



1.4/ FAISABILITE, PROGRAMMATION ET SUIVI DES EQUIPEMENTS STRUCTURANTS

Le parc des Aygalades

et Ouvrages hydrauliques

Rapport final

1 mars 2011

Émetteur : GROUPEMENT FRANÇOIS LECLERCQ / HYDRATEC / TER

PRÉAMBULE

Le concours de maîtrise d'oeuvre urbaine de l'extension, lancé en juillet 2008, a été organisé par l'EPAEM pour désigner une équipe pluridisciplinaire en charge de l'élaboration et de la mise en oeuvre du plan guide et de la maîtrise d'oeuvre urbaine de la première ZAC. L'équipe réunie autour de l'agence FRANCOIS LECLERCQ, architectes urbanistes, constituée par l'agence MARCIANO architectes, l'agence SBRIGLIO architectes, l'agence TER paysagistes, le bureau d'études techniques SETEC, a été désignée lauréate fin 2009.

Ce présent rapport consitue l'esquisse du plan guide du projet d'extension d'Euroméditerranée.



OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Le projet de parc inondable associe plusieurs sujets de conception transversaux qui interfèrent les uns avec les autres et qu'il faut donc penser ensemble : la fonction hydraulique et le projet de parc en tant que tel.

Leur vecteur commun est d'ordre topographique : en effet le modelé du parc impacte le fonctionnement hydraulique en même temps qu'il définit, dimensionne et hiérarchise les espaces et les usages.

L'objectif hydraulique est à la fois de soulager les réseaux, de réduire les inondations des quartiers connexes et de bénéficier de la présence changeante de l'eau dans le parc.

Ouvrage hydraulique à l'échelle de la vallée, le parc sert de réceptacle à des crues bien au-delà du périmètre du projet mais ses inflexions les plus fréquentes sont liées à la gestion des eaux pluviales du site.

La présence de l'eau, permanente ou temporaire permet d'une grande biodiversité : les milieux naturels préétablis évoluent selon leurs préférences, dans les creux, les berges et autre relief.

La recherche du modelé topographique repose sur les capacités d'inondabilité (fréquence, durée, degré hygrométrique) relatives aux différents lieux, aux milieux, aux usages et aux programmes ;

La complexité de cette imbrication nécessite un stade de projet suffisamment avancé pour confirmer la crédibilité du parc inondable.

SOMMAIRE

1 Le parc des Aygalades..... p 7

- 1 Grands principes et vocation du Parc
- 2 Continuité territoriale : les fondamentaux
- 3 Toponymes projet

2 Hydrologie.....p11

- 1 Préambule
- 2 Caractérisation du régime hydrologique courant des Aygalades
 - 2.1 A l'entrée du parc des Aygalades
 - 2.2 À l'entrée du parc Bougainville
- 3 Débits de crue des Aygalades
 - 3.1 Caractérisation des débits de pointe pour différentes périodes de retour d'après les mesures de la DEA
 - 3.2 Formule rationnelle
 - 3.3 Forme des crues – Établissement de crues de projet par la formule du Cemagref
- 4 Synthèse sur les crues du ruisseau des Aygalades et Plombières

3 Gestion de l'eau dans les parcs..... p 19

- 1 État des lieux hydraulique
 - 1.1 Capacité
 - 1.2 Points noirs
 - 1.3 Zone inondable
- 2 Propositions d'aménagements pour réduire les inondations en aval
 - 2.1 Problématique et solutions envisagées
 - 2.2 Solution 1 : recalibrage du ruisseau de Plombières
 - 2.3 Solution 2 retenue : captage des eaux débordantes sur Lesseps via la modification du profil en long et en travers de l'avenue
 - 2.3.1 Nouveau profil de l'avenue de Lesseps
- 3 Parc amont
 - 3.1 Conception générale
 - 3.1.1 Parc en creux
 - 3.1.2 Profil en long
 - 3.1.3 Dévoisement du ruisseau des Lions
 - 3.1.4 Prise d'eau
 - 3.1.5 Apports d'eaux pluviales vers les parcs
 - 3.2 Principe d'inondabilité
 - 3.2.1 Variations de l'étendue des zones inondées de l'étiage à la crue extrême (vue en plan)
 - 3.2.2 Gestion de la sécurité des personnes
 - 3.2.3 Variation des niveaux d'eau (coupes transversales)

- 4 Parc Bougainville
 - 4.1 Stratégie hydraulique
 - 4.2 Conception générale

5 Besoins en eau pour l'entretien végétal des parcs

- 5.1 Installer une nature en ville
 - 5.1.1 Une «nature marseillaise»
 - 5.1.2 Des milieux liés au contexte
 - 5.1.3 Débits associés aux milieux
 - 5.1.4 Les milieux liés au ruisseau des Aygalades
 - 5.1.5 Les milieux liés aux collines
- 5.2 Qualité des eaux
- 5.3 Besoins en eau
- 5.4 Bassins filtrants
 - 5.4.1 L'intérêt écologique des bassins filtrants
 - 5.4.2 Principe
 - 5.4.3 Dimensionnement

6 Coût des aménagements

- 6.1 Fonctionnement du parc des Aygalades
 - 6.1.1 Accès
 - 6.1.2 Parcours
 - 6.1.3 Les rives du parc
- 6.2 Programmation, gestion et entretien
 - 6.2.1 Programmation
 - 6.2.2 Gestion et entretien du parc
- 6.3 Coût des aménagements hydrauliques
- 6.4 Coût des aménagements des parcs

SOMMAIRE

4 Gestion des eaux pluviales..... p 79

1 Grands principes

2 Rétention des eaux pluviales

- 2.1 Définition des secteurs d'apport
- 2.2 Hypothèses de calcul
 - 2.2.1 Coefficient d'imperméabilisation
 - 2.2.2 Coefficients de Montana (Courbe Intensité-Durée-Fréquence des pluies)
 - 2.2.3 Débit de fuite
- 2.3 Débits d'apports en situation future
- 2.4 Calcul des volumes de rétention
- 2.5 Optimisation des volumes à stocker
 - 2.5.1 Capacité de stockage sur les espaces publics (hors parcs)
 - 2.5.2 Utilisation des ouvrages de collecte existants
 - 2.5.3 Mise en place de toits stockants
 - 2.5.4 Rétention dans les parcs
- 2.6 Synthèse

3 La rétention à la parcelle : les différentes techniques à explorer au cas par cas

- 3.1 Techniques à l'échelle de la parcelle
- 3.2 Techniques à l'échelle de plusieurs parcelles ou d'un pâté de maisons
 - 3.2.1 Les tranchées drainantes
 - 3.2.2 Les tranchées d'infiltration ou absorbantes
 - 3.2.3 Les noues
 - 3.2.4 Les chaussées poreuses
 - 3.2.5 Les structures alvéolaires
 - 3.2.6 Les bassins de stockage

4 Dimensionnement du réseau d'assainissement futur

- 4.1 Fonctionnement actuel du réseau
- 4.2 Réseau en situation future
 - 4.2.1 Principe général
 - 4.2.2 Plan des réseaux futurs
 - 4.2.3 Phasage
 - 4.2.4 Capacité des réseaux conservés
 - 4.2.5 Dimensionnement des tronçons neufs

5 Estimation des coûts de travaux des réseaux EP/EU

5 Dépollution..... p 103

Définition du coût global de réalisation du projet - prise en compte du coût de la décontamination

1 Contexte, objectifs

2 Méthodologie d'étude

3 Résultats

- 3.1 nombre maximum de sous-sols
- 3.2 Estimation des travaux de décontamination
 - 3.2.1 terrassement du plateau d'aménagement
 - 3.2.2 Terrassement des sous-sols

4 Application au secteur du parc amont et du parc Bougainville

- 4.1 Contexte d'intervention
- 4.1 Modalités de traitement des terres

6 Annexes.....p 115

ANNEXE 1 : Crues les plus importantes mesurées sur la période 1998-2007

ANNEXE 2 : Techniques alternatives à la rétention des eaux pluviales : exemples de stockage intégrée à une trame urbaine (source : Conseil Général de la Seine-St Denis)

ANNEXE 3 : Caractéristiques des sous-bassins versants pluviaux sur la zone d'étude en situation actuelle

1 Le parc des Aygalades

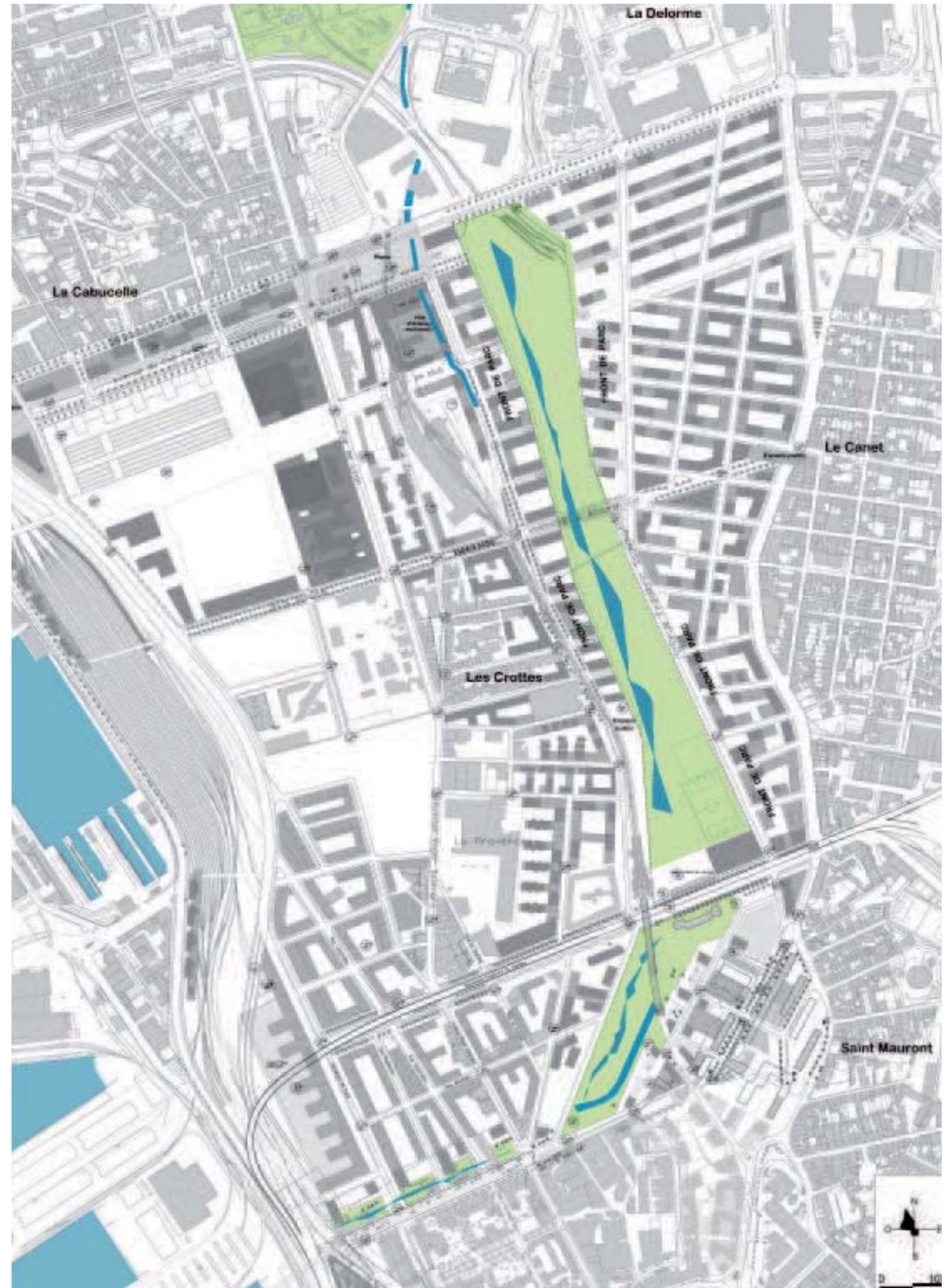
1 Grands principes et vocation du Parc.....	p8
2 Continuité territoriale : les fondamentaux.....	p9
3 Toponymes projet	p10

1 LE PARC DES AYGALADES

1/ GRANDS PRINCIPES ET VOCATION DU PARC

La vocation du parc des Aygaldes s'appréhende à la triple échelle du nouveau quartier, de la ville et du territoire Marseillais :

- Élément explicite à l'échelle du quartier, il est capable de « ramener les Aygaldes » au coeur du dispositif urbain, d'accueillir usages et fonctions récréatives et de créer le lien entre les différents programmes bâtis du nouveau quartier.
- Projet unitaire à l'échelle de la ville, équipement pour tous, enjeu social, à la croisée des grands itinéraires d'entrée de la ville.
- Territoire « naturel » à l'échelle de l'agglomération, il s'inscrit comme une première pièce significative dans la géographie de la vallée des Aygaldes.



1 LE PARC DES AYGALADES

2/ CONTINUITÉ TERRITORIALE : LES FONDAMENTAUX

Le parc urbain des Aygaldes a pour but de créer un nouvel espace de nature, confortable et inédit, empreint d'une nouvelle modernité à l'image de la ville, il met en relation le port et les nouveaux quartiers.

Le projet s'articule autour de 4 principes :

Installer une nature en ville

Il s'agit d'inventer le parc du XXI^e siècle qui procède pour nous d'une combinatoire complexe alliant d'une part l'apport de la modernité qui fut de rendre l'étendue accessible aux usagers (Avec le parc de La Villette à Paris, mais également avec les plages du Prado, le sol -la pelouse- est devenu « consommable » et les jardins donnés à vivre), d'autre part l'émergence d'une conscience écologique globale qui nous conduit à réintroduire une vraie nature (source de biodiversité) en cœur de ville. Ce principe de renaturation est ici orienté par la géographie du lieu, initialement un vallon humide.

Le parc est le réceptacle naturel des eaux pluviales du nord marseillais et ce jeu incertain des eaux participe autant à la fabrication de milieux humides diversifiés, qu'au spectacle sans cesse renouvelé de son apparence.

Mettre en scène les eaux du parc

La stratégie hydraulique fait du parc un ouvrage technique qui permet d'augmenter la capacité insuffisante des ouvrages existants pour l'écoulement des crues et de remédier aux inondations des quartiers avals. Un projet hydraulique responsable où les aléas de l'eau ne sont pas subis mais participent à la création de scènes éphémères.

Les eaux pluviales des bassins versants de l'opération sont également récupérées au sein du parc.

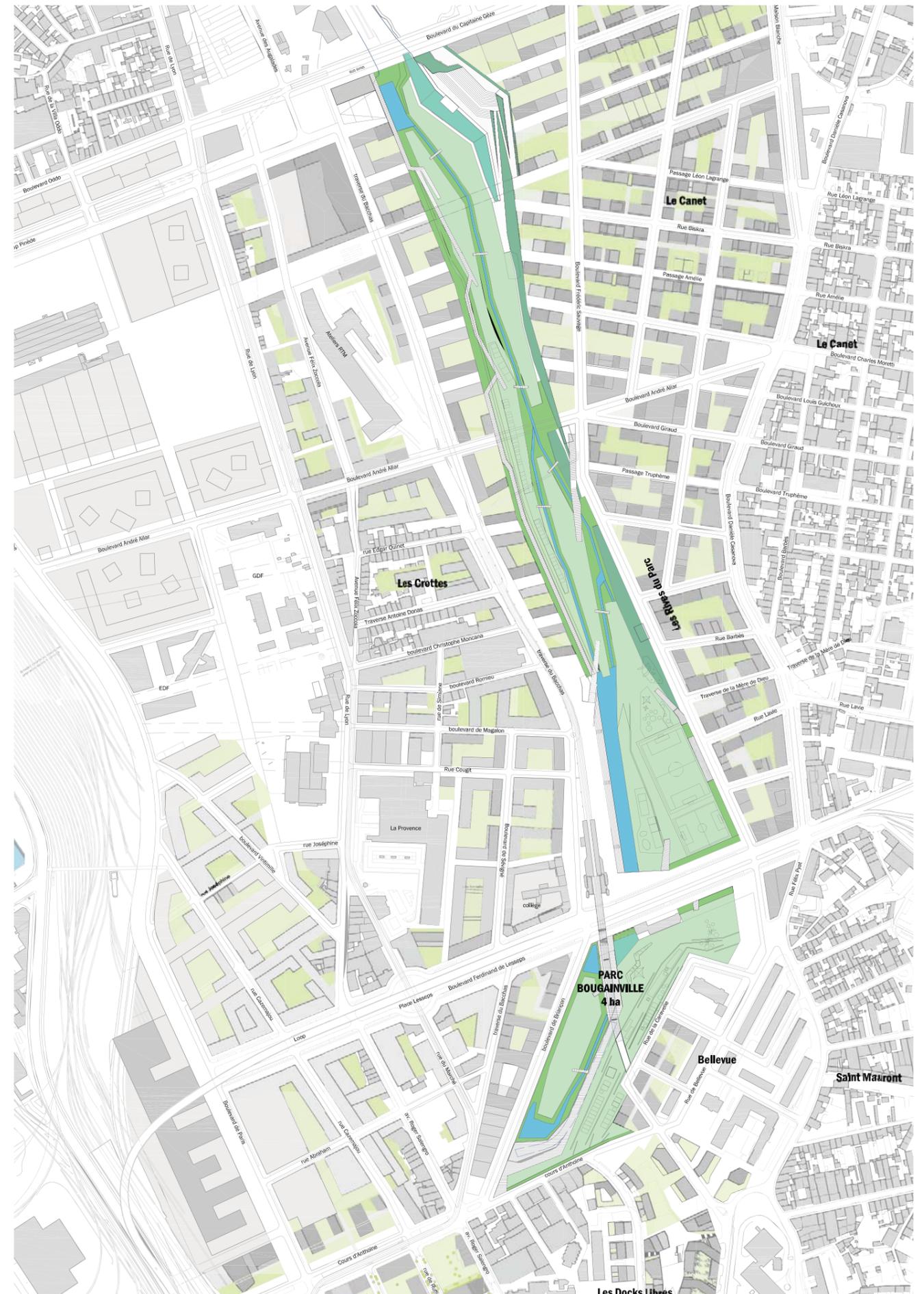
Dès lors, l'eau devient une matière première disponible pour l'agrément, l'arrosage, les jeux d'eau, la fraîcheur...et l'installation de milieux humides naturels.

Imbriquer la ville et le parc

Il s'agit de redéfinir la notion de rive, d'en faire une lisière et non une ligne, de constituer ainsi la zone de transition nécessaire entre la ville et cette nature amarrée. Telle une lisière naturelle en forêt, à la structure étagée et au contour irrégulier, les rives jouent de l'ambiguïté d'appartenance. Rapprocher la ville du jardin permet au jardin d'investir la ville: mouvement de flux et de reflux.

S'inscrire dans une démarche de développement durable

Le paysage n'est pas un patrimoine figé, mais une entité vivante, mobile et proche, qu'il convient de gérer au quotidien dans la perspective des années à venir. Gestion des eaux pluviales, réduction de l'entretien, choix des matériaux, implication des habitants... La démarche de développement durable implique une technicité qui n'est pas sans définir une certaine esthétique.



1 LE PARC DES AYGA LADES

3/ TOPONYMES PROJET

LE PARC DES AYGA LADES



2 Hydrologie

1 Préambule	p12
2 Caractérisation du régime hydrologique courant des Aygalades	p13
2.1 A l'entrée du parc des Aygalades	
2.2 À l'entrée du parc Bougainville	
3 Débits de crue des Aygalades	p15
3.1 Caractérisation des débits de pointe pour différentes périodes de retour d'après les mesures de la DEA	
3.2 Formule rationnelle	
3.3 Forme des crues – Établissement de crues de projet par la formule du Cemagref	
4 Synthèse sur les crues du ruisseau des Aygalades et Plombières	p17

2 HYDROLOGIE

1/ PRÉAMBULE

Ce chapitre a pour objet la caractérisation des débits du ruisseau des Aygalades en amont en aval du futur parc.

Elle se base notamment sur les mesures réalisées par la DEA depuis 1998 à l'aval de l'avenue du capitaine Gèze. Les données brutes sont fournies au pas de 6 minutes.

Leur exploitation a permis d'établir :

- Les moyennes mensuelles
- La fréquence de non dépassement d'un débit donné caractérisant l'hydrologie courante
- Les maximums instantanés pour chaque mois et année hydrologique (de mai à mai)
- La caractérisation des crues de différentes fréquences de 1 à 10 ans et les coefficients de ruissellement associé

Plan de situation des bassins versants :

- Ruisseau des Aygalades amont : surface 31.6 km²
- Ruisseau des Lions, affluent rive gauche : surface 4.3 km²
- Ruisseau de Plombières : 8.4 km²

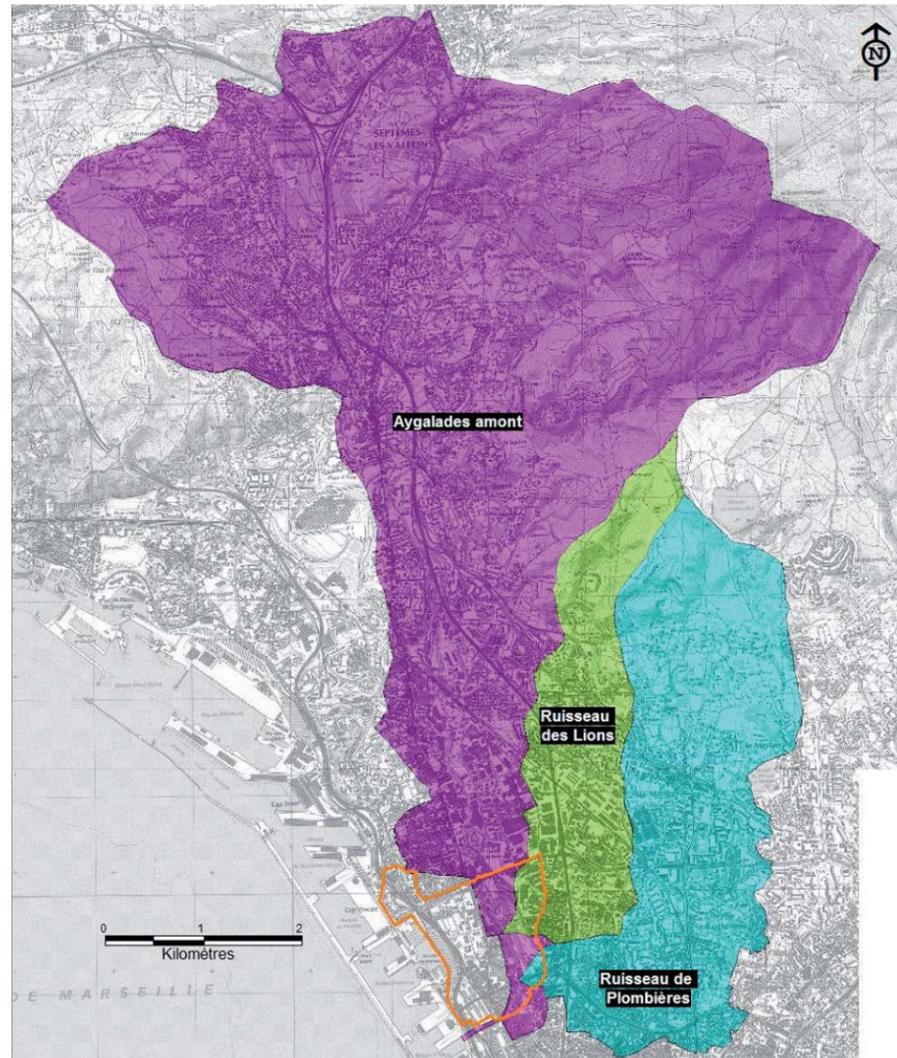
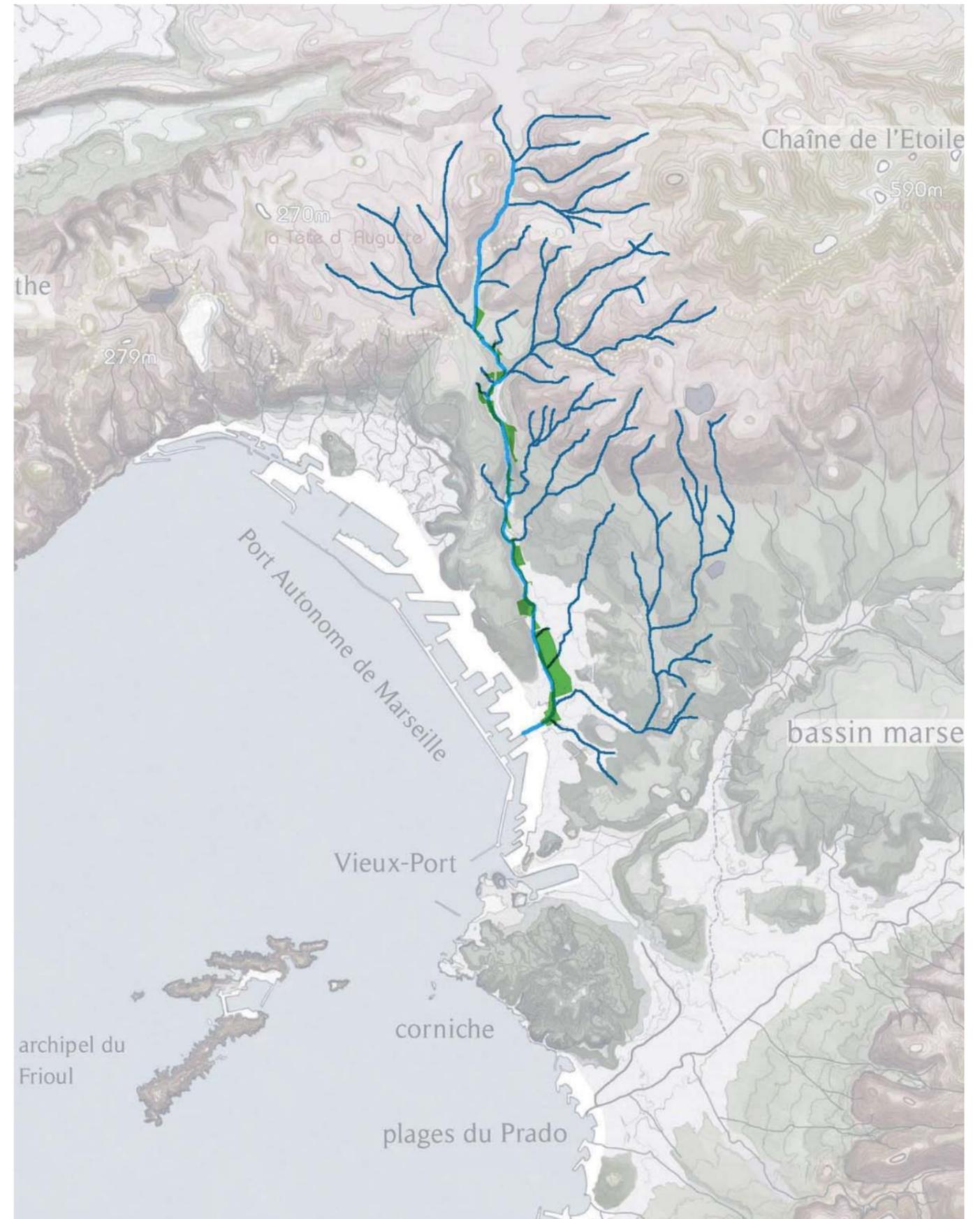


Figure 1 1 : plan de situation des bassins versants



2 HYDROLOGIE

2/ CARACTERISTIQUES DU REGIME HYDROLOGIQUE COURANT DES AYGALES

2.1 A l'entrée du parc des Ayalades

Les débits moyens journaliers sont les suivants sur la période 1998-2008 :

Débits journaliers

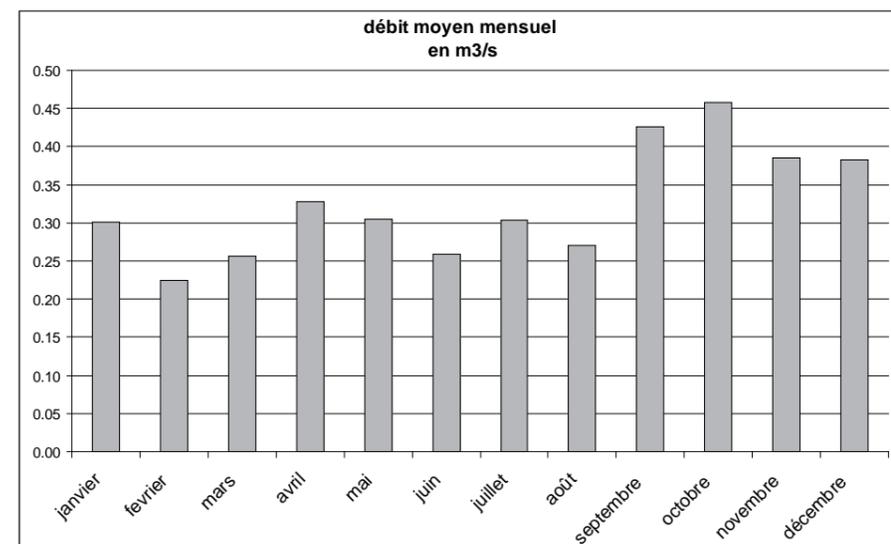
	moyenne m3/s	miniJ m3/s	maxJ m3/s	mediane m3/s
1998	0.318	0.085	5.246	0.243
1999	0.306	0.077	5.636	0.188
2000	0.327	0.078	5.201	0.171
2001	0.369	0.139	2.964	0.318
2002	0.470	0.178	4.346	0.334
2003	0.472	0.163	16.037	0.351
2004	0.256	0.018	2.750	0.207
2005	0.236	0.066	2.006	0.167
2006	0.262	0.037	1.562	0.235
2007	0.197		2.443	0.115
2008	0.210		2.913	0.124

Tableau 2 1 : débits moyens journaliers des Ayalades sur la période 1998-2008

période 1998-2008	0.311			0.233
--------------------------	-------	--	--	-------

Les débits moyens mensuels caractéristiques sont donnés page suivante ; on observe que le régime d'étiage est plus soutenu à l'automne et que les débits les plus faibles se produisent en hiver et en été.

Le cours d'eau n'est jamais à sec.



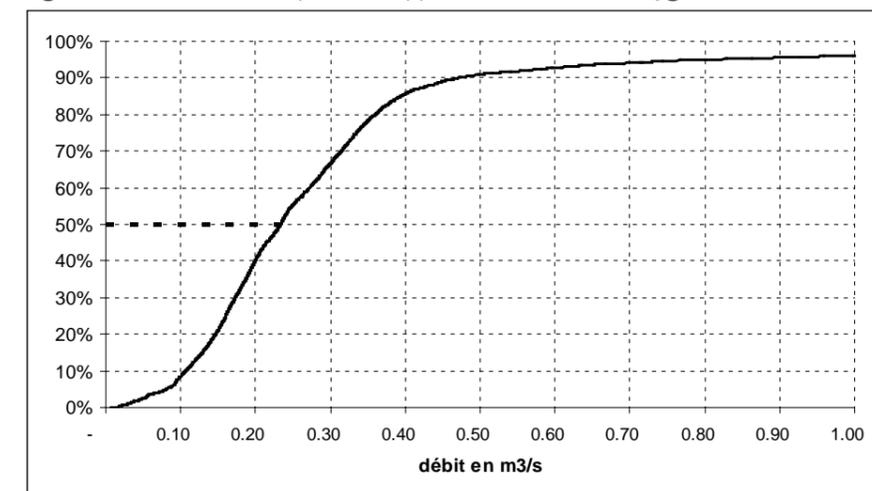
Moyenne mensuelle du débit en m3/s

	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre	Année
1998	0.265	0.267	0.286	0.485	0.351	0.310	0.305	0.372	0.547	0.333	0.147	0.155	0.318
1999	0.673	0.189	0.307	0.246	0.217	0.197	0.250	0.158	0.349	0.547	0.378	0.166	0.306
2000	0.126	0.095	0.165	0.850	0.176	0.192	0.235	0.155	0.424	0.448	0.543	0.511	0.327
2001	0.452	0.348	0.472	0.260	0.488	0.312	0.365	0.334	0.316	0.522	0.337	0.218	0.369
2002	0.267	0.421	0.383	0.293	0.482	0.420	0.428	0.378	0.545	0.669	0.882	0.468	0.470
2003	0.490	0.380	0.363	0.436	0.338	0.334	0.332	0.366	0.415	0.421	0.405	1.385	0.472
2004	0.434	0.172	0.208	0.207	0.227	0.223	0.221	0.204	0.316	0.439	0.233	0.191	0.256
2005	0.156	0.106	0.146	0.248	0.226	0.228	0.261	0.235	0.422	0.323	0.312	0.171	0.236
2006	0.232	0.172	0.262	0.240	0.223	0.187	0.268	0.227	0.506	0.420	0.229	0.174	0.262
2007	0.105	0.195	0.109	0.099	0.173	0.181	0.515						0.197
2008	0.111	0.118	0.122	0.235	0.452	0.267	0.163						0.210

Période 1998-2008	0.301	0.224	0.257	0.327	0.305	0.259	0.304	0.270	0.427	0.458	0.385	0.382	0.311
--------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

La courbe de fréquence d'apparition d'un débit est la suivante.

Figure 2 1 : courbe de fréquence d'apparition du débit des Ayalades



fréquence de non dépassement	Débit en m3/s
2%	0.045
5%	0.080
10%	0.106
20%	0.145
30%	0.173
40%	0.200
50%	0.233
60%	0.270
70%	0.315
80%	0.360
90%	0.465
95%	0.745
99%	2.060

Le débit dépassé 50% du temps s'établit à 230l/s.

On en déduit pour le projet du parc :

- Qu'un apport conséquent et relativement régulier (pas d'à sec) est disponible toute l'année
- Qu'il ne sera pas nécessaire de rechercher d'autres sources d'approvisionnement en eaux claires pour alimenter le parc
- Que les quantités en jeu sont adaptées au besoin en arrosage et au parcours ludique de l'eau sur différents bras à créer sur le parc

2 HYDROLOGIE

2/ CARACTERISTIQUES DU REGIME HYDROLOGIQUE COURANT DES AYGALADES

2.2 A l'entrée du Bougainville

A l'entrée du parc Bougainville, le ruisseau des Aygaldes reçoit le ruisseau de Plombières.

En l'absence de mesures exploitables sur ce ruisseau, on peut estimer des apports courants en proportion des bassins versants drainés respectifs.

On en déduit qu'à l'entrée du parc Bougainville, les apports courant seront augmentés de l'ordre de 25%.

3/ DÉBITS DE CRUES DES AYGALADES

3.1 Caractérisation des débits de pointe pour différentes périodes de retour d'après les mesures de la DEA

Les crues caractéristiques sur la période de mesure disponibles sont les suivantes ; généralement, les crues les plus importantes se produisent à la faveur d'orages de fin d'été et début d'automne (juillet à octobre).

Certaines mesures peuvent être sujettes à caution, notamment le débit maximum pour l'évènement de septembre 2000 (180mm d'eau tombé en 4h 0 Marseille Prado) qui paraît sous-estimé.

Débits de crue d'après mesures

	Maximum instantané en m3/s												Année	Date du maximum
	janvier	fevrier	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre		
1998	9.8	3.1	1.4	12.4	23.4	0.9	1.0	15.1	45.3	17.1	1.2	6.5	45.3	7 septembre
1999	28.4	0.6	10.1	10.9	4.3	1.2	5.3	1.1	43.5	45.3	15.1	8.2	45.3	21 octobre
2000	3.9	0.2	16.4	13.6	1.2	6.7	13.0	1.0	34.0	31.2	10.6	12.4	34.0	19 septembre
2001	13.9	10.3	5.5	1.2	11.5	0.6	4.5	3.5	11.5	32.4	8.5	0.3	32.4	7 octobre
2002	4.5	11.8	4.9	3.5	19.8	10.9	11.5	22.7	25.7	14.8	23.8	4.3	25.7	19 septembre
2003	4.3	3.1	1.2	16.8	1.2	0.6	0.6	1.3	22.3	12.7	22.0	50.8	50.8	2 décembre
2004	3.1	8.5	8.5	4.5	2.2	1.1	0.4	7.7	51.3	30.4	5.1	12.1	51.3	12 septembre
2005	0.3	0.2	2.7	11.2	11.8	7.4	1.0	1.0	31.2	12.1	14.2	8.5	31.2	10 septembre
2006	13.0	2.2	3.5	0.4	5.5	0.4	21.2	1.5	9.5	16.1	7.4	7.9	21.2	6 juillet
2007	3.7	51.3	1.0	2.9	9.0	8.5	60.0	sonde HS	sonde HS	sonde HS	sonde HS	sonde HS	60.0	9 juillet
2008	3.7	13.0	4.0	10.3	9.8	6.9	0.9	sonde HS	sonde HS	sonde HS	sonde HS	sonde HS	13.0	

Figure 3 1 : débits de crue des Aygaldes

Un ajustement de Gumbel sur les 10 valeurs maximum de la série 1998-2007 donne les statistiques suivantes ; les intervalles de confiance de cet ajustement à 70 ou 95% y sont ajoutés ; la courbe d'ajustement obtenue est présentée page suivante.

Série retenue :

debit (m3/s)	date
45.3	7 septembre 1998
45.3	21 octobre 1999
34.0	19 septembre 2000
32.4	7 octobre 2001
25.7	19 septembre 2002
50.8	2 décembre 2003
51.3	12 septembre 2004
31.2	10 septembre 2005
21.2	6 juillet 2006
>60	9 juillet 2007

3/ DÉBITS DE CRUES DES AYGALADES

STATION : RU DES AYGALADES - POINT DE MESURE DEA
 nombre d'années: 10
 à partir de : 1998

PERIODE DE RETOUR(ans)	DEBITS (m3/s)	IC à 70% (m3/s)	IC à 95% (m3/s)
2	38	(35 - 41)	(33 - 45)
5	49	(46 - 53)	(42 - 63)
10	56	(51 - 63)	(47 - 73)

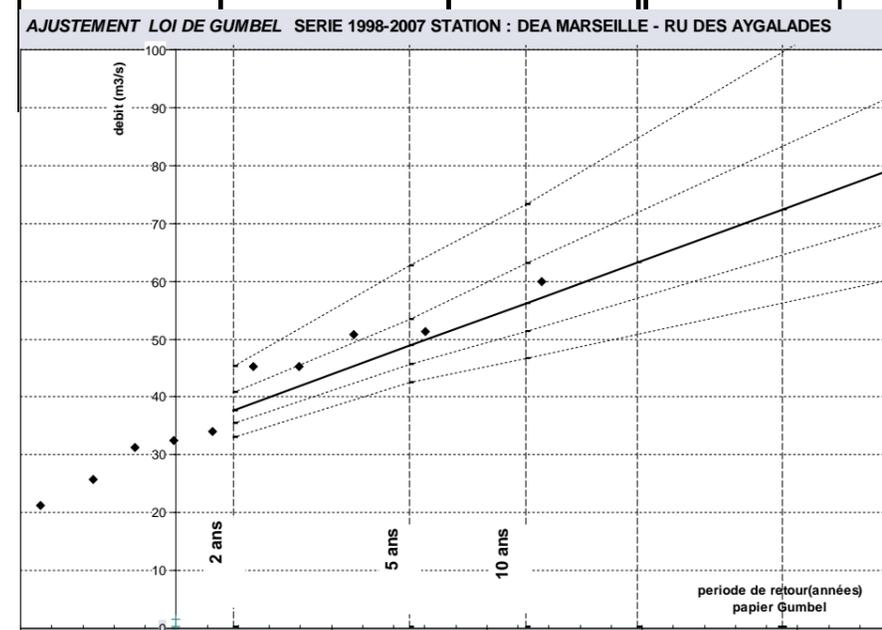


Figure 3 2 : Ajustement du Gumbel sur les débits de crue des Aygaldes

Aux vues des données disponibles, la crue annuelle peut aussi être évaluée à 30 m³/s.

Le débit décennal ressort donc ici à 56m³/s, valeur assez proche de celle établie par ailleurs (61m³/s d'après HGM - 1999).

3.2 Formule rationnelle

Cette valeur est également à comparer à celle que l'on obtiendrait en appliquant la formulation simplifiée de la formule rationnelle :

$Q=C*I$ *surface du bassin versant,
 avec :

- I représentant l'intensité de la pluie de même durée que le temps de réponse du bassin versant (soit ici entre 30 et 45 minutes).
 D'après les statistiques météorologiques de Marignane, l'intensité décennale pour une pluie de 30 à 45mn s'établit entre 49 et 59mm/h.
- C le coefficient de ruissellement

Les coefficients de ruissellement (rapport du volume écoulé à la pluie tombée sur le bassin versant) obtenus sur des cas réels de crue établis à partir des mesures pluviométriques de la DEA sont les suivants :

- Crue du 21 octobre 1999 (60.6mm) : 17%
- Crue du 7 octobre 2001 (26.2mm) : 14.2%
- Crue du 19 septembre 2002 (23.9mm) : 13.7%

2 HYDROLOGIE

3/ DÉBITS DE CRUES DES AYGALADES

Crue du 12 septembre 2004 (48.2 mm) : 14.3%
 Crue du 5 septembre 2005 (23mm) : 18%
 Crue du 6 juillet 2006 (15.4mm) : 10%

On peut admettre donc qu'un ordre de grandeur du coefficient de ruissellement est de 14% pour des crues moyennes jusqu'à décennale ; au-delà le coefficient de ruissellement augmentera du fait de la saturation des sols (Pour une crue centennale, une formulation dite « expert » donnerait un coefficient de ruissellement autour de 39 à 43%).

On établit selon cette formule un débit décennal variant entre 60 et 73m³/s, une nouvelle fois assez proche des autres estimations.

3.3 Forme des crues - Etablissement de crues de projet par la formule du Cemagref

Les mesures au pas de temps 6 minutes permettent de connaître précisément la forme des crues du ruisseau ; celles-ci sont réunies en annexe 1.

Pour les crues les plus fortes enregistrées sur la période de mesures, les caractéristiques sont les suivantes ; le temps de montée ressort à 30 minutes environ.

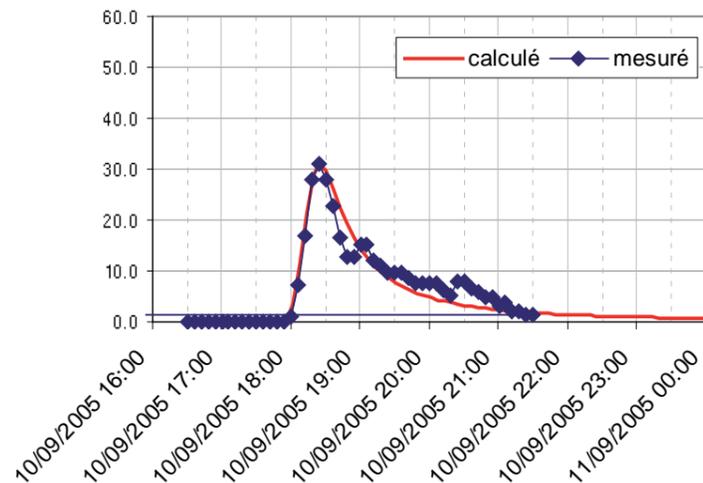
	débit max m ³ /s	période de retour indicative	durée de la crue caractéristique	temps de montée
07-sept-98	45.3	env. 3ans	1h 45mn	1h (20 min sur deuxième pointe)
21-oct-99	45.3	env. 3ans	2h	45mn
19-sept-00	34.0	env. 2ans	4h30 (2 pointes - 1h45mn pour 1ère)	45mn
07-oct-01	32.4	env. 2ans	1h 30mn	30mn
19-sept-02	25.7	<1an	2h 30mn	30mn
2 décembre 2003	50.8	env. 5 ans	5h	1h 20mn (40mn sur 2ème montée)
12-sept-04	51.3	env. 5 ans	2h	30mn
10-sept-05	31.2	<2 ans	2h	25mn
06-juil-06	21.2	<1an	1h	20mn

Il est possible de caler une loi générale s'approchant au mieux de la forme des crues réelles. Les hydrogrammes synthétiques des crues sont construits à partir de la formule du Cemagref :

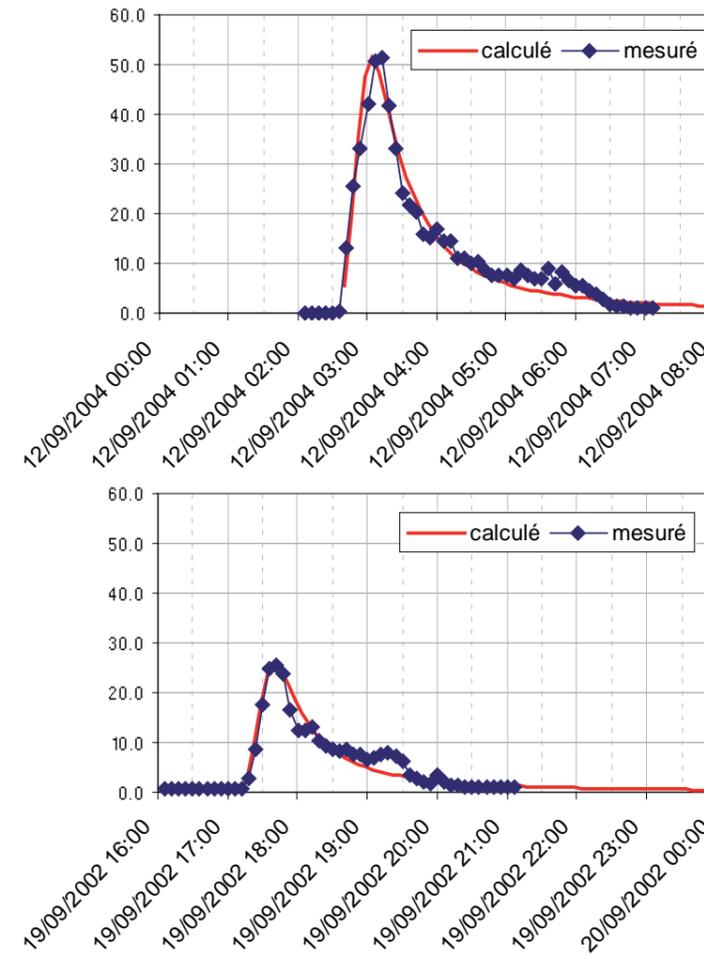
Avec :

Q_p = débit de pointe
 D = durée de Socose
 α = coefficient de calage (coefficient de forme)

$$Q(t) = \frac{Q_p \times 2 \times \left(\frac{t}{D}\right)^\alpha}{1 + \left(\frac{t}{D}\right)^{2 \times \alpha}}$$

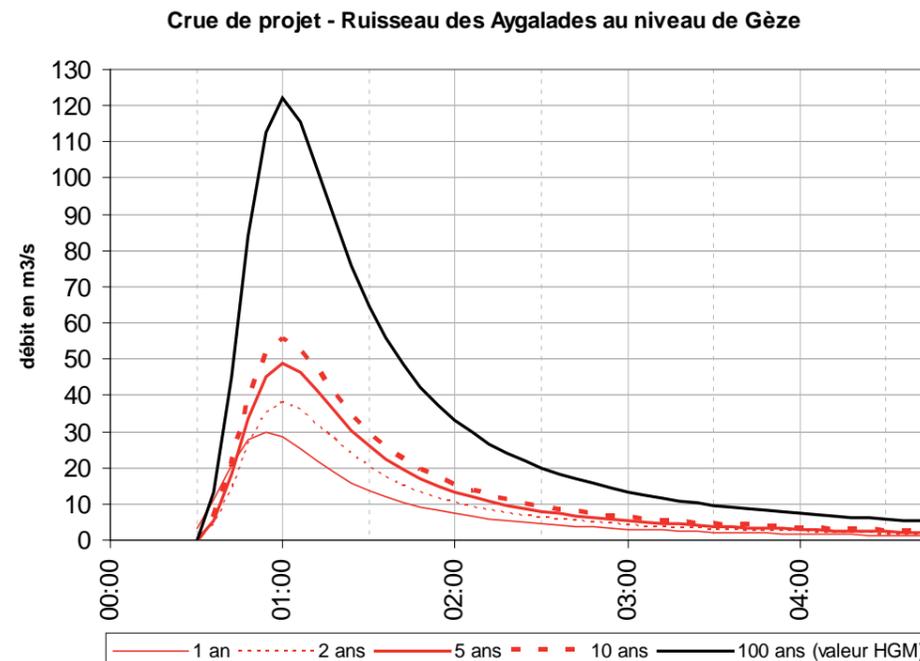


Le meilleur calage est obtenu pour les valeurs :
 D = 30 minutes et α=1.8, testés pour les crues de septembre 2002, septembre 2004 et septembre 2005.
 Le calage des hydrogrammes pour ces trois crues est présenté sur les graphes ci-contre :



On en déduit ensuite les hydrogrammes des crues de projet de période de retour 1,2,5, et 10 ans; ceux-ci sont présentés ci-dessous. Pour la crue centennale, un débit de pointe de 122 m³/s est retenu ; il correspond à l'hypothèse de débit centennal de l'étude HGM au niveau de Gèze; cette valeur correspond à 2.2 fois le débit décennal d'après nos statistiques.

Figure 3 3 : hydrogrammes des crues de projet des Aygalades au niveau du Boulevard Gèze

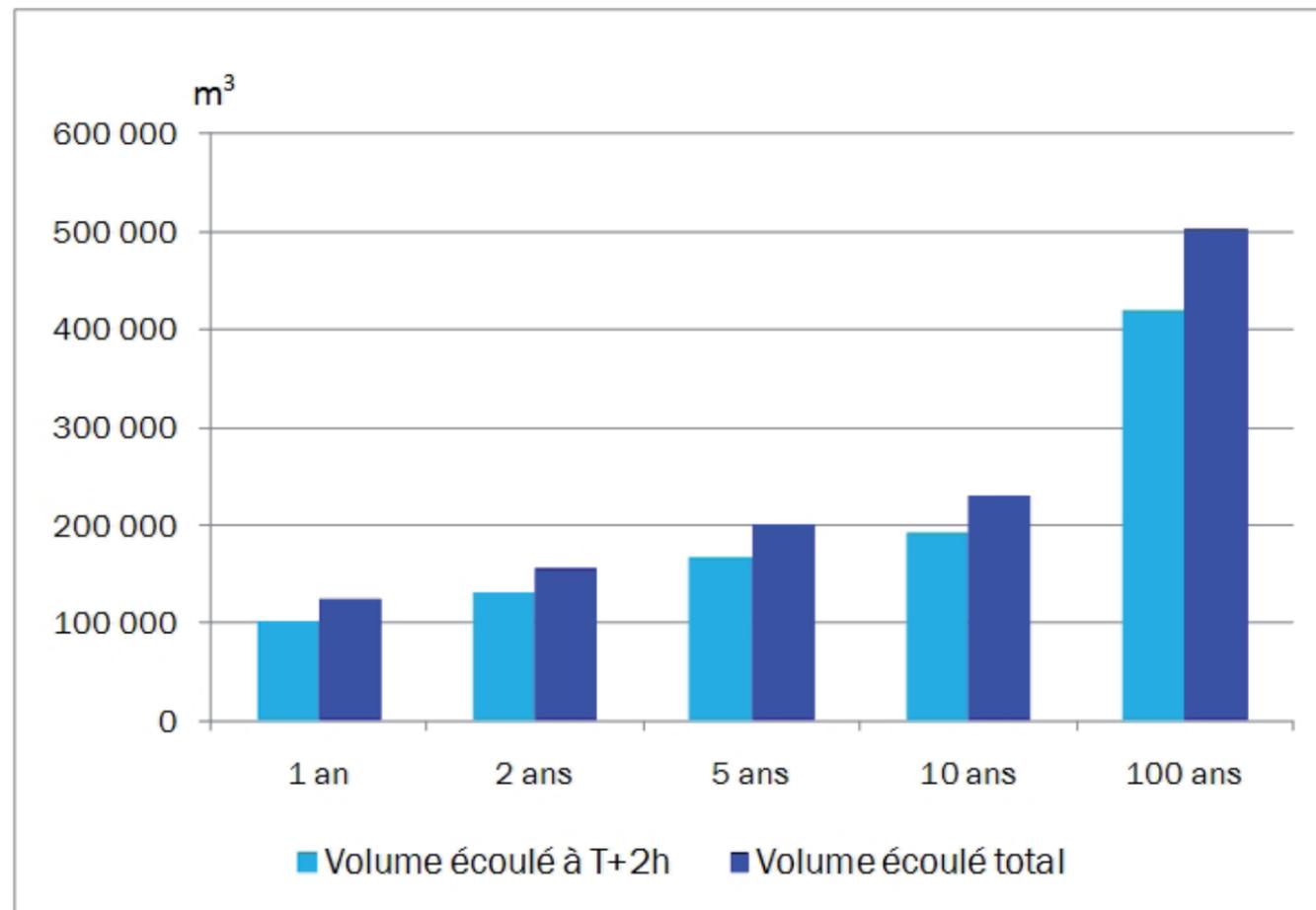


2 HYDROLOGIE

3/ DÉBITS DE CRUES DES AYGALADES

Suivant ces hypothèses, les volumes totaux et écoulés au bout de 2 heures (temps 2h30 sur le graphique) sont les suivants :

Période de retour	Volume écoulé à T+2h	Volume écoulé total
1 an	103 000 m ³	123 540 m ³
2 ans	130 400 m ³	156 480 m ³
5 ans	168 200 m ³	201 780 m ³
10 ans	192 200 m ³	230 610 m ³
100 ans	418 800 m ³	502 410 m ³



2 HYDROLOGIE

4/ SYNTHÈSE SUR LES CRUES DU RUISSEAU DES AYGALES ET PLOMBIÈRES

Nous retiendrons les valeurs suivantes.

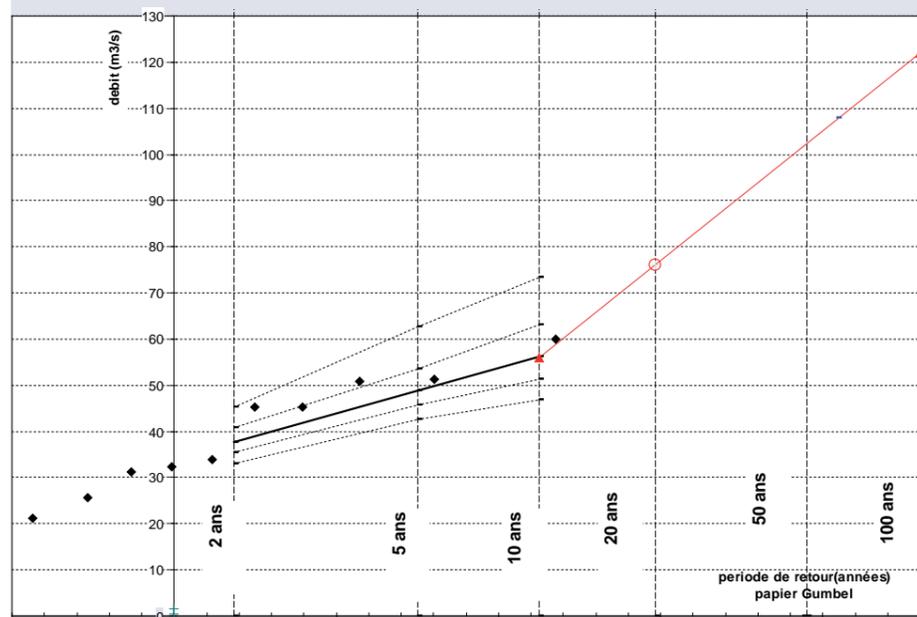
-> Crue des Aygalades à l'entrée du parc :

Période de retour 2 ans : 38 m³/s
 Période de retour 5 ans : 49 m³/s
 Période de retour 10 ans : 56 m³/s
 Période de retour 100 ans (donnée DEA) : 122 m³/s

Les périodes intermédiaires entre 10 et 100 ans sont données ci-dessous :

PERIODE DE RETOUR(ans)	DEBITS (m ³ /s)	IC à 70% (m ³ /s)	IC à 95% (m ³ /s)
2	38	(35 - 41)	(33 - 45)
5	49	(46 - 53)	(42 - 63)
10	56	(51 - 63)	(47 - 73)
extrapolation jusqu'à 100 ANS			
20	76		
30	87		
40	96		
50	102		
60	108		
70	112		
80	116		
100	122		

AJUSTEMENT LOI DE GUMBEL SERIE 1998-2007 STATION : DEA MARSEILLE - RU DES AYGALES



-> Crue du ruisseau de Plombières (donnée DEA) :

Période de retour 10 ans: 61 m³/s
 Période de retour 100 ans: 102 m³/s

-> Crue des Aygalades à l'aval du parc en amont de la confluence avec Plombières et à l'aval de la confluence du ruisseau des Lions (donnée DEA) :

Période de retour 10 ans : 80 m³/s
 Période de retour 100 ans: 130 m³/s

-> Crue centennale au niveau du Boulevard d'Anthoine (donnée DEA) : 130m³/s

Période de retour 100 ans généralisée du bassin versant issue d'une crue des Aygalades amont :
 Aygalades : 96 m³/s
 Plombières : 34 m³/s

Période de retour 100 ans généralisée du bassin versant issue d'une crue de Plombières :
 Aygalades : 28 m³/s
 Plombières : 102 m³/s

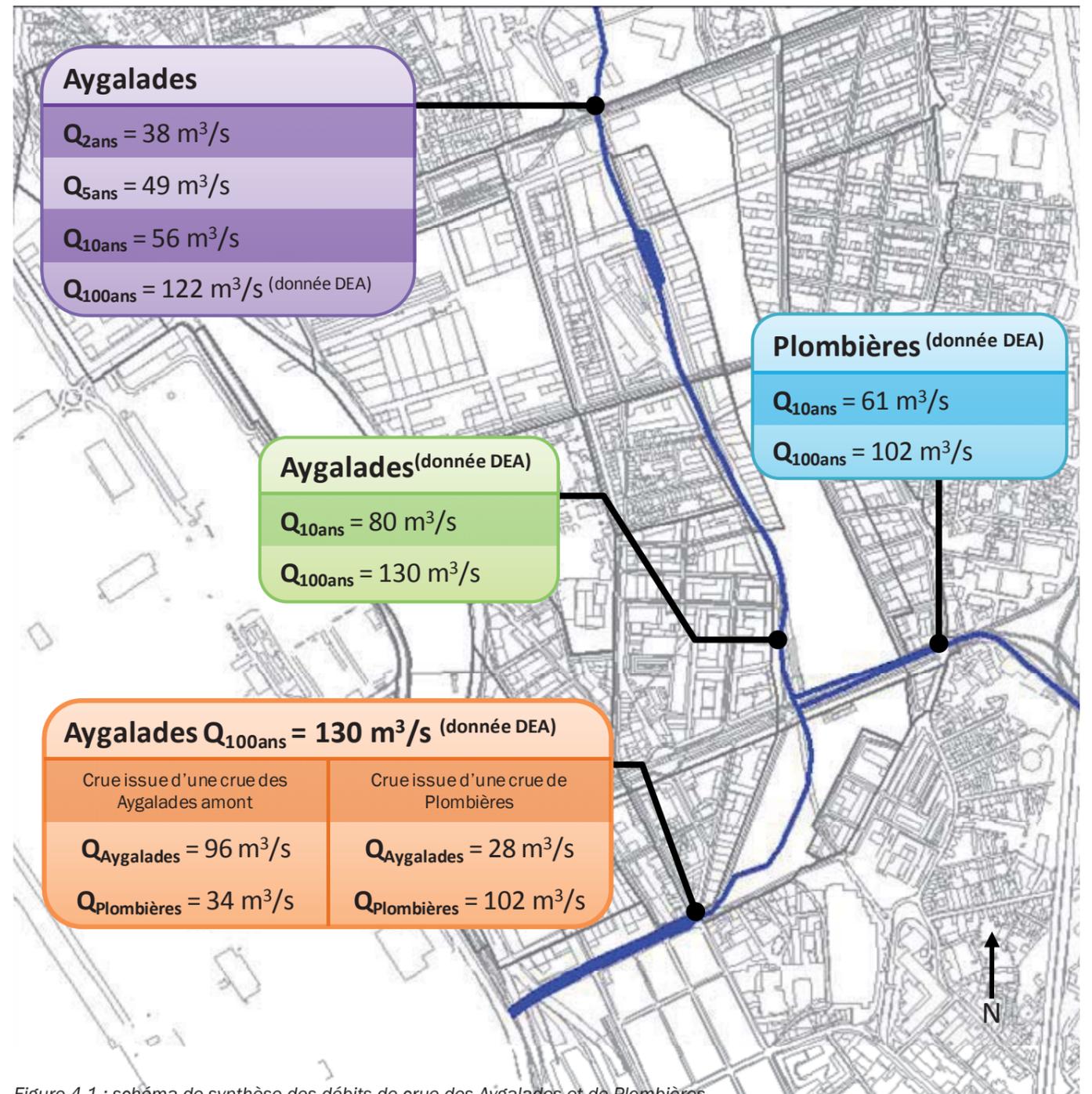


Figure 4 1 : schéma de synthèse des débits de crue des Aygalades et de Plombières

3 Gestion de l'eau dans les parcs

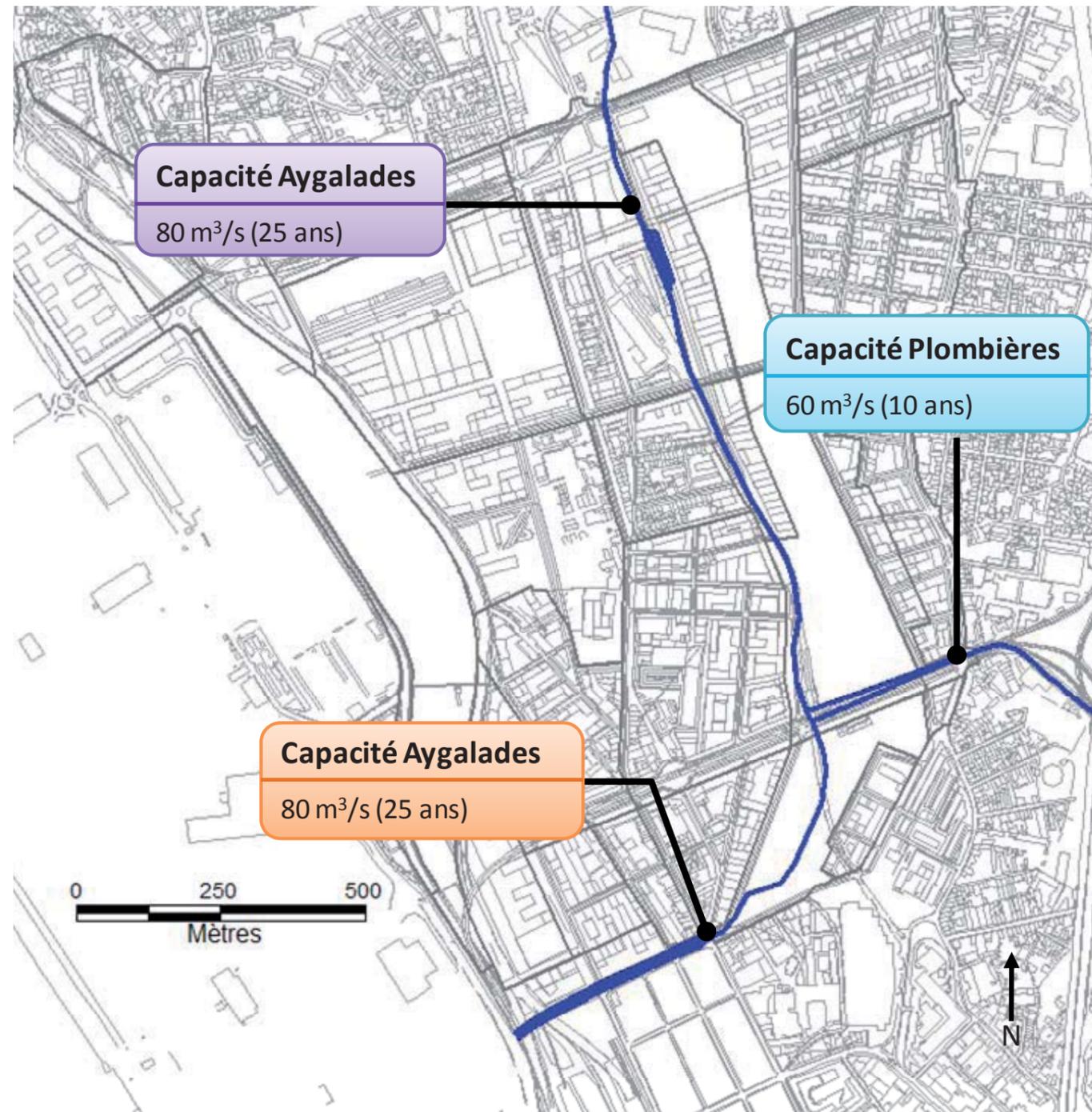
1 Etat des lieux hydraulique	p20
1.1 Capacité	
1.2 Points noirs	
1.3 Zone inondable	
2 Propositions d'aménagements pour réduire les inondations en aval	p22
2.1 Problématique et solutions envisagées	
2.2 Solution 1 : recalibrage du ruisseau de Plombières	
2.3 Solution 2 retenue : captage des eaux débordantes sur Lesseps via la modification du profil en long et en travers de l'avenue	
2.3.1 Nouveau profil de l'avenue de Lesseps	
3 Parc amont	p27
3.1 Conception générale	
3.1.1 Parc en creux	
3.1.2 Profil en long	
3.1.3 Dévoisement du ruisseau des Lions	
3.1.4 Prise d'eau	
3.1.5 Apports d'eaux pluviales vers les parcs	
3.2 Principe d'inondabilité	
3.2.1 Variations de l'étendue des zones inondées de l'étiage à la crue extrême (vue en plan)	
3.2.2 Variation des niveaux (coupes)	
3.2.3 Gestion de la sécurité des personnes	
4 Parc Bougainville	p49
4.1 Conception générale	
4.2 Stratégie hydraulique	
5 Besoins en eau pour l'entretien végétal des parcs	p60
5.1 Installer une nature en ville	
5.1.1 Une «nature marseillaise»	
5.1.2 Des milieux liés au contexte	
5.1.3 Débits associés aux milieux	
5.1.4 Les milieux liés au ruisseau des Aygalades	
5.1.5 Les milieux liés aux collines	
5.2 Qualité des eaux	
5.3 Besoins en eau	
5.4 Bassins filtrants	
5.4.1 L'intérêt écologique des bassins filtrants	
5.4.2 Principe	
5.4.3 Dimensionnement	
6 Fonctionnement, programmation et coût des aménagements	p74
6.1 Fonctionnement du parc des Aygalades	
6.1.1 Accès	
6.1.2 Parcours	
6.1.3 Les rives du parc	
6.2 Programmation, gestion et entretien	
6.2.1 Programmation	
6.2.2 Gestion et Entretien du parc	
6.3 Coût des aménagements hydrauliques	
6.4 Coût des aménagements des parcs	

3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

1/ ETAT DES LIEUX HYDROLIQUE

1.1 Capacité

Actuellement le ruisseau des Aygalades et son affluent de rive gauche principal, le ruisseau de Plombières sont canalisés dans le secteur du projet ; leurs capacités sont données ci-dessous.



1.2 Points noirs

Le ruisseau des Aygalades déborde à partir de la période de retour 25 ans en amont du boulevard du Capitaine Gèze. La crue traverse alors le faisceau des voies ferrées du Canet vers les points bas situés au sud du Boulevard d'Anthoine. Le ruisseau de Plombières déborde dès la période de retour 10 ans bien en amont de la jonction avec le ruisseau des Aygalades. Les volumes débordés s'écoulent sur la chaussée de Ferdinand de Lesseps pour rejoindre les points bas au sud du Boulevard d'Anthoine.

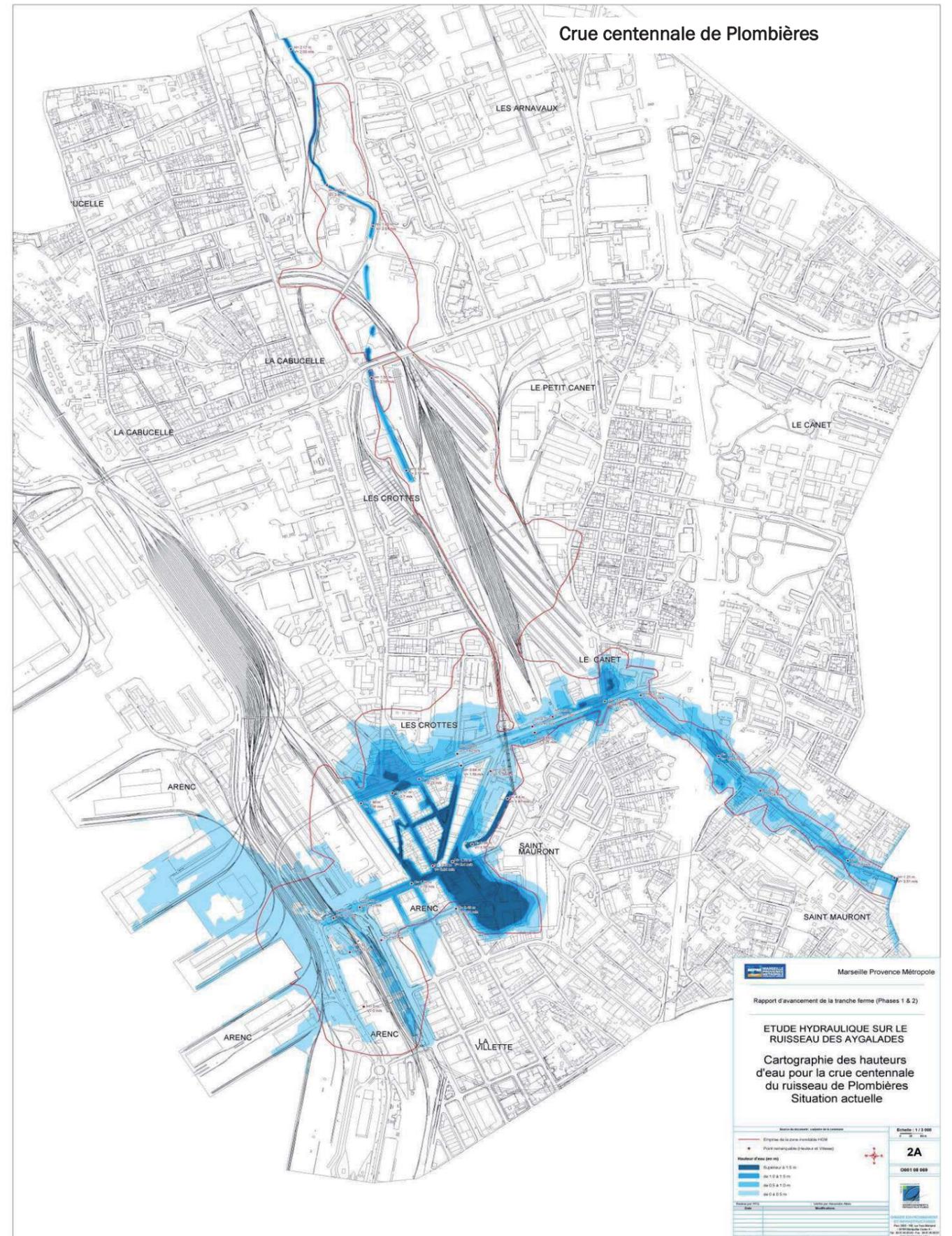
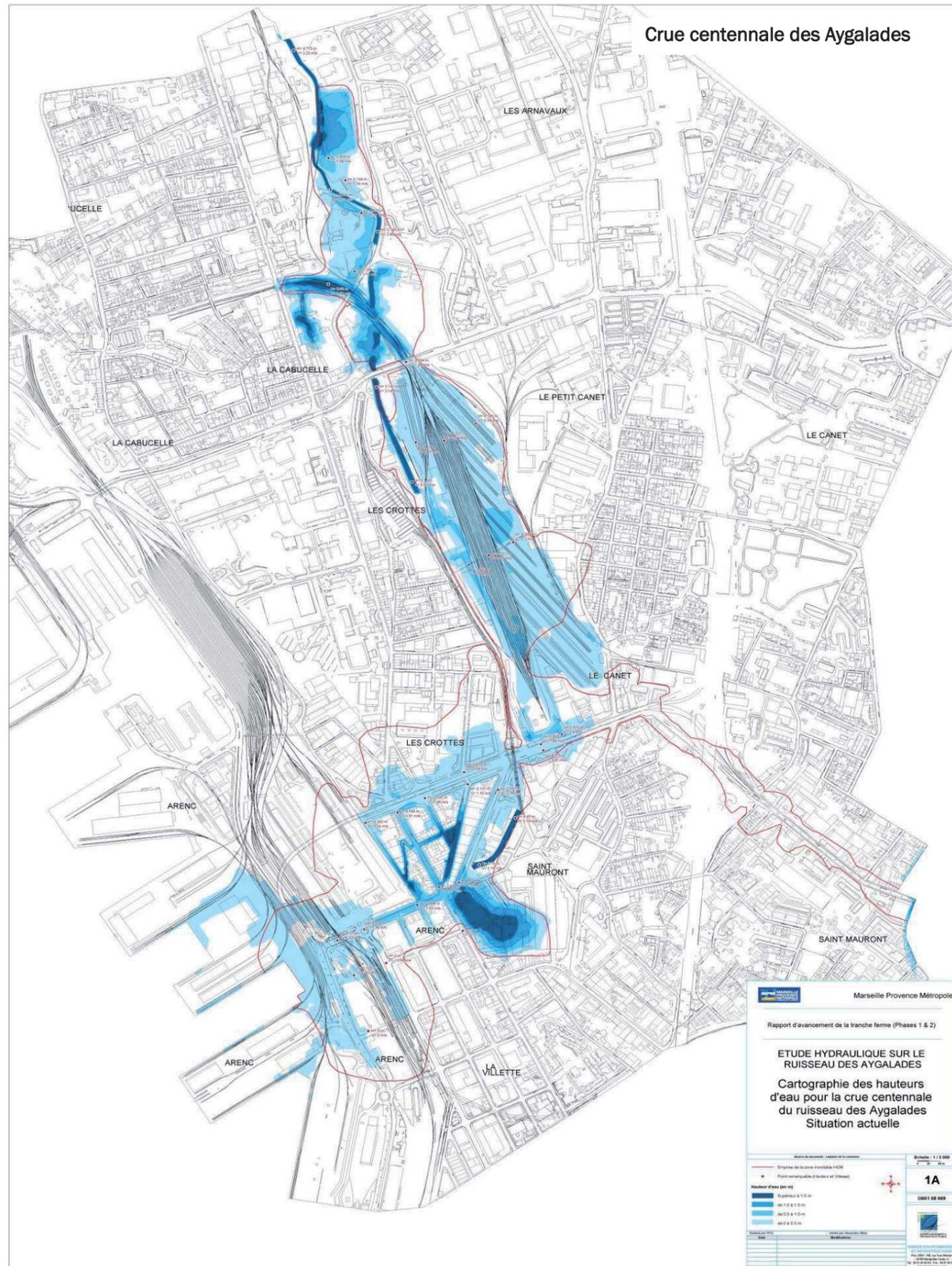
La capacité du ruisseau des Aygalades en aval de la confluence est de l'ordre de 80 m³/s. A partir de 100 m³/s la mise en charge importante de la galerie conduit à des débordements à l'entrée de celle-ci et des débordements du réseau unitaire par remontée du niveau d'eau ; ce point dur aval va être résorbé à très court terme par la mise en place de nouvelles galeries portant la capacité du tronçon aval à 130 m³/s jusqu'au port.

1.3 Zone inondable

Les zones inondables ont été cartographiées par Ginnger dans le cadre de l'étude de la modélisation de la zone inondable du secteur aval du ruisseau des Aygalades en 2010 ; elles sont présentées page suivante.

3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

1/ ETAT DES LIEUX HYDROLIQUE



3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

2/ PROPOSITIONS D'AMÉNAGEMENTS POUR RÉDUIRE LES INONDATIONS EN AVAL

2.1 Problématique et solutions envisagées

La problématique des submersions aval, au niveau de Lesseps puis des zones basses situées dans la continuité interfère directement avec la conception des parcs à venir ; le parc amont et le parc Bougainville.

L'objectif a été de rechercher des solutions techniques capables de maîtriser jusqu'au risque centennal les débordements à la jonction des deux parcs en prenant en compte le phasage des opérations, le parc amont devant être réalisé dans un second temps.

Deux pistes ont été envisagées :

- La première est une solution favorisant le recalibrage du ruisseau de Plombières sous Lesseps pour lui assurer une capacité compatible avec le débit de projet pour une crue centennale de $102\text{m}^3/\text{s}$; elle s'accompagne de la réalisation d'un carneau latéral à l'avenue côté par amont dont la fonction serait de récupérer les eaux de surface en cas de crue du ruisseau des Aygalades en situation actuelle et future (apports de $40\text{m}^3/\text{s}$ à travers le faisceau ferré aujourd'hui ou à travers le parc amont dans le future. Ce nouveau « barreau » serait reconnecté à la galerie des Aygalades existante via le réseau du ruisseau de Plombières redimensionné. Cette solution est apparue d'une part assez coûteuse et d'autre part peu réaliste dans la mesure où il serait très difficile d'imaginer un système efficace susceptible d'entonner dans la nouvelle galerie de Plombières les eaux débordées en amont de la zone réaménagée.
- La seconde qui est privilégiée consiste à revoir le profil de l'avenue de Lesseps jusqu'au passage du métro afin d'empêcher les eaux de s'écouler dans le sens de la plus grande pente en direction des quartiers situés en contrebas et de diriger ces eaux de part et d'autre de l'avenue vers des ouvrages hydrauliques de type « bassins-noues » les récoltant et les redirigeant vers la galerie des Aygalades dont on a vérifié par ailleurs que la capacité est suffisante jusqu'au port (en considérant les travaux de recalibrage sous l'avenue d'Anthoine réalisés).

3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

2/ PROPOSITIONS D'AMÉNAGEMENTS POUR RÉDUIRE LES INONDATIONS EN AVAL

2.2 Solution 1 : recalibrage du ruisseau de Plombières

Actuellement, sur Plombières, la galerie de 2.6m de haut et 2.15m de large doublé il y a plus de dix ans par un collecteur de diamètre 2500mm sont insuffisants dès la crue décennale du ruisseau de Plombières ; tandis que sur le ruisseau des Aygalades, l'inondation provient de l'amont avec débordement au niveau du boulevard Gèze et écoulement sur le faisceau ferré.

L'objectif est de pouvoir dimensionner un dispositif permettant de résoudre totalement ces deux points noirs dans la continuité des travaux qui vont être entrepris à court terme par MPM pour le recalibrage aval, pour une protection centennale à partir de Lesseps.

On rappelle ici qu'il existe deux conditions hydrologiques centennales à considérer suivant que la crue centennale provient de Plombières (102 m³/s) avec un total de 130m³/s à l'aval de la confluence ou des Aygalades .

Pour le réseau de Plombières, une modélisation a été entreprise.

Elle permet de dire que pour faire transiter 102m³/s sur l'axe Plombières sans débordement (mais on ne s'interdit pas la mise en charge) et compte tenu de la pente disponible et de l'influence aval, il faut de l'amont vers l'aval une section totale d'écoulement de :

- 15 m² sur 475 premiers mètres
- 22 m² sur 220 mètres intermédiaires
- 17 m² sur les 50 derniers mètres

La galerie existante propose 4.8m² et le collecteur Φ 2500 4.9m²

En supposant que l'on garde la galerie existante mais que l'on remplace le collecteur circulaire ; les dalots à mettre en place auraient donc les dimensions suivantes :

- Largeur 4m (h=2.5m) sur 475 premiers mètres
- Largeur 6m (h=2.8m) sur les 220 mètres intermédiaires
- Largeur 4.2 m (h=2.8m) sur les 50 derniers mètres

Ces travaux devront s'accompagner d'une reprise du modelé de la chaussée à l'amont immédiat de la nouvelle calibration afin de pouvoir capter les eaux ruisselant sur la chaussée et qu'elles s'engouffrent dans les nouveaux ouvrages ; ce point précis est susceptible de remettre en cause la faisabilité de la solution 1 car un tel aménagement apparaît peu réaliste.

La nouvelle galerie deviendrait également le réceptacle des eaux venant en débordement du ruisseau des Aygalades, au maximum 40m³/s:

- Aujourd'hui par ruissellement le long du faisceau ferré
- Dans le futur provenant du parc

Dans ce cas de figure, (cas d'une crue venant des Aygalades) la modélisation (voir profils en long à la suite) montre un niveau dans la nouvelle galerie de Plombières établi à la cote 5.70 mNGF.

En considérant cette galerie réalisée, la collecte des eaux provenant d'amont implique la réalisation d'un ouvrage captant les eaux de surface en amont immédiat de Lesseps dans l'emprise « voie ferrée » et la réalisation de carneaux de liaisons entre ce réceptacle et la nouvelle galerie de Plombières.

La cote des terrains actuels étant à 7.30 mNGF environ, les ouvrages à mettre en place auraient les dimensions caractéristiques suivantes :

- Création d'un « canal » parallèle à Lesseps sur 420ml environ : Ouvrage cadre L x l x H =420 ml x 4.00 m x 2.50m
- Création de carneaux de liaisons perpendiculaires à la voirie de Lesseps pour 40m³/s : 21m² de liaisons soit par exemple 12 Φ 1500mm

En situation future, une fois le parc des Aygalades réalisé, une partie du canal reste en service, notamment sous les terrains de sports ; les carneaux de liaison restent également en service.

Les 40 m³/s transitant par le parc rejoindront ce canal pour 80% via l'espace situé entre les limites du parc et les terrains de sport et pour 20% via le déversoir assurant le retour en chute des eaux de l'Aygalades vers la galerie qui aurait une largeur caractéristique de 15 mètres (évacuation jusqu'à 10m³/s sous une charge de 50cm d'eau).

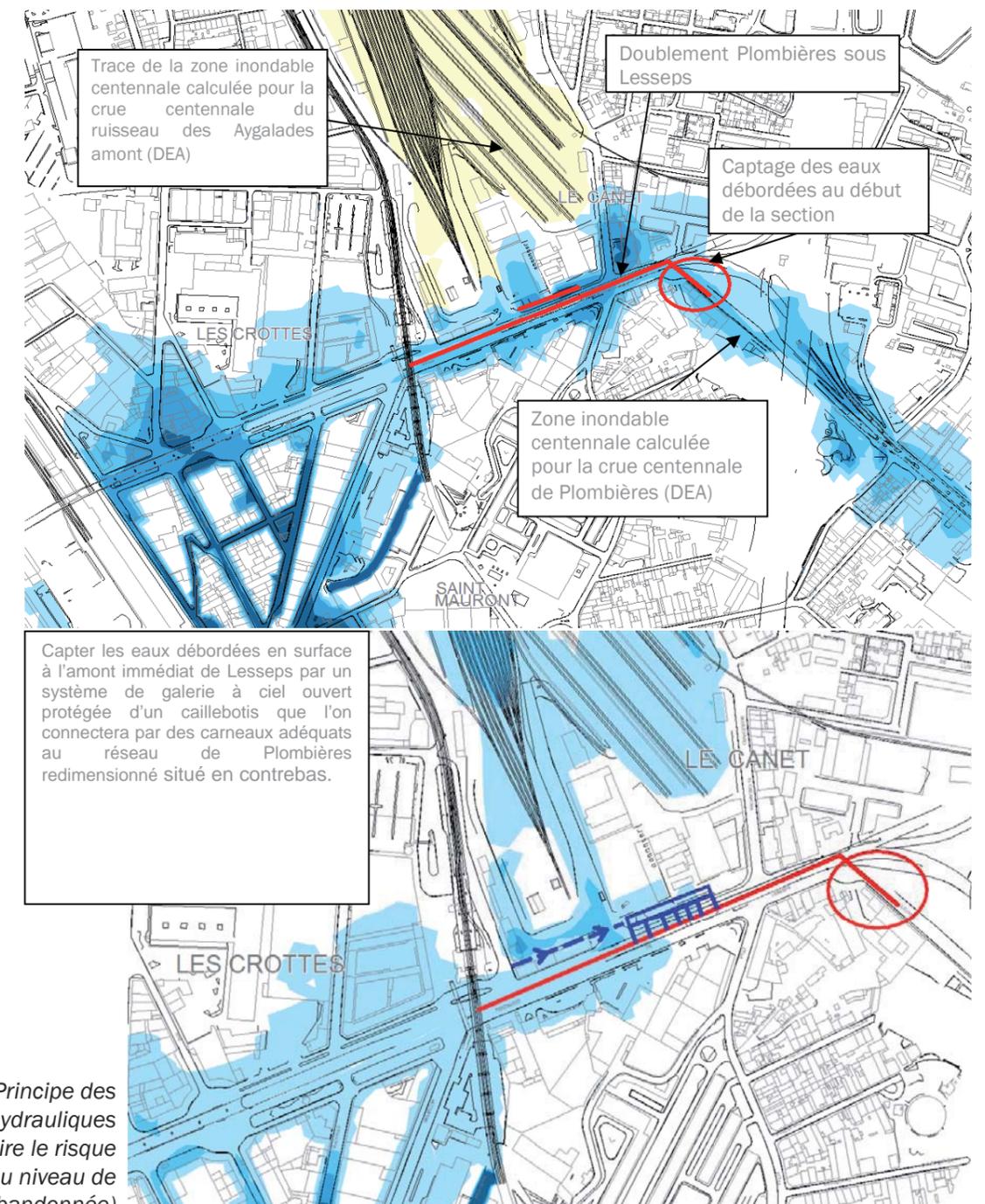


Fig 2.2 Principe des aménagements hydrauliques proposés pour réduire le risque de submersion au niveau de Lesseps (solution 1 abandonnée)

3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

2/ PROPOSITIONS D'AMÉNAGEMENTS POUR RÉDUIRE LES INONDATIONS EN AVAL

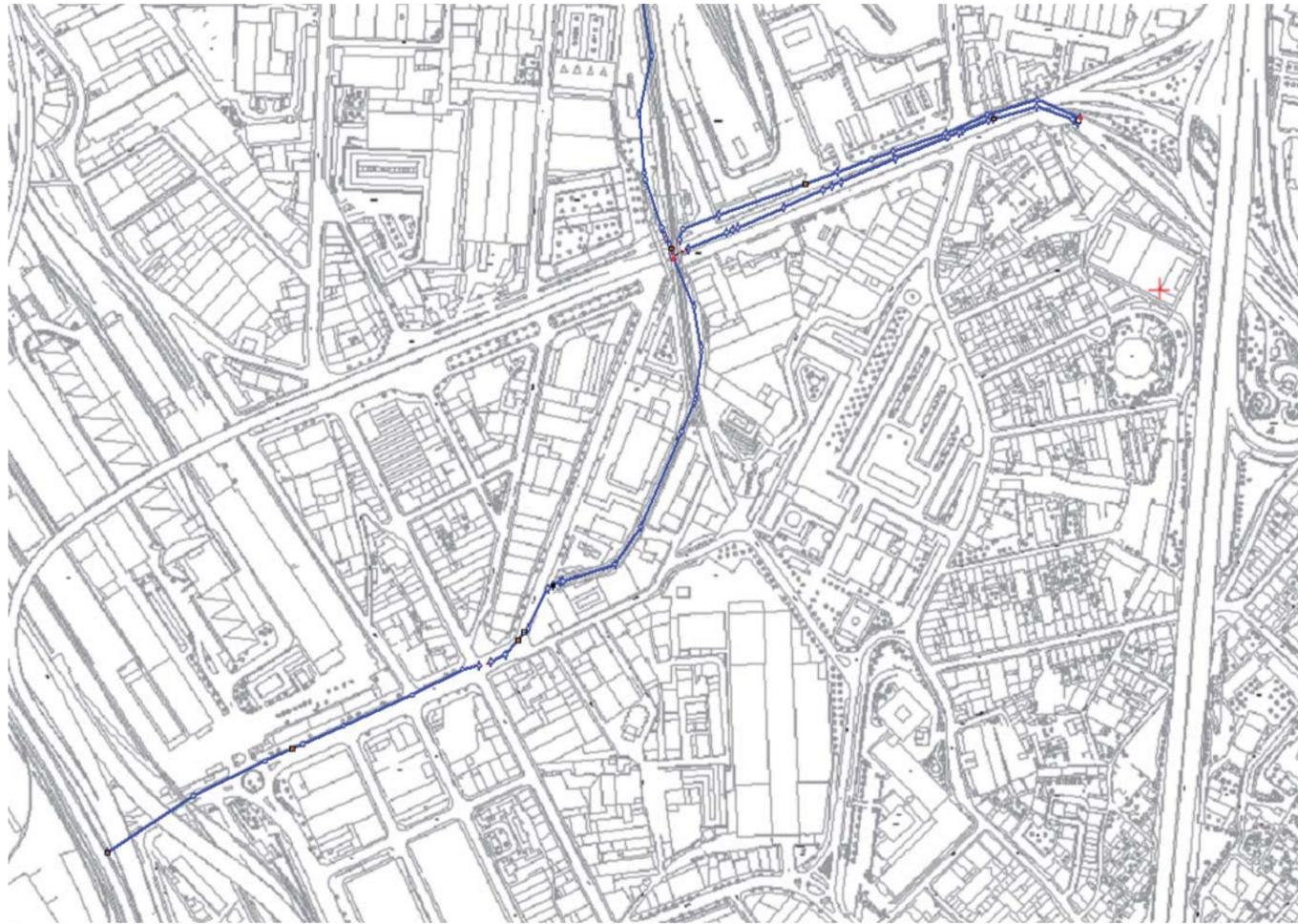
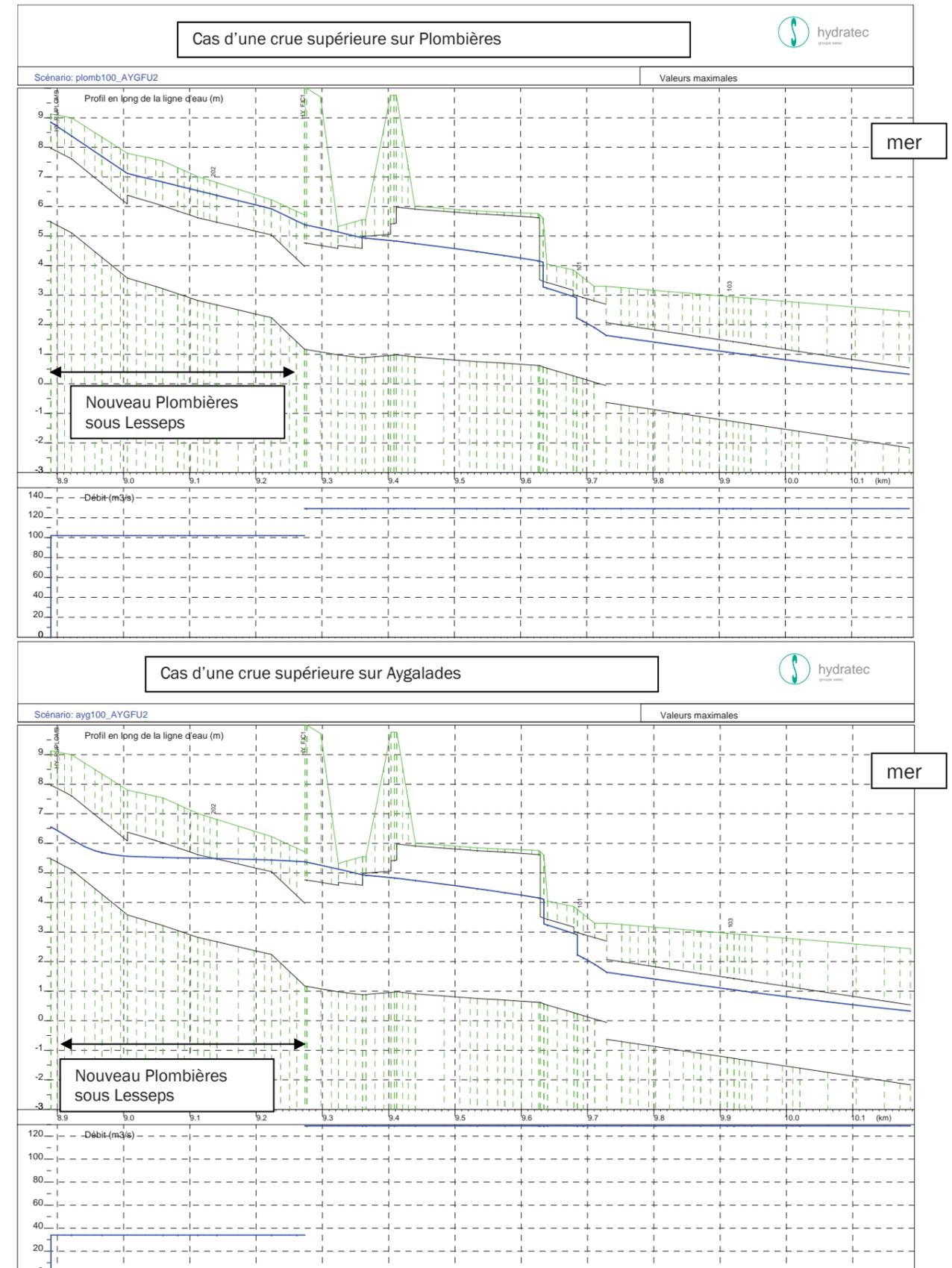


Fig 2.3 : Réseaux modélisés pour le dimensionnement d'une nouvelle galerie pour le ruisseau de Plombières sous Lesseps

Figure 2 4 : profil en long des lignes d'eau pour les deux cas de crue centennale avec Plombières redimensionné



3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

2/ PROPOSITIONS D'AMÉNAGEMENTS POUR RÉDUIRE LES INONDATIONS EN AVAL

2.3 Solution 2 retenue : captage des eaux débordantes sur Lesseps via la modification du profil en long et en travers de l'avenue

2.3.1 Nouveau profil de l'avenue de Lesseps

L'analyse des cotes actuelles de l'avenue permet de proposer le nouveau profil suivant.

On propose un point haut à la cote 7.10 à 50 mètres coté Est du passage du métro, créant ainsi sur 120 mètres une contre-pente de 4.2 ‰.

Sur 120 mètres, la chaussée présentera par ailleurs un profil en travers en toit penté de chaque côté à 1.8% pour obliger les eaux à se répartir de part et d'autres en direction des bassins-noues à mettre en place au bord de chacun des deux parcs.

Ce pré-dimensionnement est établi sur la base de calcul sommaire qu'il s'agira d'affiner.

En effet, la configuration complexe du projet avec une double pente transversale et la force du courant estimée à plus de 2.5m/s ne permet pas de dimensionner le système simplement par des calculs hydrauliques classiques.

Nous préconisons la réalisation de tests sur modèle physique réduit représentant la chaussée de Lesseps et ses abords réaménagés et permettant de :

- Valider la pente et dénivelée à donner à la voirie pour assurer qu'aucun débit résiduel ne passera le point haut, et établir précisément les niveaux d'eau sur la chaussée montante
- Affiner les aménagements connexes à prévoir éventuellement, par exemple la mise en place d'un système de grilles transversales à la chaussée pour mieux capter les eaux, ou l'aménagement particulier des trottoirs qui joueront le rôle de déversoirs,
- Établir la position et la hauteur probable d'un ressaut qui pourrait s'établir sur la partie montante de la chaussée,
- Établir la nécessité ou non de prévoir un emplacement réservé sur la chaussée au niveau du point haut pour le montage par les services de la voirie de batardeaux anti-crue amovibles complétant le dispositif de protection pour les événements les plus rares

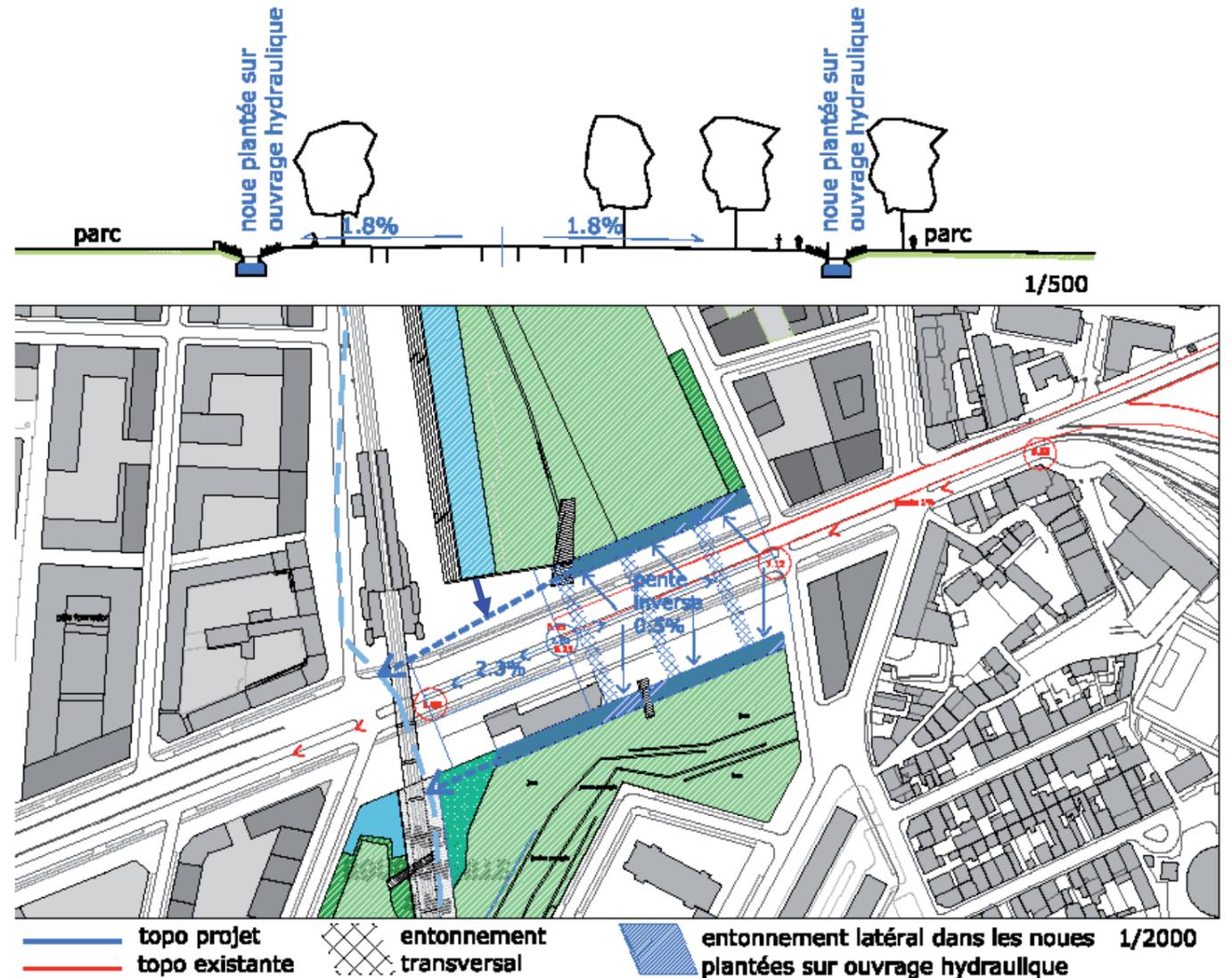
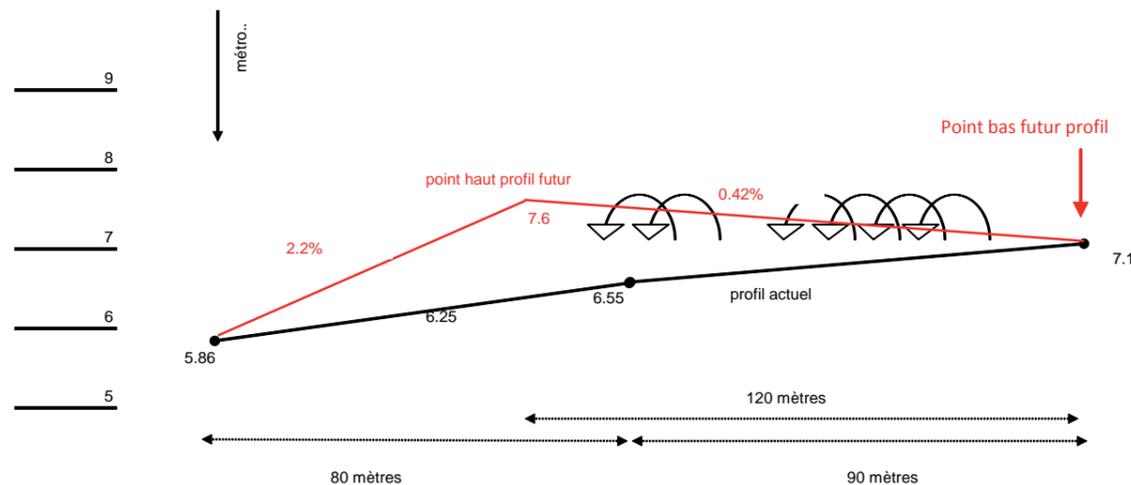


Figure II 2.1 Principe des aménagements hydrauliques proposés pour réduire le risque de submersion au niveau de Lesseps (solution 2 retenue)

3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

2/ PROPOSITIONS D'AMÉNAGEMENTS POUR RÉDUIRE LES INONDATIONS EN AVAL

Le bassin-noue coté « Parc amont » récupérera :

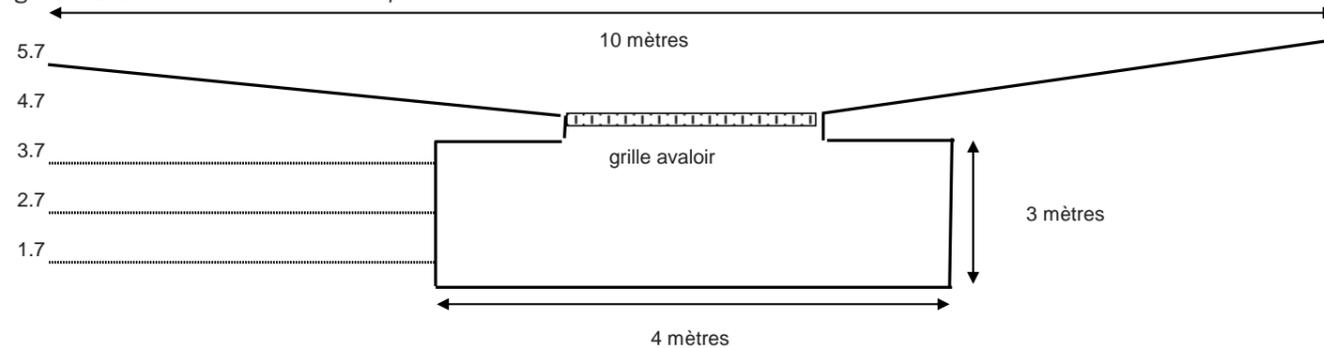
- Dans le cas d'une crue de Plombières, la moitié des débits ruisselant sur la nouvelle chaussée (soit environ $21\text{m}^3/\text{s}$)
- Dans le cas d'une crue des Aygalades, le débit ayant transité sur les voies ferrées (situation actuelle) ou à travers le parc amont (situation future), (soit environ $40\text{m}^3/\text{s}$)

Les dimensions de ce bassin sont donnée figure II 2.2 ; ce bassin présentera une pente de 3‰ vers la galerie des Aygalades existante ; la longueur totale est de 200 mètres.

Dans sa première partie, coté Est du futur parc amont, il se composera de deux parties superposées, une première « aérienne » qui sera plantée, et une seconde souterraine reliée à la première par un large caillebotis.

Dans sa seconde partie jusqu'à la galerie actuelle du ruisseau des Aygalades, il s'agira d'un ouvrage enterré qui aura également pour fonction de récupérer en chute le débit du ruisseau remis à ciel ouvert à l'aval du parc futur ; ce déversoir sera dimensionné pour $10\text{ m}^3/\text{s}$.

Figure II 2.2 Gabarit de la noue côté parc amont

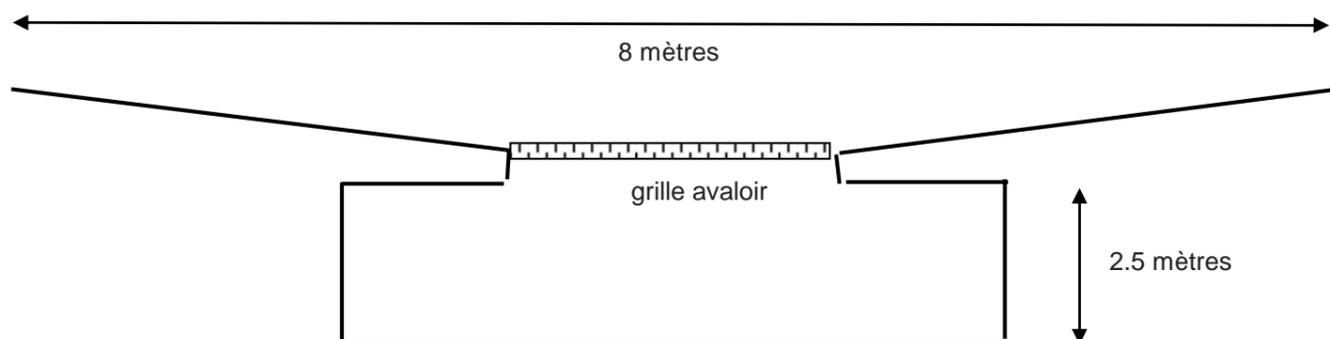


Le bassin-noue coté « Parc Bougainville » récupérera dans le cas d'une crue de Plombières, la moitié des débits ruisselant sur la nouvelle chaussée (soit environ $21\text{m}^3/\text{s}$)

Les dimensions de ce bassin sont donnée figure II 2.3 ; ce bassin présentera une pente de 3‰ vers la galerie des Aygalades existante. La longueur totale est de 195 mètres

Sur toute sa longueur, il se composera de deux parties superposées, une première « aérienne » qui sera plantée, et une seconde souterraine reliée à la première par un large caillebotis.

Figure II 2.3 Gabarit de la noue côté parc Bougainville



3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

3/ PARC AMONT

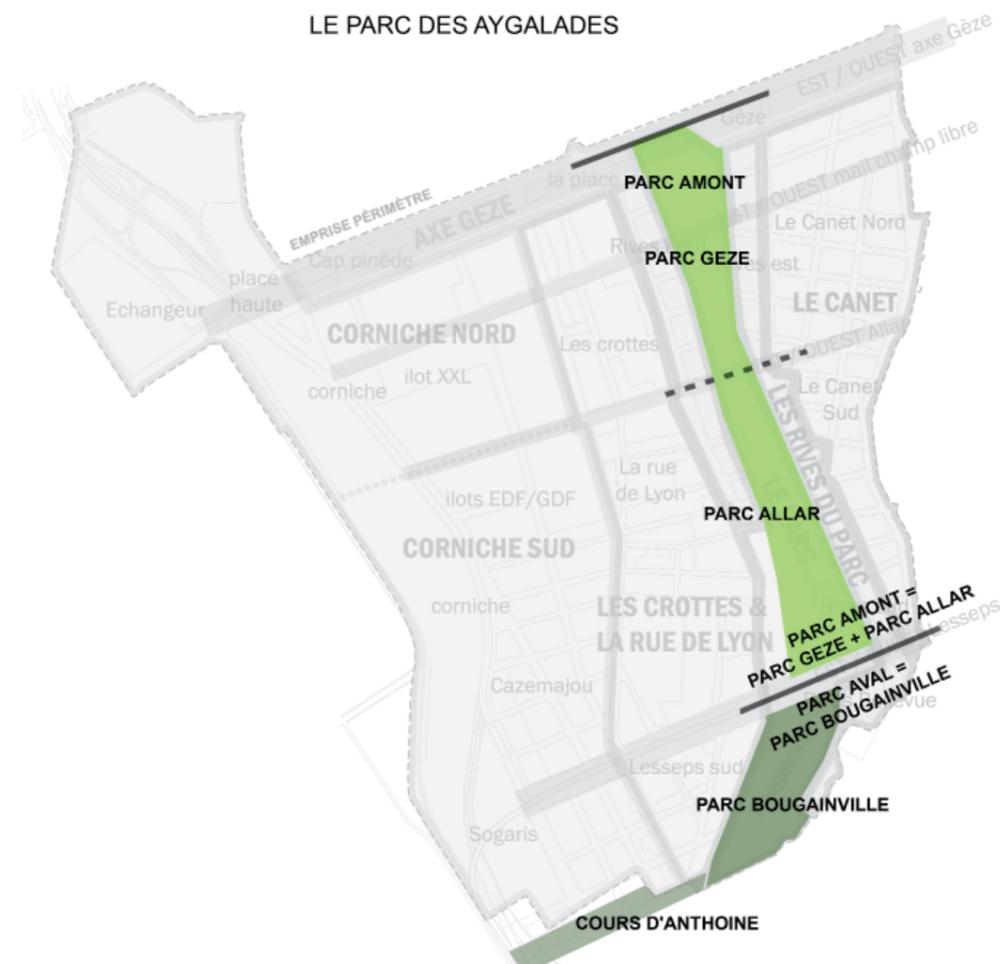
3.1 Conception générale

La création du parc amont s'accompagne par la remise à ciel ouvert du ruisseau des Aygalades dans sa traversée. À l'étiage, le ruisseau alimente et humidifie le parc par une prise d'eau sur l'ouvrage existant avec restitution à l'aval. Ce principe est appliqué au parc amont et au parc Bougainville.

Sa conception doit prendre en compte la gestion du passage des crues qui actuellement transitent dans la galerie des Aygalades sans débordement jusqu'à un débit de l'ordre de $80\text{m}^3/\text{s}$. Au-delà, les débits de débordements non contrôlés entreraient dans le parc. En régime de crue le parc amont doit gérer le passage d'un débit variant de 2 à $42\text{m}^3/\text{s}$ en crue centennale, sans débordement et en minimisant l'impact destructeur sur le parc.

Cette stratégie impose

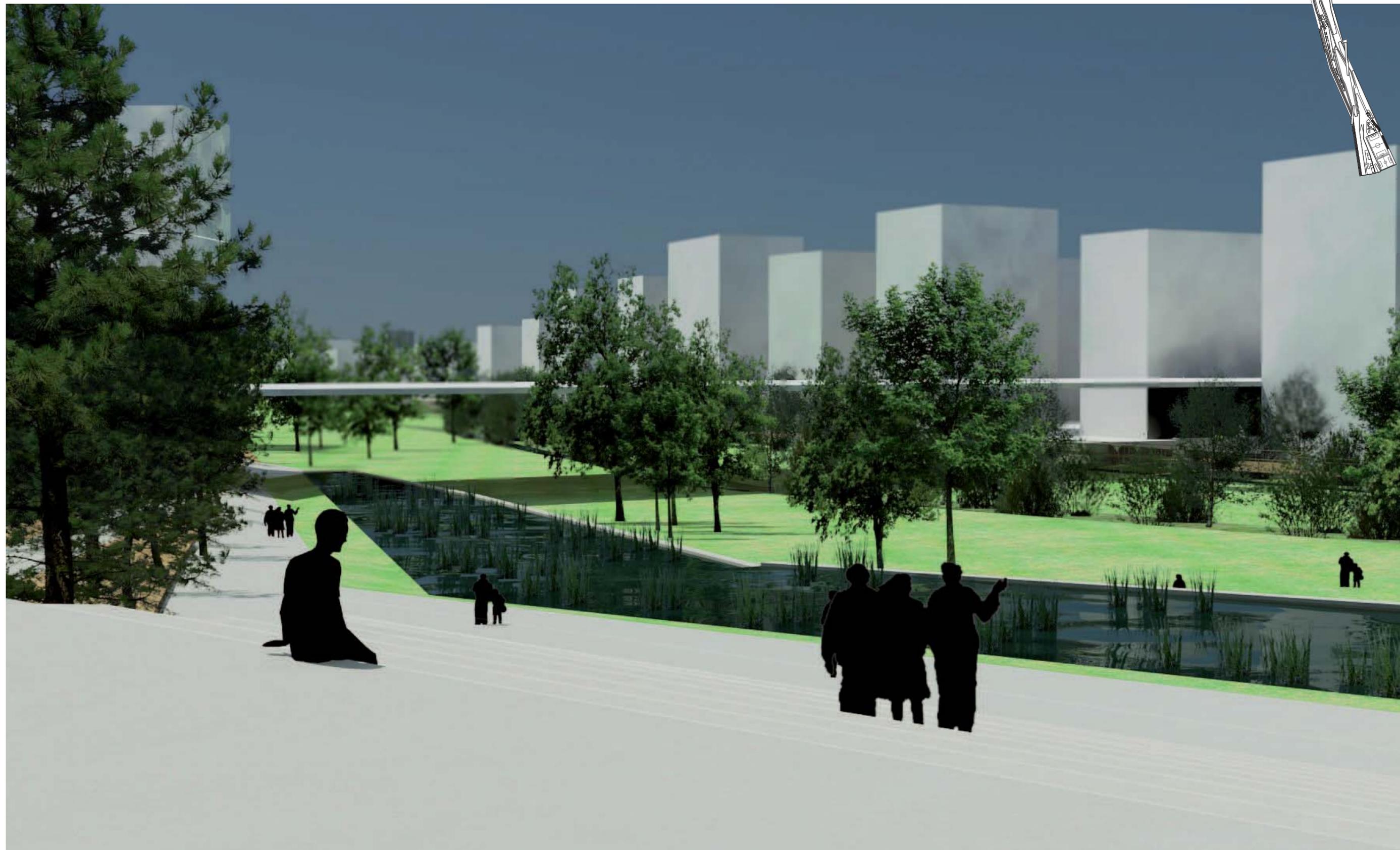
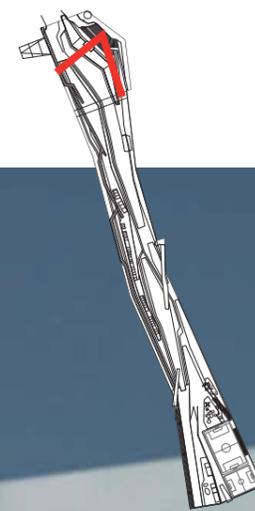
- Le principe d'un parc en creux par rapport à ses rives : creux nécessaire à l'écoulement des crues les plus fortes sans débordement ; en cas d'événement centennal, seule une partie du parc sera submergée et les parcelles loties bordant le parc ne seront pas inondées.
- Une vitesse faible d'écoulement pour limiter l'érosion. La vitesse étant fonction de la pente, le profil en long est l'outil adéquat pour agir sur ce paramètre. Le principe retenu est d'installer une série de chutes séparant des linéaires à la pente de 3 ‰. Ceci permet d'écouler des débits de l'ordre de $10\text{m}^3/\text{s}$ dans le parc sans dégradation et correspond à retour de crue de 35 ans environ et un objectif minimal invariant du projet



3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

3/ PARC AMONT

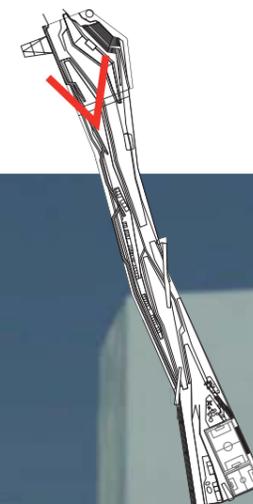
Perspective depuis les gradins nord



3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

3/ PARC AMONT

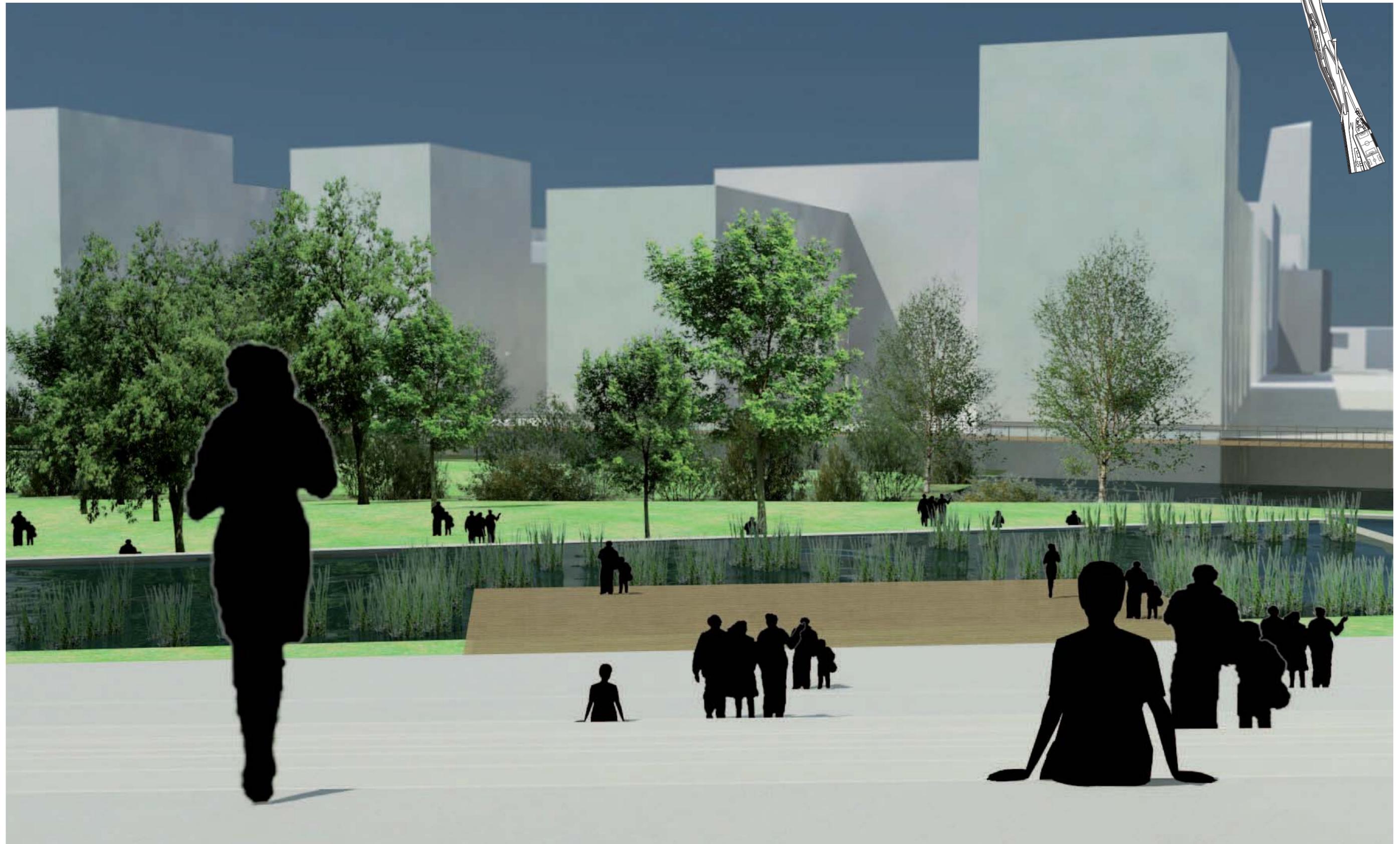
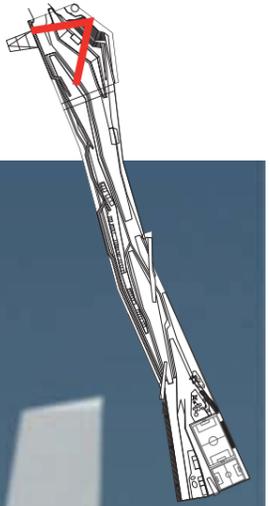
Perspective depuis le ponton



3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

3/ PARC AMONT

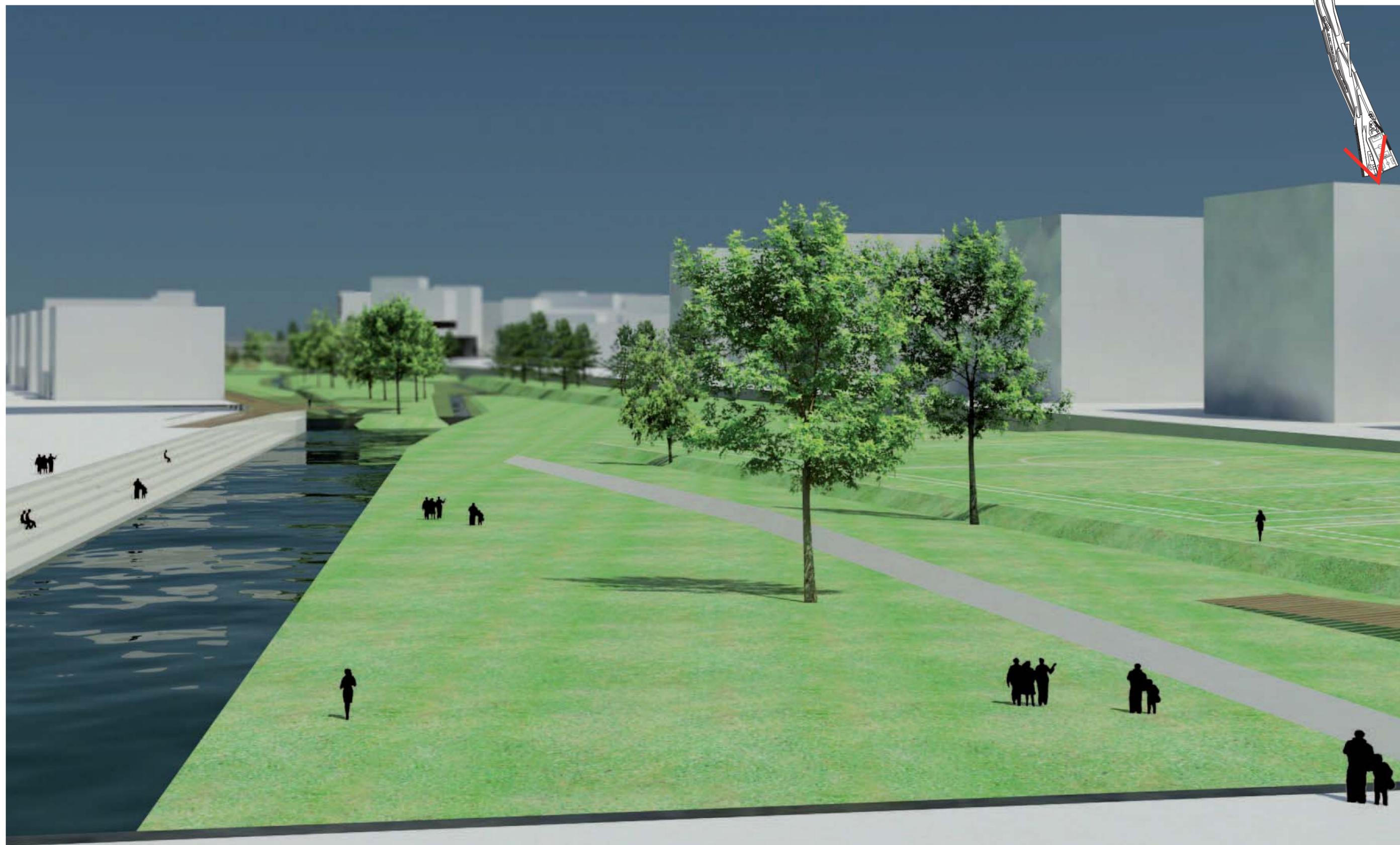
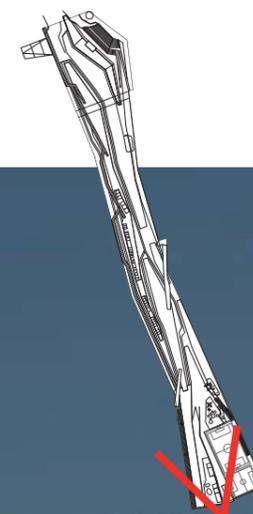
Perspective depuis les gradins nord



3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

3/ PARC AMONT

Perspective depuis Lesseps



3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

3/ PARC AMONT

3.1.1 Parc en creux

Le dispositif retenu depuis le concours est celui d'un parc en creux dont les rives bordent et guident les crues les plus importantes. La conception de la topographie du parc s'élabore à partir des critères suivants :

- La contrainte de la nappe phréatique : pour simplifier le projet, on ne souhaite pas croiser la nappe phréatique. Le terrassement lié au parc doit donc se situer au dessus de la nappe phréatique.
- L'objectif hydraulique : le parc doit permettre d'écouler un débit de 40 m³/s (période de retour 100 ans)
- La résistance du parc aux crues : il faut obtenir une vitesse d'écoulement de 0.5 m/s à 0.7 m/s environ . Les calculs hydrauliques permettent d'établir qu'avec un profil en long de pente moyenne 3 ‰ entrecoupés de zones de chutes cette vitesse peut être tenue jusqu'à la fréquence 35 ans.

3.1.2 résistance aux crues

Le Profil en long

Le profil en long du parc qui s'étend sur 1075 ml entre les boulevards Gèze et Lesseps a été adapté et cassé pour permettre l'écoulement des eaux en crue non contrôlé (débordement venant d'amont) le plus longtemps possible sans dégrader le parc de manière sévère.

Une vitesse d'écoulement maîtrisée permet en effet de limiter l'érosion. La vitesse étant fonction de la pente, le profil en long est l'outil adéquat pour agir sur ce paramètre. Le principe retenu est d'installer une série de chutes séparant des linéaires dont la pente est de 0.3%. Ceci permet d'écouler des débits de l'ordre de 10 m³/s dans le parc sans dégradation majeure. Ce débit correspond à un retour de crue de 35 ans environ.

Les pentes des talus créés doivent respecter un rapport hauteur / largeur supérieur ou égal à 1/3

La cote de prise d'eau sur la galerie des Aygalades est située à l'aval immédiat du boulevard Capitaine Gèze à la cote 11.08 mNGF. Les débits d'étiages retournent vers la galerie de Plombières/Aygalades en chute de la cote 4.5 mNGF à la cote 1.0 mNGF

Le profil en long général présentera 7 zones de chutes séparant des linéaires présentant une pente de 0.3% ; la partie amont plus douce (2.6‰) s'étend sur 330ml.

Ceci permet d'obtenir des écoulements sous moins de 0.5 à 0.7 m/s jusqu'à un débit de l'ordre de 10 m³/s correspondant donc à une période de retour d'une crue du ruisseau de 35 ans environ.

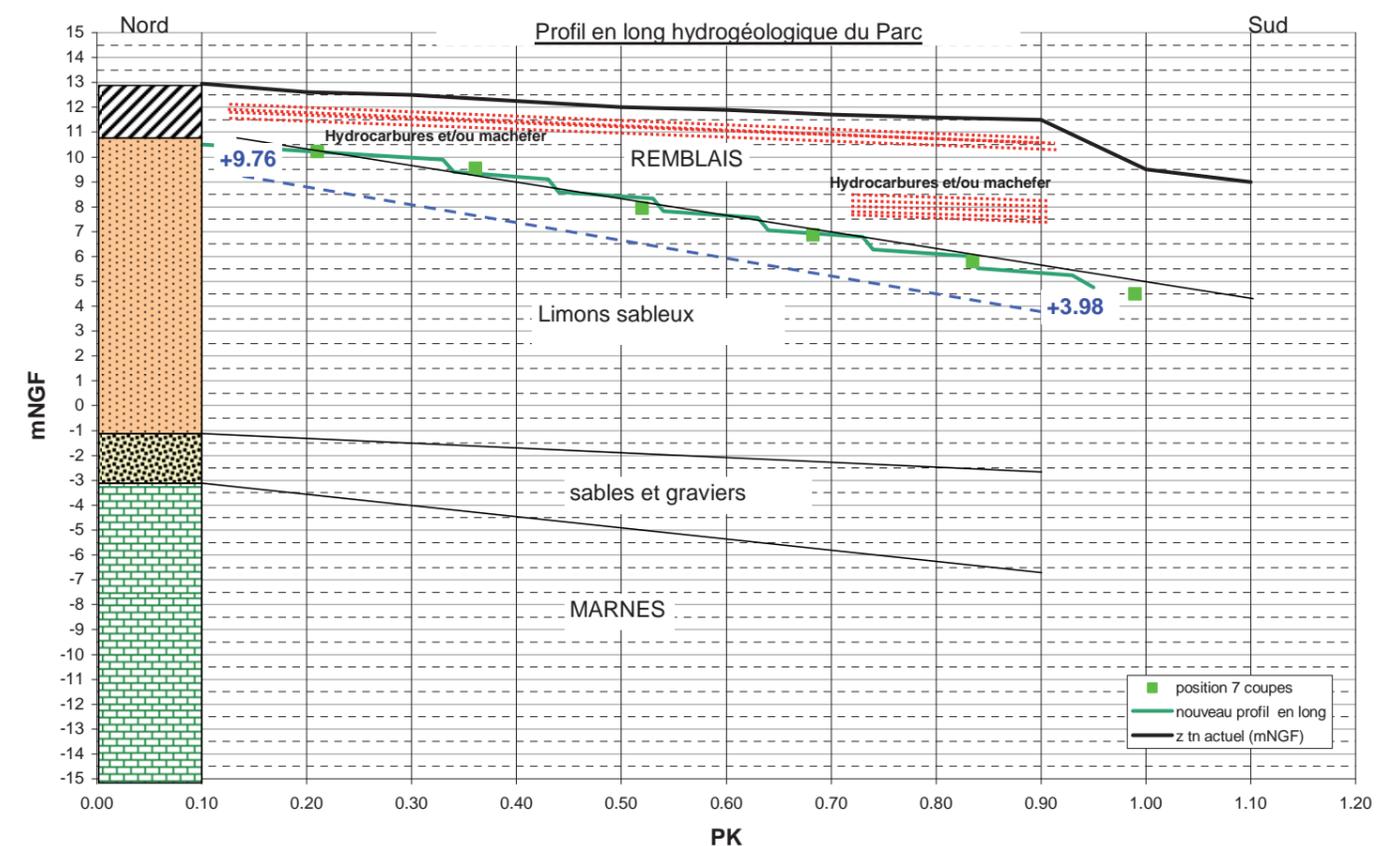
Les niveaux d'eau obtenus au niveau de coupes type sont donnés plus loin pour des débits variant de 5 à 40 m³/s (maximum atteint dans le parc en cas de crue centennale). Les coupes (pages suivantes) montrent que la crue ne déborde jamais des limites du parc où l'inondation reste circonscrite, ce qui est un objectif majeur du parc amont.

Le génie végétal

Le génie végétal est un outil pour lutter contre l'érosion, agir sur l'instabilité des sols ou revitaliser les zones humides. Il doit résoudre des problèmes techniques ou écologiques avec élégance et doit surtout être composante vivante valorisante du milieu naturel.

Dans les zones du parc de pente 3 ‰, la couverture des sols pourra être de type engazonnement ou plantations courantes ; dans les zones du parc présentant une transition plus raide dans le profil en long et qui se comporteront comme des secteurs de remise en vitesse localisées permettant le rattrapage du dénivelé, il s'agira de préférer une couverture plus résistante qui n'exclura pas les plantations d'arbres ou d'arbustes, qui une fois matures, résisteront au passage des crues.

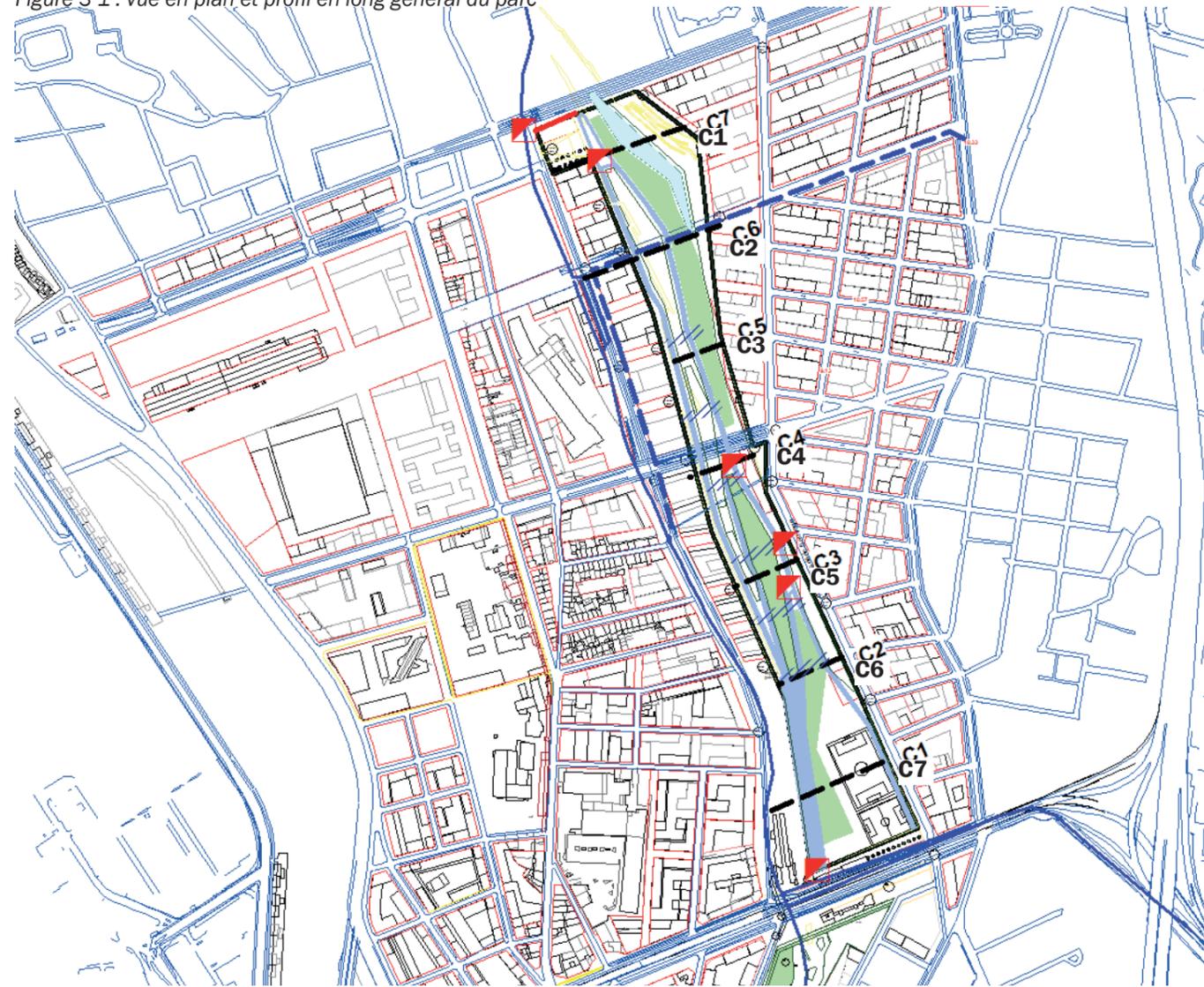
Figure 3 32 : profil en long hydrogéologique du parc (niveau de la nappe)



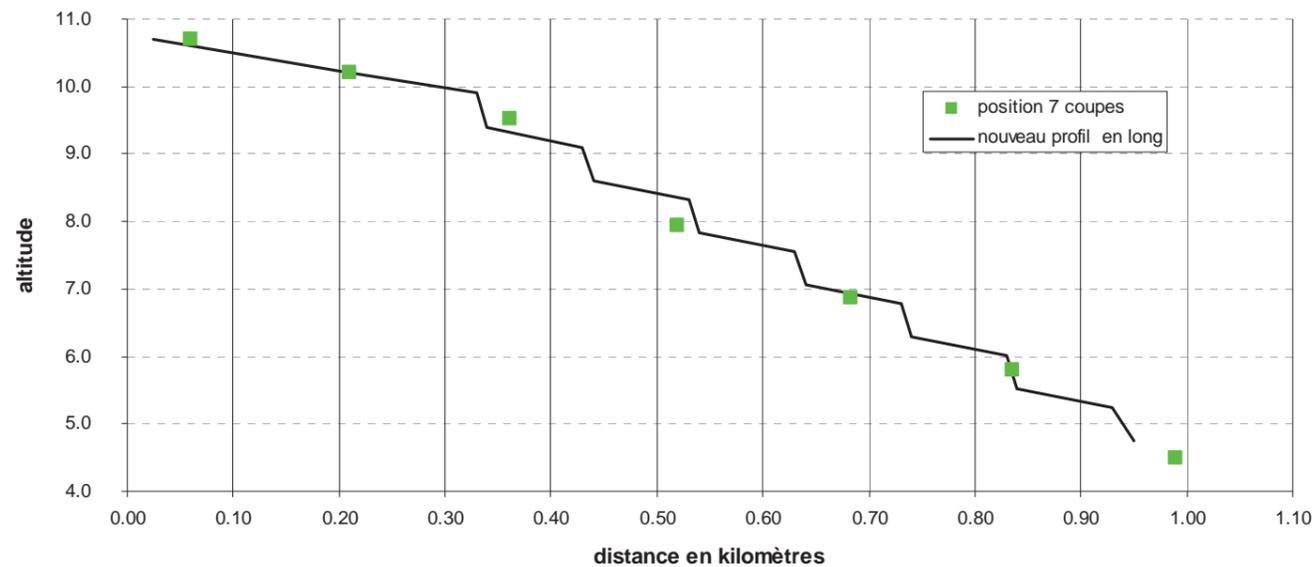
3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

3/ PARC AMONT

Figure 3 1 : vue en plan et profil en long général du parc



profil en long du parc amont



génie végétal

hauteur d'eau (m) force tractrice (N/m2)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5
0.1%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15
0.2%	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	29
0.3%	3	6	9	12	15	18	21	24	26	29	35	44
0.4%	4	8	12	16	20	24	27	31	35	39	47	59
0.5%	5	10	15	20	25	29	34	39	44	49	59	74
0.6%	6	12	18	24	29	35	41	47	53	59	71	88
0.7%	7	14	21	27	34	41	48	55	62	69	82	103
0.8%	8	16	24	31	39	47	55	63	71	78	94	118
0.9%	9	18	26	35	44	53	62	71	79	88	106	132
1.0%	10	20	29	39	49	59	69	78	88	98	118	147
2.0%	20	39	59	78	98	118	137	157	177	196	235	294
3.0%	29	59	88	118	147	177	206	235	265	294	353	441

- limite de résistance d'un engazonnement (20)
- limite de résistance de fascines de roseaux (50)
- limite de résistance d'un jeune arbre type saule (70)



3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

3/ PARC AMONT

3.1.3 Dévoisement du ruisseau des Lions

Le ruisseau des Lions est un affluent rive gauche de la galerie des Aygalades que l'on ne souhaite pas capter dans le futur parc des Aygalades, ceci pour permettre un contrôle maximum des entrées d'eau dans le parc par temps de crue. Seule la prise d'eau sur le ruisseau des Aygalades enterré en direction du futur parc qui se situera à l'aval immédiat du Boulevard Gèze alimentera directement le parc.

Le profil en long actuel du réseau du ruisseau des Lions est incompatible avec l'altimétrie du parc « en creux » conçu par ailleurs ; il est donc nécessaire de prévoir le dévoiement de ce réseau. Ce dévoiement qui suivra un cheminement sous chaussée permettra également d'éviter la présence d'un réseau structurant sous des parcelles privées futures.

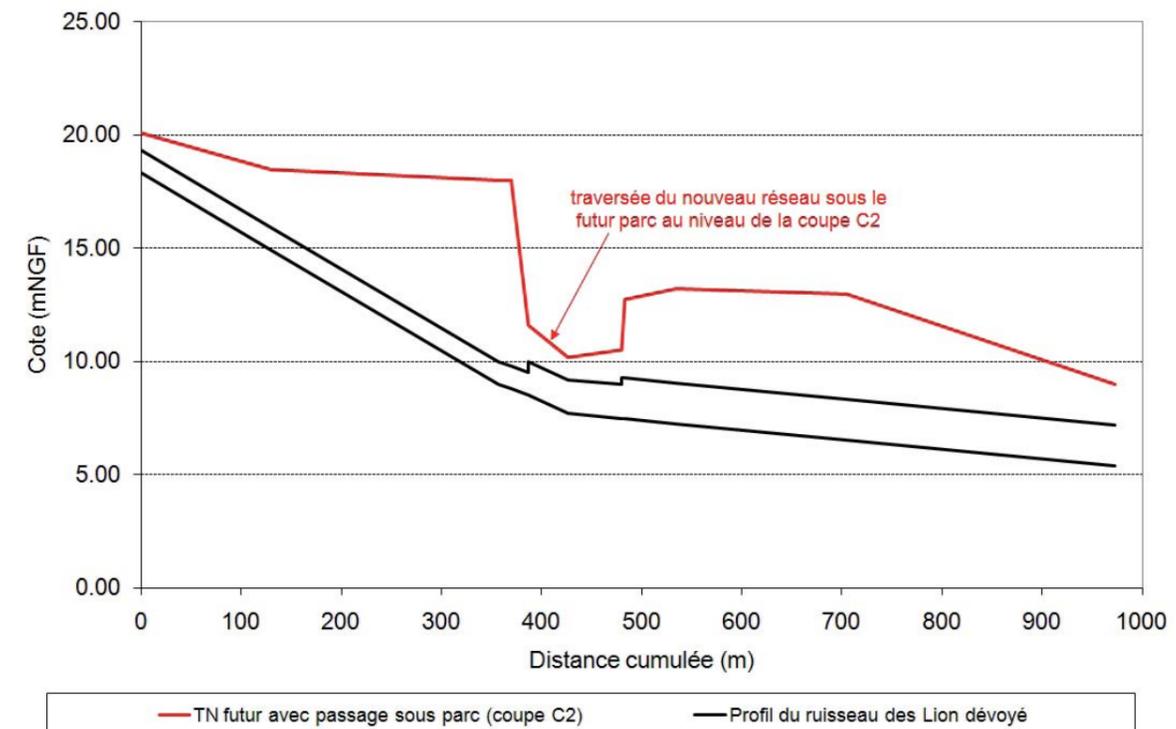
Le nouveau profil en long et la vue en plan sont présentés ci-après.

Le point exutoire du ruisseau des Lions dévié sur la galerie des Aygalades existante est identique à aujourd'hui.

On distinguera 3 tronçons neufs à réaliser de pentes et dimensions comparables à l'existant :

- Le tronçon amont de dimension Φ 1000 sur 390ml
- Le tronçon intermédiaire avec passage sous le parc en Φ 1500 sur 95ml
- Le tronçon final vers l'exutoire à la galerie des Aygalades en ouvrage cadre de 2 mètres de large et 1.8 de haut sur 490ml

Figure 3 3 : profil en long et vue en plan du ruisseau des Lions dévié



3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

3/ PARC AMONT

3.1.4 Prise d'eau

La seule prise d'eau parc amont sur le ruisseau des Aygalades enterré en direction du futur parc se situera à l'aval immédiat du Boulevard Gèze à la cote 11.08 mNGF.

Il s'agira d'un ouvrage vanné laissant entrer dans le parc toute l'eau à concurrence de $2\text{m}^3/\text{s}$; on aménagera dans la galerie existante un petit seuil transversal empêchant les petits flots de continuer à se diriger vers la galerie en place. Pour assurer une qualité correcte des eaux dans la traversée du parc, on prévoit dès l'entrée un dégrillage grossier (entrefer 15 à 20mm) dimensionné pour $2\text{m}^3/\text{s}$; ce dispositif occuperait une surface au sol de 50m^2 environ; le dispositif de dégrillage existant géré par la SERAM sur le ruisseau enterré existant continuera à jouer son rôle pour les débits au-delà de $2\text{m}^3/\text{s}$.

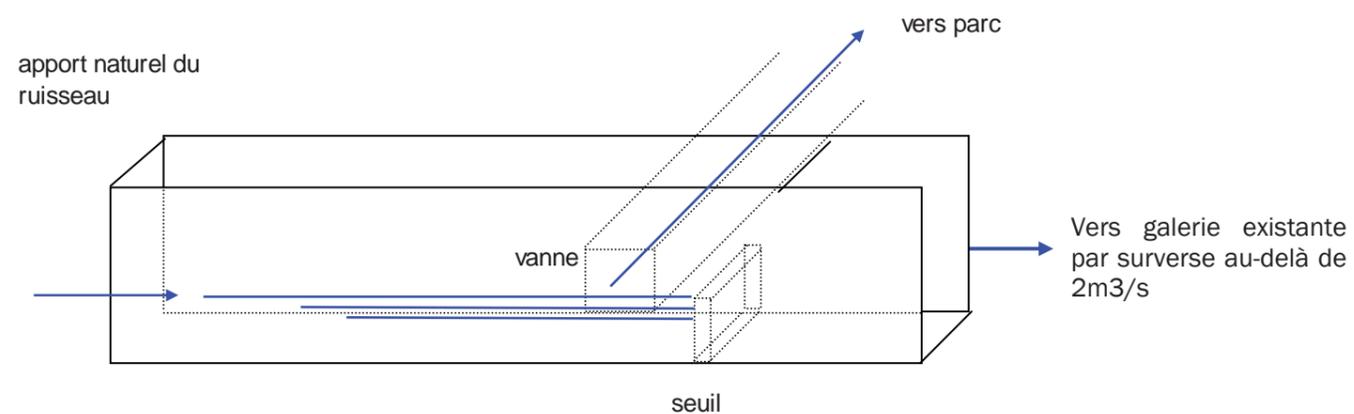
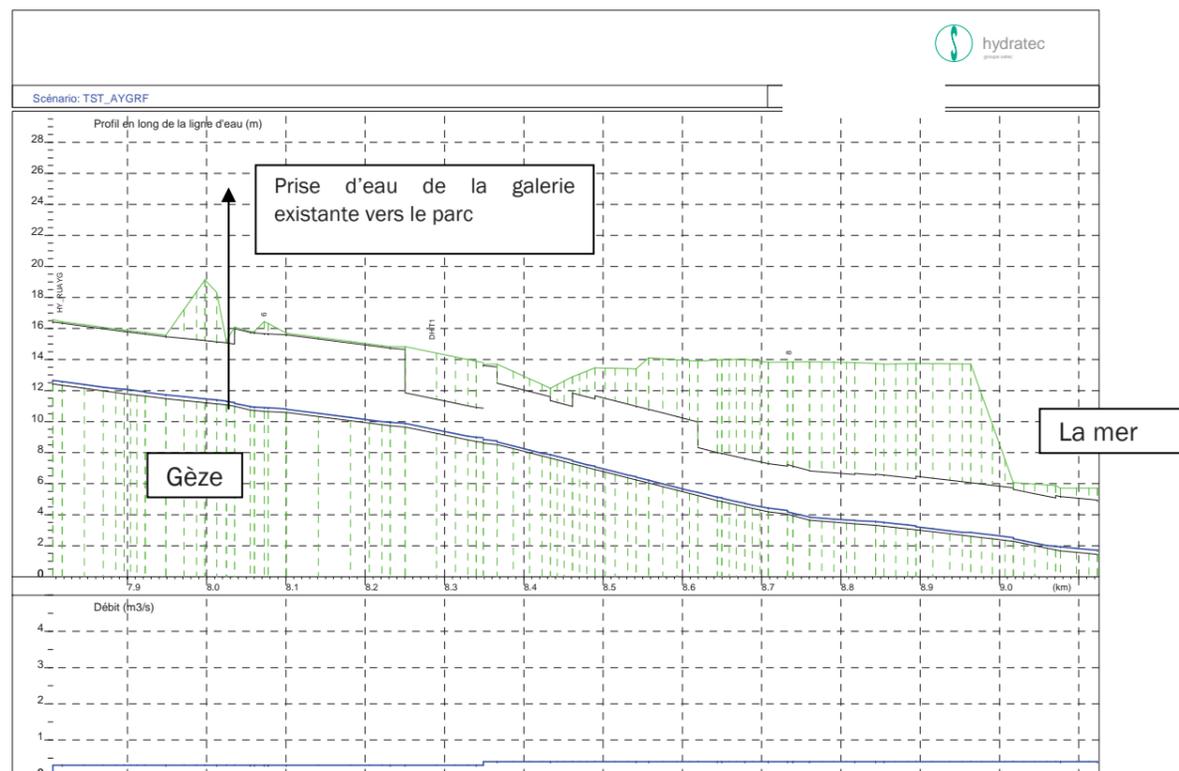


Figure 3-4 : profil en long de la galerie existante des Aygalades entre Gèze et Lesseps et position de la prise d'eau vers le parc



3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

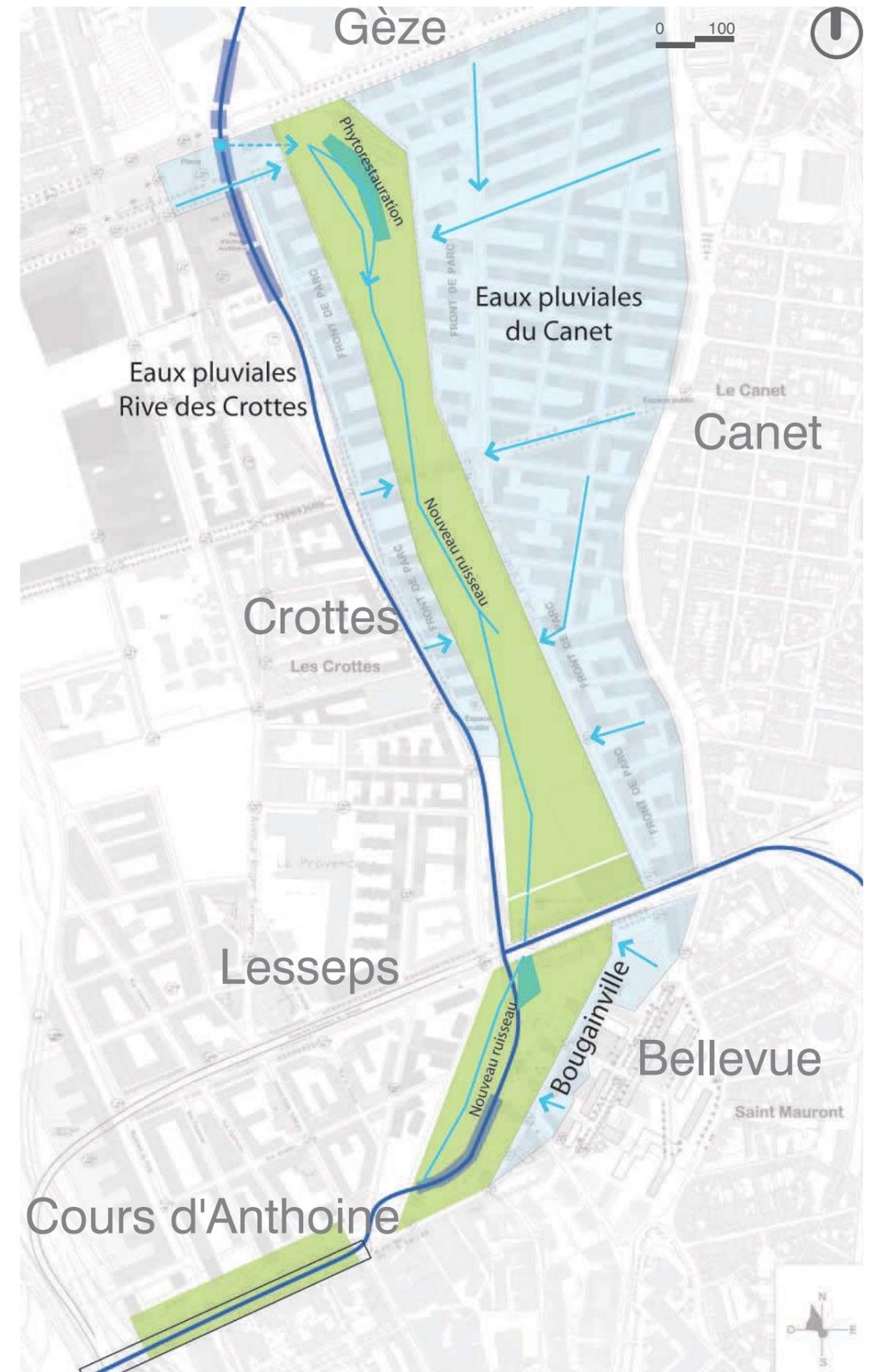
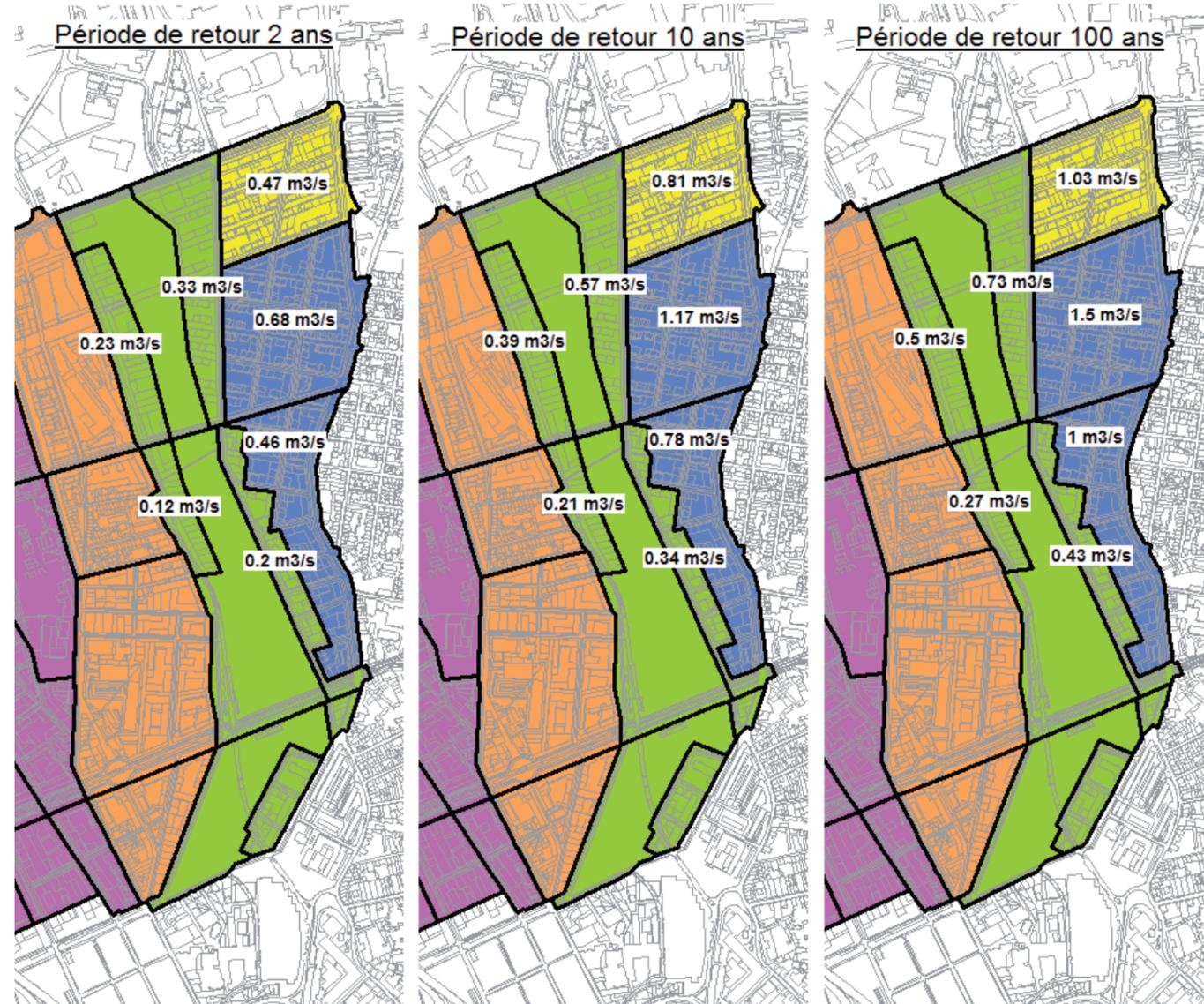
3/ PARC AMONT

3.1.5 Apports

La carte page ci-dessous indique les débits d'apports issus des parcelles entourant le parc amont qui alimenteront par temps de pluie les différents bras du ruisseau remis à ciel ouvert ; il s'agit d'une part de l'ensemble des parcelles situées à l'Est en rive gauche ainsi que d'une bande plus réduite située en rive droite. Ces apports assureront un apport latéral par temps de pluie et contribueront à la diversification des faciès d'écoulements des bras secondaires aménagés dans le parc.

Ces rejets seront assurés par des collecteurs enterrés à l'entrée du parc rejoignant le bras principal ou des bras secondaires ; les exutoires seront aménagés afin de contrôler l'érosion des petits lits par la mise en place d'une protection des berges adaptée à une forte vitesse sur quelques mètres autour du collecteur et sur la berge opposée : murs en enrochements liés, ou maçonnés ou gabions végétalisés.

Figure 3 5 : carte des apports des bassins versants urbains voisins vers le parc



3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

3/ PARC AMONT

3.2 Principe d'inondabilité

En période de temps sec (débit naturel variable jusqu'à 2m³/s), soit 99% du temps, on souhaite que la totalité du débit disponible soit disponible pour le parc.

En période de crue, variable de 2m³/s à plus de 100m³/s, on souhaite contrôler le débit entrant autant que faire se peut pour limiter les hauteurs d'eau dans le parc et limiter les dégradations.

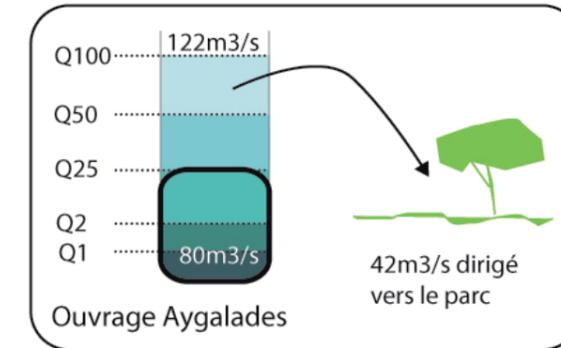
Compte-tenu de la forte pente et d'une largeur limitée en regard des débits de crue mis en jeu, il est apparu nécessaire de limiter à la valeur de 2m³/s le débit d'entrée dans le parc ; cette limitation se fera par un ouvrage vanné en dérivation de la galerie existante à l'aval immédiat du boulevard du Capitaine Gèze, comme vu précédemment.

La répartition des eaux sera donc la suivante :

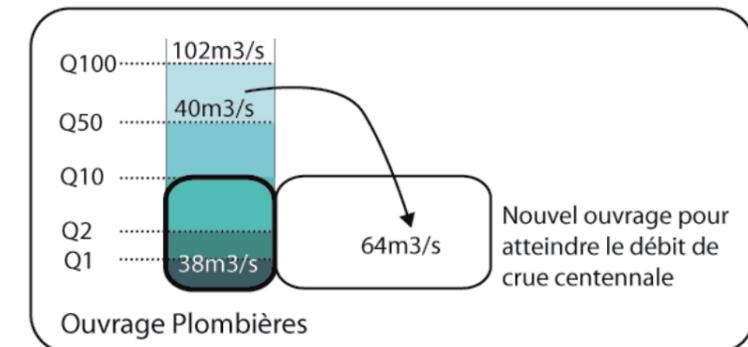
Période de retour	Débit en m ³ /s	Débit entrant dans le parc en m ³ /s	mode d'alimentation
débit de temps sec	0.030-2.0	100%	
1 an	30	2	contrôlé par un ouvrage de dérivation
2 ans	38	2	contrôlé par un ouvrage de dérivation
5 ans	49	2	contrôlé par un ouvrage de dérivation
10 ans	56	2	contrôlé par un ouvrage de dérivation
20 ans	76	2	contrôlé par un ouvrage de dérivation
30 ans	87	7	débordement amont
40 ans	96	16	débordement amont
50 ans	102	22	débordement amont
60 ans	108	28	débordement amont
70 ans	112	32	débordement amont
80 ans	116	36	débordement amont
100 ans	122	42	débordement amont

Jusqu'à 2m³/s, les eaux emprunteront les différents bras conçus dans le parc ; ces bras seront connectés entre eux par de petits ouvrages hydrauliques de répartition et seront également alimentés par temps de pluie par les apports extérieurs provenant du drainage des eaux pluviales des bassins versants lotis le long des bords du parc ; une partie de ces eaux seront tamponnées par des bassins intégrés au parc.

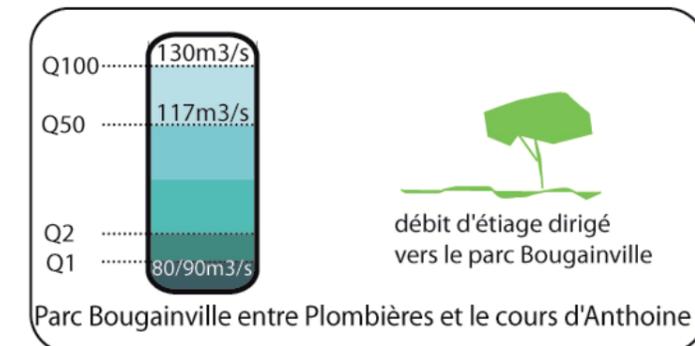
AYGALADES



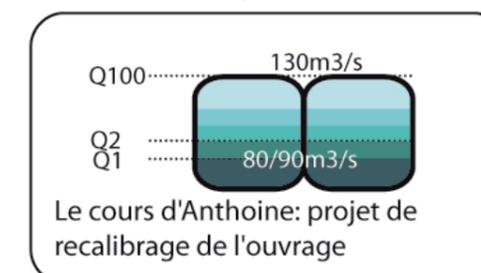
PLOMBIERES



BOUGAINVILLE



ANTHOINE



3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

3/ PARC AMONT

3.2.1 Variations de l'étendue des zones inondées de l'étiage à la crue extrême (vue en plan)

Fonctionnement du parc en régime courant (99% du temps) : étiage bas

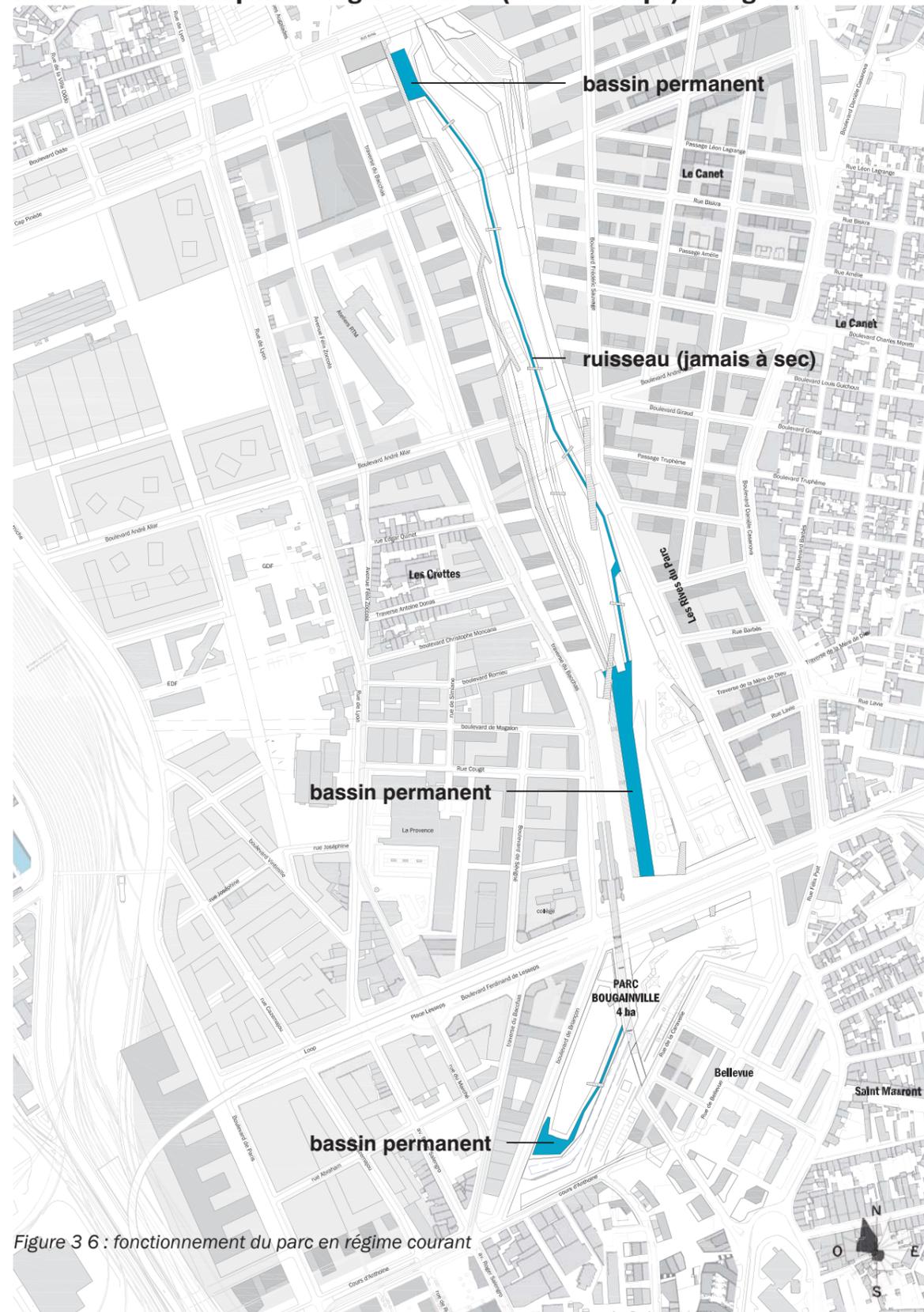
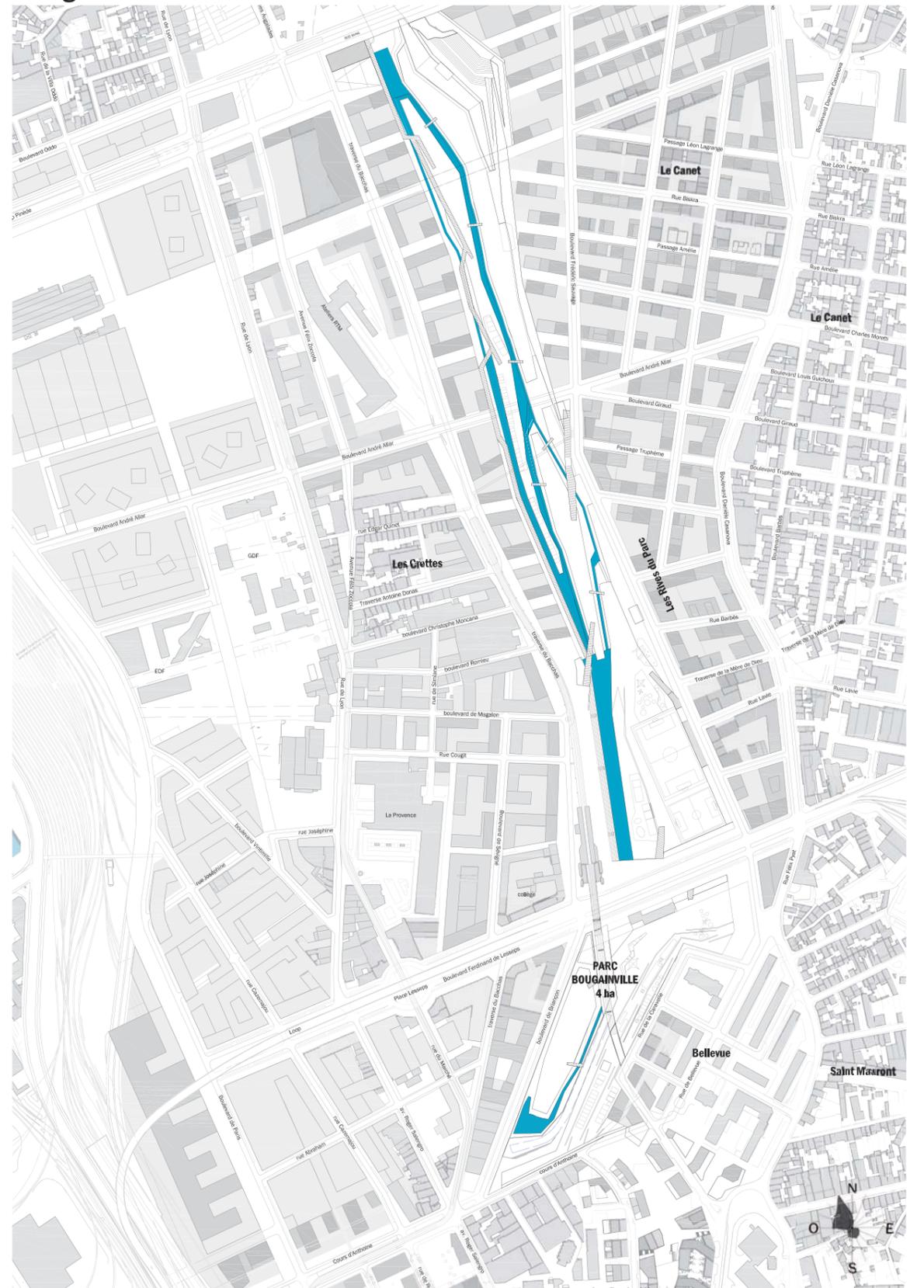


Figure 3 6 : fonctionnement du parc en régime courant

étiage haut



3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

3/ PARC AMONT

Fonctionnement du parc en crue :

Crue trentennale : $Q_{\text{parc}} = 10\text{m}^3/\text{s}$

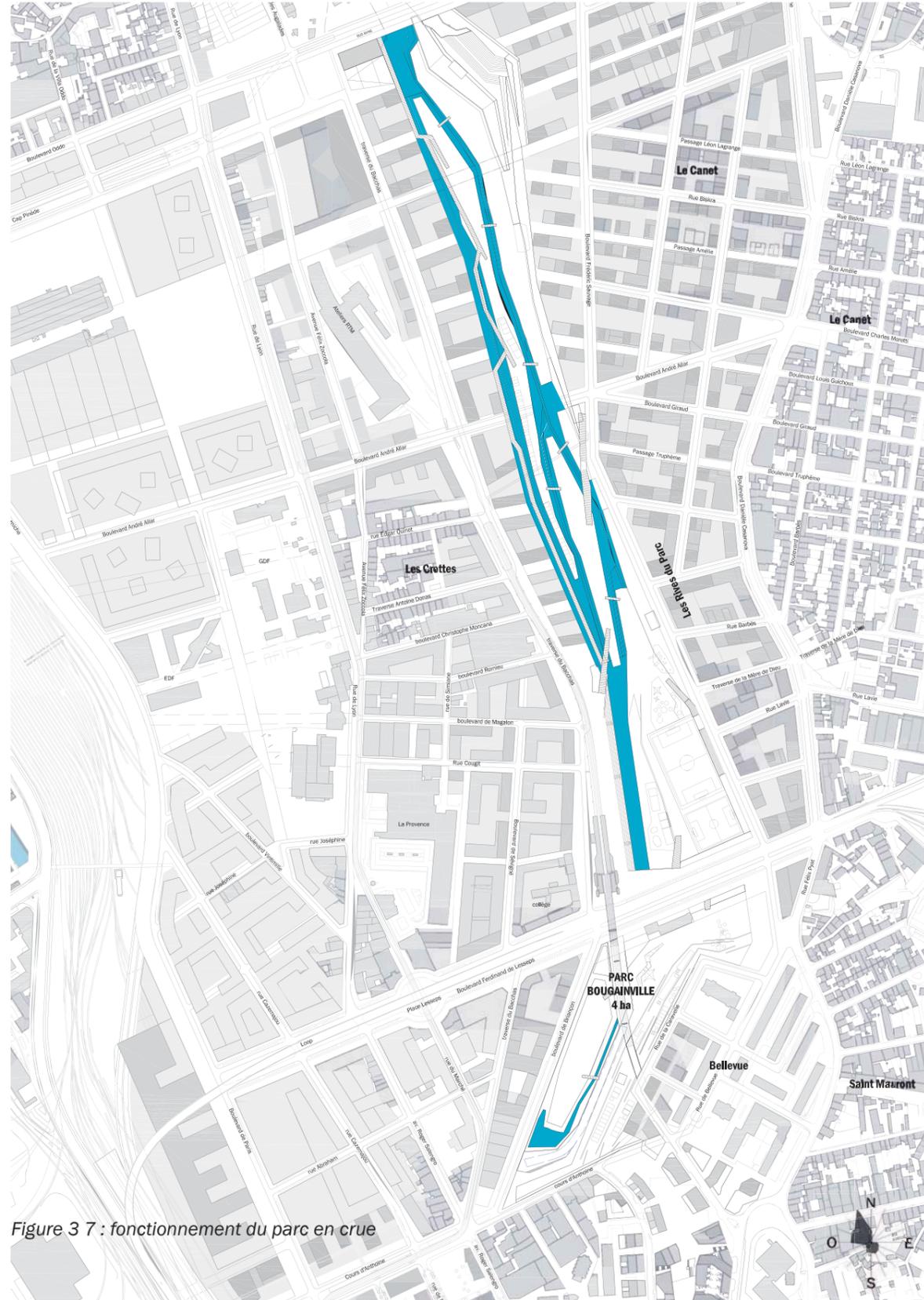
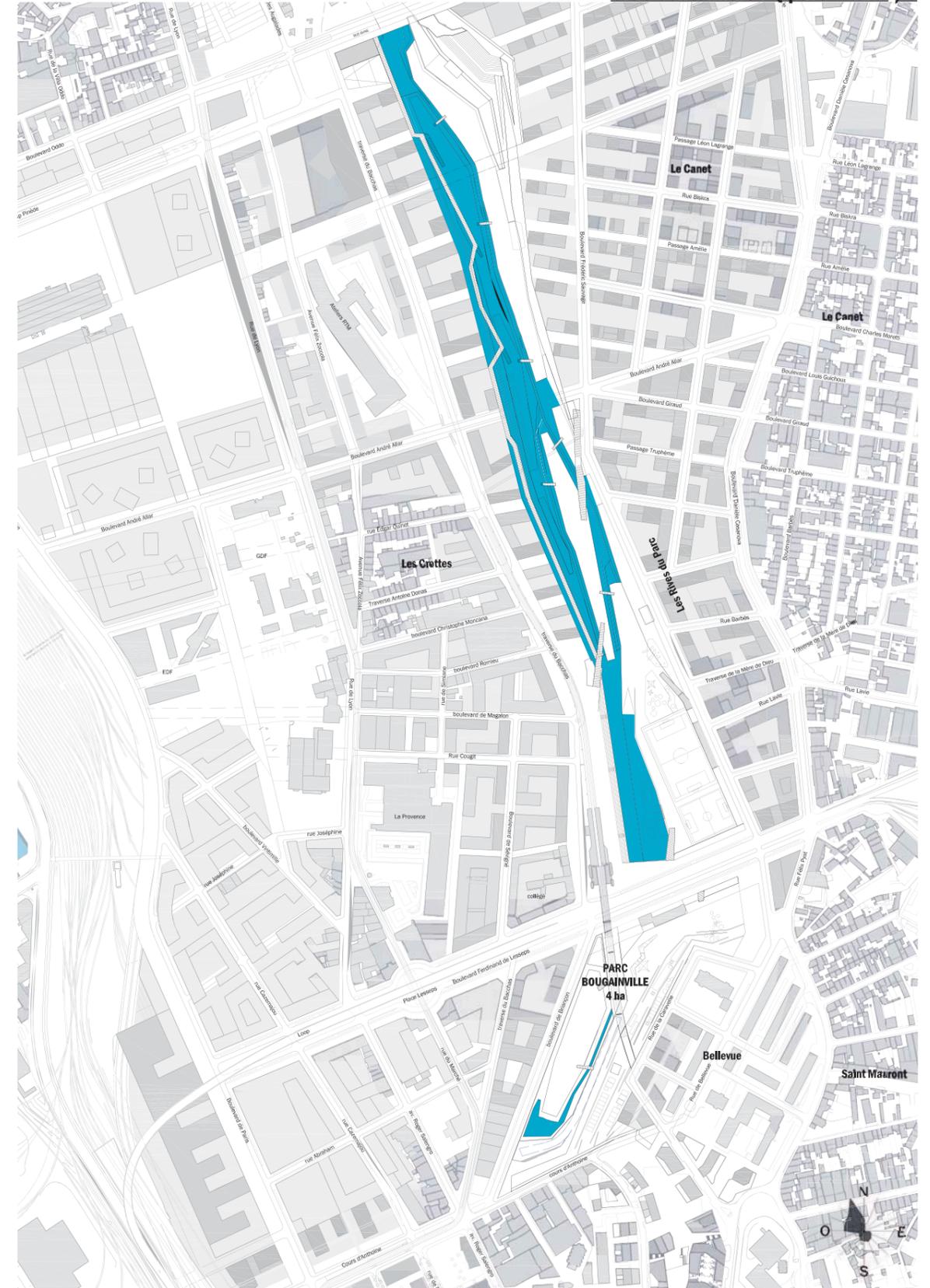


Figure 37 : fonctionnement du parc en crue

Crue centennale : $Q_{\text{parc}} = 42\text{m}^3/\text{s}$



3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

3/ PARC AMONT

3.2.3 Gestion de la sécurité des personnes

Le parc amont est entièrement soumis au principe de sécurité lié aux crues ; sa fermeture est anticipée par alerte Météo France, Les services de la ville disposant déjà de système d'alerte météo.

Une alarme sonore est à prévoir pour les promeneurs.

Une signalétique similaire à celle réalisée par MPM sur le bassin versant de l'Huveaune en zone urbaine doit être mise en place à l'extérieur pour informer sur le fonctionnement du parc et à l'intérieur du parc pour signaler les zones refuges et les sorties les plus proches.

Le caractère inondable du parc et la rapidité des crues (montée en 20 à 45minutes) obligera donc à une gestion particulière :

- Fermeture du parc pour le lendemain en cas d'alerte Météo France du jour ; les services de la ville ou de l'agglomération dispose déjà d'un système d'alerte météorologique
- Alarme sonore pour les promeneurs en cas de dépassement d'un niveau d'eau dans la galerie des Aygalades

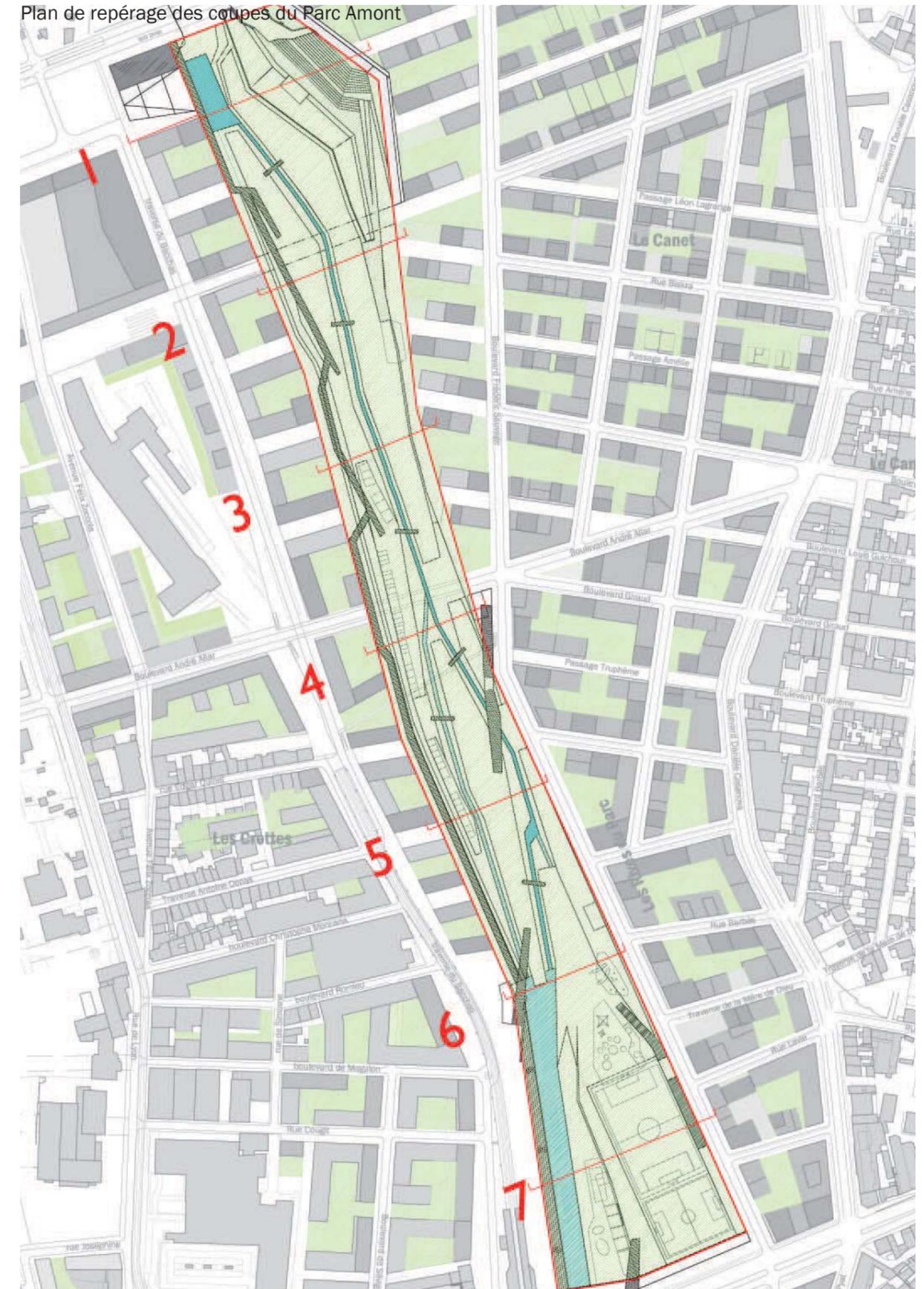
D'autre part, des îlots hors d'eau sont aménagés dans le parc pour se réfugier.

Cependant quelques structures ou équipements restent accessibles pendant les crues:

- la passerelle-promenade du parc amont (rive des Crottes)
- les terrains de foot et la tribune, côté Canet au nord de Lesseps
- les programmes bâtis associés au parc
- la maison du parc est implantée sur un point haut côté Canet et est accessible depuis la voie, un bar restaurant situé en rive au pied de la passerelle Allar et un autre au sommet des gradins nord* l'équipement salles des sports n'est pas menacé par les crues

Les horaires d'ouvertures de ces équipements ne sont pas nécessairement liés à ceux du parc.

Plan de repérage des coupes du Parc Amont

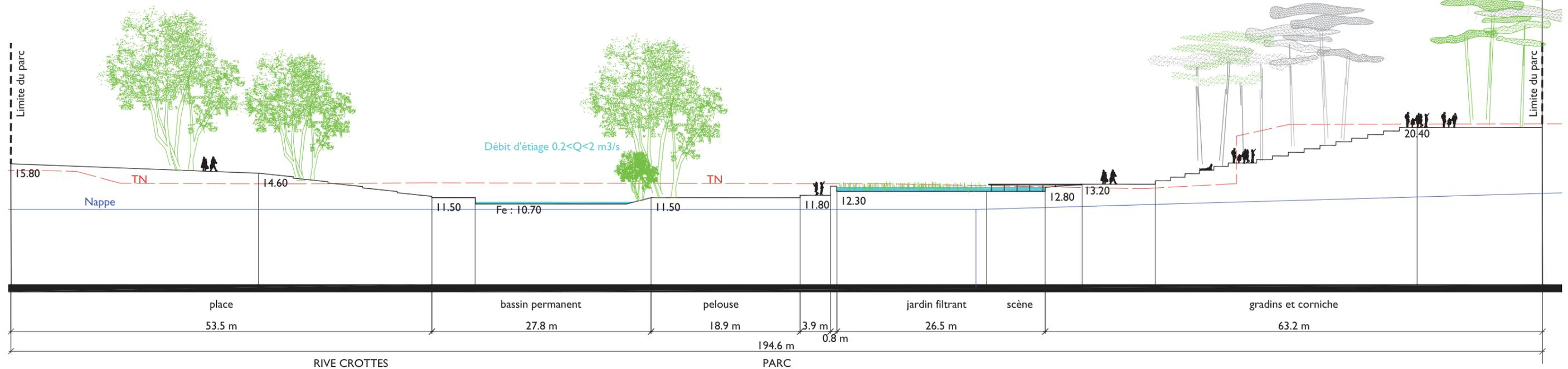


3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

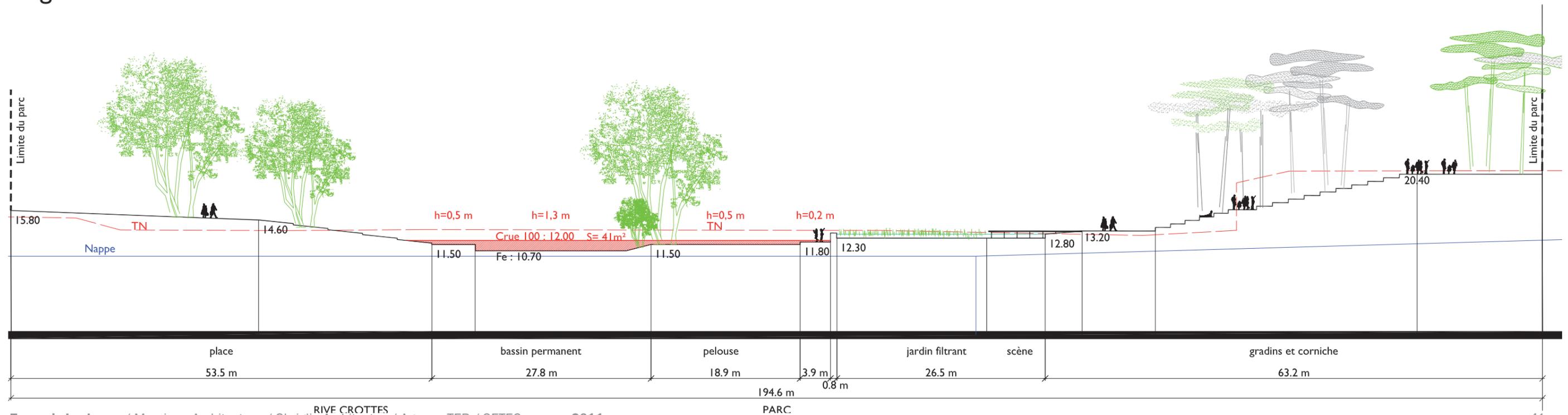
3/ PARC AMONT

Régime courant (99% du temps)

coupe 1 sur parc Amont



Régime de crue centennale

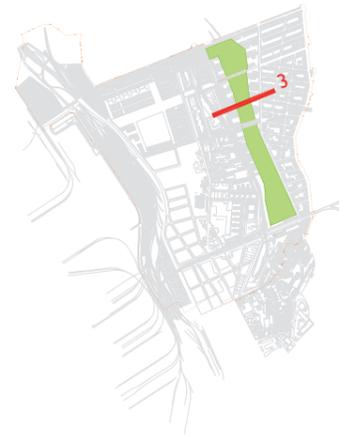
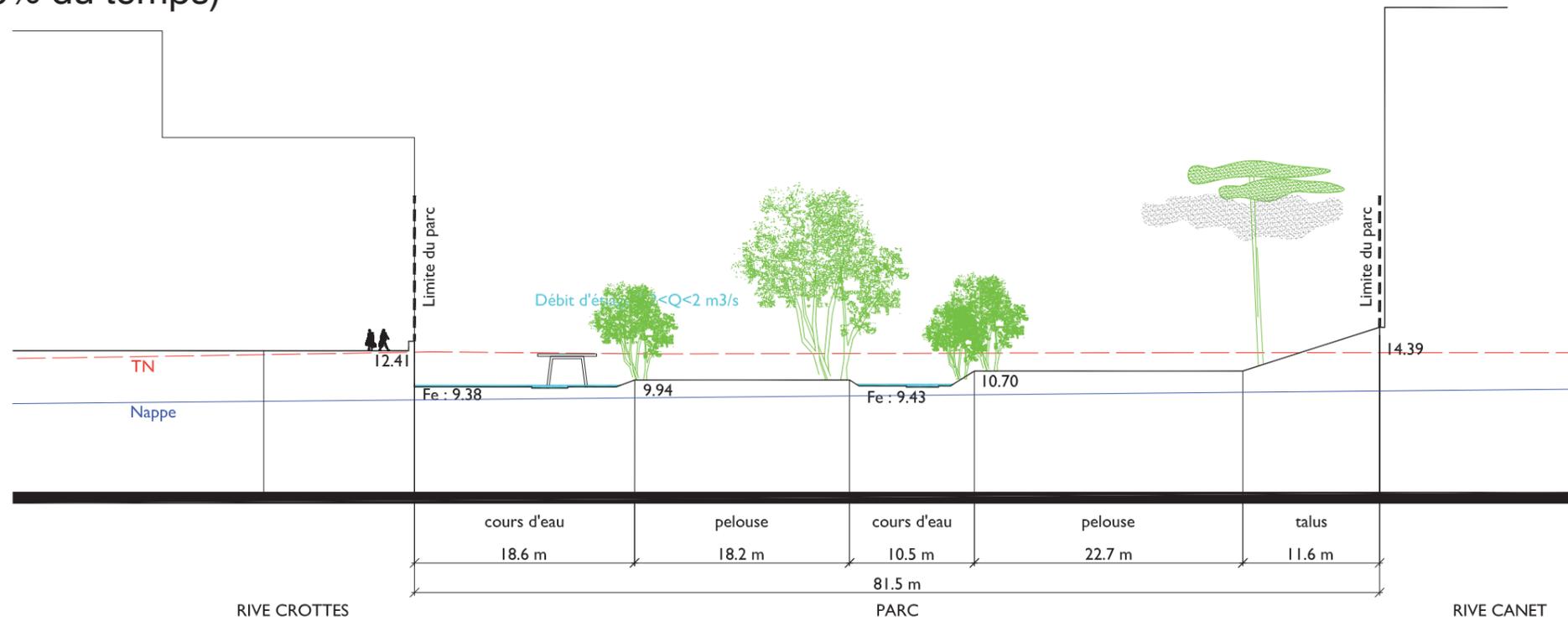


3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

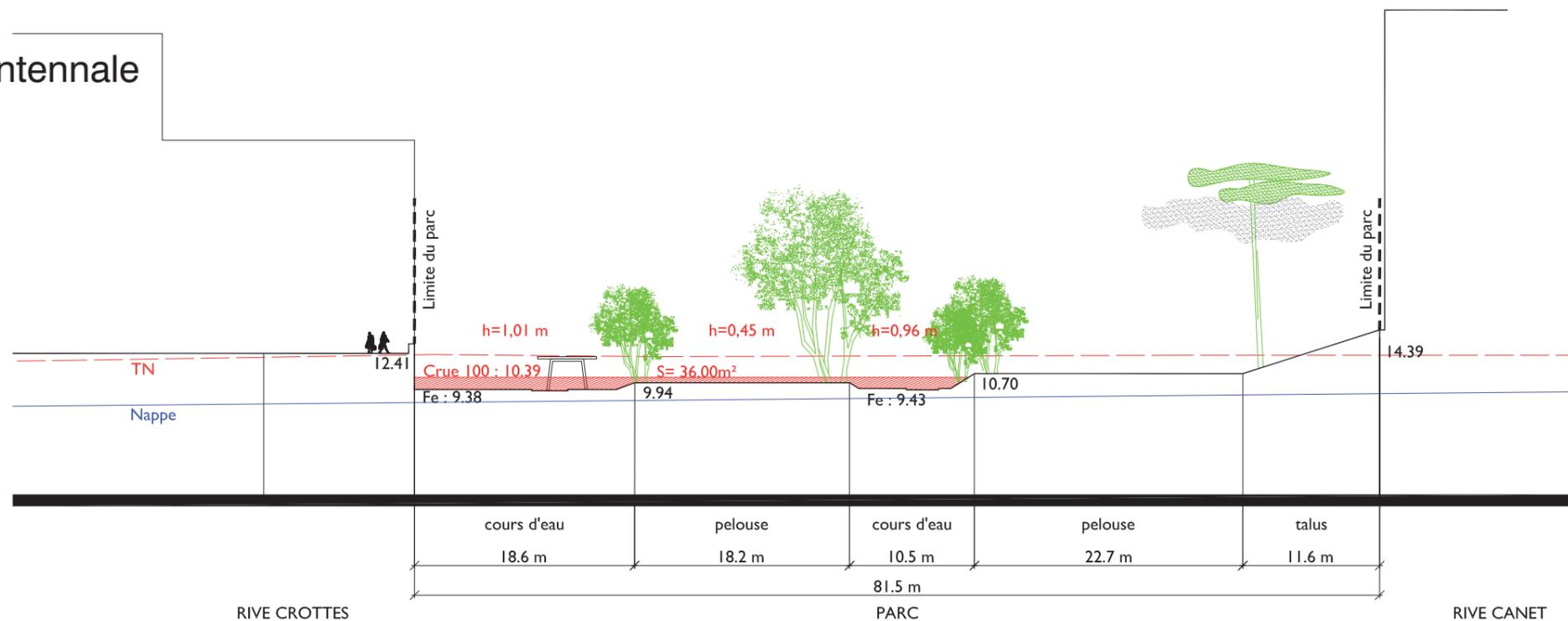
3/ PARC AMONT

coupe 3 sur parc Amont

Régime courant (99% du temps)



Régime de crue centennale



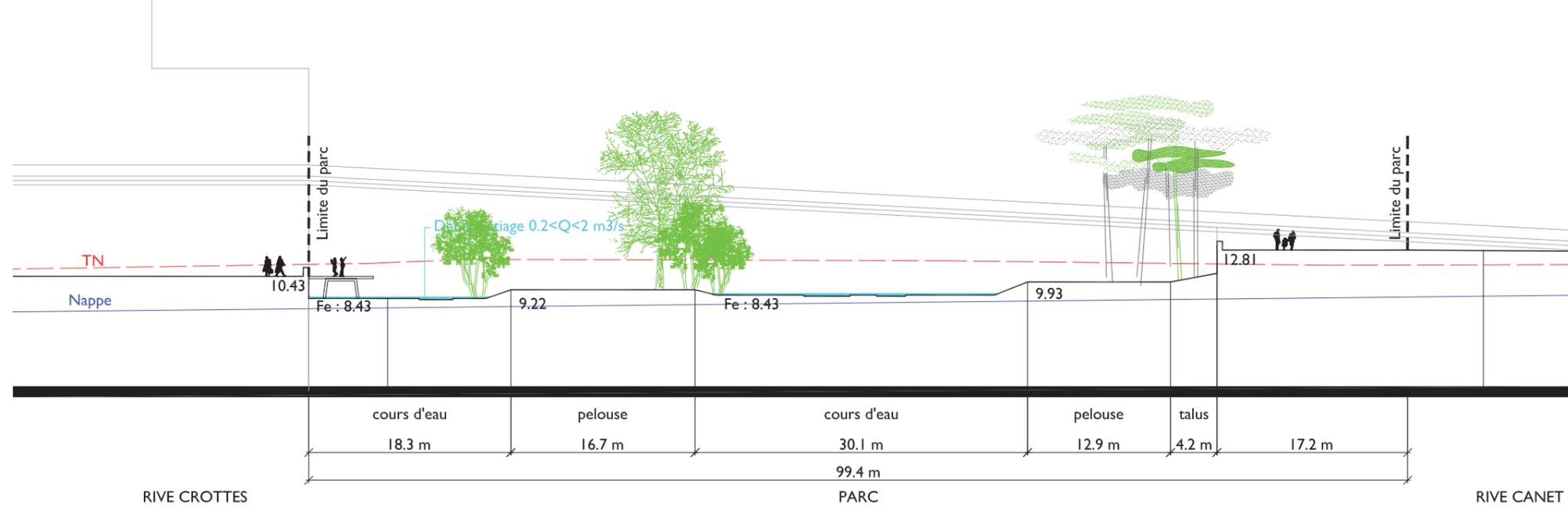
3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

3/ PARC AMONT

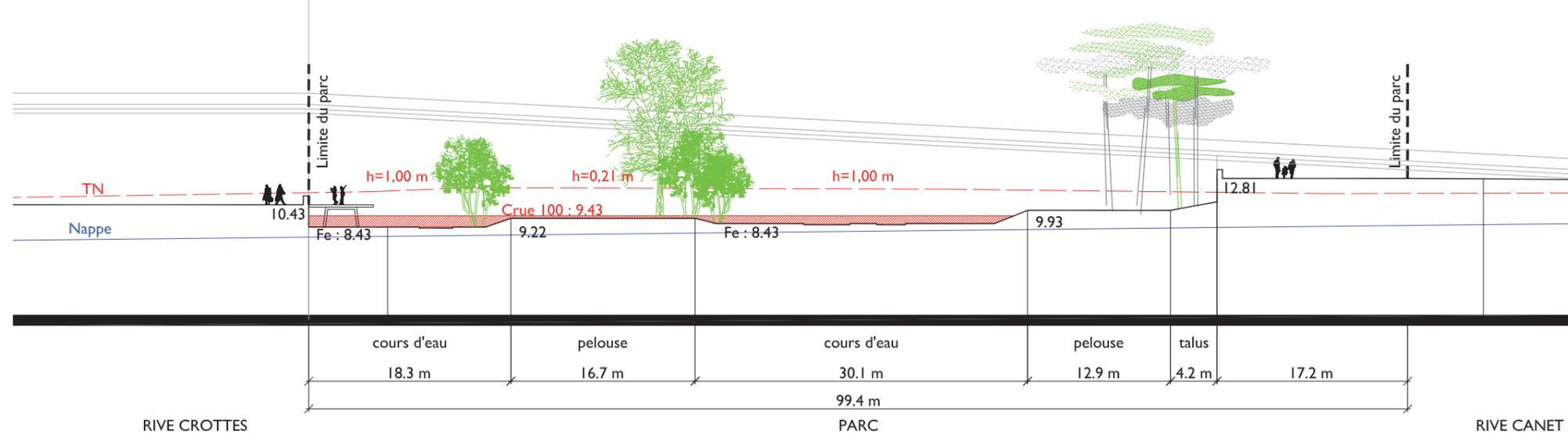
coupe 4 sur parc Amont



Régime courant (99% du temps)



Régime de crue centennale

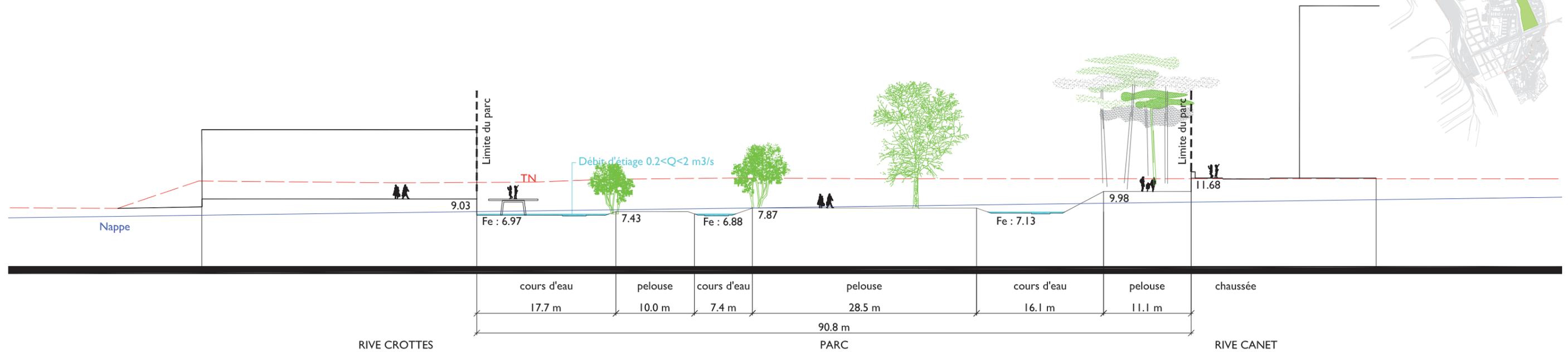


3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

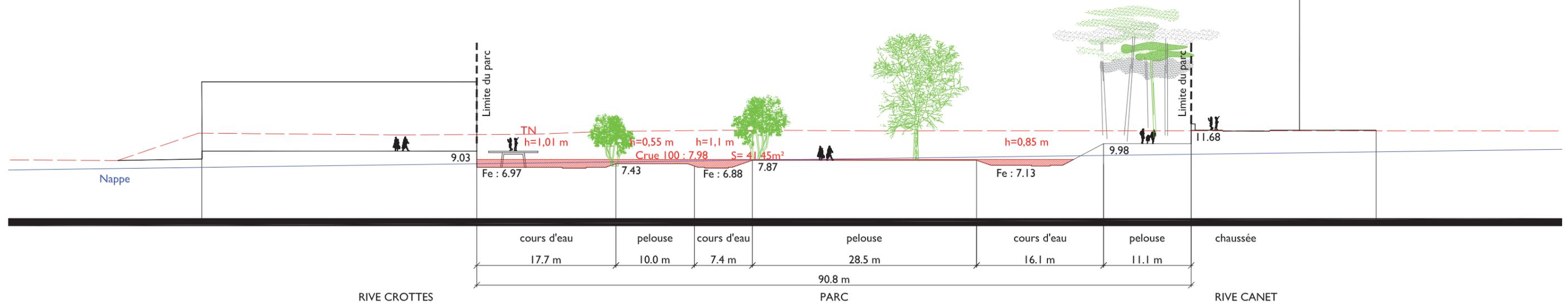
3/ PARC AMONT

coupe 5 sur parc Amont

Régime courant (99% du temps)



Régime de crue centennale

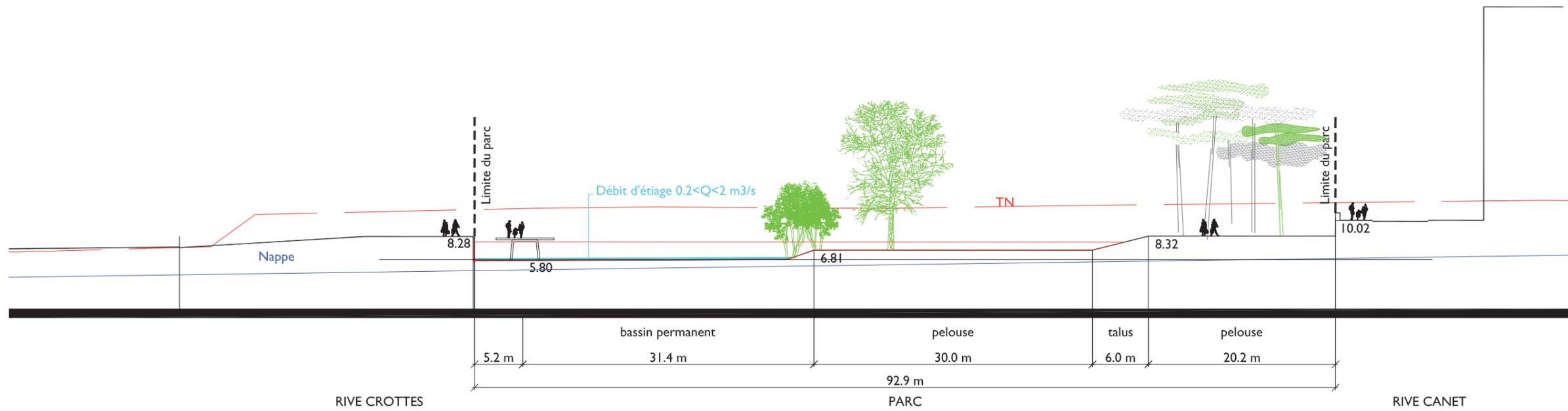


3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

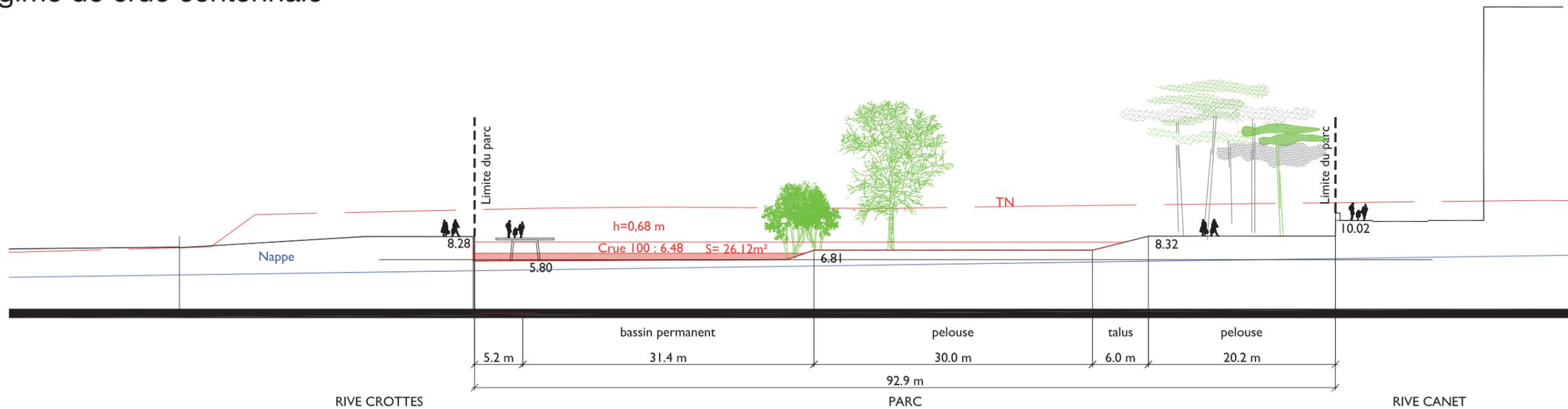
3/ PARC AMONT

coupe 6 sur parc Amont

Régime courant (99% du temps)



Régime de crue centennale

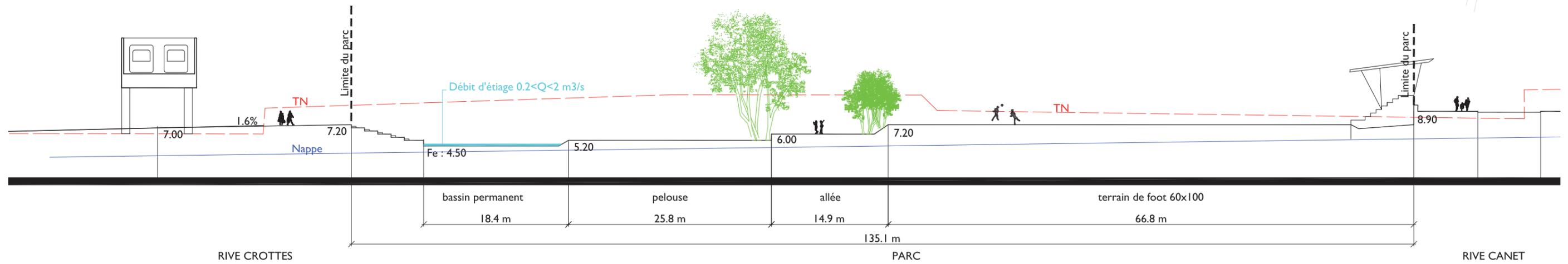
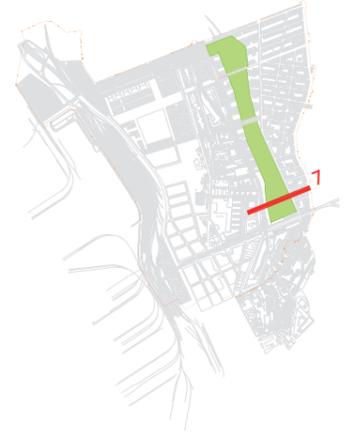


3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

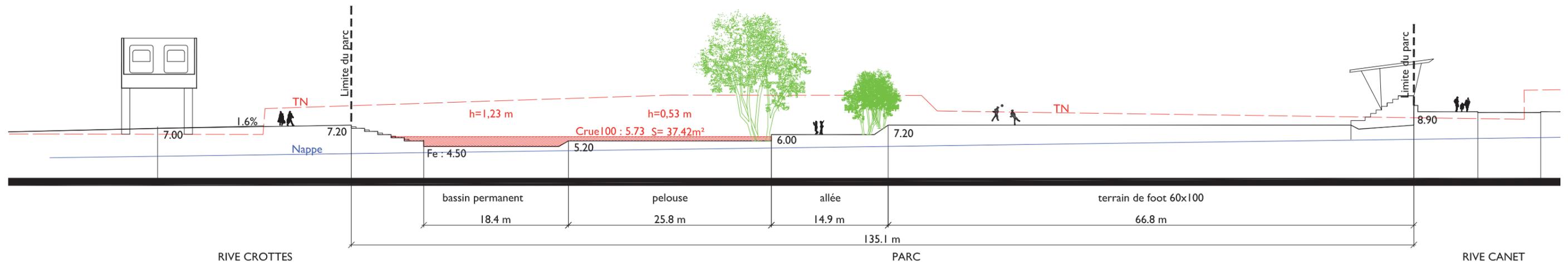
3/ PARC AMONT

coupe 7 sur parc Amont

Régime courant (99% du temps)

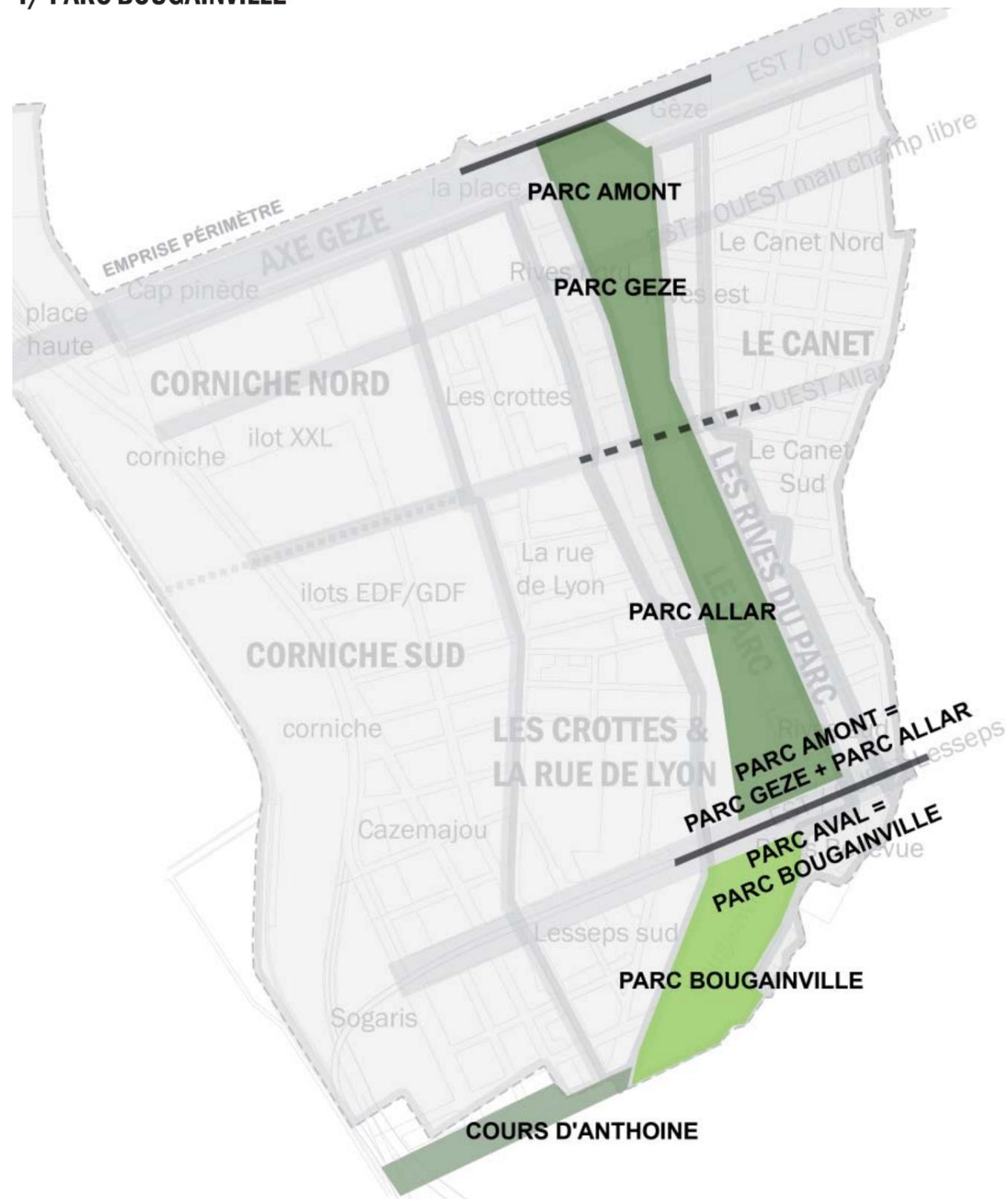


Régime de crue centennale



3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

4/ PARC BOUGAINVILLE



4.2 Stratégie hydraulique

En cas de crue à 130m³/s (centennale), les travaux de recalibrage de la galerie des Aygalades prévus en aval (cours d' Anthoine) par MPM (passage à 2*7m de large) permettra à très court terme d'évacuer sans débordement ce débit de projet avec ou sans sur-cote marine.

Nous avons vérifié par une modélisation que le canal béton traversant le parc de Bougainville était lui-même suffisant pour évacuer ce débit sans surverse.

Dans la traversée du parc, il est prévu d'aménager par-dessus ce canal un cheminement piéton surplombant la partie basse du parc.

La simulation entreprise représentant le nouveau calibrage sous la rue d' Anthoine démontre qu'à 130 m³/s, le canal du parc aval ne débordera pas.

On en déduit que le parc Bougainville ne sera pas inondé par les crues des rivières, une fois réalisés les aménagements sur le boulevard Lesseps pour entonner les crues. Cependant la zone basse pourra recueillir par temps d'orage les apports de temps de pluie drainés par les réseaux EP desservant les parcelles alentours ; ce point n'a pas été encore étudié finement.

Il est prévu par ailleurs une prise d'eau calibrée pour quelques centaines de l/s pour agrémenter un filet d'eau dans la zone basse du parc avec soit restitution au canal à la sortie du parc soit par un branchement vers le réseau pluvial longeant le parc conservé ; dans les deux cas, la restitution devra être munie d'un clapet anti-retour pour empêcher l'inondation du parc par l'aval en cas de crue.

Fig 4.1 Le ruisseau à l'aval immédiat du passage du métro



3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

4/ PARC BOUGAINVILLE

Figure 4 2-2 : profil en long à 130m³/s de l'Aygalades futur entre Lesseps et la mer

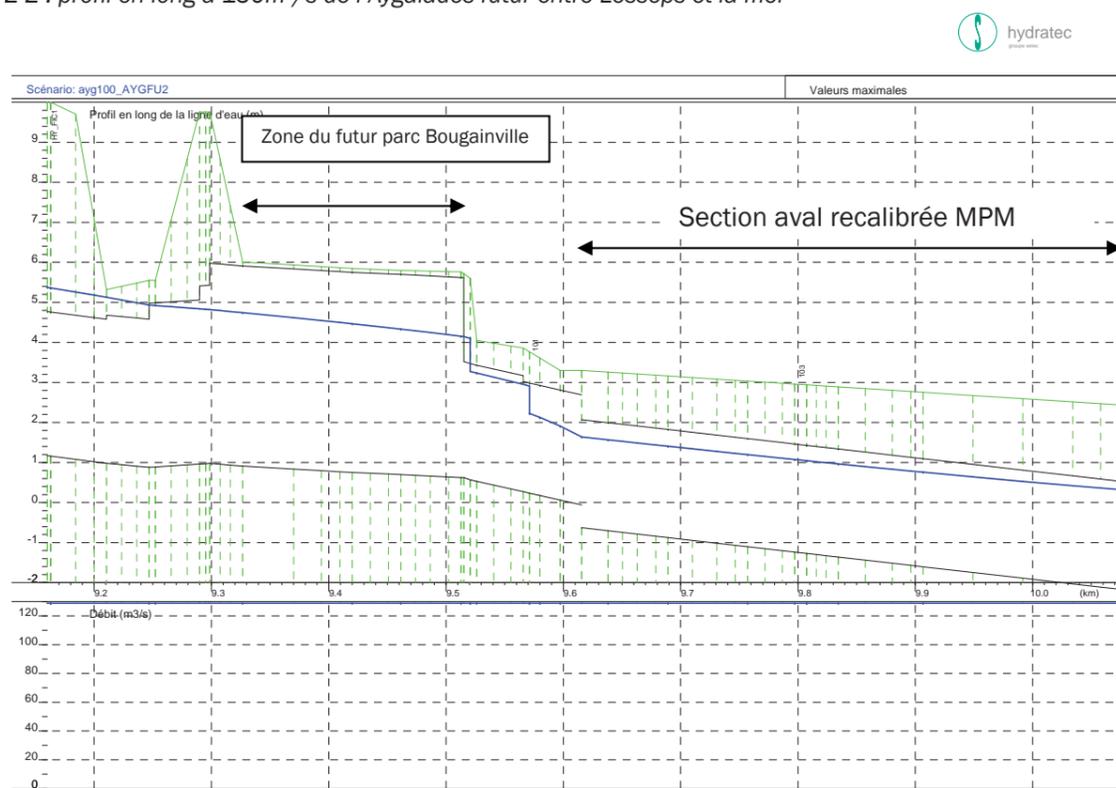


Figure 4 3 : principe de récupération des eaux débordant en crue du ruisseau de Plombières vers le parc Bougainville

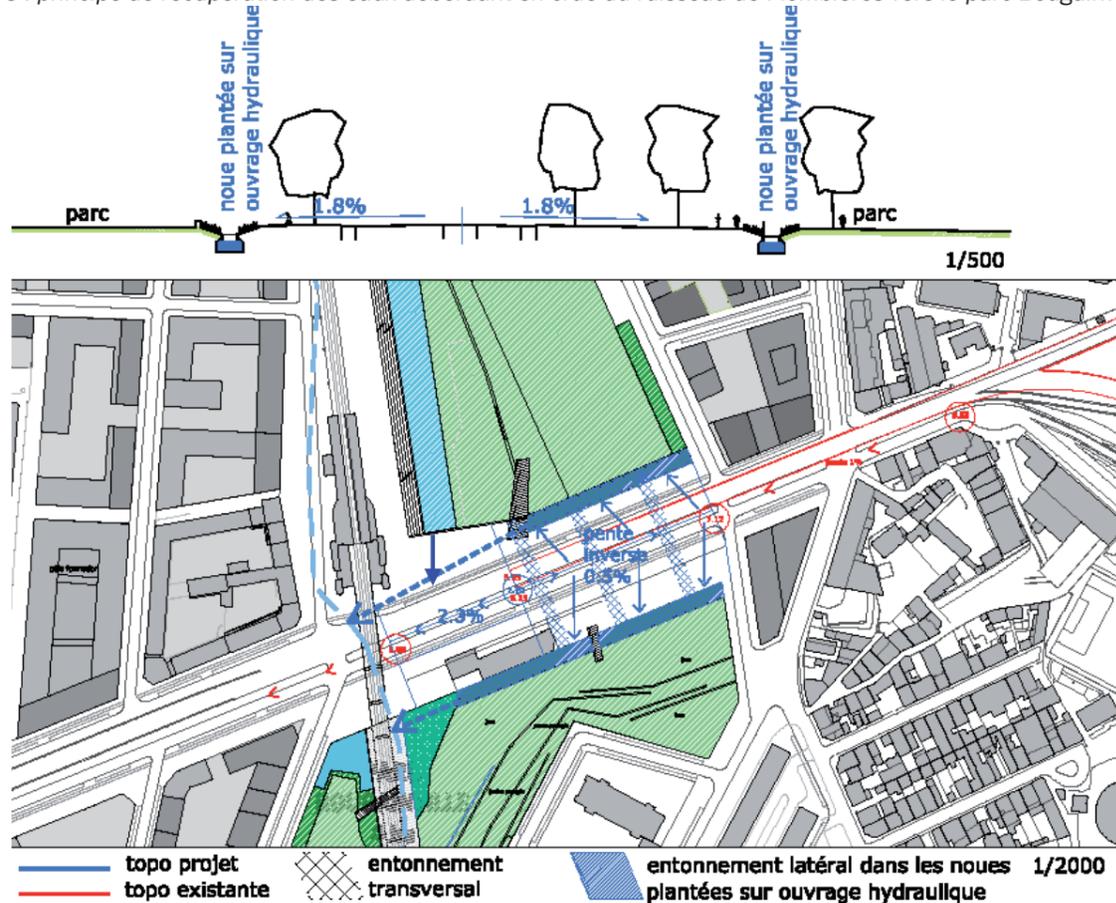
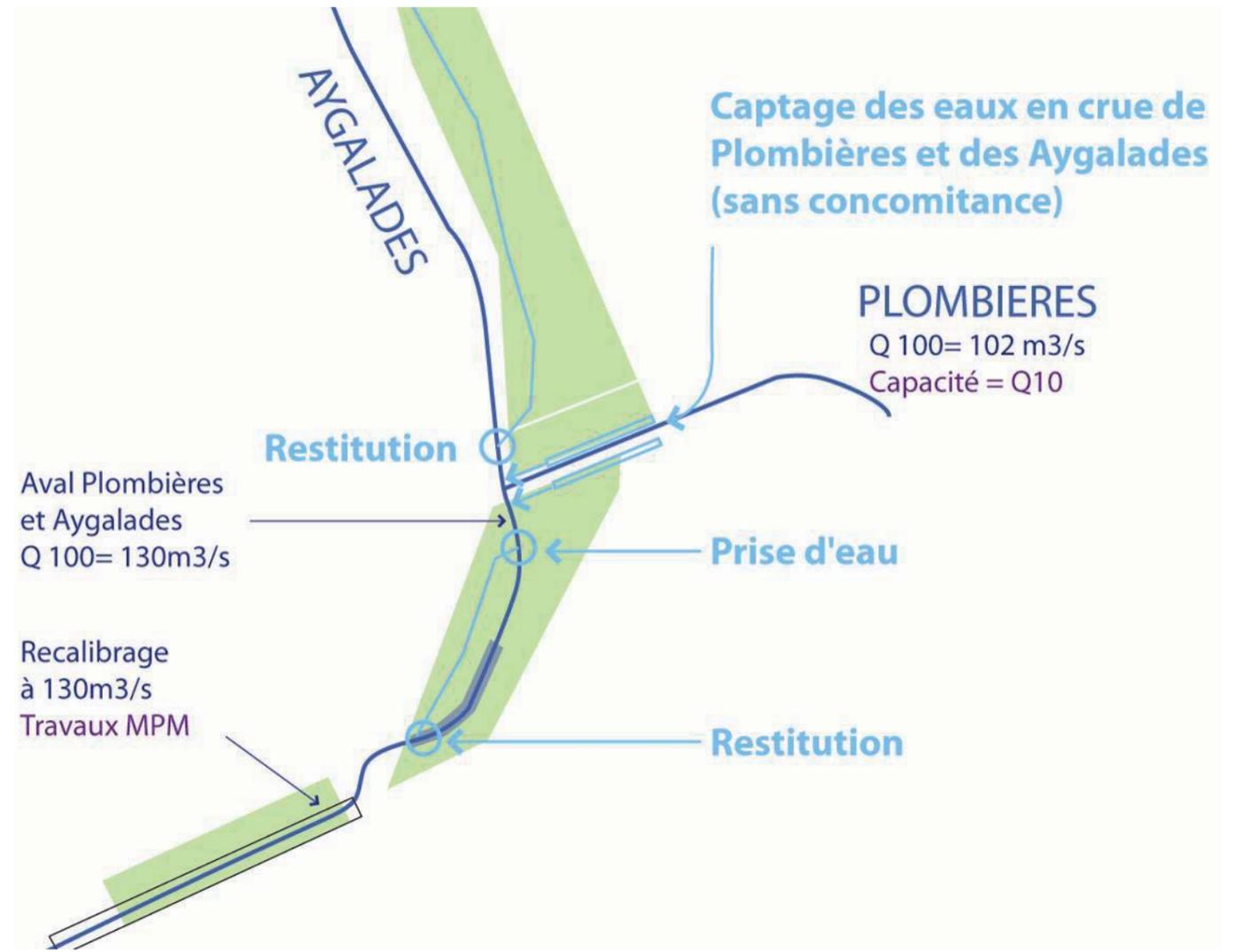
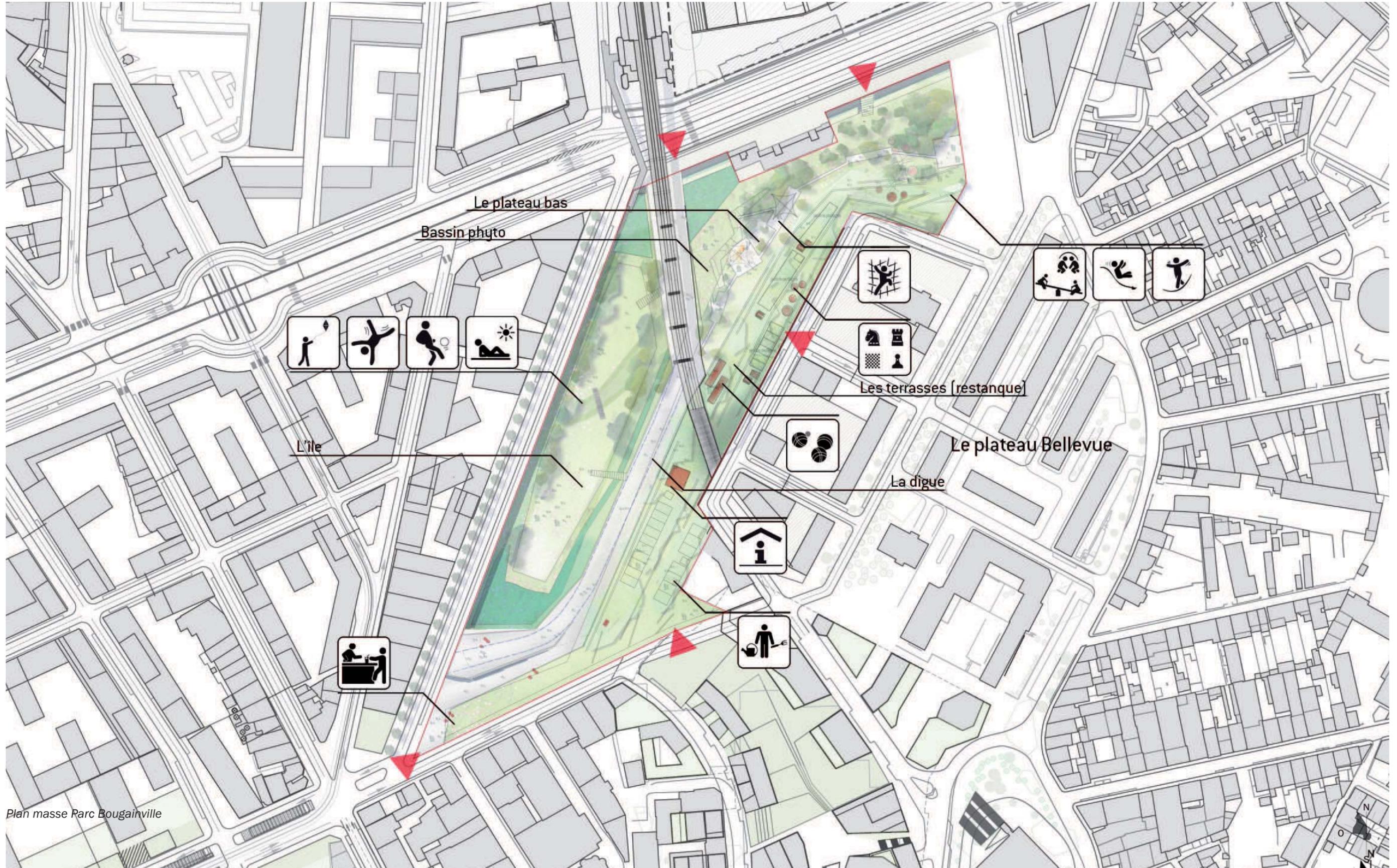


Figure 4 2-1 : principe hydraulique pour le parc Bougainville



3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

4/ PARC BOUGAINVILLE



Plan masse Parc Bougainville

3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

4/ PARC BOUGAINVILLE

4.1 Conception générale

LE PARC BOUGAINVILLE

CONTEXTE

Ce parc prévu en première phase de l'extension se situe dans le prolongement immédiat des nouveaux quartiers d'Euromed 1, via le cours d'anthoine. Il est bordé au nord par le boulevard Lesseps et la station de métro Bougainville. Le parc se pose sur un territoire fragmenté par deux infrastructures contraignantes :

- Le métro émerge du plateau de Bellevue, traverse le parc sous forme de viaduc jusqu'à la station Bougainville
- L'ouvrage enterré des aygalades puis à ciel ouvert, forme un canal peu attrayant voir dangereux dans une situation de parc

Par ailleurs, un dénivelé important isole la cité Bellevue sur son promontoire et dans sa condition sociale.

Le renouvellement urbain engagé sur ce secteur prévoit de nouveaux riverains avec des emprises à bâtir entre le parc et la cité Bellevue (extension du plateau), le projet des docks libres et le nouveau quartier Cazemajou.

La vocation d'un parc pour tous doit particulièrement s'exprimer dans la composition et la programmation du parc Bougainville.

PROJET

Le projet met en œuvre quatre structures d'espaces identifiables et supports de programmes

Le coteau planté souligne la rive haute et relie le plateau Bellevue et le plateau bas. Des terrasses structurent la pente et imbriquent des usages libres et des espaces programmés : jardins partagés, pelouse champêtre, jardins, pétanques et jeux d'enfants... un réseau de rampes relie les différents niveaux. Les terrasses sont surplombent le parc et offrent des vues. Depuis le bas Cette nouvelle frontalité constitue un horizon végétal « habité ».

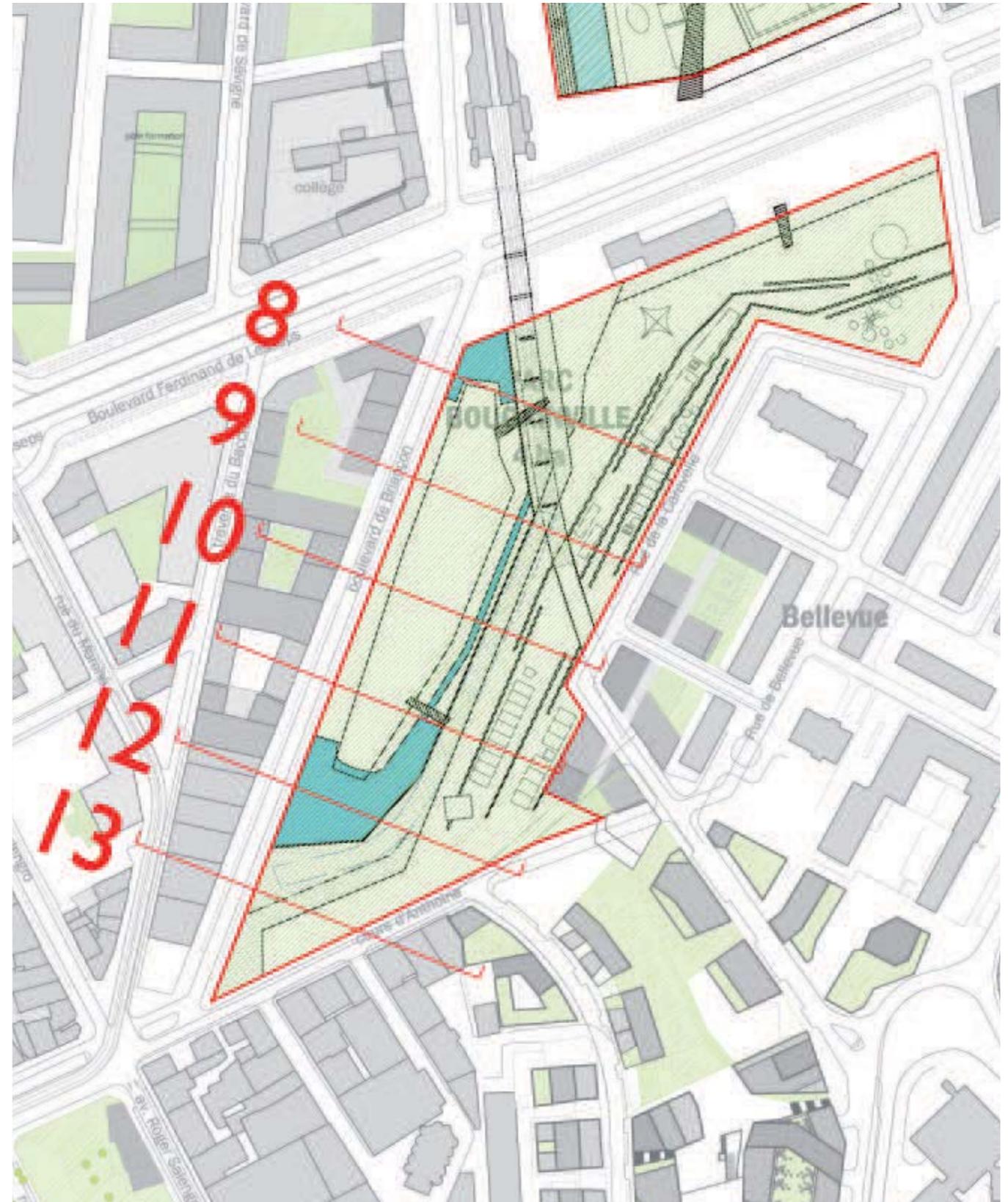
Le plateau ludique et sportif s'étend au sud du bvd Lesseps : une vaste étendue accueille des « poches » programmatiques : des grands jeux d'enfants, des jeux d'eau, des tables d'échec et de pique-nique, une buvette... un couvert végétal formé de grands arbres filtre la chaleur et la lumière. Cette étendue à l'image d'une agora se prête à l'organisation d'événements divers. Un bassin de filtration naturelle dimensionné pour couvrir les besoins en arrosage du parc est mis en place sur ce site.

L'île pelouse. À l'opposé du coteau, cadrée par le métro aérien et l'ouvrage hydraulique, la fréquentation de cette pelouse n'est pas soumise aux aléas hydrauliques : L'ouvrage existant a la capacité d'écouler jusqu'à la crue centennale, le ruisseau est présent à ciel ouvert avec un débit limité aux variations de l'étiage.

Cependant, si la suite des études impose l'écoulement de crues dans le parc Bougainville, c'est cette partie du parc qui sera sollicitée. L'insularité permet d'en contrôler facilement les accès.

Les creux et les berges accueillent un milieu de type ripisylve méditerranéenne. La pelouse accueille quelques arbres majestueux et des plantations en bosquet

La promenade digue, large allée centrale, relie le grand parc amont et les quartiers de Euromed 1. Ce parcours adopte le tracé des réseaux, sous le métro au nord et sur l'ouvrage hydraulique au sud. Positionnée au centre du parc son gabarit est large et permet des usages de promenade et de distribution. Sa surface minérale est un support de glisse idéale pour les trottinettes, rollers et les vélos d'enfants. A la manière d'un travelling cinématographique, elle offre une succession de points de vue et s'imprègne des espaces attenants.



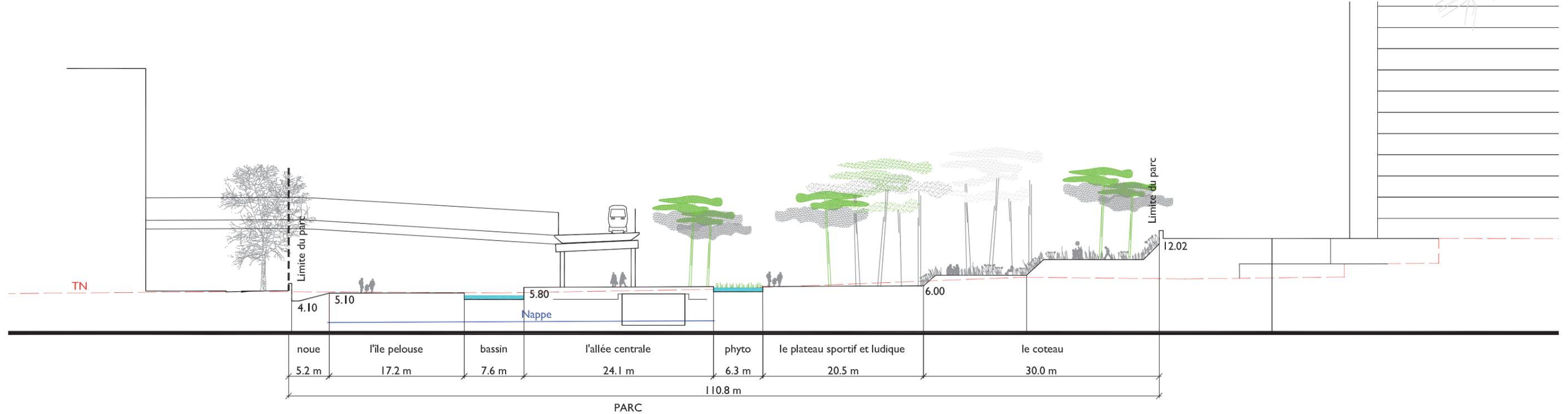
Plan de repérage des coupes du Parc Bougainville

3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

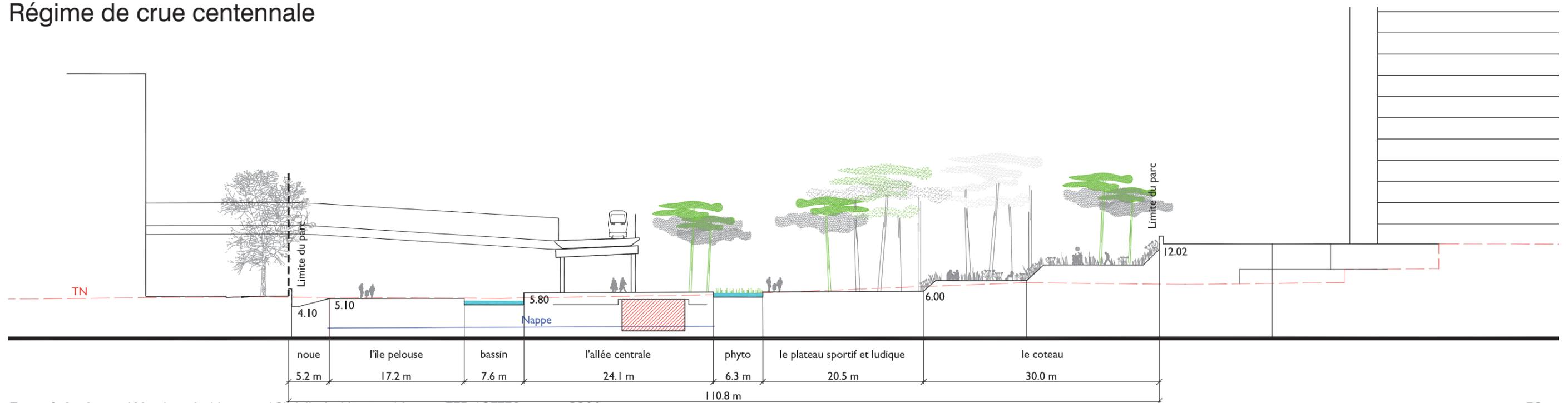
4/ PARC BOUGAINVILLE

coupe 8 du Parc Bougainville

Régime courant (99% du temps)



Régime de crue centennale

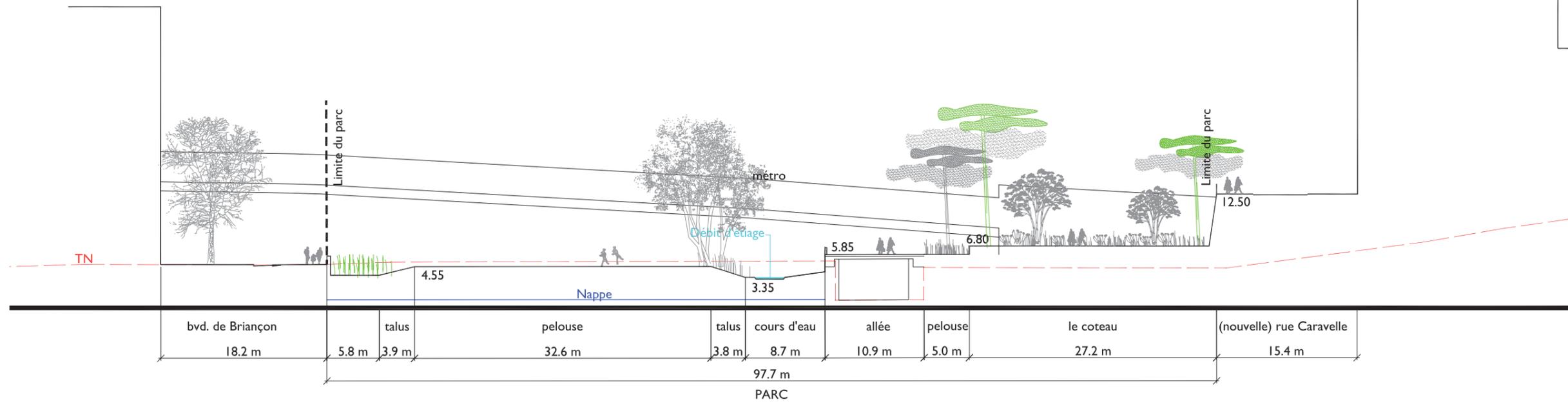


3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

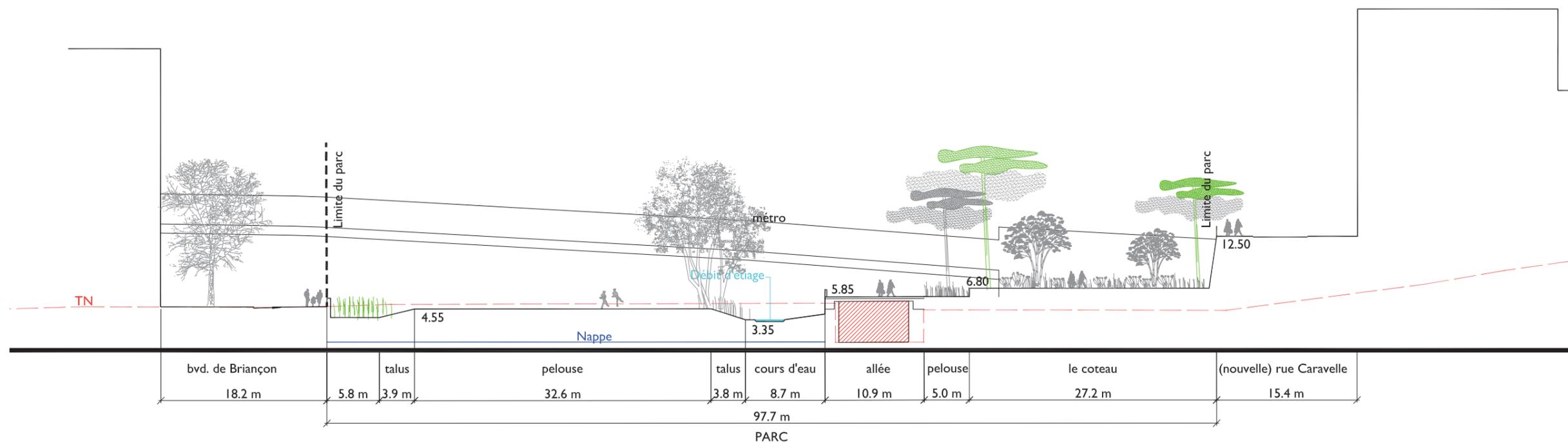
4/ PARC BOUGAINVILLE

coupe 10 du Parc Bougainville

Régime courant (99% du temps)



Régime de crue centennale

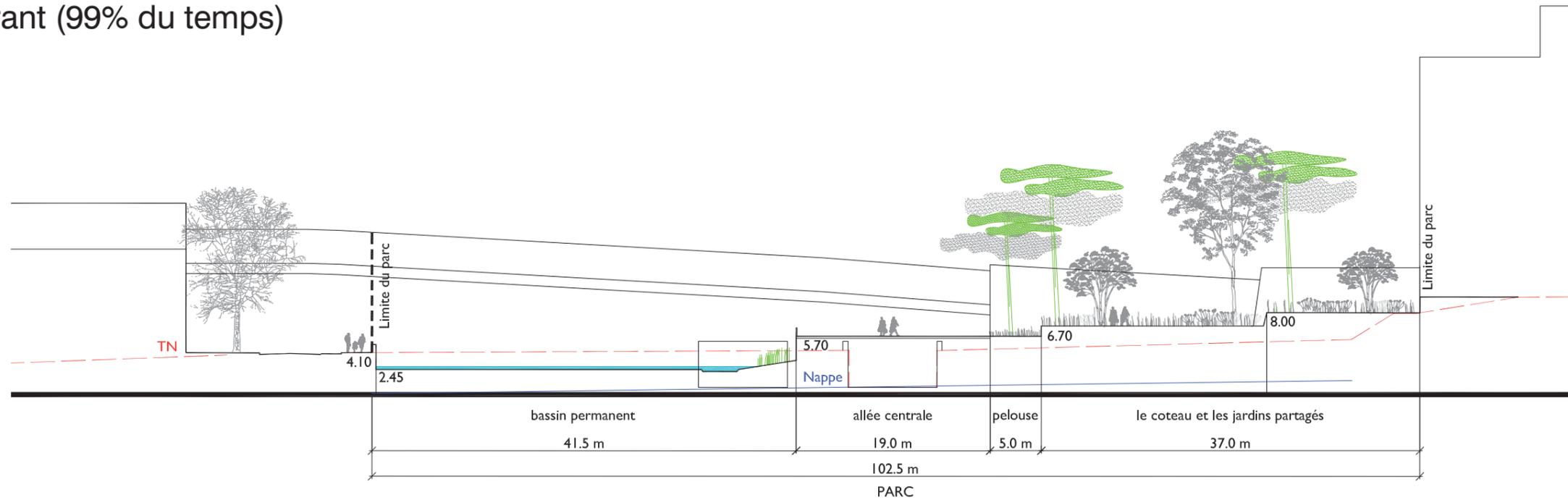


3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

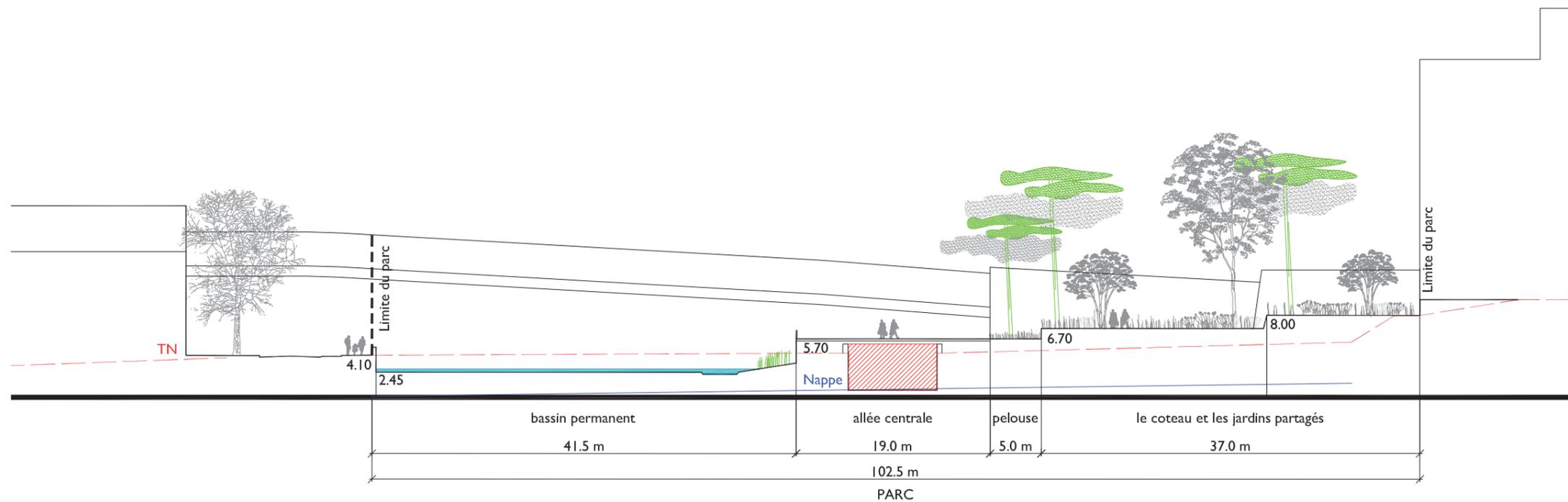
4/ PARC BOUGAINVILLE

coupe 12 du Parc Bougainville

Régime courant (99% du temps)



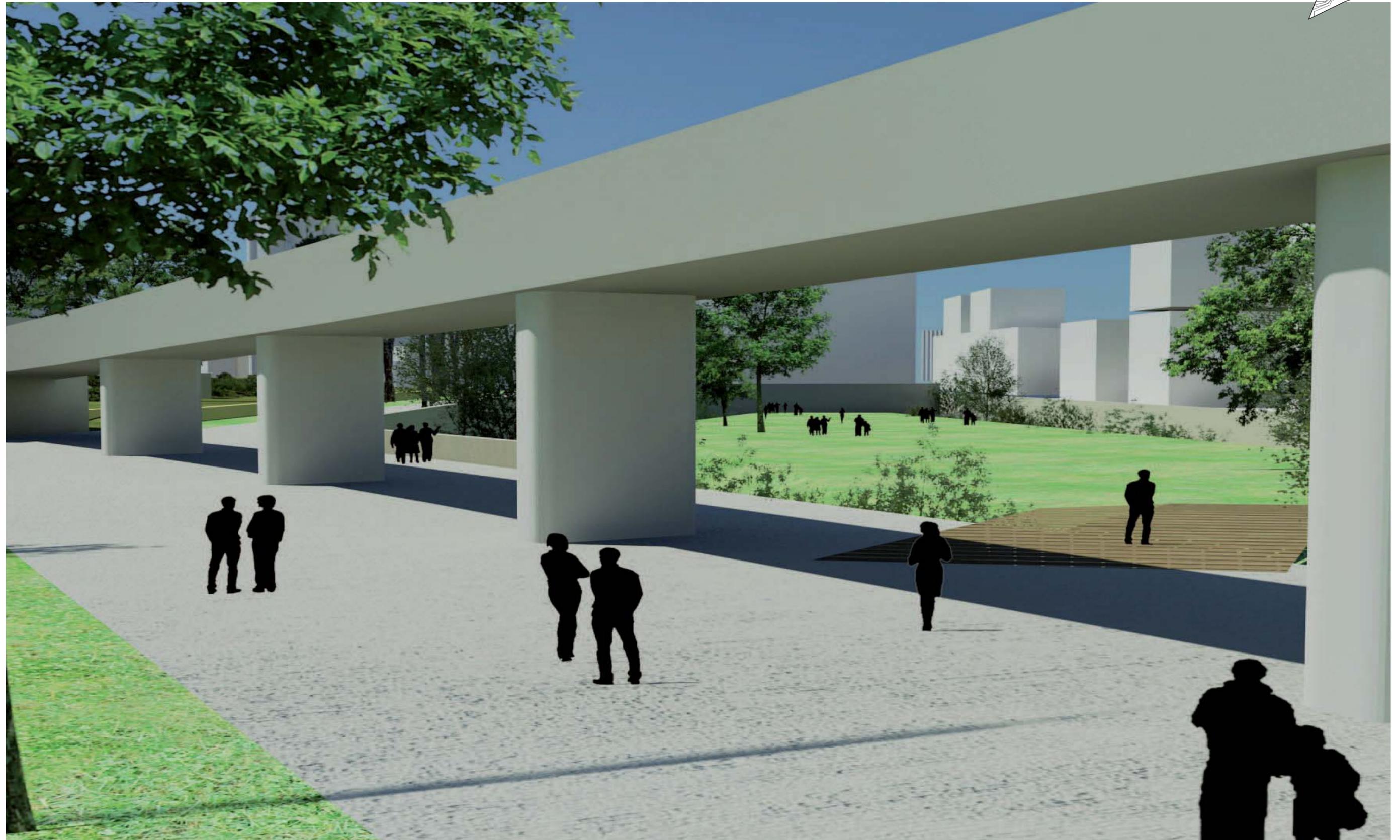
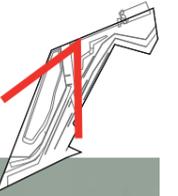
Régime de crue centennale



3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

4/ PARC BOUGAINVILLE

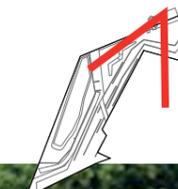
Perspective depuis Lesseps



3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

4/ PARC BOUGAINVILLE

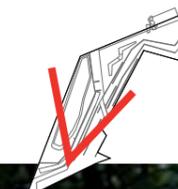
Perspective depuis Lesseps



3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

4/ PARC BOUGAINVILLE

Perspective depuis le Cours d'Anthoine



3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

5/ BESOINS EN EAU POUR L'ENTRETIEN VÉGÉTAL DES PARCS

5.1 Installer une nature en ville

5.1.1 Une «nature marseillaise»

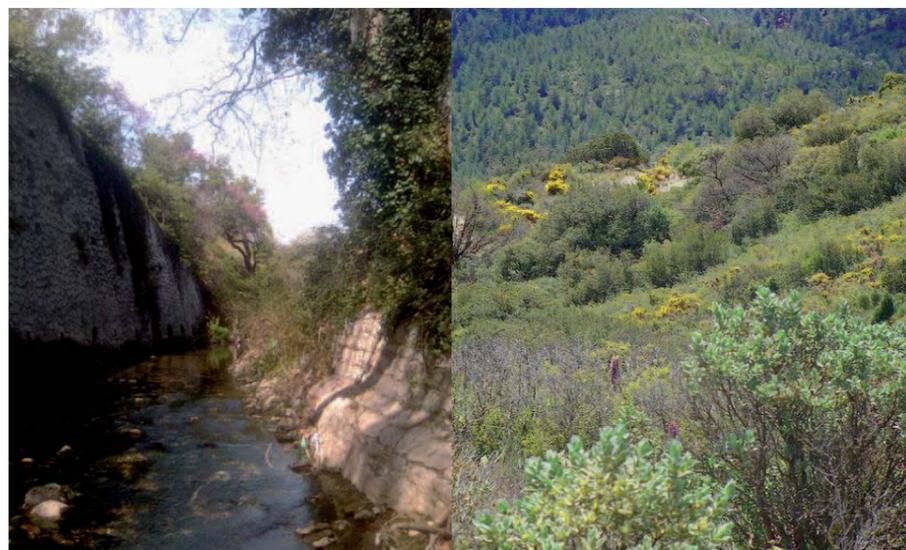
Le parc constitue un réservoir de nature où différents milieux plus ou moins jardinés coexistent, générant ainsi une grande biodiversité. Il offre l'image d'une nature libre aux transitions floues dont l'étendue est perçue dans la continuité nord-sud. Très unitaire par le caractère répétitif et constant des milieux et de la palette végétale, il offre néanmoins une très grande diversité dans les espaces proposés. Si certains milieux revêtent un caractère pérenne, d'autres, de nature réversible du fait de leur inondabilité récurrente, redéfinissent régulièrement la configuration du parc : nature changeante qui subit des transformations continues liées aux variations des niveaux d'eau.

Les principes respectés :

- Des milieux adaptés aux sols en présence,
- Des milieux adaptés au climat local (économiques en eau),
- Des milieux épurateurs (valorisation des eaux de pluies et de rivière),
- Des milieux méditerranéens typiques (absence d'espèces exotiques),
- Des milieux favorables à la biodiversité locale (nature en ville),

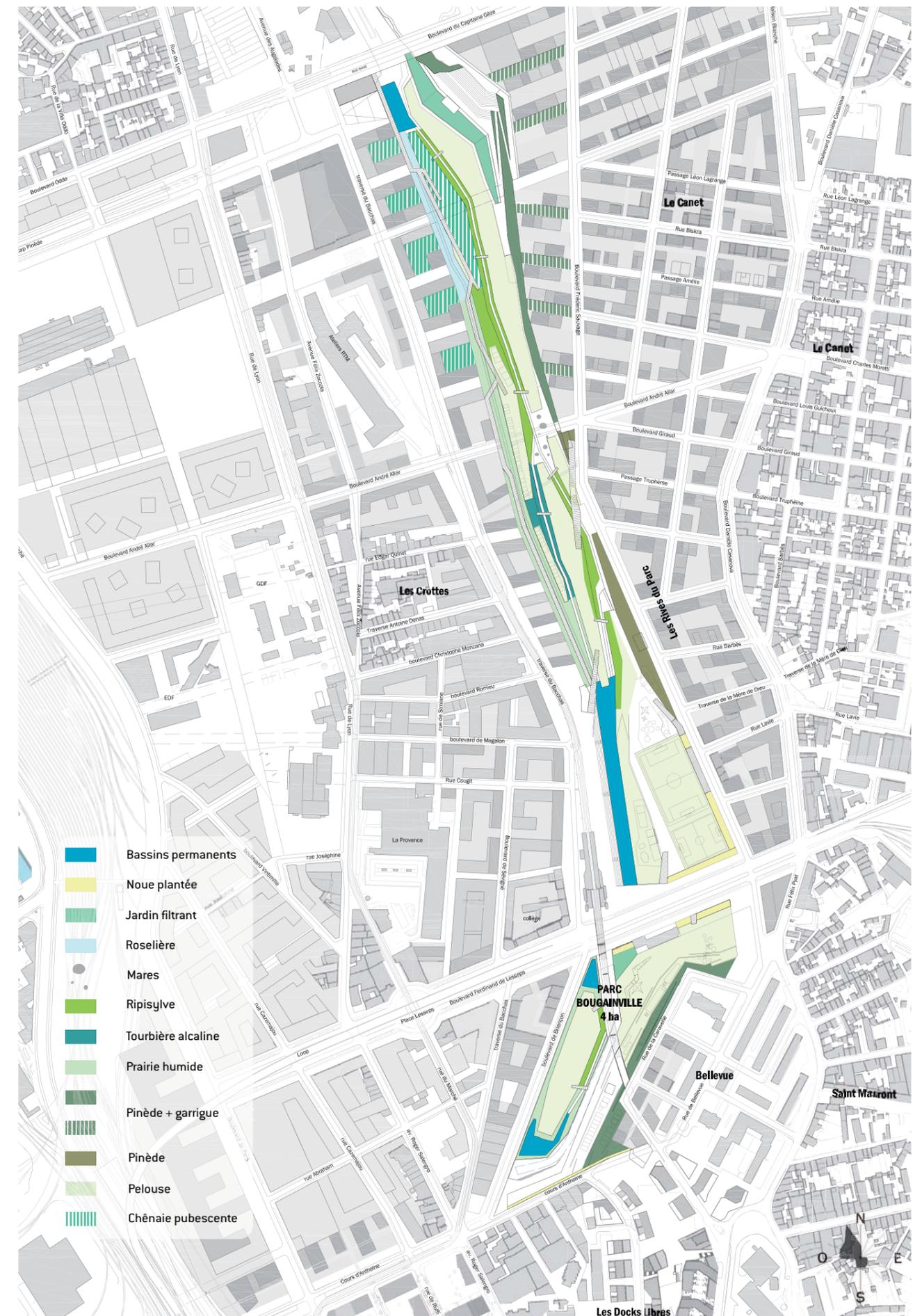
Deux pistes de travail proposées :

- Des milieux qui se réfèrent aux Aygalades,
- Des milieux qui se réfèrent aux collines environnantes.



Ruisseau des Aygalades

Massif de l'Etoile



3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

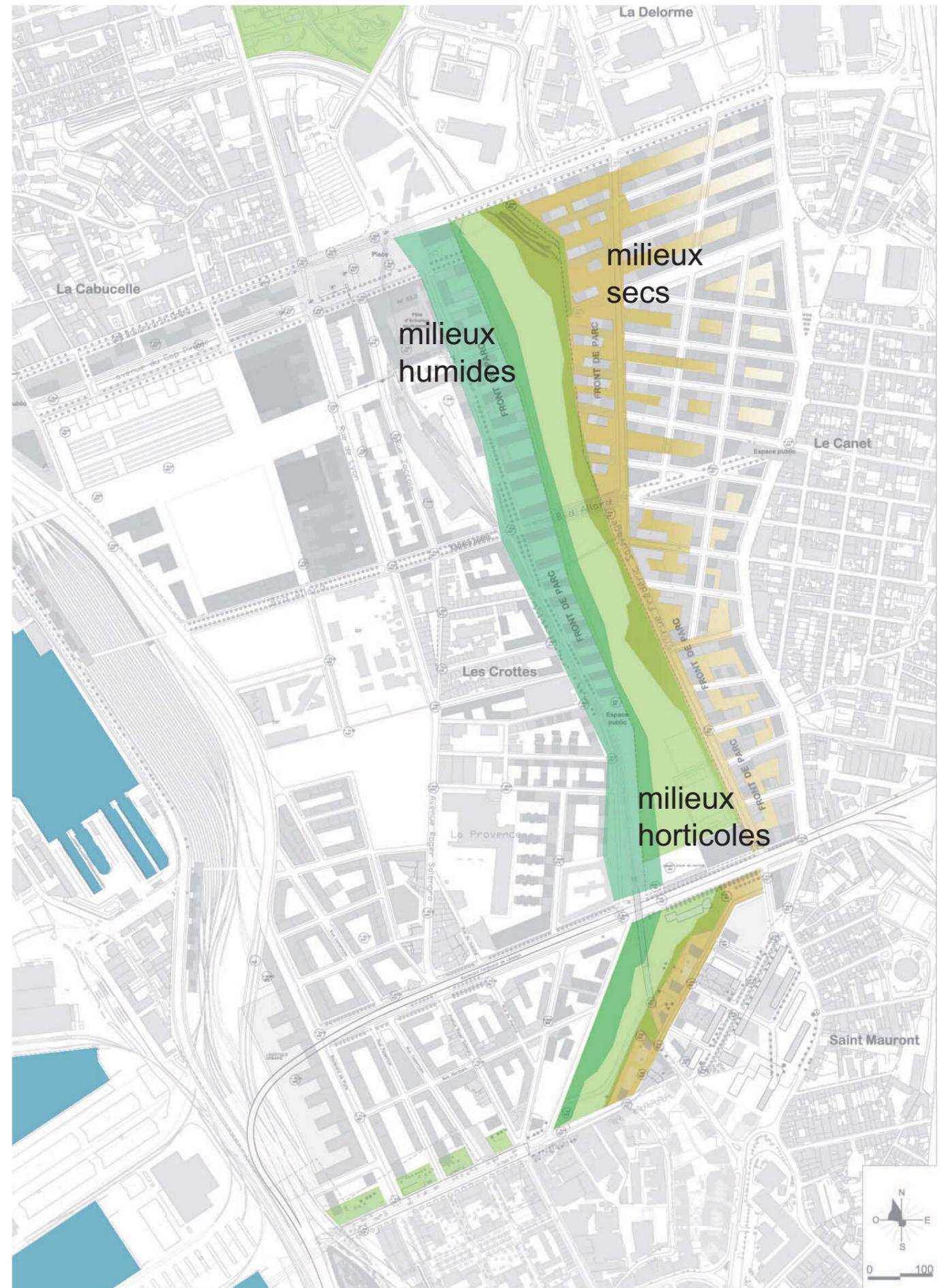
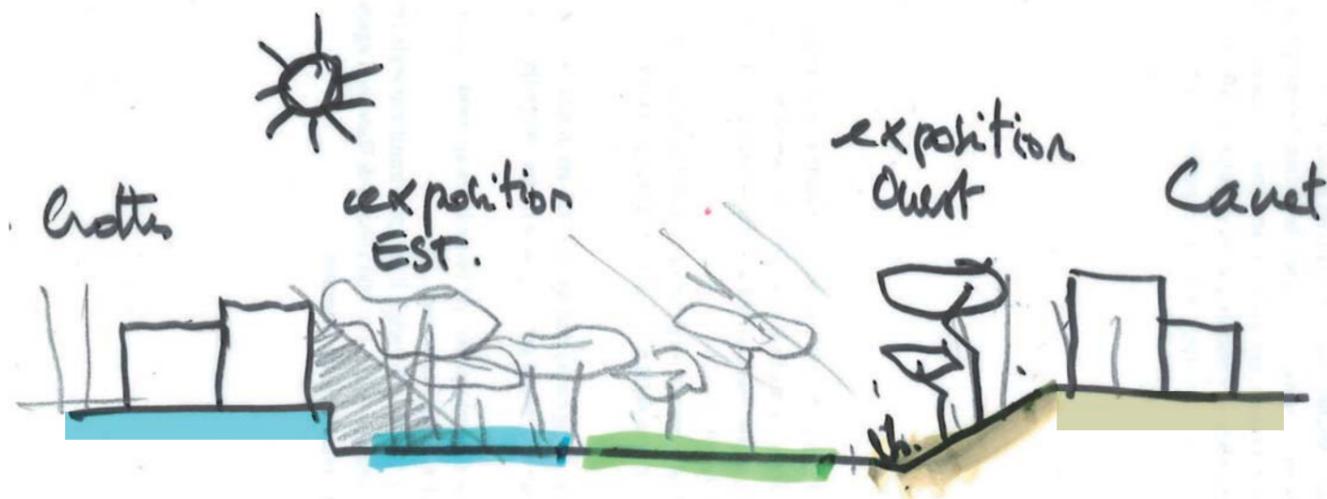
5/ BESOINS EN EAU POUR L'ENTRETIEN VÉGÉTAL DES PARCS

5.1.2 Des milieux liés au contexte

La dissymétrie des rives, en terme d'altimétrie et d'orientation donne leur caractère à chacune.

La rive du gauche du ruisseau (Canet, Bellevue) est la plus haute, parfois escarpée. Exposée à l'ouest et nord ouest, c'est une rive sèche et ombragée.

La rive droite du ruisseau (les Crottes, bvd Briançon), plus basse favorise la présence de l'eau et des milieux frais.



3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

5/ BESOINS EN EAU POUR L'ENTRETIEN VÉGÉTAL DES PARCS

5.1.3 Débits associés aux milieux



3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

5/ BESOINS EN EAU POUR L'ENTRETIEN VÉGÉTAL DES PARCS

5.1.4 Les milieux liés au ruisseau des Aygalades

Les milieux liés aux Aygalades sont marqués par la présence de l'eau (Aygalades provient du mot Aiga signifiant eau en occitan). L'idée est de recréer des milieux témoignant de la présence de l'eau, depuis la mare, en passant par les pelouses marécageuses ou les formations à hautes herbes en lisière de boisements frais et enfin la chênaie pubescente.

Mare (reconnectées ou non au cours d'eau)



Mentha pulegium Pilularia globulifera

Sol : la texture et la structure peuvent être très diverses (argileux, sableux, limoneux, organique, etc.)- horizon à Gley fréquent.

Eau : assèchement partiel ou complet en période estivale.

Espèces cibles : amphibiens, invertébrés, espèces végétales protégées

L'alternance de phases sèches et inondées ainsi que l'isolement favorisent l'établissement de peuplements floristiques et faunistiques originaux et très diversifiés.

Strate herbacée: espèces pérennes ou annuelles dont la hauteur et le recouvrement sont variables :

Isoetes duriaei, I. boryana, I. setacea, I. velata, Marsilea strigosa, Pilularia globulifera, P. minuta, Mentha pulegium, Juncus pygmeus, J. bufonius, J. capitatus, Preslia cervina, Veronica anagalloides, Callitriche truncata, Isoetes setacea, Damasonium polyspermum

Roselière



Leucojum aestivum Typha latifolia Iris pseudoacorus

Sol : constitué souvent de limons fins et d'argiles, hydromorphe dès les premiers horizons.

Eau : hauteur variable de quelques centimètres à plusieurs mètres

Espèces cibles : flore et faune (oiseaux, batraciens, reptiles, ...)

Végétation : dominée par des héliophytes de 1 à 2 m de hauteur, avec un fort recouvrement (80 à 100 %) ; peu diversifiée et souvent dominée par une seule espèce en fonction du régime et de la hauteur d'inondation.

Les espèces caractéristiques sont : Phragmites communis, Bolboschoenus maritimus, Eleocharis palustris, Iris pseudacorus, Glyceria maxima, Phalaris arundinacea, Typha latifolia, Typha angustifolia, Euphorbia palustris, Cladium mariscum, Leucojum aestivum

Intérêt : rôle épurateur de la végétation qui va fixer certains éléments et substances rejetées dans les eaux comme les engrais et les pesticides

Tourbière alcaline



Carex panicea Drosera rotundifolia

Sol : alcalin, riche en calcaire.

Eau : présence permanente ; eau calcaire et pauvre en nutriments.

Espèces cibles : espèces boréo-arctiques (espèces des régions nordiques de l'Europe), espèce végétales et animales protégées (orchidées comme le Liparis de Loesel, papillons comme le Fadet des Laïches et oiseaux comme le Courlis cendré).

Strate herbacée : Carex, Eriophorum latifolium, Blysmus compressus, Schoenus ferrugineus, Eleocharis quinqueflora, Juncus articulatus, Trichophorum cespitosum, Molinia caerulea, Dactylorhiza traunsteineri, Tofieldia calyculata, Allium schoenoprasum, Potentilla erecta, Swertia perennis, Primula farinosa, Parnassia palustris, Pinguicula vulgaris, Scirpus hudsonianus, plantes carnivores (Pinguicula vulgaris, Drosera rotundifolia, Utricularia minor).

Strate muscinale : Drepanocladus intermedius, Cratoneuron glaucum, Campylium stellatum.

Strate arbustive (en périphérie) : Frangula alnus, Salix cinerea, Betula, Alnus glutinosa.



Mare méditerranéenne

François Leclercq / Marciano Architecture / Sbriglio Architectes / Agence TER / SETEC



Roselière (Typhaie)

mars 2011



Tourbière alcaline

3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

5/ BESOINS EN EAU POUR L'ENTRETIEN VÉGÉTAL DES PARCS

Prairie humide



Eupatorium cannabinum **Juncus inflexus** **Lotus glaber**

Sol : compact et peu filtrant, avec un horizon organique en surface.
Eau : submersion et/ou saturation pendant une grande partie de l'année, avec une période d'assèchement estivale.
Espèces cibles : espèces végétales et animales rares ou à forte valeur patrimoniale (orchidées paludicoles, cypéacées, lépidoptères, amphibiens...)
Strate herbacée :
 - prairie humide à grandes herbes : Scirpoides holoschoenus, Pulicaria dysenterica, Cirsium monspessulanum, Potentilla reptans, Dorycnium rectum, Juncus inflexus, Mentha suaveolens, Gallium mollugo, Eupatorium cannabinum, Prunella vulgaris.
 - prairie humide rase : Deschampsia media, Centaurium pulchellum, Lotus glaber, Prunella hyssopifolia, Plantago maritima.

Ripisylve



Iris foetidissima **Ulmus minor** **Saponaria officinalis**

Sol : alluvial, profond, plutôt basique.
Eau : sol inondé une partie de l'année, nappe phréatique généralement peu profonde, accusant souvent des variations très fortes de niveau à proximité immédiate du cours d'eau ou plus tamponnées plus on s'en éloigne.
Espèces cibles : oiseaux (Hérons arboricoles, rapaces), essences forestières arbustives et arborées.
Strate arborée : Populus nigra, Populus alba, Ulmus minor, Salix alba, Fraxinus angustifolia, Alnus glutinosa, Betula pendula, Fraxinus oxycarpa
Strate arbustive : Rubus caesius, Cornus sanguinea, Sambucus nigra, Vitis vinifera- sylvestris.
Strate herbacée : Osmunda regalis, Bryonia dioica, Humulus lupulus, Saponaria officinalis, Arum italicum, Iris foetidissima, Solanum dulcamara, Brachypodium sylvaticum, Cucubalus baccifer.

Chênaie pubescente



Quercus pubescens **Melittis melissophyllum** **Limodorum abortivum**

Sol : calcaire, bien drainé.
Eau : fraîcheur et humidité des sols.
Espèces cibles : oiseaux.
Strate arborée : Quercus pubescens, Q. ilex.
Strate arbustive : Buxus sempervirens.
Strate herbacée : Limodorum abortivum, Melittis melissophyllum.



Prairies humides méditerranéennes

François Leclercq / Marciano Architecture / Sbriglio Architectes / Agence TER / SETEC



Ripisylve méditerranéenne

mars 2011



Chênaie pubescente

3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

5/ BESOINS EN EAU POUR L'ENTRETIEN VÉGÉTAL DES PARCS

5.1.5 Les milieux liés aux collines

L'idée est de proposer des espèces végétales rappelant le contexte local et redonnant une place à cette nature au sein même de la ville, qui s'est étendue à son détriment. Ainsi nous proposons des végétaux typiques de la garrigue et de la pinède.

Garrigue



Erica multiflora Pistacia lentiscus

Genista hispanica

Sol : calcaire.

Strate arborée : Quercus coccifera.

Strate arbustive : Pistacia lentiscus, Cistus, Juniperus oxycedrus, Genista, Calicotome spinosa, Helichrysum, Stachys (S. dubia), Santolina, Helianthemum, Thymus, Rosmarinus officinalis, Lavandula latifolia, L. angustifolia, Teucrium, Globularia alypum, Lithodora (Lithospermum) fruticosa, Thymelaea, Ononis fruticosa.

Strate herbacée : Phagnalon (P. rupestre), Scorzonera, Artemisia, Euphorbia, Salvia, Sideritis, Micromeria, Satureja, Stachys, Dittrichia viscosa, Erica multiflora.

Pinèdes de pin d'Alep



Simethis mattiazzii Pinus Halepensis

Ruta angustifolia

Sol : calcaire ou siliceux, sols peu profonds à moyennement profonds, structure sableuse ou sablo-limoneuse.

Strate arborée : Pinus halepensis, Pinus pinaster, Quercus ilex.

Strate arbustive : Myrtus communis, Phillyrea angustifolia, Pistacia terebinthus, Pistacia lentiscus, Smilax aspera var. mauritanica, Coriaria myrtifolia, Rhamnus alaternus.

Strate herbacée : Arisarum vulgare, Simethis mattiazzii, Brachypodium retusum, Ruta angustifolia.



Garrigue

François Leclercq / Marciano Architecture / Sbriglio Architectes / Agence TER / SETEC



Pin d'Alep

mars 2011

Sources :
TOUR DU VALAT, Centre de recherche pour la conservation des zones humides méditerranéennes, <http://www.tourduvalat.org>
Classification Corine Biotope, <http://www.ecologie.gouv.fr>
<http://natura2000.environnement.gouv.fr>

3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

5/ BESOINS EN EAU POUR L'ENTRETIEN VÉGÉTAL DES PARCS

5.2 Qualité des eaux

La qualité des eaux du ruisseau des Aygalades sont représentatives de celle d'un cours d'eau à parcours péri-urbain puis urbain, c'est -à-dire moyenne ; cependant il est à noter que le bassin versant du ruisseau est doté d'un système de collecte séparatif plutôt favorable.

Pour assurer une qualité correcte des eaux dans la traversée du parc, on prévoit dès l'entrée :

- Un dégrillage grossier (entrefer 15 à 20mm) dimensionné pour 2m³/s ; ce dispositif occuperait une surface au sol de 50m² environ,
- Une phytoépuration en amont des parcs pour le débit d'arrosage des espaces verts.

5.3 Besoins en eau

L'arrosage proposé est étroitement lié au type de milieux.

Aucun arrosage n'est à prévoir pour les milieux directement en contact avec l'eau permanente, et affectés par le mar- nage : la ripisylve, les mares, les tourbières, les prairies humides...

Seules les pelouses ont besoin d'un arrosage conséquent. Les autres besoins en arrosage restent assez limités car liés à de petites surfaces : les plantations horticoles (ornementales) et les jardins potagers.

En plus des apports naturels liés à la pluviométrie dont les moyennes sont rappelées ci-après, l'eau d'arrosage néces- saire aux parcs proviendra intégralement du cours d'eau des Aygalades après épuration par un système naturel : des bassins filtrants permettront d'atteindre une qualité équivalente à des eaux de baignade.

Janvier	53.6 mm
Février	43.5 mm
Mars	40.4 mm
Avril	57.9 mm
Mai	41.2 mm
Juin	25.4 mm
Juillet	12.6 mm
Août	31.4 mm
Septembre	60.6 mm
Octobre	85.4 mm
Novembre	50.6 mm
Décembre	52 mm
Moyenne annuelle	554.6 mm
	56 jours de pluie



Fig 5.2 Vue du ruisseau à l'étiage en amont du parc Billerioux

Le débit d'étiage du ruisseau n'étant jamais nul, les besoins en arrosage seront toujours couverts (270 m³/jour) même au plus fort de l'été, pour l'ensemble des parcs.

Pluviométrie mensuelle moyenne à Marseille (stat de 1971 à 2000)		volume d'eau nécessaire pour 4ha à arroser par jour et tenant compte des apports de temps de pluie		débit Aygalades moyen sur la période (l/s)	temps de remplissage réserve utile en minutes	hypothèse d'étiage sévère (l/s)	temps de remplissage réserve utile en minutes	temps de remplissage réserve utile en heures
Mai	41.2	107	m3	305	6	50	36	0.6
Juin	25.4	206	m3	259	13	50	69	1.1
Juillet	12.6	264	m3	304	14	50	88	1.5
Août	31.4	239	m3	270	15	50	80	1.3
Septembre	60.6	119	m3	427	5	50	40	0.7

3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

5/ BESOINS EN EAU POUR L'ENTRETIEN VÉGÉTAL DES PARCS

Estimation des besoins

Pelouses : 3 hectares dont 0.5 ha sur le parc Bougainville

Arrosage de mai à septembre :

Mai	4 mm/m ² /jour = 40 m ³ /ha/jour
Juin	6 mm/m ² /jour = 60 m ³ /ha/jour
Juillet	7 mm/m ² /jour = 70 m ³ /ha/jour
Août	7 mm/m ² /jour = 70 m ³ /ha/jour
Septembre	5 mm/m ² /jour = 50 m ³ /ha/jour

En période de pointe 3 x 70 = **210 m³/jour** pour 3 ha de pelouse (soit moins de 1/20ème du débit minimal disponible)

Si potagers : 3300m² répartis sur les 2 parcs (1800m² +1500m²)

6 mm/m²/jour = 60 m³/ha/jour = **20 m³/jour**

Massifs horticoles : 0.8 ha : 0.4 ha parc amont + 0.4 ha parc Bougainville

2/3 des besoins de la pelouse :

Mai	2.6 mm/m ² /jour = 26 m ³ /ha/jour
Août	4.6 mm/m ² /jour = 46 m ³ /ha/jour

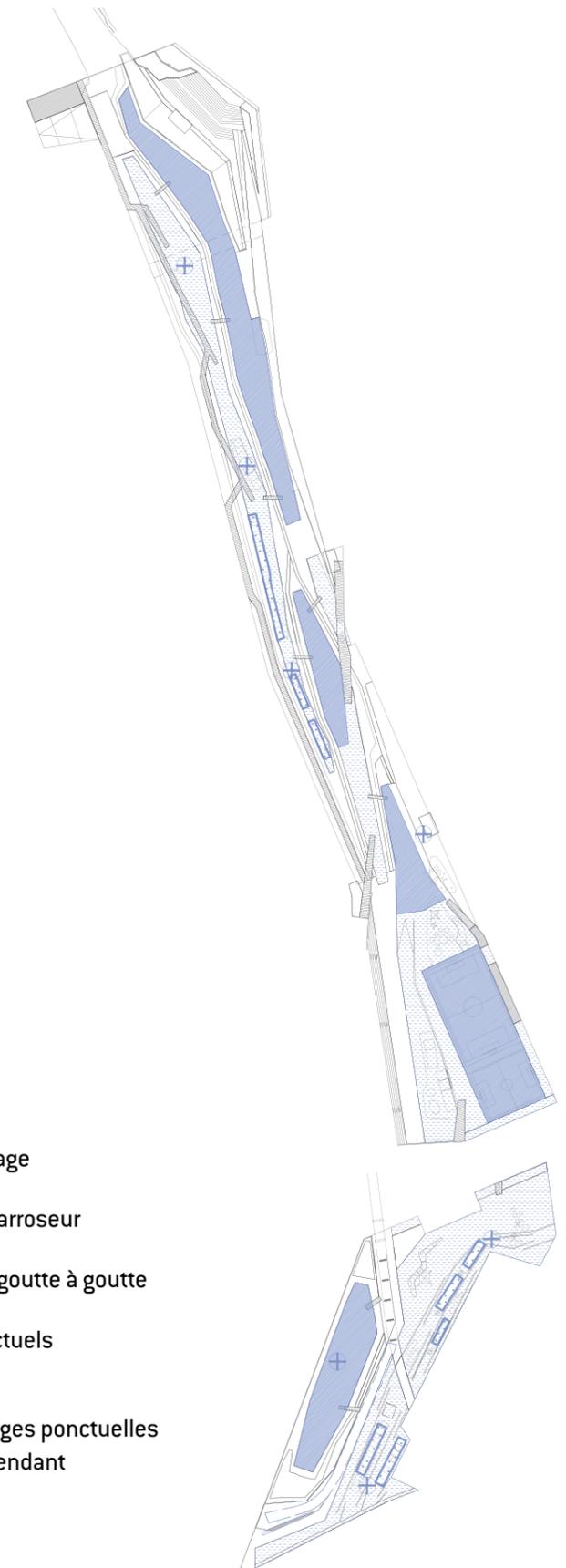
En période de pointe 0.8 x 46 = **37 m³/jour** pour 0.8 ha de pelouse

Consommation du parc en période de pointe :

270 m³/jour (parc amont : 200 m³/jour et parc aval : 70m³/jour)

On constate que même le plus petit débit du ruisseau assure largement les besoins d'arrosage du parc. La répartition nécessaire du débit d'étiage entre le nouveau lit créé dans le parc et le réseau existant pour essayer les ouvrages ne souffrira pas de la portion prise pour l'arrosage.

besoins en arrosage



25 000 m ² parc amont 5000 m ² parc Bougainville] Pelouse	■ automatique par arroseur
15% vivaces et massifs horticoles		
Jardins partagés	■ Points d'eau ponctuels	
Milieus naturels et surfaces non plantées Nettoyage, sécheresse anormale, panne ou entretien du réseau	□ Pas d'arrosage	+ Bouches d'arrosages ponctuelles sur réseau indépendant

3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

5/ BESOINS EN EAU POUR L'ENTRETIEN VÉGÉTAL DES PARCS

5.4 Bassins filtrants

5.4.1 objectif et intérêt écologique des bassins filtrants

Dans le cadre du projet, les bassins filtrants proposent deux fonctions écologiques intéressantes qui s'inscrivent dans l'objectif d'une gestion globale et durable de la ressource en eau et des écosystèmes aquatiques

- Autonomie de la ressource en eau :
L'installation de filtres plantés permet de traiter un débit limité du ruisseau des Aygalades pour irriguer le parc avec une qualité d'eau compatible à l'arrosage par aspersion et permettre ainsi son autonomie de ressource en eau. Cette autonomie permet une économie substantielle sur la consommation d'eau et n'entrave pas les ressources en eau potable de la ville. .
- Amélioration de la qualité de l'eau de la rivière : en période courante (hors crue), l'eau traitée qui n'est pas utilisée pour l'arrosage retourne au ruisseau (environ 50% sur l'année)

5.4.2 Réglementation

Il n'existe pas de réglementation concernant l'arrosage issues des eaux de rivières.

Cependant, le contact informel pris avec l'ARS des bouches du Rhône (agence régionale de la santé) incite à la prudence : leur logique sanitaire voudrait que cette eau ne soit pas utilisée pour l'arrosage par aspersion des pelouses même nocturne.

Il est ainsi proposé de traiter un débit limité du ruisseau des aygalades afin d'obtenir la qualité compatible à l'arrosage par aspersion.

5.4.3 Principe

Une succession de procédés a pour objectif d'oxygéner les eaux des bassins, de les filtrer et de les décontaminer. La filière de traitement comprendra dans l'ordre d'écoulement les étapes suivantes :

- Un premier étage de filtres à percolation verticale

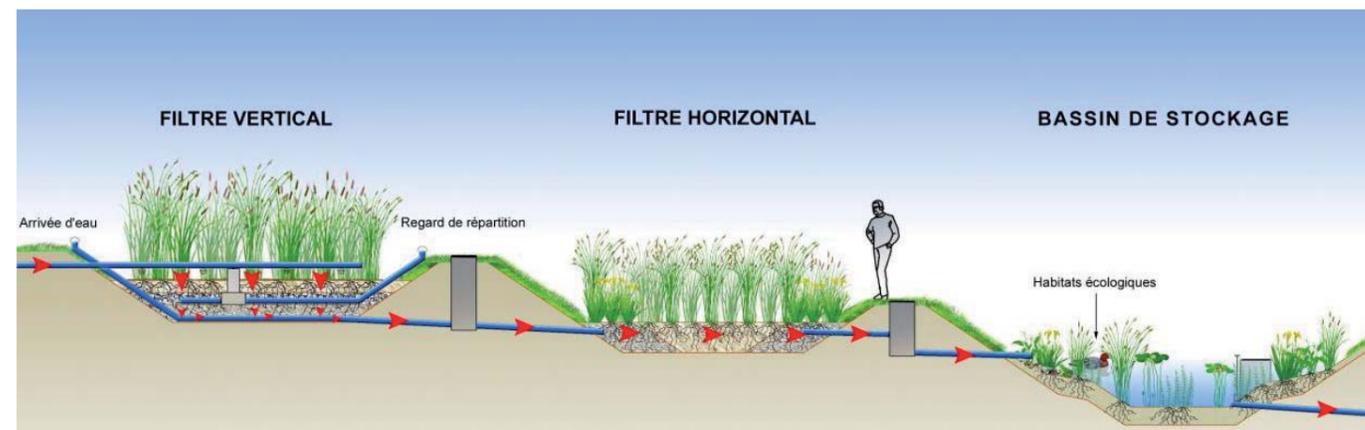
Le 1er étage est constitué de 3 filtres verticaux, alimentés en eau par le dessus. Ce sont des ouvrages étanchés d'épaisseur moyenne 0,70m Dans les filtres verticaux, les processus de dégradation des polluants sont des processus aérobies, ne générant ainsi pas de mauvaises odeurs.

Cette étape permet un abattement MES (matière en suspension) (de 90 à 99 %), un abattement des teneurs en DCO et DBO5 (de l'ordre de 90 à 95%), et une nitrification (transformation des composés azotés en ions NOx-).

Une couche superficielle de tourbe permettra si nécessaire de piéger les autres molécules polluantes présentes.

- Un deuxième étage de filtre à percolation horizontale :

Il s'agit d'un ouvrage étanché constitué de 2 filtres horizontaux qui permettent de compléter l'abattement en DCO et en DBO5, (95%) ainsi qu'une dénitrification (transformation des ions NOx en azote gazeux N2). Les filtres horizontaux



fonctionnent en anoxie, c'est-à-dire en déficit d'oxygène. L'eau parcourt le massif filtrant horizontalement.

- Un bassin de stockage :

Le bassin de stockage, réceptionne l'eau traitée qui sera utilisée pour l'arrosage

5.4.3 Dimensionnement

Hypothèses de calcul

Qualité eau de rivière niveau 3 dit médiocre (hypothèse probablement plus sévère que la réalité)

Objectif de traitement pour atteindre une qualité d'eau de baignade.

Les bassins filtrants sont dimensionnés selon deux paramètres :

- la charge de pollution à abattre
- les besoins hydriques du parc (cf paragraphe arrosage) Par soucis d'économie de réseau, les besoins en arrosage autres que les pelouses sont associés au processus de filtration (21% de la consommation du parc). Les bassins de stockage
- Leurs capacités doivent être supérieures au volume quotidien d'arrosage afin de ne pas finir à sec en fin d'arrosage. Nous préconisons à minima le double de la consommation quotidienne du parc en période de pointe

Parc amont

Surface de traitement pour irriguer 3 ha de pelouse:

Filtres verticaux : 1 200 m²

Filtres horizontaux : 800 m²

Bassin de stockage : mini 400m³ (400m² x1m)

Parc Bougainville

Surface de traitement pour irriguer 1 ha de pelouse:

Filtres verticaux : 400 m²

Filtres horizontaux : 250 m²

Bassin de stockage : mini 140m³ (m² x1,5m)

Les dimensionnements ci-dessus concernent les besoins en arrosage des parcs. Il est rappelé que l'eau traitée qui n'est pas utilisée pour l'arrosage est restituée au ruisseau (environ 50% sur l'année) et contribue à l'amélioration de sa qualité d'eau.

La surface attribuée à la phyto-restauration dans le projet du parc amont permettrait d'augmenter légèrement la capacité de traitement de l'eau de la rivière.

Tableau 5 1 : classe de qualité de l'eau des rivières SEQ-eau

	O2 dissous (mg/l)	MES (mg/l)	DCO (mg/l O2)	DBO5 (mg/l O2)	pH
Excellent	8	5	20	3	8
Bon	6	25	30	6	8.5
Médiocre	4	38	40	10	9
Hors classe	3	50	80	25	9.5

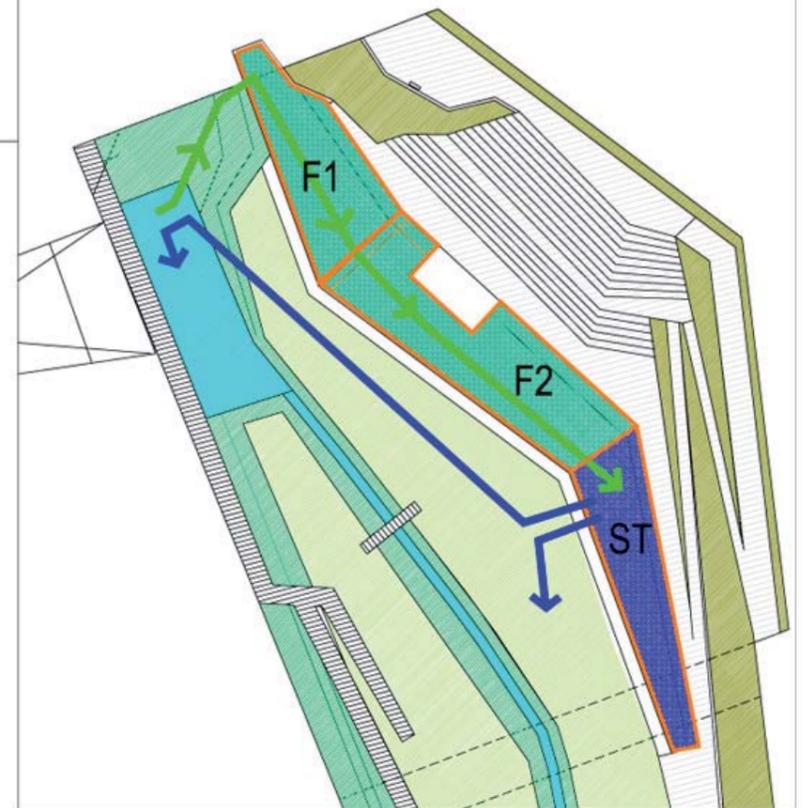
3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

5/ BESOINS EN EAU POUR L'ENTRETIEN VÉGÉTAL DES PARCS

besoins en arrosage



bassins filtrants parc amont



bassins filtrants parc Bougainville

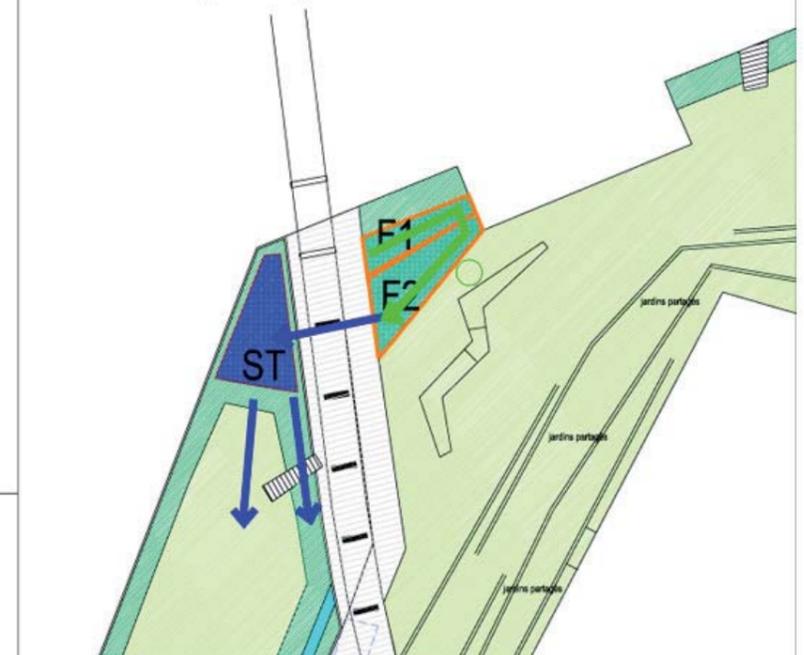
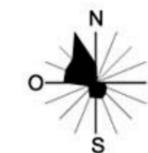
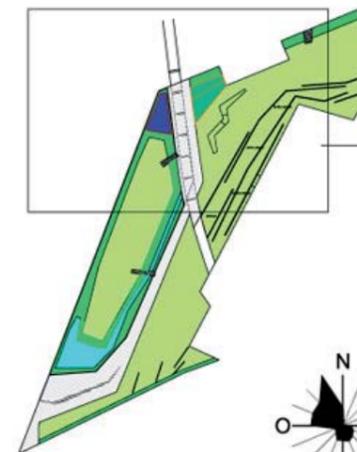


Tableau 5 2 : résultat du traitement des filtres plantés (charge abattue) après dimensionnement

Paramètre	Flux entrants (Niveau 3)	Sortie Filtres plantés
DCO (mg/l)	>100	<=20
DBO (mg/l)	>50	<=3
Oxygène dissous (mg/l)	<1.5	>=7
Oxygène saturé (%)	<=50	>=90
NH4+	>10	<1.5
NaCl	>200	<30
Turbidité	>100	<10
Température	>23	22/23



- F1 filtre vertical
- F2 filtre horizontal
- ST bassin de stockage

- pompage depuis le cours d'eau vers phyto
- vers réseau arrosage
- retour en amont du cours d'eau

3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

6/FONCTIONNEMENT, PROGRAMMATION ET COÛT DES AMÉNAGEMENTS

6.1 Fonctionnement du parc des Aygaldes

6.1.1 Accès

Parc amont :

La géographie du parc s'inspire d'une structure de rivière avec un lit principal et des bras. Les surfaces émergentes constituent l'essentiel des espaces accessibles du parc où s'installent les usages : les grandes pelouses, les jeux d'enfants, les jardins partagés.

On accède au parc en descendant, par des passerelles ou des rampes accessibles aux personnes à mobilité réduite. En effet, l'objectif d'écouler les crues à l'intérieur du parc amont sans débordements impose un parc en creux c'est à dire de niveau inférieur à ses rives.

Neuf entrées sont actuellement prévues, deux entrées du parc sont couplées à des bâtiments de fonction associant local gardien et sanitaires. La fermeture des parcs est gérée par des portails.

Les espaces publics en rive du parc sont toujours accessibles. La continuité visuelle, établie par les limites, se lit comme une extension du parc.

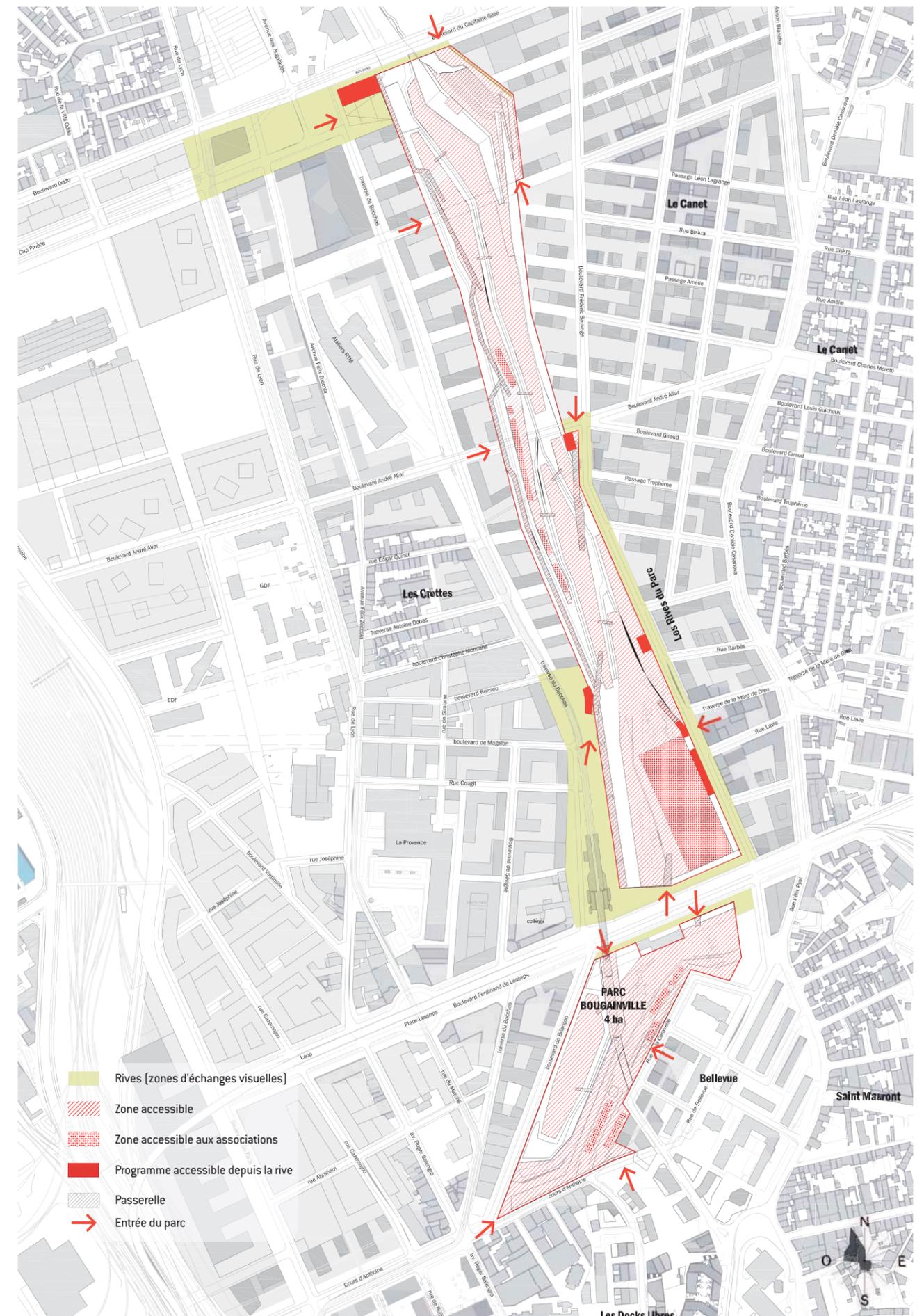
Parc Bougainville :

Le parc Bougainville est accessible dans l'ensemble à l'exception des noues plantées en rives, du bassin de filtration et du ruisseau.

Les limites du parc sur le plateau et le long de la rue caravelle sont traitées par garde-corps et mur de soutènement sur talus. L'accès au parc s'associe à un parcours de rampes qui lient les terrasses jusqu'au niveau inférieur.

Le long de Lesseps, du bvd de Briançon et du cours d'Anthoine, la limite est de type noue plantée. L'accès par traversée des noues plantées occasionne peu de dénivelé et se règle avec des passerelles et des portails.

La baignade est interdite dans chacun des deux parcs.



3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

6/FONCTIONNEMENT, PROGRAMMATION ET COÛT DES AMÉNAGEMENTS

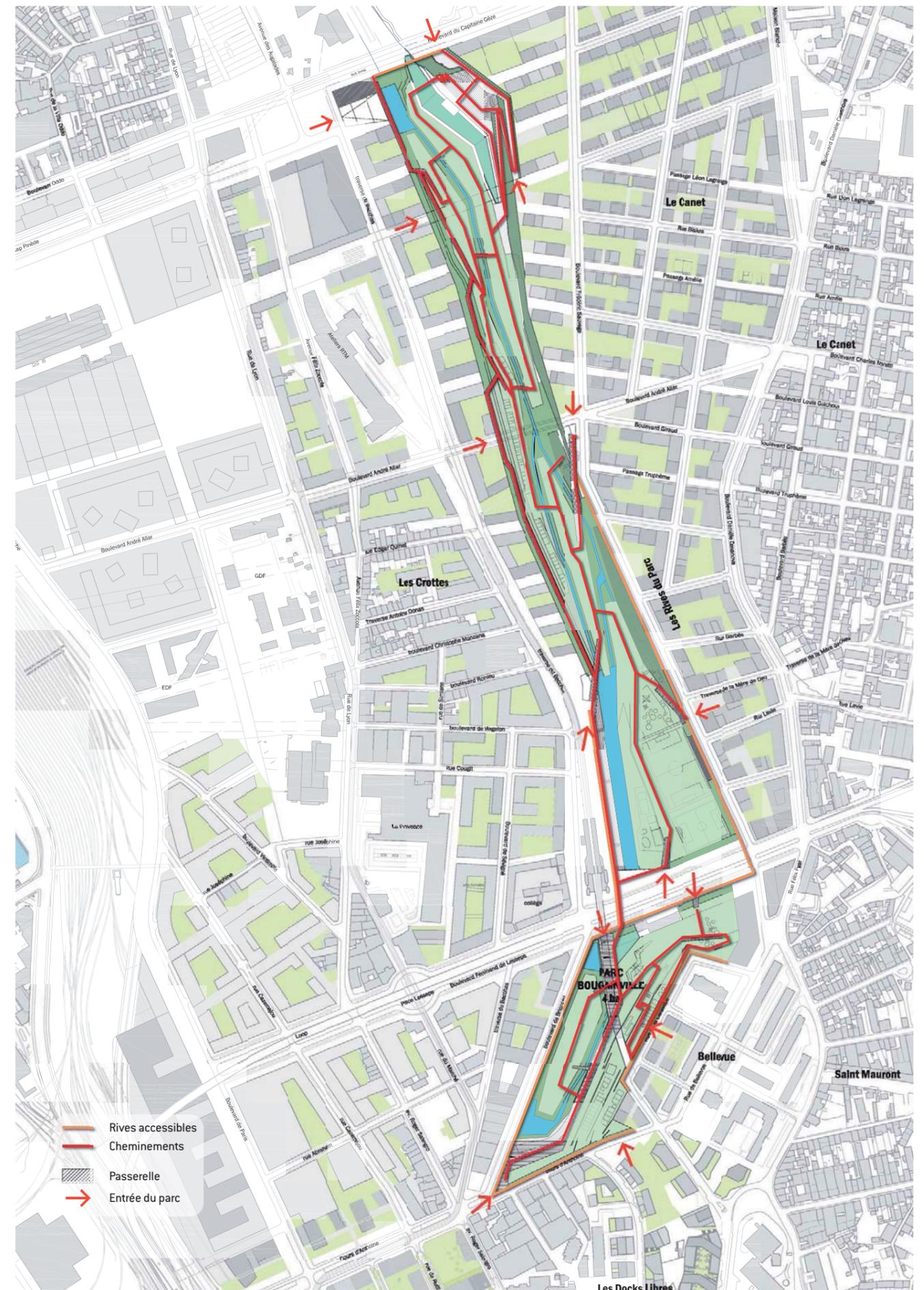
6.1.2 Parcours

Les cheminements dans le parc sont multiples, et de situation variées : le long de la berge, traversant le ruisseau, à l'ombre d'un boisement, le long d'une pelouse, proche de l'eau, dans les feuillages... et offrent des horizons changeants. La passerelle-promenade est un ouvrage sur pilotis qui parcourt le parc amont dans sa longueur de préférence au dessus du cours d'eau pour ne pas nuire aux espaces accessibles.

Une continuité piétonne nord sud est établie à l'intérieur des parcs. Elle relie le pôle Gèze et la station de métro Bougainville via la passerelle-promenade. Elle est prolongée par la promenade digue dans le parc Bougainville jusqu'aux quartiers du parc habité d'Euromed 1.



François Leclercq / Marciano Architecture / Sbriglio Architectes / Agence TER / SETEC mars 2011



3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

6/FONCTIONNEMENT, PROGRAMMATION ET COÛT DES AMÉNAGEMENTS

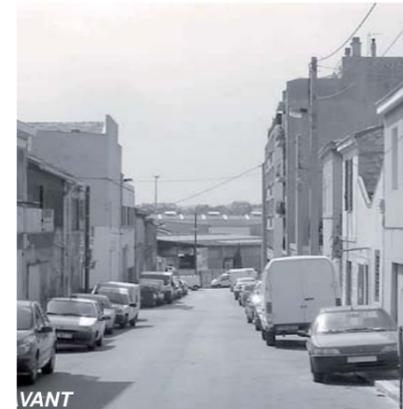
6.1.3 Les rives du parc : imbriquer la ville et le parc



Il s'agit de redéfinir la notion de rive, d'en faire une lisière et non une ligne, de constituer ainsi une épaisseur partagée entre la ville et le parc. Les rives jouent de l'ambiguïté d'appartenance.

La limite n'est pas matérialisée par une clôture (ou le moins possible) mais par des dispositifs en coupes qui offrent un rapport visuel direct. Plusieurs typologies sont proposées pour le projet où l'eau, les fossés plantés, les ruptures de niveaux figurent les limites d'accessibilité.

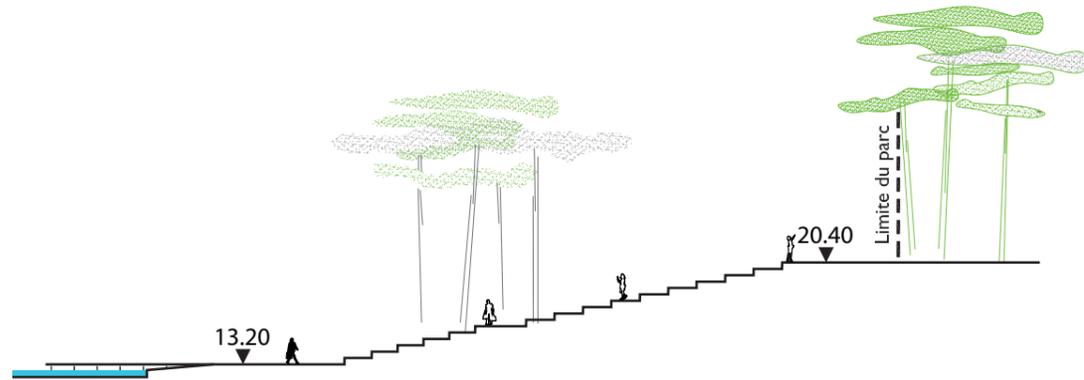
L'étirement du Canet jusqu'au parc permet les continuités physiques et visuelles en profondeur du quartier jusqu'au parc. Réciproquement la nature du parc se diffuse dans les coeurs d'îlots et accompagne les voies dans la profondeur des quartiers



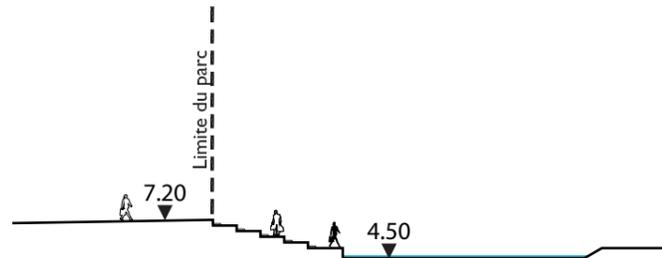
3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

6/FONCTIONNEMENT, PROGRAMMATION ET COÛT DES AMÉNAGEMENTS

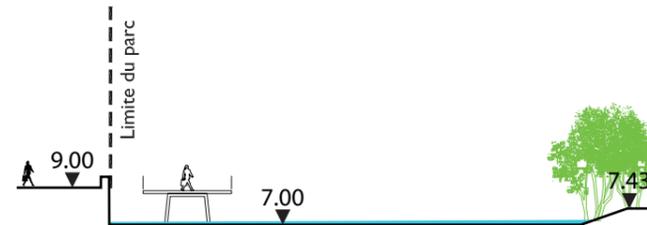
■ Gradins



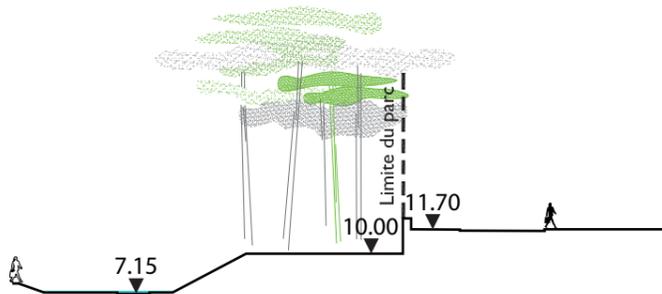
■ Emmarchements



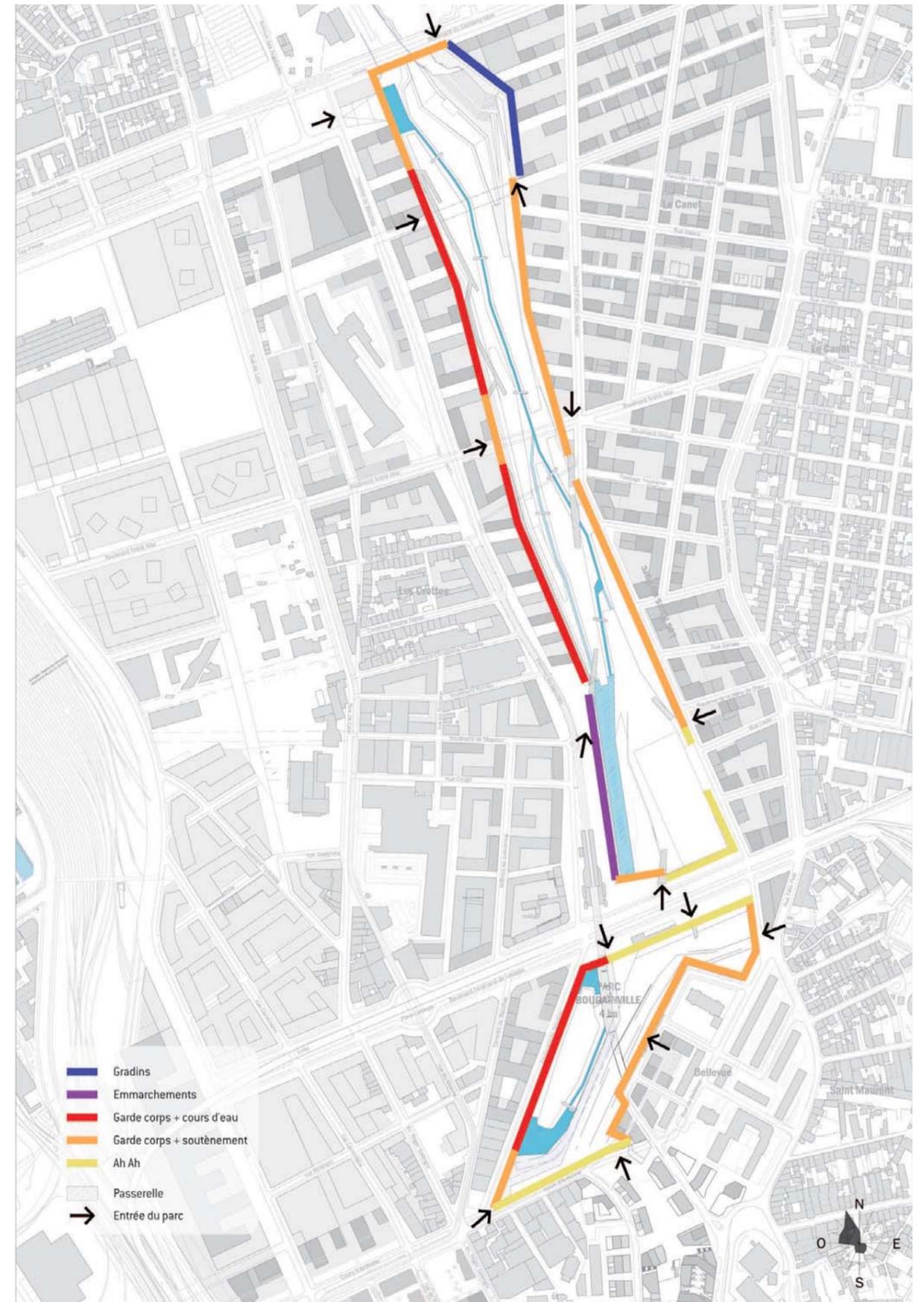
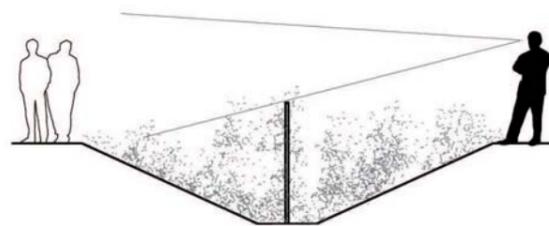
■ Garde corps + cours d'eau



■ Garde corps + soutènement



■ Ah - Ah



3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

6/FONCTIONNEMENT, PROGRAMMATION ET COÛT DES AMÉNAGEMENTS

6.2 Programmation, gestion et entretien

6.2.1 Programmation

La programmation répartit sur le parc plusieurs types d'activités pour différents publics : des espaces collectifs et polyvalents comme les grandes pelouses, des espaces dédiés au partage comme les jardins potagers, des espaces enfouis dans la nature et d'autres dégagés, ouverts à la vue et à la ville.

Des aires de jeux pour enfants sont prévues par catégories d'âge et réparties dans le parc à proximité des équipements scolaires.

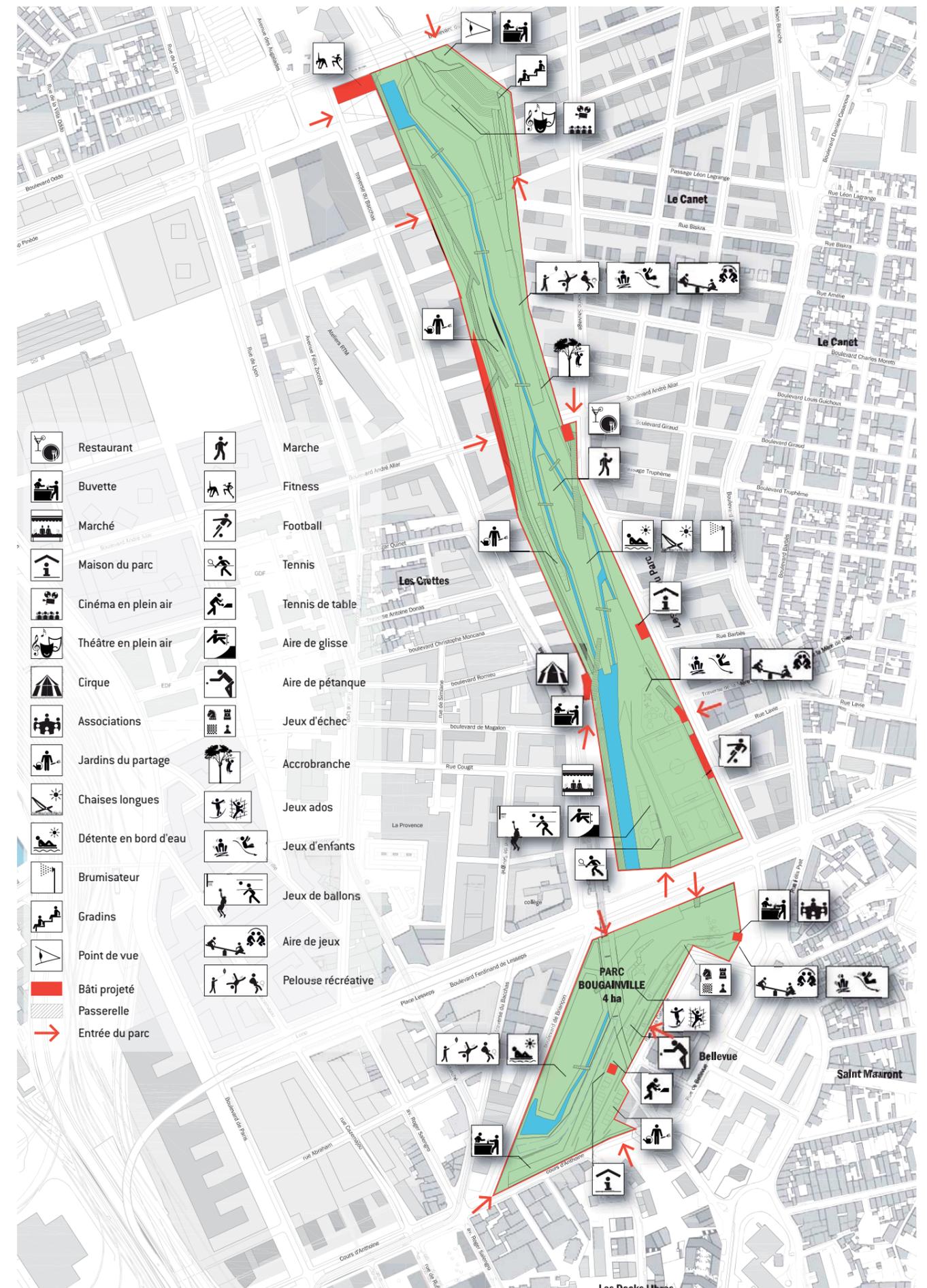
Les jardins partagés* offrent des parcelles collectives qui peuvent être attribuées aux scolaires et aux associations. L'objectif de ces jardins est de favoriser les échanges entre les générations, les classes sociales et les cultures. Les parcelles cultivées sont organisés autour d'espaces communs non clos où se trouvent les cabanes à outils, les fontaines et des tables pour les repas champêtres.

En complément de programmes fixes, il est impératif d'y apporter une programmation événementielle au travers de manifestations culturelles (concert, théâtre, danse...),

*la faisabilité programmatique des jardins potagers est soumise à la qualité des sols et sous sol



François Leclercq / Marciano Architecture / Sbriglio Architectes / Agence IER / SEIEC mars 2011



3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

6/FONCTIONNEMENT, PROGRAMMATION ET COÛT DES AMÉNAGEMENTS

6.2.2 Gestion et entretien

Une gestion écologique urbaine comme processus d'entretien du parc.
Principes généraux d'entretien

Le choix des différents milieux s'est opéré de manière à mettre en oeuvre une gestion écologique urbaine qui consiste en une différenciation des modes de gestions de façon à trouver un équilibre entre le jardin très « soigné » et le jardin naturel, et de réduire les dépenses en matière d'entretien.

La mise en oeuvre de ce concept s'inscrit dans deux types d'interventions :

- L'une lors de la conception en recréant un maximum d'habitats typiques méditerranéens, plantés donc de végétaux autochtones. Ces derniers s'associeront plus facilement aux végétaux spontanés et favoriseront la vie animale sauvage ; demandent moins d'entretien car ils sont adaptés aux conditions climatiques.
- La seconde dans une orientation des processus d'entretien consiste à assurer la pérennité des écosystèmes installés en assurant la permanence des strates arborée, arbustive et herbacée.

Les pratiques suivront les axes suivant :

- Favoriser la biodiversité en maintenant le maximum d'habitats, en limitant l'expansion des plantes les plus dynamiques au profit des plus fragiles, et en respectant le cycle naturel des végétaux et de la faune.
- Gérer la ressource en eau, en exécutant une filtration écologique des eaux d'arrosage au sein du bassin de phyto-épuration.
- Réduire les arrosages par la mise en place d'un mulch naturel qui maintiendra l'humidité aux pieds des plantations et évitera le développement des plantes indésirables (donc diminution du désherbage).
- Recycler les déchets verts : compostage des déchets des tontes des espaces engazonnés, des feuilles mortes (etc.) et épandage de cette matière organique dans des lieux le nécessitant.
- Limiter au maximum l'emploi de produits chimiques comme les pesticides et favoriser la lutte biologique intégrée, ou encore préférer les engrais organiques à chimiques.
- Maintien de friches prairiales sans apport de nutriment pour limiter leur rudéralisation, afin d'en faire des secteurs favorables à la flore et à la faune locale.

Entretien des lieux jardinés

Les jardins horticoles :

En raison de leur fonction de détente et de promenade, ces jardins doivent avoir un entretien continu et suivi.

Les opérations d'entretien comprennent :

- Le maintien d'une certaine fraîcheur par le contrôle du fonctionnement du réseau d'arrosage automatique,
- La coupe et le ramassage des fleurs fanées et des feuilles mortes au cours de l'année,
- Le renouvellement du mulch chaque année,
- La protection hivernale de certaines plantes plus sensibles au froid,
- Le désherbage manuel des plantes indésirables si nécessaire,
- Le complément de flore par semis et plantation si nécessaire,
- La taille des arbustes tous les 2/3 ans pour limiter leur expansion,
- La remontée des couronnes des petits arbres si nécessaire,
- La division des plantes vivaces et graminées tous les 3-4 ans.

Les pelouses :

Ce sont les lieux du parc demandant le plus d'opérations d'entretien à savoir :

- Tontes : 15 à 20 par an d'avril à octobre, avec des tontes plus espacées en été durant les périodes de sécheresse,
- Hauteur de tonte : 4-5 cm, des hauteurs de tontes basses engendrent une diminution de la tolérance au piétinement,
- Arrosage automatique nécessaire pour la qualité esthétique de la pelouse.
- Opérations d'entretien : défeutrage (1 fois par an en mai), fertilisation (3 à 4 fois par an voire moins si un mulching est réalisé), aération (1 fois par an en mai)
- Un mulching des surfaces qui jouera le rôle de fertilisant naturel, de protection du sol et qui limitera l'évaporation en cas de périodes chaudes.

Entretien des lieux naturels

Marais :

Les espèces proposées sont capables de se développer naturellement sans nécessité de repiquage. Il est impératif de ne pas apporter d'engrais sur cette entité, ni de pesticides. Une alimentation régulière en eau et une bonne qualité de l'eau garantira le maintien à long terme de cette entité. Pour cette raison, dans tous les lieux 'nature' liés au système hydraulique, il est préférable de préconiser un désherbage thermique ou manuel au désherbage chimique. Les plantes aquatiques choisies pour intégrer les paniers ne nécessiteront pas beaucoup de soins. Pour les espèces indigènes (renoncules, cératophylle...), Les soins hivernaux sont nuls (ces espèces passent l'hiver sous forme de bourgeons protégés par la vase).

Les opérations d'entretien du marais sont limitées et se réalisent pour l'essentiel entre septembre et janvier, sur des intervalles de temps de l'ordre des années.

Elles comprennent :

- Le maintien de la profondeur d'eau optimale pour le bon développement des plantes aquatiques (élément essentiel pour leur résistance au froid), L'élimination des feuilles mortes durant l'été mais essentiellement à l'automne,
- Le fauchage : une intervention en septembre/octobre tous les 2/3 hivers pour une zone donnée avec évacuation du foin.
- Le faucardage : une intervention en août/septembre tous les 5 étés, peut être répété plusieurs années de suite si nécessaire avec évacuation des végétaux coupés)
- L'arrachage ou la dévitalisation de quelques espèces végétales trop envahissantes (cirse des champs, ronces, saules, jussiena grandiflora ...)
- Le curage entre août et octobre tous les 10 ans (la boue liquide extraite peut servir d'amendement),
- L'élimination des algues suite à l'élévation de la température par des moyens biologiques,
- Le complément de flore par semis ou plantation.

La roselière :

Les opérations d'entretien sont ici aussi limitées et comprennent :

- Le fauchage : une intervention en fin d'hiver avec évacuation des déchets.
- Le curage en octobre tous les 10 ans, les boues extraites pouvant servir d'engrais.

La prairie fleurie :

Ce type de prairie nécessite peu d'entretien, une fauche tardive vers la mi-août avec mise en aindain puis une évacuation du foin dans les 5 jours, de manière:

- À laisser le temps aux fleurs de monter en graines et de se ressemer.
- De laisser le temps à la faune éventuelle (petits arthropodes) de s'évacuer.
- De réduire la masse du foin à exporter.

Des chemins peuvent être réalisés simplement en tondant régulièrement au même endroit.

3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

6/FONCTIONNEMENT, PROGRAMMATION ET COÛT DES AMÉNAGEMENTS

La tourbière alcaline :

Ce lieu nécessite peu d'entretien et est majoritairement concentré entre septembre et janvier :

- Le débroussaillage dont l'objectif est d'accroître la pénétration de la lumière et d'empêcher les semis naturels (entre autre bouleaux ou saules...)
- Entretien horticole : pour le repiquage d'espèces sensibles et mettre un paillage hivernale.

La chênaie pubescente/ la garrigue/ La pinède/ la ripisylve :

Les opérations d'entretien sont ici limitées. Il s'agit de tailler les arbustes tous les 3-4 ans afin de limiter leur expansion.

Arracher ou dévitaliser les espèces les plus vigoureuses afin de conserver une diversité importante d'espèces. Assurer si besoin un complément de flore par semis. En ce qui concerne l'arrosage, celui-ci n'est pas nécessaire au sein de la pinède ou de la garrigue (milieux acceptant des sécheresses prolongées). On veillera cependant à arroser en cas de grande sécheresse la chênaie pubescente qui nécessite de conserver un sol frais ainsi que la ripisylve.

Le bassin de phytoépuration :

Le bassin de phytoépuration nécessite des gestes d'entretien similaires au marais et à la roselière. Il faut tout d'abord que l'apport en eau permette de garder un niveau minimal vital aux plantes .

- Un fauchage : intervention sur les roseaux en fin d'hiver avec évacuation des déchets.
- L'élimination des feuilles mortes en été mais surtout en automne.
- L'arrachage ou la dévitalisation de quelques espèces végétales trop envahissantes.

Le chantier propre

Le chantier pourra être conçu suivant un protocole de chantier propre de façon à réduire les nuisances sur l'environnement, sur les ouvriers et les riverains.

Il pourra prendre en compte :

La maîtrise de nuisances telles que circulation et stationnements accrus, poussières et salissures, pollution visuelle et sonore ;

La maîtrise des pollutions (hydrocarbures, huiles de décoffrages, effluents liquides) pour préserver la qualité des sols et des eaux ;

La maîtrise des déchets par le tri sélectif : métaux, carton et bois non traités, déchets inertes (terres, matériaux de terrassement, pierres, plâtre, terre cuite, céramique, verre ...), déchets dangereux (peintures, bois traités, amiante, hydrocarbures), déchets banals assimilés aux ordures ménagères ;

La gestion des déchets de construction : mise en place d'une procédure qualité pour éviter les erreurs à la mise en oeuvre et à la commande, éviter le gaspillage des matériaux livrés en vrac ...

La maîtrise des déchets

La réduction du volume des déchets à traiter est une préoccupation internationale.

Pour maîtriser le volume des déchets et le coût de leur traitement, les collectivités doivent anticiper et encourager le tri sélectif, le recyclage et la valorisation énergétique.

Aussi dans le cadre de ce projet, il peut être envisagé :

- Le tri sélectif à l'ouverture du parc par la mise en place de corbeilles de propreté de tri sélectif (verre, papier et carton, autres déchets) et de deux bennes dans la zone des services espaces verts pour l'envoi dans des déchetteries appropriées,
- La collecte et le recyclage des déchets verts par la création d'une aire de compostage de 300 m² dans la zone des services espaces verts.

3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

6/FONCTIONNEMENT, PROGRAMMATION ET COÛT DES AMÉNAGEMENTS

6.3 Coût des aménagements hydrauliques

EUROMED 2 //PARC DES AYGALADES

le coût des aménagements envisagés est le suivant ; on distingue les coût des aménagements hydrauliques proprement dit des coûts d'aménagement des parcs (Prix 2010 hors taxes)

Estimation provisoire des aménagements hydrauliques février 2011

AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES	
PARC BOUGAINVILLE (4 ha) phase 1	
Aménagements hydrauliques au niveau de Lesseps pour assurer une protection centennale	totaux
Reprise du profil de route de l'avenue de Lesseps sur 170ml	385 000 €HT
Inondation par l'Aygalades ou Plombières : Captage des eaux sur 200ml en amont de Lesseps côté parc amont : ouvrage « bassin-noue » en partie enterré	1 570 000 €HT
Inondation par Plombières : Captage des eaux sur 195ml en aval de Lesseps côté parc Bougainville : ouvrage « bassin-noue » en partie ent	1 275 000 €HT
Divers et imprévus 20%	646 000 €HT
Maitrise d'œuvre et études connexes	15%
Montant estimatif des travaux (HT)	4 458 000 €
TVA 19.6%	873 768 €
Montant total TTC arrondi	5 331 000 €

AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES	
AMENAGEMENT PARC AMONT (11,5ha)	
Autres ouvrages concernant les parcs	totaux
Dévoisement du ruisseau des Lions	Pour mémoire (comptabilisé dans la rubrique réseaux)
Ouvrage de prise amont pour 2 m3/s	250 000€HT
Dégrillages et équipements pour récupération des refus pour 2 m3/s	80 000 HT
Ouvrages de restitution en chute à l'aval du parc	180 000 €HT
Vannages entre bras et sur bras pour stockage dans le parc amont et aval (10)	100 000 €HT
Divers et imprévus 20%	122 000 €HT
Maitrise d'œuvre et études connexes	15%
Montant estimatif des travaux (HT)	841 800 €
TVA 19.6%	164 993 €
Montant total TTC arrondi	1 006 793 €

6.4 Aménagements des parcs

TOTAL aménagements parc BOUGAINVILLE

EUROMED 2 //PARC DES AYGALADES

le coût des aménagements envisagés est le suivant ; on distingue les coût des aménagements hydrauliques proprement dit des coûts d'aménagement des parcs (Prix 2010 hors taxes)

Estimation provisoire des aménagements du parc des Aygalades février 2011

AMENAGEMENTS DES PARCS					
PARC BOUGAINVILLE (4 ha) phase 1					
hors ouvrages hydrauliques / hors déblais - remblais / hors dépollution	u	q	€	sous -totaux	totaux
AMENAGEMENTS					9 597 900 €
aménagement parc clos (hors terrassements généraux)	m ²	40 000	100	4 000 000 €	
Limite type 1 (soutènement 2,20m)	ml	520	1 350	702 000 €	
Limite type 3 (soutènement 2,60m)	ml	445	1 500	667 500 €	
cloture type 5 (cloture dans noue plantée)	ml	460	350	161 000 €	
portails	u	5	35 000	175 000 €	
ouvrage passerelles d'accès	m ²	300		- €	
ouvrage couverture canal	m ²	1 855	700	1 298 500 €	
Surcout berges renforcées (par génie végétal)	ml	445	200	89 000 €	
terrassements déblais	m3	27 000		PM	
terrassements remblais	m3	30 000		PM	
maison du parc bougainville (dont gardien sanitaires)	m ²	150	2 400	360 000 €	
maison des associations (dont cafétéria)	m ²	300	2 400	720 000 €	
batiments gardien sanitaire (1u)	m ²	60	2 800	168 000 €	
buvette 12m ²	u	2	60 000	120 000 €	
Bassin phyto	m²	800	180	144 000 €	
soutènement terrasses h= 1,5m	ml	375	750	281 250 €	
soutènement terrasses h= 2,3m	ml	410	1 150	471 500 €	
soutènement terrasses h= 4,5m	ml	33	2 600	85 800 €	
soutènement terrasses h= 0,75m	ml	343	450	154 350 €	
HONORAIRES MOE, OPC, SPS (16%)	%	16			
maitrise d'œuvre, OPC, bureau de contrôle, SPS...					1 535 664 €
études de sols, études géomètre ...					
ALEAS (10% aménagements + honoraires)	ù	10			1 113 356 €
TOTAL PARC BOUGAINVILLE HT					12 246 920 €
TVA 19,6%					2 400 396 €
Montant total TTC					14 647 317 €

DEPOLLUTION PARC BOUGAINVILLE Phase 1 (ilot 4.7)	
ilot 4.7 Euros HT	1 150 590,00 €
TOTAL PARC BOUGAINVILLE HT (estimation août 2010-données bibliographiques)	1 150 590 €
sous total Euros HT	1 150 590 €
ALEAS (10% aménagements + honoraires) 20% en tout	230 118 €
sous total Euros HT	1 380 708 €
MOE (10%)	138 071 €
TOTAL PARC BOUGAINVILLE HT	1 518 779 €
TVA 19,6%	297 681 €
Montant Total TTC	1 816 459 €

3 GESTION DE L'EAU DANS LE PARC

6/FONCTIONNEMENT, PROGRAMMATION ET COÛT DES AMÉNAGEMENTS

6.4 Aménagements des parcs suite ...

TOTAL aménagements parc AMONT

AMENAGEMENTS DES PARCS					
AMENAGEMENT PARC AMONT (11,5ha) phase 2					
hors ouvrages hydrauliques / hors déblais - remblais / hors dépollution	u	q	€	sous -totaux	totaux
1-AMENAGEMENTS					22 256 200 €
aménagement parc clos (hors terrassements généraux)	m²	115 000	100	11 500 000 €	
Limite type 1 (soutènement 2,20m+ garde-corps)	ml	1 595	1 350	2 153 250 €	
limite type 3 (emmarchements)	ml marches	1 440	600	864 000 €	
limite type 4 (cloture simple)	ml	535	350	187 250 €	
limite type 5 (cloture dans noue plantée)	ml	110	350	38 500 €	
portails	u	10	35 000	350 000 €	
ouvrage passerelles d'accès	m2	2 396	450	1 078 200 €	
ouvrage gradins nord	ml gradins	2 000	600	1 200 000 €	
ouvrage passerelle ouest (L moyen 5m)	ml	910	1 600	1 456 000 €	
ouvrage soutènement phyt	ml	270	800	216 000 €	
Talus de soutènement (h moyen = 4m)	ml	420	1 000	420 000 €	
Surcout berges renforcées (par génie végétal)	ml	3 000	200	600 000 €	
Bassin phyto	m²	2 400	180	432 000 €	
terrassements déblais	m3	300 000	PM		
centre sportif (2000m² shon)	u	1	PM		
restaurant (environ 50 couverts)	m²	250	2 500	625 000 €	
maison du parc amont (dont gardien sanitaire)	m²	300	2 200	660 000 €	
batiments gardien sanitaire (2u)	m²	120	2 800	336 000 €	
buvette 12m²	u	4	35 000	140 000 €	
HONORAIRES MOE, OPC, SPS (16%)					3 560 992 €
maitrise d'œuvre, OPC, bureau de contrôle, SPS... études de sols, études géomètre ...					
ALEAS (10% aménagements + honoraires)					2 581 719 €
TOTAL PARC AMONT HT					28 398 911 €
TVA 19,6%					5 566 187 €
Montant total TTC					33 965 098 €

DEPOLLUTION PARC AMONT Phase 2 (ilot 4.5 & 4.6)	
ilot 4.5 Euros HT	8 190 548,00 €
ilot 4.6	31 055 587,00 €
sous total Euros HT	39 246 135,00 €
ALEAS (10% aménagements + honoraires) 20% en tout : aléas et honoraires	7 849 227,00 €
sous total Euros HT	47 095 362,00 €
MOE (10%)	4 709 536,20 €
TOTAL PARC AMONT HT (estimation août 2010-données bibliographiques)	51 804 898 €
TVA 19,6%	10 153 760 €
Montant Total TCC	61 958 658 €

aménagement plate-forme de traitement	
acquisition foncière, aménagements de la plate-forme	500 000 €
dossier de demande d'autorisation ICPE	150 000 €
études préalables : géotechnique, décontamination de la plate-forme, assainissement pluvial et étude de confinement du site	250 000 €
Total Euros HT	900 000 €
TVA 19.6 %	176 400 €
total Euros HT	1 076 400 €
soit 2% du montant de la dépollution, avec une économie envisageable de -25% sur 50% de la distribution des terres contaminées à traiter, soit 12% d'économie	

TOTAL aménagements parcs

AMENAGEMENTS DES PARCS	
PARC AMONT + PARC BOUGAINVILLE (15,5 ha)	
TOTAL HT	40 645 832 €
TOTAL TVA 19,6%	7 966 583 €
TOTAL TTC	48 612 415 €

TOTAL aménagements + aménagements hydrauliques parcs

TOTAL Estimation provisoire des aménagements hydrauliques et paysagés du parc des Aygalades février 2011

AMENAGEMENTS ET HYDRAULIQUES DES PARCS (TOTAL GENERAL)	
PARC BOUGAINVILLE (4 ha) phase 1	
TOTAL HT	16 704 920 €
TOTAL TVA 19,6%	3 274 164 €
TOTAL TTC	19 979 085 €
AMENAGEMENTS ET HYDRAULIQUES PARC AMONT (11,5ha) phase 2	
TOTAL HT	29 240 711 €
TOTAL TVA 19,6%	5 731 179 €
TOTAL TTC	34 971 891 €
AMENAGEMENTS ET HYDRAULIQUES PARC AMONT + PARC BOUGAINVILLE (15,5 ha)	
TOTAL HT	45 945 632 €
TOTAL TVA 19,6%	9 005 344 €
TOTAL TTC	54 950 975 €

ESTIMATION DES COÛTS DE FONCTIONNEMENT ANNUEL	parc	amont	bougainville	
animation				370 000 €
communication (site internet)			110 000	
accueil et gestion des animations permanentes			130 000	
manifestations événementielles			130 000	
entretien				360 000 €
fonctionnement : <i>jardiniers et personnel</i>		240 000	80 000 €	
<i>d'entretien (6 et 4 personnes)</i>				
investissement : <i>entretien, remplacement de matériaux</i>		30 000	10 000 €	
<i>et des plantations</i>				
sécurité				320 000 €
10 gardiens (6 et 4)		240 000	80 000 €	
sécurité par rapport aux crues dans estim hydraulique			PM	
TOTAL ESTIMATION FONCTIONNEMENT ANNUEL HT				1 050 000 €
TOTAL TVA 19,6%				205 800 €
TOTAL ESTIMATION FONCTIONNEMENT ANNUEL TVA				1 255 800 €

4 Gestion des eaux pluviales

1 Grands principes	p82	3 La rétention à la parcelle : les différentes techniques à explorer au cas par cas	p92
2 Rétention des eaux pluviales	p83	3.1 Techniques à l'échelle de la parcelle	
2.1 Définition des secteurs d'apport		3.2 Techniques à l'échelle de plusieurs parcelles ou d'un pâté de maisons	
2.2 Hypothèses de calcul		3.2.1 Les tranchées drainantes	
2.2.1 Coefficient d'imperméabilisation		3.2.2 Les tranchées d'infiltration ou absorbantes	
2.2.2 Coefficients de Montana (Courbe Intensité-Durée-Fréquence des pluies)		3.2.3 Les noues	
2.2.3 Débit de fuite		3.2.4 Les chaussées poreuses	
2.3 Débits d'apports en situation future		3.2.5 Les structures alvéolaires	
2.4 Calcul des volumes de rétention		3.2.6 Les bassins de stockage	
2.5 Optimisation des volumes à stocker		4 Dimensionnement du réseau d'assainissement futur	p97
2.5.1 Capacité de stockage sur les espaces publics (hors parcs)		4.1 Fonctionnement actuel du réseau	
2.5.2 Utilisation des ouvrages de collecte existants		4.2 Réseau en situation future	
2.5.3 Mise en place de toits stockants		4.2.1 Principe général	
2.5.4 Rétention dans les parcs		4.2.2 Plan des réseaux futurs	
2.6 Synthèse		4.2.3 Phasage	
		4.2.4 Capacité des réseaux conservés	
		4.2.5 Dimensionnement des tronçons neufs	
		5 Estimation des coûts de travaux des réseaux EP/EU	p102

4 GESTION DES EAUX PLUVIALES

1/GRANDS PRINCIPES

Le parti pris de gestion de l'assainissement pluvial de l'ensemble du secteur est **la mise en séparatif** des eaux usées et des eaux pluviales.

Ce principe est d'abord guidé par la volonté de pouvoir utiliser certains espaces publics en surface pour stocker l'eau de pluie provisoirement en cas de forts orages (période de retour supérieure à 10 ans) sans polluer la ville.

De manière subséquente, la mise en séparatif du secteur Euromed II sur la partie ouest des voies ferrées du Cannet permettra également de limiter aux strictes eaux usées futures les apports à la station de relevage existante aval qui est aujourd'hui surchargée (aujourd'hui, délestage des eaux usées dans le ruisseau des Aygalades à chaque petite pluie).

En l'absence de données sur les équipements de la station de pompage d'Arenc on estime que les apports supplémentaires d'eaux usées générés par l'extension et raccordés à la station seront inférieurs aux apports d'eaux pluviales actuels qui pourront être déconnectés de la station.

Le secteur est en aval d'un bassin versant majoritairement séparatif, la mise en séparatif de ce secteur paraît donc logique.

La gestion des eaux pluviales sur l'opération suivra la **règle de limitation imposée par la ville de Marseille** en la matière, à savoir :

« Pour les aménagements connectés sur un réseau pluvial aboutissant à un cours d'eau ou à la mer, le débit de rejet autorisé sera le débit décennal originel, sous réserve que le réseau puisse l'accepter. C'est en fonction de ce dernier que sera calculé le volume de rétention nécessaire. La qualité des eaux pluviales rejetées devra satisfaire, jusqu'à la pluie biennale, aux normes suivantes : MES <30mg/l, DCO<25mg/l, hydrocarbures<5mg/l. »

Ce chapitre traite plus spécifiquement des apports de temps de pluie et la gestion du contrôle des débits d'orage.

4 GESTION DES EAUX PLUVIALES

2/RÉTENTION DES EAUX PLUVIALES

2.1 Définition des secteurs d'apport

En première approche l'unité de calcul est le « secteur ». Les 29 secteurs du projet représentés sur la carte ci-contre sont regroupés en « grands secteurs ». Leurs caractéristiques sont données dans le tableau ci-dessous :

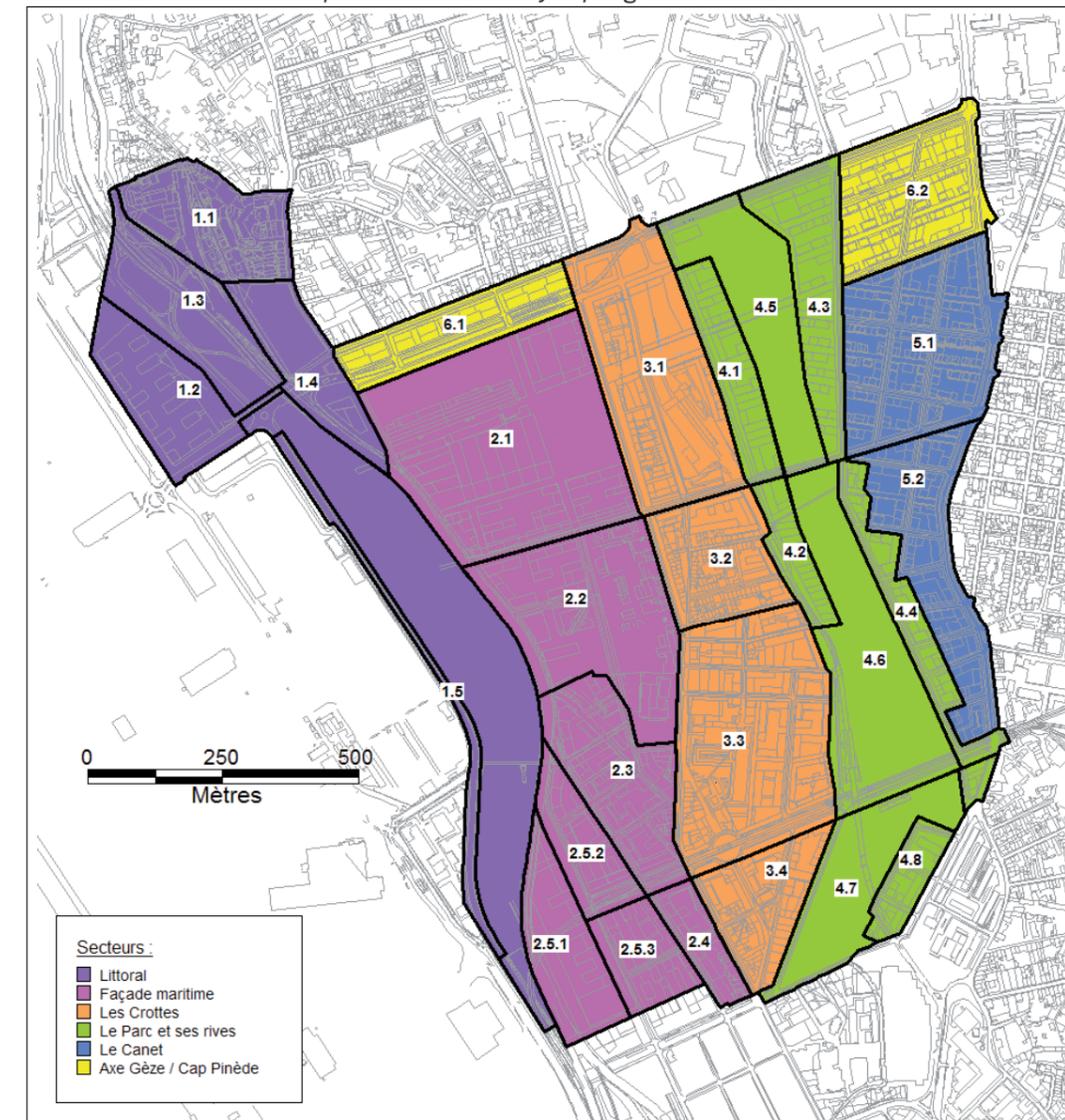
Grand secteur	N°	Secteur	Surface bâtie (m²)	Surface espaces verts (m²)	Surfaces autres (m²)	Coefficient d'imperméabilisation futur	Coefficient d'imperméabilisation actuel	Surface totale (m²)
Littoral	1 1	Panzani	29 694	9 682	9 682	0.68	0.70	49 058
	1 2	Echangeur	33 966	7 146	7 146	0.74	0.73	47 621
	1 3	Triage Arenc	137 974	25 608	25 608	0.75	0.73	186 073
	1 4	Place haute	10 274	14 334	14 334	0.50	0.73	35 382
	1 5	Blvd	15 379	1 922	1 922	0.79	0.61	24 890
Sous-total								343 024
Façade maritime	2 1	Ilot XXL	72 935	40 384	40 384	0.61	0.72	153 704
	2 2	EDF-GDF	53 571	20 895	20 895	0.66	0.69	95 360
	2 3	Cazemajou nord	21 447	18 982	18 982	0.55	0.79	59 411
	2 4	Cazemajou sud	8 342	4 833	4 833	0.60	0.85	18 009
	2 5.1	Sogaris	28 905	6 511	6 511	0.73	0.78	41 928
	2 5.2	Sogaris	7 877	10 634	10 634	0.50	0.78	29 144
	2 5.3	Sogaris	11 227	7 559	7 559	0.58	0.77	26 345
Sous-total								423 901
Les Crottes	3 1	Pôle multimodal	36 719	32 985	32 985	0.55	0.74	102 688
	3 2	Allar sud	25 527	11 116	11 116	0.64	0.82	47 758
	3 3	La Provence	59 126	31 361	31 361	0.62	0.80	121 847
	3 4	Lesseps sud	17 750	11 098	11 098	0.59	0.82	39 945
Sous-total								312 238
Parc et rives	4 1	Rives ouest nord	10 775	10 665	10 665	0.53	0.70	32 106
	4 2	Rives ouest sud	5 329	6 353	6 353	0.51	0.80	18 036
	4 3	Rives est nord	13 574	18 520	18 520	0.50	0.73	50 613
	4 4	Rives est sud	7 399	11 805	11 805	0.48	0.74	31 008
	4 5	Parc Gèze	0	60 698	0	0.20	0.80	60 698
	4 6	Parc Allar	0	90 224	0	0.20	0.77	90 224
	4 7	Parc Bougainville	0	52 775	0	0.20	0.75	52 775
	4 8	Rives Bellevue	8 570	6 302	6 302	0.57	0.77	21 173
Sous-total								356 633
Le Canet	5 1	Canet nord	34 106	29 585	29 585	0.55	0.74	93 276
	5 2	Canet sud	21 340	21 534	21 534	0.53	0.77	64 409
Sous-total								157 685
Axe Gèze	6 1	Cap Pinède	13 215	14 601	14 601	0.52	0.74	42 416
	6 2	Capitaine Gèze	23 000	21 015	21 015	0.54	0.76	65 029
Sous-total								107 445
Total								170.09 ha

Tableau 2 1 : Découpage en secteurs de l'extension EUROMED

La moyenne du coefficient d'imperméabilisation par grand secteur en situation actuelle et future est donnée dans le tableau ci-dessous :

Grand secteur	Coefficient d'imperméabilisation futur	Coefficient d'imperméabilisation actuel
Littoral	0.71	0.72
Façade maritime	0.62	0.74
Les Crottes	0.60	0.79
Parc et rives	0.33	0.76
Le Canet	0.54	0.75
Axe Gèze	0.54	0.75

Tableau 2 2 : Coefficient d'imperméabilisation moyen par grands secteurs



4 GESTION DES EAUX PLUVIALES

2/RÉTENTION DES EAUX PLUVIALES

2.2 Hypothèses de calcul

2.2.1 Coefficient d'imperméabilisation

Le coefficient d'imperméabilisation futur est calculé sur chaque secteur de la façon suivante :

$$C_{imp} = \frac{S_{batie} * 0,9 + S_{espaces\ verts} * 0,2 + S_{autres} * 0,5}{S_{totale}}$$

On connaît dans la situation future la surface bâtie par secteur on suppose donc que :

$$S_{espaces\ verts} = 50\% * (S_{totale} - S_{batie})$$

$$S_{autres} = 50\% * (S_{totale} - S_{batie})$$

Le coefficient d'imperméabilisation en situation actuelle est calculé sur chaque secteur de la façon suivante :

$$C_{imp} = \frac{S_{batie} * 0,9 + S_{voiries} * 1 + S_{voies\ ferrées} * 0,9 + S_{autres} * 0,6}{S_{totale}}$$

Les surfaces S_{batie} , $S_{voiries}$, $S_{voies\ ferrées}$ sont estimées à partir des plans de la situation actuelle.

$$S_{autres} = S_{totale} - (S_{batie} + S_{voiries} + S_{voies\ ferrées})$$

On prendra par la suite un coefficient de ruissellement égal au coefficient d'imperméabilisation.

2.2.2 Coefficients de Montana (Courbe Intensité-Durée-Fréquence des pluies)

On peut utiliser soit les coefficients de Montana de la région 3 (Instruction Technique relative aux réseaux d'assainissement de 1977) soit les coefficients de Montana de la station MétéoFrance de Marseille (Marignane, statistiques sur la période 1963 - 2007) ; **comme le recommande MPM on retiendra préférentiellement les coefficients de l'IT77 qui induisent une marge de sécurité supplémentaire sur les volumes.**

Montana Région 3	Durée de la pluie			
	<2 heures		>2heures	
Retour	a	b	a	b
1 an	3.800	0.530		
2 ans	5.000	0.540		
5 ans	5.900	0.510		
10 ans	6.100	0.440	27.500	0.760

Montana Marseille	Durée de la pluie			
	<2 heures		>2heures	
Retour	a	b	a	b
5 ans	4.261	0.486	11.151	0.714
10 ans	4.874	0.470	15.070	0.728
20 ans	5.386	0.452	19.849	0.740
30 ans	5.705	0.444	23.120	0.747
50 ans	6.054	0.432	27.764	0.755
100 ans	6.467	0.415	35.412	0.766

Tableau 2 3 : Coefficients de Montana Région 3 et Marignane

2.2.3 Débit de fuite

La règle de limitation de la ville de Marseille impose un débit de fuite de chaque secteur égal au débit naturel décennal originel du secteur.

Dans notre cas, le débit naturel originel est calculé comme le débit à l'exutoire du secteur qui aurait un coefficient de ruissellement de 10%, pour une pluie de période de retour 10 ans et de durée 15 minutes, durée caractéristique représentative du temps de réponse des bassins versants du secteur Euromed II.

$$Q_{naturel\ 10\ ans} = Surface_{secteur} * 0,1 * i(15min)$$

$$i(15min) = a * t^{-b}$$

Avec :

$i(15min)$ = intensité de la pluie de période de retour 10 ans et de durée 15 minutes, soit **111mm/h**

a et b = coefficients de Montana de la région 3 pour la période de retour 10 ans.

t = 15 minutes.

Le débit de fuite de chaque secteur est indiqué dans le tableau suivant ; le débit spécifique de fuite ressort suivant cette approche à **31l/s/ha** :

Grand secteur	N°	Secteur	Débit de fuite (m³/s)	Débit de fuite (l/s/ha)
Littoral	1 1	Panzani	0.151	31
	1 2	Echangeur	0.149	31
	1 3	Triage Arenc	0.584	31
	1 4	Place haute	0.12	31
	1 5	Blvd	0.059	31
Façade maritime	2 1	Ilot XXL	0.475	31
	2 2	EDF-GDF	0.294	31
	2 3	Cazemajou nord	0.183	31
	2 4	Cazemajou sud	0.056	31
	2 5.1	Sogaris	0.129	31
	2 5.2	Sogaris	0.09	31
Les Crottes	2 5.3	Sogaris	0.081	31
	3 1	Pôle multimodal	0.317	31
	3 2	Allar sud	0.147	31
	3 3	La Provence	0.376	31
Parc et rives	3 4	Lesseps sud	0.123	31
	4 1	Rives ouest nord	0.099	31
	4 2	Rives ouest sud	0.056	31
	4 3	Rives est nord	0.156	31
	4 4	Rives est sud	0.096	31
	4 5	Parc Gèze	-	-
	4 6	Parc Allar	-	-
	4 7	Parc Bougainville	-	-
Le Canet	4 8	Rives Bellevue	0.065	31
	5 1	Canet nord	0.288	31
Axe Gèze	5 2	Canet sud	0.199	31
	6 1	Cap Pinède	0.131	31
	6 2	Capitaine Gèze	0.201	31

Tableau 2 4 : Débit de fuite des secteurs

4 GESTION DES EAUX PLUVIALES

2/RÉTENTION DES EAUX PLUVIALES

2.3 Débits d'apports en situation future

En première approche, on suppose pour calculer les débits d'apport en situation future, que pour chaque période de retour on a un évènement de durée 15 minutes.

La formule de calcul de débit utilisée est la suivante :

$$Q_T = \text{Surface}_{\text{secteur}} * C_{\text{imp futur}} * i_T(15\text{min})$$

$$i_T(15\text{min}) = a_T * t^{-b_T}$$

Avec :

$C_{\text{imp futur}}$ = coefficient d'imperméabilisation du secteur en situation future.

$i(15\text{min})$ = intensité de la pluie de période de retour T et de durée 15 minutes.

a_T et b_T = coefficients de Montana de la région 3 pour la période de retour T.

t = 15 minutes.

Les coefficients de Montana IT77 de la région 3 permettent de calculer les débits de période de retour 1 à 10 ans. Pour évaluer les débits de période de retour supérieure on utilise les coefficients de Montana de Marseille, en effet les débits de périodes de retour différentes sont reliés par la formule :

$$Q_T = \frac{i_T}{i_{10 \text{ ans}}} * Q_{10 \text{ ans}} = \alpha_T * Q_{10 \text{ ans}}$$

Avec T période de retour comprise entre 20 et 100 ans et α_T rapport des intensités calculées avec les coefficients de Montana de Marseille.

On calcule donc α_T pour 20 et 100 ans et on calcule ensuite les débits d'apport de période de retour 20 et 100 ans de la façon suivante :

$$Q_T = \alpha_T(\text{Marseille}) * Q_{10 \text{ ans}}(\text{Région 3})$$

Tous les débits d'apport des secteurs sont donnés dans le tableau ci-contre :

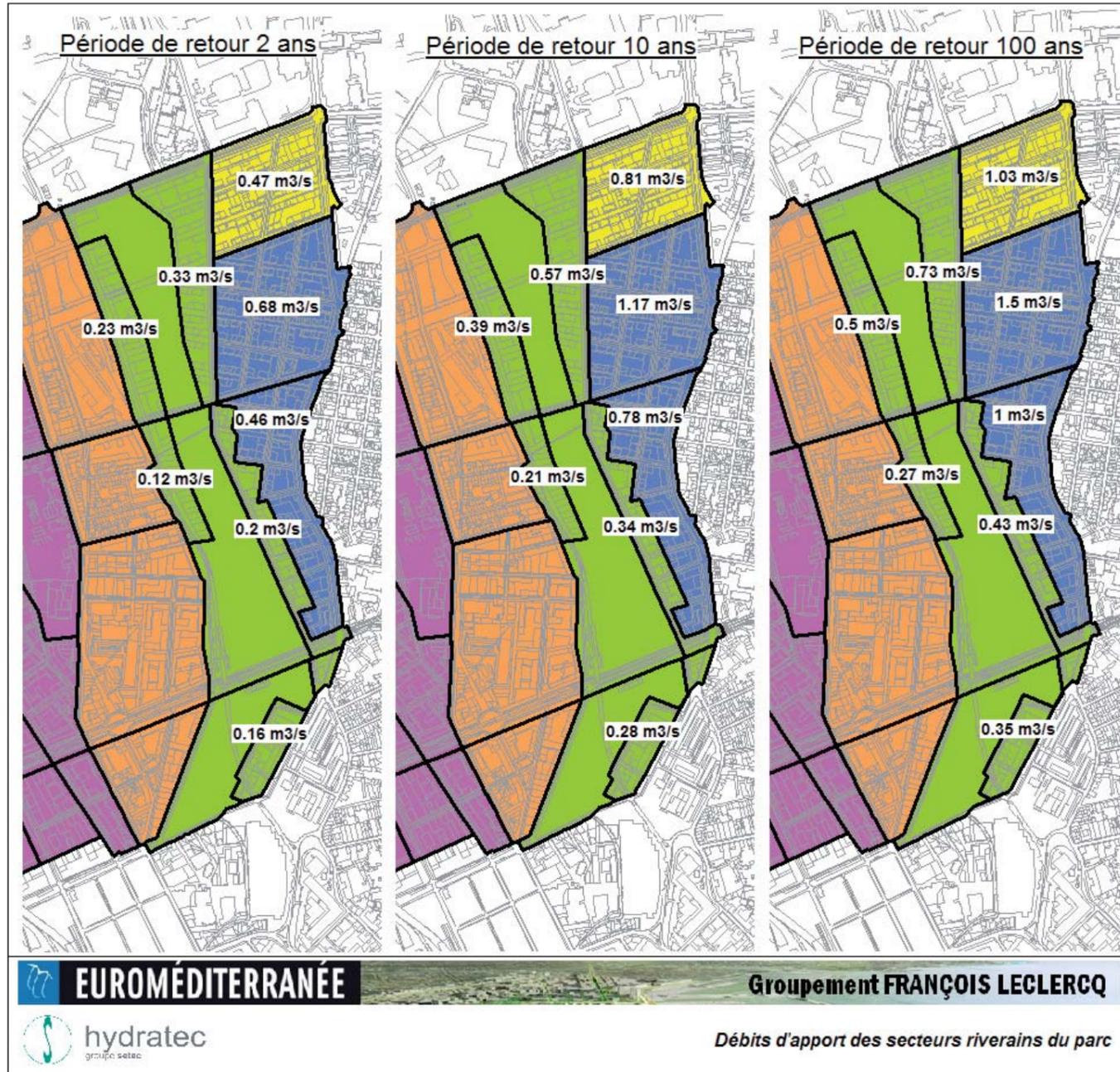
Grand secteur	N°		Secteur	Débit (m³/s)					
				1 an	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	100 ans
Littoral	1	1	Panzani	0.505	0.647	0.828	1.035	1.200	1.593
	1	2	Echangeur	0.536	0.687	0.879	1.099	1.275	1.692
	1	3	Triage Arenc	2.142	2.744	3.512	4.388	5.092	6.758
	1	4	Place haute	0.291	0.372	0.476	0.595	0.691	0.917
	1	5	Blvd	0.229	0.293	0.375	0.469	0.544	0.722
Façade maritime	2	1	Ilot XXL	1.416	1.813	2.321	2.900	3.365	4.466
	2	2	EDF-GDF	0.947	1.213	1.553	1.941	2.252	2.988
	2	3	Cazemajou nord	0.491	0.629	0.805	1.006	1.168	1.550
	2	4	Cazemajou sud	0.164	0.210	0.269	0.336	0.390	0.518
	2	5.1	Sogaris	0.461	0.590	0.755	0.944	1.095	1.454
	2	5.2	Sogaris	0.219	0.281	0.359	0.449	0.521	0.691
	2	5.3	Sogaris	0.232	0.297	0.380	0.475	0.552	0.732
Les Crottes	3	1	Pôle multimodal	0.846	1.084	1.387	1.734	2.011	2.670
	3	2	Allar sud	0.464	0.594	0.760	0.950	1.102	1.463
	3	3	La Provence	1.133	1.451	1.857	2.321	2.693	3.575
	3	4	Lesseps sud	0.358	0.458	0.587	0.733	0.851	1.129
Parc et rives	4	1	Rives ouest nord	0.259	0.331	0.424	0.530	0.615	0.816
	4	2	Rives ouest sud	0.139	0.178	0.228	0.285	0.331	0.440
	4	3	Rives est nord	0.380	0.486	0.622	0.778	0.902	1.197
	4	4	Rives est sud	0.225	0.288	0.369	0.461	0.535	0.710
	4	5	Parc Gèze	0.183	0.234	0.300	0.375	0.435	0.577
	4	6	Parc Allar	0.272	0.348	0.446	0.557	0.647	0.858
	4	7	Parc Bougainville	0.159	0.204	0.261	0.326	0.378	0.502
	4	8	Rives Bellevue	0.183	0.234	0.300	0.374	0.434	0.577
Le Canet	5	1	Canet nord	0.775	0.993	1.270	1.587	1.842	2.445
	5	2	Canet sud	0.517	0.662	0.847	1.059	1.228	1.630
Axe Gèze	6	1	Cap Pinède	0.333	0.427	0.546	0.683	0.792	1.052
	6	2	Capitaine Gèze	0.534	0.684	0.875	1.094	1.269	1.684

Tableau 2 5 : Débit des secteurs en situation future - retour 10 ans durée 15 minutes

4 GESTION DES EAUX PLUVIALES

2/RÉTENTION DES EAUX PLUVIALES

La carte suivante indique plus spécifiquement les débits d'apport pour les zones drainées vers les parcs des qui alimenteront par temps de pluie les différents bras du ruisseau remis à ciel ouvert. Pour ce calcul l'hypothèse est celle d'une pluie de durée 30 minutes (débits de pointe moins fort que pour une durée de 15 minutes mais volume plus important).



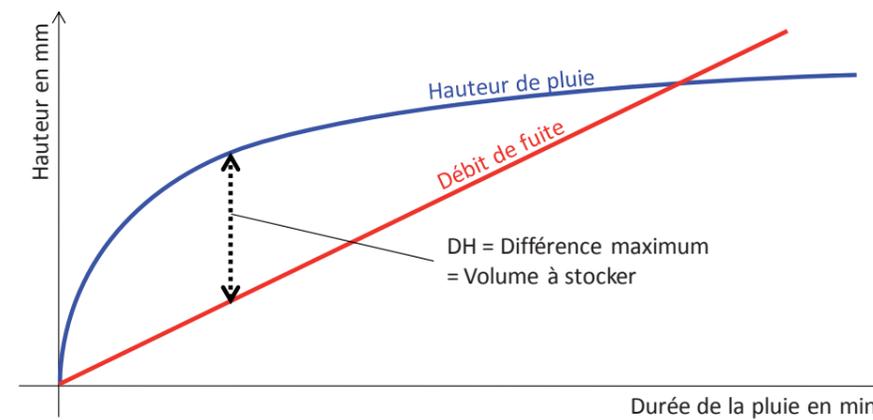
2.4 Calcul des volumes de rétention

On utilise la méthode des pluies. Le volume à stocker est calculé graphiquement et indépendamment de la durée de l'évènement pluvieux.

Il s'agit :

1. De tracer pour la période de retour 10 ans la courbe des hauteurs d'eau cumulée en fonction des durées des évènements pluvieux,
2. De tracer la courbe de la hauteur d'eau du débit de fuite rapportée à la surface du bassin versant (le débit de fuite est considéré comme constant),
3. De calculer différence maximale entre la courbe des hauteurs d'eau cumulée et de la courbe du débit de fuite.

La méthode est représentée sur le graphique suivant :



Pour chaque durée de pluie t :

$$H(t) = \text{Surface}_{\text{secteur}} * C_{\text{imp futur}} * i_{10 \text{ ans}}(t) * t$$

$$i_{10 \text{ ans}}(t) = a_{10 \text{ ans}} * t^{-b_{10 \text{ ans}}}$$

$$H_{\text{fuite}}(t) = Q_{\text{fuite}} * t$$

$$\text{Volume} = \Delta H * \text{Surface}_{\text{secteur}}$$

Les volumes de rétention ainsi calculés pour la période de retour 10 ans et avec les coefficients de Montana de l'IT77 Région 3, sont donnés dans le tableau suivant et sur la carte page suivante :

4 GESTION DES EAUX PLUVIALES

2/RÉTENTION DES EAUX PLUVIALES

Grand secteur	N°		Secteur	Volume de stockage (m³)	Volume rapporté à la surface imperméabilisée (m³/ha)
Littoral	1	1	Panzani	1893	565
	1	2	Echangeur	2095	589
	1	3	Triage Arenc	8449	595
	1	4	Place haute	851	441
	1	5	Blvd	925	609
Façade maritime	2	1	Ilot XXL	4946	527
	2	2	EDF-GDF	3476	553
	2	3	Cazemajou nord	1581	485
	2	4	Cazemajou sud	570	523
	2	5.1	Sogaris	1790	586
Les Crottes	3	1	Pôle multimodal	2716	484
	3	2	Allar sud	1677	545
	3	3	La Provence	3985	530
	3	4	Lesseps sud	1226	517
Parc et rives	4	1	Rives ouest nord	815	475
	4	2	Rives ouest sud	422	457
	4	3	Rives est nord	1117	444
	4	4	Rives est sud	639	429
	4	5	Parc Gèze	-	-
	4	6	Parc Allar	-	-
	4	7	Parc Bougainville	-	-
	4	8	Rives Bellevue	609	502
Le Canet	5	1	Canet nord	2504	487
	5	2	Canet sud	1621	473
Axe Gèze	6	1	Cap Pinède	1026	464
	6	2	Capitaine Gèze	1708	482

Tableau 2 6 : Volumes de stockage pour respecter la règle de limitation de débit

Cela représente un total sur le projet d'environ **48 500 m³**.

Ce chiffre constitue la valeur maximum des volumes de rétention à mettre en place sur le périmètre total de l'extension. Elle a été calculée en considérant que toutes les surfaces de l'existant conservé feront l'objet d'un permis de construire et seront donc soumises à la règle imposée par la Ville de Marseille.

En effet, lorsqu'un permis de construire englobe des surfaces existantes conservées en l'état, un volume de rétention doit être prévu pour ces surfaces à titre compensatoire. Cela peut être le cas dans le cadre des ZAC d'emprise importante par exemple.

Dans le cas contraire, si aucun permis de construire ne concerne les surfaces existantes conservées en l'état, aucun volume de rétention ne peut être exigé sur ces zones.

A ce jour, l'emprise des ZAC et/ou permis déposés n'est pas connue, il n'est donc pas possible de connaître la part du volume total annoncé ci-dessus qui ne sera pas exigée.

Au moment du concours, ce sont les coefficients définissant les pluies à la station de Marignane (statistiques 1963-2007) qui avaient été retenus plutôt que ceux de l'IT77, ce qui donne si on les applique ici des volumes de stockage plus faibles de 35%.

On évalue également la période de retour de protection des volumes calculés avec l'IT77 à un peu moins de 100 ans si on utilisait les statistiques de la station de Marignane, les coefficients de l'IT77 induisent donc bien une marge de sécurité supplémentaire sur le dimensionnement des bassins de rétention.

Quoiqu'il en soit, plus le coefficient d'imperméabilisation est fort plus le ratio Volume/Surface est fort.

Les volumes de rétention sont donc les plus importants sur les secteurs Ilot XXL, Allar sud, Sogaris 1, La Provence, Échangeur et Triage Arenc.

Grand secteur	Volume « IT77 » (m³)	Volume « statistiques Marseille » (m³)
Littoral	14 213	9 488
Façade maritime	13 795	9 120
Les Crottes	9 604	6 333
Parc et rives	4 178	2 759
Le Canet	4 125	2 696
Axe Gèze	2 734	1 784
Total général	48 649	32 181

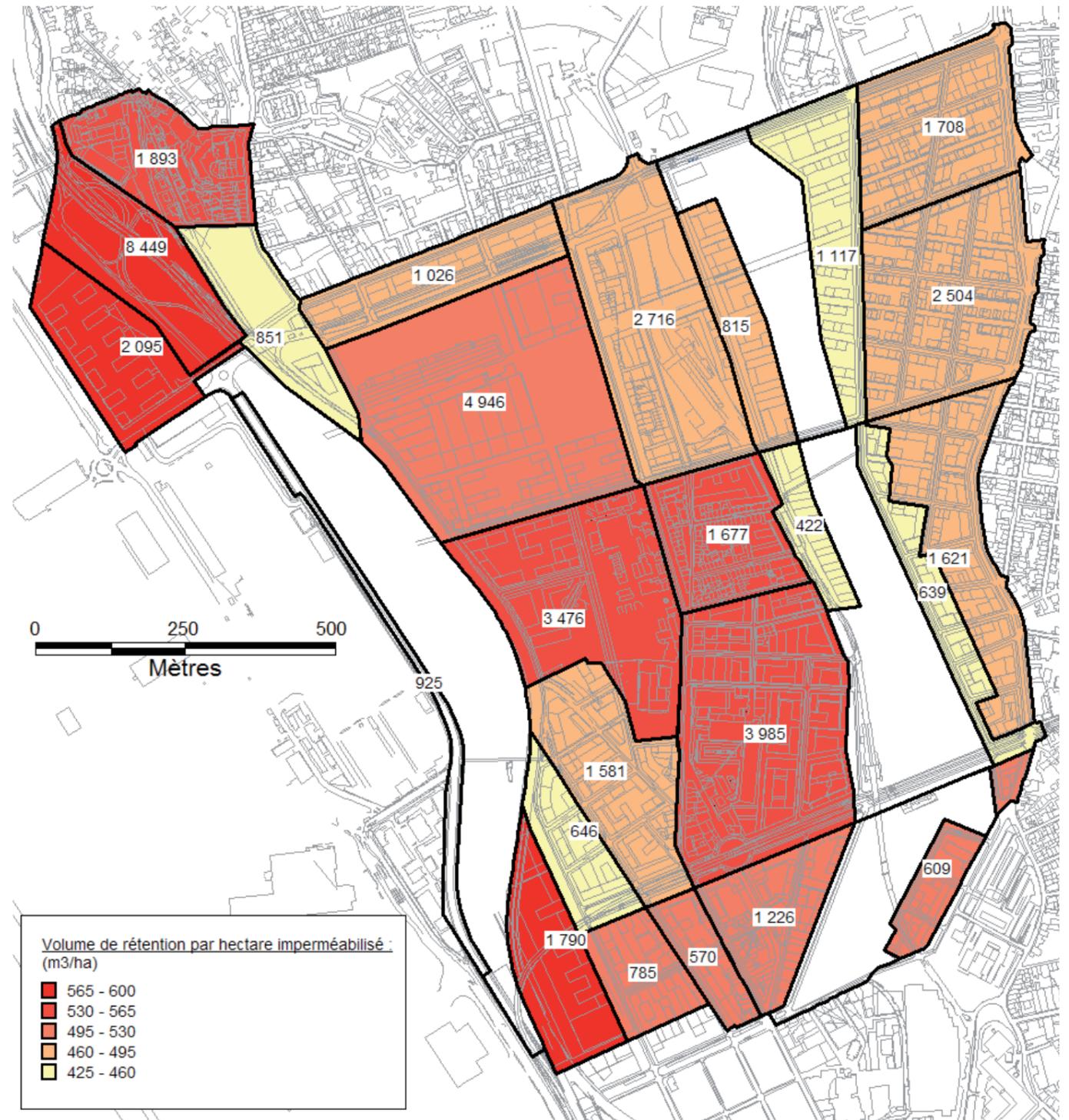


Figure 2 2 : Carte des volumes de stockage (statistiques IT77 Région 3)

4 GESTION DES EAUX PLUVIALES

2/RÉTENTION DES EAUX PLUVIALES

2.5 Optimisation des volumes à stocker

Dans les paragraphes suivants on décrit quelques dispositifs de stockage permettant d'optimiser la mise en place des volumes de rétention sur l'ensemble de l'extension.

2.5.1 Capacité de stockage sur les espaces publics (hors parcs)

Les espaces publics (places, mails, voies piétonnes...) peuvent servir à stocker les volumes de rétention à mettre en place à condition que la topographie donnée au projet le permette.

Les espaces sont mis en eau par débordement des réseaux eaux pluviales implantés au droit de ces espaces. Les débordements seront contrôlés par des ouvrages spécifiques qui facilitent le débordement et la vidange en liaison avec les espaces de stockage de l'eau.

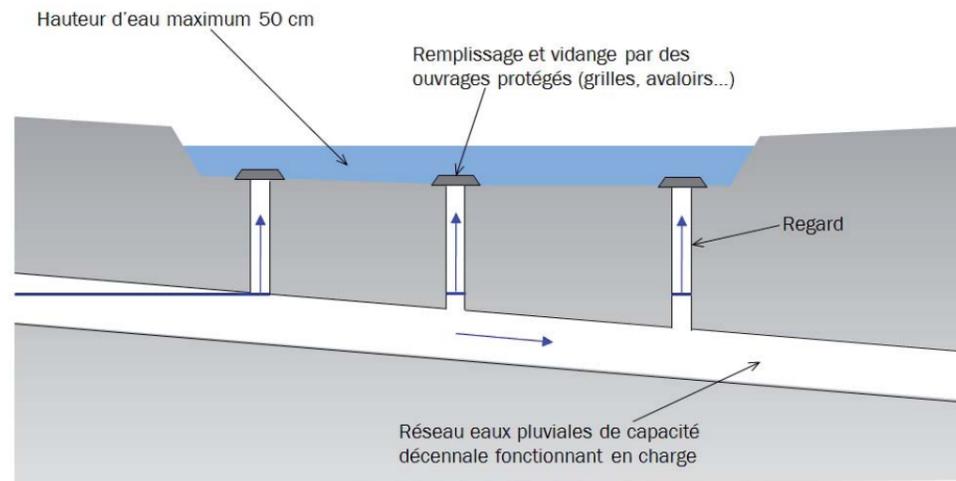


Figure 2 3 : schéma de principe du stockage en espace public

On évalue en première approche la capacité de stockage des espaces publics en calculant leur surface qui pourrait être aménagée afin de stocker l'eau.

Pour des raisons de sécurité et pour limiter les décaissements, la hauteur d'eau maximale acceptée sur ces espaces est de 50 cm.

En dehors des parcs Gèze, Allar et Bougainville, on relève 4 secteurs privilégiés (représentés sur la carte ci-contre) où des surfaces d'espaces publics pourraient être disponibles pour le stockage :

Secteur	Surface disponible estimée (m ²)	Volume de rétention correspondant (m ³) Hypothèse H=50cm	Secteur(s) immédiatement en amont
Echangeur	4 500	2 025	Echangeur
Ilot XXL	11 000	4 950	Ilot XXL
Lesseps	8 700	3 915	Sogaris 2, Cazemajou nord, La Provence, EDF-GDF
Anthoine	4 900	2 205	Sogaris 1, 3

D'autres espaces non libres d'usages, comme les chaussées ou une partie des trottoirs de certaines voiries tertiaires peuvent être conçues pour être inondables à partir d'une fréquence d'orage de 20 ans avec mise en charge des réseaux et inondations de surfaces contrôlées; une grande partie des espaces verts des quartiers peut être employée

à la rétention d'eau.

En annexe sont réunis des exemples réussis d'approche urbaine nécessaire dès la conception de l'espace de la ville pour intégrer une rétention sûre et pérenne (Doc. du Conseil Général de la Seine-Saint Denis, pionnier en la matière en France).

Mutualiser les volumes de stockage de la sorte en utilisant les espaces publics implique de déroger stricto sensu à la règle imposée par la ville de Marseille (stocker à la source) et doit être mis en œuvre après consultation au préalable auprès des services de la Direction de l'Eau et de l'Assainissement et de la communauté urbaine. Mais cette approche présente des avantages :

- Mutualiser le stockage permet de mutualiser l'entretien des bassins et de limiter les risques de dysfonctionnements,
- Rendre visible l'eau dans la ville pendant les épisodes pluvieux importants permet de faire prendre conscience au public du risque lié à l'eau tout en montrant que ce risque est maîtrisé (culture du risque). La maîtrise des débordements pour des épisodes pluvieux importants permet de faire accepter par tous ce type de fonctionnement.

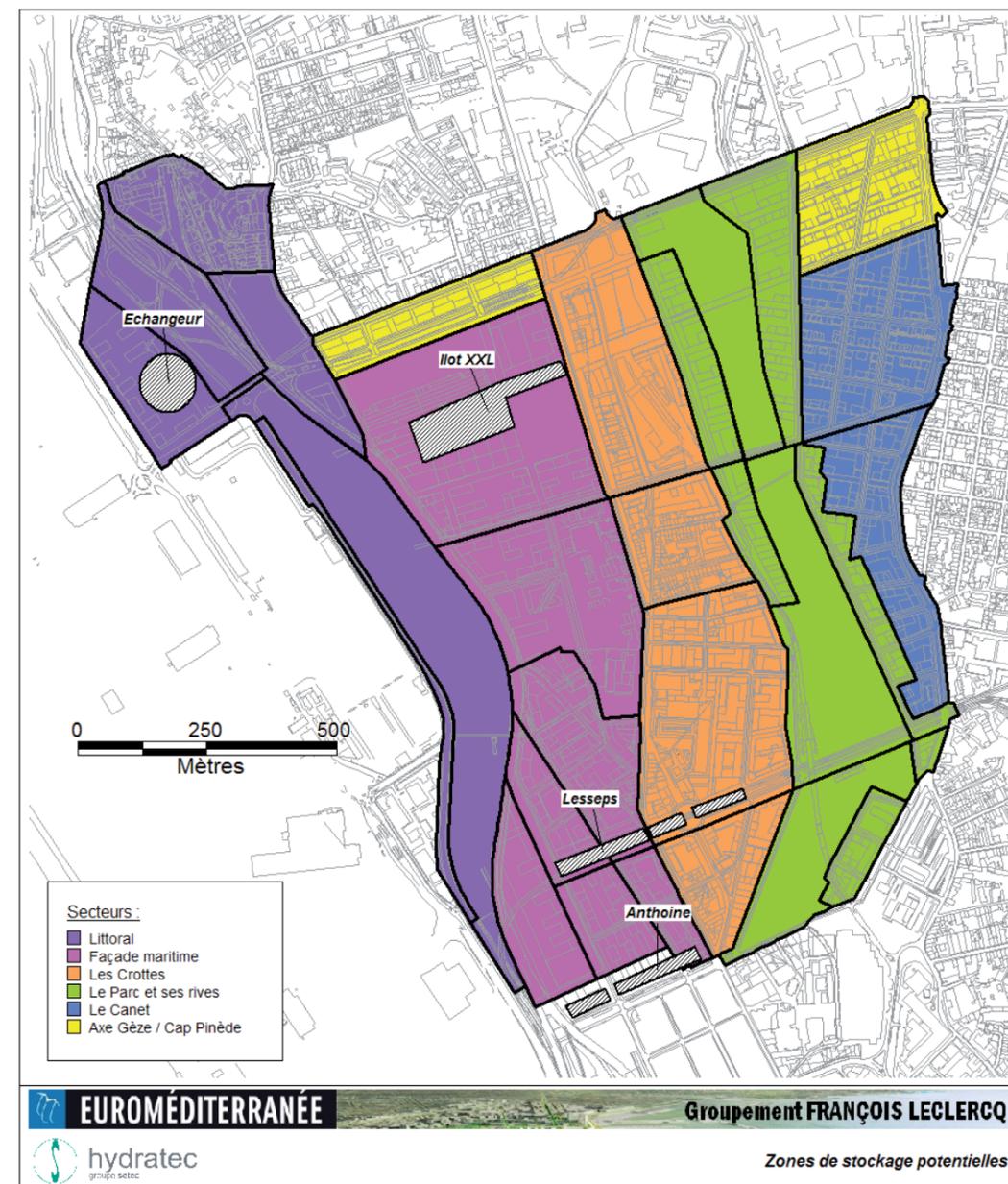


Figure 2 4 : Zones de stockage potentielles sur espace public

4 GESTION DES EAUX PLUVIALES

2/RÉTENTION DES EAUX PLUVIALES

2.5.2 Utilisation des ouvrages de collecte existants

Ce principe va de paire avec le principe de stockage en espace public tel que décrit au paragraphe précédent. On suggère d'utiliser au mieux la capacité de transit des collecteur eaux pluviales du secteur pour drainer les eaux vers l'exutoire tout proche : le ruisseau des Aygalades.

Suite aux travaux d'amélioration de la capacité, prévus sur le cours d' Anthoine la capacité de la partie aval du ruisseau des Aygalades sera portée à 130m³/s. Le réseau eaux pluviales sera dimensionné pour une période de retour de 10 ans.

Le débit d'apport décennal des secteurs de l'extension seront donc largement admissibles dans le ruisseau des Aygalades, en particulier les bassins versants de l'actuel collecteur C5 situés à l'Ouest de la rue de Lyon et de l'avenue Roger Salengro apporteront un débit de pointe de 13 m³/s environ.

2.5.3 Mise en place de toits stockants

En première approche on considère que **50% des toitures** des îlots **nouvellement bâtis** permettront de stocker l'eau de pluie. Les surfaces correspondantes par secteur sont indiquées ci-dessous :

Grand secteur	N°	Secteur	Surface de toits stockants possibles (m ²)
Littoral	1 1	Panzani	0
	1 2	Echangeur	16 983
	1 3	Triage Arenc	0
	1 4	Place haute	5 137
	1 5	Blvd	7 690
Façade maritime	2 1	Ilot XXL	23 289
	2 2	EDF-GDF	5 054
	2 3	Cazemajou nord	9 642
	2 4	Cazemajou sud	2 105
	2 5.1	Sogaris	14 453
	2 5.2	Sogaris	3 938
	2 5.3	Sogaris	5 613
Les Crottes	3 1	Pôle multimodal	9 012
	3 2	Allar sud	4 617
	3 3	La Provence	13 415
	3 4	Lesseps sud	4 289
Parc et rives	4 1	Rives ouest nord	5 388
	4 2	Rives ouest sud	2 665
	4 3	Rives est nord	6 787
	4 4	Rives est sud	3 699
	4 5	Parc Gèze	0
	4 6	Parc Allar	0
	4 7	Parc Bougainville	0
	4 8	Rives Bellevue	1 691
Le Canet	5 1	Canet nord	17 053
	5 2	Canet sud	10 670
Axe Gèze	6 1	Cap Pinède	6 608
	6 2	Capitaine Gèze	11 500

On suppose que les toits stockants auront la capacité de stocker la pluie de période de retour 10 ans et de durée 15 min, soit 28mm.

Les capacités de stockage en toits stockants permettent de diminuer le volume de stockage à mettre en place par ailleurs. Les volumes restant à mettre en place sont indiqués dans le tableau ci-après :

Grand secteur	N°	Secteur	Volume stocké sur toitures (m ³)	Volume de stockage restant hors toits (m ³)	Volume restant rapporté à la surface imperméabilisée (m ³ /ha)
Littoral	1 1	Panzani	0	1893	565
	1 2	Echangeur	984	1111	548
	1 3	Triage Arenc	0	8449	595
	1 4	Place haute	297	554	378
	1 5	Blvd	445	480	580
Façade maritime	2 1	Ilot XXL	1349	3597	493
	2 2	EDF-GDF	293	3183	546
	2 3	Cazemajou nord	558	1023	428
	2 4	Cazemajou sud	122	448	498
	2 5.1	Sogaris	837	953	543
	2 5.2	Sogaris	228	418	381
	2 5.3	Sogaris	325	460	445
Les Crottes	3 1	Pôle multimodal	522	2194	457
	3 2	Allar sud	267	1410	530
	3 3	La Provence	777	3208	508
	3 4	Lesseps sud	248	978	492
Parc et rives	4 1	Rives ouest nord	312	503	408
	4 2	Rives ouest sud	154	268	391
	4 3	Rives est nord	392	725	380
	4 4	Rives est sud	213	427	368
	4 5	Parc Gèze	0	-	-
	4 6	Parc Allar	0	-	-
	4 7	Parc Bougainville	0	-	-
	4 8	Rives Bellevue	98	511	482
Le Canet	5 1	Canet nord	988	1516	421
	5 2	Canet sud	618	1003	406
Axe Gèze	6 1	Cap Pinède	383	644	398
	6 2	Capitaine Gèze	666	1042	416

Tableau 2 7 : Volumes de stockage pour respecter la règle de limitation de débit : hypothèse 50% toits stockants

Les toits stockants permettent donc globalement de stocker 35% des volumes de rétention à mettre en place sur le périmètre pour respecter les règles de limitation du débit.

4 GESTION DES EAUX PLUVIALES

2/RÉTENTION DES EAUX PLUVIALES

2.5.4 Rétention dans les parcs

Il est possible de relier le réseau eaux pluviales des secteurs riverains des parcs à des noues et fossés qui permettront la rétention des eaux pluviales avant utilisation de l'eau dans le parc (bras en eau, réserve pour l'arrosage...).

Les futurs secteurs pouvant être reliés au parc sont les suivants :

- Capitaine Gèze,
- Rives est-nord, Rives est-sud, Rives ouest-sud, Rives ouest-nord,
- Canet nord, Canet sud,
- Rives Bellevue.

Les eaux de pluie et notamment les eaux de voiries de ces secteurs seront donc traitées avant rejet vers le parc (hydrocarbures, MES...).

Ce principe induit là-aussi une dérogation à la règle de limitation des débits à la parcelle imposée par la ville de Marseille. La mise en place de ces dispositifs doit donc être étudiée en concertation avec les services de la Direction de l'Eau et de l'Assainissement de la ville et de la communauté urbaine.

2.6 Synthèse

On synthétise dans le tableau suivant et sur la carte page suivante les capacités de stockage par type de dispositif possibles pour chaque secteur : en espace public hors parc, dans les parcs et en toiture.

Le stockage en toiture et/ou en espace public peut représenter plus de 70% du total sur les secteurs :

- Ilot XXL,
- Echangeur,
- Cazemajou nord,
- Sogaris 1, 2 et 3.

Ils sont représentés en jaune dans le tableau suivant.

Les secteurs raccordés aux parcs sont représentés en vert dans ce même tableau.

On totalise sur les deux parcs 8 826 m³ :

- Parc Gèze : 6 143 m³
- Parc Allar : 2 682 m³

Pour tous les autres secteurs les capacités de stockage devront préférentiellement être mises en place à la parcelle.

Grand secteur	N°		Secteur	Volume total à mettre en place (m ³)	Volume de rétention possible en espace public (m ³)	Volume de rétention possible dans les parcs (m ³)	Volume de stockage possible en toiture (m ³)
Littoral	1	1	Panzani	1893			0
	1	2	Echangeur	2095	2025		984
	1	3	Triage Arenc	8449			0
	1	4	Place haute	851			297
	1	5	Blvd	925			445
Façade maritime	2	1	Ilot XXL	4946	4946		1349
	2	2	EDF-GDF	3476	1344		293
	2	3	Cazemajou nord	1581	611		558
	2	4	Cazemajou sud	570			122
	2	5.1	Sogaris	1790	2002		837
	2	5.2	Sogaris	646	250		228
	2	5.3	Sogaris	785	878		325
Les Crottes	3	1	Pôle multimodal	2716			522
	3	2	Allar sud	1677			267
	3	3	La Provence	3985	1710		777
	3	4	Lesseps sud	1226			248
Parc et rives	4	1	Rives ouest nord	815		815	312
	4	2	Rives ouest sud	422		422	154
	4	3	Rives est nord	1117		1117	392
	4	4	Rives est sud	639		639	213
	4	5	Parc Gèze	-	-	-	-
	4	6	Parc Allar	-	-	-	-
	4	7	Parc Bougainville	-	-	-	-
	4	8	Rives Bellevue	609			98
Le Canet	5	1	Canet nord	2504		2504	988
	5	2	Canet sud	1621		1621	618
Axe Gèze	6	1	Cap Pinède	1026			383
	6	2	Capitaine Gèze	1708		1708	666

Tableau 2 8 : synthèse des volumes de rétention eaux pluviales

4 GESTION DES EAUX PLUVIALES

2/RÉTENTION DES EAUX PLUVIALES

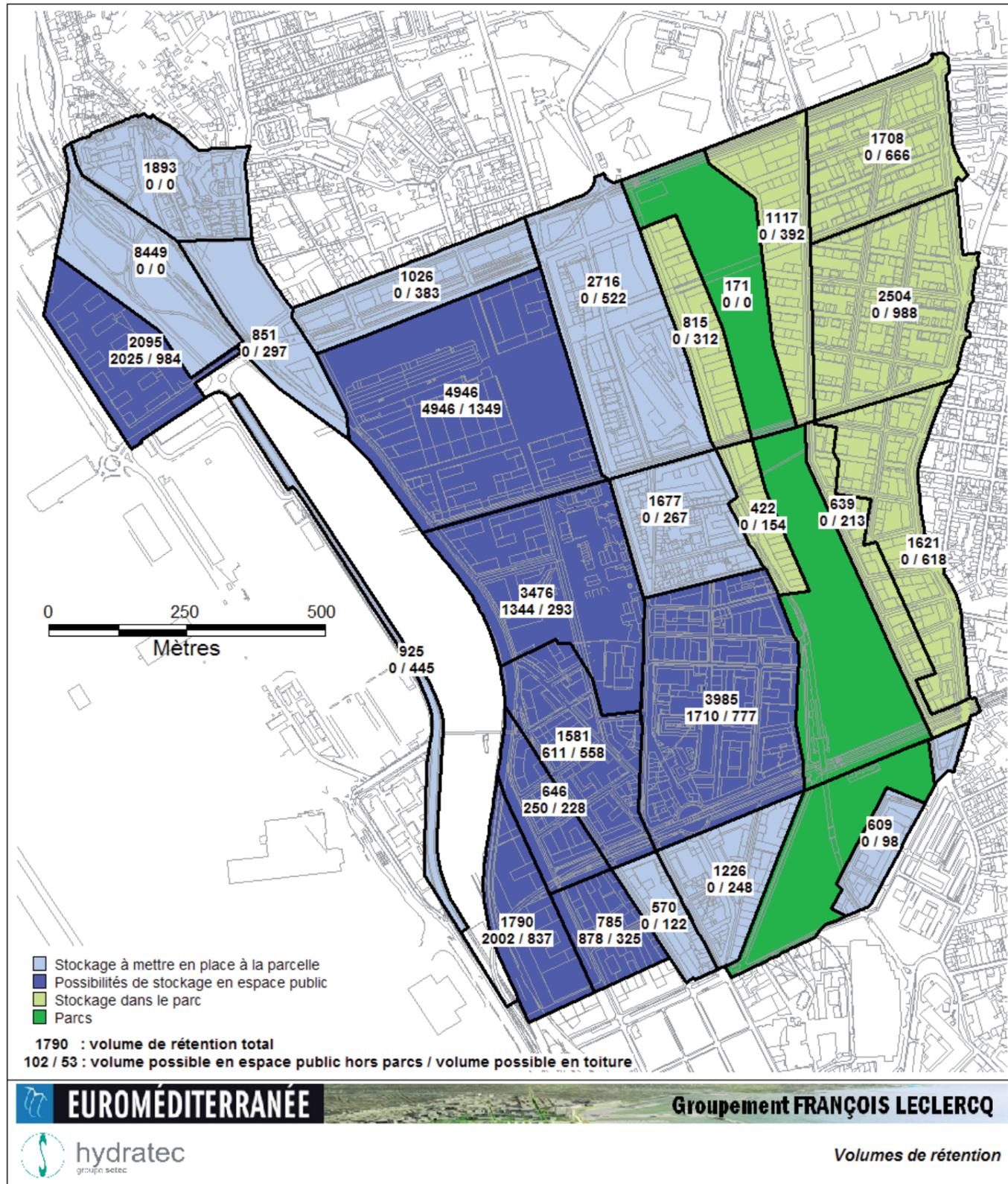


Figure 2 5 : volume de rétention des eaux pluviales : carte de synthèse

4 GESTION DES EAUX PLUVIALES

3/LA RÉTENTION À LA PARCELLE : LES DIFFÉRENTS PRINCIPES TECHNIQUES À EXPLORER AU CAS PAR CAS

Ce chapitre explicite les différentes pistes à explorer au cas par cas au niveau de chaque parcelle ou groupe de parcelles pour parfaire le programme de gestion des apports d'eaux pluviales imposées par la ville.

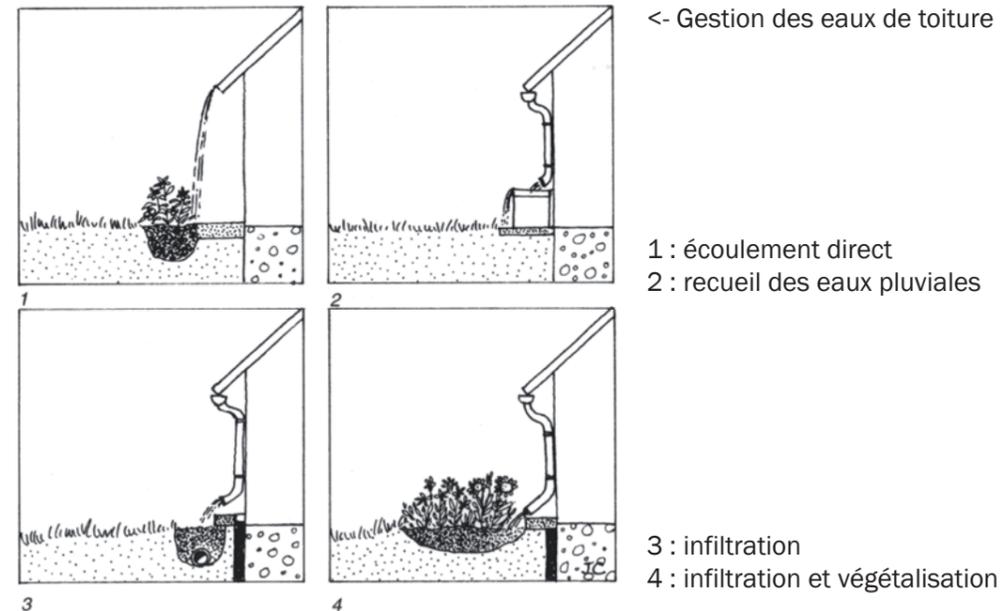
On trouvera en complément en annexe 2 une brochure dédiée à ce sujet et établie en 2006 par le Conseil Général de la Seine-Saint-Denis, département pionnier en France pour la mise en place effective d'une politique réaliste en zone urbaine dense pour le contrôle des eaux pluviales.

3.1 Techniques à l'échelle de la parcelle

Se préoccuper du devenir du ruissellement pluvial produit par les toitures ou les surfaces bitumées à l'échelon de la parcelle individuelle constitue le niveau d'intervention élémentaire. Cette approche s'inscrit parfaitement dans la logique d'éco-citoyenneté qui sous-tend de plus en plus l'action environnementale dans laquelle le projet Euromed II souhait s'inscrire.

Système décentralisé par excellence, le traitement du problème des eaux pluviales à l'échelon de la parcelle présente plusieurs avantages :

- il autorise un gain de place pour la gestion des eaux pluviales sur le domaine public,
- il engage, de façon contractuelle, la responsabilité de chaque propriétaire à l'entretien et à la surveillance de son système,
- il constitue une réserve d'eau autonome appréciable pour le jardin, surtout en période de sécheresse aiguë,
- il permet d'agrémenter le jardin et de redistribuer une certaine fraîcheur aux heures chaudes.



Lorsqu'il y a des terrains imperméables en surface et perméables en profondeur, on peut avoir recours aux puits d'infiltration. Les surfaces étant réduites, les eaux pluviales doivent avoir peu ruisselé pour limiter au maximum leur pollution.

Difficile à imposer aux futurs propriétaires, le choix du traitement dans la parcelle peut faire l'objet, au niveau de l'investissement, d'une aide incitative ou être prise en charge par l'aménageur.

La première solution, souvent oubliée sauf dans les régions où subsistent des bâtiments couverts en chaume, est de laisser s'égoutter le toit au pied des murs en les protégeant d'éventuelles remontées d'humidité, notamment par la construction d'un trottoir, lui-même entouré de plates-bandes.

Il est également possible d'épandre des eaux de toiture concentrées vers une descente de gouttière.

Si le sol est en légère déclivité et suffisamment absorbant, il se ressuie facilement entre deux événements pluvieux. On peut utiliser la zone d'épandage pour créer une plate-bande de végétaux hygrophiles.

Les autres solutions reposent sur le stockage de l'eau.

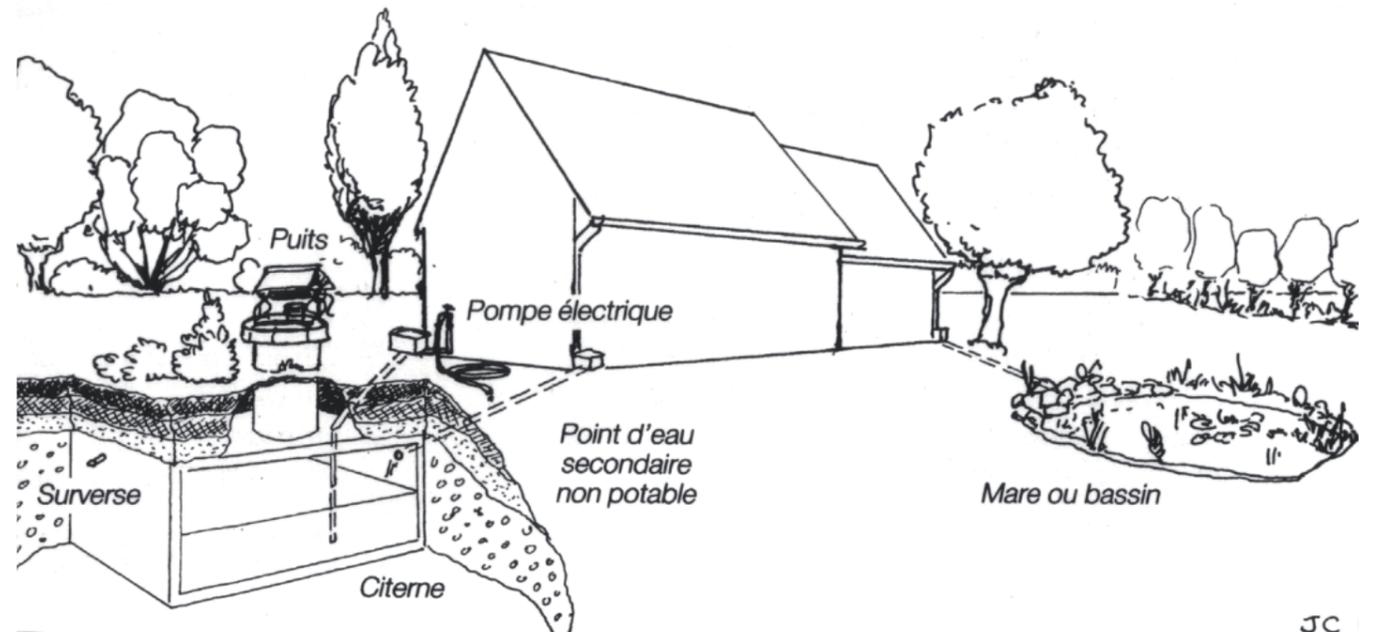


La citerne, un élément utile et décoratif pour le jardin

Modèle de bassin maçonné

Plusieurs systèmes peuvent être mis en œuvre sur la parcelle et cela en toutes régions :

- La solution la plus simple consiste à mettre un **réceptif** sous la descente de gouttière.
- Le **réservoir souterrain**, appelé dans certaines régions «citerne», était traditionnellement réalisé en maçonnerie et avait généralement des dimensions de l'ordre de 4 x 3 x 2 m², parfois plus.



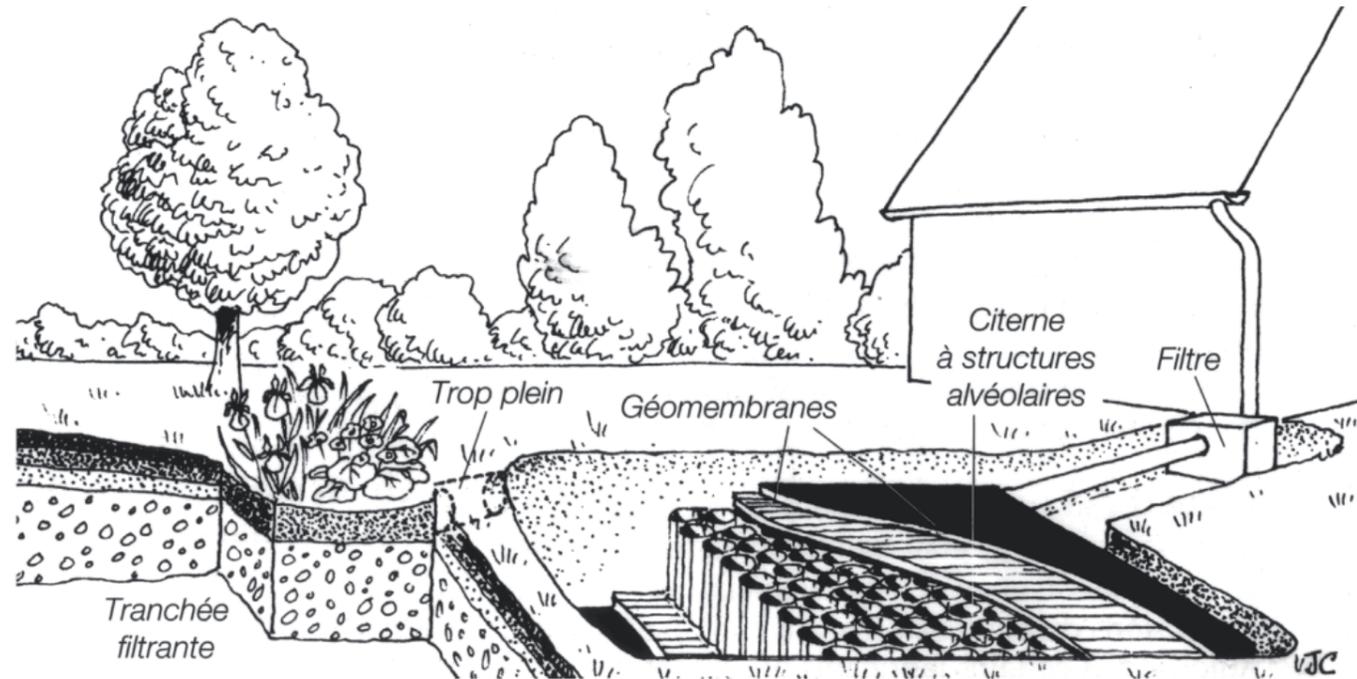
Citernes maçonnées

4 GESTION DES EAUX PLUVIALES

3/LA RÉTENTION À LA PARCELLE : LES DIFFÉRENTS PRINCIPES TECHNIQUES À EXPLORER AU CAS PAR CAS

Aujourd'hui, certains fabricants proposent des citernes en polypropylène à enterrer. Elles permettent de stocker, selon les modèles, de 4 à 20 m³.

Des réservoirs souterrains réalisés en structures alvéolaires sont également possibles.

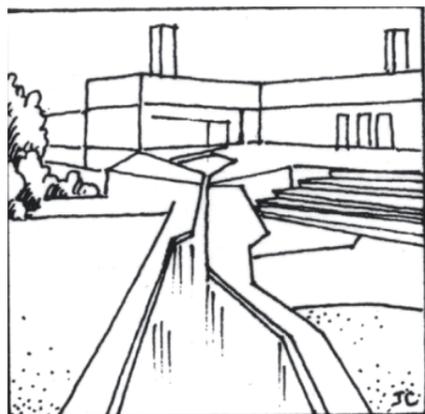


Citernes en structure alvéolaire

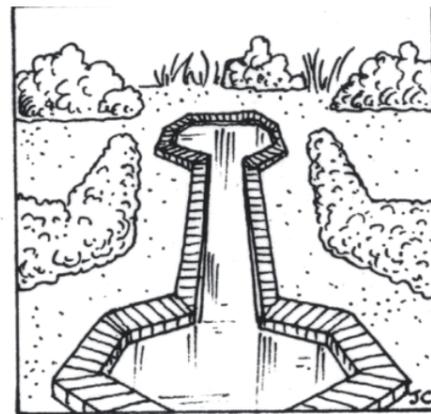
Chaque système doit offrir une possibilité d'accès pour effectuer un nettoyage régulier lié aux apports inévitables de matière organique (lichens, mousses, feuilles) venant des toitures ou des gouttières.

L'intercalation de filtres permet de retarder les interventions. L'eau stockée peut être exploitée par une pompe électrique, une pompe manuelle ou par un puits à margelle, agrément supplémentaire d'un jardin.

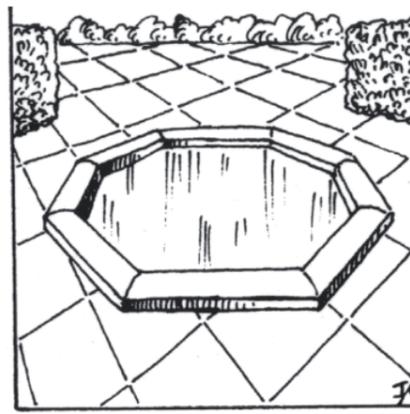
- **Les bassins carrelés ou en mosaïque**, de type persan, hispano-mauresque ou moderne, sont destinés à embellir certaines parties de jardin (patios) ou à accompagner des cheminements linéaires. Ils peuvent être empoissonnés.



1



2



3

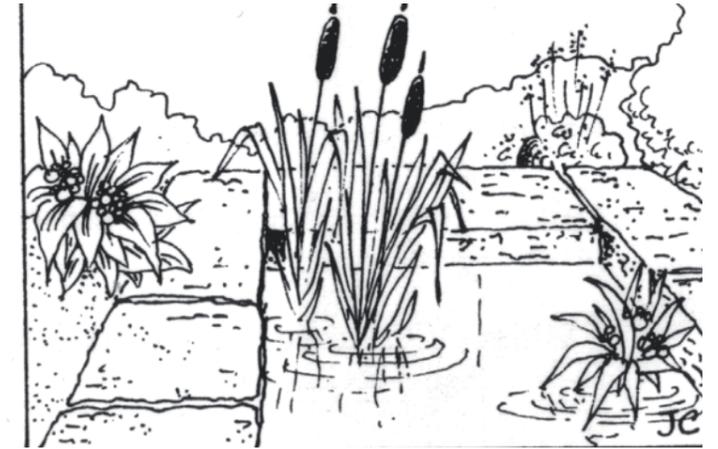
- Choix de bassins : 1) moderne 2) persan

- 3) hispano-mauresque

- **Les bassins rustiques maçonnés** et à bordures de briques ou de pierres s'accordent mieux avec un jardin sauvage. Ils peuvent abriter des plantes aquatiques cultivées en panier et des poissons.



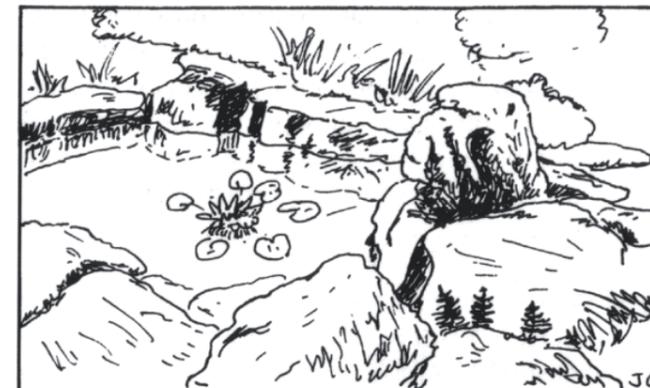
Bassin maçonné et végétalisé : bordure en béton



Bassin maçonné et végétalisé : bordure en pierre

- **Les bassins de formes naturelles** qui peuvent être mis en œuvre dans un contexte identique ont aujourd'hui un regain de faveur du public.

Leur réalisation repose sur la réussite de l'imperméabilisation du substrat qui peut faire appel à différentes techniques.



Mare rocailleux et végétalisé



Mare «sauvage» et végétalisé

Chacun des systèmes doit pouvoir absorber un apport de 4,5 m³ lors d'un événement pluvieux exceptionnel. Pour les équipements enterrés, les apports doivent être équilibrés par l'utilisation de l'eau. Pour un bassin à ciel ouvert, l'apport de 4,5 m³ correspond à un marnage de 0,25 m pour une superficie de 18 m² (4 x 4,5). Les apports s'équilibrent par une utilisation éventuelle de l'eau, mais aussi par évaporation et infiltration partielle.

Dans tous les cas, un dispositif de surverse doit être prévu pour prévenir tout débordement non contrôlé.

La surverse peut aboutir :

- à une zone d'épandage, boisée ou plantée de préférence,
- à une zone aménagée en tourbière,
- au pied des haies délimitant l'espace public et privé,
- à un fossé, un autre bassin ou une autre mare situés sur le domaine public.

L'entretien des bassins maçonnés se limite à un brossage épisodique des parois et éventuellement au traitement par un algicide si des algues venaient à proliférer en trop grande quantité. Leur récupération manuelle est cependant préférable.

4 GESTION DES EAUX PLUVIALES

3/LA RÉTENTION À LA PARCELLE : LES DIFFÉRENTS PRINCIPES TECHNIQUES À EXPLORER AU CAS PAR CAS

3.2 Techniques à l'échelle de plusieurs parcelles ou d'un pôle de maisons

A l'échelle d'un quartier, lors de la création d'un nouveau lotissement, la maîtrise du ruissellement pluvial doit prendre en compte la nécessité de collecter et de traiter à la fois :

- Le ruissellement pluvial produit par l'ensemble des surfaces imperméabilisées du domaine public (voirie, parkings, trottoirs, etc.),
- Les eaux ruisselées par les toitures ou autres surfaces imperméabilisées qui n'auraient pas pu être traitées à l'échelon de la parcelle.



Toutes les eaux pluviales d'un lotissement sont collectées dans une mare agricole réaménagée.

Les possibilités de gestion de ces eaux de ruissellement tournent autour de plusieurs principes qui peuvent être mis en œuvre séparément ou ensemble :

Collecte délocalisée des eaux de chaussées et de toitures par des noues ou des fossés. Ce choix permet un stockage temporaire, une infiltration dans le sol et un transfert vers un système de stockage plus important.



<- Les noues engazonnées collectent au plus près les eaux de chaussée.



-> Chaussées et parkings doivent recevoir un traitement des eaux pluviales adapté.

Lors d'un événement pluvieux de 50 mm, une portion de chaussée de 5 m de long, large de 4 m, collecte 0,9 m³ d'eau. Le fossé collecteur au droit de cette portion doit avoir un profil minimal de 0,18 m² (0,9 m de large x 0,2 m de profondeur ou 0,45 m x 0,40 m, etc.).

Si les eaux de toiture doivent également être collectées sur l'espace public, le dispositif doit être étendu. Une parcelle produit, lors d'un événement pluvieux identique à celui indiqué ci-dessus, 4,5 m³. Si chaque lot partage une limite de propriété de 25 m avec l'espace public, une noue ou un fossé de section égale à 0,18 m² permet de collecter le ruissellement.

Il est donc possible de rassembler dans un même fossé l'ensemble du ruissellement ou bien de créer un fossé de chaque côté de la chaussée.

Pour des surfaces imperméabilisées supplémentaires comme les parkings, de petits espaces verts intégrant de petits systèmes de stockage peuvent être créés.

3.2.1 Les tranchées drainantes

Elles sont situées à l'aval immédiat d'un secteur imperméabilisé et appréhendent le ruissellement parallèlement à leurs longueurs. Les débits de pointes sont relativement réduits, l'eau est restituée après stockage avec un débit régulé. Elles sont utilisées dans les cas de sols imperméabilisés ou rendus étanches, dans les zones où des risques de pollution de nappes existent. Dans tous les cas, elles seront protégées du milieu extérieur par un géotextile pour éviter les migrations de fines.

Les eaux de ruissellement accèdent à la tranchée par la partie supérieure maintenue poreuse (engazonnement ou revêtement perméable). Les tranchées drainantes peuvent être placées en milieu de chaussée, elles récupèrent alors les eaux de ruissellement des chaussées, ainsi que celles des toitures par simple piquage de tuyaux EP dans la structure. Un drain en fond de tranchée amène l'eau vers l'exutoire. Elles peuvent être implantées en bordure de chaussées, engazonnées en faisant disparaître la distinction du trottoir.

Le volume de stockage est fonction de la granulométrie des matériaux employés ainsi que de la pente. Avec un matériau de granulométrie 40/70 et 30 % de vide, on peut stocker 1 m³ d'eau tous les trois mètres d'une tranchée drainante de 1 m de section (ou 300 l/m³ de matériau).

On adopte une méthode classique de dimensionnement. Le débit de fuite est déterminé par la capacité d'infiltration du sol et les volumes, à partir de la porosité des matériaux utilisés. Cependant, on n'hésite pas à surdimensionner (le surcoût n'étant que celui des terrassements et des granulats), du fait de certaines inconnues qui subsistent : la durée de l'événement pluvieux et les possibilités d'infiltration, la rétention d'eau due aux granulats (par temps de pluies continues, cette rétention pourrait être de l'ordre de 10 % selon le granulats utilisé). De même, on essaie de profiter au maximum du pouvoir absorbant de la végétation (valable surtout en été) en la répartissant au mieux sur les surfaces traitées.

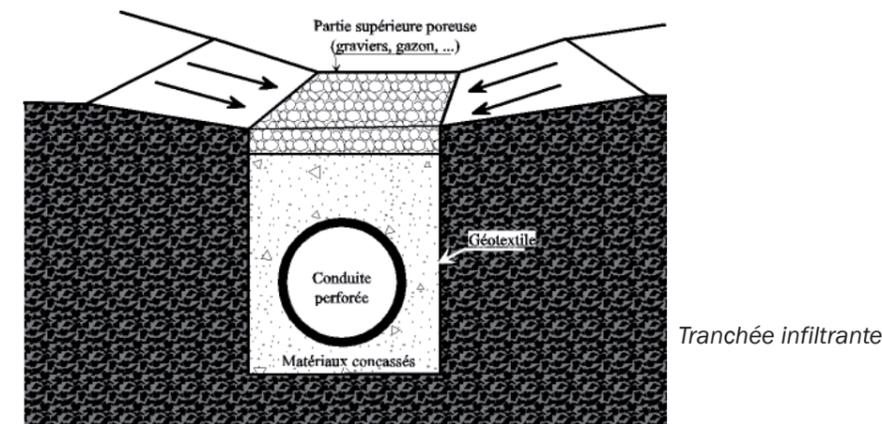
3.2.2 Les tranchées d'infiltration ou absorbantes

Les tranchées d'infiltration appréhendent le ruissellement comme précédemment, mais restituent les eaux en milieu non saturé par infiltration. C'est une technique applicable en tissu urbain si la perméabilité du sol est suffisante (en général $K > 10^{-4}$ m/s) et si la nappe phréatique n'est pas au-dessus du fond de la tranchée.

Dans le cas du projet Euromed II, notons que la qualité d'infiltration du sol en place n'est pas favorable à cette technique.

Les tranchées d'infiltration sont protégées par du géotextile pour éviter les migrations de fines, remplies de concassé (porosité de l'ordre de 30 %) et/ou recouvertes par un matériau très perméable (béton poreux, dalles alvéolées, gazon, etc.).

Suivant leur géométrie, les tranchées en matériaux poreux fonctionnent soit comme des puits d'infiltration ou bassins de recharge des aquifères, soit comme des tranchées drainantes, soit encore comme des chaussées réservoirs.



4 GESTION DES EAUX PLUVIALES

3/LA RÉTENTION À LA PARCELLE : LES DIFFÉRENTS PRINCIPES TECHNIQUES À EXPLORER AU CAS PAR CAS

L'alimentation de la tranchée peut se faire à l'aide de drains de dispersion, par la surface ou encore par des caniveaux perforés. Elles présentent une emprise réduite ce qui permet de les utiliser en site urbain dense sous trottoirs.

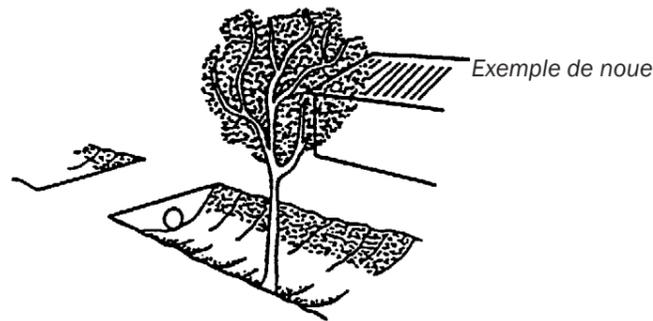
Le dimensionnement est identique à la solution précédente : tranchées ou fossés drainants.

3.2.3 Les noues

Ce type de solution consiste à remplacer le réseau eaux pluviales enterré par un réseau de fossés larges et peu profonds situés sur les espaces verts collectifs.

En terrain perméable, les noues sont assimilées à des tranchées d'infiltration ouvertes à parois obliques. Ces surfaces d'infiltration vont donc varier selon le remplissage de la noue. En terrains imperméables, on prévoit une cunette bétonnée destinée à évacuer le débit de fuite autorisé par l'opération urbaine. Un réseau de noues peut être assimilé à un bassin de retenue.

Des busages permettent l'accès aux parcelles. Afin d'en réduire le nombre, il est recommandé de regrouper les accès.



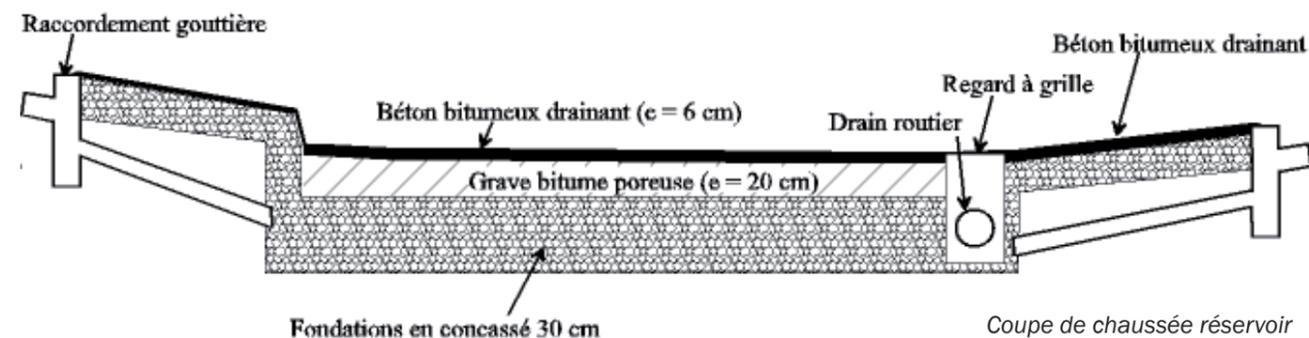
Ces noues présentent un caractère esthétique et paysager important et les coûts d'entretien, notamment des espaces verts, ainsi que les emprises qui en résultent, limitent leur utilisation en milieu péri-urbain : lotissement, zones industrielles, etc.

3.2.4 Les chaussées poreuses

Une chaussée poreuse est le résultat, en général, de la mise en place de trois couches successives. La première, en partant de la surface, est la couche de roulement en enrobé drainant, ensuite la couche de base en matériau drainant ou imperméable (pour des raisons de portance), et enfin une couche de fondation en concassé qui est le lieu de stockage de l'eau de pluie.

Ces structures font partie intégrante de la chaussée. De ce fait, dans la plupart des cas, le stockage de l'eau n'impose pas de surépaisseur de la structure. Par contre, il faut introduire l'eau de pluie dans le réservoir, la stocker temporairement et la vidanger, soit par infiltration, soit par un débit régulier vers un exutoire.

Le dispositif d'évacuation peut se faire par écoulement dans la masse du matériau réservoir ou par un drain situé en



fond de réservoir.

Dans le cas de structures en pentes, il faudra augmenter l'épaisseur du matériau dans la partie aval, et mettre en place des séparations étanches qui permettent d'obtenir plusieurs structures réservoirs fonctionnant en cascades. Chaque réservoir communique avec le suivant, grâce à un orifice calibré qui régule le débit.

La crainte la plus couramment évoquée concerne le colmatage de surface. En règle générale, l'expérience montre que les chaussées circulées et normalement entretenues (balayage et aspiration) se colmatent peu. D'autre part, le colmatage n'est jamais total.

Dans le cas particulier de parking, l'auto-nettoyage dû à la circulation n'existe pas et l'on ne peut éviter, sans un entretien préventif, la formation d'une gangue qui se constitue à partir du «piégeage» d'éléments de plus en plus fins. Lorsque l'entretien n'a pas pu être fait à temps, il est alors nécessaire de procéder à un lavage sous forte pression ou à un fraisage de la couche de roulement.

Ce type de chaussée a un impact hydraulique important par la fonction de stockage. C'est ce que mettent en évidence différentes études.

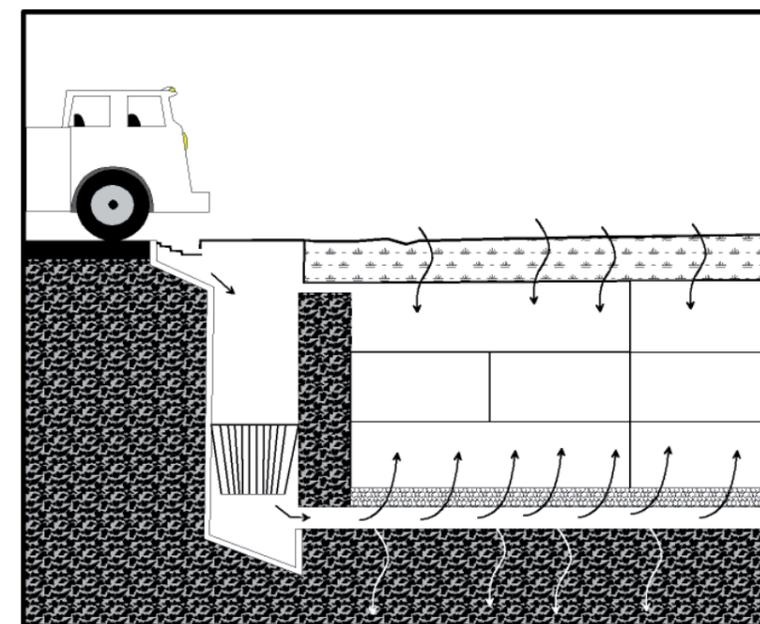
3.2.5 Les structures alvéolaires

En site urbain, confronté au problème d'encombrement du sous-sol, les structures alvéolaires peuvent remplacer le concassé dans les tranchées ou fossés drainants du fait de leur compacité.

On trouve ces structures alvéolaires sous des placettes en lotissement, sous les voies de circulation, sous les trottoirs ou encore sous les zones de stationnement.

L'alimentation de la structure se fait par le dessous dans une couche de matériau drainant dans laquelle sont noyés les drains de collecte et de dispersion. L'évacuation par infiltration est couramment utilisée mais l'on peut concevoir comme en technique classique une vidange vers le réseau EP par un système de régulation de débit.

Cette technique est commercialisée sous la forme de blocs (structure hexagonale thermoplastique alvéolaire en nid



Bassin d'infiltration, hors circulation

d'abeilles) prévus pour stocker de grandes quantités d'eau (90% de vide). L'écoulement peut ensuite s'étaler dans le temps.

La mise en œuvre est relativement aisée. On commence par une mise à la cote de l'assise du premier lit de blocs, puis

4 GESTION DES EAUX PLUVIALES

3/LA RÉTENTION À LA PARCELLE : LES DIFFÉRENTS PRINCIPES TECHNIQUES À EXPLORER AU CAS PAR CAS

on dispose sur la surface un géotextile, on croise les joints des blocs dans les différents plans, alvéoles verticales, on recouvre d'un deuxième géotextile et l'opération se termine par la mise en place du remblai et du compactage par les zones latérales en priorité.

3.2.6 Les bassins de stockage

- Stockage dans un réservoir souterrain avec surverse dans un système à ciel ouvert si la topographie le permet. Différents systèmes modulables permettent aujourd'hui d'accroître facilement la capacité de stockage des systèmes souterrains. **P l u s i e u r s** réservoirs souterrains fonctionnant en série permettent de ralentir le transit par remplissages successifs ce qui a pour effet secondaire de favoriser la décantation des matières en suspension.
- Stockage dans un bassin à ciel ouvert (bassin d'infiltration, bassin en eau, etc.). Ce système doit participer autant que possible à l'embellissement du quartier et devenir un lieu de vie à part entière. Pour fixer les idées, un bassin construit au sein d'un aménagement de 20 parcelles disposées le long d'une chaussée de 250 m doit pourvoir collecter, lors d'un événement pluvieux de 50 mm, 135 m³, soit un marnage de 0,45 m pour une surface de 300 m² ou un marnage de 0,15 m pour 900 m². Les objections peuvent porter sur la répétitivité des événements pluvieux et sur l'importance des emprises que cela suppose. En fait, un jeu de «profils emboîtés» permettant de gérer au mieux les espaces publics disponibles, autorise le choix du bassin à ciel ouvert. Enfin, il ne faut pas oublier qu'une situation d'équilibre se rétablit, sur des cycles plus ou moins longs il est vrai, entre les événements pluvieux par le jeu de l'infiltration et de l'évaporation.

Bassins

Solutions	Avantages	Inconvénients
Bassins de retenue en eau	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Valorisation pour les loisirs ▪ Protège contre des périodes de retour importantes ▪ Valorisent les terrains adjacents 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Entretien nécessaire ▪ Emprise au sol très importante ▪ Coût foncier
Bassins de retenue secs	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plaine de jeux ▪ Peuvent être utilisés toute l'année sauf le jour de la pluie exceptionnelle 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Entretien important à cause des espaces verts
Bassins en béton non couverts	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Facilité de curage 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Esthétique souvent difficile à intégrer ▪ Clôture nécessaire (profondeur) ▪ Liés à l'encombrement du sous-sol
Bassins en béton couverts	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Valorisation de la surface 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nettoyage impératif (odeurs) ▪ Coût très élevé ▪ Liés à l'encombrement du sous-sol

4 GESTION DES EAUX PLUVIALES

4/DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT FUTUR

4.1 Fonctionnement actuel du réseau

Le périmètre de l'extension est globalement assaini en unitaire. Deux grands bassins versants drainent le secteur :

- Le bassin versant du collecteur 1 et du Béal Magnan,
- Le bassin versant du collecteur 5.

Le bassin versant du collecteur 1 - Béal Magnan a une superficie de 118 ha environ.

Le collecteur 1 est composé d'un ovoïde situé sous la rue de Lyon entre le boulevard de Cap Pinède et la rue Edgar Quinet qu'il emprunte ensuite pour se joindre, après avoir traversé les Aygalades, au collecteur du Béal Magnan. Cette conduite est un dalot rectangulaire qui circule sous les terrains de la gare du Canet, emprunte la rue Caravelle et rejoint le premier émissaire. Le Béal Magnan possède deux siphons successifs et un seuil à l'amont de son injection dans le premier émissaire.

Le bassin versant du collecteur 5 a une superficie totale de 126 ha environ essentiellement situé au nord de la rue d'Anthoine.

La branche principale du collecteur 5 est un ovoïde situé sous l'avenue Salengro. Il traverse en siphon les Aygalades sous la rue d'Anthoine en section réduite. Il rejoint le poste de relevage d'Arenc dans le secteur de l'actuelle ZAC CIMED. Le tronçon de collecteur 5 situé entre le boulevard de Lesseps et la rue d'Anthoine doit être remplacé par une conduite circulaire de 2 200 mm de diamètre afin de lui donner une capacité décennale avant le déversement vers le port autonome, en parallèle du calibrage centennal des Aygalades.

L'ensemble des rues sur le secteur est équipé d'une antenne unitaire ou sanitaire (relié à l'unitaire) pour la collecte des eaux usées. En revanche, certains secteurs ne sont pas équipés de réseaux publics. C'est le cas du secteur de la gare du Canet et de la partie située entre la mer et le chemin de la Madrague Ville (certains réseaux privés peuvent cependant être présents). Ce dernier secteur est d'ailleurs globalement situé en contrebas du reste du périmètre de l'extension.

Ces collecteurs et leurs principales antennes sont représentés sur le schéma suivant.

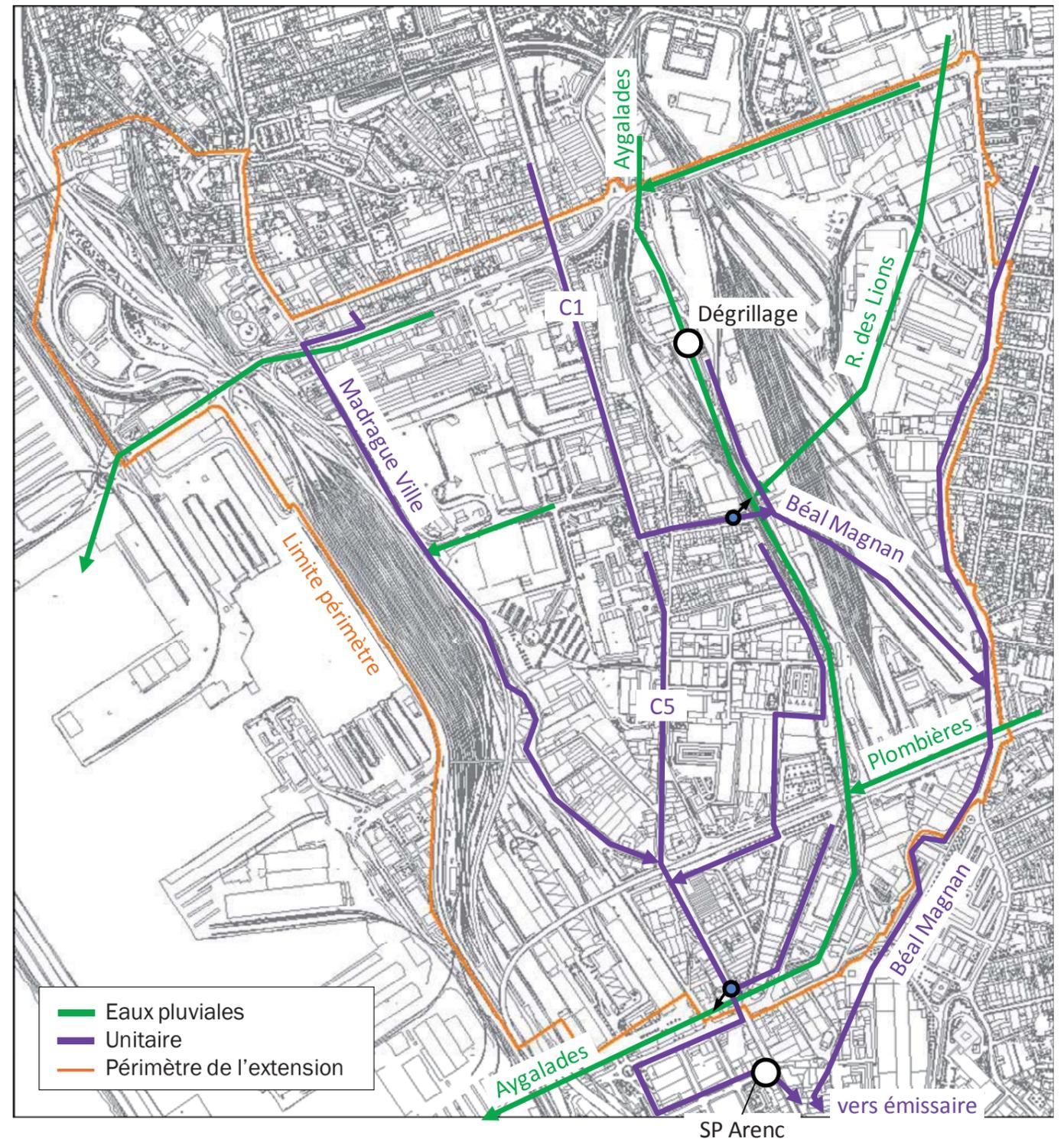


Figure 3 1 : schéma de fonctionnement actuel du réseau d'assainissement

En amont du périmètre de l'extension, le réseau est principalement séparatif. Les apports d'eaux usées de ces secteurs (au sud de la ligne TGV) qui ne se connectent pas au collecteur périphérique se connectent au réseau unitaire sur le périmètre.

Il existe également quelques bassins versant unitaires connectés aux collecteurs C1, chemin de Madrague Ville et au Béal Magnan.

4 GESTION DES EAUX PLUVIALES

4/DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT FUTUR

4.2 Réseau en situation future

4.2.1 Principe général

On propose de mettre en place un réseau séparatif.

Sur les axes où il est possible de conserver le réseau unitaire existant on propose de le dédier :

- aux eaux pluviales si aucun apport d'eaux usées ou unitaires en amont du périmètre n'est connecté,
- aux eaux usées s'il reçoit des apports d'eaux usées ou unitaires de l'amont au périmètre.

On conservera également partout où cela est possible les réseaux eaux pluviales (notamment le ruisseau des Aygalades) et les réseaux eaux usées existants.

Le ruisseau des Lions, qui traverse le futur secteur Canet nord devra être dévié car il ne suit pas le futur carroyage des rues. Il sera indépendant du réseau eaux pluviales et se raccordera, après avoir longé les secteurs ouest du parc, au ruisseau des Aygalades au point de raccordement actuel.

Partout ailleurs il faudra poser un réseau eaux usées et un réseau eaux pluviales neuf.

Sur les secteurs raccordés au parc et pour lesquels on souhaite récupérer les eaux de pluies pour alimenter les pièces d'eau, on pourra mettre en place un double réseau eaux pluviales pour les eaux de voirie qui doivent être traitées avant rejet d'une part et les eaux dites propres d'autre part.

4.2.2 Plan des réseaux futurs

Le schéma global d'assainissement en situation projet est représenté sur les cartes ci-après.

Dans les futurs quartiers Capitaine Gèze, Canet, Rives du Parc, Sogaris, XXL, Cazemajou, le réseau sera globalement neuf avec pose d'un réseau eaux pluviales et d'un réseau eaux usées.

Dans les futurs quartiers Pôle Gèze, Allar Sud, Cap Pinède et le long du chemin de Madrague Ville le réseau unitaire actuel sera conservé et dédié aux eaux usées et on posera un nouveau réseau eaux pluviales.

Dans le quartier La Provence le réseau unitaire actuel sera conservé et dédié aux eaux pluviales et on posera un nouveau réseau eaux usées.

Il faudra également conserver un collecteur unitaire qui traverse le parc depuis la rue Edgar Quinet pour rejoindre le Béal Magnan (coté Canet Sud). Le collecteur actuel présentant de nombreuses contre-pentes il pourra être repris lors des travaux du parc.

Il existe actuellement un maillage entre le collecteur C1 et le collecteur C5 au niveau de la rue Edgar Quinet. En situation projet, le C1 étant dédié aux eaux usées et le collecteur C5 étant dédiés aux eaux pluviales, il conviendra de fermer ce maillage ou de le modifier pour ne pas connecter un réseau eaux usées vers un collecteur eaux pluviales. D'autres maillages d'exploitation devront être repris ou conservés pour faciliter et garder possibles toutes les manœuvres de mise à sec et déviations qui sont effectuées actuellement sur le réseau.

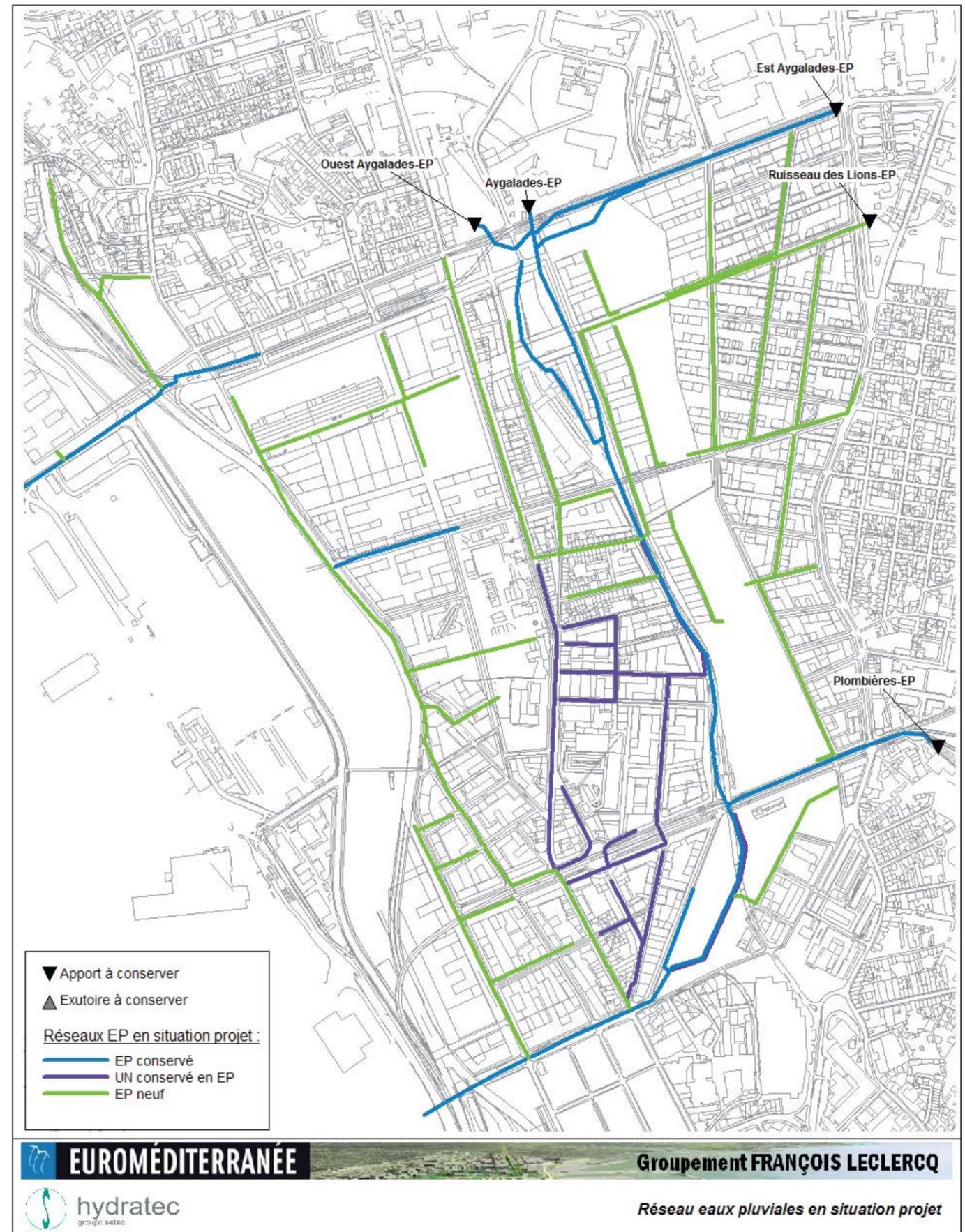
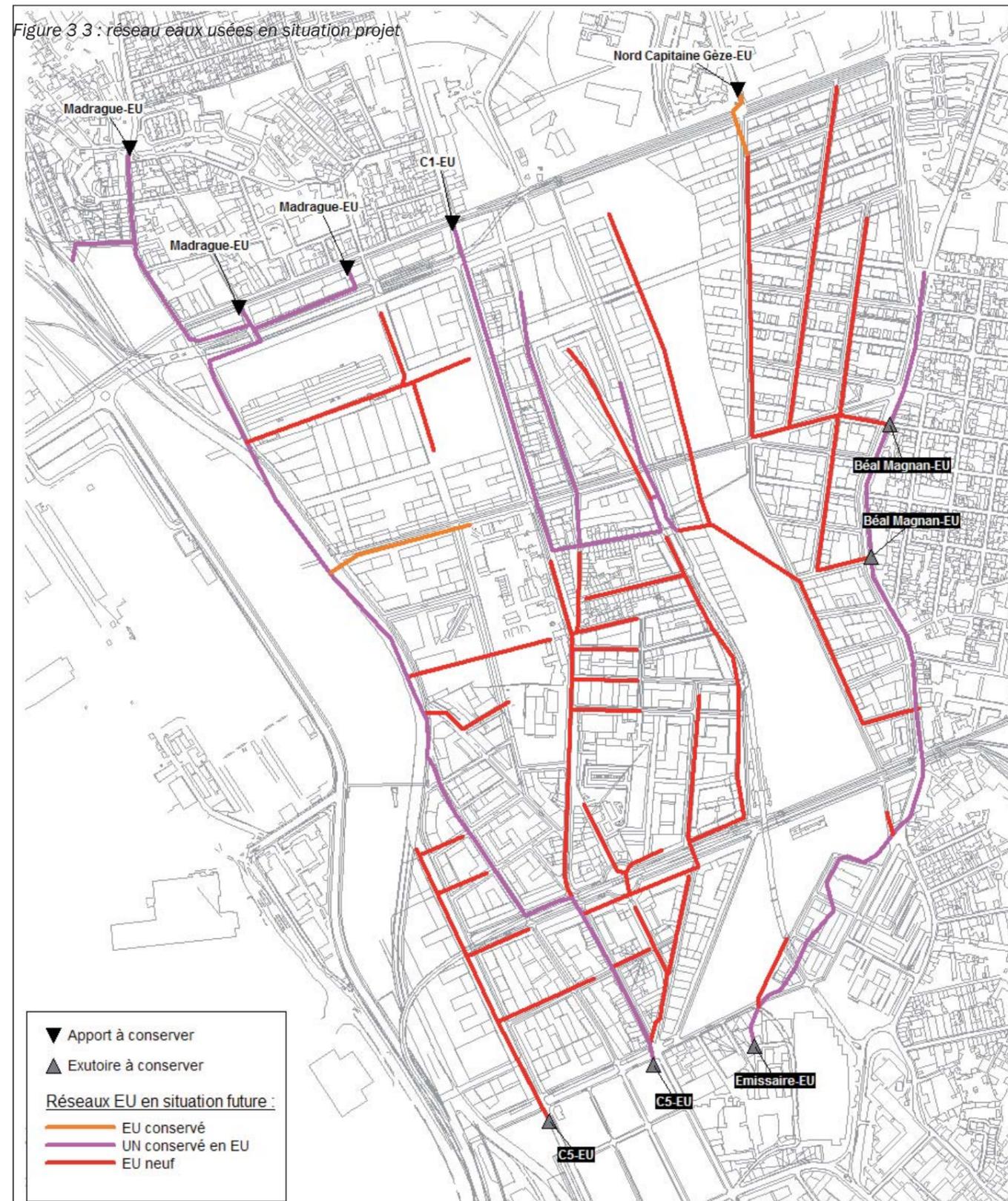


Figure 3 2 : réseau eaux pluviales en situation projet

4 GESTION DES EAUX PLUVIALES

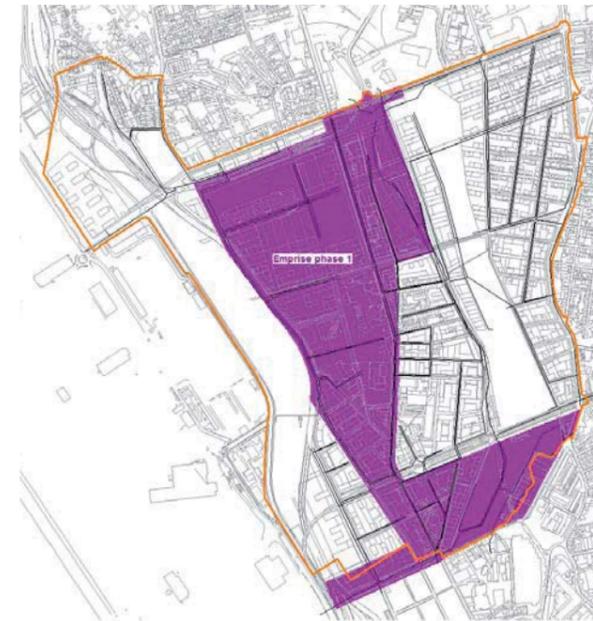
4/DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT FUTUR



4.2.3 Phasage

Les antennes principales actuelles concernées par la phase 1 de l'extension sont :

- Le collecteur C1,
- Le collecteur C5 sur sa partie aval,
- Le collecteur de l'avenue de Madrague Ville,
- Le collecteur Béal Magnan sur sa partie aval (collecteur à l'extérieur du périmètre).



Ces antennes sont actuellement dédiées à des eaux unitaires et doivent être à terme dédiées à des eaux usées.

Pour le secteur Rives Bellevue, un nouveau collecteur eaux pluviales doit être implanté et raccordé au parc Bougainville. Les collecteurs eaux usées seront raccordés au Béal Magnan.

Sur tous les autres secteurs de l'emprise de phase 1, toutes les branches secondaires de réseau **eaux pluviales et eaux usées** implantées au niveau des ilots seront dans un premier temps raccordées aux antennes principales listées ci-dessus. Elles resteront donc dédiées à des eaux unitaires.

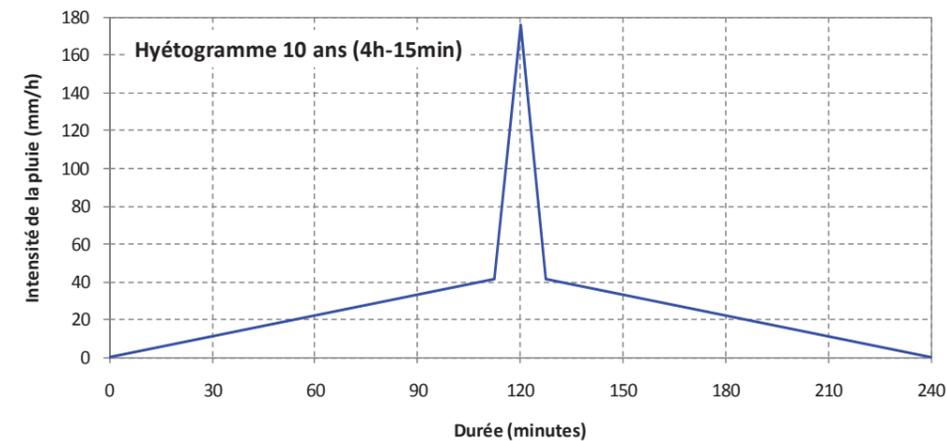
Au fur et à mesure de l'implantation d'un nouveau collecteur eaux pluviales le long de ces antennes unitaires, les branches secondaires eaux pluviales seront raccordées à ce nouveau collecteur. Ces travaux de raccordement au nouveau collecteur principal pluvial doivent être réalisés de l'aval vers l'amont.

Emprise de la phase 1

4.2.4 Capacité des réseaux conservés

La capacité des réseaux existants sont évalués pour une pluie une pluie double triangle de période de retour 10 ans et de durée 4 heures avec période intense de durée 15 minutes. Les coefficients de Montana utilisés sont les coefficients de la Région 3.

Le hyétoqramme de la pluie de dimensionnement est le suivant :



4 GESTION DES EAUX PLUVIALES

4/DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT FUTUR

Le réseau existant est modélisé sous HYDRANET à partir des données du SIG de la Ville de Marseille et des données recueillies auprès de Marseille Provence Métropole et de la SERAM.

Le modèle comporte les collecteurs du périmètre de l'extension, les exutoires vers l'émissaire 1, la station de pompage d'Arcenc, la mer via les Ayalades et les apports extérieurs au périmètre (unitaires, eaux pluviales et eaux usées).

On suppose également que les apports du ruisseau des Ayalades, du ruisseau de Plombières et du ruisseau des Lions sont les débits de période de retour annuelle.

Les bassins versants d'apport actuels sur le périmètre sont découpés à partir des secteurs définis dans les paragraphes précédents. Ils sont soit unitaires soit eaux pluviales et représentés sur la carte suivante :

Leurs caractéristiques sont données en annexe.

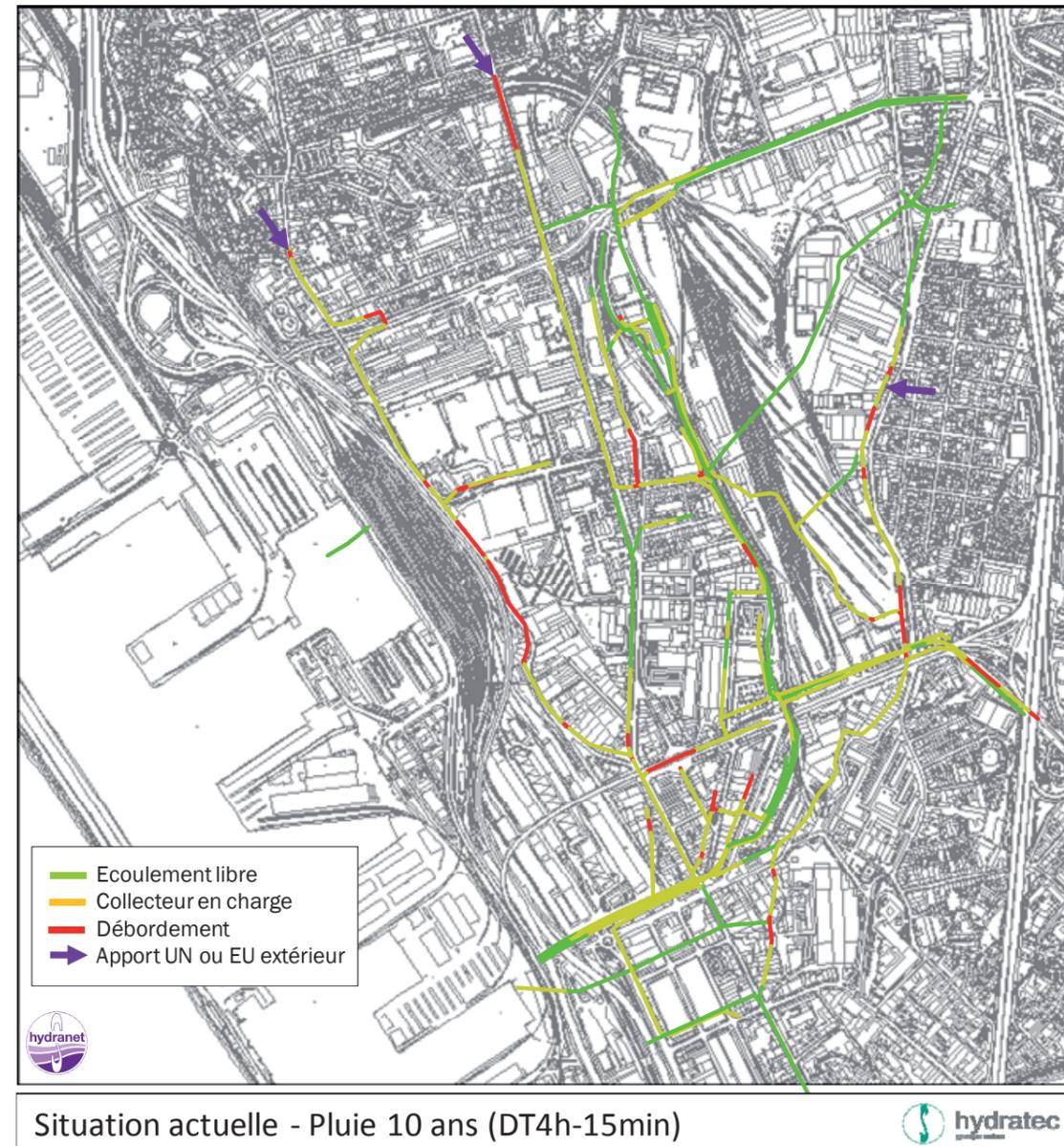
Figure 3 4 : bassins versants en situation actuelle



Les résultats de la simulation sont donnés sur la figure suivante :

On représente le taux de saturation des collecteurs à l'instant du maximum de la pluie. En vert les tronçons sont en écoulement libre, les tronçons en orange sont en écoulement en charge et les tronçons avec débordement sont en rouge.

Figure 3 5 : carte des mises en charge et débordements - situation actuelle



Seuls les collecteurs unitaires du secteur La Provence seront dédiés aux eaux pluviales il faudra donc redimensionner les collecteurs des rues :

- Boulevard de Briançon,
- Traverse du Bachas,
- Boulevard Ferdinand Lesseps,
- Avenue Roger Salengro (partie aval).

Les autres collecteurs unitaires étant dédiés aux eaux usées sont considérés comme suffisamment dimensionnés.

4 GESTION DES EAUX PLUVIALES

4/DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT FUTUR

4.2.5 Dimensionnement des tronçons neufs

Les réseaux neufs sont dimensionnés pour une période de retour de 10 ans en supposant que les bassins de rétention ne sont pas mis en place. Lorsque les bassins de rétention fonctionneront le débit entrant dans les collecteurs sera ainsi inférieur au débit de dimensionnement jusqu'à la période de retour 10 ans. On disposera ainsi d'une marge de sécurité sur le dimensionnement.

On simule sous HYDRANET les tronçons neufs qui seront dédiés à l'eau pluviale. On utilise une pluie double triangle de période de retour 10 ans et de durée 4 heures avec période intense de durée 15 minutes. Les coefficients de Montana utilisés sont les coefficients de la Région 3.

Le hyétogramme de la pluie de dimensionnement est identique à celui présenté au paragraphe précédent.

Le coefficient de ruissellement des bassins versant est modifié pour correspondre à la situation future (voir tableau 1.1 coefficient d'imperméabilisation des secteurs).

Les diamètres équivalents des collecteurs eaux pluviales neufs ainsi calculés sont représentés sur la carte ci-contre.

Sur les bassins versants raccordés aux parcs, on distingue les réseaux eaux pluviales dits propres et les réseaux eaux pluviales de voirie. Les antennes eaux pluviales de voiries sont équipées de dispositifs de traitement (dégrillage + décanteur hydrocarbures) avant rejet vers le parc au niveau des 7 exutoires.

Il est aussi possible de mettre en place un réseau eaux pluviales unique, dans ce cas le débit de traitement aux 7 exutoires sera supérieur.

La comparaison des coûts d'investissement et d'entretien des deux systèmes :

- Un seul réseau eaux pluviales avec traitement du débit total d'eaux pluviales en 7 exutoires,
 - Double réseau eaux pluviales avec traitement uniquement des eaux de voirie en 7 exutoires,
- Incite à choisir le réseau pluvial unique qui minimise les coûts.

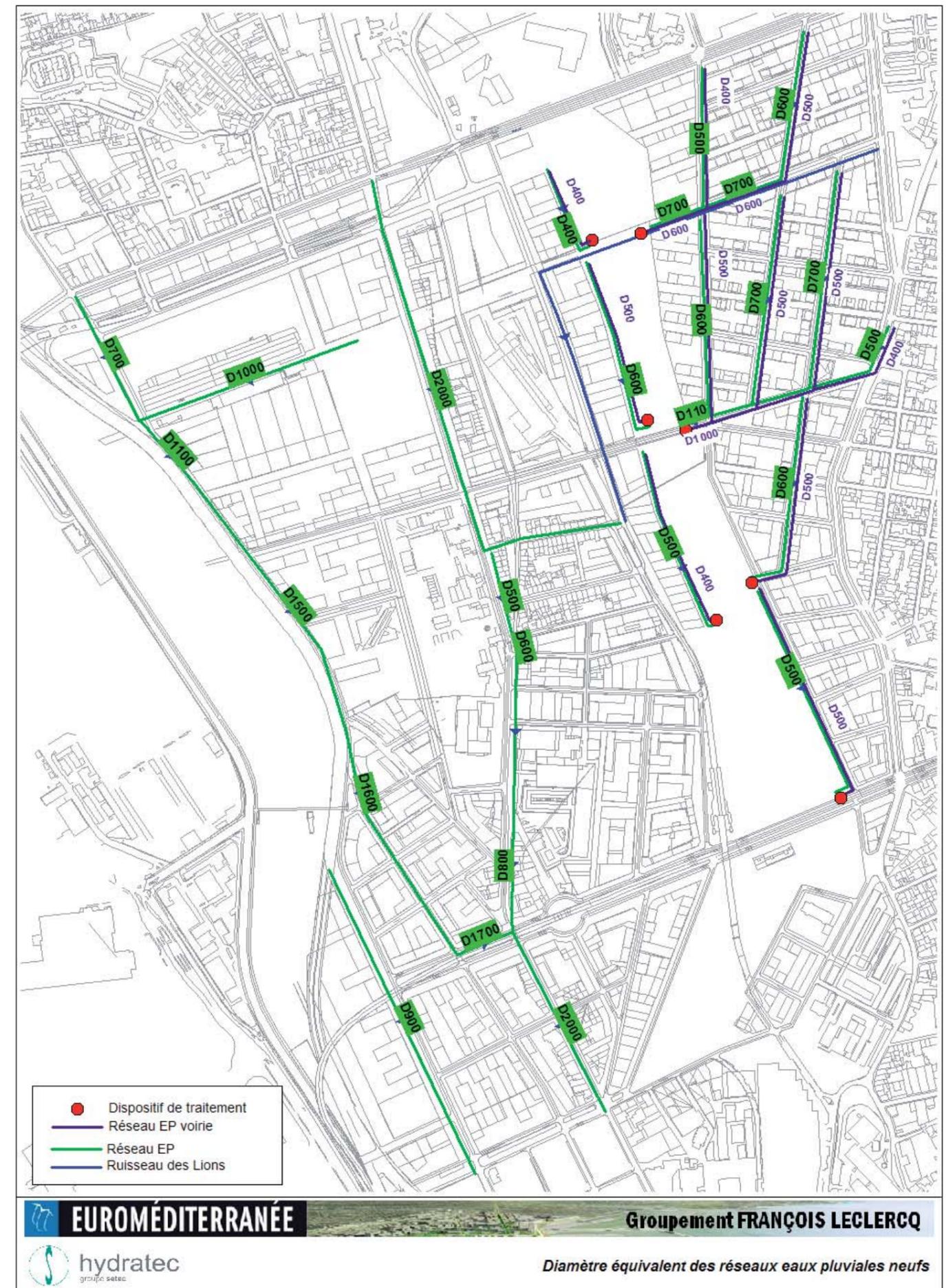


Figure 3 6 : diamètre équivalent (mm) des réseaux eaux pluviales neufs en situation future

4 GESTION DES EAUX PLUVIALES

5/ ESTIMATION DES COÛTS DE TRAVAUX RÉSEAUX EP/EU

L'estimation du coût d'investissement lié aux réseaux d'assainissement est le suivant :

(Prix 2010 hors taxes, TVA, TTC, comprenant les travaux hors maîtrise d'œuvre et hors imprévus)

Estimation provisoire des travaux EP / EU du parc des Aygalades février 2011

TRAVAUX RESEAUX EP / EU			
L'estimation du coût d'investissement lié aux réseaux d'assainissement est le suivant :			
(Prix 2010 hors taxes comprenant les travaux hors maîtrise d'œuvre et hors imprévus)			
		Linéaire (ml)	Coût (€ HT)
Réseaux			
Collecteurs EP neufs		16 275	5 535 000 €
Surcoût double réseau voirie		3 420	544 000 €
Collecteurs EU neufs		15 733	1 927 000 €
Dévoisement collecteur du ruisseau des Lions		970	1 335 000 €
Ouvrages de dépollution des eaux pluviales avant rejet au parc			187 000 €
Moins value sur ouvrages de dépollution si double réseau voirie		-	93 000 €
Sous-total réseaux HT	Fourchette basse	32 978	8 983 000 €
	Fourchette haute	36 398	9 433 000 €
Sous-total réseaux TVA 19,6%	Fourchette basse		1 760 668 €
	Fourchette haute		1 848 868 €
Sous-total réseaux TTC	Fourchette basse		10 743 668 €
	Fourchette haute		11 281 868 €

STOCKAGE DES EAUX PLUVIALES				
(Prix 2010 hors taxes comprenant les travaux hors maîtrise d'œuvre et hors imprévus)				
	Part de volume enterré (m3)	Part en espace public (m3) (hors parcs)	Volume total (m3)	Coût (€ HT)
Hypothèse basse prenant en compte un maximum de volume en espace public			48 649	
- Hypothèse basse prenant en compte la part stockable sur les toitures	18196	13 766		10 710 000 €
- Hypothèse haute sans stockage sur toiture	25448	13 766		14 046 000 €
Hypothèse haute prenant en compte un minimum de volume en espace public			48 649	
- Hypothèse basse prenant en compte la part stockable sur les toitures	31962	-		14 703 000 €
- Hypothèse haute sans stockage sur toiture	39214	-		18 038 000 €
Sous-total bassins	Fourchette basse			10 710 000 €
	Fourchette haute			18 038 000 €
Sous-total bassins TVA 19,6%	Fourchette basse			2 099 160 €
	Fourchette haute			3 535 448 €
Sous-total bassins TTC	Fourchette basse			12 809 160 €
	Fourchette haute			21 573 448 €

TOTAUX TRAVAUX RESEAUX EP / EU prix Hors Taxes	
Fourchette basse HT	19 693 000 €
Fourchette haute HT	27 471 000 €
Fourchette basse TVA 19,6	3 859 828 €
Fourchette haute TVA 19,6	5 384 316 €
Fourchette basse TTC	23 552 828 €
Fourchette haute TTC	32 855 316 €

5 **Dépollution**

Définition du coût global de réalisation du projet - prise en compte

du coût de la décontamination

1 Contexte, objectifs.....p103

2 Méthodologie d'étude.....p107

3 Résultats.....p109

3.1 Estimation des travaux de décontamination

3.1.1 terrassement du plateau
d'aménagement

3.1.2 Terrassement des sous-sols

**4 Application au secteur du parc amont et du parc
Bougainville**.....p111

4.1 Contexte d'intervention

4.2 Modalités de traitement des terres

5 DÉPOLLUTION

1/CONTEXTE, OBJECTIFS

Le présent document a pour but de préciser le coût de décontamination des différentes parcelles d'aménagement pour qu'il soit intégré au coût global d'aménagement des différents îlots dont la réalisation d'une boucle géothermale – avec prise d'eau en mer, est l'un des éléments clé.

A ce stade du projet, nous disposons des éléments suivants :

- La cartographie de l'occupation historique de la zone conduite par Hydratec dans le cadre du concours de Maîtrise d'œuvre, établie sur une analyse cartographique des données issues des archives départementales et du recensement BASIAS (sites industriels et activités de services répertoriés par la DRIRE en tant qu'ICPE – Installations Classées pour la Protection de l'Environnement).
- Différentes classes d'occupation du site ont pu ainsi être répertoriées selon la nature de la contamination qui a pu être potentiellement générée sur site – cf. figure 1 page suivante.



Légende :

Hydrocarbures :

1.  Hydrocarbures lourds-stockage – usine à gaz – centrale électrique au charbon
2.  Hydrocarbures légers – dépôt liquide inflammable - essence

Chimie et pétrochimie :

3.  Savonnerie - huilerie
4.  Raffinerie de pétrole avec produits dérivés soufrés – purification de glycérine
5.  Composés halogénés volatils – peinture – solvants - PCB

Autres composés organiques :

6.  Abattoirs – marchés aux bestiaux – porcherie - minoterie

Métaux lourds :

7.  Métaux lourds issus d'ateliers de mécanique - tonnellerie
8.  Métaux lourds issus de fonderie - métallurgie

Zones sans informations environnementales a priori :



5 DÉPOLLUTION

1/ CONTEXTE, OBJECTIFS

La piézométrie de nappe définie lors du concours de maîtrise d'œuvre par Hydratec (nappe alluviale, nappe des poudingues) et établie sur la base des données recueillies à la Banque du Sous-Sol (site Infoterre avec recensement de l'ensemble des sondages, forages déclarés dans le cadre du code minier) – cf. figure 2.

La nappe circule selon une orientation générale Nord Est / Sud Ouest à une profondeur de quelques mètres en front de mer, jusqu'à une dizaine de mètres de profondeur sous les coteaux qui dominent le port.

Les différentes données bibliographiques relatives aux diagnostics de sols et nappe établis dans le cadre d'Euromed I ou de la réalisation locale de projet à Marseille :

- **Projet Euromed Center :**

- calcul des risques sanitaires Burgeap – juin 2007,
- étude de dimensionnement de travaux – approche des coûts – Burgeap – mars 2007,
- reprise de l'estimation des surcoûts liés à la gestion des terres polluées suite aux modifications du projet – Burgeap – décembre 2009.

- **Secteur 4 : Saint Charles :**

- étude de pollution des sols – diagnostic initial – étape A – Burgeap – février 2007,
- ZAC Saint Charles – Etude de pollution des sols diagnostic initial – Etape A – Burgeap – février 2007.

- **Futur Théâtre de la Minoterie :**

- reprise du chiffrage des coûts de gestion des terres dans le cadre de la réalisation du projet – Burgeap – janvier 2010.

- **Ancienne usine à gaz :**

- diagnostic complémentaire de pollution dans le cadre de la réhabilitation d'une friche industrielle-Burgeap-octobre 2009,
- synthèse des premiers calculs de risque permettant de définir des axes de réflexion quant à l'aménagement du site-Burgeap – novembre 2009,
- diagnostic initial et diagnostic approfondi de l'ancienne usine à gaz de Marseille - Erg – mai et août 2002,
- estimation des coûts de réhabilitation – Erg – mars 2008,
- opération de réhabilitation des sources de contamination phase 2 – Erg – février 2002,
- mission d'expertise et de consul – site Allar – Antéa – janvier et avril 2009.

Piézométrie de nappe



Setec Hydratec 04/2009
Figure 2 : Piézométrie de la nappe

Sur l'emprise d'Euromed II, seule la parcelle « Allar » prise en partie sur l'ancienne usine à gaz, a fait l'objet de campagnes étendues de reconnaissances de sol et nappe – voire de travaux de décontamination locaux et partiels. Sur les autres parcelles du projet, et donc en particulier sur les sites des anciennes (ou actuelle ICPE), nous ne disposons d'aucune reconnaissance de sol, à ce stade.

A noter que le réseau de voies ferrées du Canet va faire l'objet d'une première campagne de reconnaissance de sol et nappe dont les résultats ne sont pas encore à ce jour connus.

Le projet d'aménagement défini au stade d'une esquisse suffisamment avancée pour définir les cotes futures d'aménagement (telles que communiquées par le Cabinet d'architecte) pour l'ensemble du site, et donc en particulier, sur chaque îlot d'aménagement – cf. figures 3 et 4.

5 DÉPOLLUTION

1/ CONTEXTE, OBJECTIFS



Figure 3 : projet d'aménagement



Figure 4 : nouvelle topographie avec aménagement

5 DÉPOLLUTION

2/MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE

En l'absence de reconnaissance systématique in situ de la qualité des sols et nappe (y compris niveaux de nappe), définir un coût de décontamination reste un exercice délicat qui, à ce stade, ne peut rester qu'à l'échelle de précision d'une étude de définition de pré-cadrage.

D'autre part, cette estimation doit intégrer plusieurs géométries du projet :

- La réalisation de la plateforme d'aménagement définie par îlot, selon les orientations urbaines et les contraintes d'aménagement définies par l'équipe de Maîtrise d'œuvre : parc des Aygalades, parcelle XXL en remblais,
- Un nombre encore non défini de structures enterrées (sous-sol, parc de stationnement enterré ...) susceptibles de solliciter des sols contaminés.

Dans ce contexte, nous avons adopté la démarche d'étude suivante, qui reproduit à l'échelle des 170 ha d'aménagement d'Euromed II, la méthodologie de diagnostic que l'on applique en général sur des îlots, ZAC d'extension moins importantes, et pour lesquelles on dispose de données environnementales plus fournies, compte tenu d'un état d'avancement d'études environnementales plus avancées.

La démarche a alors été la suivante :

- Constitution du plan topographique d'aménagement sur la base du plan d'architecte qui indique les cotes de rez-de-chaussée et cote chaussée objectifs.

Le plan topographique MNT (modèle numérique du terrain naturel) a ainsi été reconfiguré pour aboutir au plan de la topographie future du site – terrains nus décaissés ou remblayés selon le profil de terrassement du projet. Ce nouveau plan préfigure le futur plan de terrassement de fond de fouille : les cotes de terrassement définies tiennent compte en particulier d'un décaissement systématique de 30 cm sous la cote chaussée pour tenir compte de l'épaisseur de dalle ou de fond de forme sous les structures hors sous-sol.

Le croisement du plan MNT et du plan de topographie future permet de calculer les volumes de déblais et remblais générés pour caler le plateau de terrassement qui servira d'assise aux futurs aménagements.

Il est alors possible de fournir par îlot les cotes moyennes de terrain naturel et la cote projet.

Définition du nombre de sous-sol

Nous avons pris comme hypothèse que les sous-sols devaient se situer hors nappe (des hypothèses de radier drainant ou cuvelage étanche ont été rejetées à ce stade de l'évaluation).

A partir de la cartographie de la piézométrie de nappe, nous avons donc affecté une cote de nappe à chaque îlot. Cette cote de nappe restant bibliographique, pour rester conservatif vis-à-vis du projet, nous avons adopté une revanche de 1.5 m sur les niveaux de nappe (qui peut aussi être interprétée comme intégrant les variations saisonnières de nappe).

Nous avons aussi retenu une hauteur de sous-sol de 2.5 m, de l'arase inférieure de la dalle supérieure jusqu'au fond de fouille du milieu inférieur.

Qualification environnementale des différentes parcelles

Les données bibliographiques locales propres aux principaux sites marseillais qui ont fait l'objet de travaux de dépollution, permettent de dresser, pour chaque site, une « signature » qui traduit la proportion de sol plus ou moins contaminés selon la profondeur.

Nous avons ainsi retenus quatre sites spécifiques pour lesquels les données bibliographiques existantes permettent

de définir par tranche de sol de 1 m, la répartition en classe de sol (K1 : sol fortement contaminé traité en centre de classe 1, K2 : sol « moyennement » contaminé traité en centre de classe 2, sol K3 : terre non contaminée réutilisable sur site).

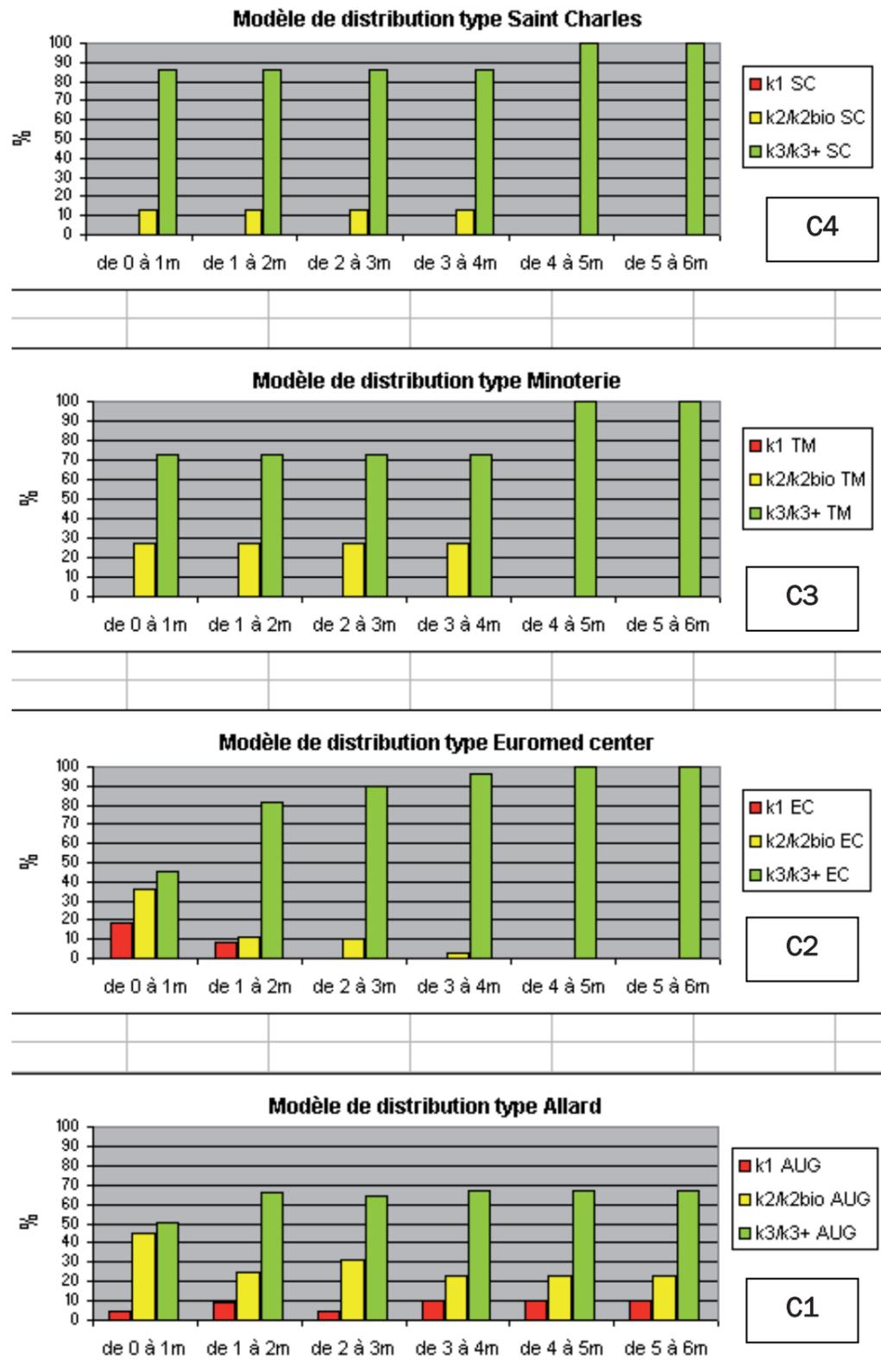
- **Modèle C1** – ancienne usine à gaz : la contamination en K1 est persistante jusqu'à 6 m de profondeur. La proportion de K2 est relativement constante sur toutes les tranches de sol jusqu'à 6 m au moins. Ces caractéristiques peuvent être liées à l'importance des structures enterrées – anciens réservoirs de stockage, fours et réseaux enterrés associés qui caractérisaient ce type d'infrastructure.
- **Modèle C2** – Euromed center : contamination en K1 jusqu'à 8 m de profondeur, associé à du K2 qui s'estompe avec la profondeur.
- **Modèle C3** – Théâtre de la Minoterie : absence de K1 et K2 présent jusqu'à 4 m.
- **Modèle C4** – Saint Charles : absence de K1 et K2 représenté jusqu'à 10 % environ jusqu'à 4 m de profondeur.
- **Modèle C5** – site non contaminé : terre de K3 sur l'ensemble du profil.

La répartition des sols selon ces modèles est présentée sur le graphique suivant :

5 DÉPOLLUTION

2/MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE

Figure 5 : modèle de distribution



K1 : terre très fortement polluée
K2 : terre moyennement polluée
K3 : terre non ou très peu polluée

Nous avons adopté la correspondance suivante, entre les différentes classes d'occupation historique du site (telles que définies par Hydratec cartographie historique) et les modèles bibliographiques, tels que donnés par le retour d'expérience sur des chantiers marseillais de décontamination.

Occupation historique

1	Hydrocarbures lourds - usine à gaz centrale électrique au charbon	Modèle C1
2	Hydrocarbures légers - DLI	Modèle C3
3	Savonnerie et huilerie	Modèle C3
4	Raffinerie de pétrole avec produits dérivés	Modèle C2
5	Composés halogénés volatils, peinture, solvants, PCB	Modèle C2
6	Abattoirs, marchés aux bestiaux	Modèle C4
7	Métaux lourds issus d'ateliers de mécanique, tonnellerie	Modèle C4
8	Métaux lourds issus de fonderie, métallurgie	Modèle C4
9	Zone sans information environnementale a priori	Modèle C5

Il est ainsi possible d'effectuer sur chaque îlot, pour chaque tranche de terrassement, une proportion de sol K1, K2 et K3, et donc de définir, par la suite, un coût de terrassement et d'évacuation des terres en filières adaptées.

5 DÉPOLLUTION

3/RÉSULTATS

3.1 Estimation de base des travaux de décontamination

Nous établissons les simulations sur un mode de décontamination par terrassement et traitement hors site des terres.

En l'absence de données plus précises sur la qualité exacte des terres, nous partons sur l'hypothèse que seuls les déblais de classe K3 peuvent être réutilisés sur site en tant que remblais, alors qu'il pourrait aussi être envisagé qu'une certaine proportion de terre K2, faiblement contaminées, puisse être réutilisée sur site, mais cette proportion reste, au stade de cette étude, difficile à évaluer.

Les estimations sont basées sur deux étapes de terrassement :

- un premier terrassement pour atteindre les plateaux d'aménagement sur l'ensemble de la surface d'aménagement,
- une deuxième phase de terrassement pour ouvrir les fouilles au droit des futurs sous-sols sous les ouvrages.

3.1.1 Terrassement du plateau d'aménagement

3.2.1.1 Cubatures

Certains lots d'aménagement ont été volontairement exclus des calculs de cubatures :

- lots 1.1 à 1.4 : le projet n'est pas à ce jour suffisamment abouti, en ce qui concerne en particulier la disposition des voies de circulation pour aboutir à une estimation pertinente des mouvements de terre,
- lot 2.5.1 : la topographie actuelle doit être affinée sur ce secteur et le MNT densifié pour permettre des calculs de terrassement satisfaisants.

D'autres lots ont intégré un volume indicatif de déblais :

- lot 4.5, 4.6 Parc des Ayalades : la surface indicative de terrassement a été calée pour un volume de déblais calculé à 391 678 m³ (proche des premières estimations à 325 000 m³ issues des calculs hydrauliques et du profil de la nouvelle cuvette topographique en cours d'étude).
- lot 4.7 - Parc de Bougainville : nous avons pris une hypothèse de 35 000 m³ de déblais en l'absence de données plus précises qui proviendront de l'étude hydraulique en cours (Hydratec).

Les estimations des cubatures de déblais/remblais pour réaliser les plateaux d'aménagement par lot, sont présentées dans le tableau suivant et cartographiées selon la figure présentée page suivante.

5 DÉPOLLUTION

3/RÉSULTATS

Les zones d'aménagement en remblais se concentrent principalement sur les parcelles XXL, 2.3 Cazemayou et 5.1 – 5.2 Canet Nord et Sud.

Ces zones de déblais sont significatives sur le Parc des Aygalades et parcelles 3.2 Allard Sud et 3.3 La Provence.

Les calculs de terrassement pour la réalisation des seuls plateaux d'aménagement (hors sous sol), conduisent aux estimations suivantes :

- **Déblais :** 1 011 128 m³ dont :
 - 46 182 m³ de K1 (4.5 %)
 - 288 499 m³ de K2 (28.5 %)
 - 676 447 m³ de K3 (67 %)

Les déblais des Parc Aygalades et Bougainville représentent 42 % du volume de déblais (426 678 m³).

- **Remblais :** 1 007 432 m³ dont :
 - 251 944 m³ pour l'îlot XXL (25 %)
 - 160 992 m³ pour l'îlot 2.5.2 Sogaris (16 %)
 - 98 812 m³ pour l'îlot 5.1 Sud Canet Nord (10 %)

Les déblais de K3 (676 447 m³) ne suffisent pas à répondre en totalité aux besoins en remblais (1 007 432 m³) : ils ne couvrent que 67 % des besoins : **Un volume de terre de remblais complémentaire (331 000 m³) doit être trouvé pour équilibrer les mouvements de terre.**

3.1.1.2 Estimation financière

Les estimations financières ont été établies sur les bases suivantes :

- terrassement – tri et analyses – transport et mise en décharge au centre de traitement :

Terre de K2 : 75 € HT/tonne

Terre de K1 : 115 € HT/tonne

Pour ce qui concerne les terres de classe K3, les déblais de K3 sont réutilisés dans leur intégralité en remblais pour un montant que nous évaluons à 15 € HT/m³ qui inclut : le terrassement, analyse et dépôt provisoire, reprise et mise en remblais.

Les estimations financières sont alors les suivantes :

• Traitement des terres de déblais – cf. tableau page suivante		
Traitement des terres de K1	: 83 127 tonnes	9 559 645 € HT
Traitement des terres de K2	: 519 298 tonnes	38 947 334 € HT
Réutilisation sur site des terres de K3	: 676 447 m ³	10 146 708 € HT
Total		<hr/> 58 653 687 € HT

La cartographie des coûts de décontamination des déblais est présentée en figure page suivante.

- Importation des terres de remblais

Pour une mise à niveau aux plateaux de terrassement, il faut importer 331 000 m³ de remblais. Au coût indicatif de 40 € HT/m³ qui inclue l'acheminement et la mise en œuvre soignée, avec compactage des terres de remblai, le coût de l'importation de ces terres représente un montant de :

$$331\,000\text{ m}^3 \times 40\text{ € HT/m}^3 = 13\,240\,000\text{ € HT}$$

- Coût global

Coût global de décontamination et mise en plateau d'aménagement de l'ensemble de l'opération (sans sous-sol) de :

$$58\,653\,687 + 13\,240\,000 = \mathbf{71\,893\,687\text{ € HT}}$$

Cette estimation constitue une évaluation haute dans la mesure où :

- Certaines terres de K2, faiblement contaminées, pourraient être réutilisées, sous conditions, en tant que terres de remblais hors zone sensible,

- Des déblais de démolition, issus par exemple du recyclage de bétons concassés, pourraient aussi être introduits, sous conditions, comme matériaux de remblais.

Ces deux points peuvent alors réduire le coût global de décontamination des sites.

5 DÉPOLLUTION

4/APPLICATION AU SECTEUR DU PARC DES AYGALES ET DE BOUGAINVILLE

4.1 Contexte d'insertion

4.1.1 Données récentes sur le faisceau de voies ferrées du Canet

Le projet de Parc des Aygalades représente un volume de terrassement conséquent de près de 400 000 m³, soit plus du tiers du volume de déblais qui sera généré par le projet complet sur l'ensemble du périmètre de l'OIN.

Les premières campagnes de sondages conduites l'été dernier, bien encore que partielles du fait des conditions d'occupation actuelles sur le périmètre de la Gare de triage toujours en service, et insuffisamment poussées compte tenue de l'état d'avancement du projet au moment de leur réalisation, indiquent des anomalies en contaminant organiques de type Hydrocarbures et composés de type solvants, qui restent d'extension limitées, au droit de zones sensibles, tels que les anciens ateliers d'entretien et zones de stockage, sans que la contamination n'affecte la totalité du site et les différentes strates qui seront, plus tard, terrassées dans le cadre du projet de Parc.

Par contre, il subsiste une contamination diffuse en métaux lourds sur un périmètre pouvant être plus large, susceptible d'affecter l'ensemble des couches d'origine anthropiques, mises en remblais au début du siècle dernier pour permettre la réalisation de l'actuelle plate-forme ferroviaire.

Cette contamination diffuse en métaux lourds lixiviables, n'est sans doute pas liée directement ou complètement à l'occupation historique du site et à l'activité ferroviaire, mais a pu être importée des zones d'origines d'apport des terres issues des zones d'activité locales de l'époque (ateliers portuaires, savonneries, huileries, usines...).

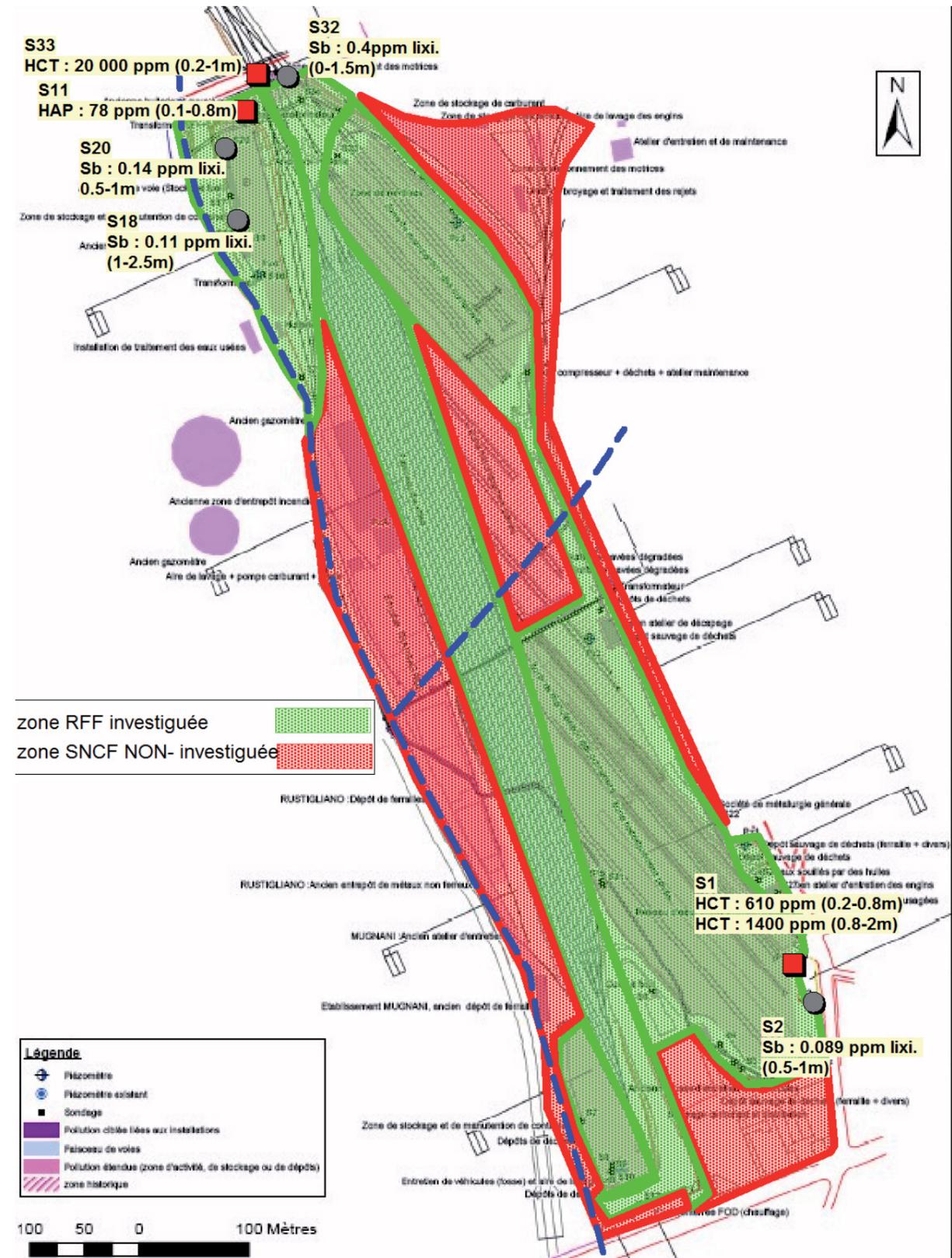
La nappe ne sera pas affectée par les futurs terrassements et apparait- à ce stade, que très faiblement impactée : anomalie résiduelle en arsenic sur l'un des 6 piézomètres du site.

Dans ce contexte, les modalités de traitement du site doivent être examinées selon différents approches technico-économiques permettant de traiter à la fois des spots isolés de contamination en composés organiques - de type hydrocarbures et solvants chlorés, et une contamination plus diffuse en métaux lourds lixiviables.

D'autre part, compte tenue de la surface d'emprise et des volumes de déblais engagés, le moindre spot de contamination peut générer des volumes de terres à traiter significatifs qui peuvent justifier de mutualiser les moyens de traitements d'une zone à l'autre du projet de Parc, voire d'une phase à l'autre, à l'échelle de l'aménagement et du phasage complet du projet de l'OIN.

Les sondages réalisés par BG sur l'emprise RFF du faisceau de voies ferrées du Canet indiquent quelques zones impactées localement proches de foyers de contamination de type -aire de stockage de produits hydrocarbures ou de déchets industriels, ateliers, zone de manutention, avec présence d'hydrocarbures de type huile minérale HCT et rares hydrocarbures de type HAP; sans pour autant que la contamination soit générale à l'échelle du site, avec d'autre part, des classes de contamination de type K2 « terre moyenne contaminée » à K2bio « terre pouvant être traitées par traitement biologique »

On trouve aussi localement en partie Nord et limite Sud de la gare du Canet, des horizons impactés en hydrocarbures sur les deux premiers mètres, voire plus en profondeur sur la partie Sud.



5 DÉPOLLUTION

4/APPLICATION AU SECTEUR DU PARC DES AYGALADES ET DE BOUGAINVILLE

4.2 modalité de traitement des terres

Plusieurs scénarios de traitement ont alors été examinés et se résument comme suit :

tableau des simulations du modèle technico-économique	pas de réutilisation des terres sur site	avec réutilisation des terres sur site
sans mutualisation des moyens de traitement (pas de plate-forme mutualisée de traitement des matériaux)	A1 : exportation et traitement des terres impactées, hors site	A2 : traitement hors site, puis reprise des terres traitée en remblais
avec mutualisation des moyens de traitement ou de stockage (par de plate-forme mutualisée de traitement des matériaux)	B1 : traitement sur site, puis exportation des terres traitées	B2 : traitement des terres sur site, puis réutilisation des terres en remblais

La mutualisation des moyens de traitement, sur une plate-forme dédiée, commune aux différentes phases de réalisation du projet, pour une gamme large de traitement des terres, doit permettre de réduire sensiblement les coûts de traitement et de pouvoir réutiliser, sous réserve, les terres traitées.

La réutilisation des terres reste un point clé à assurer pour permettre de trouver un équilibre dans la gestion des mouvements de terres à l'échelle de l'OIN et permettre que l'offre en déblais compense la demande en remblais, en particulier sur les îlots qui seront les plus fortement surélevés.

prix unitaires	K1	K2	K3
	EHT/tonne	EHT/tonne	EHT/ <u>m3</u>
A1	115	75	15
A2	130	90	15
B1	100	60	10
B2	90	50	10
	K1 EHT/m3	K2 EHT/m3	K3 EHT/m3
A1	207	135	15
A2	234	162	15
B1	180	108	10
B2	162	90	10

Les hypothèses sur les prix unitaires ont été prises comme suit :

La solution A2 –traitement hors site et reprise des terres en remblais est la plus pénalisante en terme de gestion, puisqu'elle conduit à acheminer et traiter les terres hors site, puis les reprendre et les ré-acheminer sur site pour être utilisées en remblais : cette approche peut être envisagée pour des terres faiblement impactées de type k2 biologique pour lesquels les moyens de traitement performant existent, mais parait plus problématique pour des terres trop fortement impactées. Ainsi cette solution n'est présentée qu'à titre indicatif pour servir de base de comparaison avec les autres solutions.

Le traitement sur site (série B1 et B2) présente l'avantage d'un bilan carbone limité, du fait de la suppression de la lourde composante « transport » et permet un permet une gestion plus efficace des terres à traiter.

Par contre, les inconvénients existent :

- La mutualisation des moyens implique un flux constant ou quasi constant des terres à traiter selon un même mode de traitement, notamment pour ce qui concerne des modes de traitement lourds, de type désorption thermique qui peuvent faire appel à des unités mobiles de traitement à installer sur le site de traitement, à condition que le seuil de rentabilité pour de tels aménagements soit dépassé. Des amenés/replis successives de telles installations peuvent être très préjudiciables,

- Par contre des moyens de traitement de type bio-pile ou bio-tertre peuvent présenter une plus grande souplesse, mais ne concernent pas les mêmes types de contamination,

- La mutualisation des moyens doit se faire dans le respect des règles de l'art, en particulier pour ce qui concerne les mises en sécurité et sureté de la plate-forme susceptible d'accueillir des terres de degrés et natures de contamination variées, et pour ce qui est aussi de la traçabilité des terres avant/au cours et après traitement ; d'où la nécessité de disposer sur site des moyens de confinement, cloisonnement, isollements réglementés qui nécessitent des aménagements spécifiques (cellules de stockage, surface imperméabilisées...) : le site de stockage et de traitement doit donc être aménagé et bénéficier des autorisations réglementaires propres aux ICPE.

5 DÉPOLLUTION

4/APPLICATION AU SECTEUR DU PARC DES AYGALADES ET DE BOUGAINVILLE

Dans ce cadre, les estimations de traitement des terres sont présentées ci-après pour les quatre hypothèses :

en EUROS HT					
A1					Total EUROS HT
réf. Lot	k1	k2	k3		
4.5	1 692 018	6 069 330	429 150	8 190 498	
4.6	6 415 758	23 012 775	1 627 170	31 055 703	
4.7	159 390	538 650	452 550	1 150 590	
					40 396 791
A2					
réf. Lot	k1	k2	k3		
4.5	1 912 716	7 283 196	429 150	9 625 062	
4.6	7 252 596	27 615 330	1 627 170	36 495 096	
4.7	180 180	646 380	452 550	1 279 110	
					47 399 268
B1					
réf. Lot	k1	k2	k3		
4.5	1 471 320	4 855 464	286 100	6 612 884	
4.6	5 578 920	18 410 220	1 084 780	25 073 920	
4.7	138 600	430 920	301 700	871 220	
					32 558 024
B2					
réf. Lot	k1	k2	k3		
4.5	1 324 188	4 046 220	286 100	5 656 508	
4.6	5 021 028	15 341 850	1 084 780	21 447 658	
4.7	124 740	359 100	301 700	785 540	
					27 889 706

La solution A2 est la plus pénalisante financièrement (traitement hors site et rapatriement des terres traitées) et la plus sensible dans son déroulement, dans la mesure où la réutilisation de toutes les terres traitées hors site reste difficile à gérer que ce soit sur le plan technique ou sur le phasage de réalisation des opérations d'excavation/traitement/remblaiement.

Cette solution induit aussi un déficit en matériaux réutilisables à l'échelle du projet qui aura des conséquences lourdes sur l'équilibre déblais/remblais à assurer : l'importation de terre de remblais, pour combler ce déficit, n'est pas présentée ; mais doit être anticipée comme un surcoût lié à l'apport de matériaux extérieurs, supporté par les phases suivantes d'aménagement à l'échelle de l'OIN.

La solution B2 (traitement sur site, réutilisation sur site) est la plus significativement intéressante sous les réserves évoquées ci-avant, et permet une gestion plus durable des mouvements de terres.

Sans s'attacher à l'enveloppe absolue des montants de travaux, donnés au stade indicatif et pour une estimation encore très « bibliographique » de la nature, degré et importance des différentes classes de contaminations en l'absence de reconnaissances in situ complètes, il reste intéressant de remarquer que les écarts restent très significatifs d'une solution à l'autre, et devraient être par la suite comparés au montant de réalisation de la plate-forme satellite de stockage et traitement des matériaux - à affiner dans le cadre d'une étude spécifique de définition :

celle-ci précisera les différentes composantes à la fois techniques, réglementaires, foncières et juridiques du projet de plate-forme, pour confirmer l'approche présentée.

6 Annexes

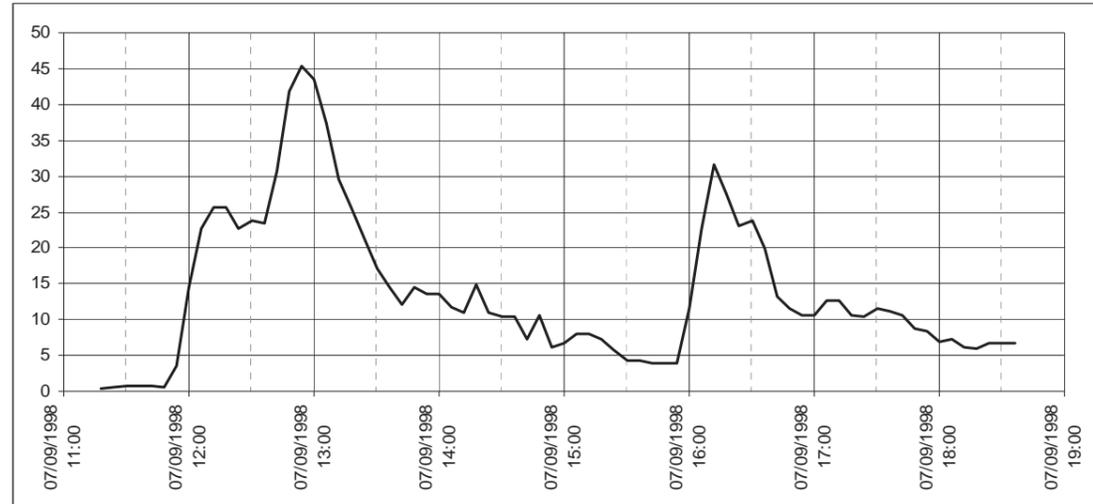
- ANNEXE 1** : Crues les plus importantes mesurées sur la période 1998-2007.....p116
- ANNEXE 2** : Techniques alternatives à la rétention des eaux pluviales : exemples de stockage intégrée à une trame urbaine (source : Conseil Général de la Seine-St Denis).....p123
- ANNEXE 3** : Caractéristiques des sous-bassins versants pluviaux sur la zone d'étude en situation actuelle.....p125

6 ANNEXES

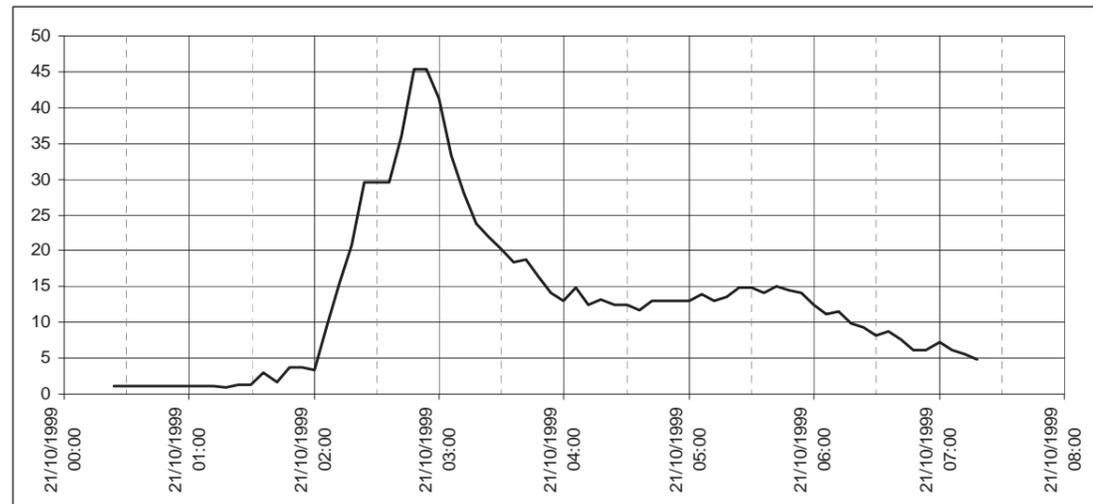
ANNEXE 1

Crues les plus importantes mesurées sur la période 1998-2007

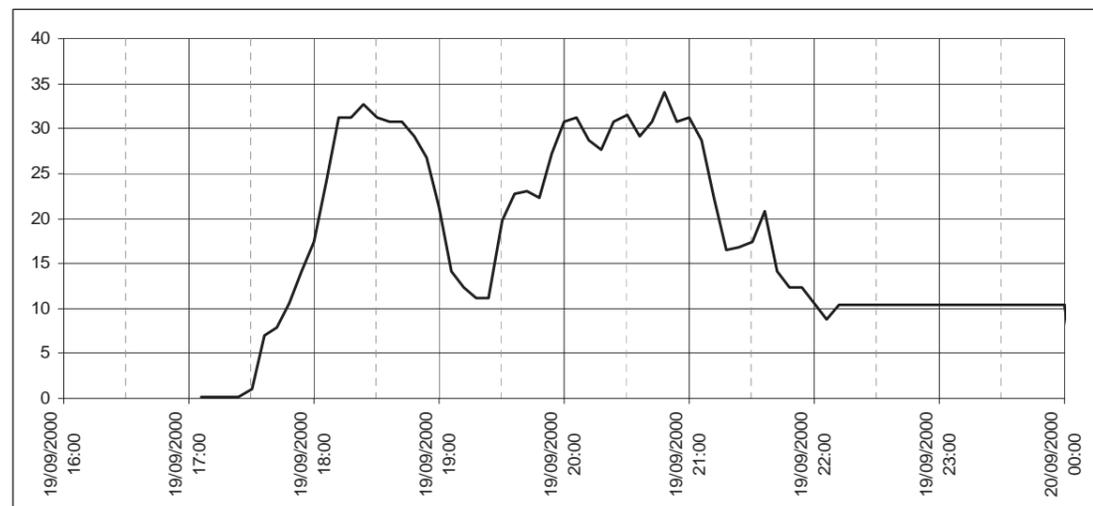
7 septembre 1998



21 octobre 1999



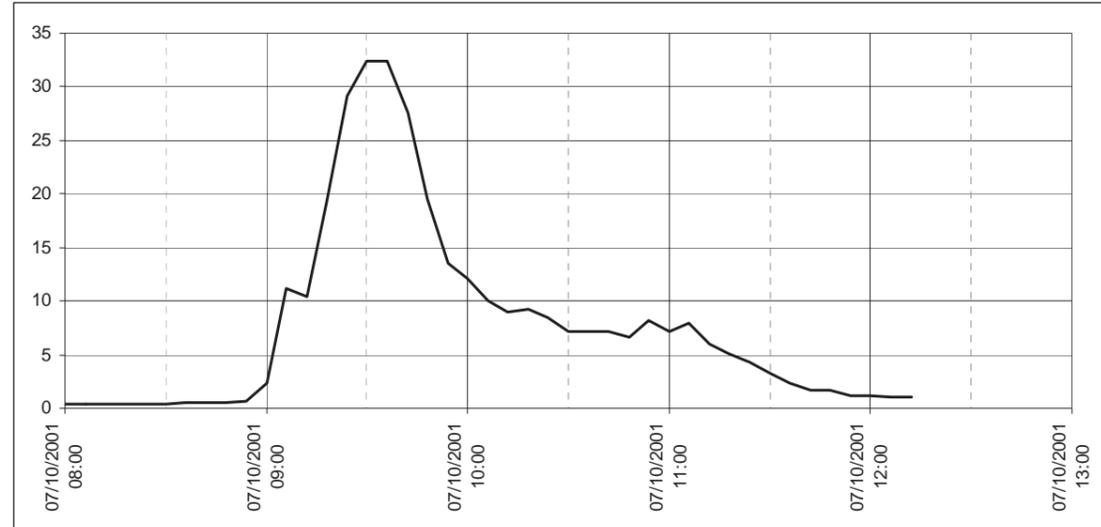
19 septembre 2000



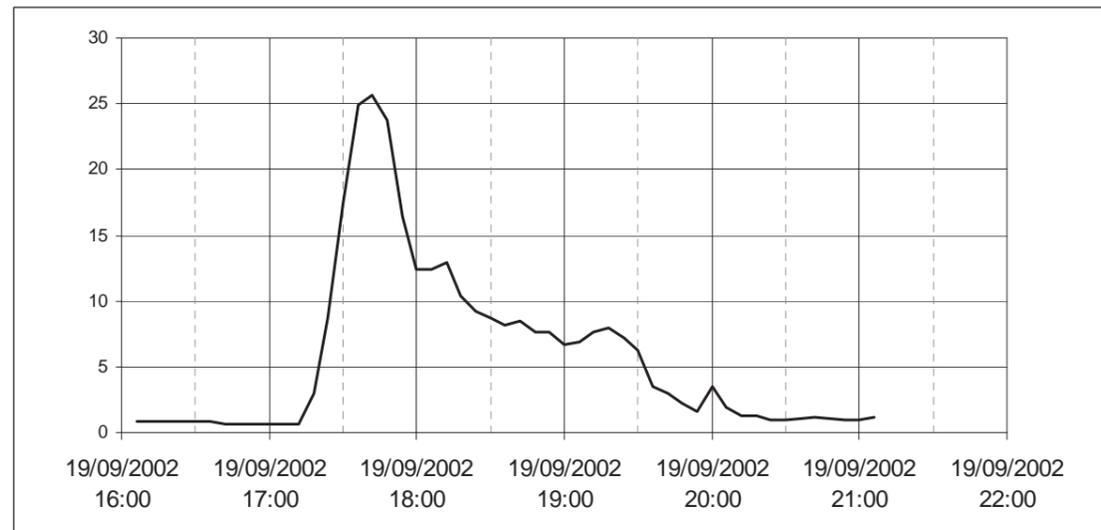
6 ANNEXES

ANNEXE 1

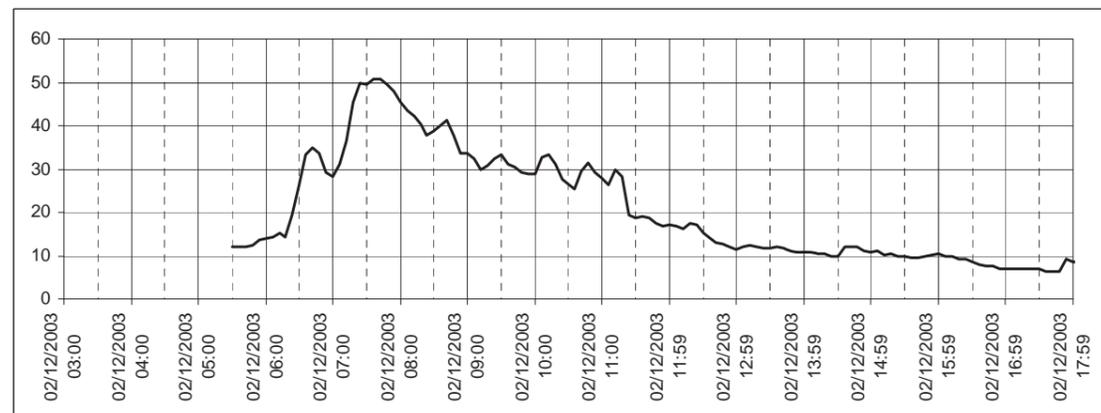
7 octobre 2001



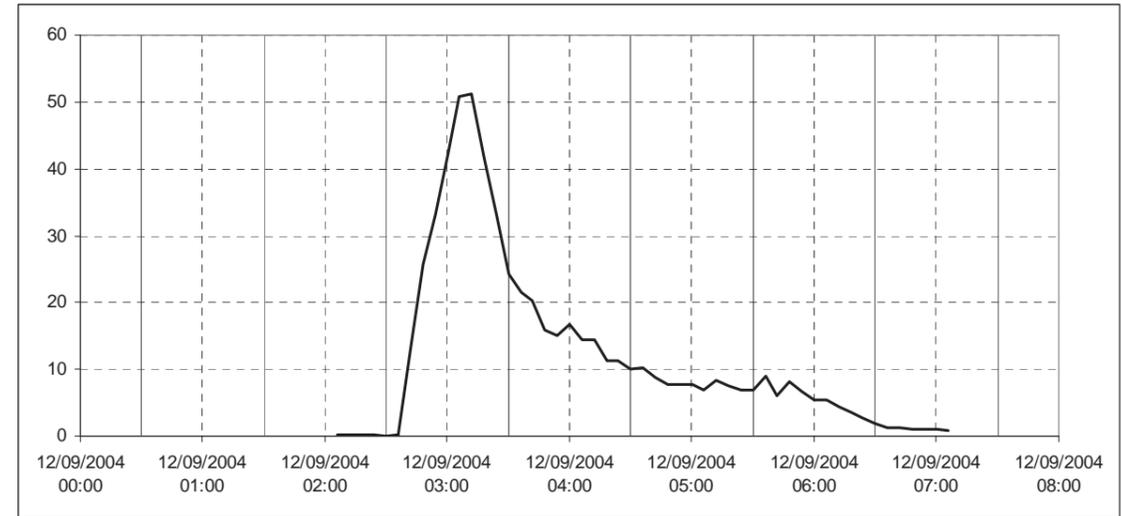
19 septembre 2002



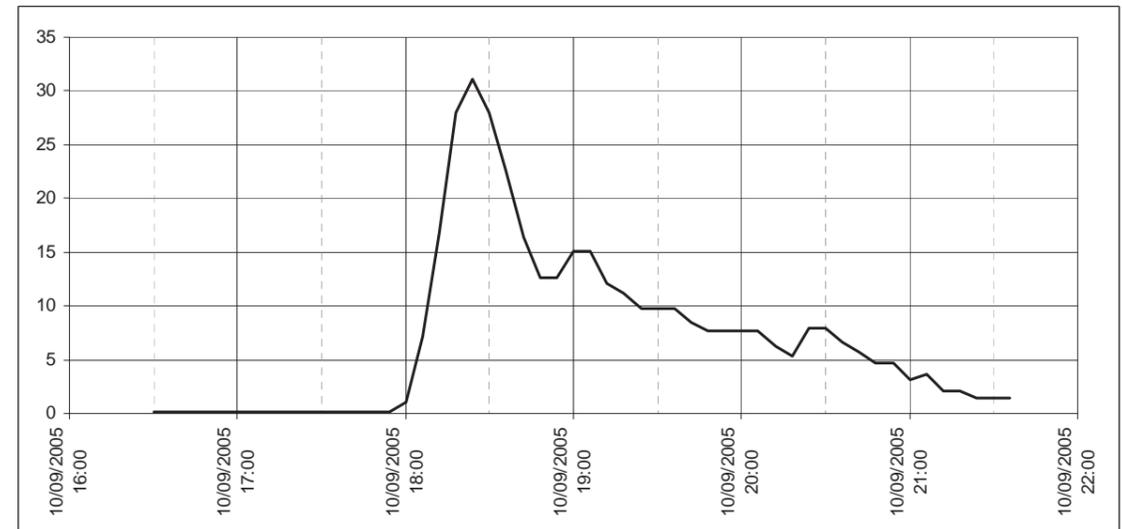
2 décembre 2003



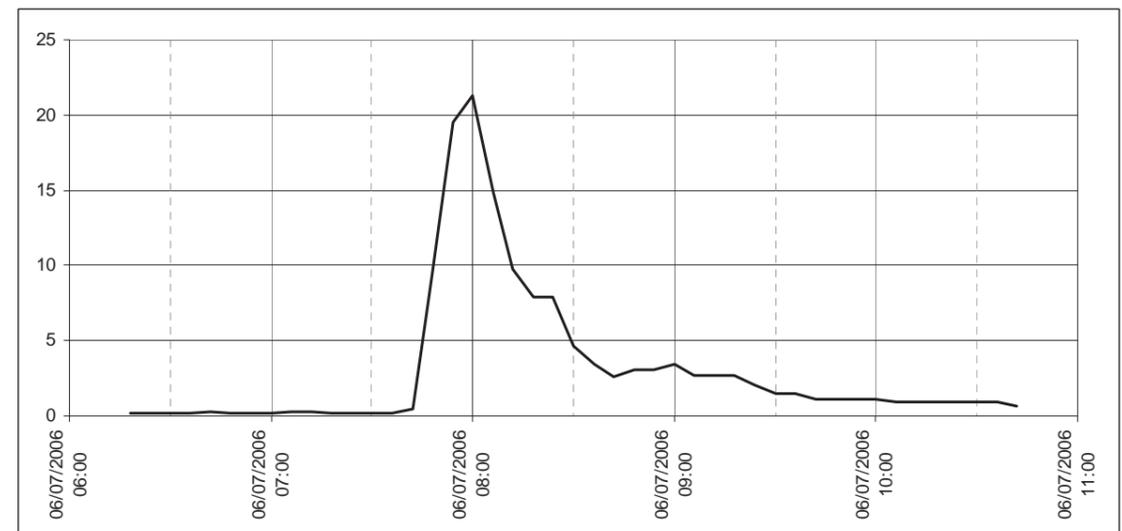
12 septembre 2004



10 septembre 2005



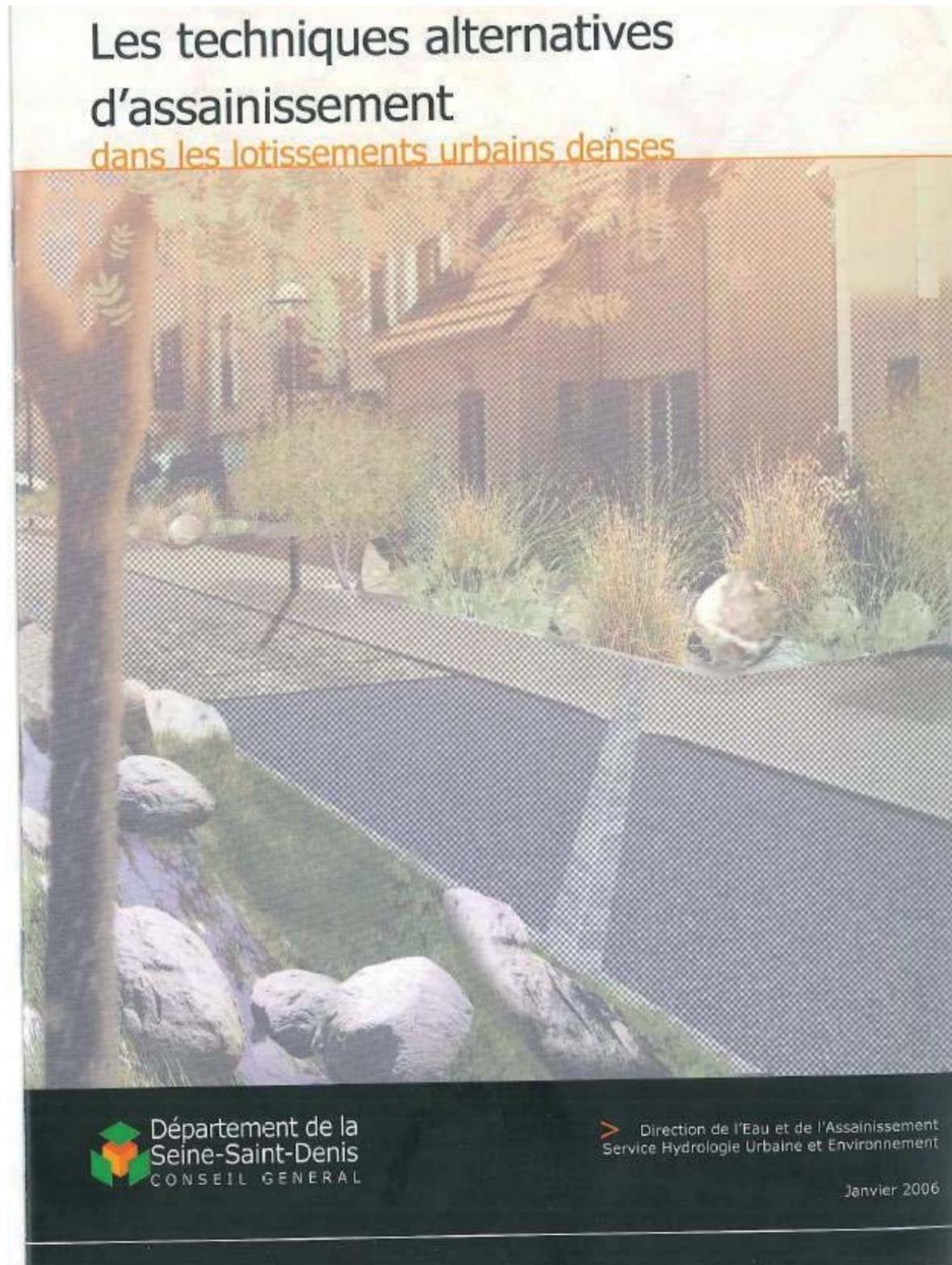
6 juillet 2006



6 ANNEXES

ANNEXE 2

Techniques alternatives à la rétention des eaux pluviales : exemples de stockage intégrée à une trame urbaine (source : Conseil Général de la Seine-St Denis)



Des techniques de maîtrise des eaux pluviales

La maîtrise des eaux pluviales, à ciel ouvert, en milieu urbain, une approche aujourd'hui validée

La Seine Saint-Denis, par sa Direction de l'Eau et de l'Assainissement, a développé et encouragé la mise en oeuvre de techniques dites "alternatives" pour prévenir les risques d'inondation par temps de pluie. Intervenir directement sur le tissu urbain, en créant des zones d'inondation prioritaire, sur les toits, sur les espaces verts, sur certaines places de parkings, sur les cours, les aires de jeux, etc..., telle est la méthode aujourd'hui largement reprise par nombres d'acteurs de l'aménagement. Plusieurs raisons à cela :



Espaces publics par temps sec



Zone d'inondation prioritaire lors d'une pluie d'orage



Fiables et durables

Ces techniques font appel à des principes simples : un écoulement gravitaire, une circulation et un stockage à ciel ouvert pour tout ou partie du volume. Faciles d'accès, entretenues comme de la voirie ou de l'espace vert, elles se révèlent fiables et pérennes.

Sûres

Ces techniques, intégrées dans le tissu urbain, peuvent être conçues pour répondre à toutes les contraintes de sécurité, et de confort, quel que soit le temps, quelle que soit la pluie.

Valorisantes

Modelant le terrain, créant une animation, des usages inattendus, certaines participent activement à la valorisation de l'espace urbain qu'elles occupent.

Economiques

Par l'économie d'infrastructures qu'elles génèrent, par les aides qu'elles peuvent entraîner, elles se révèlent facteur d'économie, au profit du paysage et du cadre de vie.

Un enjeu : développer des techniques toujours plus adaptées au tissu urbain desservi

Ces zones d'inondation privilégiée doivent être considérées comme des aménagements urbains, ensuite seulement comme des équipements hydrauliques. Leur conception doit intégrer en premier lieu la problématique de l'espace occupé, ses usages, ses modes de gestion et d'entretien, ses critères de réalisation. Les techniques les plus adaptées ne sont pas celles les plus performantes en termes d'hydrologie, mais celles répondant le mieux aux usages du lieu qu'elles occupent.

6 ANNEXES

ANNEXE 2

Techniques alternatives à la rétention des eaux pluviales : exemples de stockage intégrée à une trame urbaine (source : Conseil Général de la Seine-St Denis)

adaptées aux lotissements résidentiels

Cas particulier : maîtriser les eaux pluviales des lotissements résidentiels

- Espace vert, parc de stationnement, zone d'activités, centre commercial, chaque occupation du sol dispose d'une gamme d'ouvrages de stockage adaptés. Les lotissements d'habitat individuel aussi. Cependant les ouvrages habituellement mis en oeuvre n'apportent pas toujours entière satisfaction à leurs aménageurs, promoteurs ou habitants. Le Conseil Général de la Seine Saint-Denis souhaite voir mis en oeuvre les ouvrages les mieux adaptés. Après étude, il en présente les principes dans ce document. Aux concepteurs de s'en inspirer et les adapter à leur projet.

Intégrer un mode opérationnel, un tissu urbain, des usages particuliers

- Chaque lotissement présente des caractéristiques propres en termes de topographie, géologie, proximité de réseau public, mode opératoire de construction ou de commercialisation. Les caractéristiques sont concentrées ici dans un plan de référence regroupant 5 lotissements représentatifs de la typologie de Seine Saint-Denis. En fonction de ces différents contextes, des modes de stockage ont été conçus, répondant chacun à des objectifs particuliers

Une gamme de techniques de rétention présentées dans une étude de cas



Les techniques alternatives d'assainissement dans les lotissements urbains denses

Module

Des dispositifs de stockage standardisés

> Quartier Nord-Ouest pavillonnaire périurbain
Surface totale : 0,87 ha
C : 0,5
Surface active : 0,51 ha
Région autorité : 2 Ite
Vol. 10 ans : 207 m³
Vol. 5 ans : 165 m³
Vol. 1 an : 107 m³
Vol. 6 mois : 41 m³
Vol. 1 mois : 14 m³



Légende

- Unité de stockage semi-enterrée
- Circulation autorisée
- Circulation à ciel ouvert
- Circulation de bus



RETENIR DANS DES DISPOSITIFS PRÉFABRIQUÉS, CONSTITUANT DES BACS DE FLEURISSEMENT

Un mode opérationnel adapté aux lotissements libres

- Certains lotissements se commercialisent en lots libres. Sur chaque lot, l'acquéreur y bâtit la maison de son choix. Le plus fréquemment, il choisit un modèle dans une gamme établie par un constructeur. Nul maître d'oeuvre, architecte, bureau d'études ou paysagiste ne vient l'assister. Dans ce contexte, la maîtrise des eaux pluviales ne peut être envisagée à la parcelle qu'à la condition d'en supporter toutes les contraintes de conception et de gestion.

Des modules de rétention répartis sur les espaces publics et privés

- Des ouvrages de stockage constitués de modules préfabriqués, tous identiques dans leur structure, sont pré implantés sur chaque parcelle, et disposés selon les besoins et opportunités sur la voirie.

Des ouvrages pré-fabriqués, à personnaliser

- L'utilisation de modules présente l'avantage d'offrir à chacun la possibilité de personnaliser son dispositif tout en conférant au quartier, par la répétition de mêmes motifs, une unité paysagère. Unité, qui reste souvent peu lisible de par l'hétérogénéité du bâti.



Détail d'une parcelle

Les techniques alternatives d'assainissement dans les lotissements urbains denses

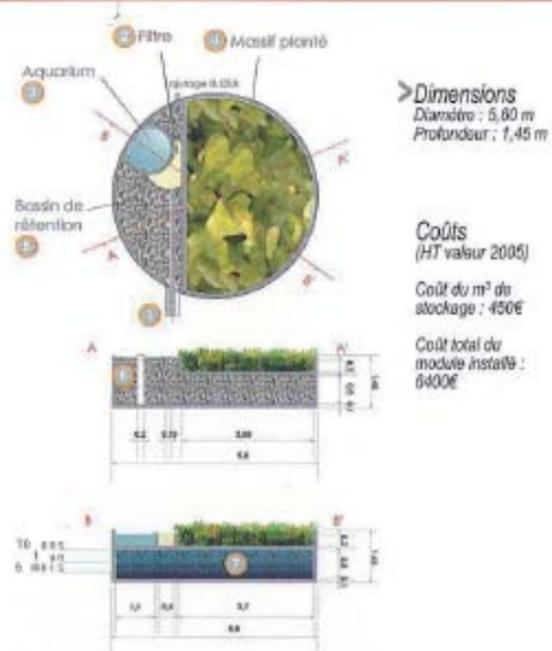
6 ANNEXES

ANNEXE 2

Techniques alternatives à la rétention des eaux pluviales : exemples de stockage intégrée à une trame urbaine (source : Conseil Général de la Seine-St Denis)

Un dispositif mêlant filtration, recyclage et stockage

- Des caniveaux sur espaces publics et privés, des drains complémentaires en faible profondeur, collectent et alimentent les modules de stockage. Les eaux pénètrent dans le filtre, puis surversent dans l'aquarium et le massif planté, avant de déborder dans le bulbe cailloux. L'évacuation du dispositif est limitée par un ajutage situé en amont immédiat de la canalisation de vidange. Il produit une mise en charge du bulbe lors de pluies importantes. Un réseau enterré évacue le débit contrôlé jusqu'au réseau public.



Plan et coupe du module de stockage

Une sécurité totale

- Quelle que soit la pluie, seul l'aquarium laisse apparaître l'eau, telle une mare. De surface et de profondeur réduites, il ne présente aucun risque pour les résidents. L'eau, filtrée, limite les risques de colmatage du bulbe. Néanmoins, un brassage et un nettoyage des graviers constituant le bulbe, accessible, permet de remédier aux éventuels effets du temps.



Les techniques alternatives d'assainissement dans les lotissements urbains denses

HQE

Des eaux pluviales au service du jardin

RECYCLAGE, DÉPOLLUTION, ET STOCKAGE DANS L'AIRE DE JARDINAGE, UNE APPROCHE DE HAUTE QUALITÉ ENVIRONNEMENTALE

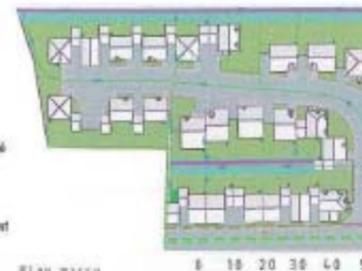
Une gestion très performante des eaux en espace extérieur

- Un nombre croissant d'opérations d'aménagement s'inscrivent dans une démarche dite de Haute Qualité Environnementale (HQE). Cette démarche implique de satisfaire divers objectifs, appelés cibles, dont celle de préserver la ressource en eau (cible 5 Gestion de l'Eau). Le dispositif hydraulique et paysager présenté ici constitue une réponse pouvant être classée «très performante» dans le référentiel HQE pour la gestion des eaux en espace extérieur.

Contexte

Quartier Nord-Est

Pavillonnaire dense
Surface totale : 1,16 ha
C : 0,64
Surface bâtie : 0,14 ha
Rajot austral : 2 ds
Vol. 10 ans : 379 m³
Vol. 5 ans : 304 m³
Vol. 1 an : 121 m³
Vol. 6 mois : 70 m³
Vol. 1 mois : 25 m³



Légende

- Stockage souterrain
- Dépollution
- Circulation enterrée
- Circulation à ciel ouvert
- Circulation de l'eau
- Réserve d'eau enterrée pour le recyclage

Plan masse

Un long cheminement épurateur à travers les jardins

- Les descentes d'eau des toitures débouchent sur des réservoirs à ciel ouvert, tels les bidons d'autrefois ou les modèles vendus dans le commerce. Le réservoir plein, il déborde dans une rigole sommairement dessinée par un modelé du terrain et revêtu de galets. Avec les eaux de voirie, l'eau s'écoule jusqu'à une noue en fond de parcelle. Noue constituée de deux parties :
 - une partie enterrée, le bulbe de cailloux, qui contient les eaux des pluies les plus fréquentes (jusqu'à 6 mois)
 - une partie à ciel ouvert, exceptionnellement inondable, abondamment végétalisée, assurant la filtration des eaux de ruissellement.



Détail d'une parcelle

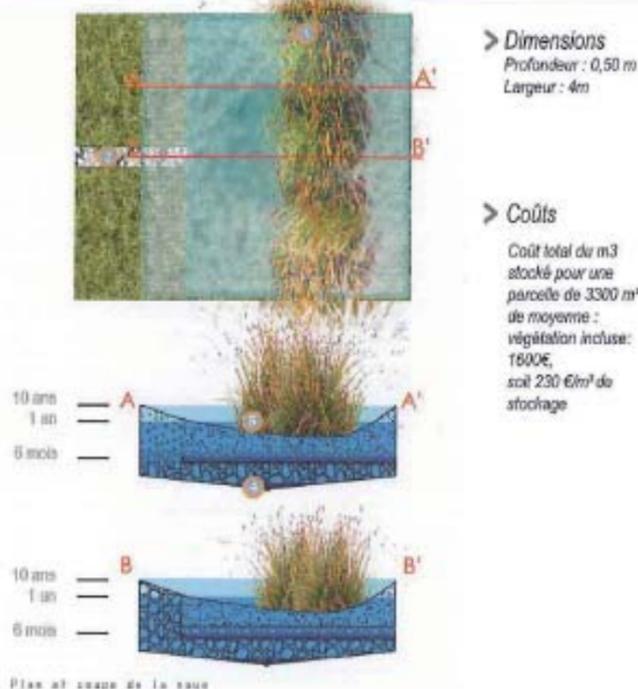
6 ANNEXES

ANNEXE 2

Techniques alternatives à la rétention des eaux pluviales : exemples de stockage intégrée à une trame urbaine (source : Conseil Général de la Seine-St Denis)

Des limites parcellaires végétalisées

- La noue, plantée et fleurie, confère au fond de parcelle une valeur paysagère supérieure à bien d'autres limites (grillage, barrière, haie). Facteur de biodiversité, cette disposition permet de répondre en partie aux cibles 1 (Relation harmonieuse des bâtiments avec leur environnement immédiat) et 10 (Confort visuel) du référentiel HQE.



Les techniques alternatives d'assainissement dans les lotissements urbains denses

Surface

L'eau, une trame verte

> Quartier Sud-Est

maisons de ville
Surface totale : 0,74 ha
C : 0,65
Surface active : 0,40 ha
Régul. autocht. : 25
Vol. 10 ans : 224 m³
Vol. 5 ans : 179 m³
Vol. 1 an : 73 m³
Vol. 6 mois : 45 m³
Vol. 1 mois : 16 m³



> Légende

- Circulation extensive
- Circulation à ciel ouvert
- Infiltration
- Stockage à ciel ouvert



> Un exemple de mise en oeuvre, à Berlin, quartier de Zehlendorf.



LA COLLECTE ET LE STOCKAGE DES EAUX PLUVIALES S'ORGANISENT DE FAÇON À DESSINER, ENRICHIR ET ÉTENDRE LES ESPACES VERTS

Un motif supplémentaire pour répandre et diversifier la végétation

- Certaines opérations d'aménagement se commercialisent par lots bâtis. Les maisons sont conçues et réalisées par les aménageurs et/ou les promoteurs dans le cadre d'un projet global associant nécessairement architecture, paysage, voirie et réseaux divers. Ce contexte se prête favorablement à la gestion des eaux pluviales, bâti et espaces extérieurs se conjuguant pour contenir le ruissellement. Cette diffusion des dispositifs hydrauliques offre de nombreuses possibilités d'aménagement (voir également page suivante). Elle est mise ici au service de la végétation, dans une disposition favorisant également la biodiversité.

Une continuité verte du toit à la rue

- Le cheminement de l'eau pluviale se perçoit, se lit tout au long de son parcours à travers le quartier. Sur son passage, naît et abonde la végétation. Elle couvre les toitures, terrasses, les zones inondables en pied de bâti, se prolongeant dans les biefs disposés sur l'axe central de la voirie jusqu'à l'exutoire aval.

Le tri des eaux selon leur origine et leur qualité

- Les eaux de voirie présentent des risques de pollution. Risques limités puisque ces voies n'ont généralement qu'un usage de desserte. Néanmoins, elles s'écoulent dans la noue ① disposée sur l'axe central de la rue où la pollution est dégradée ou absorbée. Les eaux des toitures ② et des espaces privatifs ③, non chargées, sont stockées dans les ouvrages amont en relation avec le bâti. ④

6 ANNEXES

ANNEXE 2

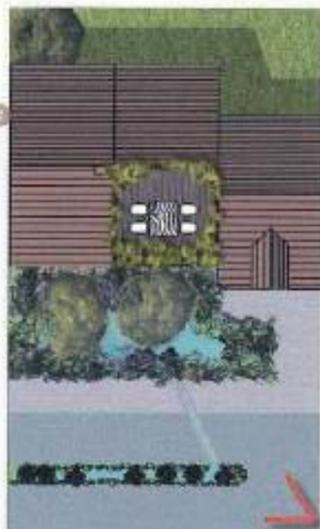
Techniques alternatives à la rétention des eaux pluviales : exemples de stockage intégrée à une trame urbaine (source : Conseil Général de la Seine-St Denis)

Des terrasses réservoirs, une technique aujourd'hui éprouvée

- Les toitures terrasses végétalisées font aujourd'hui l'objet d'un intérêt particulier. Certains produits commercialisés disposent d'un réservoir de stockage d'eau pluviale destiné à arroser la végétation et ralentir le ruissellement. Ces toitures peuvent être rendues accessibles.

Des massifs inondables aux normes des espaces publics

- La totalité des espaces verts du quartier est employée à la rétention des eaux pluviales. Décaissés de 30 cm, dissimulés par la végétation, ils permettent de répondre aux besoins en termes de capacité de stockage, sans nécessiter de protection particulière.



> Coûts (HT valeur 2005)

Coût du m³ de stockage sur toiture terrasse (en intégrant le coût de la végétation) : 1200€
Sans végétation : 750€

Coût du m³ de stockage en noue (végétation et aménagement inclus) : 450€
Sans végétation et aménagement : 30€

Coût moyen du m³ de stockage : 450€



Les techniques alternatives d'assainissement dans les lotissements urbains denses

Eponge

Une circulation par percolation

> Quartier Sud-Ouest

pavillonnaire dense
Surface totale : 0,16 ha
C : 875
Surface utile : 0,11 ha
Rejet autorisé : 2 l/s
Vf. 10 ans : 25 m³
Vf. 5 ans : 21 m³
Vf. 1 an : 8 m³
Vf. 6 mois : 5 m³
Vf. 1 mois : 2 m³



MAITRISER LE RUISSELLEMENT SUR LES FORTES PENTES, EN MULTIPLIANT ET DIVERSIFIANT LES SOLS POREUX.

Un site étagé sur une pente de 10%, inapproprié aux zones inondables

Le contexte est celui d'une opération d'ensemble (commercialisation en lots bâtis) réalisée sur une forte pente (10/100). Le principe de gestion des eaux consiste à faire cheminer l'eau à travers divers sols et infrastructures poreux, disposés tant sur le bâti que sur les espaces extérieurs. L'eau reste invisible et pourtant, par les matériaux poreux nécessaires à son infiltration ou son ralentissement, elle détermine les textures des sols.

> Coûts (HT valeur 2005)

Coût moyen du m³ de stockage : 253€

> Légende

- Circulation autorisée
- Circulation à ciel ouvert
- Bâti poreux
- Stockage semi-enterré
- Circulation de l'eau



Un exemple de mise en œuvre, à Berlin, quartier de Scherkeiner.



Un exemple de mise en œuvre, à Berlin, quartier de Teltow.



Un exemple de mise en œuvre, à Berlin, quartier de Teltow.



6 ANNEXES

ANNEXE 2

Techniques alternatives à la rétention des eaux pluviales : exemples de stockage intégrée à une trame urbaine (source : Conseil Général de la Seine-St Denis)

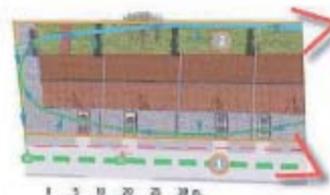
Douve

Des eaux rassemblées pour un rejet unique

Une porosité pour réduire l'imperméabilisation des sols, ralentir le ruissellement, contenir les eaux excédentaires

- Par l'utilisation de revêtements non étanches (pavés non joints, dalles béton poreuses ou formant une structure en nid d'abeilles) ①, par l'emploi dans les espaces verts privés et publics d'une terre à forte capacité de rétention (terre franche et tourbe), l'imperméabilisation des sols se voit réduite, passant de 70 % à 50 %. Le stockage des eaux se produit, d'une part sur les toitures (toitures terrasses engravillonnées ou végétalisées) ②, puis dans les gabions soutenant les talus ③, enfin dans la structure réservoir de la chaussée centrale. ④

UN CANIVEAU PÉRIPHÉRIQUE CONDUIT LES EAUX RÉGULÉES EN UN POINT UNIQUE DE REJET AU RÉSEAU PUBLIC



Un caniveau se déclinant en noue pour assurer collecte et stockage

- Certaines opérations d'aménagement ne disposent que d'un unique branchement au réseau public. Dans ce contexte, réunir les eaux des façades avant et arrière peut être complexe dans une configuration de bâti continu. Un caniveau circulaire, décliné en noue sur les parcelles arrière peut apporter une solution satisfaisante et valorisante.

Légende
--- Circulation estante
— Circulation à ciel ouvert
— Stockage à ciel ouvert
+ Circulation de l'eau

Quartier Centre
collectif continu
Surface totale : 8,13 ha
C : 0,74
Surface active : 4,06 ha
Niveau existant : 2,16
Vol. 10 ans : 23 m³
Vol. 5 ans : 10 m³
Vol. 1 an : 6 m³
Vol. 6 mois : 5 m³
Vol. 1 mois : 2 m³

Dimensions
Largeur : de 40 cm à 2 m
Profondeur : 0,5 m

Coûts
(HT valeur 2005)
Coût du m² de stockage : 220€

Les eaux de façade avant rejoignent par caniveau la noue en façade arrière. Noue conçue de façon à répartir équitablement les volumes de stockage sur chaque parcelle

- Les eaux de façade avant sont recueillies dans un caniveau ① qui les conduit gravitairement à la noue arrière ②, en contournant le bâti. La noue, dans le prolongement de la courbe du caniveau, reprend ces eaux et celles des façades arrière. Elle en assure le stockage, avant rejet au réseau public. Dans les jardins, la noue s'évase progressivement en s'éloignant du point de rejet au réseau, cela afin de répartir équitablement les volumes à stocker sur chacune des parcelles. Le niveau d'eau ne dépasse jamais 30 cm de haut.



Les techniques alternatives d'assainissement dans les lotissements urbains denses

Maîtriser l'eau, une approche environnementale nécessaire

Les exemples figurant dans ce document témoignent de la nécessité d'associer la gestion de l'eau pluviale à l'aménagement urbain et paysager et non exclusivement à l'assainissement.

La maîtrise de l'eau pluviale se voit ainsi replacée dans un domaine plus large, celui de l'environnement. Domaine où l'eau ne constitue plus une contrainte mais un atout.

- Un atout pour l'amélioration de l'environnement : végétaliser plus abondamment, favoriser la biodiversité, réinscrire le projet dans la géographie du lieu (pente, hydrographie, etc), répondre ainsi à la requête générale et pour une plus grande place de la nature en ville.
- Un atout pour la préservation de l'environnement : dépolluer efficacement les eaux de voirie, recycler les eaux de toiture, s'inscrire ainsi dans une logique où chacun participe, et dont le succès se confirme si l'on en croit la systématisation du tri des ordures ménagères.

Ainsi, la mise en œuvre des techniques présentées se verra optimisée par quelques préalables :

- Sensibiliser le maître d'ouvrage, économiquement ou écologiquement, aux avantages de la haute qualité environnementale.
- Associer les maîtres d'œuvre architectes et paysagistes à la gestion des eaux pluviales, assistés techniquement par les maîtres d'œuvre VRD.

Et il apparaîtra alors que les exemples proposés ne relèvent en rien de l'utopie.

Bibliographie

Etudes

Ce document est tiré d'une étude, plus large et détaillée, consultable au bureau de la Documentation Environnement Réseaux du Conseil Général de Seine Saint-Denis, «Etude pour la conception et l'expérimentation de techniques de rétention des eaux pluviales répondant aux contraintes des lotissements d'habitats individuels concentrés.»

Publications

- Techniques alternatives en assainissement pluvial : choix, conception, réalisation et entretien.* - Y. Azzout ; S. Barraud ; F.N. Crès ; E. Alfakih ; Edition Lavoisier Tec & Doc - 1994
- Approvoiser l'eau pluviale, une démarche de projet urbain pour une ville durable* - Actes du Colloque du 27 novembre 2003, organisé par le Conseil Général de Seine Saint-Denis en partenariat avec le CAUE 93 Dossier de Presse 2003
- Plaquettes 1997 - 2003 éditées par le Conseil Général de Seine Saint-Denis

Contacts : Conseil Général de la Seine Saint-Denis - Direction de l'Eau et de l'Assainissement
Service Hydrologie Urbaine et Environnement
Bureau Uûlson avec l'Aménagement et l'Urbanisme
DEA - Conseil Général - BP 193 - 93003 Bobigny cedex
Bureaux ouverts au public à Rosny-sous-Bois - Tél. 01 43 93 65 00

Conception : Direction de l'Eau et de l'Assainissement, Composante Urbaine.

6 ANNEXES

ANNEXE 2

Techniques alternatives à la rétention des eaux pluviales : exemples de stockage intégrée à une trame urbaine (source : Conseil Général de la Seine-St Denis)

Conclusion : une approche urbaine nécessaire pour concevoir une rétention sûre et pérenne



Vibrisation d'une architecture par la circulation de l'eau pluviale - Collège de Bobigny

↳ Être responsable

La limitation des débits des eaux pluviales est aujourd'hui acceptée de tous. Mais une maîtrise du ruissellement accomplie exige l'intégration urbaine des dispositifs pour garantir leur pérennité.

↳ Être simple

Garder l'eau pluviale en surface, le plus longtemps possible, en évitant les relevages et autres techniques complexes.

↳ Être créatif

Le système de maîtrise des eaux pluviales naît des potentialités du projet d'aménagement. Il y a donc autant de systèmes de techniques alternatives que de projets urbains. L'eau peut être belle, objet d'animation, source d'énergie. Avec de l'imagination, elle peut valoriser un aménagement.

↳ Privilégier les ouvrages à ciel ouvert

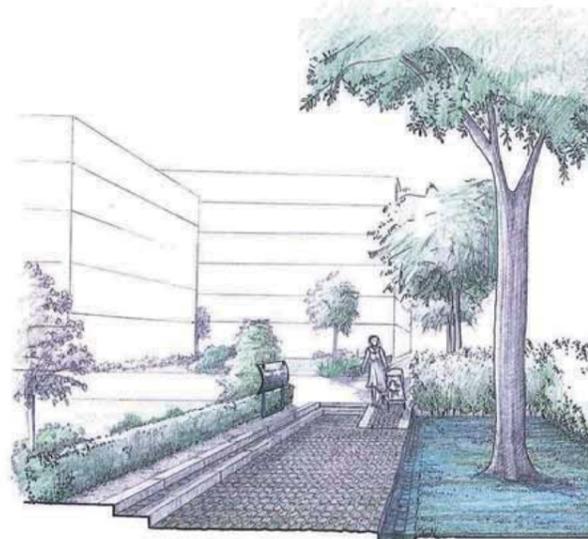
Les ouvrages à ciel ouvert offrent :

- une économie d'entretien
- accès facile
- intervention ne nécessitant pas d'équipes spécialisées
- une sécurité accrue
- le niveau dans l'ouvrage est visible par tous
- les dysfonctionnements sont rapidement perceptibles
- une responsabilisation des usagers
- un ouvrage à ciel ouvert communique de lui-même. Il appelle un comportement responsable.



Bassin de rétention intégré à une place - Saint-Denis

↳ Multiplier les fonctions autres qu'hydrauliques



Étude d'intégration de noues urbaines

Les bassins de rétention ne servent que quelques jours dans l'année, ces espaces peuvent être utilisés pour d'autres fonctions :

- terrain de sport, parc, voirie (zones inondables)
- théâtre de verdure, aire de jeux

Beaucoup d'avantages à cela :

- économie d'investissement

La réalisation d'un espace de stockage intégré au site peut générer une économie globale à l'échelle du projet. Le foncier et l'aménagement profitent du budget assainissement et réciproquement.

- entretien plus aisé

L'ouvrage de rétention profite de l'entretien consacré par exemple au terrain de sport, ou au théâtre de verdure qui lui est associé.

- garantie de pérennité

La pression foncière s'exerce avec moins de facilité sur un espace occupant d'ores et déjà plusieurs fonctions.

↳ Assurer une gestion à long terme

- en concevant des ouvrages simples et accessibles
- privilégier une circulation gravitaire des eaux pluviales
- prévoir une dépollution à l'amont
- un accès aux personnels et véhicules d'entretien
- en formant riverains, gardiens d'immeuble, chargés d'entretien d'espaces verts, intendants...

6 ANNEXES

ANNEXE 3

Caractéristiques des sous-bassins versants pluviaux sur la zone d'étude en situation actuelle

Identifiant	Secteur	Surface (ha)	Longueur de cheminement (m)	Pente	Coefficient de ruissellement actuel
RivesEN	Rives est nord	4.74	413	0.022	0.65
RivesES	Rives est sud	3.28	365	0.003	0.65
RivesB	Rives Bellevue	1.94	250	0.016	0.71
RivesOS	Rives ouest sud	1.95	136	0.022	0.73
ParcB	Parc Bougainville	3.81	98	0.061	0.69
CazS	Cazemajou sud	1.57	157	0.006	0.82
Sog3	Sogaris	2.83	141	0.004	0.71
Sog2	Sogaris	4.36	154	0.019	0.72
PH	Place haute	3.58	116	0.086	0.66
CapP	Cap Pinède	4.20	306	0.013	0.66
EDF	EDF-GDF	6.75	267	0.011	0.60
Panzani	Panzani	4.90	131	0.076	0.63
Ech	Echangeur	4.69	129	0.039	0.64
Blvd	Blvd	2.49	248	0.002	0.51
Sog1	Sogaris	4.10	110	0.005	0.73
Triage	Triage Arenc	5.50	309	0.023	0.63
RivesON	Rives ouest nord	3.42	321	0.008	0.61
PGeze	Parc Gèze	5.81	463	0.004	0.70
XXLa	Ilot XXL	7.20	349	0.011	0.65
XXLb	Ilot XXL	8.67	135	0.044	0.65
PoleMa	Pôle multimodal	3.30	309	0.016	0.66
PoleMb	Pôle multimodal	3.79	452	0.024	0.66
PoleMc	Pôle multimodal	3.21	309	0.013	0.66
CGezea	Capitaine Gèze	3.81	192	0.021	0.71
CGezeb	Capitaine Gèze	2.81	188	0.008	0.71
CanNa	Canet nord	6.35	247	0.028	0.68
CanNb	Canet nord	3.25	220	0.014	0.68
CanSa	Canet sud	2.50	189	0.011	0.70
CanSb	Canet sud	3.75	154	0.013	0.70
PAllara	Parc Allar	5.16	139	0.036	0.68
PAllarb	Parc Allar	3.84	253	0.004	0.68
AllarSa	Allar sud	1.59	160	0.031	0.78
AllarSb	Allar sud	2.87	147	0.034	0.78
CazNa	Cazemajou nord	3.88	292	0.017	0.74
CazNb	Cazemajou nord	3.07	172	0.035	0.74
Prova	La Provence	4.23	204	0.015	0.75
Provb	La Provence	4.57	227	0.022	0.75
Provc	La Provence	3.33	202	0.010	0.75
LessSa	Lesseps sud	2.15	174	0.006	0.78
LessSb	Lesseps sud	2.68	140	0.014	0.78