



Étude de faisabilité hydraulique d'un zonage pluvial à Paris

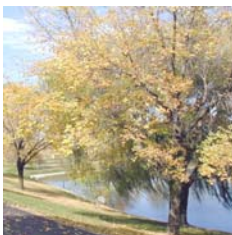
Présentation ASTEE – 09 avril 2008

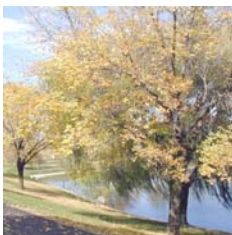


- Contexte et objectifs
- Cadre de l'étude et outils
- Méthodologie, mise en œuvre et principaux résultats

- **Partie I - phase 1** : Diagnostic du fonctionnement du réseau par temps de pluie
- **Partie I - phase 2** : Définition des bassins versants critiques aux eaux pluviales
- **Partie II** : Étude des scénarios de limitation des rejets pluviaux
- **Partie III** : Application localisée aux secteurs critiques
- **Partie IV** : Préconisations sur le zonage pluvial à Paris

2





Contexte et objectifs

3

La gestion des eaux pluviales

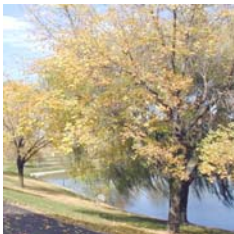
- Assainissement traditionnel
 - tout à l'égout
 - acheminer les effluents au plus vite vers l'aval
- Techniques alternatives : réduire les volumes d'eau ruisselés collectés

Objectifs multiples

- atténuation effets de pointe
- réduction volumes envoyés au réseau
- recyclage eaux pluviales

Mise en oeuvre

- limitation du ruissellement à la parcelle
- abattement à la parcelle/infiltration



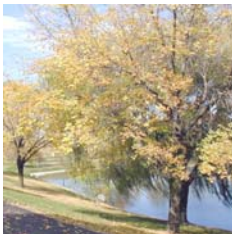
Le contexte parisien

- 
- Un réseau performant contre les risques d'inondation, avec des problématiques de maîtrise du ruissellement pluvial :

- déversements au milieu naturel en temps de pluie
- filières de traitement de temps de pluie saturées

➔ **Réflexion visant à réduire les volumes collectés de temps de pluie**

- déterminer opportunité de mesures de réduction des volumes pluviaux collectés et mise en place
- quantifier l'impact de telles mesures



Objectifs de l'étude de zonage pluvial



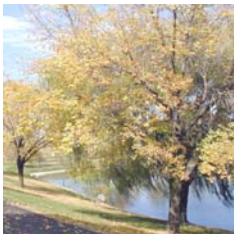
Étude de faisabilité d'un zonage pluvial

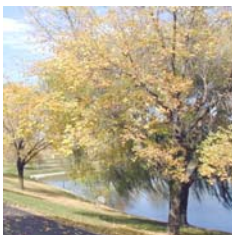
- Définir la méthode et les moyens à mettre en œuvre
- Critère d'aide à la décision pour une politique de gestion durable des eaux de temps de pluie sur Paris
- Prise en compte de l'évolution de l'urbanisation (déjà proche de son maximum) à moyen et long terme



A l'aide de la modélisation couplée SIG

- Tester différents scénarios
- Quantifier l'impact sur le fonctionnement du réseau

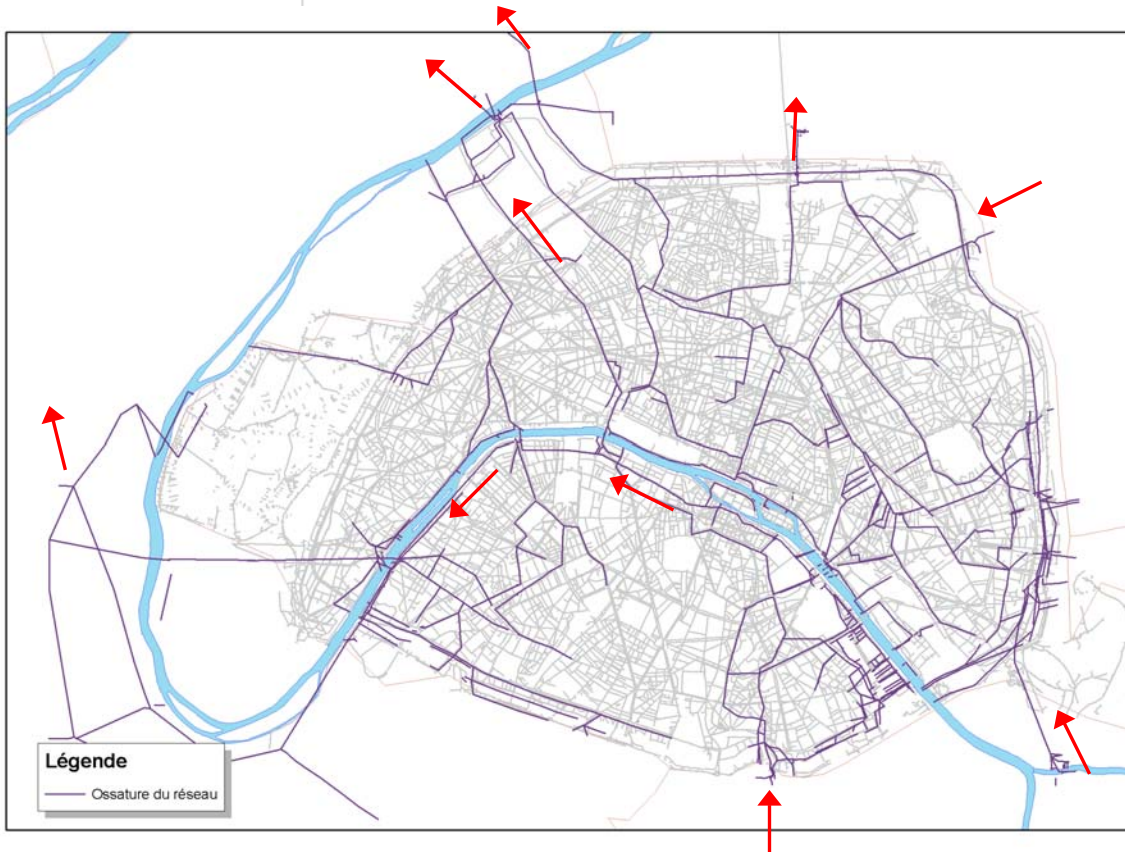




Cadre de l'étude et outils

7

● Système d'assainissement parisien

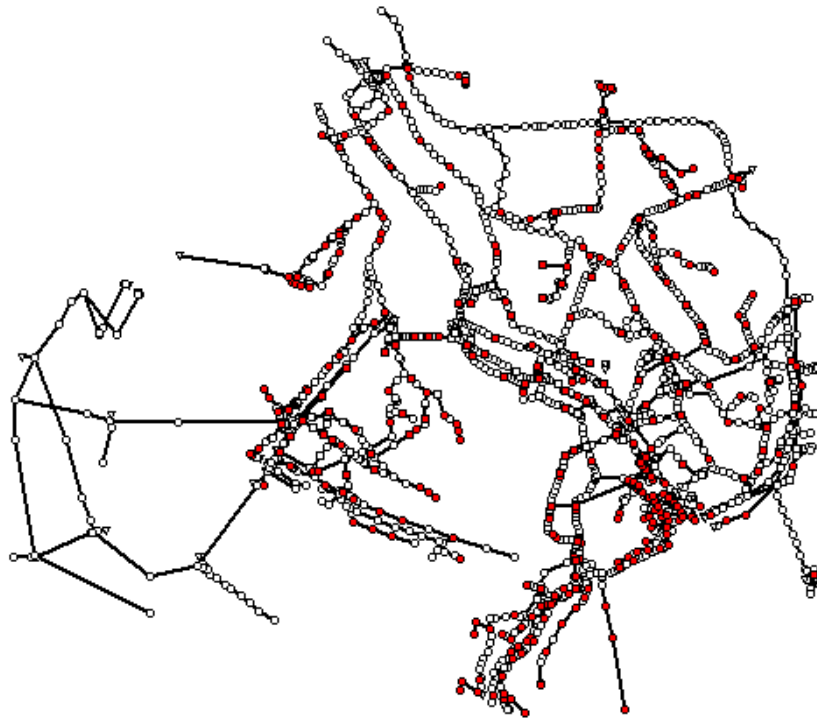
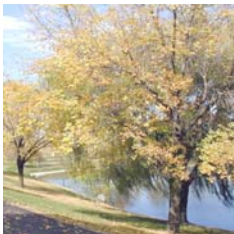


- Majoritairement unitaire
- Grands collecteurs
- Apports amont : réseaux du Val de Marne et de la Seine-Saint-Denis
- Exutoires : réseau du SIAAP (usine de Clichy, émissaires ES1, LAS, CDN)
- Déversement en Seine des effluents excédentaires de temps de pluie

Cadre de l'étude et outils

Présentation du modèle de Paris

● Modèle précédemment construit et calé sous MOUSE



- 2 300 nœuds
- 2 200 conduites
- linéaire d'environ 290 km
- 249 ouvrages
- 394 bassins versants de calcul

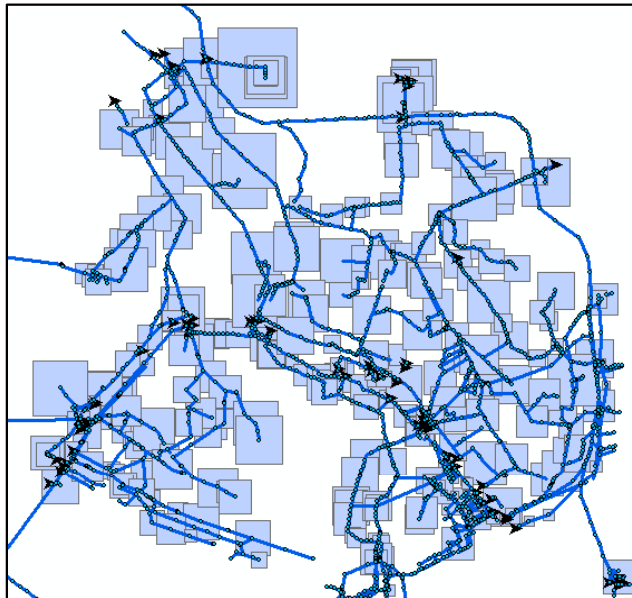


Cadre de l'étude et outils

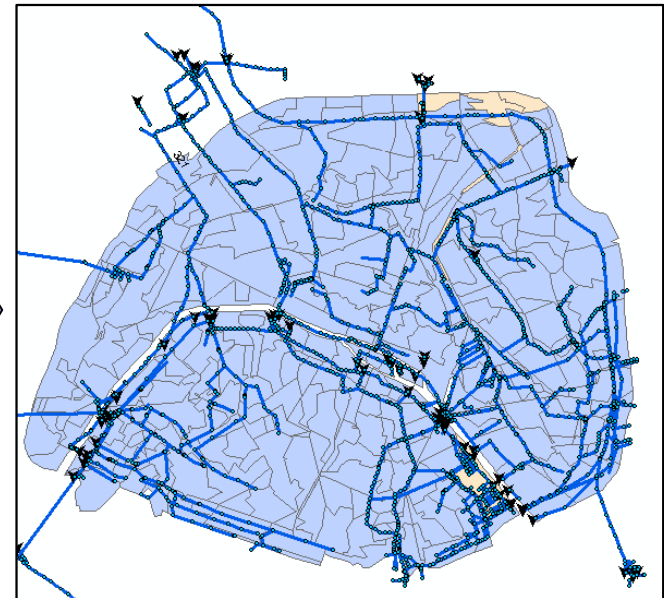
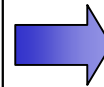
Présentation du modèle de Paris

- Modèle passé sous MIKE URBAN → Fonctionnalités SIG

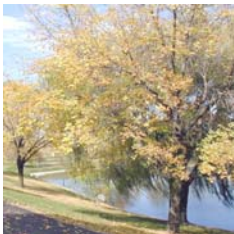
MIKE
URBAN

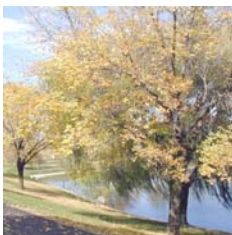


BV de calcul MOUSE



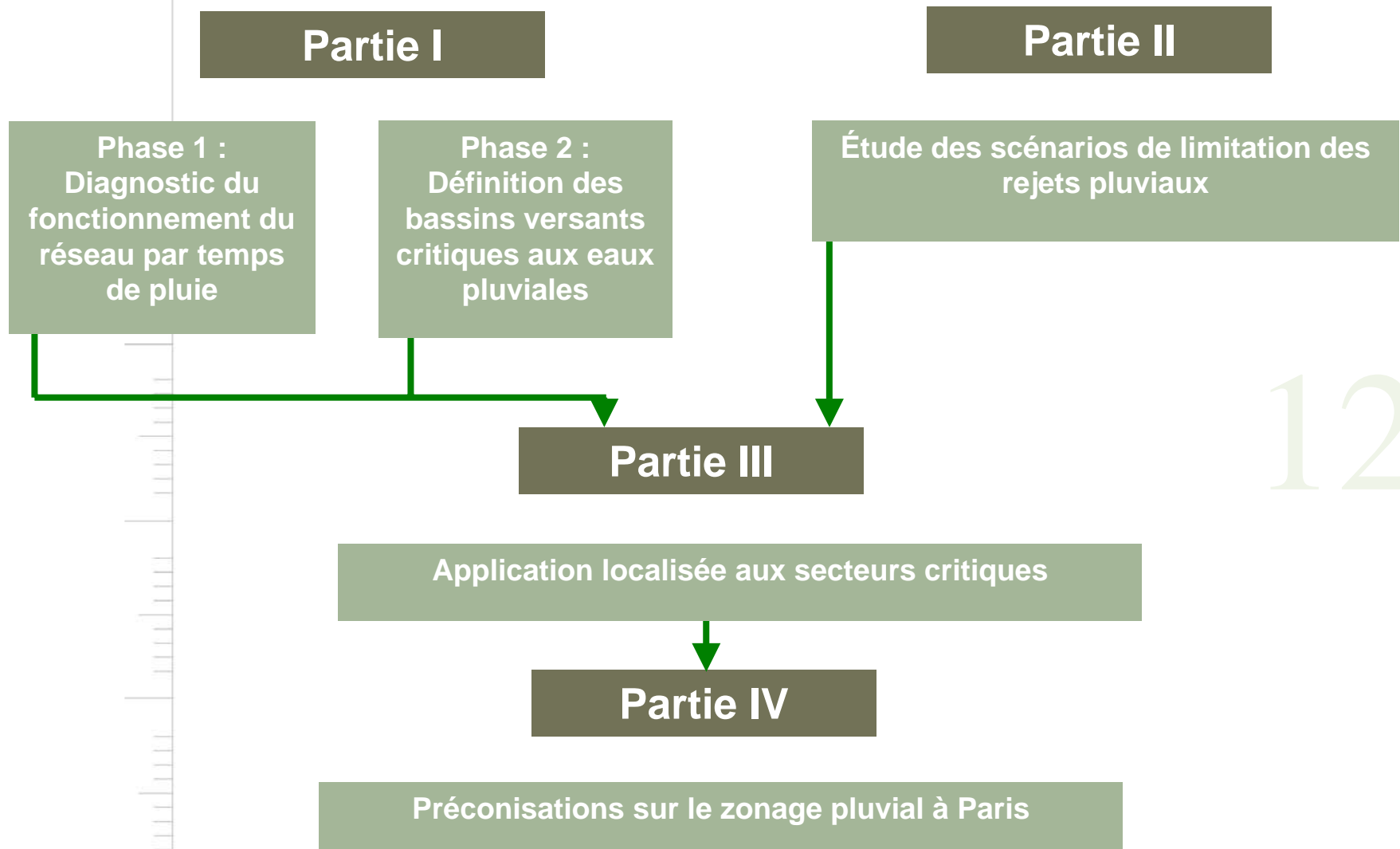
**BV cartographiques MIKE
URBAN**



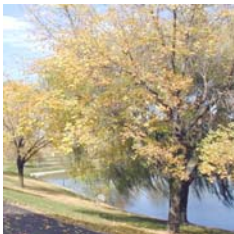


Méthodologie et mise en oeuvre

Méthodologie et mise en oeuvre



12



Partie I - phase 1

Diagnostic du fonctionnement
du réseau par temps de pluie



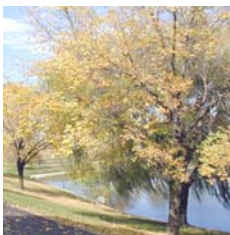
Diagnostic de fonctionnement du réseau

- Mise en œuvre du modèle
- Calcul des débits spécifiques par bassin versant

$$q_{(l/s/ha)} = \frac{\text{Débit de pointe de ruissellement (l/s)}}{\text{Surface totale du BV (ha)}}$$

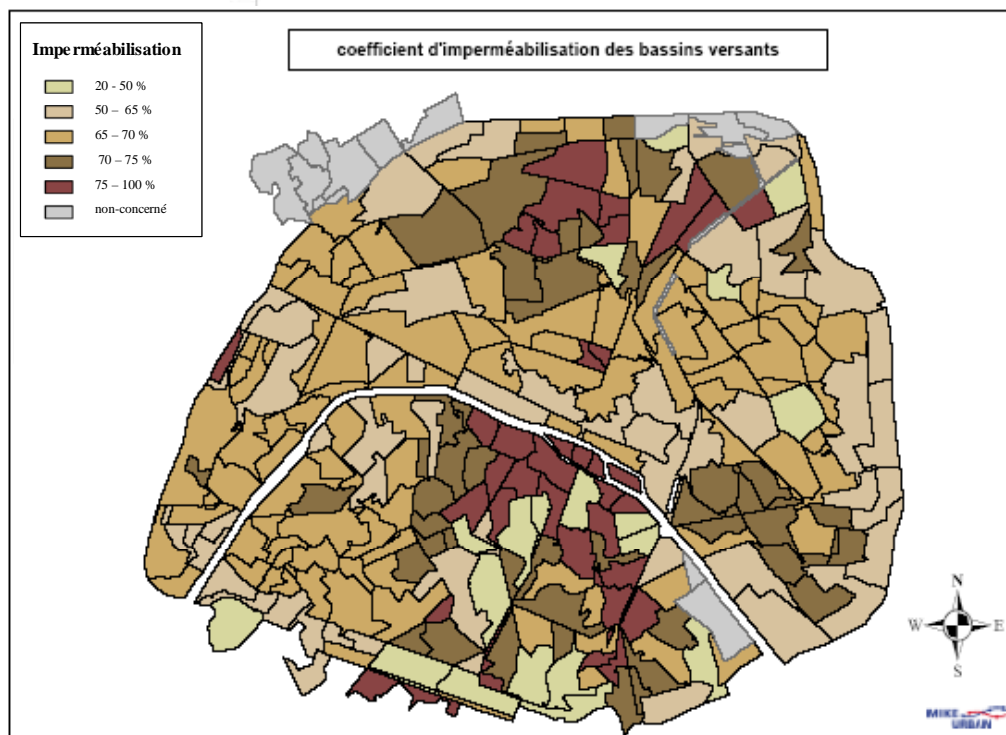
- Fonctionnement capacitaire
- Déversements au milieu naturel

14

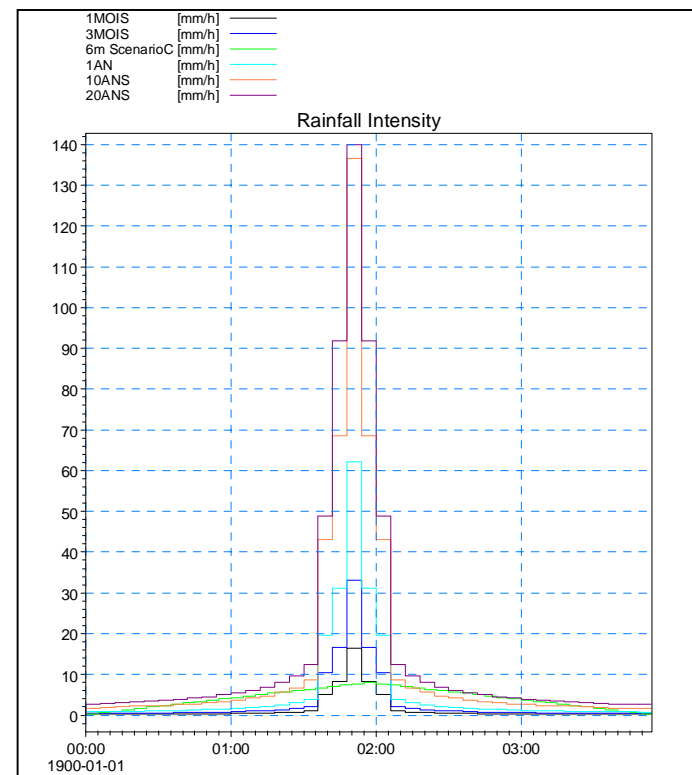


Mise en œuvre des simulations

- Pluies de projet de périodes de retour 1 mois à 20 ans

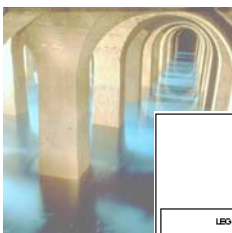


80 % de la surface étudiée a un coefficient d'imperméabilisation compris entre 60 et 80 %

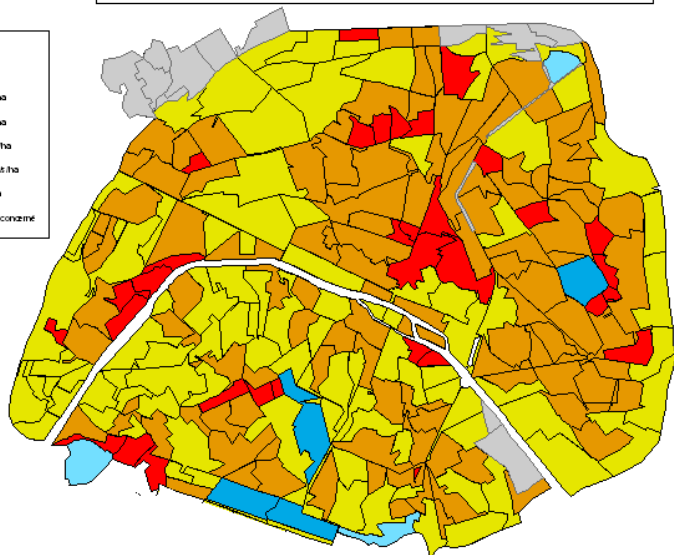
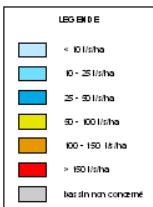


Diagnostic hydrologique

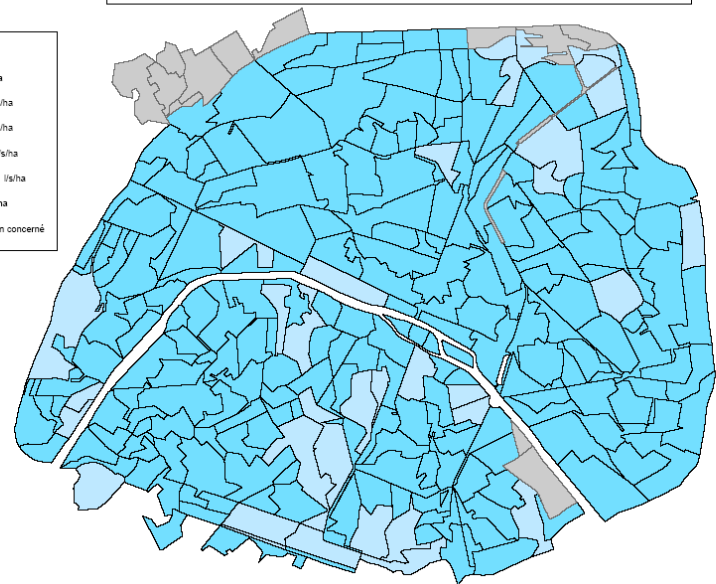
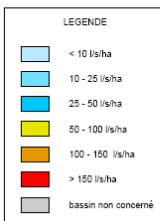
Cartes du débit spécifique de ruissellement



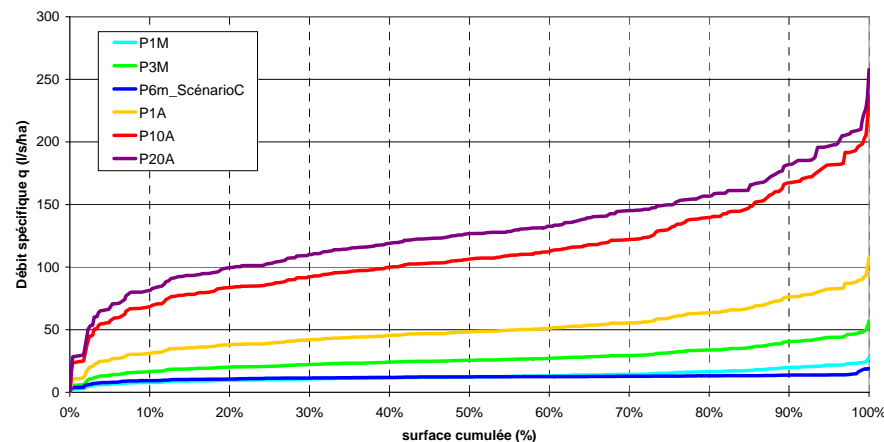
débit spécifique de ruissellement des bassins versants élémentaires
PLUIE 10 ANS



débit spécifique de ruissellement des bassins versants élémentaires
PLUIE 6 MOIS scénario C

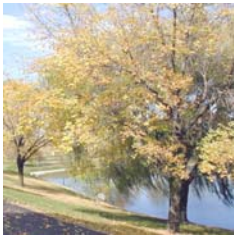
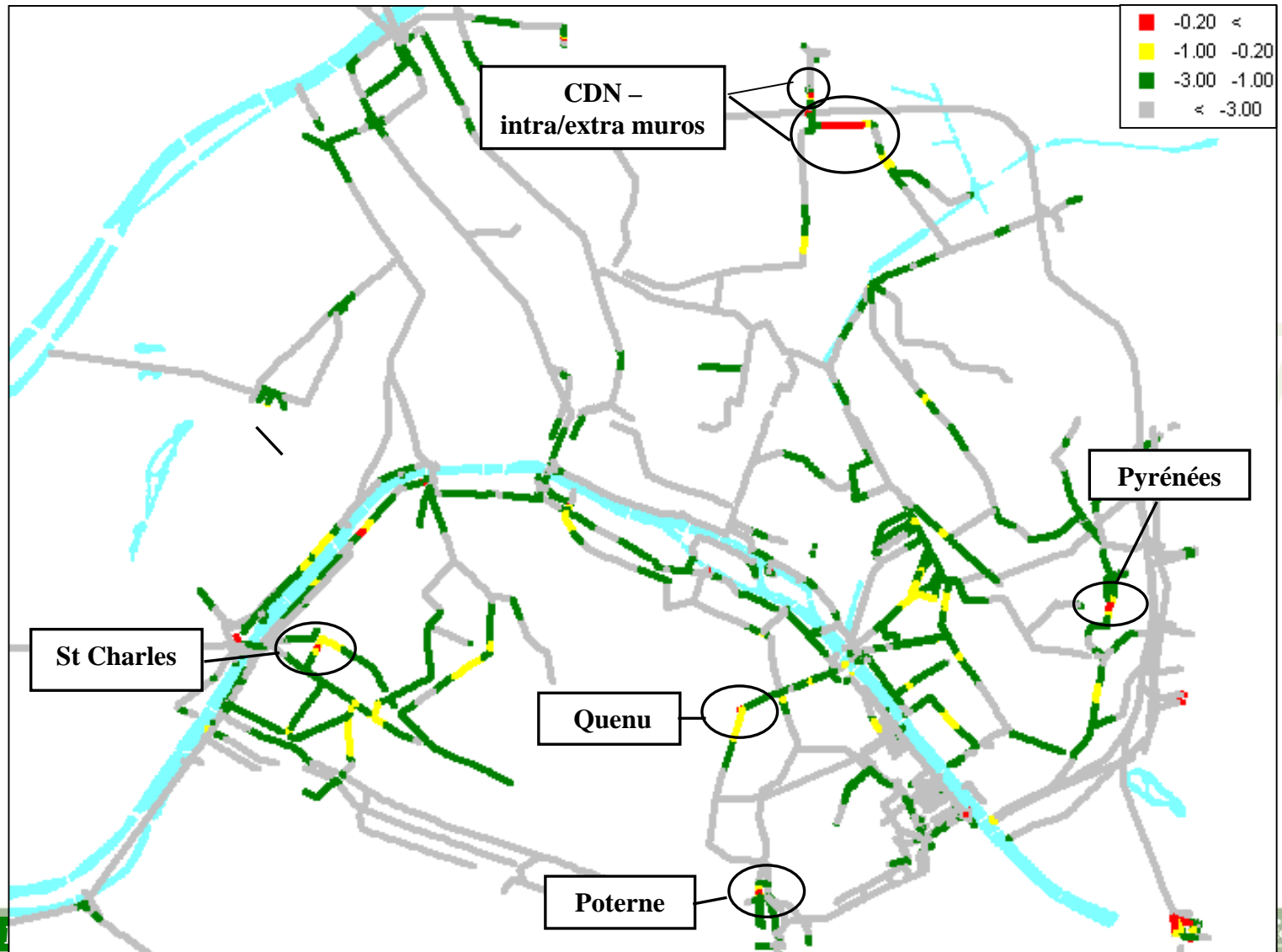


Répartition des débits spécifiques en fonction des surfaces cumulées des bassins versants élémentaires



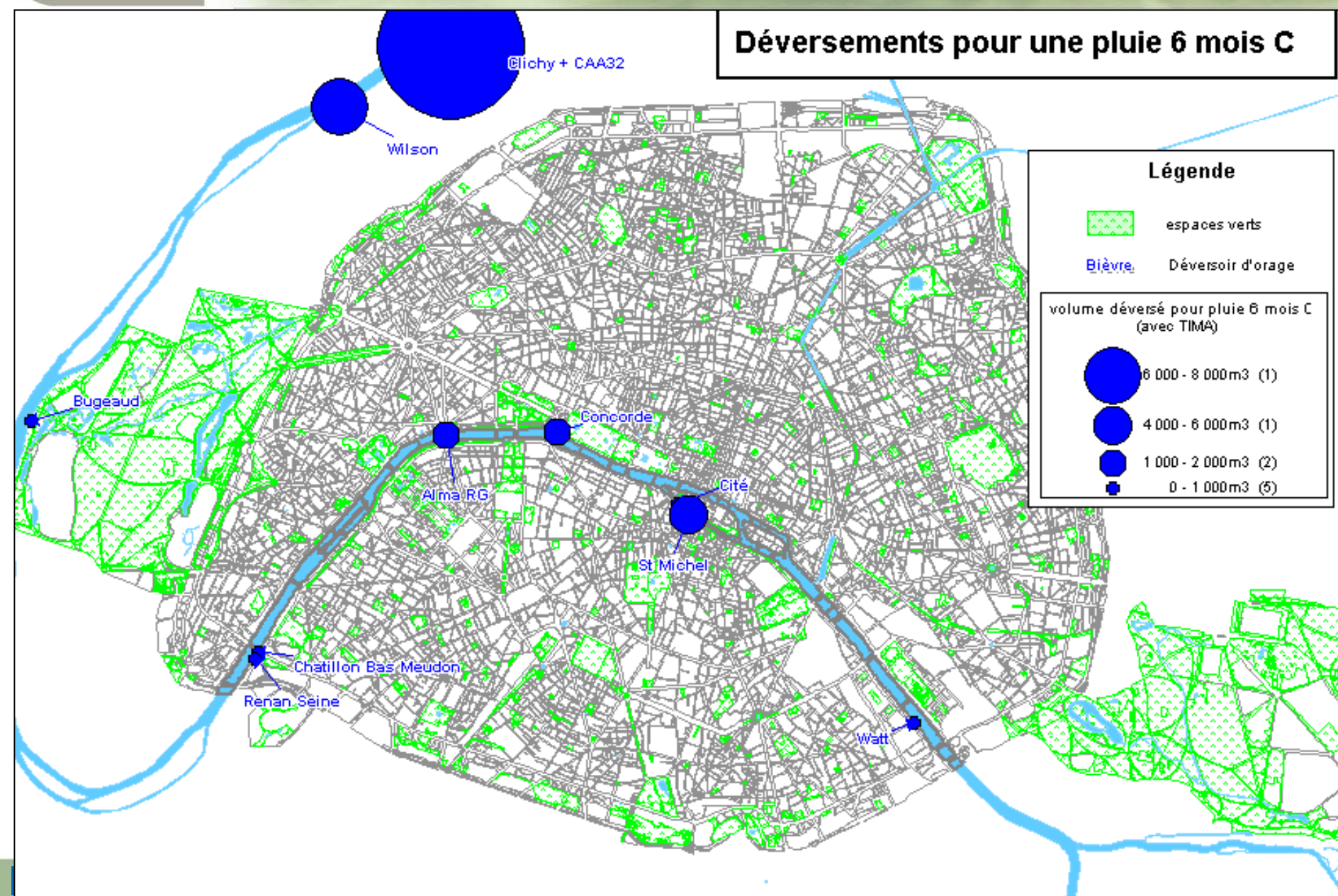
Diagnostic hydraulique

Débordements pour une pluie 10 ans



Diagnostic hydraulique


Déversements pour une pluie 6 mois C



Diagnostic hydraulique

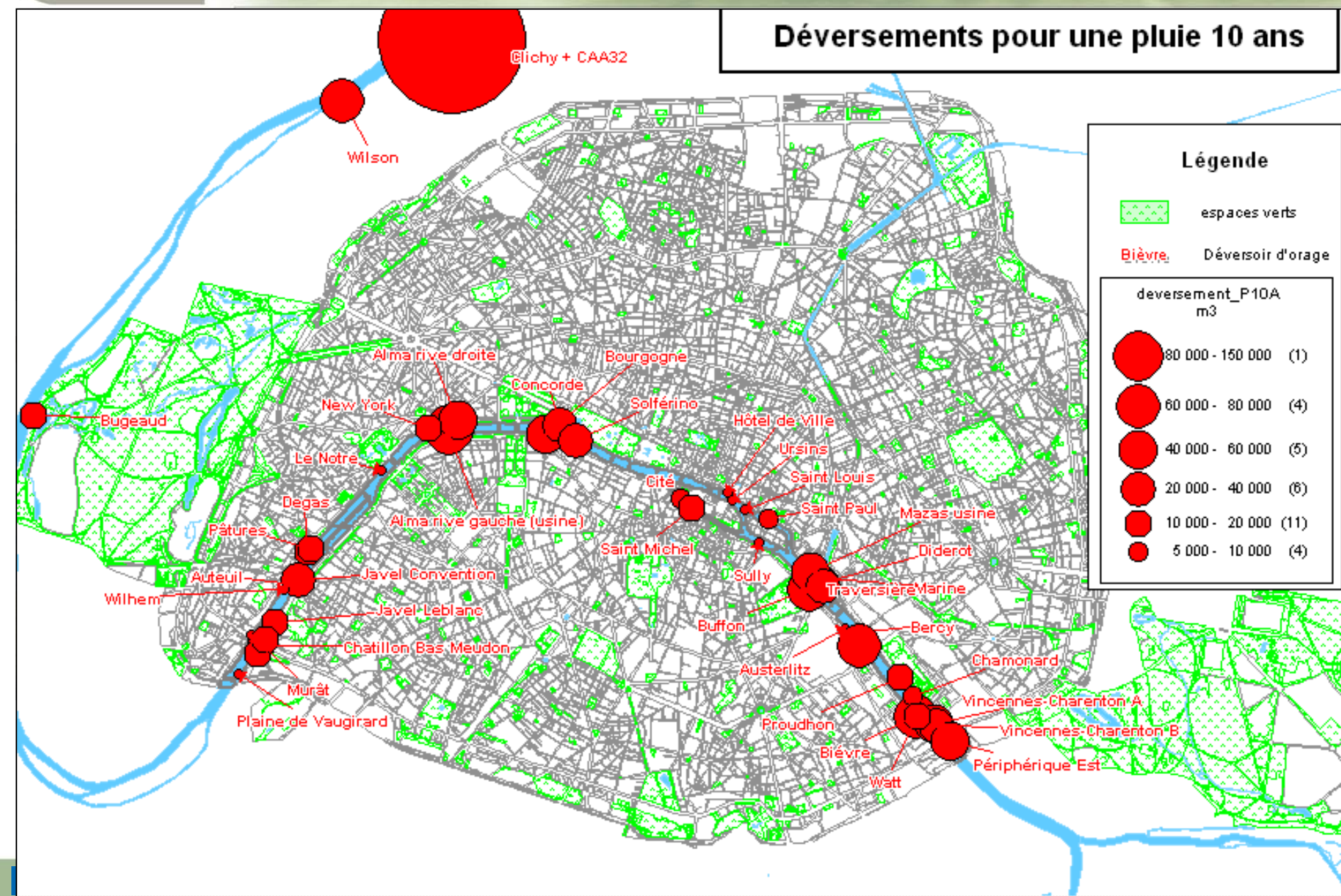
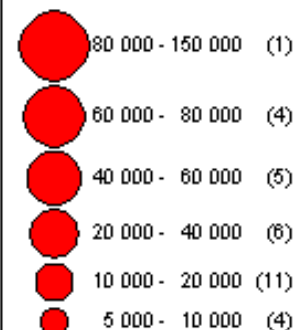
Déversements pour une pluie 10 ans

Légende

 espaces verts

 Bièvre Déversoir d'orage

deversement_P10A
m3

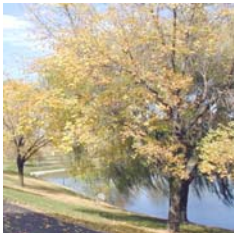


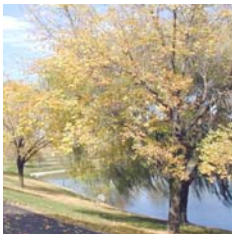
● Résultats du diagnostic

- Débordements pour une pluie 10 ans
- Déversements en Seine selon la période de retour de la pluie

➔ Objectifs pour la suite de l'étude

- Limitation des déversements en Seine pour la pluie d'occurrence 6 mois
- Suppression des risques de débordements pour la pluie décennale





Partie I - phase 2

Définition des bassins versants critiques aux eaux pluviales

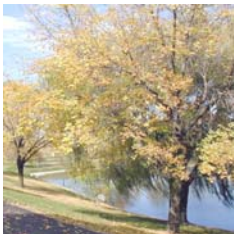
21



Objectifs

- Identifier les bassins versants ayant un impact significatif sur les insuffisances capacitaires du réseau
- Classer ces BV en fonction de leur contribution à la saturation hydraulique du réseau
- Identifier les bassins versants ou groupes de bassins versants ayant un impact significatif sur les déversements en Seine

22



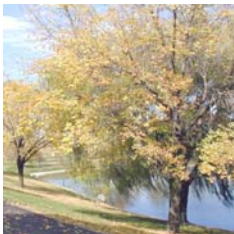


Méthodologie

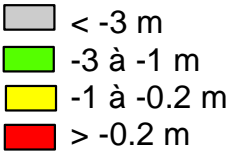
- Traitement cartographique des informations
- Croisement des résultats hydrauliques avec le découpage en bassin versant
- Sectorisation des contributions

23

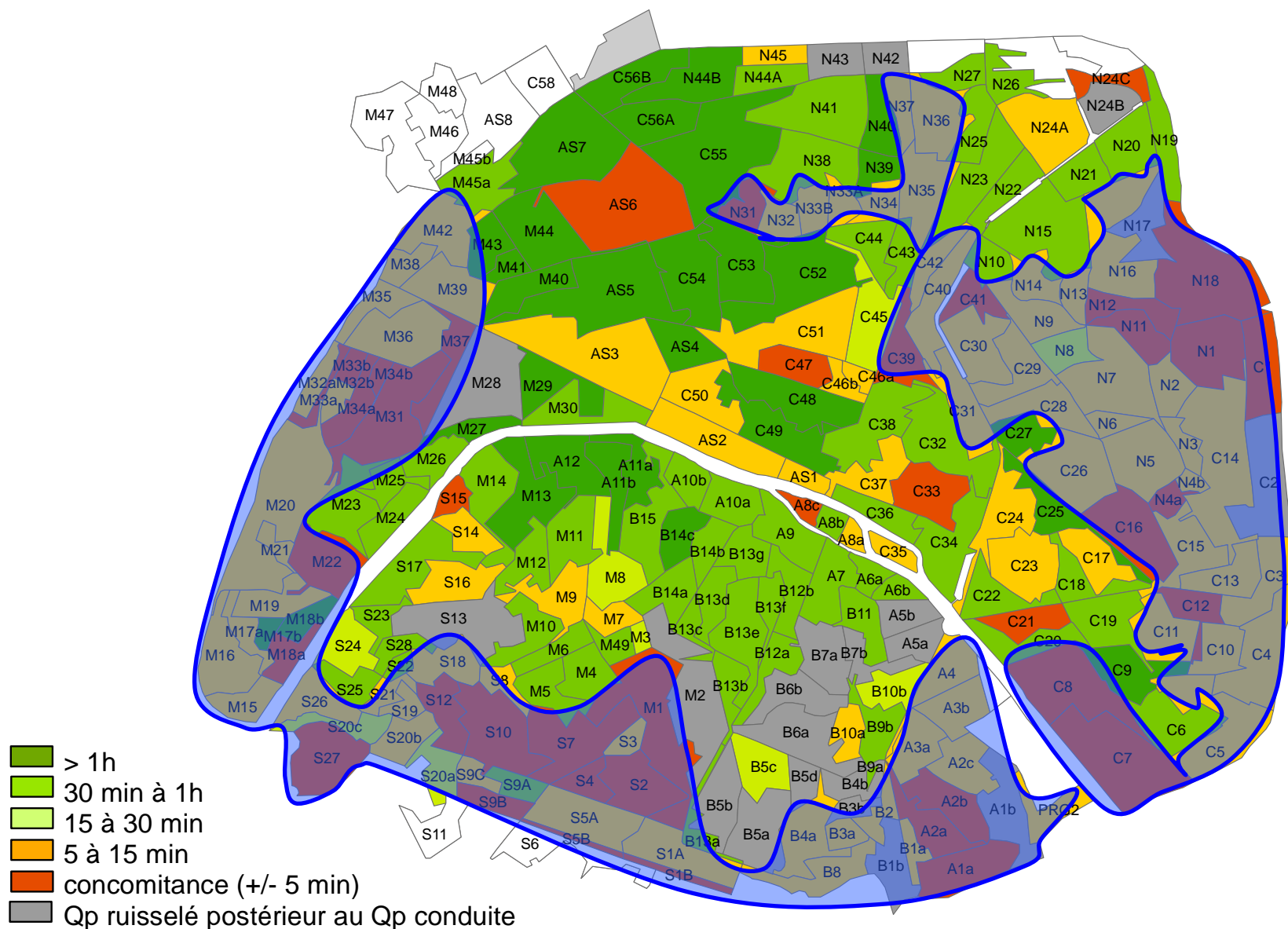
➔ Identification des bassins versants critiques



<p align="center">Hauteur d'eau maximale atteinte par rapport au TN ramenée aux BV - Méthode locale 2 - Pluie 10 ans</p>

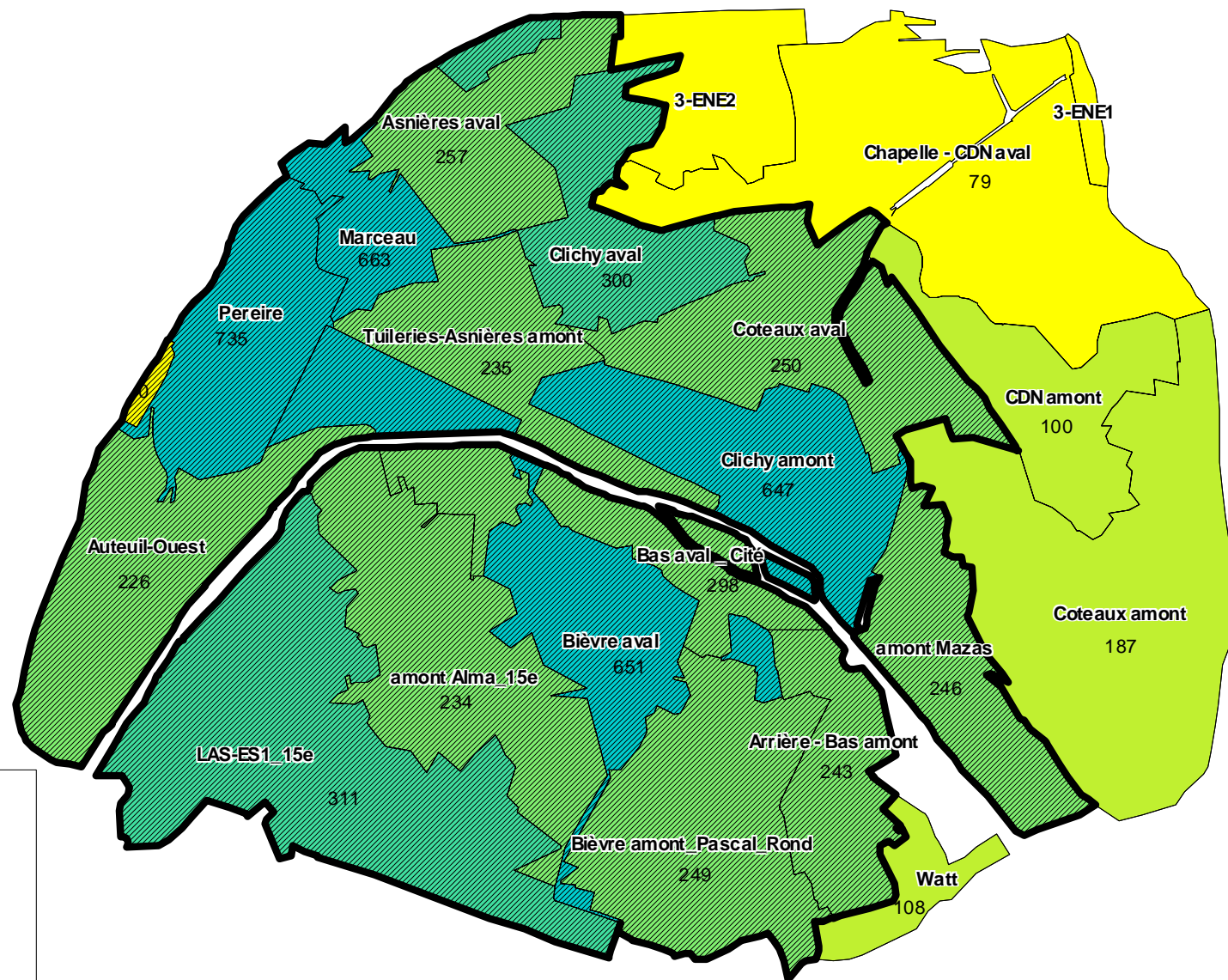


Décalage tempore entre le débit de pointe de ruissellement et le débit de pointe dans la conduite d'injection - Pluie 6 mois_C

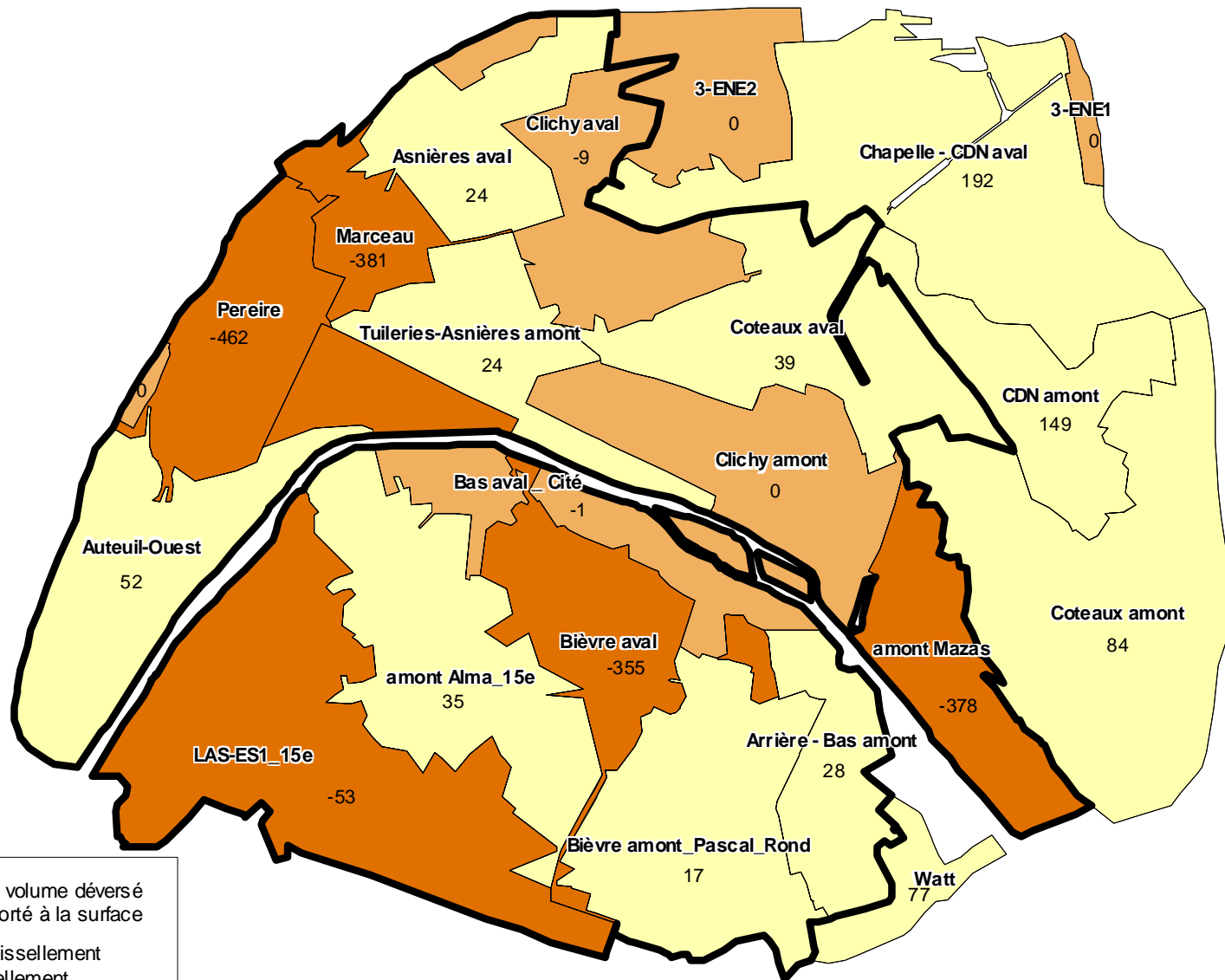


Suppression successive de BV hydrologiques – Pluie 10 ans

Impact des bassins versants hydrologiques sur le déversement total en Seine
Gain en m³/ha



Comparaison du volume ruisselé et du gain en volume déversé Différence en m³/ha



différence entre le gain en volume déversé
et le volume ruisselé rapporté à la surface

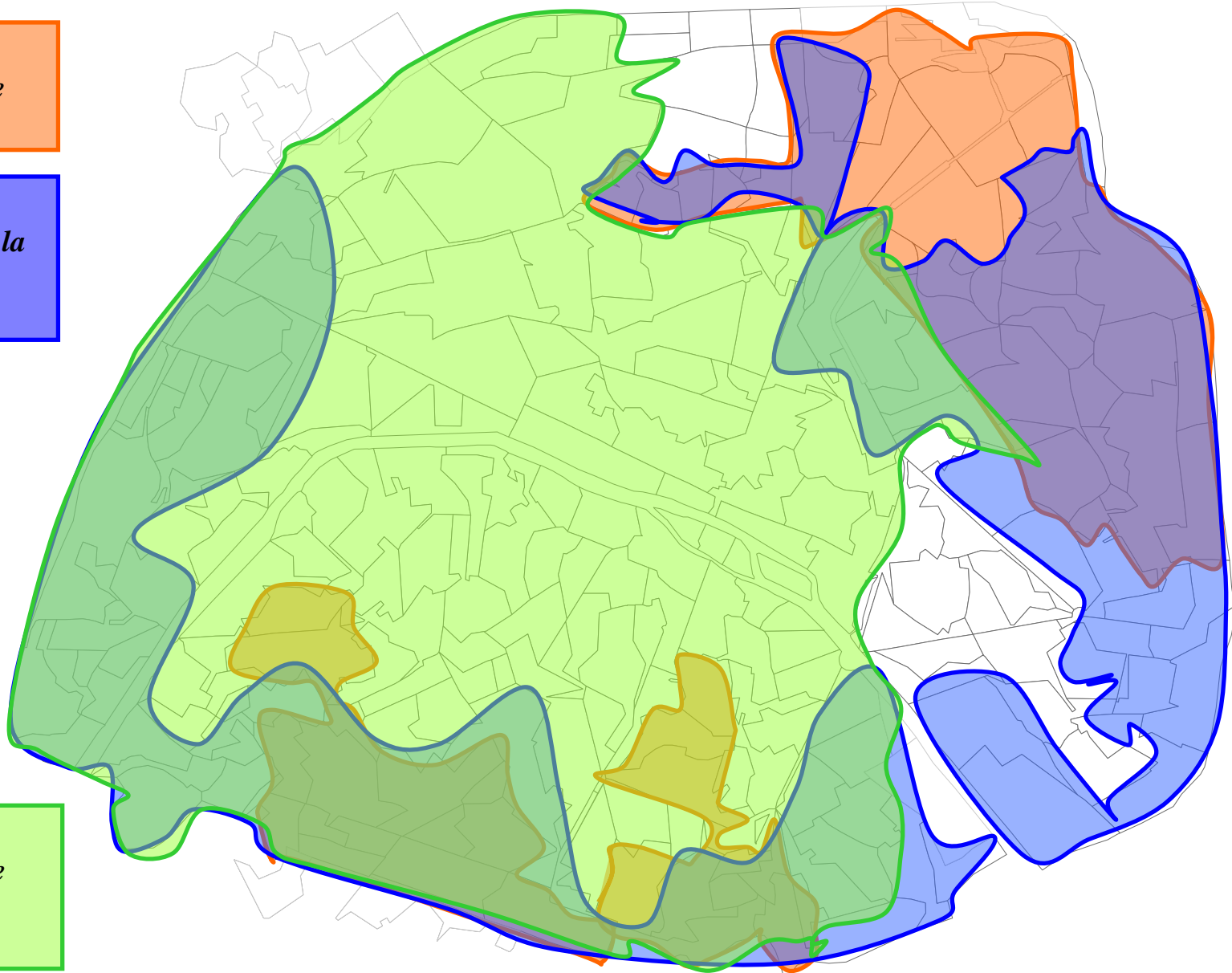
- gain inférieur au ruissellement
- gain égal au ruissellement
- gain supérieur au ruissellement

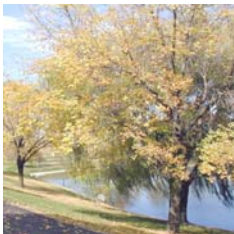
Définition des BV critiques aux eaux pluviales

**Groupe 1 : BV en
amont des zones de
débordement**

**Groupe 2 : BV
concomitants avec la
pte du réseau pour
une pluie 6 mois**

**Groupe 4 : BV
générant le plus de
déversements à
l'hectare (P10A)**





Partie II

Étude des scénarios de limitation des rejets pluviaux

Méthodologie des scénarios

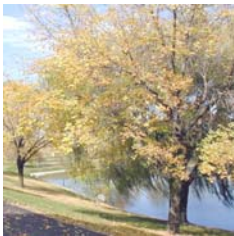
- 2 objectifs
- 2 types de prescription
- 5 surfaces d'application



2 objectifs :

- Limitation des déversements en Seine pour la pluie d'occurrence 6 mois
- Suppression des risques de débordements pour la pluie décennale

30

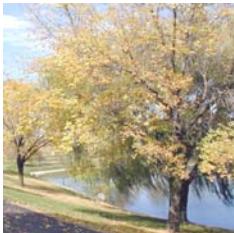


Scénarios de limitation des rejets

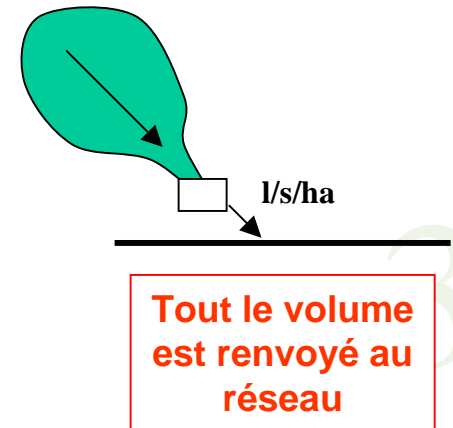
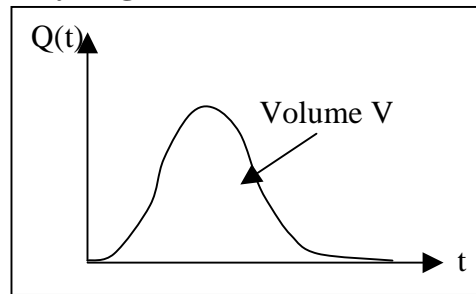


2 types de prescriptions :

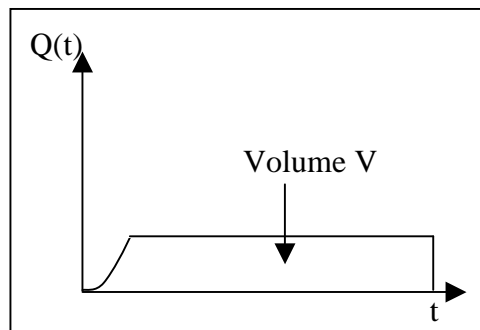
1 - Limitation des rejets : débit de fuite imposé (en l/s/ha)
→ stockage - restitution



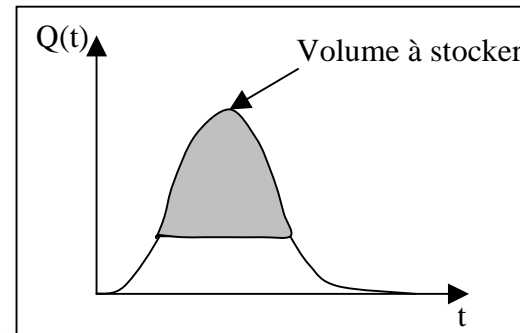
Hydrogramme de ruissellement



Débit injecté dans le réseau



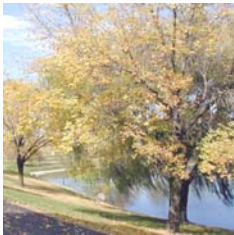
Volume à stocker





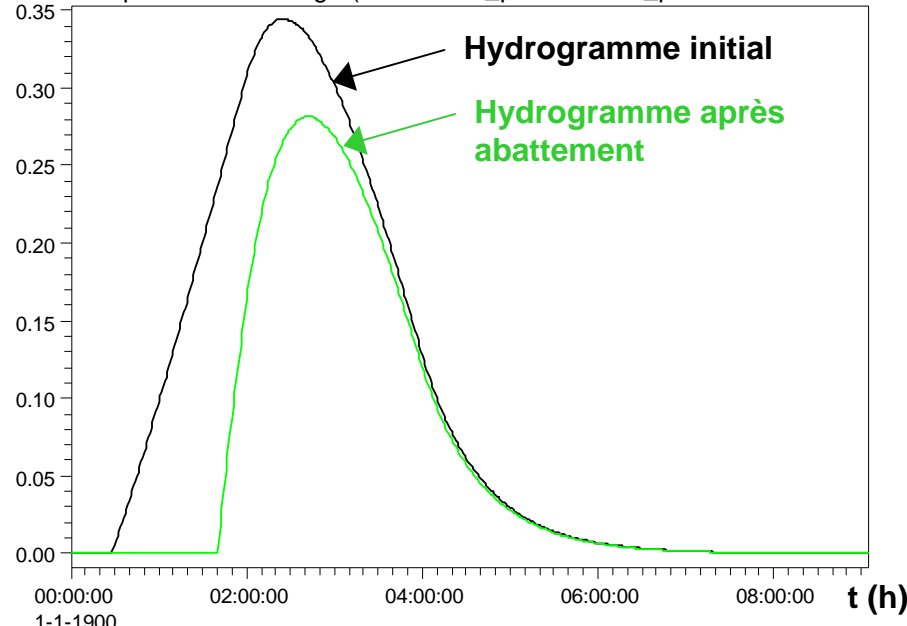
2 types de prescriptions :

2 - Abattement à la parcelle : pertes initiales au ruissellement (en mm)



$Q(m^3/s)$

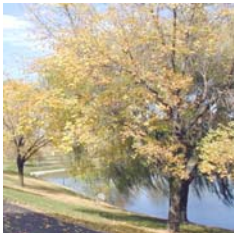
Séries Temporelles Discharge (Paris04saf_pluie6moisC_pertini-0.5mmBase.CR)



Une partie du volume n'est pas renvoyé au réseau

Scénarios de limitation des rejets

5 scénarios de surfaces d'application :



Application généralisée

100 %

Application localisée

ZAC

2.5 %

Renouvellement urbain
horizon 20 ans (+ ZAC)

4.6 %

Renouvellement urbain
horizon 50 ans (+ ZAC)

7.4 %

Équipements municipaux
(+ ZAC)

6.8 %

33

Surfaces d'application








carte du renouvellement urbain
et des ZAC
à l'horizon 20 ans

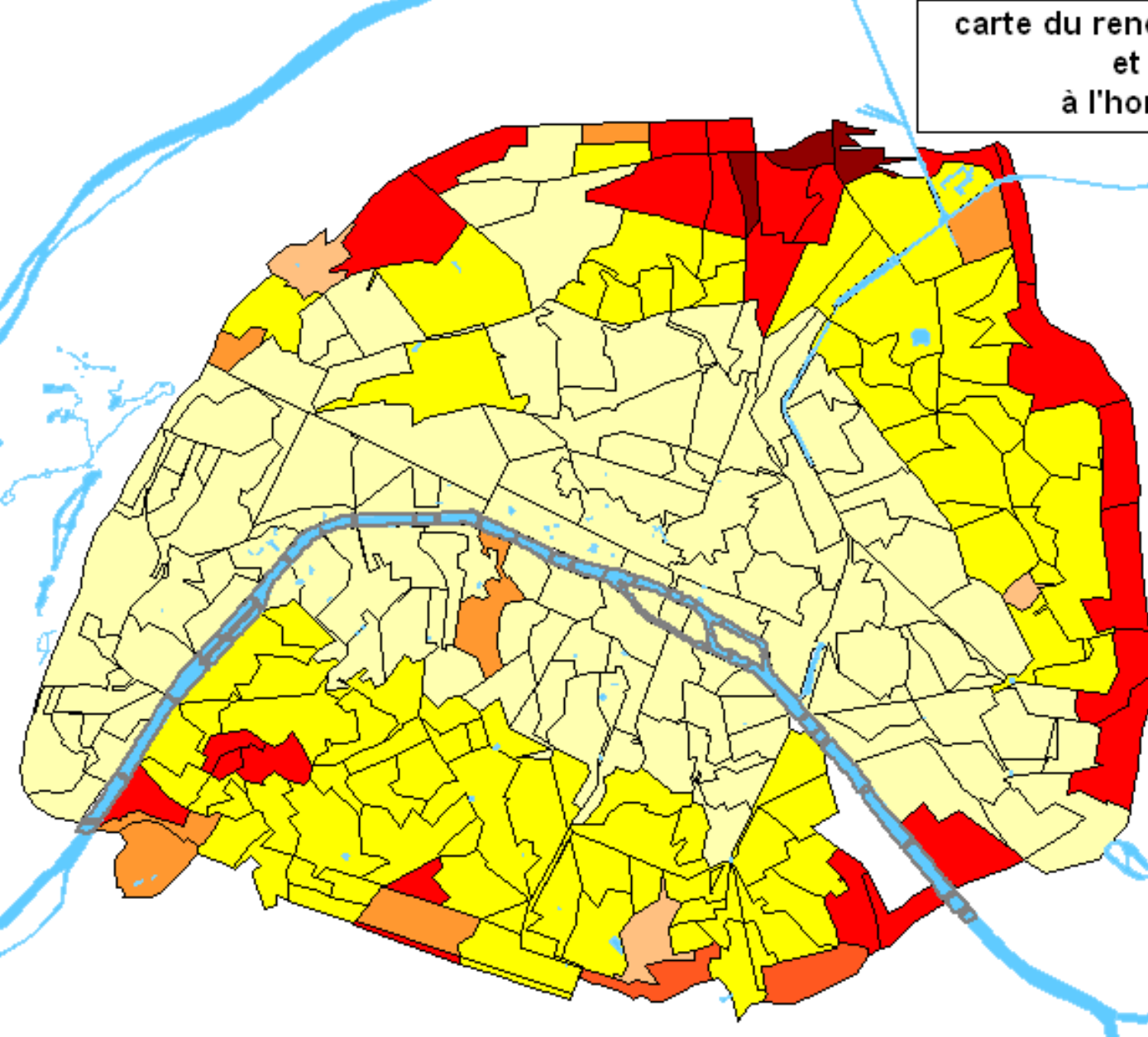
Renouvellement
urbain horizon
20 ans (+ ZAC)

4.6 %

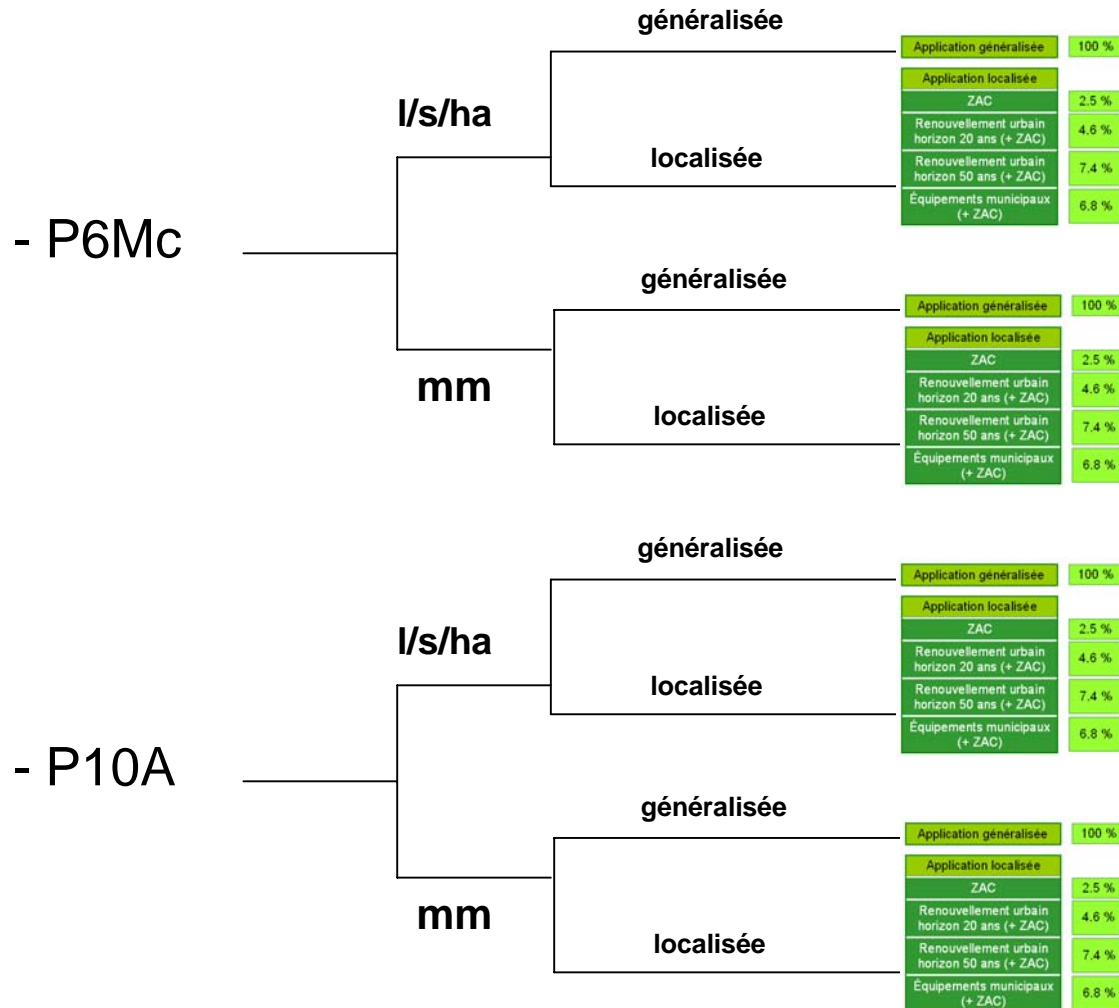
4

renouvellement 20 ans et ZAC
% du BV

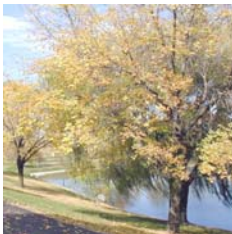
	50 - 100 %	(3)
	10 - 50	(25)
	8 - 10 %	(2)
	6 - 8 %	(7)
	4 - 6 %	(3)
	2 - 4 %	(90)
	< 2%	(122)



Les scénarios testés



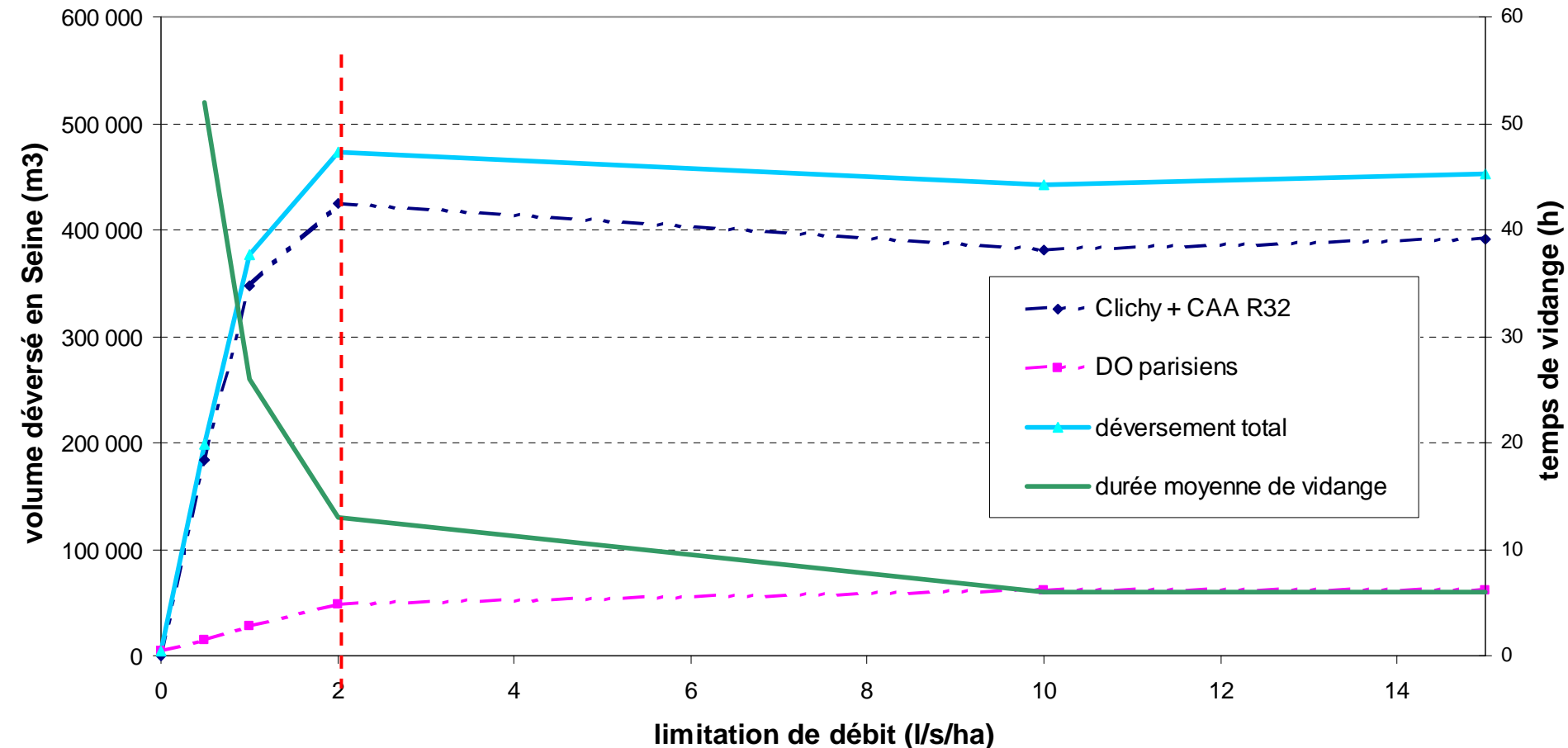
35



Limitation des rejets pluviaux

Exemple de résultat : Limitation de rejet généralisée

**Impact des limitations de rejet sur les déversements en Seine
pour la pluie 6 mois C**



Résultats - Tests Pluie 6 mois scénario C

	Limitation uniforme des rejets urbains	Abattements à la parcelle
Phase 1 - Affectation généralisée	Test : 0 - 0.5 – 1 – 2 -10 l/s/ha Résultat : C1 proche de 0 l/s/ha	Test : 0.6 - 5.8 – 8 - 11.6 – 13 - 16 mm Résultat : P1 = 16 mm
Phase 2 - ZAC	Test : 1 l/s/ha R : C3 non justifié (pas d'impact)	13 mm R : P3 non justifié (pas d'impact)
Phase 3 – renouvellement urbain + ZAC	- R : C5 non justifié (pas d'impact)	13 mm R : P5 non justifié (pas d'impact)
Phase 4 - Equipements municipaux + ZAC	- R : C7 non justifié (pas d'impact)	13 mm R : P7 non justifié (pas d'impact)

Conclusion - Objectif limitation des déversements :

Stockage-restitution : seule une limite généralisée très faible (< 1 l/s/ha) fournit un gain significatif

Infiltration à la parcelle : gain significatif pour une application généralisée.

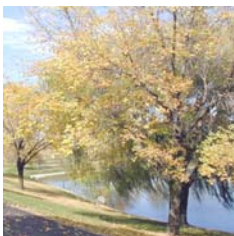
Résultats - Tests Pluie 10 ans

	Limitation uniforme des rejets urbains	Abattements à la parcelle
Phase 1- Affectation généralisée	Test : 0 – 10 – 45 – 50 – 55 – 60 - 75 l/s/ha Résultat : C2 = 45 l/s/ha	Test : 0.6 - 5.8 – 8 - 11.6 - 13 mm Résultat : P2 = 11.6 mm
Phase 2 - ZAC	Test : 2 – 10 - 20 l/s/ha Résultat : C4 = 10 l/s/ha	Test : 13 - 21.9 mm Résultat : P4 = 21.9 mm
Phase 3 – renouvellement urbain + ZAC	Test : 2 - 10 - 20 l/s/ha Résultat : C6 = 10 l/s/ha	Test : 13 - 21.9 mm Résultat : P6 = 21.9 mm
Phase 4 - Equipements municipaux + ZAC	Test : 2 – 10 - 20 l/s/ha Résultat : C8 = 10 l/s/ha	Test : 13 - 21.9 mm Résultat : P8 = 21.9 mm

Conclusion - Objectif suppression des débordements :

Stockage-restitution : réduction significative des risques de débordement

Infiltration à la parcelle : l'infiltration limitée à une fraction de la lame d'eau a un impact faible sur la réduction des risques de débordements



Partie III

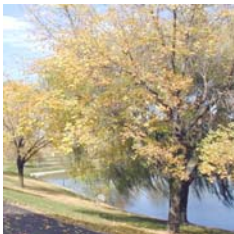
Application localisée aux secteurs critiques

39

Objectifs

- Étude des scénarios définis d'après la partie II
- Application aux secteurs critiques de Paris, définis dans la partie I – phase 2
- Objectifs
 - ➔ Suppression des débordements pour la pluie 10 ans
 - ➔ Limitation des rejets au milieu naturel pour la pluie 6 mois du scénario C

40



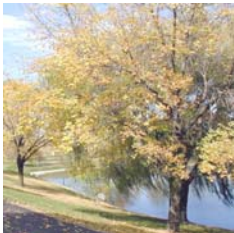
Risques de débordements

Scénario testé

- Type de prescription : limitation de rejet (stockage-restitution)
- Coefficient testé : 10 l/s/ha
- Localisation de l'application : équipements municipaux et ZAC à l'amont des zones de débordement Poterne, Saint Charles et CDN

Résultats

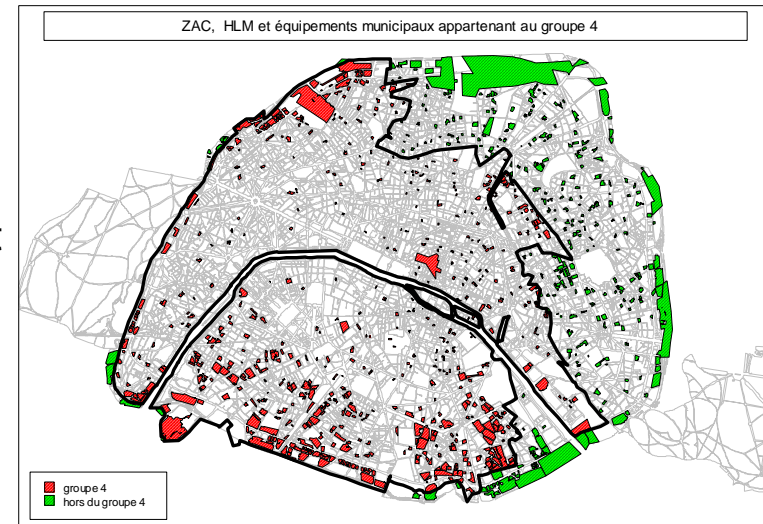
- Baisse significative de la ligne d'eau
- Débordements résiduels



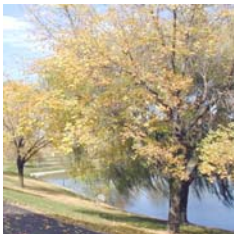
Déversements

2 scénarios

- **Scénario 1** : consignes d'abattement à la parcelle sur l'ensemble des ZAC, équipements municipaux et HLM des BV ayant un impact significatif sur les déversements (6 % de la zone d'étude)



- **Scénario 2** : prescriptions du scénario 1 couplées à une action de stockage / restitution sur la voirie BV ayant un impact significatif sur les déversements et/ou concomitants avec le pic de pluie 6 mois_C (15 % de la zone d'étude)



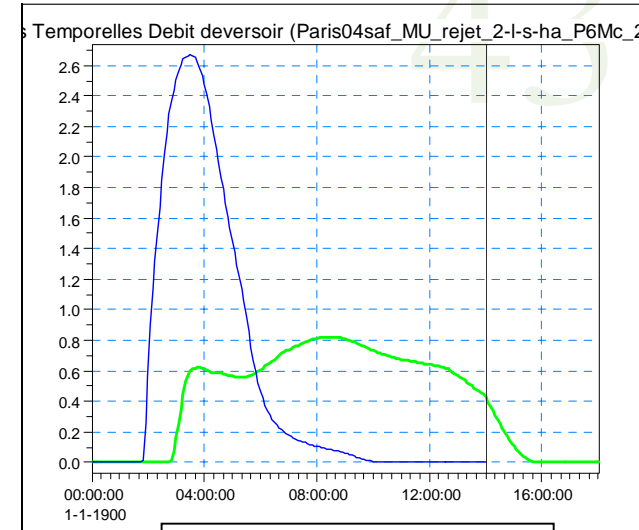
Déversements

Résultats

- Gains significatifs en considérant les DO parisiens seuls : 14 % pour le scénario 1, 23% pour le scénario 2
- Gain de 6 à 7% à l'échelle globale

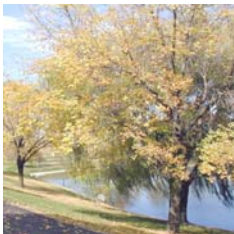
→ La vidange en continu des volumes stockés peut conduire à une augmentation des déversements durant la période de temps sec qui suit la pluie

→ L'application d'une limitation de type stockage/restitution (immédiate) ne permet pas d'assurer un gain de façon certaine (tout dépend de l'heure de la pluie et de la durée de la restitution).



-P6Mc sans limitation

- P6Mc limitation à 2 l/s/ha



Partie IV

Préconisations sur le zonage pluvial à Paris

44

Analyse technico-économique des solutions de rétention à la parcelle par rapport à une politique de grands ouvrages collectifs



Critère de gain : deux objectifs de réduction des déversements aux déversoirs parisiens

- diminution de 14 %
- diminution de 23 %



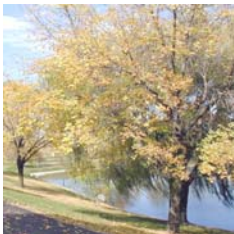
Solutions comparées

- Solutions locales : abattement à la parcelle

Scénario 1 : infiltration / Scénario 2 : infiltration + stockage/restitution

- Solution de stockage par grands ouvrages collectifs (bassins ou de tunnels de stockage)

45

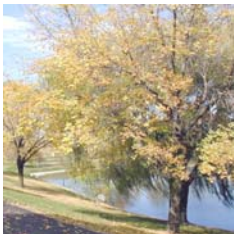


Comparaison multi-critères

	Solutions localisées		Ouvrage collectif
	Cas des chaussées perméables à structure réservoir	Cas des toitures végétalisées	
Atteinte des objectifs (réduction des déversements)	+	+	+
Fiabilité	/	+	+
Coût des travaux	-	-	+
Coût global (entretien, fonctionnement...)	-	-	/
Souplesse des investissements à réaliser	-	+	-
Contraintes de réalisation	/	+	-
Contraintes d'entretien	-	+	+
Intégration urbanistique	/	+	/
Impacts écologiques	+	++	+

Echelle :

- ++ très satisfaisant
- + satisfaisant
- / neutre
- peu satisfaisant



Préconisations

Intérêt d'un zonage pluvial pour la suppression des débordements sur chaussée

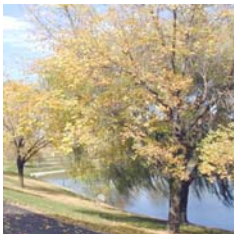
- Prescriptions de stockage-restitution locales (ZAC, Equipements municipaux), avec un débit de rejet de 10 l/s/ha

→ Forte réduction des risques de débordement

Nécessité d'une application différenciée des techniques – Les effets non souhaités du stockage-restitution

- Définition d'une zone de « stockage-restitution interdit »

47

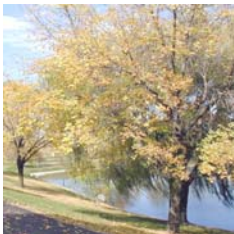


Préconisations

Des gains intéressants sur les déversements grâce à l'infiltration à la parcelle

- Effet bénéfique sur les volumes engendrés vers le système d'assainissement
- Définition de zones prioritaires de fort impact

48



Projet de zonage

Sous-zonage de suppression des rejets vers l'égout des d'eaux pluviales

- Zone de suppression totale des rejets d'eaux pluviales vers l'égout - Pas de raccordement pluvial au réseau (Bois de Boulogne et de Vincennes) en principe ou abattement de 100% de la pluie 16 mm
- Zone d'abattement renforcé des eaux pluviales - Suppression du rejet vers égout de la pluie 12 mm ou de 80% de la pluie 16 mm notamment par infiltration ou végétalisation
- Zone d'abattement normal des eaux pluviales - Suppression du rejet vers égout de la pluie 8 mm ou de 55% de la pluie 16 mm notamment par infiltration ou végétalisation
- Zone d'abattement minimal des eaux pluviales - Suppression du rejet vers égout de la pluie 4 mm ou de 30% de la pluie 16 mm notamment par végétalisation - Infiltration forcée interdite

Sous-zonage de rejet vers le milieu naturel des d'eaux pluviales

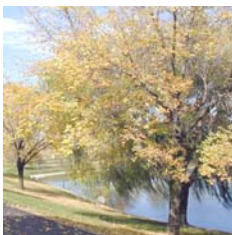
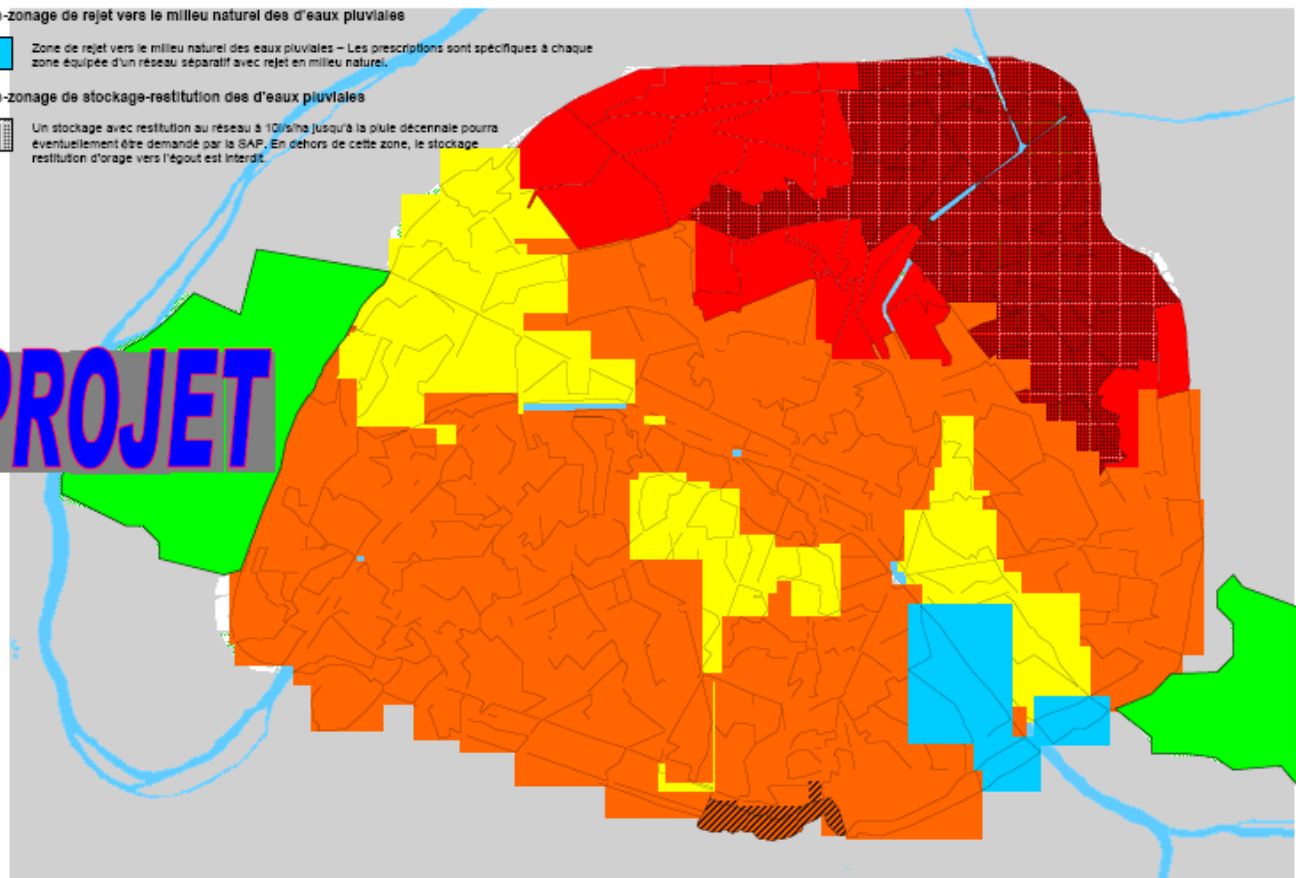
- Zone de rejet vers le milieu naturel des eaux pluviales - Les prescriptions sont spécifiques à chaque zone équipée d'un réseau séparatif avec rejet en milieu naturel.

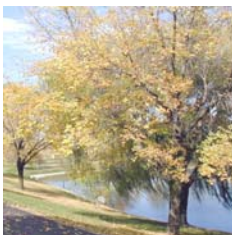
Sous-zonage de stockage-restitution des d'eaux pluviales

- Un stockage avec restitution au réseau à 10 l/s/ha jusqu'à la pluie décennale pourra éventuellement être demandé par la SAP. En dehors de cette zone, le stockage restitution d'orage vers l'égout est interdit.

ZONAGE PLUVIAL DE PARIS

PROJET





Conclusion

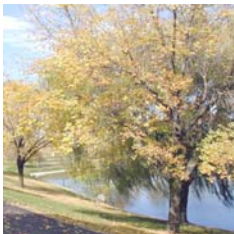
● Utilisation d'un modèle

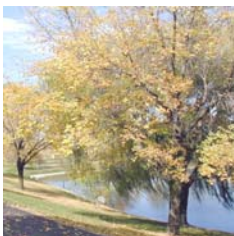
- Zonage pluvial : problématique de plus en plus présente
- Nécessité de croiser l'hydrologie et l'hydraulique
- ➔ Mise en œuvre d'un modèle numérique

● Méthodologie

- Croisement et tests d'un grand nombre de scénarios
- Traitement et mise en forme des résultats grâce à l'intégration SIG

51





52