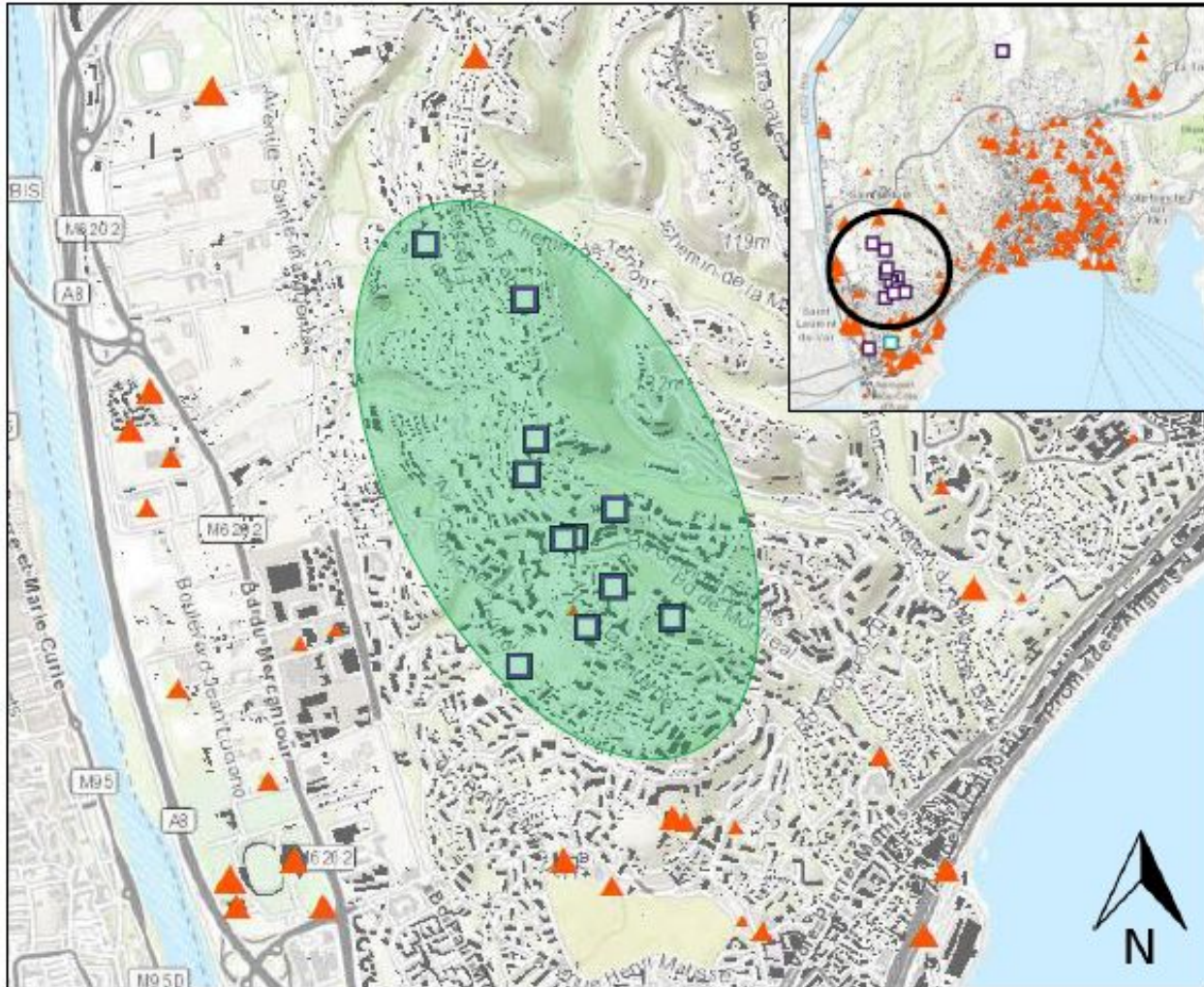


## Scénario 2 : Création de nouveaux CARE





## Scénario 2 : Création de nouveaux CARE



Exemple : Sud-Ouest de Nice

11 nouveaux sites potentiels sur foncier privé

Capacité : 550 personnes

**Action répliquable mais fastidieuse, car tout la commune doit être sondée !**

## La Communication

Optimisation multicritères  
+  
Bonne Communication

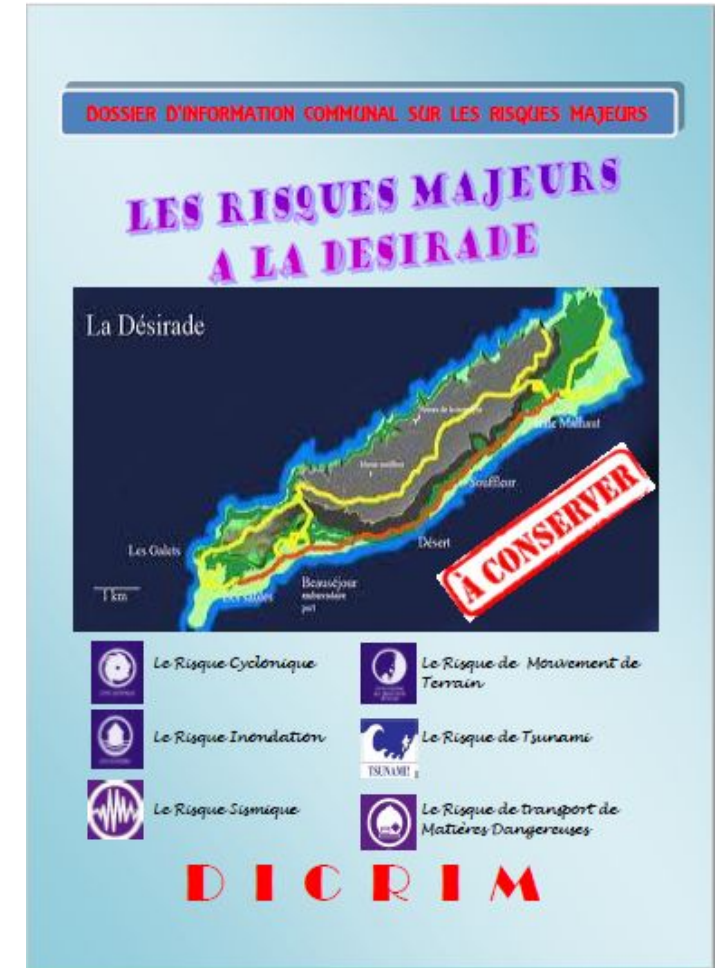
Bonne Gestion du risque

### Points à Modifier :

- Contenus des DICRIM souvent similaires
- Vocabulaire spécifique
- Manque d'interactivité

### Points Inévitables :

- Historique
- Cartographie (nette)

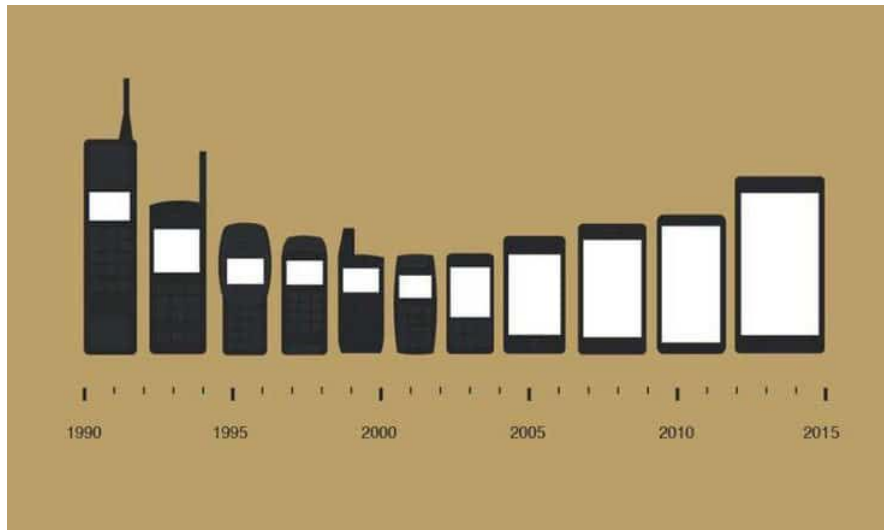


*DICRIM de La Désirade*

# La Communication

## Lier Gestion des Risques et Nouvelles Technologies

**58%** des Français possèdent un smartphone, et **92%** des 12-24 ans



Source : <https://plus.google.com/114235218180020664374>

Des systèmes d'alertes via les portables existent déjà :

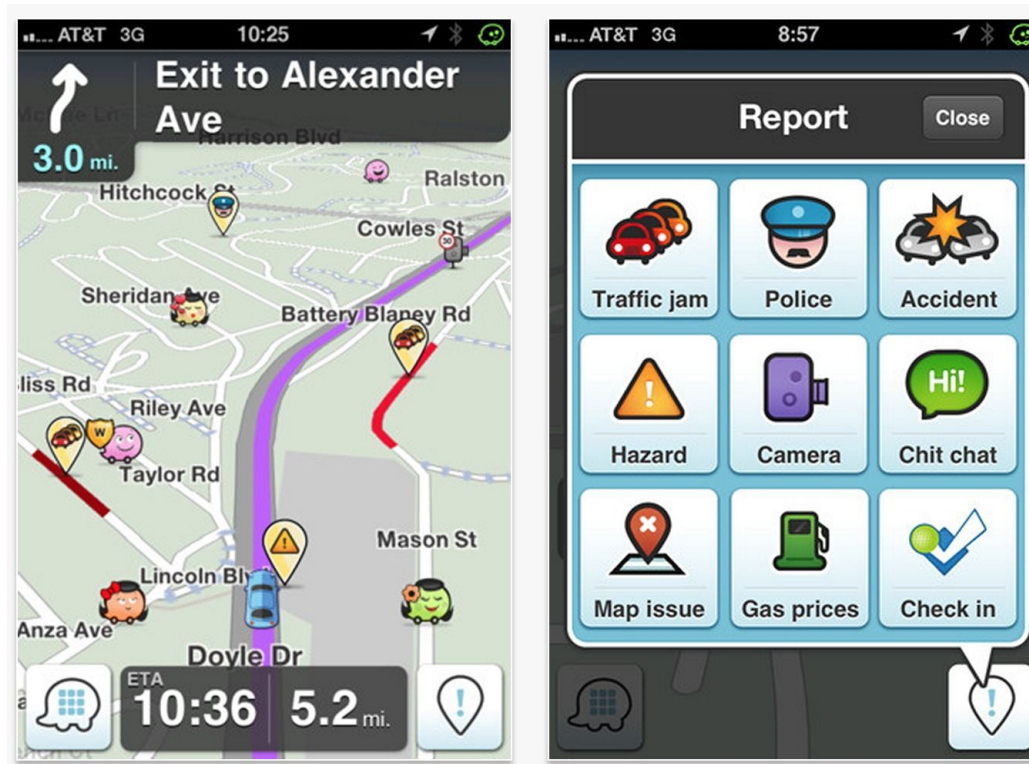
- Systèmes d'alertes par le biais **des téléphones** (Ville de Bourges)
- Système **par internet** qui envoie un message (Système Nord-Américain)

**Les Smartphones bouleversent la société !**



## La Communication

### L'idée d'une Application Participative



Source : Waze

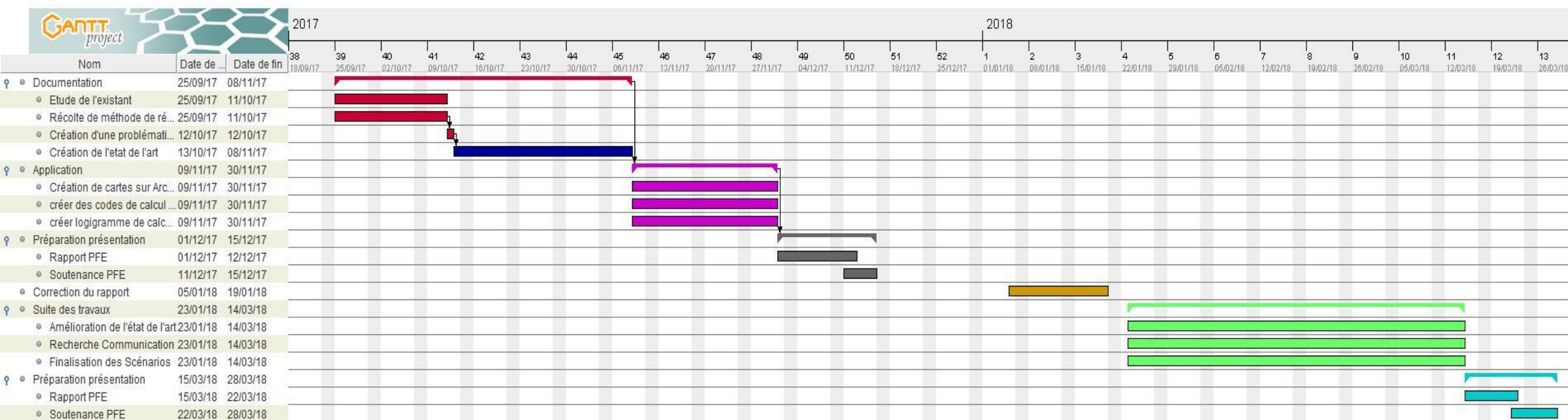
### Exemple d'interface WAZE



Source : DAVID, BENEDI, LOUARD

### Idée d'un DICRIM interactif

# Gestion de projet





## Conclusion

### Etat de l'art (p-médian / ArcGIS)

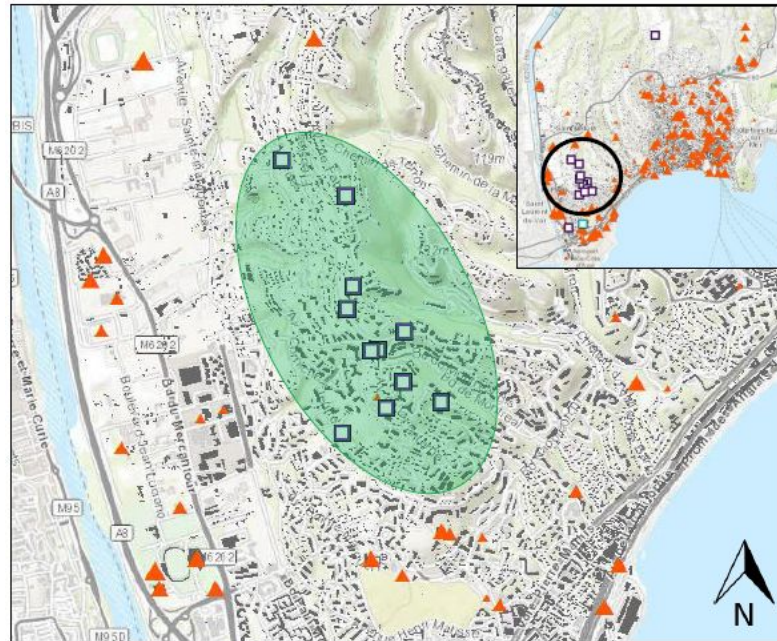
Fonction objectif 1 :  $\sum_j \sum_i (P_{ij} * Distance_{ij} * x_{ij}) \min$

Fonction objectif 2 :  $\sum_j W_j \max$

tels que :  $\sum_i (P_{ij} * x_{ij}) \leq W_j$

$x_{ij} \in \{0,1\}, 1 \leq i \leq n \text{ et } 1 \leq j \leq m$

### Expérimentations



### Communication



## Bibliographie

- 1 ASDOURIAN B. (2010), COMMUNICATION RELATION ET MÉDIAS SOCIAUX Étude du cas de la sensibilisation aux feux de forêt. Sciences de l'Homme et Société. Université de la Méditerranée - Aix-Marseille II, 2010. Français. <tel-00573962>
- 2 BARAY J. (2012), Localisation commerciale multiple : une application du traitement du signal et du modèle p-médian au développement d'un réseau de magasins de produits biologiques. Sciences de l'Homme et Société. Université de Rennes 1, 388p.
- 3 BRGM (2004), Les Enjeux des Géosciences, Fiche de synthèse scientifique n°7, 4p.
- 4 CLEMENT A., CELLE G. (2011), Elaboration d'un Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs (DICRIM) interactif, Ville de Saint-Etienne, IMRa, 87p. Disponible sur : <https://legifrance.gouv.fr/>
- 5 CABINET DELOITTE (2015), Usages Mobiles 2015 A Game of Phones Technologies, Médias et Télécommunications, Deloitte SAS, 30p
- 6 COLLETTE Y., SIARRY P. (2002), Optimisation Multiobjectif. Eyrolles, 328p.
- 7 DOUVINET J., PALLARES R., GENRE-GRANDPIERRE C., GRALEPOIS M., RODE S., SERVAIN-COURANT S. (2013), L'information sur les risques majeurs à l'échelle communale. Cybergeog : European Journal of Geography [En ligne], Espace, Société, Territoire, document 658, mis en ligne le 04 décembre 2013, consulté le 16 mars 2018. URL : <http://journals.openedition.org/cybergeog/26112>
- 8 DOUVINET J., GISCLARD B., SEKEDOUA KOUADIO J., SAINT-MARTIN C., MARTIN G. (2017), Une place pour les technologies smartphones et les Réseaux Sociaux Numériques (RSN) dans les dispositifs institutionnels de l'alerte aux inondations en France ?, Cybergeog : European Journal of Geography [En ligne], Espace, Société, Territoire, document 801, mis en ligne le 05 janvier 2017, consulté le 16 mars 2018. URL : <http://journals.openedition.org/cybergeog/27875> ; DOI : 10.4000/cybergeog.27875
- 9 FERRER L. (2017), Analysis of a risk prevention document using dependability techniques: a first step towards an effectiveness model, Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss, 34p.

## Bibliographie

- 10 GAY J.-C. (2011), Résolution du problème p-médian, application à la restructuration de bases de données semi-structurées. Autres [cq. OH]. Université Blaise Pascal – Clermont-Ferrand II, 133p.
- 11 HANDLER G.Y., MIRCHANDANI P.B. (1979), Locations on Networks, MIT Press, Cambridge, MA.
- 12 JOZEFOWIEZ N. (2013), Optimisation combinatoire multiobjectif : des méthodes aux problèmes, de la Terre à (presque) la Lune. Automatique/Robotique. Institut National Polytechnique de Toulouse (INP Toulouse).
- 13 KHANAFER A. (2010). Algorithmes pour des problèmes de bin packing mono et multi-objectif. Université des Sciences et Technologies de Lille, Institut national de Recherche et Informatique et Automatique (INRIA), 158p.
- 14 LALAMI M.E. (2012). Contribution à la résolution de problèmes d'optimisation combinatoire : méthodes heuristiques et parallèles, Projet de mémoire pour l'obtention du titre de Docteur en Systèmes Informatiques et Automatiques de l'Ecole Doctorale EDSYS, Université Toulouse 3 Paul Sabatier, 158p.
- 15 LE BOURHIS J.-P. (2007), Du savoir cartographique au pouvoir bureaucratique. Les cartes des zones inondables dans la politique des risques (1970-2000), Genèses 2007/3 (n° 68), p. 75-96. DOI 10.3917/gen.068.0075.
- 16 NINGCHUAN X. (2015), GIS Algorithms. SAGE Publications, 336p.
- 17 SAADATSERESHT M., MANSOURIAN A., TALEAI M. (2008), Evacuation planning using multiobjective evolutionary optimization approach. Elsevier, 10p.
- 18 SAUVANET G. (2011), Recherche de chemins multiobjectifs pour la conception et la réalisation d'une centrale de mobilité destinée aux cyclistes. Modélisation et simulation. Université François Rabelais - Tours, 2011. Français. <tel-00603891>
- 19 SERRHINI K., PALKA G., MAIZIA M., NERON E. (2017). Optimisation combinatoire de l'affectation interne de la population de Nice aux centres d'accueil en cas de séisme. Spatial Analysis and GEomatics 2017, Rouen, France. <hal-01650670>.
- 20 WEBER A. (1909), Über den Standort der Industrien, Erster Teil : Reine Theorie des Standorts, Tübingen, J. C. B. Mohr, 223 p., trad. angl. de C. J. Friedrich, Alfred Weber's Theory of Location of Industries, Chicago, University of Chicago Press, 1929, 256 p.

# **PROJET DE FIN D'ÉTUDES**

## **2017/2018**

**MERCI DE VOTRE ATTENTION**

**Étudiants : A. BENEDI - L. DAVID - O. LOUARD**

**Tuteur : K. SERRHINI**