

# Bilan du projet SIGOPT

Projet PEPS Université Paris-Est - CNRS

Serge Lhomme, Université Paris-Est Créteil, Lab'Urba

<https://github.com/IGNF/SIGOPT>

<http://serge.lhomme.pagesperso-orange.fr>

[serge.lhomme@u-pec.fr](mailto:serge.lhomme@u-pec.fr)

10 novembre 2016

# Les objectifs

Un projet articulé autour de trois axes

**La problématique :** comment optimiser la collecte des déchets générés par une crue tout en respectant des contraintes économiques, matérielles, environnementales et humaines ?

Pour répondre à cette problématique, le projet SIGOPT s'articule autour de trois axes :

- Caractérisation et quantification des déchets post-crue ;
- Optimisation de la collecte des déchets ;
- Analyse de la qualité des résultats produits.

Les développements sont appliqués sur le territoire francilien.

L'objectif principal de ce projet est de produire une extension à un SIG permettant d'optimiser de la collecte des déchets post-crue.

# Une extension SIG Mécadépi

Mécadépi : des données accessibles à enrichir et des opérations techniques à effectuer

Mécadépi est une méthode facile d'utilisation permettant de quantifier et de qualifier les déchets des ménages qui pourraient être produits par une inondation sur un territoire français.

L'application de cette méthode requiert l'utilisation d'un SIG, car cette méthode repose sur des données géographiques qu'il convient de croiser et de joindre. La principale difficulté, pour appliquer cette méthode, réside alors dans le calcul du nombre de logements situés en zone inondable.

Afin de faciliter l'implémentation de cette méthode par les gestionnaires et de disposer d'une évaluation de la quantité des déchets générés par une crue de la Seine sur le territoire étudié, une extension au SIG libre QGIS a été développée dans le cadre du projet SIGOPT.

# Une extension SIG Mécadépi

Mécadépi : des données accessibles à enrichir et des opérations techniques à effectuer

Mécadépi, c'est une méthode sommaire et une méthode détaillée.

La méthode sommaire requiert des données qui sont facilement accessibles :

- Une couche vectorielle "bâti", issue de la BDTOPO de l'IGN, qui contient une couche "bâtiments indifférenciés".
- Une couche vectorielle de la zone inondable issue par exemple de la base Géorisque.
- Une couche vectorielle des IRIS.
- Une table attributaire issue d'une enquête logement INSEE.

# Une extension SIG Mécadépi

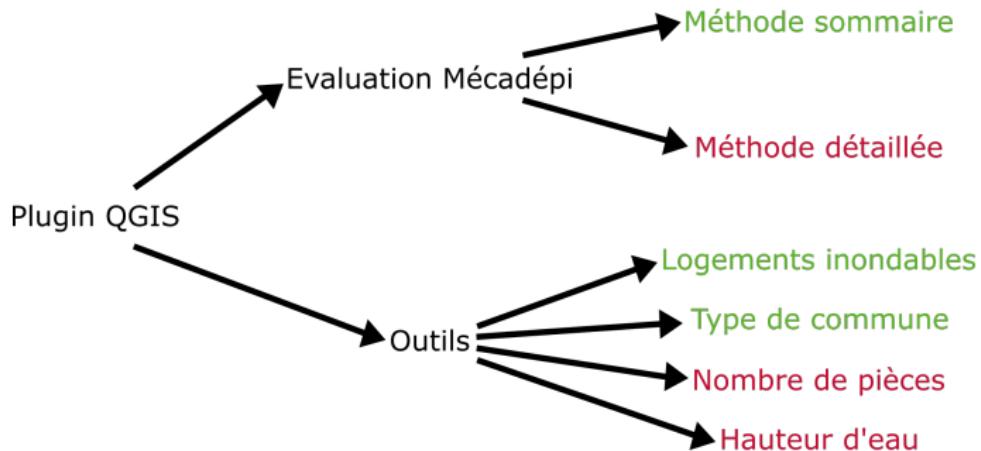
Assurer la partie technique pour se focaliser sur les données

Description du calcul du nombre de logements en zone inondable selon la méthode sommaire :

<b>Couche vectorielle "Bâti"</b>	
Jointure spatiale	Jointure attributaire
Calcul de la superficie	Utilisation d'un seuil de 180 m <sup>2</sup> pour différencier habitats collectifs et individuels
Calcul du nombre d'étages	Utilisation d'un seuil de 2.5 m pour calculer le nombre d'étages des bâtiments collectifs en se fondant sur le champs hauteurs
Calcul de la surface habitable	Simple multiplication entre la superficie calculée et le nombre d'étages évalués
<b>Table attributaire "Logement" de l'INSEE</b>	
Calcul du nombre de logements par bâtiment	Utilisation d'un rapport entre le nombre de logements d'un IRIS (table logement) et la surface habitable totale de l'IRIS calculée (couche bati)
<b>Couche vectorielle "Zone inondable"</b>	

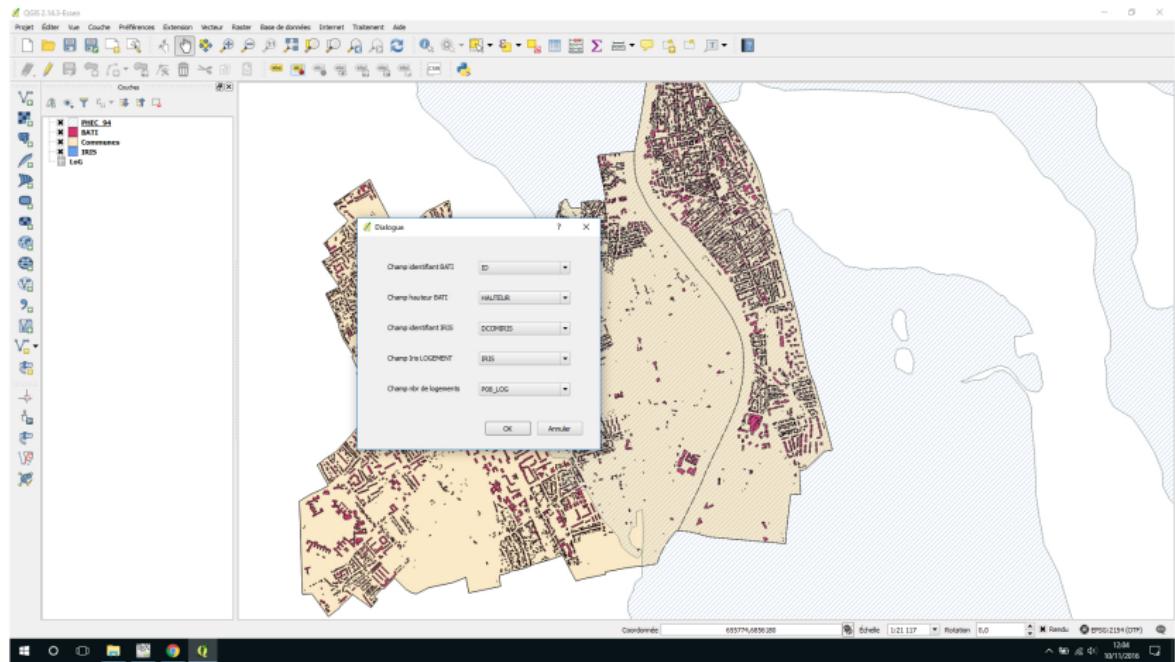
# Une extension SIG Mécadépi

## Description de l'extension



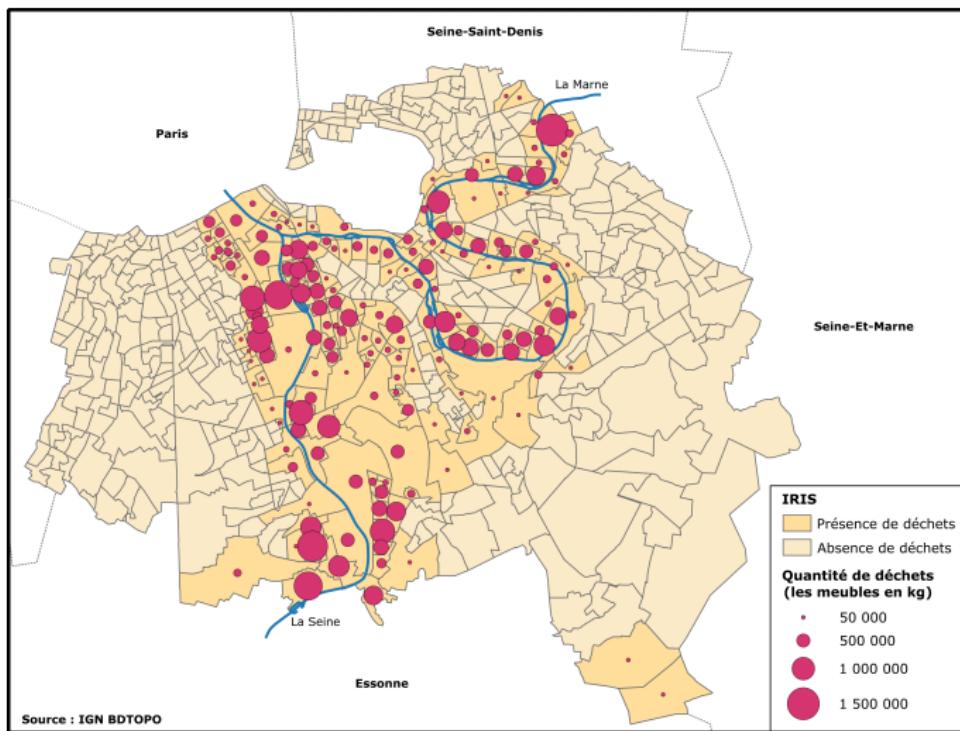
# Une extension SIG Mécadépi

Description de l'extension : calcul du nombre de logements en zone inondable



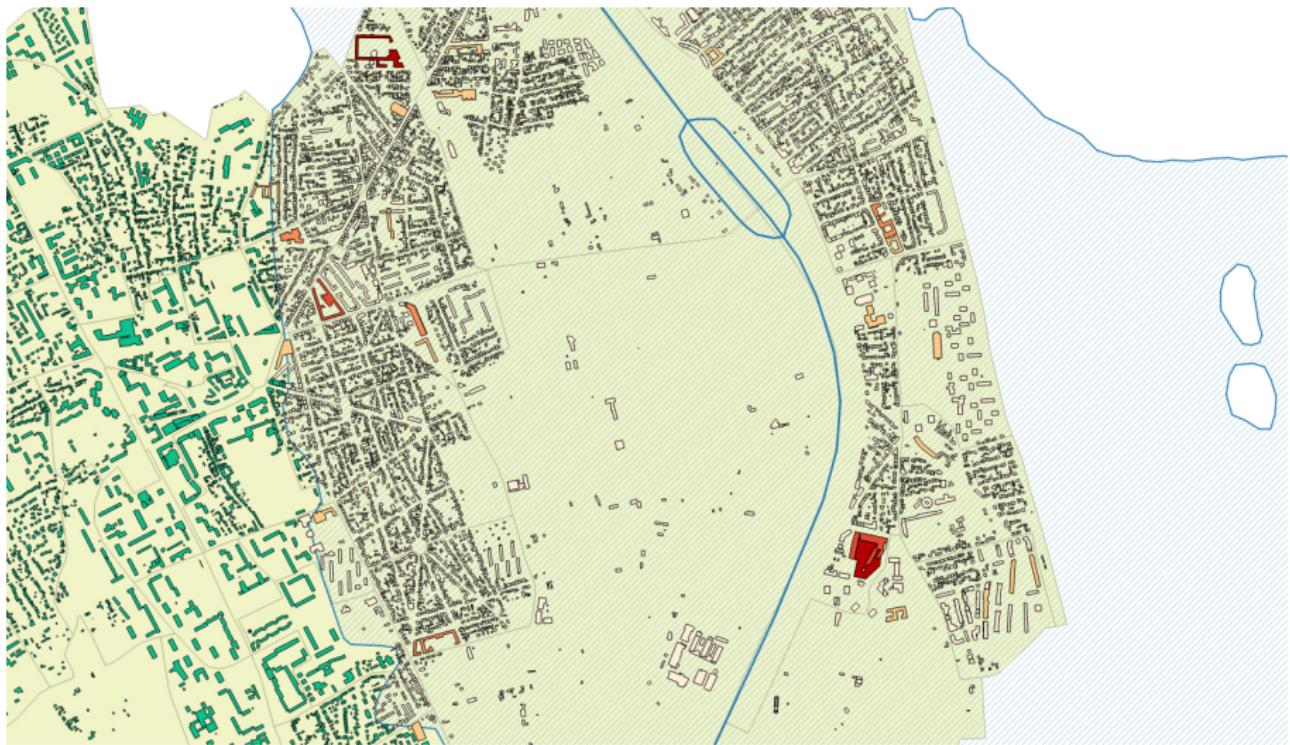
# Une extension SIG Mécadépi

Des résultats bruts au niveau des IRIS



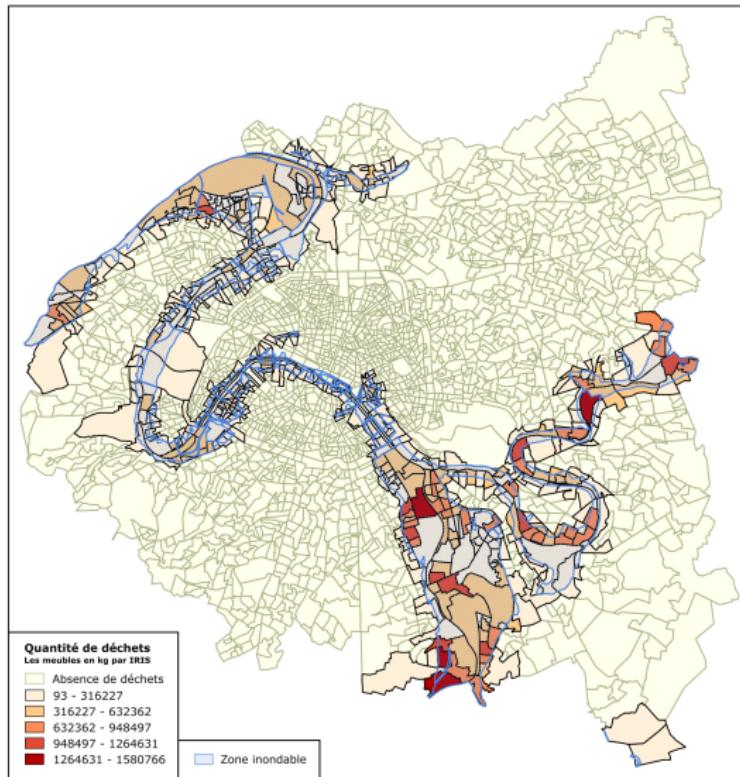
# Une extension SIG Mécadépi

Des résultats bruts au niveau des bâtiments



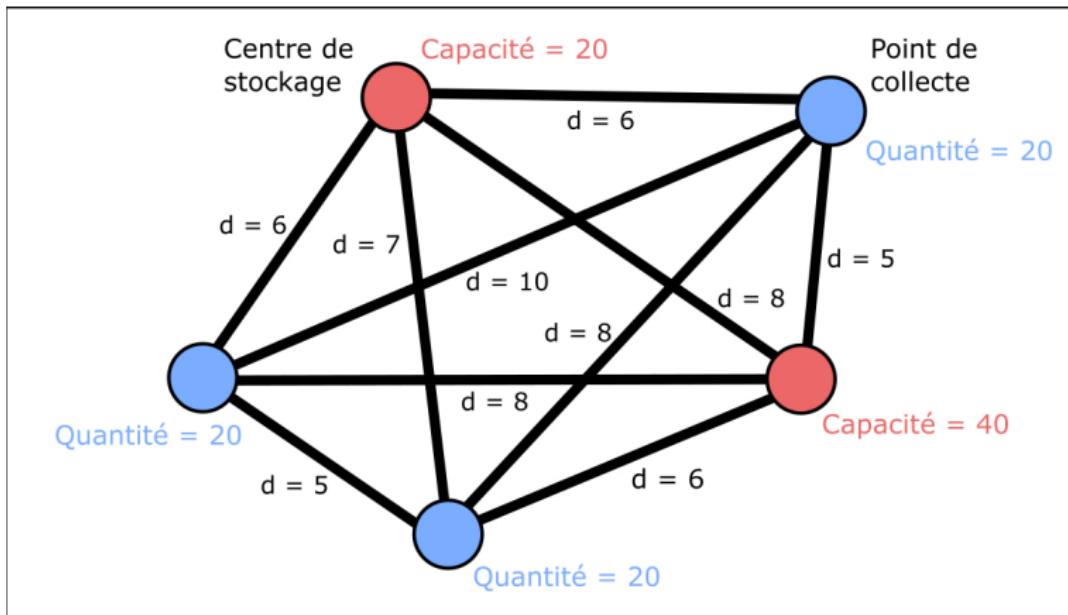
# Une extension SIG Mécadépi

L'Ile-de-France et pourquoi pas la France entière...



# Formalisation mathématique de la collecte

## Description schématique



# Formalisation mathématique de la collecte

## Description schématique

Dans les faits, ce problème peut être rattaché à deux familles de problèmes classiques en recherche opérationnelle : les problèmes de localisation-allocation (Revelle et al., 1977) et les problèmes de tournées de véhicules (Dantzig et Ramser, 1959).

SIGOPT propose d'articuler ces deux familles de problèmes selon une logique à deux niveaux.

Dans un premier temps, la résolution d'un modèle de localisation-allocation permet de minimiser le temps de collecte en affectant au mieux les points de collecte aux centres de stockage pour l'ensemble du territoire étudié.

Dans un deuxième temps, le modèle de tournées de véhicules est appliqué indépendamment pour chaque centre de stockage afin de minimiser le temps de collecte au sein des centres de stockage et d'organiser plus précisément la collecte sur un territoire restreint à un « bassin de collecte ».

# Formalisation mathématique de la collecte

Une résolution exacte impossible

Nb centres de stockage	Nb points de collecte	Temps (s)	
4	9	3.2	Localisation-Allocation
5	10	6.2	
5	15	9.2	
15	15	1200	
15	25	-	

Nb centres de stockage	Nb points de collecte	Nb Véhicules	Temps (s)	
1	3	3	1.27	Tournée de véhicules
1	6	3	5.09	
1	9	3	10.56	
3	10	4	900	
3	30	4	-	

# Formalisation mathématique de la collecte

## Quatre modèles

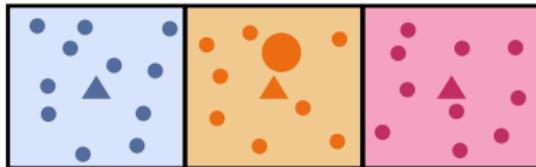
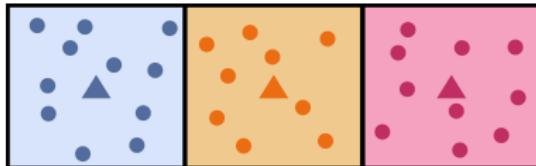
Plus précisément, quatre modèles ont été formalisés :

- Problème de localisation : il consiste à localiser les dépôts de stockage tout en minimisant les nuisances engendrées par ces centres pour le voisinage.
- Problème d'allocation (1/2) : il consiste à affecter de manière optimale les déchets (minimiser le temps de collecte) aux centres de stockage en tenant compte des capacités de stockage.
- Problème d'allocation (2/2) : ce modèle constraint davantage le modèle précédent en cherchant à minimiser le nombre d'aller-retours.
- Problème de tournées de véhicules : il consiste à créer des tournées de véhicules entre un dépôt et ses points de collecte.

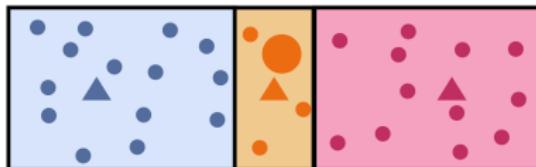
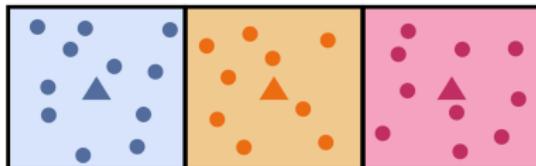
# Formalisation mathématique de la collecte

## Différence entre les deux modèles d'allocation

Modèle allocation "brut"



Modèle allocation avec "aller-retour"



# Formalisation mathématique de la collecte

Un algorithme retenu pour une solution approchée

---

**Algorithm 1** Recuit Simulé d'affectation

---

```
S ⇐ solutionInitialisation
T ⇐ T0
for i := 0 → N do
    S' ⇐ Affectation()
    if (f(S') < f(S) then
        S ⇐ S'
    else if Random[0, 1] < exp  $\frac{-\Delta t}{T}$  then
        S ⇐ S'
    end if
end for
Reduce the temperature
```

---

# Propagation des incertitudes

Une proposition faite pour faire face aux incertitudes

La mise en place d'une collecte efficace nécessite de connaître les quantités de déchets présentes sur les tronçons de route. Cependant, ces quantités sont difficiles à estimer.

Étant donnée la difficulté à leur attribuer une estimation stable, nous proposons un modèle dans lequel les quantités de déchets sont aléatoires. L'objectif est alors de chercher un ensemble de solutions adapté à la variabilité des scénarios envisagés.

Mais nous l'avons vu précédemment, la recherche d'une solution efficace pour un problème de tournée de véhicule est déjà difficile (longue).

C'est pourquoi une proposition a été faite. Lorsque l'on dispose d'une tournée de véhicules efficace pour une certaine répartition des déchets, la conservation d'une efficacité raisonnable après une légère modification de la disposition des déchets ne nécessite que de légères modifications dans les trajectoires des véhicules. On parle de méthode intrusive.

# Propagation des incertitudes

Une proposition faite et ça marche !

$(\xi_1, \xi_2)$	$\xi_1^{(1)}$	$\xi_1^{(2)}$	$\xi_1^{(3)}$	$\xi_1^{(4)}$	$\xi_1^{(5)}$	$\xi_1^{(6)}$
$\xi_2^{(1)}$	173	173	173	173	173	173
$\xi_2^{(2)}$	173	173	173	173	173	173
$\xi_2^{(3)}$	173	173	173	173	173	173
$\xi_2^{(4)}$	173	173	173	173	173	173
$\xi_2^{(5)}$	173	173	173	173	173	173
$\xi_2^{(6)}$	173	173	173	173	173	173

$(\xi_1, \xi_2)$	$\xi_1^{(1)}$	$\xi_1^{(2)}$	$\xi_1^{(3)}$	$\xi_1^{(4)}$	$\xi_1^{(5)}$	$\xi_1^{(6)}$
$\xi_2^{(1)}$	179	183	177	186	183.87	186
$\xi_2^{(2)}$	185	173	182	198	179	181
$\xi_2^{(3)}$	187.96	192	181	186	188	199
$\xi_2^{(4)}$	187	187	194	181	196	200
$\xi_2^{(5)}$	198	197	185	195	201	199
$\xi_2^{(6)}$	174	173	186	186	195	185

## Discussion et perspectives

Mettre en place des partenariats pour valider les résultats de Mécadépi (contacts sur des inondations récentes).

Mettre en place des partenariats pour valider les choix de structuration du plugin (identifier des manques).

Réflexion sur les coefficients de la méthode Mécadépi.

Trouver des financements pour enrichir le plugin existant et implémenter la partie optimisation (stages).