



HAL
open science

Marais des villes : gestion des eaux pluviales et retour des marais en milieu urbain ou périurbain

Marie-Hélène Moody

► **To cite this version:**

Marie-Hélène Moody. Marais des villes : gestion des eaux pluviales et retour des marais en milieu urbain ou périurbain. Sciences de l'Homme et Société. 2016. dumas-01389227

HAL Id: dumas-01389227

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01389227>

Submitted on 28 Oct 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

MARAIS DES VILLES

(gestion des eaux pluviales et retour des marais en milieu urbain ou périurbain)



(Luc Schuiten)

Mémoire de master 2 « Urbanisme et Projet Urbain »

MH MOODY (septembre 2016)

NOTICE ANALYTIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

NOM ET PRENOM DE L'AUTEUR : MOODY MARIE-HELENE

TITRE DU PROJET DE FIN D'ETUDES : MARAIS DES VILLES (GESTION DES EAUX PLUVIALES ET RETOUR DES MARAIS EN MILIEU URBAIN OU PERIURBAIN)

DATE DE SOUTENANCE : 27.09.16

ORGANISME D'AFFILIATION : Institut d'Urbanisme de Grenoble - Université Pierre Mendès France

Organisme dans lequel l'alternance a été effectuée : VILLE DE GRENOBLE (formation continue)

DIRECTEUR DU PROJET DE FIN D'ETUDES : N. BUCLET

COLLATION :

- NOMBRE DE PAGES : 136
- NOMBRE D'ANNEXES : 20
- NOMBRE DE REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES : 23

MOTS-CLES ANALYTIQUES : MARAIS, MILIEUX HUMIDES, ZONES HUMIDES, GESTION DES EAUX PLUVIALES

MOTS-CLES GEOGRAPHIQUES (*les noms des lieux concernés*) : GRENOBLE ALPES METROPOLE, COMMUNAUTE URBAINE DE STRASBOURG, MARSEILLE, AUXERRE, REIMS

Remerciements :

Je remercie particulièrement Maud TAVEL, élue à la Ville de Grenoble et Adjointe au Personnel et à l'Administration Générale, qui m'a permis de suivre ce master en formation continue (qui m'avait été refusée au préalable à deux reprises), par le biais d'une annualisation de mon temps de travail (réduit à 80%), ainsi que mon chef de projet (qui m'a encouragée à persévérer dans mes demandes de formation au moment où je n'y croyais plus) et tous les collègues qui ont dû palier à mes absences...J'avais besoin de prendre du recul vis-à-vis des aménagements réalisés dans le cadre de ma fonction et de mieux comprendre les enjeux urbains.

Je remercie l'université qui dispense cette formation continue à Grenoble (c'est pratique) ...c'est surtout important à tout moment de pouvoir se cultiver, de s'ouvrir à de nouvelles réflexions et de le faire dans un cadre universitaire plutôt que professionnel (les enjeux sont plus personnels, et les enseignants peut-être plus objectifs).

Je remercie mon tuteur N. BUCLET pour sa patience (la rédaction de ce mémoire a été longue et tardive), ses conseils, et sa confiance ; cela m'a permis de travailler dans un contexte d'autonomie assez confortable (j'espère qu'il n'en éprouve pas trop de regrets) ...merci aussi à K. BASSET pour son assistance en tant que membre du jury.

Je remercie tous mes « Proches » qu'y m'ont soutenue durant cette laborieuse rédaction, et tous les collègues de formation dont l'accompagnement éphémère fut quand même agréable.

RESUME :

L'eau devient une préoccupation universelle du fait des inégalités de la répartition de la ressource et de la pollution des eaux générée par les sociétés. Après avoir vénéré cet élément, partagé ses bénéfices, l'homme s'est mis à le maîtriser. Il a entre autres, asséché le territoire à des fins économiques, pour des raisons sécuritaires (vis-à-vis des inondations) et sanitaires. Les marais, dont les qualités épuratrices et de réservoir de biodiversité remarquable sont à présent reconnues, ont été dévastés. En France, leur surface a régressé de 2,5 millions d'hectares depuis 100 ans. Néanmoins, depuis quelques décennies (depuis que l'on comprend leur fonctionnement basé sur la phytoépuration) des marais artificiels (lagunage ou Filtres Plantés de roseaux essentiellement) réinvestissent le paysage en milieu rural (voir périurbain) sous l'image de stations d'épuration d'eaux usées. Maintenant que la pollution des Rejets Urbains par Temps de Pluie est mise à jour (notamment en milieu urbain où le ruissellement est devenu important), différents types de marais artificiels apparaissent aussi en site plus urbanisé : Zones de Rejets Végétalisées en aval de stations d'épuration importantes pour le traitement des surverses, Filtres Plantés de Roseaux, mares (...) à l'échelle de certains projets urbains, en traitement direct des eaux pluviales ou de surverses.

De son côté la gestion des eaux pluviales évolue ; après avoir chassé l'eau pendant des siècles, elle privilégie à présent une « gestion à la source ». Elle se décline en différentes techniques inspirées des « jardins de pluies », basées essentiellement sur la biorétention, l'infiltration des eaux dans le sol et en dernier recours la rétention (le plus souvent accompagnée de la restitution au réseau collectif). Le recyclage des eaux même s'il est encouragé reste encore très réglementé et par là, modeste. Quelques initiatives ambitieuses se développent autour de grands projets urbains et de la réintroduction de milieux humides accompagnés par de l'épuration et du recyclage d'eaux pluviales. Ces nouveaux espaces urbains associent valeurs biologiques (ils intègrent la trame verte et bleue), contribuent à optimiser la gestion de l'assainissement d'un territoire et, dans certains contextes, répondent à des critères de protection contre les inondations...C'est sous ces trois aspects qu'une analyse est portée sur le territoire de Grenoble Alpes Métropole pour y vérifier la pertinence de tels aménagements et dégager des orientations pour le retour de ces marais.

A travers un parcours au cœur du petit cycle de l'eau ce mémoire se présente à la fois comme un recueil des atouts des marais et une analyse des préoccupations urbaines qui sont directement concernées par les fonctionnalités de ces marais. Enfin il met en évidence le portage institutionnel du retour de ces marais en milieu urbain qu'il reste à relayer au niveau de nos territoires.

ABSTRACT :

Water is a resource of growing importance in today's societies. From its ancient divine veneration to modern management, water has and will continue to shape our world. Dessication, sanitation, drainage, flooding, pollution, and the increase of international tensions over water resources are major concerns in the world today.

Marshlands (which show a remarkable biodiversity and whose purifying qualities are recognised) have been devastated, most often for urban clearance and economic reasons. Over the last century in France their surface has shrunk by two and a half million hectares. Nevertheless, for a few decades now (since we've understood phytopurification) constructed wetlands (filtration basins or pond sewage treatment plants) are appearing, mainly in rural areas for water treatment purposes. They are now also spreading into cities in order to reduce the level of pollution in storm water (which is increasing due to urban "run off").

The management of urban stormwater is in the process of evolution. After centuries of trying to funnel water out of cities, today's preoccupation lies with "source control", based essentially on bioretention (the infiltration of stormwater into the soil), and only storage as a last resort (usually leading to collective network under flow control). The recycling of water, even if it is encouraged, remains highly regulated and therefore modest. Some ambitious initiatives are developing for the purpose of major urban projects, centered on the reintroduction of "wetlands" in order to purify and recycle stormwater. These new urban sites are characterised by their rich biodiversity (which allow cities to complete their biological corridor planning), the optimization of drainage and in certain contexts flood protection. It is under these three aspects that the following analysis is developed on the territory of "Grenoble Alpes Metropole" and in order to study the opportunity to reintroduce constructed wetlands in its area.

Through the observation of the "small water cycle", this paper is also a source of information on marshes and an analysis of the use of their functioning on urban sites. Lastly, it underlines the importance of institutional regulation for the return of marshes in our cities.

Table des matières

INTRODUCTION.....	7
PREMIERE PARTIE : les milieux humides et l'urbanisation	8
Sous partie 1 : L'eau et ses cycles.....	8
1 L'eau dans le monde.....	8
• 1.1 La ressource et sa répartition.....	8
• 1.2 L'eau en milieu urbain : enjeux et approches à travers son histoire.....	10
• 1.3 Les milieux humides et la phyto-épuration	13
• 1.4 Cadre législatif international et convention de Ramsar	16
2 Les politiques de gestion des eaux pluviales	20
• 2.1 Cadre réglementaire et institutions françaises.....	20
• 2.2 La gestion des eaux pluviales, le ruissellement et le risque inondation.....	25
• 2.3 Pollution et traitement des eaux pluviales	30
• 2.4 Le « recyclage » des eaux pluviales	35
Sous partie 2 : Choix de gestion des eaux pluviales	37
1 Les techniques alternatives	38
• 1.1 Infiltration	38
• 1.2 Rétention	43
• 1.3 Marais en site urbain : exemples d'applications	49
a) L'Eco-quartier des Brichères à Auxerre	51
b) Marseilles Euroméditerranée : Le Vallon des Aygalades.....	54
2 Gestion centralisée et traitement « naturel »:	57
• 2.1 Le réseau collectif.....	57
• 2.2 Le traitement des eaux pluviales en station d'épuration.....	57
a) Cadre et contraintes	57
b) Les caractéristiques des différentes stations d'épuration.....	59
c) Exemples et perspectives	63
• 2.3 Dispositifs indépendants de « phyto-épuration »	66
a) En aval de stations d'épuration d'eaux unitaires : les zones de Rejet Végétalisées	66
b) En traitement direct des eaux pluviales ou des déversoirs d'orage.....	71
3 Conclusion : recours aux « marais »	79
DEUXIEME PARTIE : Retour des marais sur la métropole grenobloise	81
Sous partie 1 : L'eau pluviale et le risque inondation dans Grenoble Alpes Métropole	81

1 Contexte général	81
• 1.1 La place des marais dans l’histoire et l’endiguement des cours d’eaux	81
• 1.2 Le traitement des eaux pluviales à l’échelle de l’agglomération grenobloise	85
• 1.3 Compétence GEMAPI	87
• 1.4 Autre cadre réglementaire	91
a) Le règlement de la METRO.....	91
b) Le SCOT	92
c) Les PPRI	94
2 Limites des installations d’assainissement, besoins et potentiels du territoire	95
• 2.1 Contexte géographique, géologique et économique	95
• 2.2 Capacité des installations en place	99
• 2.3 Les orientations du schéma directeur d’assainissement	102
3 Le risque d’inondation et ses conséquences sur les aménagements	104
• 3.1 Contexte et quelques faits historiques locaux	104
• 3.2 PAPI et autres dispositifs en cours	105
Sous partie 2 : Les enjeux des « marais » pour la METRO.....	110
1 Localisation et lutte contre les inondations	110
• 1.1 Diagnostic	110
• 1.2 Le Drac : un lit majeur déterminant pour la lutte contre les inondations	114
2 Optimisation du traitement de l’eau pluviale.....	115
• 2.1 Diminution du ruissellement et traitement des eaux pluviales à l’échelle des projets :	115
• 2.2 Amélioration de l’ensemble des surverses de la STEP : création d’une zone humide fonctionnelle (type ZRV ou « zone libellule)	121
• 2.3 La restauration fonctionnelle, de type« lit majeur », du débordement latéral du Drac et sa fonction lagunage	121
3 Objectifs liés à la trame verte et bleue.....	123
• 3.1 Les initiatives « ponctuelles »	124
• 3.2 Préservation des réservoirs existants et opportunités de connections	125
• 3.3 Les cours d’eau	125
4 Bilan des enjeux des « marais » sur le territoire de la METRO.....	128
CONCLUSION	131
BIBLIOGRAPHIE.....	133

INTRODUCTION

L'eau est à l'origine de la vie ; ressource indispensable, elle conditionne toute forme de peuplement, et devient son partenaire. On l'associe en général à son cycle, le « grand cycle de l'eau », qui lui confère des dimensions inaltérables et inépuisables, mais il s'agit avant tout d'un excellent solvant quasiment introuvable à l'état pur, qui sous l'action de l'homme et de son environnement va connaître des transformations....elle entre alors dans un second cycle « le petit cycle de l'eau », invention de la civilisation et de son communautarisme, qui est inscrit dans leur urbanisme, et évolue avec le temps, les cultures, les diverses technologies voir même les régimes politiques.

La gestion de l'eau a, quant à elle, influencé l'organisation urbaine ; par le passé, la présence de l'eau a clairement été décisionnelle dans le choix d'implantation des villes, autant pour assouvir le besoin vital de la population que pour des facilités de transport fluvial ou maritime et d'évacuation des déchets. Sa canalisation est l'incarnation de sa maîtrise. Durant des siècles les sociétés rurales et urbaines ont œuvré au contrôle de la ressource, développant des techniques d'irrigation et d'assainissement diverses, apparentes ou enterrées. Le XXème siècle, avec l'exode rural et la concentration des populations autour des villes, et surtout l'essor des technologies a conduit les techniciens en hydraulique à opérer une véritable révolution en matière d'adduction d'eau potable et d'assainissement. Cette adduction au départ concentrée et mutualisée s'est déployée dans la plupart des foyers en l'espace de quelques décennies. La maîtrise de l'eau s'est développée dans un esprit hygiéniste et de sécurité publique vis-à-vis des risques d'inondation, elle s'est exprimée par des procédures de contrôle de la qualité de la ressource d'un côté et des dispositifs d'« assèchement » de l'espace public, le déploiement de réseaux d'assainissement enterrés, et par l'artificialisation des berges des rivières allant même parfois jusqu'à leur enfouissement, de l'autre.

La conscience écologique émergente depuis la fin du XXème siècle a contribué à réinterroger les orientations qui avaient été prises en matière d'assainissement jusqu'aujourd'hui, dans un souci d'économie de la ressource et de préservation de sa qualité. L'effacement de la perspective hygiéniste et sécuritaire laisse peu à peu entrevoir une effervescence écologiste qui cherche à rétablir l'eau dans son cycle naturel, en favorisant notamment le retour à l'infiltration des eaux pluviales (ce qui implique une séparation des gestions des eaux pluviales et des eaux usées) quand cela est possible ou le développement d'espaces de rétention des eaux pluviales accompagnés ou pas de leur traitement naturel par phyto-épuration, qui sont en général intégrés dans des aménagements paysagers. Cette approche de gestion à la source rejoint aussi des objectifs logistiques et économiques, les installations d'assainissement en place arrivant à saturation avec l'imperméabilisation et la densification des villes. Ce retour de l'eau dans nos villes accorde une nouvelle crédibilité à la « ville nature » en remettant en lien l'eau et les questions de paysage et de biodiversité, en limitant aussi les risques de ruissellement et d'inondation et place au cœur du débat la restauration des marais disparus.

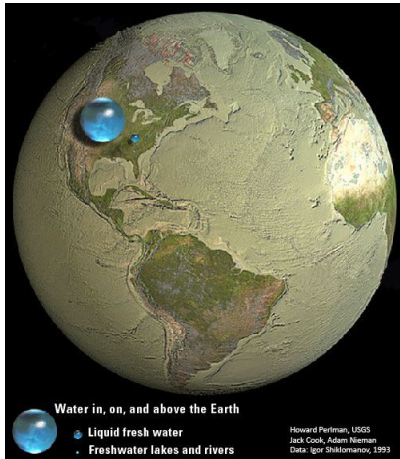
Le présent mémoire cherche à étudier l'opportunité et la faisabilité de l'aménagement de marais artificiels en milieu urbain ou périurbain, à dessein de traitement des eaux pluviales, de diffusion de la trame verte et bleue et de lutte contre le risque inondation dans l'urbanisme d'aujourd'hui et au sein de la métropole grenobloise, la METRO. Pour cela il reposera à la fois sur une analyse comparative entre les différentes techniques de gestion des eaux pluviales et leur incidence sur les risques d'inondation, ainsi que sur les différents traitements de ces eaux (recyclage, station d'épuration ou phyto épuration). Un regard sera porté aussi sur les aménagements de cours d'eaux qui à leur manière sont des dispositifs naturels de gestion d'eaux pluviales....Enfin en s'appuyant sur les caractéristiques du paysage grenoblois, le respect de la trame verte et bleue et les contraintes des aménagements engendrées par les risques liés à l'inondation, il cherchera à justifier et motiver le retour de ces « marais » sur le territoire de la METRO.

PREMIERE PARTIE : les milieux humides et l'urbanisation

Sous partie 1 : L'eau et ses cycles

1 L'eau dans le monde

1.1 La ressource et sa répartition



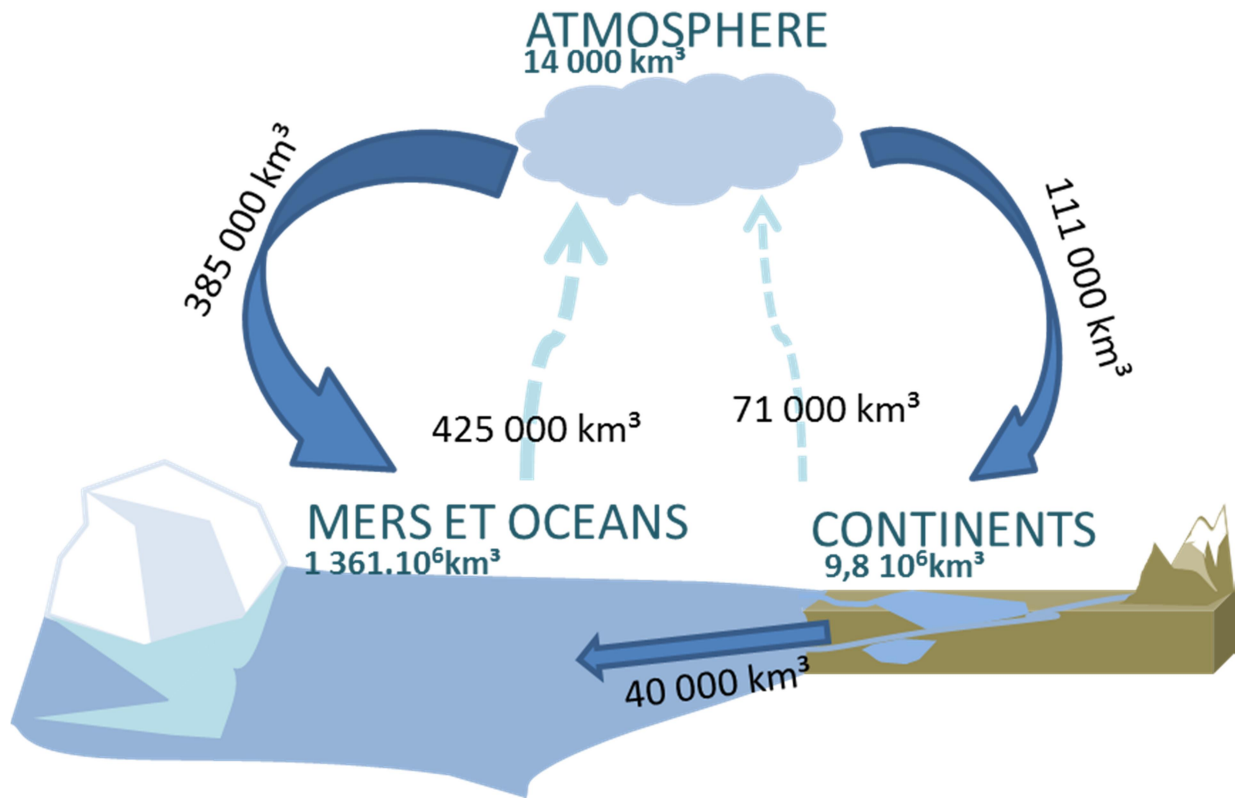
L'eau est composée d'hydrogène et d'oxygène, éléments considérés parmi les plus abondants de notre univers. C'est une ressource essentielle pour l'humanité ; elle est universelle et a traversé tous ses âges. Estimée à **1 400 milliards de km³**, elle recouvre 71% de la superficie de la terre, sous forme liquide et solide, et habite notre atmosphère principalement sous forme gazeuse (on la trouve aussi dans sa forme solide et liquide)...Ces chiffres qui semblent extraordinaires, sont en fait trompeurs : si la terre était ramenée à la taille d'une orange alors l'eau n'y représenterait qu'une petite part de son volume (voir montage photo).

La **part d'eau douce** (dont la teneur en minéraux est inférieure à 1g/l) de cette quantité globale d'eau ne **représente que 2.75%** (soit 38.5 millions de km³) : 0.7 % se trouve sous forme liquide (0,68 % pour les eaux souterraines et 0,02% pour les eaux de surface contenues dans les lacs, fleuves et les rivières) et 2.05% sous forme glacée (présente en majeure partie dans les inlandsis).

L'eau sous l'effet de l'énergie thermique du soleil qui provoque son évaporation, et de diverses influences (gravité, pression atmosphérique, attraction d'astres, ...), entre dans le **cycle hydrologique**. Ainsi chaque année, après avoir été stockée dans l'atmosphère sous forme de vapeur invisible, **500 000 km³ d'eau douce environ tombent sur Terre** sous forme de précipitations (pluie ou neige) et alimentent en partie nos ressources en eau. La pluie peut être interceptée par les végétaux puis partiellement être restituée à l'atmosphère par évapotranspiration ou peut atteindre le sol ; elle va alors en partie s'évaporer (pour 65% soit à hauteur de 325 000 km³), s'écouler sous forme de ruissellement (pour 24% pour 120 000 km³), s'infiltrer (pour 11% soit 55 000 km³) et alimenter les nappes souterraines, ou s'emmagasiner sur des plans d'eau.

L'eau est ainsi en recyclage permanent, par le biais d'échanges équilibrés entre les différents compartiments à savoir l'hydrosphère (qui comprend les mers, océans, et les eaux continentales superficielles ou souterraines), la lithosphère (l'eau contenue dans les sols), l'atmosphère (humidité de l'air) et la biosphère (eau des cellules vivantes).

Cycle de l'eau sur Terre et ses flux annuels (d'après L'eau, Ghislain de Marsily, Dominos, Flammarion, 1995 et <http://www.physicalgeography.net>) :



Ces transferts d'eau du cycle hydrologique se résument par l'équation suivante (applicable sur un temps et un bassin donnés) :

$$P+S= R+E+(S \pm \Delta S)$$

avec :

P (mm) = précipitations (liquides ou solides)

S (mm) = ressources (accumulation) de la période précédente (eaux souterraine, humidité du sol, neige, glace)

R (mm) = ruissellement de surface et écoulements souterrains

E (mm) = évaporation (y compris évapotranspiration)

Les échanges permettent aux réservoirs de se renouveler, selon des périodicités différentes ; en effet les temps de résidence sont considérablement différents selon le type de « réceptacle » de l'eau (de quelques jours pour la biosphère, l'atmosphère, ou les cours d'eau à quelques milliers d'années pour les glaciers et les eaux souterraines).

Volumes et temps de résidences des réservoirs (ou durée de renouvellement), 2006 :

Réservoirs	Volume (10 ⁶ km ³)	Pourcentage du total	Durée moyenne de renouvellement
Océans	1 370	97,25	2 500 ans
Calottes glaciaires et glaciers	29	2,05	1 600 à 9 700 ans
Eau souterraine	9,5	0,68	1 400 ans (mais variable de 2 semaines à 10 000 ans)
Lacs	0,125	0,01	17 ans (1 à 10 ans pour les marécages)
Humidité des sols	0,065	0,005	1 an
Atmosphère	0,013	0,001	8 jours
Fleuves et rivières	0,0017	0,0001	16 jours
Biosphère	0,0006	0,00004	1 semaine

Source : <http://www.physicalgeography.net>

On évalue à 40 000 millions de km³/an, les ressources mondiales en eau continentale constituant la seule source d'eau douce renouvelable (pluie - évapotranspiration - évaporation)¹, ce qui équivaut à 5 700 m³ par habitant et par an.

Les eaux souterraines représentent la principale ressource d'eau potable de la planète, mais sont difficilement estimables. Évaluées à environ 10 millions de km³ jusqu'à récemment², leur volume renouvelable par l'infiltration des précipitations est estimé à plus de 10 000 km³, pour une exploitation actuelle moyenne et mondiale d'eau de 800 km³/an. Elle est donc considérée à l'échelle de la planète comme largement suffisante, **néanmoins sa répartition à la fois sociale et géographique est inégale.**

Aujourd'hui seulement 91% de la population a accès à l'eau potable. La pénurie d'eau affecte plus de 40% de la population mondiale et on estime qu'elle devrait augmenter. Plus de 1,7 milliard de personnes vivent actuellement dans des bassins fluviaux où l'utilisation de l'eau est supérieure à la quantité disponible. Et les ressources s'épuisent : une équipe internationale qui a travaillé sur des données des satellites jumeaux Grace (Gravity Recovery and Climate Experiment) a déclaré fin 2015 qu'« environ un tiers des grands bassins d'eau souterraine sont en voie d'épuisement rapide par la consommation humaine ».

L'eau représente un enjeu géopolitique de poids pour les années à venir, du fait des inégalités de la répartition de la ressource (liées aux influences climatiques qui varient dans le temps et dans l'espace, à la géologie et à la démographie des pays), et de la pollution des eaux générée par les sociétés ; si globalement il est dit que sa quantité n'évolue pas dans l'histoire de la terre³ l'eau est une ressource renouvelable, partagée qu'il est essentiel de préserver dans un esprit de solidarité universel. Son cycle au cœur de son essence et de sa régénérescence est lui aussi essentiel pour le maintien de nos écosystèmes naturels, voir même pour le contrôle de la vulnérabilité de nos aires urbaines.

1.2 L'eau en milieu urbain : enjeux et approches à travers son histoire

Pour des raisons de confort et de santé, l'homme vit aujourd'hui abrité de l'eau dans un milieu en général asséché....lorsqu'il n'est pas contraint d'habiter sur l'eau.

Les villes se sont construites dans un esprit d'opposition à la nature, et l'eau, la plupart du temps, a subi sa relation avec l'homme. Les ouvrages créés par l'homme, relatifs à l'eau, sont en effet porteurs d'une longue histoire empreinte d'une quête croissante de maîtrise et d'appropriation. Rome a indéniablement marqué de son sceau l'anthropisation d'un vaste territoire, et de nombreux vestiges encore visibles tels que des réseaux routiers, des réseaux de drains ou des aménagements portuaires en sont aujourd'hui les témoins. Les progrès réalisés dernièrement par la recherche archéologique et notamment l'archéomorphologie ont par ailleurs élargi notre connaissance des dispositifs mis en place pour la domestication des eaux qui s'est orientée selon trois directions : le franchissement de l'eau, la modification des cours d'eau et l'exploitation de la ressource.

Les passages à gué sont les dispositifs de franchissement des cours d'eau les plus anciens ; ils ont par exemple, été retrouvés en accompagnement de grands chemins de planches « trackways » présents dans les tourbières du Nord de l'Europe dès le Néolithique (5500 ans av. J.C) ; ils se sont ensuite largement développés au fil des siècles. Ces installations ont été complétées par les bacs mis en place sur des cours

¹ Source : ministère de l'écologie 2002

² Néanmoins une étude de novembre 2016 publiée par l'université VICTORIA en Californie, estime cette eau souterraine à 23 millions de km³, dont seuls 0.35 millions auraient été renouvelés dans les 50 dernières années.

³ Donnée largement diffusée sur l'ensemble des sites d'information de l'eau mais un article publié dans « Science Nordic » en 2012, révèle qu'à partir de la variation de la concentration de Deutérium (isotope de l'hydrogène) relevée dans les océans il y a plus de quatre milliard d'années, il serait démontré que ces derniers auraient perdu plus d'un quart de leur volume initial.

d'eau trop profonds à l'époque romaine, et en parallèle par le pont qui s'est finalement imposé et dont les premières traces sont antérieures aux invasions romaines.

La modification des cours d'eau et la protection de l'habitat urbain vis-à-vis des crues représentent un autre domaine d'expérimentation de la domestication de l'eau : de nombreux dispositifs « collectifs » ont été installés depuis l'époque gallo-romaine pour détourner des cours d'eau, renforcer des berges ou créer des ouvrages de défense contre les crues. Les interventions se sont exprimées aussi de manière plus individuelle avec des constructions réalisées sur vides sanitaires ou sur pilotis améliorant la résilience des habitats. Ainsi Vienne, qui à l'âge de fer (-800 av. J.C) était parcourue par divers chenaux déposant des alluvions, s'est retrouvée au 1^{er} siècle av. J.C. avec un chenal unique, et une rive droite urbanisée sur une esplanade entièrement créée par des remblais et des fondations de 4m de hauteur, équipés de drains et de vides sanitaires formés d'amphores permettant l'assèchement des sols, un port étant aménagé sur la rive opposée.

A partir du XI siècle les aménagements ayant pour but de maintenir les cours d'eau dans leurs lits ont commencé à se développer à grande échelle, avec notamment la construction des premières levées de la Loire. Quelques siècles plus tard, les travaux ont pris une autre ampleur avec la création par Colbert en 1669 du corps de commissaire des Ponts et Chaussées qui se sont engagés (parmi d'autres travaux publics), dans une longue entreprise de régulation des rivières, de construction de canaux, ou de travaux portuaires.

Enfin l'intervention de l'homme sur l'eau repose sur son exploitation pour le transport, l'énergie, pour l'agriculture, et ses propres besoins ; elle a donné lieu entre autres aux constructions telles que les embarcadères, les installations portuaires, les barrages, les écluses, les moulins, les pêcheries, les aqueducs.

Les premières pirogues découvertes en France datent du Néolithique (une pirogue monoxyle de cette époque a été mise à jour à Paris Bercy)...durant l'époque gallo-romaine, le succès du commerce reposait largement sur la batellerie : les premières installations portuaires se construisaient ; des aménagements fluviaux se sont réalisés dans le cadre d'opérations militaires : le premier canal de navigation a été creusé par les troupes du proconsul Caius Marius en 102 av. J.C pour des enjeux de conquêtes militaires. Au moyen âge, 85% du transport se réalisait par voie d'eau : les bateaux descendaient en général les voies navigables naturelles grâce aux courants. Prédominant jusqu'au milieu du XX^{ème} siècle, le transport fluvial a généré de nombreux ouvrages. Les premières écluses sont apparues au XV^{ème} siècle, et au cours de la seconde moitié du XVIII^{ème} siècle, a eu lieu le percement des canaux de premier rang (rendus possibles par les inventions des écluses à sas et des canaux à alimentation artificielle) : le canal de Briare en 1642 (commandé par Sully, qui relie la Seine à la Loire) et celui des Deux-Mers (Canal du Midi qui relie la Méditerranée à l'océan Atlantique et qui a été motivé par le commerce du blé) en 1681 en sont de grands exemples (la réalisation la plus remarquable étant celle du canal du midi long de 241km). Le transport fluvial a atteint son apogée au XX^{ème} siècle avant d'être concurrencé par le transport routier ; la France dispose encore aujourd'hui, avec ses 8500km, du plus grand réseau de voies navigables d'Europe.

Les plus anciennes pêcheries situées dans l'estuaire de la Seine datent du Néolithique. Et nombreuses parmi celles qui sont encore exploitées aujourd'hui datent du moyen âge. Les premiers canaux ont été construits pour l'irrigation des jardins par les agriculteurs du Néolithique et le drainage des plaines fut entrepris dès la protohistoire, période à laquelle sont apparues les premières tourbières. Autour de l'Hérault l'étang de Pézénas a connu ses premiers assèchements à l'époque du haut empire : le ruisseau d'Ayres aurait à cette époque été prolongé vers l'Hérault. La France connaît une période de croissance agricole à partir du VI^{ème} siècle qui se réalise en partie aux dépens des zones humides et qui s'amplifie par la suite sous l'égide des monastères bénédictins : la pisciculture en étang se développe pour accompagner la période de jeûne ; les paysages agricoles s'agrémentent de réseaux de fossés, digues, écluses, moulins, vastes étendues de tourbières, de roselières... « Certaines régions, comme la Brenne dans le Berry, dont 15% est occupé par 650 étangs, les Dombes dans l'Ain, ou la Sologne, dans la région Centre avec 4000 étangs au XVI^{ème}

siècle, connaissent entre le XIII et le XV^{ème} siècle une artificialisation profonde de leur paysage dont l'époque contemporaine est encore l'héritière »⁴.

Les ingénieurs romains mettent en œuvre des connaissances déjà acquises par leurs prédécesseurs et réalisent les premiers grands réseaux de captage et d'acheminement des eaux urbaines avec leurs aqueducs : la plupart des villes gallo romaines, y compris celles en bordure de fleuves en sont pourvues. A partir de la renaissance, après une période de déclin urbain, ces réseaux se remettent en service et s'intensifient.

L'énergie hydraulique est aussi déployée par les romains. Les moulins de Barbegal situés dans la vallée des Baux dans les Bouches du Rhône, datés du haut empire, s'érigent en véritable site industriel : ils comprennent, sur 61 m de distance, seize roues à augets qui actionnaient des meules et permettaient l'approvisionnement en farine d'Arles. Le nombre de moulins en France était très élevé entre le VIII^{ème} et le X^{ème} siècle, et leur implantation s'est accompagnée d'aménagements de berges, de barrages et parfois de pêcheries. Progressivement à partir de la fin du XIX siècle, ces moulins sont remplacés par des barrages alimentant des centrales électriques.

L'homme paléolithique agissait dans les systèmes naturels, l'homme du néolithique a commencé à aménager le milieu. Au cours de l'antiquité, l'eau porte encore une valeur symbolique sacrée. Même si l'homme depuis sa sédentarisation a cherché à domestiquer l'eau, leur histoire commune notamment avant la renaissance est parcourue de bouleversements, qui se sont exprimés par des déplacements d'habitats voir de communautés entières, preuve de l'adaptabilité passée des civilisations vis-à-vis de leur environnement.

Depuis deux siècles maintenant, avec la révolution industrielle et le développement des villes, les « *urbains ont acquis une capacité technique et scientifique qui leur permet de penser qu'ils peuvent contraindre la nature et obtenir des fonctionnalités sous contrôle (approvisionnement en eau, traitement des rejets, protection contre les inondations)* ».⁵ La présence de l'eau, indispensable, est aujourd'hui entièrement adaptée à ses besoins : ressource potable contrôlée et surveillée avec ses circuits d'alimentation et d'évacuation après usage, d'un côté et drainage des espaces de vie et de circulation de l'autre.

De par leur histoire, les villes se sont implantées à proximité des cours d'eau, plans d'eau ou littoraux, et même si les techniques actuelles permettent de déroger à la proximité de cette eau, voire de la nappe souterraine (que ce soit pour l'exploitation de l'eau comme pour le traitement des eaux usées), les cours représentent encore la principale voie d'évacuation des eaux urbaines collectives qui sont rejetées en aval des villes après leur traitement, et aboutissent le plus souvent dans les mers et les océans (après avoir terminé leur épuration dans le milieu naturel).

L'homme a donc créé un nouveau circuit de l'eau pour le milieu urbain qui se superpose au cycle naturel ; bien qu'étant appelé « cycle anthropique » ou « petit cycle » de l'eau, il ne s'agit pas d'un réel cycle : l'eau rejetée dans le milieu naturel n'a plus sa qualité originelle. La ville collecte de l'eau pour ses usages domestiques, industriels (parfois agricoles...) ; elle génère des eaux usées et pollue les milieux naturels dans lesquels ces dernières sont rejetées.

De plus, ce cycle anthropique n'est pas dissociable du cycle naturel qui lui, suit son cours : les villes sont sujettes à la pluie et l'eau par un chemin artificiel ou naturel poursuit son cycle...aujourd'hui, en France, ce chemin est majoritairement souterrain du fait de l'assainissement généralisé, et l'eau est devenue quasiment absente des espaces urbains. Pourtant l'irrégularité des pluies, l'évolution climatique, la

⁴ « Archéologie du territoire en France, 8000 ans d'aménagements », V. CARPENTIER, P. LEVEAU

⁵ « L'eau dans la ville », Une amie qui nous fait la guerre » Catherine CARRE Jean Claude DEUTSCH

densification des villes et le changement des usages sont autant de paramètres qui rendent plus complexe l'hydrologie urbaine, discipline de l'environnement qui met en relation la gestion des eaux de surface et l'aménagement urbain. Le ruissellement est difficile à appréhender : les calculs relatifs ont au cours des âges été réalisés sur différentes bases ⁶ : la pluie décennale était initialement adoptée pour des raisons économiques, afin de ne pas dimensionner de manière excessive les équipements, mais elle impliquait une prise de risque trop important qui s'est confirmée avec la recrudescence des épisodes d'inondation depuis les années 1960 ; en réponse, des grands espaces de rétention ont dû être développés à partir des années 70 et la pluie trentenaire est à présent considérée dans les calculs...; les réseaux en place n'en sont pas moins inadaptés aux situations singulières (pour ne pas dire exceptionnelles). Les digues construites aux cours des derniers siècles, sont sujettes à l'usure, la rupture est toujours envisageable.

Toutes ces incertitudes ont généré de nouvelles approches : le « tout tuyau » est contesté et une gestion à ciel ouvert ou de contrôle à la source est portée au-devant de la scène. Mais le débat n'est pas encore gagné, et la présence de l'eau en ville reste timide. Depuis maintenant plusieurs décennies, le petit cycle urbain se métamorphose : en parallèle du « tout à l'égout » apparaissent des gestions décentralisées de l'eau, qui échappent aujourd'hui à tout contrôle public : elles sont en général privatisées et l'ampleur ainsi que les conséquences des besoins d'entretien n'est pas encore mesurée.

Malgré une approche par bassin versant, la gestion de l'eau reste cloisonnée avec des regards divergents de divers professionnels : ingénieurs, paysagistes, environnementalistes, exploitants...une réelle dynamique d'échange et de partage des savoirs de ces différents acteurs est mise en avant lors de la conférence des nations Unies de Mar Del Plata en 1977 avec une « notion de gestion intégrée des ressources en eau » qui devient le concept pour faire face à la dégradation de la ressource et des milieux ; la gestion de l'eau n'en reste pas moins dispersée au sein de nombreuses institutions : syndicats, collectivités, bassins... mais aussi entre différents usages au sein de ces mêmes structures, à commencer par l'exploitant de la ressource et l'aménageur de l'espace public.

Après une longue histoire de chasse, l'eau de pluie commence à peine à être considérée comme une ressource...Les réseaux d'assainissement mis en place depuis plus d'un siècle sont quant à eux « confrontés à un double défi : celui des pollutions qui, avec la pluie, entrent, transitent dans ces réseaux et doivent être traités en station d'épuration [...] et celui des inondations par débordement de réseaux qui ne peuvent être résolus uniquement par un développement des infrastructures" ⁷

1.3 Les milieux humides et la phyto-épuration

Il existe un état frontière, entre l'état solide et l'état liquide, la terre et l'eau qu'on a du mal à appréhender, à percevoir et même à nommer du fait de sa complexité et de sa variété. Il renvoie à des espaces « gorgés » ou « noyés » d'eau, d'où la nappe n'est jamais loin, qui portent différents noms rattachés aux « milieux ou zones humides » : plaines inondables, tourbières, mangrove, marais (terme que l'on retiendra)...Baignés

⁶ L'Instruction technique relative à l'assainissement des agglomérations CG 1333* publiée en 1949, a servi de référence technique de conception des réseaux ; elle est basée sur des données météorologiques calculées par Henri GRISOLLET, et les dimensionnements des réseaux sont réalisés à partir d'une formule proposée par Albert CAQUOT. Cette circulaire a servi de quasi norme jusqu'en 1977 ; c'est l'instruction technique 77/284 qui la remplace et encourage les réseaux séparatifs et la mise en place de bassins d'orage au niveau des stations d'épuration.

⁷ « L'invitation des services d'assainissement dans la fabrique de la ville : une nouvelle forme de politisation des services techniques », par E. RIOUST, J.F. DEROUBAIX, J.C. DEUTSCH, G. HUBERT

dans la turbidité de leur nature, leur image et leur représentation varient : ces espaces ont, au cours de l'histoire, fait l'objet d'approches complètement antagonistes.

Les marais portent des connotations surnaturelles de lieux mystérieux d'où surgissent des créatures imaginaires ; on retient aussi facilement les idées véhiculées par les hygiénistes de la renaissance qui les associent à des territoires malsains d'où s'échappent les miasmes, sources de fièvres et de pathologies qui vont jusqu'à transformer l'homme qui le fréquente et entraînent leur dégénérescence à la fois physique et morale⁸. Depuis le premier dessiccateur connu, Hercules, combattant victorieux de l'hydre de Lerne (créature mythique du marais aux nombreuses têtes symbolisant les sources du marais qui renaissent à mesure qu'on les coupait...ou qu'on essayait d'assécher...) jusqu'à récemment, ces territoires ont fait l'objet de nombreux assèchements. Il semble néanmoins que jusqu'au moyen âge, l'homme ait plutôt cherché à vivre avec le marais, créer des étangs et tirer des bénéfices pour l'économie paysanne (cueillette, pacage du bétail, pisciculture,...) ou l'exploitation de la tourbe. Dès le premier moyen âge (V au XI^{ème} siècle) , la conquête agricole des zones humides donne lieu à la naissance de paysages originaux intégrant des réseaux de fossés, digues, des étangs, des écluses, des moulins, de vastes étendues de tourbières, de roselières ou de prairies inondables...

Conscients de la « *richesse que la culture peut retirer des terres nouvellement conquises sur les eaux* », Henri IV et son conseiller Sully mettent en marche au milieu du XVI^{ème} siècle de vastes campagnes de dessèchement portées en premier lieu par les maîtres de digues hollandais (notamment BRADLEY puis ses associés...) qui vont s'organiser en compagnies et toucher successivement différentes régions⁹ (Picardie, Charente, Touraine, Auvergne, Languedoc, Bordelais, Midi...) ; tout en tirant leur bénéfice, elles propagent les techniques de dessalage, d'endiguement, d'assèchement, d'évacuation gravitaire ou mécanique des eaux et d'amendement des terres asséchées. L'influence des anglais dans ces entreprises apparaîtra dès le XIX^{ème} siècle.

Après différents édits (dont le premier sous Henri IV en 1599) la première loi de dessèchement des marais voit le jour le 16 septembre 1807 : ainsi au nom de « *la conservation des citoyens, de l'accroissement de la population et à tout ce qui peut contribuer à l'augmentation des subsistances* »,...« *les assemblées de départements et leurs directoires s'occuperont des moyens de faire dessécher les marais, les lacs et les terres de leurs territoires habituellement inondés, dont la conservation dans l'état actuel ne serait pas jugée plus utile au bien général, et d'une utilité préférable au dessèchement...* »¹⁰. La valeur marchande des entreprises de dessèchement parce qu'elles libèrent des espaces productifs et la nécessité de répondre à un accroissement démographique sont ainsi clairement rappelées ...l'avancée de ces entreprises s'est aussi associée aux périodes de paix, et s'est donc accentuée en dehors de la guerre de cent ans, ou des guerres de religions (les marais en temps de guerre trouvaient en effet une raison stratégique militaire qui les sauvegardait de toute mutation).

⁸ Lire « Histoire des marais et des maladies causées par les émanations des eaux stagnantes » J.B. MONTFALCON (1824)

⁹ Dans le préambule à la loi de 1807, est estimée à 500.000 ha⁹ la superficie des marais du territoire français. Sous Henri IV, les dessèchements suivants sont entrepris :

- Dans l'Ouest : marais de Saintonge ; marais de petite Flandre ; marais du Poitou, petit Poitou (60), marais de Champagne, Boisdieu, Vix, de la Garette ;
- Marais de Normandie : marais Varnier, de la Mare, de Blaye.
- Marais de Picardie : à Sacy le Grand, Fontenay le Comte, Fontaine pleureuses.
- Marais du Vexin français : marais Chaumont.
- Midi : marais du Languedoc, marais St Gilles, d'Aramon, étang de Marseillette, marais d'Arles.
- Massif Central : lac de Sarlièves .

¹⁰ Loi du 16 septembre 1807 relative au dessèchement des marais

Après 1835 l'engouement pour les dessèchements s'estompe ... La période du Second Empire, qui marque le surpeuplement des campagnes, voit les grands travaux d'assèchement de la Sologne, des Dombes, des Landes.

La réputation d'insalubrité des marais et des étangs culmine jusqu'aux années 1850, période à laquelle les techniciens prennent conscience de la valeur tampon de ces espaces face aux crues (ingénieur St Venant pour les Dombes, Belgrand pour le Morvan...). Ce n'est qu'à la fin du XIX^e siècle que l'on découvre que la malaria ou le paludisme n'était pas attribuable au « mauvais air » mais à des micro-organismes transmis à l'homme par la piqûre des moustiques...

Les communautés protectionnistes (qui disposaient du droit d'usage de ces marais, et pour la plupart étaient constituées de chasseurs ou de pêcheurs...) ont en parallèle toujours existé ; elles ont d'ailleurs mis à mal certaines de ces entreprises de dessèchement (à Bourgoin par exemple fin du XVIII^e siècle, l'entreprise fut refreinée pendant 130 ans). En 1927 la compagnie AFC (d'Alais Froges et Camargue) en charge de l'exploitation du sel des marais salants conclut un accord avec la Société Nationale d'acclimatation (SNA) pour la protection des étangs du Vaccarès (soit 13 000 ha). Aujourd'hui même s'ils restent menacés d'avancée agricole ou urbaine, les marais sont reconnus comme biotopes pour des espèces rares ou en voie de disparition, comme réservoirs d'eau permettant le retardement des ruissellements, mais aussi comme archives de l'histoire du paysage (depuis le développement de la géomorphologie). Et surtout, les zones humides de manière générale sont « les reins du paysage pour les fonctions qu'elles remplissent dans les cycles hydrologiques et chimiques »¹¹ : elles contribuent au maintien et à l'amélioration de la qualité de l'eau en agissant comme un filtre épurateur :

- **physique**, en favorisant les dépôts de sédiments et le piégeage d'éléments toxiques tels que les métaux lourds.
- **biologique**, par le biais de dégradations biochimiques réalisées par les bactéries, ou d'absorption et de stockage par les végétaux, des substances indésirables ou polluantes tels que les nitrates et les phosphates, de certains pesticides et métaux...

Les marais contribuent ainsi au maintien et à l'amélioration de la qualité de l'eau des nappes situées sous les marais.

Grâce aux travaux de Dr. Seidel (chercheuse allemande, dans les décennies 1950-1960), la capacité d'autoépuration des écosystèmes naturels tels que les zones humides a commencé à être reconnue. Inspirés de ce phénomène naturel, des marais artificiels destinés à l'épuration des eaux usées ont été construits, tout en mettant en avant les processus naturels d'autoépuration.

Le premier marais artificiel fonctionnel (22,5 ha) a été installé à Othfresen en Allemagne en 1972. D'autres ont suivi en Europe et en Amérique du Nord. Apparue en France dans les années 1980, le traitement des eaux usées par les marais artificiels a vu son développement s'accélérer depuis une quinzaine d'années.

Le terme « phytoépuration » n'est utilisé que depuis très peu de temps. Il est en effet le résultat de la diversification des techniques de « marais artificiels », systèmes plantés d'espèces aquatiques pour le traitement des eaux usées. Ces techniques sont communément appelées « *constructed wetlands* » en anglais. « La phytoépuration est un ensemble de techniques mettant à profit des processus naturels d'une combinaison végétaux – sol – microorganismes dans un écosystème créé artificiellement pour le traitement des eaux usées, ainsi que d'autres types de déchets. »¹²

¹¹ Évaluation économique des zones humides Guide à l'usage des décideurs et planificateurs Edward B. Barbier, Mike Acreman et Duncan Knowler – (Résumé analytique)

¹² D'après *Runying Wang, Docteur en Sciences de l'Environnement et en Écologie*

Le bilan de ces années de dessiccation est mal connu. L'existence des marais est à la fois dépendante de fluctuations naturelles liées au climat et de l'anthropisation portée par des valeurs politico-socio-économique (influence des guerres, de la démographie, valeur marchande des terres, et à présent de l'épuration des eaux urbaines). Depuis cent ans, environ 2,5 millions d'hectares (25 000 km²) de zones humides, soit trois fois la superficie de la Corse, ont disparu en France. La surface annoncée des zones humides recensées fluctue de 1 à 10 suivant les auteurs et les acteurs sociaux : au sein même des Actes de la IIIe Conférence Internationale sur les Zones Humides de Rennes (1988), les estimations varient de 14 000 à 30 000 km², c'est-à-dire de 2,5 à 5 % de la superficie de l'Hexagone. De même, entre deux publications successives émanant du Ministère de l'Environnement, ces valeurs passent de 0,5 à 1 % !¹³ Une des causes de cette méconnaissance peut être rattachée à l'imprécision du sens même de « zones humides » ou de « marais »...

1.4 Cadre législatif international et convention de Ramsar

En 1992, se tient le premier Sommet de la terre à Rio qui s'achève par l'adoption de textes essentiels qui rythment encore aujourd'hui les sommets internationaux et notamment le Forum mondial de l'eau créé par la suite en 1996 etc... ; ils fixent l'orientation des politiques en faveur du développement durable. En 2002, à Johannesburg, l'état de l'eau et l'accès à l'eau potable sont portés au cœur des engagements pour le développement durable. Aujourd'hui le stress hydrique est au cœur des préoccupations mondiales.

L'année 2015 s'est terminée avec un grand évènement qui se déroulait au Bourget près de Paris : la COP21, 21ème Conférence des parties de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (en anglais Conférence Of the Parties, COP). Autour d'une menace de plus en plus pesante concernant le réchauffement climatique (+5°C annoncés d'ici 2100), celle-ci s'est donné pour principal objectif d'engager les 196 délégations présentes (195 Etats et l'union européenne) dans la signature d'un accord visant à limiter à 2°C l'augmentation de la température mondiale. L'accord signé s'engage en fait à renforcer les efforts pour le réduire à 1.5°C. L'eau n'est pas directement présente dans cet accord, mais pour la première fois, la communauté internationale de l'eau, regroupée autour du Conseil mondial de l'eau et du Partenariat Français pour l'Eau, s'est fortement mobilisée avant et pendant toute la COP 21 autour de la campagne « Climate is water » mise en place à l'initiative du Partenariat Français pour l'Eau. L'eau est en effet reconnue comme un des premiers éléments affectés par le changement climatique et **90% des catastrophes naturelles sont dues à l'eau** : les fréquences et importances de sécheresses et des inondations inquiètent (dernièrement le sud de la France, la Californie, le Bengladesh, Pakistan, la Syrie ont été fragilisés par des catastrophes).

L'Europe de son côté s'est toujours intéressée à l'eau, et depuis les années 70, les politiques de l'eau françaises s'inscrivent dans un cadre européen. Le cadre législatif de la politique de l'eau est compartimenté en différents champs plus ou moins interconnectés (eaux usées et pluviales, alimentation d'eau, qualité du milieu naturel et lutte contre les inondations...), il est de fait difficilement cerné. Il touche à la fois l'environnement, la santé et l'urbanisme. L'Europe compte ainsi une trentaine de directives concernant l'eau.

Initiée par l'OMS, la démarche de protection de l'eau au plan européen, s'est traduite par la directive 75/440/CEE du 16 juin 1975 dédiée à la qualité des eaux superficielles destinées à la production d'eau. Avec les directives 76/464/CEE, 80/68/CEE et 91/271/CEE, et 96/61/CE, l'Europe aborde la pollution des eaux, superficielles ou souterraines. Pour simplifier les textes, une réflexion est engagée à partir de 1995 dans le

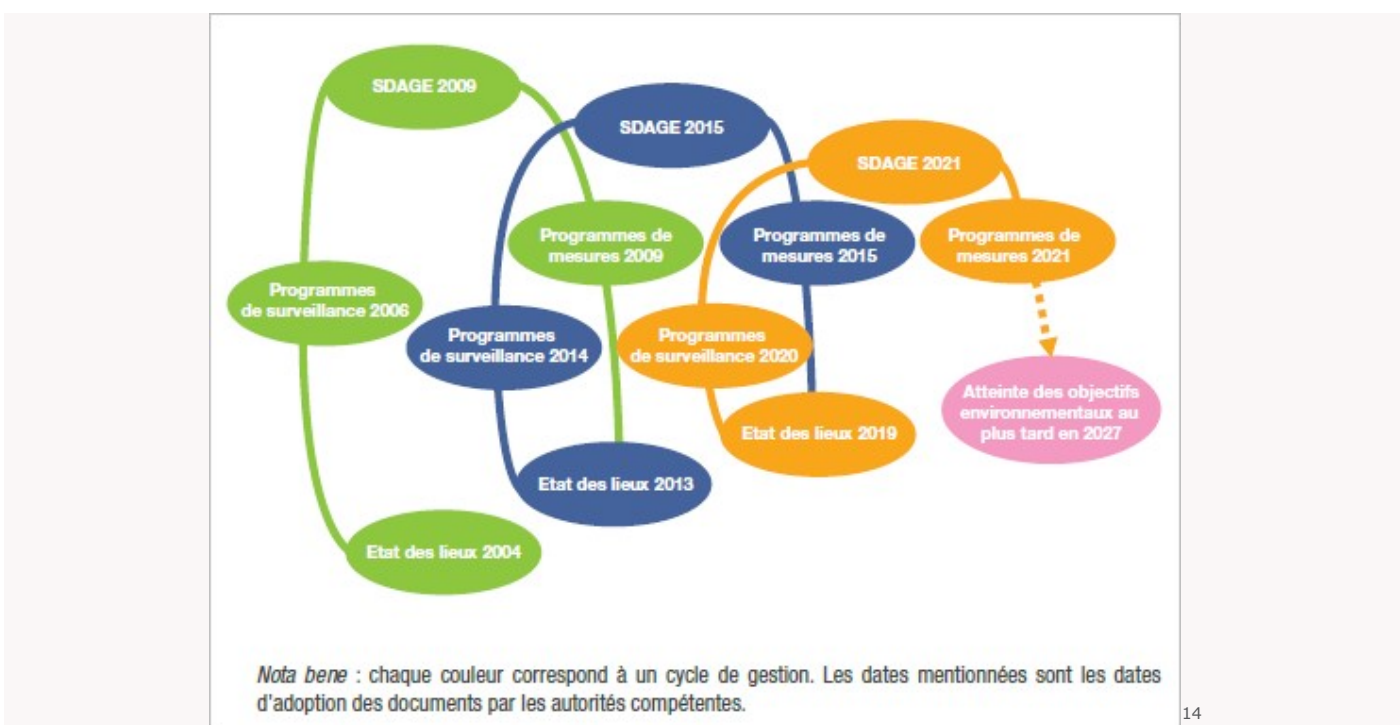
¹³ B. SAJALOLI

sens d'une **directive cadre de l'eau ou DCE** regroupant l'ensemble des exigences. Celle-ci aboutit en octobre 2000 avec la directive 2000/60/CE.

Tout en visant une cohérence d'ensemble de la politique des eaux portée par une démarche participative, elle définit un cadre pour la gestion et la protection des eaux par grand bassin hydrographique avec une perspective de développement durable. Elle propose une méthodologie de travail déployée sur 3 cycles qui comprend : un état des lieux, un programme de surveillance, un plan de gestion (équivalent du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux, ou SDAGE qui fixe les objectifs environnementaux) et un plan de mesures.

Elle fixe un objectif : celui d'attendre **d'ici à 2015 le bon état des masses d'eau**, « bon état écologique et chimique » pour les eaux de surface et « bon état chimique et quantitatif » pour les eaux souterraines, ceci sur tout le territoire européen, avec une échéance ultime pour 2027. Elle demande la mise en oeuvre de plans de gestion à l'échelle de districts géographiques, dont le périmètre est fondé sur des critères strictement hydrographiques.

Les grandes étapes de la DCE retranscrites pour la France :



Dans une quête de perfection, la DCE est depuis régulièrement « amendée » avec notamment :

- la directive 2006/44/CE concernant la qualité des eaux douces
- la directive 2006/118/CE du 12 décembre 2006 sur la protection des eaux souterraines contre la pollution et la détérioration
- **la directive 2007/60/CE relative à l'évaluation et à la gestion du risque inondation**
- la directive 2008/105/CE du 16 décembre 2008 établissant des normes de qualité environnementale dans le domaine de l'eau.
- ...

¹⁴ <http://www.eaufrance.fr/comprendre/la-politique-publique-de-l-eau/la-directive-cadre-sur-l-eau>

Voir en annexe le calendrier de la DCE française

La directive relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation qui nous intéresse pour son articulation avec la DCE, vise à réduire les conséquences négatives des inondations sur la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique.

De même que le SDAGE constitue le plan de gestion pour répondre aux exigences de la DCE, le plan de gestion des risques inondation (PGRI) est demandé à l'échelle de chaque district pour répondre aux attentes de la directive inondation (les deux documents possèdent les mêmes temporalités, c'est à dire six ans). **Coordonnés, ces deux plans ouvrent la voie à une forte synergie entre gestion de l'aléa et restauration des milieux aquatiques.**

Les PGRI doivent s'appuyer sur des EPRI, Evaluations Préliminaires des Risques d'Inondation, et comprennent les cartes des zones inondables des TRI, Territoires à Risques Importants ; ils s'intéressent à la gestion du risque dans sa globalité, notamment la prévention, la protection (et donc réduction de l'aléa ou de la vulnérabilité des ouvrages), et la préparation au sinistre avec l'organisation de l'alerte et la gestion de la crise.

En ce qui concerne les milieux humides, et leur biodiversité, la législation repose en partie sur des accords de portée mondiale : la convention de RAMSAR. Fondée à l'origine sur la préservation des habitats d'oiseaux d'eau, cette convention ratifiée pour la première fois en 1971 à Ramsar (Iran), a élargi son champ de compétence à la protection de tous les aspects de la biodiversité, de la gestion de l'eau, voire des valeurs sociales et culturelles de certains espaces. La France est devenue partie contractante à la convention en 1986. Fin 2015, elle compte 44 sites pour une superficie de plus de 3,5 millions d'hectares¹⁵. Une conférence des Parties de la Convention internationale de Ramsar pour la préservation des zones humides a lieu tous les trois ans, et donne lieu à l'intégration de nouveaux espaces « labellisés » et donc protégés.

La convention de Ramsar définit les zones humides comme des « *étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux **naturelles ou artificielles**, permanentes ou temporaires, où l'eau est (...) **douce, saumâtre ou salée**, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres* ».

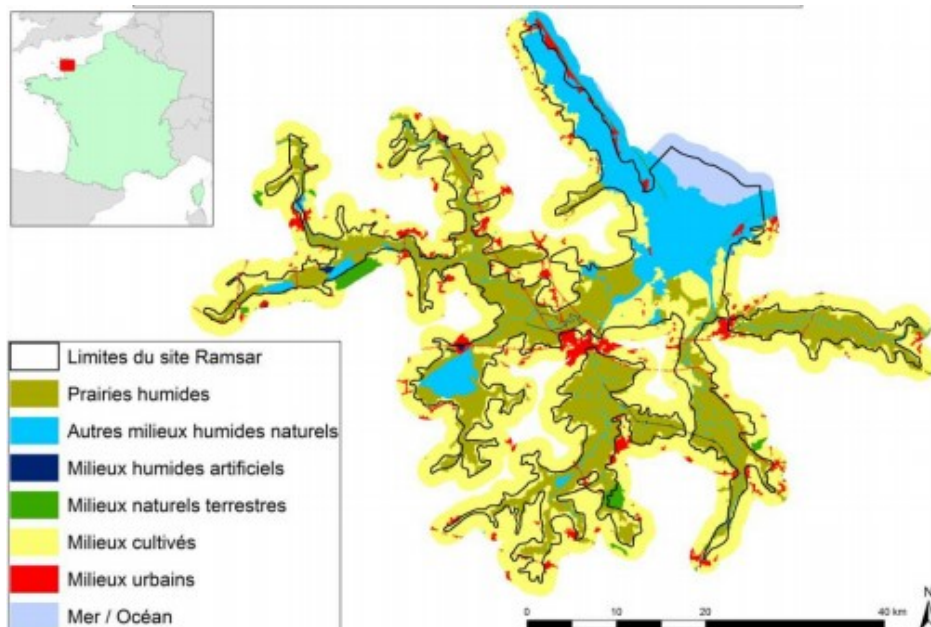
Les sites Ramsar ont généralement été désignés sur des milieux humides de grande taille, qui ont attiré depuis longtemps l'attention des protecteurs de la nature. De plus, les populations locales ont souvent développé un attachement social fort à ces territoires et contribué à leur relative préservation. Les sites Ramsar sont donc probablement représentatifs, qualitativement, des problèmes rencontrés par les milieux humides en général en France, mais l'intensité des problèmes et des dégradations y est probablement moindre que dans les autres milieux humides, en raison de l'intérêt particulier qu'elles ont pu susciter.

Les pourcentages de milieux humides dans ces aires varient énormément d'un site à l'autre, mais au niveau national, les deux tiers de ces aires protégées sont « non humides » et constituées donc de milieux naturels, milieux cultivés, urbanisés, lac artificiels...

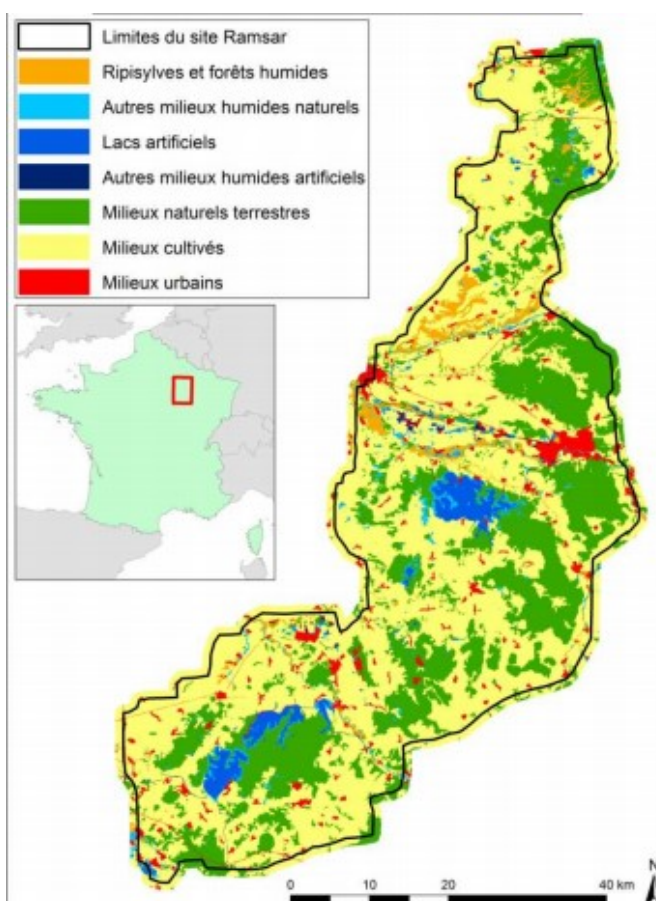
Deux exemples « opposés » français de sites RAMSAR pour illustrer ce dernier point :

- Marais du Cotentin et du Bessin et Baie de Veys (2005) : constitué à 70% de milieux humides, un tracé fidèle au besoin écologique

¹⁵ Voir Annexe : inventaire des SITES RAMSAR FRANÇAIS AU 31/12/2015 (source « Les milieux humides remarquables, des espaces naturels menacés *Quelle occupation du sol au sein des sites Ramsar de France métropolitaine ?* » *Rétrospective 1975-2005*, Christian PERENNOU, Anis GUELMAMI & Elie GAGET Tour du Valat/ OZHM Mars 2016)



- Champagne humide (2005) : matrice majoritairement non humide (8% de milieux humides sur ce site) :



(13) « Les sites Ramsar métropolitains français ont perdu 1,3% de leurs milieux humides entre 1975 et 2005. En réalité, un quart des sites ont enregistré des progressions (jusqu'à +11%) et les trois-quarts des régressions (jusqu'à -62%). Globalement, les milieux humides naturels ont régressé de 6% (-16 400 ha), et

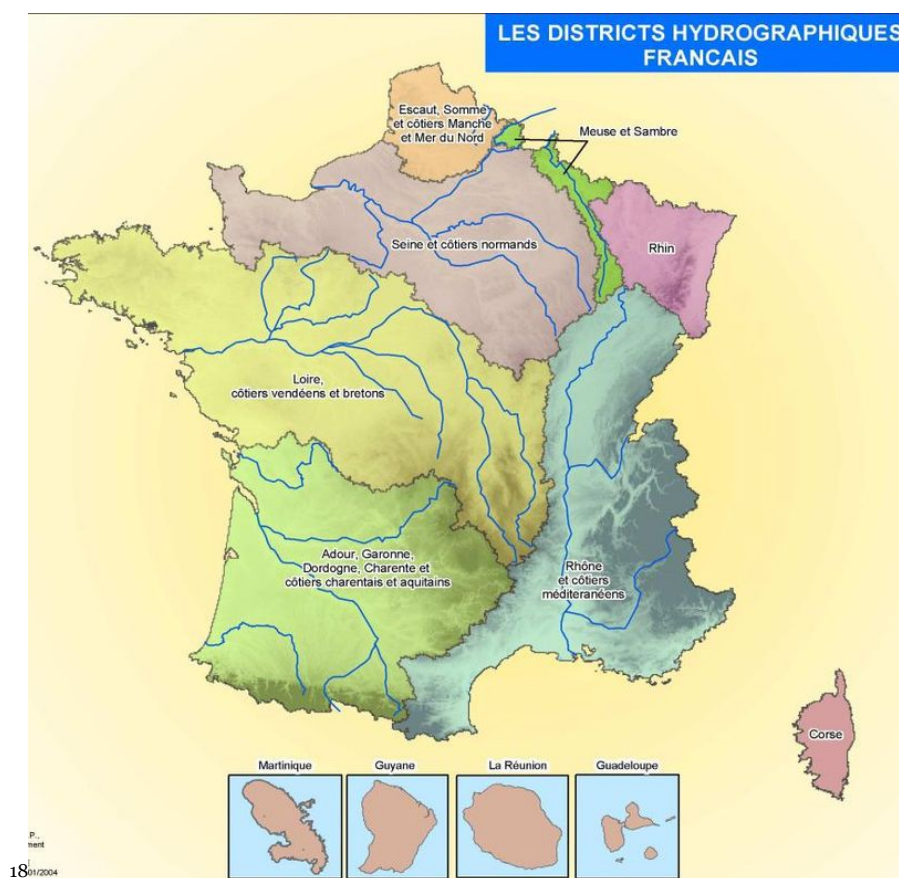
les milieux humides artificiels progressé de 38% (+ 12 400 ha). Les milieux naturels terrestres ont aussi régressé. Ces chiffres ne sont pas forcément représentatifs pour la France dans son ensemble ». ¹⁶

2 Les politiques de gestion des eaux pluviales

2.1 Cadre réglementaire et institutions françaises

Depuis 1850, le cycle atmosphérique et terrestre de l'eau est parfaitement connu des scientifiques et sert de référence : il permet d'entreprendre la division du territoire français en bassins hydrographiques et en versants maritimes. Les 16 divisions établies deviennent le cadre de toutes leurs mesures et enregistrements. La classification des cours d'eau se répartit entre quatre versants maritimes, six grands bassins et 10 subdivisions...c'est cette organisation qui préfigure nos institutions actuelles.

La première grande loi sur l'eau de 1964 se démarque pour son intérêt environnemental : elle organise notamment les circonscriptions administratives de l'eau autour des bassins hydrographiques¹⁷, et met en place les « **agences financières de bassin** » qui perçoivent des redevances instituées sur le principe du « pollueur-payeur » afin de financer des travaux.



¹⁶ « Les milieux humides remarquables, des espaces naturels menacés Quelle occupation du sol au sein des sites Ramsar de France métropolitaine ? » Rétrospective 1975- 2005, par Christian PERENNOU, Anis GUELMAMI & Elie GAGET Tour du Valat/ OZHM Mars 2016

¹⁷ Initialement 6 bassins hydrographiques accueillent les 6 agences de l'eau : Adour-Garonne/ Artois-Picardie/ Loire-Bretagne/ Rhin-Meuse/Rhône-Méditerranée et Corse/Seine-Normandie ; depuis 2005 en application de la DCE, la délimitation des bassins hydrographiques a été légèrement réactualisée, moyennant 7 bassins hydrographiques métropolitains (le bassin Corse est désormais indépendant, quoique toujours relié à l'Agence de l'eau RMC) et 5 bassins hydrographiques outre-mer qui abritent désormais chacun un Office de l'eau : Guadeloupe, Guyane, Martinique, Mayotte, Réunion.

¹⁸ source Wikipédia

Ces travaux sont en lien avec son principal objet, celui de " *lutter contre la pollution pour satisfaire ou concilier les exigences de :*

- *l'alimentation en eau potable et la santé publique ;*
- *l'agriculture, l'industrie, les transports, et toute autre activité humaine d'intérêt général ;*
- *la vie biologique du milieu récepteur..."*

La loi sur l'eau de 1992 pose les principes d'une gestion globale et équilibrée de l'eau, qui vise à assurer notamment :

- la préservation des écosystèmes aquatiques, et notamment des sites et des zones humides...
- la protection contre toute pollution et la restauration de la qualité des eaux...

Pour cela elle initie les procédures de planification : les SDAGE (Schémas Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux), équivalents aux schémas directeurs d'aménagement urbains, ainsi que les SAGE, Schémas d'Aménagement et de gestion des Eaux, à l'échelle des sous bassins, et les programmes d'assainissement dans les villes.

Elle cadre sa démarche dans son article 1^{er} avec le postulat suivant : "*l'eau fait partie du patrimoine commun de la nation. Sa protection, sa mise en valeur et le développement de la ressource utilisable, dans le respect des équilibres naturels, est d'intérêt général*".

En 2006, la troisième grande loi sur l'eau est votée : il s'agit de la loi LEMA, **loi sur l'eau et les milieux aquatiques**, qui reconnaît avant le tout le droit d'accès à l'eau pour tous. Elle s'inscrit dans les objectifs de la DCE pour sa lutte contre les pollutions et sa reconquête des qualités écologiques des cours d'eau ; au niveau des collectivités, elle met en œuvre notamment la taxe sur la production des eaux pluviales et un crédit d'impôt pour les systèmes de récupération.

A partir de 2007, la politique de l'eau bascule pleinement dans l'environnement et s'intègre dans une démarche de réforme en faveur de l'écologie et du développement durable avec deux lois « grenelle » complémentaires qui la concernent :

- Loi grenelle 1 de 2009 : *loi de programmation relative à la mise en oeuvre du Grenelle de l'environnement* ; avec ses 57 engagements, elle énonce ses objectifs de lutte contre le changement climatique, de préservation de la biodiversité et de la qualité des paysages au travers d'une meilleure prévention des risques pour l'environnement, et d'un renforcement de la politique des déchets, tout cela en s'appuyant sur une démocratie écologique plus transparente vis-à-vis du public.
- Loi grenelle 2 de 2010 : *loi portant engagement national pour l'environnement* qui comprend 248 articles (texte enrichi par le parlement) qui précisent les objectifs définis préalablement et surtout les moyens à mettre en œuvre pour les atteindre.

Les objectifs de ces lois sont classés en 6 chantiers majeurs :

- l'amélioration énergétique des bâtiments et l'harmonisation des outils de planification
- le transport
- la gouvernance de l'eau et la gestion durable des consommations et des productions
- la réduction des consommations énergétiques et des émissions de CO²
- la préservation de la santé, la maîtrise des risques et de la production des déchets
- **la préservation de la biodiversité**

Nous retiendrons comme éléments essentiels de ces deux lois « grenelle », concernant l'eau :

- L'inscription express sur les documents de planification « d'une trame verte, constituée sur la base de données scientifiques, des espaces protégés en application du droit de l'environnement et des territoires assurant leur connexion et le fonctionnement global de la biodiversité, et d'une trame bleue, son équivalent pour les eaux de surface continentales et leurs écosystèmes associés [...]L'élaboration de la trame bleue s'effectuera en cohérence avec les travaux menés par les commissions locales de l'eau ». A la protection de la biodiversité s'ajoute entre autres l'acquisition par les collectivités publiques dans un délai de 10 ans de 20 000 ha de zones humides afin de les protéger.¹⁹ En 2009, l'exposé des motifs de la loi Grenelle II estime qu'il reste en France environ 1,5 million d'hectares de zones humides qui sont un « réservoir de biodiversité, et un facteur d'amélioration de la qualité des eaux superficielles, des zones tampons diminuant les risques d'inondation en cas de fortes pluviométries et des stockages importants de carbone organique dans les sols », mais « souvent menacées par l'extension de l'urbanisme ou des changements d'usage des terres. »

L'article 29 précise : « La trame bleue permettra de préserver et de remettre en bon état les continuités écologiques des milieux nécessaires à la réalisation de l'objectif d'atteindre ou de conserver, d'ici à 2015, le bon état écologique ou le bon potentiel pour les masses d'eau superficielles ; en particulier, l'aménagement des obstacles les plus problématiques pour la migration des poissons sera mis à l'étude. Cette étude, basée sur des données scientifiques, sera menée en concertation avec les acteurs concernés. Le développement des maîtrises d'ouvrage locales sera recherché, notamment en y associant les collectivités territoriales, afin de remettre en bon état et entretenir les zones humides et les réservoirs biologiques essentiels pour la biodiversité et le bon état écologique des masses d'eau superficielles. En particulier, la création des établissements publics territoriaux de bassin sera encouragée, ainsi que l'investissement des agences de l'eau et des offices de l'eau dans ces actions. »

- « Dans le domaine de l'eau, le premier objectif est d'atteindre ou de conserver d'ici à 2015 le bon état écologique ou le bon potentiel, au sens de l'article 2 de la directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau, de l'ensemble des masses d'eau, tant continentales que marines. L'Etat se fixe l'objectif de ne pas recourir aux reports de délais, autorisés par cette directive, pour plus d'une des masses d'eau ».²⁰ Pour atteindre ces objectifs, la loi oblige les collectivités à instruire le volet d'assainissement dans le cadre des permis de construire (si besoin via le SPANC)
- L'état doit soutenir une meilleure maîtrise de prélèvements et de consommation pour tous les usages (domestiques, agricoles, industriels, économiques).
- L'inscription dans des programmes de recherche liés aux innovations technologiques concernant les thèmes de « la maîtrise de la captation et du stockage du dioxyde de carbone, notamment par les végétaux [...], la biodiversité, l'exploration et la caractérisation de la biodiversité en vue notamment de l'amélioration des plantes, la compréhension des écosystèmes, notamment anthropisés, l'étude des services obtenus des écosystèmes, l'écologie de la restauration et le génie écologique, les inventaires du patrimoine naturel, [...] Les technologies propres et le développement de produits propres, les technologies du traitement de l'eau et des déchets et de la protection des sols et les méthodes permettant de réduire l'utilisation d'intrants en agriculture, la contribution des végétaux à l'amélioration de l'environnement et de la santé, notamment par la capture et le stockage des produits organochlorés persistants, feront également l'objet de programmes spécifiques...»²¹

¹⁹ Voir TITRE II loi grenelle 1

²⁰ TITRE II loi grenelle 1, chapitre II

²¹ extrait de l'article 22 loi grenelle, modifié par LOI n°2015-992 du 17 août 2015 – tiré de l'article 1 (V) : LA RECHERCHE DANS LE DOMAINE DU DEVELOPPEMENT DURABLE

- Réduction de l'exposition de la population au risque inondation par la maîtrise de l'urbanisation et notamment par la restauration et la création de zones d'expansion des crues (article 44)

Le code de l'environnement instaure et définit l'objectif d'une gestion équilibrée de la ressource en eau (Art. L.211-1 du code de l'environnement). Il affirme le principe selon lequel **la préservation et la gestion durable des zones humides sont d'intérêt général**. Il habilite les collectivités territoriales et leurs groupements ainsi que les syndicats mixtes créés en application de l'article L. 5721-2 du code général des collectivités territoriales à entreprendre les études, l'exploitation et les travaux présentant un intérêt général ou un caractère d'urgence, comprenant entre autres (article L 211-7) :

- « [...] 4° La maîtrise des eaux pluviales et de ruissellement ou la lutte contre l'érosion des sols ;
- 5° La défense contre les inondations et contre la mer ;
- 6° La lutte contre la pollution ;
- 7° La protection et la conservation des eaux superficielles et souterraines ;
- 8° La protection et la restauration des sites, des écosystèmes aquatiques et des zones humides ainsi que des formations boisées riveraines »

Des servitudes d'utilités publiques peuvent être instaurées sur des terrains riverains d'un cours d'eau (article L 211-12 CE), afin de protéger des milieux existants ou de développer de nouvelles zones : zones de rétention temporaire des eaux de crue, zones humides voir zones de mobilité d'un lit.

Au-delà de 1 ha de surface concernée, tout projet d'aménagement dont le rejet des eaux pluviales est prévu dans le milieu naturel est soumis au dépôt d'un dossier au titre de la rubrique 2.1.5.0. de l'article R 214-1 du Code de l'Environnement qui définit les seuils d'autorisation ou de déclaration (déclaration si la surface < 1ha, au-delà, il s'agit d'une autorisation).

La règle générale de gestion des eaux pluviales est posée par le **code civil** ; ses dispositions s'appliquent à tous (public ou privé) et autorisent le ruissellement naturel en ces mots : « *les fonds inférieurs sont assujettis envers ceux qui sont plus élevés à recevoir les eaux qui en découlent naturellement sans que la main de l'homme y ait contribué. Le propriétaire inférieur ne peut point élever de digue qui empêche cet écoulement. Le propriétaire supérieur ne peut rien faire qui aggrave la servitude du fonds inférieur* ». Par contre les eaux de pluie d'un toit ne peuvent être déversées directement chez un autre propriétaire : elles doivent se rejeter sur son terrain ou sur la voie publique (article 681 du code civil). L'article 641 précise que « *Tout propriétaire a le droit d'user et de disposer des eaux pluviales qui tombent sur son fonds* » à condition de ne pas aggraver les servitudes naturelles d'écoulement.

Néanmoins, la collecte et le traitement des eaux pluviales urbaines sont des compétences qui relèvent des collectivités (cf article L 2226-1 du CGCT²²), et le réseau d'assainissement collectif est obligatoire pour les communes de plus de 2000 habitants ... le raccordement des eaux pluviales au réseau d'assainissement collectif peut donc être imposé par le règlement du service d'assainissement ou par des documents d'urbanisme. Le code de l'urbanisme renvoie au règlement de la collectivité : « *L'alimentation en eau potable et l'assainissement des eaux domestiques usées, la collecte et l'écoulement des eaux pluviales et de ruissellement ainsi que l'évacuation, l'épuration et le rejet des eaux résiduaires industrielles, doivent être assurés dans des conditions conformes aux règlements en vigueur* » (article R111 8).

L'Article L2224-10 du CGCT précise l'objectif du règlement : "Les communes ou leurs établissements publics de coopération délimitent, après enquête publique : [...] 3° Les zones où des mesures doivent être prises pour limiter l'imperméabilisation des sols et pour assurer la maîtrise du débit et de l'écoulement des

²² « La gestion des eaux pluviales urbaines correspondant à la collecte, au transport, au stockage et au traitement des eaux pluviales des aires urbaines constitue un service public administratif relevant des communes, dénommé service public de gestion des eaux pluviales urbaines. ».

eaux pluviales et de ruissellement ; 4° Les zones où il est nécessaire de prévoir des installations pour assurer la collecte, le stockage éventuel et, en tant que de besoin, le traitement des eaux pluviales et de ruissellement lorsque la pollution qu'elles apportent au milieu aquatique risque de nuire gravement à l'efficacité des dispositifs d'assainissement." Les communes peuvent instituer une taxe annuelle dont le produit est affecté à son financement (articles L. 2333-97 à L. 2333-99 du code général des collectivités territoriales).

Les dispositifs autonomes d'assainissement sont autorisés pour des raisons économiques depuis **1969** (arrêté du 14 juin) mais ils ne concernent que les eaux domestiques : contrairement aux mesures applicables en matière d'eaux usées (cf. article L. 1331-1 du code de la santé publique), il n'existe pas **d'obligation générale de raccordement à un réseau collectif en ce qui concerne les eaux pluviales**. Dans les zones d'assainissement non collectif, les communes sont tenues seulement d'assurer le contrôle des installations à travers un service public de contrôle des dispositifs d'assainissement non collectif (dit SPANC)²³.

En ce qui concerne les politiques liées au risque inondation, elles sont orchestrées autour de trois principales lois complémentaires :

La loi n° 95-101 du 2 février 1995 dite loi "Barnier" a institué les PPR, Plan de prévention des Risques naturels : ils délimitent les zones du territoire exposées aux risques naturels, prévoient les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde à mettre en œuvre par les propriétaires et les collectivités locales ou les établissements publics. Parmi ces PPR figure le PPRI pour « Inondation » qui a pour objectif de prévenir les inondations par débordement direct ou indirect, remontée de nappe et ruissellement. Il permet de réduire la vulnérabilité et les risques, en imposant des mesures de maîtrise du ruissellement, et en fixant des règles relatives à l'occupation des sols et à la construction des bâtiments. Il permet notamment de préserver les lits majeurs et zones d'écoulement et de réserver des emplacements pour le stockage des eaux pluviales. Pour ce faire, les zones exposées aux risques sont cartographiées et délimitées en tant que « zones de danger » et « zones de précaution ». L'un des intérêts du PPRI est de pouvoir intervenir également sur des zones non directement exposées au risque inondation, mais pouvant contribuer à son aggravation à l'aval. Il peut fixer des prescriptions ou des recommandations applicables aux biens existants. Lorsque la collectivité a fait l'objet d'un PPRI, la loi de modernisation de la sécurité civile du 13 août 2004 rend obligatoire la mise en place d'un Plan Communal de Sauvegarde (PCS).

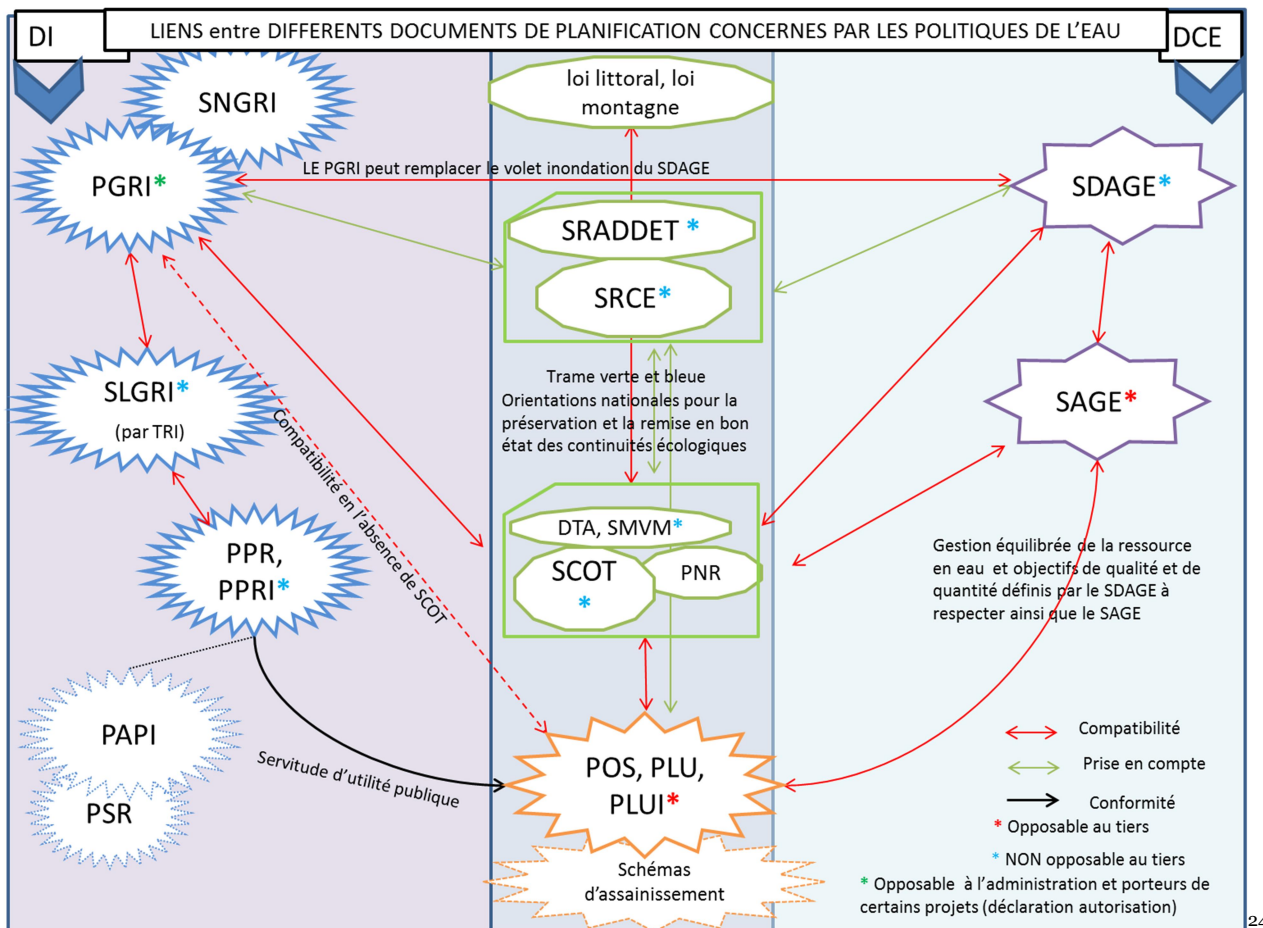
La loi du 30 Juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages fait suite à l'explosion de l'usine AZF, survenue à Toulouse le 21 septembre 2001. Elle s'inscrit dans le cadre d'un plan d'actions global, comprenant un volet risques technologiques et un volet risques naturels, dont le risque inondation. Elle a notamment mis en place les dispositifs de vigilance aux crues.

La loi MAPTAM n° 2014-58 du 27 janvier 2014 de modernisation de l'action publique territoriale et d'affirmation des métropoles vient bouleverser le paysage institutionnel dans le domaine de l'eau avec la création d'une compétence de gestion des milieux aquatiques et de prévention des inondations (GEMAPI) attribuée aux collectivités. Cette compétence ne tient pas compte des risques liés aux ruissellements ni aux remontées de nappe phréatique, mais devra s'exercer de fait au 1^{er} janvier 2018 dans les structures qui seront en charge des compétences assainissement... Cette loi concentre ainsi les principales préoccupations actuelles de l'eau à l'échelle locale. La création de la compétence GEMAPI n'a cependant aucune conséquence en matière de propriété des cours d'eau, de droits d'usage et d'obligations afférentes ; l'Etat

²³ La loi sur l'eau n° 92-3 de 1992 donne aux communes la responsabilité de planifier les zones avec assainissement autonome et de contrôler leur bon fonctionnement.

reste responsable de l'entretien du domaine public fluvial et le propriétaire riverain d'un cours d'eau responsable de l'entretien des cours d'eau non domaniaux.

La gestion du grand cycle de l'eau dépend de deux principales directives européennes : DCE et DI et se retrouve répartie en France sur de nombreux échelons. Tout en s'appuyant sur un panel important d'acteurs au niveau des bassins et des sous bassins hydrographiques (nécessaires à la cohérence géophysique des politiques menées), elle repose à présent sur des stratégies à élaborer au niveau local : celui de la collectivité ou de l'EPCI à fiscalité propre. Un arrêté publié en février 2016 impose d'ailleurs que cette stratégie, la « SOCLE » ou Stratégie d'Organisation des Compétences Locales de l'Eau soit annexée au SDAGE avant fin 2017...



24

2.2 La gestion des eaux pluviales, le ruissellement et le risque inondation

La gestion des eaux pluviales peut être définie comme « l'ensemble des mesures prises par l'homme pour mieux maîtriser les volumes et les flux d'eau générés par la pluie et le ruissellement dans les zones urbanisées » (Le Jallé). Cette discipline s'est imposée comme une nécessité liée au développement urbain en France du fait de l'omniprésence de l'eau et de l'imperméabilisation des sols.

Les romains ont mis au point les premiers réseaux d'assainissement²⁵ permettant d'acheminer l'ensemble des eaux en dehors de la cité...ces installations sont abandonnées au début du IIIème siècle au détriment de

²⁴ la **conformité** représente le rapport normatif le plus exigeant (retranscription à l'identique exigée)/ la **compatibilité** implique une obligation de non contrariété aux orientations fondamentales de la norme supérieure (marge de manœuvre possible)/ la **prise en compte** implique une obligation de compatibilité avec dérogation possible pour des motifs justifiés.

la technique du « tout à la rue » (avec parfois l'utilisation des ruisseaux urbains pour évacuer les eaux usées) ; à partir du XVI^{ème} siècle les égouts de Paris commencent à être recouverts, leur vocation première étant l'assainissement pluvial. Les eaux usées sont alors recyclées (les excréments sont transformés en engrais, les urines utilisées pour le salpêtre, la poudre...). Face aux épidémies et à l'importance de la pensée hygiéniste, le « tout-à-l'égout » est imposé, en 1894, comme seul procédé pour l'assainissement de la capitale, et il est utilisé comme modèle dans toutes les villes françaises.

D'autres villes ont néanmoins devancé Paris :

- Saint-Etienne en 1854
- Limoges démarre la construction de son réseau unitaire en 1870.
- Grenoble et Reims ont achevé leur réseau unitaire en 1880

Dans la lignée, Marseille construit son réseau unitaire de 1890 à 1903 (après la peste de 1845), Rennes entre 1887 et 1890, Lyon en 1961...

Le stockage des eaux pluviales qui était pratiqué avant le XX^{ème} siècle disparaît quant à lui pour des raisons sanitaires...Au début du XX^{ème} siècle l'Etat veut maîtriser l'assainissement, et s'appuie sur son corps d'ingénieurs qui développe l'approche hydraulique qui perdurera jusqu'aux années 80 : celle d'un réseau centralisé agrémenté à partir du milieu du XX^{ème} siècle de stations d'épurations fonctionnant pour la plupart sur un procédé biologique...la quasi-totalité des stations d'épurations a été construite après 1970 (plus de la moitié après 1995).

La circulaire CG1333 de 1949 est un des textes fondateurs pour le dimensionnement des réseaux d'assainissement : basée sur des données météorologiques calculées par Henri Grisolle et une formule de dimensionnement des réseaux proposée par Albert Caquot elle est considérée comme une quasi-norme et se voit appliquée jusqu'en 1977.

Dans une recherche d'économie, une nouvelle circulaire est publiée en **1969** par le ministre de l'Équipement, A. Chalandon, qui favorise le **réseau séparatif, l'écoulement superficiel de l'eau pluviale et l'utilisation des ruisseaux naturels**. L'eau de ruissellement urbain qui est encore considérée comme **propre peut être rejetée directement dans le milieu naturel**. La circulaire n° 77-284 qui se substitue plus tard à la CG1333, cherche à optimiser les réseaux d'évacuation par des grands bassins de retenue permettant l'écêtement des pointes de débit ainsi que des bassins d'orage au niveau des stations d'épuration pour limiter les déversements par temps de pluie....cela deviendra le dispositif de gestion des eaux pluviales retenu le plus courant.

Du fait de cet héritage historique, une majorité de communes dispose de réseaux d'assainissement unitaires dans les centres-bourgs (en général les petites communes de moins de 400 habitants, ou les grandes de plus de 500 000 habitants) tandis que les extensions urbaines sont assainies par des réseaux séparatifs... les réseaux strictement séparatifs sont l'exception en grande ville.

En 2008, le réseau d'assainissement public dessert les deux tiers de la population... le réseau « séparatif » français est aujourd'hui majoritaire avec un linéaire de 297 000 km dont un tiers réservé à la collecte des seules eaux pluviales, le reste étant dédié aux eaux usées. Le réseau unitaire actuel compte lui 97 000 km de conduite, soit 25 % du total (mais varie de 5 % à 72 % selon les régions métropolitaines). La longueur moyenne de canalisations tous réseaux confondus est de 14,7 mètres par logement raccordé.²⁶

²⁵ Exemple de la « Cloaca Maxima » grand collecteur construit au VI^e siècle av. J-C, pour drainer les marais qui recevaient les eaux de pluie et les eaux usées de Rome et les déversait dans le Tibre

²⁶ Cf ref 27

Nombre de logements en France répartis par systèmes d'assainissement en 2008²⁷ :

						% sur le nombre total de logements
Logements avec traitement						96,63%
Raccordés à une station d'épuration		Avec assainissement autonome		Total		
nombre de logements	%	nombre de logements	%	nombre de logements	%	
26 341 120	84,13%	4 967 077	15,87%	31 308 197	100	
Logements sans traitement						3,37%
Raccordés au réseau de collecte mais pas à la station d'épuration		Sans raccordement au réseau de collecte ni assainissement autonome		Total		
nombre de logements	%	nombre de logements	%	nombre de logements	%	
433 695	39,74%	657 569	60,26%	1 091 264	100	
TOTAL						100,00%

En cumulant les parts des logements pourvus d'assainissement autonome (15.87%) qui concerne les eaux domestiques, et celle des logements sans traitement (3.37%) on peut sans trop d'erreur estimer à environ **20%** la part des logements qui ne possèdent aucun dispositif de traitement des **eaux pluviales**.

En ce qui concerne les réseaux d'assainissement publics, qu'ils soient unitaires ou séparatifs, et donc qu'ils collectent des eaux pluviales ou des eaux usées, une majorité de leurs eaux sont traitées dans des stations d'épuration²⁸. Aussi, en temps de pluie, ces systèmes d'assainissement rencontrent de manière récurrente des difficultés à collecter, transporter, et stocker pour le traitement les eaux pluviales. Selon l'importance des pluies, cette situation peut provoquer des déversements et des débordements, pouvant conduire à des inondations.

Aussi, dans tous les cas, l'eau pluviale constitue une source de pollution majeure du cours d'eau (en réseau séparatif, l'eau arrive généralement sans aucun traitement et par conséquent très chargée de polluants, en réseau unitaire elle engendre des débordements).

L'objectif principal des gestionnaires des réseaux d'assainissement pluvial en site urbain est de collecter les eaux de ruissellement en évitant les débordements de réseaux et par là d'assurer le contrôle sur la qualité des eaux restituées au milieu naturel. Ils sont confrontés depuis quelques décennies à divers problèmes :

- l'urbanisation et la densification des villes qui encourageraient à redimensionner des réseaux déjà en place (impliquant un surcoût financier important sur les nouvelles opérations)
- l'entretien des réseaux existants : le taux de renouvellement au niveau national se situe autour de 0.71%²⁹, et les équipements sont anciens (on a vu que ce réseau était centenaire dans les principales villes)
- la mise à niveau des installations vis-à-vis des nouvelles réglementations (DCE et DI et leurs transpositions dans le cadre législatif français) pour l'amélioration de la qualité des masses d'eau et pour la protection contre les risques d'inondation.

Le réseau enterré et centralisé qui collecte puis traite les eaux de ruissellement ne répond plus à ces objectifs : le rythme effréné de l'artificialisation des sols « des trente glorieuses » a rendu inefficaces les partis pris concernant l'assainissement...de son côté, l'extension de cette artificialisation progresse

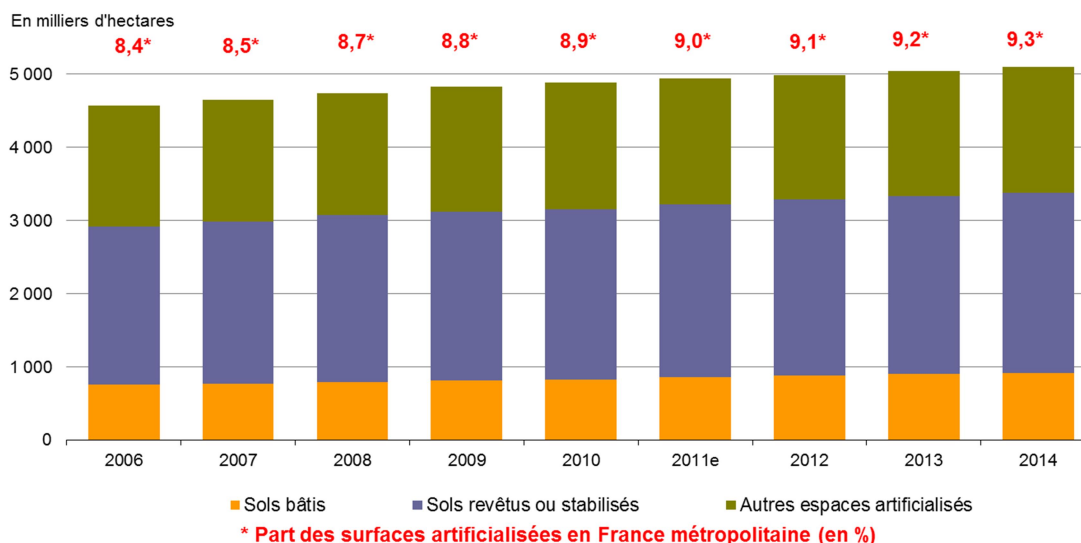
²⁷ Données récupérées sur le rapport n°210 d'avril 2011 « Le service d'assainissement en France : principales données 2008 », Chiffres et statistiques, COMMISSARIAT GÉNÉRAL AU DÉVELOPPEMENT DURABLE

²⁸ J'ai cherché en vain à dimensionner les quantités d'eaux pluviales traitées en station d'épuration aujourd'hui...

²⁹ Rapport 2012 ONEMA, Observatoire des services publics d'eau et d'assainissement Panorama des services et de leurs performances

encore et s'oppose à la perméabilité des sols (l'urbanisation consomme environ 60 000 ha par an en France et constitue une cause majeure de régression des zones humides).

Évolution des zones artificialisées



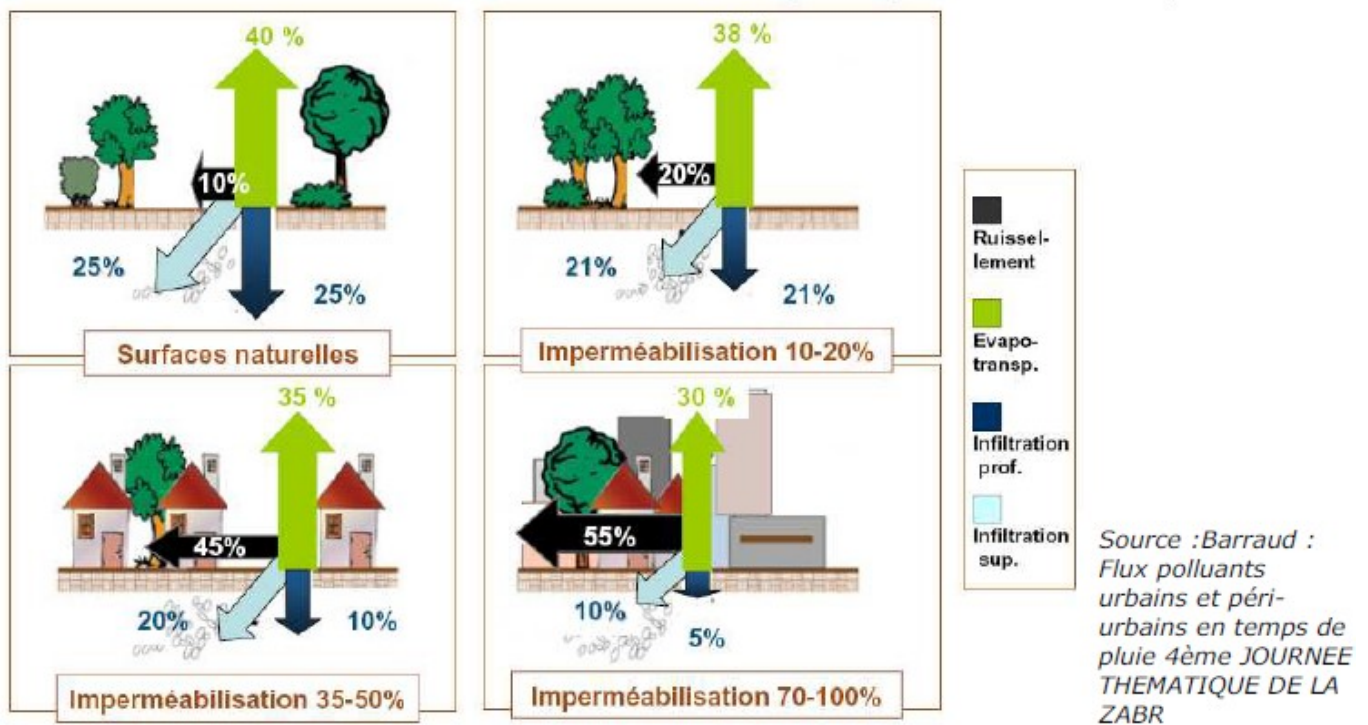
Note : e = estimation.
 Champ : France métropolitaine.
 Source : SSP, enquête Teruti-Lucas, mars 2015. Traitements : SOeS, 2015

Aussi, depuis les années 80, les stratégies se diversifient petit à petit et le cycle naturel de l'eau est enfin considéré en milieu urbain : on s'intéresse à l'infiltration et à la rétention des eaux pluviales (deux phénomènes naturels). Des techniques artificielles dites « alternatives » de gestion à la source se sont développées, telles que : fossé, noue, tranchée de rétention, stockages sur toiture, bassins de rétention...qui seront abordées dans le deuxième volet de ce chapitre.

L'objectif prioritaire de l'hydrologie urbaine reste la gestion des pluies fortes à exceptionnelles et donc la maîtrise du risque d'inondation, la sécurité des biens et des personnes ...se pencher sur la gestion des pluies faibles à moyennes qui sont les plus courantes, signifie d'un autre côté la priorisation de la maîtrise des émissions polluantes et des impacts sur les milieux récepteurs...objectif qui n'est pas encore affiché dans les politiques publiques.

Le ruissellement reste la préoccupation majeure des services d'assainissement. Il est lié à plusieurs paramètres : la température, la perméabilité des sols récepteurs et le phénomène d'évapotranspiration généré par la présence de végétation (et donc indirectement liée à la perméabilité...). *Le coefficient de ruissellement* va déterminer (sous l'effet d'une pluie définie) le dimensionnement des systèmes de collecte des eaux pluviales ; c'est le rapport entre la « pluie nette », c'est-à-dire le débit sortant d'une surface considérée et la « pluie brute » qui a été reçue sur cette surface. Ce coefficient dépend de l'imperméabilisation des supports, et de la pente ; le coefficient de ruissellement peut varier selon les surfaces : 2% (terre), 10% (sable tassé), et 40 % à 90% (bitume).

On peut établir un parallèle entre le ruissellement et le coefficient d'imperméabilisation (rapport entre la surface imperméabilisée et la surface totale considérée, valeur en lien étroit avec la surface bâtie et les espaces libres soit la densité urbaine). En site densément urbanisé, le ruissellement sera cinq fois plus important qu'à la campagne...A noter aussi qu'à phénomène inverse, l'évapotranspiration décroît proportionnellement à la densité urbaine :



L'imperméabilisation des sols s'est développée pour répondre à des critères de confort et d'hygiène et a accompagné de manière générale l'urbanisation ; elle présente deux conséquences majeures :

- la diminution de l'infiltration et donc de **l'alimentation en eau des nappes** souterraines
- **l'aggravation des inondations** par l'augmentation des vitesses de circulation des eaux pluviales et des quantités d'eau ruisselée

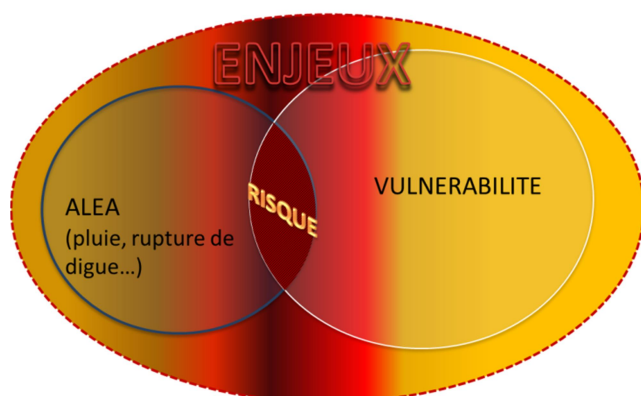
On peut aussi penser à d'autres conséquences indirectes telles que la pollution des milieux naturels causée par le lessivage des espaces publics, le « mauvais » contrôle des débits des réseaux de collecte et des surverses inévitables des eaux usées (par temps de forte pluie...), ainsi que l'augmentation des phénomènes d'« îlots de chaleur » liée au manque de végétation et à la densité urbaine.

On peut distinguer deux familles d'inondations qui s'opèrent sous l'influence de fortes précipitations ou de conditions climatiques exceptionnelles (type ouragan...) :

- celles que les techniciens ont combattues de tout temps, qui sont liées à des milieux naturels et leurs fonctionnements ; elles s'expriment par des débordements : marées sur les littoraux provoquant des submersions, cours d'eau dont le lit peut varier au fil des précipitations (les lits moyens et majeurs peuvent être atteints pour des durées variables), crues torrentielles rapides causées par des précipitations soudaines et importantes qui peuvent s'accompagner de laves torrentielles (les quantités solides drainées peuvent s'avérer importantes), et inondations causées par des remontées de nappe phréatique.
- Celles essentiellement liées à l'artificialisation du paysage dues au ruissellement pluvial qui impacte les zones drainées : les villes et à une moindre échelle les zones agricoles.

Les parts des inondations dues aux débordements et celles dues au ruissellement sont aujourd'hui de même ordre, même s'il est souvent difficile de les distinguer de par leur probable simultanéité. Aussi, la stratégie choisie par une collectivité en matière de gestion de ses eaux pluviales va directement impacter le ruissellement pluvial.

Les inondations liées aux débordements siègent aujourd'hui au cœur des préoccupations des acteurs locaux de l'eau, et des politiques de prévention des risques. L'évaluation préliminaire des risques d'inondation (EPRI) réalisée par l'État en 2012, à l'échelle du territoire national, révèle que près de 1 français sur 4 et 1 emploi sur 3 sont aujourd'hui potentiellement exposés... cette notion de risque est entendue lorsque deux conditions sont réunies : celle de l'aléa et celle de la vulnérabilité du terrain sur lequel s'applique l'aléa...les enjeux peuvent, eux, s'étendre au-delà du territoire concerné :



Dans le cadre de cette démarche de prévention des risques, 122 territoires à risque d'inondation important (TRI) ont été arrêtés sur l'ensemble du territoire national. Ces territoires font l'objet d'un diagnostic approfondi. Une cartographie des risques est ainsi réalisée sur chaque TRI, sous divers scénarii de pluie, et arrêtée par le préfet coordonnateur de bassin. Celle-ci constitue une étape majeure dans la connaissance des spécificités et des vulnérabilités du territoire, des types d'aléas auxquels il peut être soumis (selon les divers scénarii) et dans la localisation des enjeux en rapport avec ces événements. Une attention est apportée au fonctionnement socio-économique des zones retenues : exposition des établissements sensibles tels que les hôpitaux, les écoles, les sites Seveso, emplacements stratégiques des réseaux routiers, sensibilité des réseaux d'énergie, d'eau potable ou d'assainissement...Le but est de mieux connaître la vulnérabilité du territoire pour permettre l'élaboration des stratégies locales.

Les zones humides sont des zones naturelles d'expansion de crues et de submersions, mais aussi de collecte des eaux de ruissellement. Elles ont de plus un rôle d'atténuation des fluctuations des niveaux des nappes et peuvent constituer des réserves d'eau en temps de sécheresse et par là favoriser aussi le rafraîchissement.

2.3 Pollution et traitement des eaux pluviales

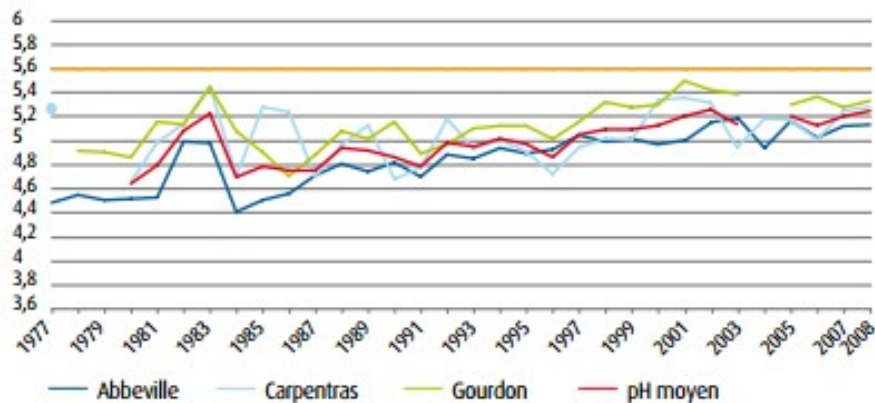
L'eau de pluie est dite « météorite »...elle devient véritablement « pluviale » lorsqu'elle a ruisselé.

L'eau « météorite » est déjà considérée polluée : elle est naturellement chargée en acides du fait de la pollution atmosphérique...les gaz contenus dans l'air, qu'ils soient naturels comme le gaz carbonique (CO₂), ou anthropogéniques comme le dioxyde de soufre (SO₂), l'oxyde d'azote (NO_x) ou l'ammoniac (NH₃), se transforment en acides au contact de l'eau ; ce taux d'acidité va évoluer en fonction de divers paramètres dont les rejets industriels en l'occurrence. La pollution de l'air participe même à la création des gouttes d'eau : il a été établi un lien direct entre les quantités de précipitations et la pollution (en grande métropole on vérifie qu'il pleut moins les week-ends que les jours ouvrés³⁰)...Les principaux acides contenus dans les précipitations, obtenus par réaction chimique tels que l'acide sulfurique, nitrique ou

³⁰ Cf RAPPORT sur «la qualité de l'eau et de l'assainissement en France» par M. Gérard MIQUEL, annexe 2 « PLUIE ET POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE »,

chlorhydrique, ont participé à la controverse des années 80 sur la déforestation en Europe³¹....En milieu urbain, ces pluies acides favorisent la dégradation des matériaux de construction utilisés pour fabriquer la ville et permettent la remobilisation des métaux lourds (plomb , cuivre, mercure...) dans des solutions aqueuses néfastes pour l'environnement (car facilement assimilables par des organismes vivants).

L'acidité des pluies est contrôlée en France sur 3 sites météorologiques (à Abbeville, Carpentras et Gourdon) : sur les trente dernière années, l'acidité diminue et se rapproche de la valeur naturelle de la pluie qui est de 5.6 (avec une baisse significative des quantités de sulfates de -65% en 30 ans, des évolutions assez stationnaires pour les nitrates depuis 1985, et une légère baisse des niveaux d'azote)³² :



Source : Météo-France – direction des systèmes d'observation (DSO), 2010.
Traitements : Météo-France – DSO, 2011.

Les pesticides, balayés par le vent, sont aussi largement présents dans les pluies sur l'ensemble du territoire français (à la ville comme à la campagne) : des relevés effectués en Bretagne entre 1996 et 2000 ont mis à jour des concentrations pour l'atrazine et l'alachlore, qui sont les deux principaux pesticides du maïs, pouvant atteindre 10 à 200 fois les normes tolérées pour l'eau potable !

Les eaux générées par les bâtiments (toitures) et les voiries lors des événements pluvieux vont, en ruisselant, s'agrémenter de nouveaux polluants (qui représentent 75 à 85% de la charge totale de polluants contenue dans les eaux pluviales) : elles vont amonceler les polluants secs (dépôts de la pollution atmosphérique) toute sorte de résidus physiques (d'origine humaine, animale ou végétale), et les particules issues de l'érosion (érosion naturelle du sol ou due à l'acidité des pluies pour ce qui concerne les matériaux de construction).

En France, nous l'avons vu, une grande part des eaux pluviales est traitée en station d'épuration...et l'importance de la pollution des eaux pluviales a pu être mise à jour grâce aux contrôles imposés en stations.

La pollution des eaux est mesurée à travers deux indicateurs :

- Les matières en suspension ou « MES » qui déterminent la turbidité de l'eau
- La demande en oxygène nécessaire à la dégradation des polluants : elle est soit « biologique » (DBO), en général mesurée à 5 jours (« DBO5»), soit « chimique » (DCO)

³¹ « Les pluies acides une controverse des années 80 » L. SCHMITT tiré de « Une protection de l'environnement à la française ? »

³² « La qualité des eaux de pluie », rapport « Observation et statistiques n°88 » de juin 2011, Commissariat général au développement durable

Même si les concentrations de polluants sont faibles dans les pluies (excepté pour les MES), leurs masses sont conséquentes (à titre indicatif, la part des eaux pluviales et eaux de nappe sur Grenoble Alpes métropole représente 2/3 des volumes d'eau traités).

Origine des pollutions dans un réseau unitaire (Source : Encyclopédie d'hydrologie urbaine- B. CHOCAT 1992):

	Matières en suspension (MES)	Demande biochimique en oxygène (DBO)	Demande chimique en oxygène (DCO)	Hydrocarbures	Plomb (données 1992)
Eaux de ruissellement	50 %	45%	25 %	50 %	65 %
Eaux usées	30 %	35 %	55 %	40 %	10 %

La part solide (et non dissoute) des polluants des eaux de ruissellement est largement majoritaire (elles pourront donc être facilement traitées par filtration et décantation). **Les eaux pluviales constituent la principale source de pollution lorsqu'elles sont collectées dans un réseau unitaire et se trouvent mélangées avec les eaux usées, notamment pour les MES, les hydrocarbures et le plomb...** Et pourtant les pluies importantes ne sont pas prises en compte dans le dimensionnement des stations d'épuration (les quantités d'eaux usées sont justes majorées arbitrairement ...) ³³.

Bien que l'impact des RUTP, rejets Urbains de Temps de Pluie sur le milieu naturel soit encore mal connu car le phénomène est complexe et très variable (il s'agit de pollutions épisodiques qui bien que chroniques, varient d'un contexte urbain à un autre), de nombreuses études ont été menées qui ont dégagé les principales caractéristiques des pollutions générées par les RUTP.

Les polluants des rejets urbains de temps de pluie peuvent être classés en 7 groupes par ordre de "visibilité décroissante" (Thévenot 1992) : les solides flottants (pollution visuelle), les matières en suspension (MES), les matières oxydables (DCO, DBO₅), les nutriments (azote, phosphore), les micropolluants minéraux (métaux lourds), les micropolluants organiques (hydrocarbures, composés aromatiques, PCB, pesticides, ...), les micro-organismes (pollution bactériologique). L'importance de la pollution des RUTP sur l'ensemble de l'assainissement urbain est significative pour les deux premiers groupes, MES et DCO (moins pour la DBO) et à moindre échelle pour le phosphate (Pt) ; les produits azotés (nutriments) sont par contre majoritairement dus aux eaux domestiques. En ce qui concerne les métaux la part apportée par les précipitations est considérable, pour les hydrocarbures les concentrations en réseau séparatif ou unitaire sont similaires par contre on remarque une forte variabilité des quantités rejetées par bassins ³⁴.

Lorsque par forte pluie, les eaux pluviales sont rejetées directement dans le milieu aquatique, elles entraînent un risque accru de pollution... **La lutte pour l'amélioration de la qualité des eaux des**

³³ Les stations d'épuration sont dimensionnées pour des débits de références basés sur des populations et des pluies mensuelles « types » et sont sujettes à des débordements autorisés (qui selon la Commission européenne, doivent rester en deçà de 20 déversements par an) La directive 91/271/CEE relative au traitement des eaux urbaines résiduaires (DERU) précise (note 1 de l'annexe 1.A.) : « Étant donné qu'en pratique il n'est pas possible de construire des systèmes de collecte et des stations d'épuration permettant de traiter toutes les eaux usées dans des situations telles que la survenance de précipitations exceptionnellement fortes, les États membres décident des mesures à prendre pour limiter la pollution résultant des surcharges dues aux pluies d'orage. Ces mesures pourraient se fonder sur les taux de dilution ou la capacité par rapport au débit par temps sec ou indiquer un nombre acceptable de surcharges chaque année »...

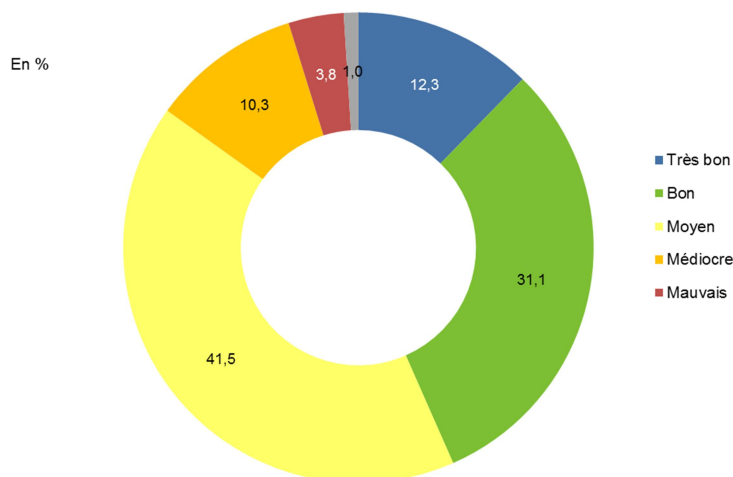
³⁴ voir tableaux relatifs aux CONCENTRATION DES POLLUANTS DES EAUX D'ASSAINISSEMENT en annexe

lacs et des rivières, en France, doit donc s'orienter particulièrement vers le traitement de l'eau pluviale urbaine...

Etat des lieux vis-à-vis des directives européennes :

Malgré une sensible amélioration, les objectifs de la DCE n'ont pas été entièrement atteints en 2015... Les données ci-dessous correspondant à l'état des lieux réalisé en 2013, montre que l'état des lieux écologique (apprécié sur la qualité de l'écosystème) est encore majoritairement mauvais à moyen, et l'état des lieux chimique (mesuré sur la base de la concentration de substances nocives dites « prioritaires ») est plutôt encore moyen (les données incomplètes rendent l'interprétation plus difficile).

Répartition des masses d'eaux de surface en 2013, selon leur état écologique

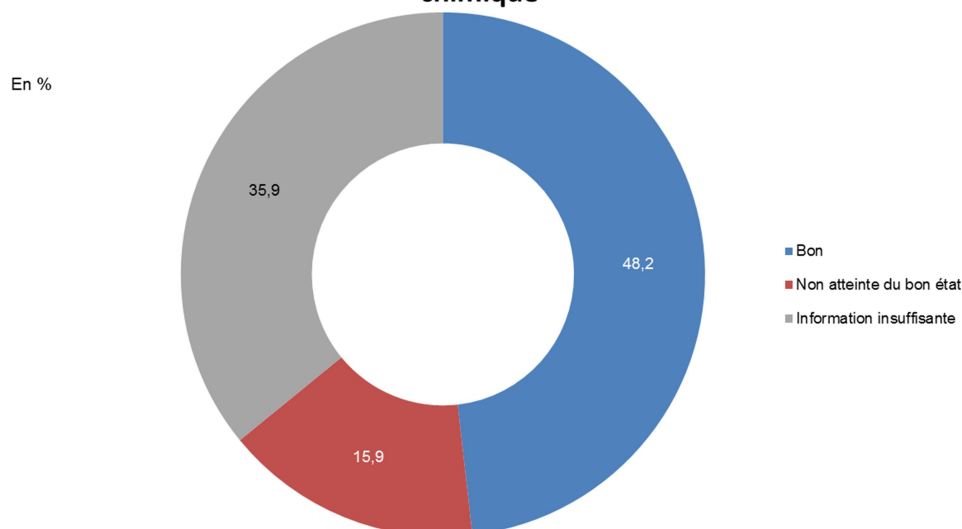


Notes : selon les État des lieux réalisés en 2013, à partir des données de surveillance 2010-2011 pour l'état écologique des cours d'eau ou 2006-2011 pour l'état écologique des plans d'eau, ou des campagnes de suivi les plus récentes pour l'état chimique. L'état chimique prend en compte, pour tous les bassins, les substances ubiquistes.

Champ : France entière.

Source : agences de l'Eau - offices de l'Eau - Onema, mars 2014. Traitements : Onema, 2015

Répartition des masses d'eaux de surface en 2013, selon leur état chimique



Notes : selon les État des lieux réalisés en 2013, à partir des données de surveillance 2010-2011 pour l'état écologique des cours d'eau ou 2006-2011 pour l'état écologique des plans d'eau, ou des campagnes de suivi les plus récentes pour l'état chimique. L'état chimique prend en compte, pour tous les bassins, les substances ubiquistes.

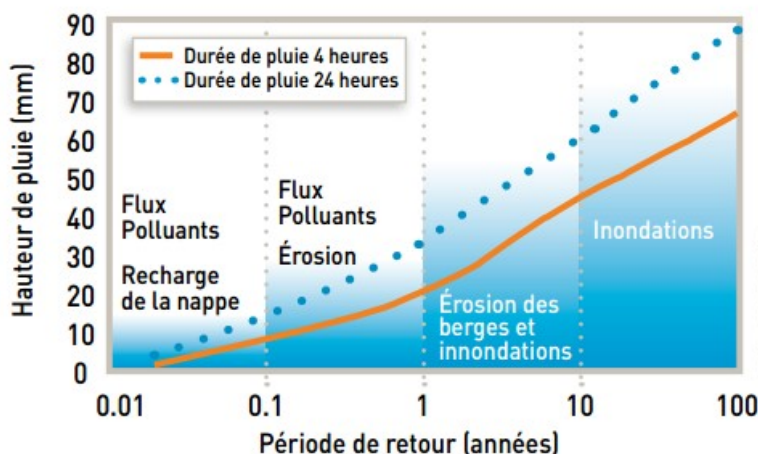
Champ : France entière.

Source : agences de l'Eau - offices de l'Eau - Onema, mars 2014. Traitements : Onema, 2015

Lorsque l'eau pluviale n'est pas traitée, elle peut donc être directement déversée dans un cours d'eau, ou infiltrée dans les sols...

En ce qui concerne les capacités des sols à épurer les eaux pluviales, un certain nombre d'éléments peut être souligné : la couche supérieure en générale végétale est le lieu des échanges biologiques, dans lequel les plantes vont capter les polluants et les bactéries permettre la biodégradation. Par contre, tout ce qui échappe au système racinaire et à la biodégradation se retrouve tôt ou tard dans les nappes souterraines³⁵...En effet, les couches suivantes du sol constituent des mélanges de matière : il s'agit de de sols non saturés (contenant donc de l'air) qui laissent passer les polluants...les vitesses d'écoulement vont varier en fonction de la nature de ces sols, leur perméabilité, leur homogénéité et de leur humidité (effet de « conductivité hydrique » : plus le sol est humide et plus vite l'eau se disperse ou converge en profondeur). Certains polluants au contact de l'oxygène (donc de l'air présent dans le sol) se transforment : exemple de l'ammonium, que l'on retrouve en majorité dans les engrais mais aussi les usages domestiques (à raison de 22%) et qui devient du nitrate (NO₃) et contamine nos nappes et nos rivières.

Les techniques alternatives qui se sont développées ces dernières décennies sont la plupart du temps dimensionnées pour répondre à la maîtrise du risque inondation, et rarement à la dépollution des eaux de pluie qui devient en fait l'enjeu majeur pour les pluies faibles à moyennes, les plus courantes...



36

En parallèle, elles privilégient une gestion à la source : *les eaux de ruissellement « à la source » sont bien moins chargées en polluants que les eaux pluviales à l'aval des réseaux d'assainissement séparatifs* (Bressy 2010, Zgheib 2009) : favoriser l'infiltration et l'évapotranspiration dans les zones bâties, c'est laisser l'eau de pluie cheminer verticalement plutôt qu'horizontalement sur des surfaces imperméables.

Données reprises de « la ville et son assainissement » (CERTU, 2003 §8.3.8.2), concernant des ordres de grandeurs des **concentrations de polluants, en fonction de la typologie urbaine**, relevées durant une pluie moyenne³⁷ :

³⁵ Toutes les bactéries ne détruisent pas les polluants : il existe aussi des bactéries qui transportent les molécules chimiques et par là peuvent contaminer les eaux de nappes (les pesticides et les métaux lourds ont cette aptitude à se fixer sur des bactéries....)

³⁶ « Outils de bonne gestion des eaux de ruissellement en zones urbaines » EAU SEINE NORMANDIE

³⁷ GESTION DES EAUX PLUVIALES DANS LES PROJETS D'AMENAGEMENT

Type d'aménagement	Quartiers résidentiels (habitat individuel)	Quartiers résidentiels (habitat collectif)	Habitations denses : zones industrielles et commerciales	Quartiers très denses : centres-villes, parkings
Coefficient de ruissellement	0,2 à 0,4	0,4 à 0,6	0,6 à 0,8	0,8 à 1
MES*	100-200 mg/l	200-300 mg/l	300-400 mg/l	400-500 mg/l
DCO*	100-150 mg/l	150-200 mg/l	200-250 mg/l	250-300 mg/l
DBO5*	40-50 mg/l	50-60 mg/l	60-70 mg/l	70-80 mg/l

38

Le ruissellement plus important en quartier dense peut doubler les quantités de polluant (toute nature confondue).

Une réelle attention est à apporter aux polluants contenus dans les eaux pluviales urbaines : un diagnostic du type de pollution³⁹ attendue en fonction des aménagements devrait être réalisé systématiquement afin de prendre en compte cette dimension essentielle.. « *L'identification des sources potentielles d'émission de polluants et la réduction à la source de ces émissions est le meilleur moyen de protéger sols, sous-sol et nappes contre d'éventuels risques de contamination* »⁴⁰.

Les règlements d'assainissement imposent des restrictions sur les concentrations de pollution acceptées dans les réseaux d'eaux pluviales, néanmoins les contrôles effectués dans la réalité sont aujourd'hui rares⁴¹

2.4 Le « recyclage » des eaux pluviales

Les eaux pluviales peuvent être réutilisées dans le cadre d'une construction ou d'un aménagement paysager, pour ses usages pratiques ou à dessein d'activités ludiques telles que le jeu ou la baignade. Cette réutilisation peut répondre à plusieurs logiques : une volonté écologique de préserver la biodiversité, des critères purement économiques ou une réponse à une pénurie en eau.

Dans certaines parties du monde ce dernier enjeu peut devenir primordial (il le deviendra peut-être à l'avenir chez nous...). L'extraction continue de l'eau depuis les nappes souterraines pour arroser les pelouses de Floride a épuisé les réserves (d'ailleurs sur un autre registre, le lessivage par les eaux de ruissellement des fertilisants et pesticides utilisés sur ces mêmes pelouses a pollué les cours d'eau).

L'arrêté du 21 août 2008 relatif à la récupération des eaux de pluie et à leur usage à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments réglemente la réutilisation des eaux pluviales qui reste limitée en France, tant au niveau des classifications des bâtiments concernés qu'en terme d'usage. Principe de précaution oblige, l'utilisation des eaux pluviales est notamment interdite dans les équipements accueillant des publics fragiles, à savoir à l'intérieur :

- « des établissements de santé et des établissements, sociaux et médicaux-sociaux, d'hébergement de personnes âgées ;
- des cabinets médicaux, des cabinets dentaires, des laboratoires d'analyses de biologie médicale et des établissements de transfusion sanguine ;
- des crèches, des écoles maternelles et élémentaires. »

³⁸ NOTE rédigée par Bernard Chocat, Insa de Lyon et Juin 2014 le groupe de travail "eaux pluviales et aménagement" du Graie,

³⁹ Voir Annexe « importance relative de la contamination des eaux de ruissellement de différents types de surfaces urbaines », Outils de bonne gestion des eaux de ruissellement en zones urbaines, Agence de l'eau Eau Seine Normandie

⁴⁰ « Outils de bonne gestion des eaux de ruissellement en zones urbaines » EAU SEINE NORMANDIE

⁴¹ Voir en annexe l'exemple du Grand LYON : normes de rejets à respecter pour les réseaux séparatifs pluviaux

L'eau de pluie est garantie recyclable sans procédé de désinfection bactériologique si elle provient exclusivement des toitures et terrasses non accessibles...ce qui n'intègre donc pas les eaux pluviales issues du ruissellement au sol. Ses usages sont réduits :

- En extérieur : à l'arrosage, au lavage...(en dehors des périodes de fréquentation du public).
- A l'intérieur des bâtiments : à l'alimentation des chasses d'eau, au lavage des sols et, à titre expérimental et sous conditions, au lavage du linge.

L'eau de pluie recyclée est particulièrement favorable au lavage : elle est moins calcaire que l'eau du réseau public et diminue les besoins d'assouplissants ou de détartrant. Elle contient aussi moins de chlorures et de sels minéraux : sa douceur est bénéfique pour l'arrosage des plantes.

Ces eaux récupérées, si elles sont renvoyées dans le réseau d'assainissement collectif, font l'objet d'une déclaration, et peuvent faire l'objet d'un contrôle sanitaire. Les restrictions imposées par cet arrêté peuvent paraître dissuasives mais la loi grenelle a surenchéri cette démarche en ces termes : « *La récupération et la réutilisation des eaux pluviales et des eaux usées seront développées dans le respect des contraintes sanitaires en tenant compte de la nécessité de satisfaire les besoins prioritaires de la population en cas de crise.* »

La ville de Fort de France en Martinique, dans un souci d'« économie » a initié en 2012 une campagne de subvention de systèmes de récupération d'eaux pluviales (Srep) à hauteur de 50 à 90%, avec des réutilisations à l'intérieur des bâtiments pour des usages autres que « corporels » (douche ou alimentation) sous condition de marquage.

La démarche HQE à travers une de ses cibles encourageait la pratique de récupération des eaux pluviales, et de nombreux éco-quartiers se l'ont appropriée. La ville de Bordeaux a mis en place 275m³ de cuves de stockage d'eau de pluie dans son jardin botanique (soit 11 cuves de 25m³) pour l'arrosage de ses serres, ce qui les rend autonomes dans ce domaine (ces eaux sont récupérées sur 1600m² de toiture).

Les aménageurs s'investissent de plus en plus dans cette démarche; il existe aujourd'hui un label « eau de pluie ⁴² » qui s'appuie sur des normes allemandes et repose sur deux concepts :



- le "*Bâtiment à eau positive*" : qui produit plus d'eau récupérée qu'il ne consomme d'eau potable
- le "*Site à eau positive*" : qui ne rejette pas d'eau dans le réseau

On peut aussi parler de réutilisation des eaux pluviales lorsque l'eau est retenue en surface dans des aménagements paysagers pour des usages ludiques (parcs, jardins, places...), voir écologiques lorsqu'ils accompagnent des trames urbaines ou s'inscrivent dans des corridors biologiques, et enfin bioclimatiques puisque l'eau favorise l'évapotranspiration, rafraîchit et contribue à la lutte contre les îlots de chaleur (la végétation qui accompagne souvent les plans d'eau, ou les sols simplement humides agissent en véritables régulateurs thermiques diurnes et nocturnes).

L'eau est source de plaisir sensuel à travers le regard, le contact et parfois l'écoute qu'on lui porte...elle exerce une attraction magnétique (très marquée chez les populations jeunes). Sa présence participe à des expériences sensorielles riches pour les enfants ; de plus, lorsque l'eau est intégrée à des promenades elle est perçue comme apaisante. L'eau en ville participe aussi à la culture du risque, elle incarne un rôle pédagogique de prévention, et aide l'habitant à renouer avec son environnement naturel. Elle contribue depuis une quinzaine d'années à la qualité des aménagements urbains, à travers les éco-quartiers ou les éco-cités qui lui ont redonné une place essentielle : elle fait partie du nouveau cadre de vie de la ville.

⁴² <http://www.label-eau-de-pluie.com/Realisation-eau-pluviale.html>

Le grand Lyon dans ses guides d'aménagement, recommande la mise en services de fontaines, jets d'eau, bassins d'eau vive ...

Sous partie 2 : Choix de gestion des eaux pluviales

La conduite de la politique de gestion des eaux pluviales est assurée par les collectivités ou les EPCI en charge de la compétence assainissement. Les récentes lois sur l'eau alertent les collectivités sur la maîtrise nécessaire des eaux de ruissellement pour lutter contre le risque inondation, et sur la qualité des eaux des milieux naturels. Néanmoins chaque collectivité garde le choix de ses installations d'assainissement pluvial, et des contraintes qu'elle imposera aux habitants. Il est important de préciser à ce stade que sont assimilées à ces eaux pluviales, celles provenant des eaux de ruissellement, des eaux d'arrosage et de lavage des voies publiques et privées, des jardins, des cours d'immeubles ainsi que des aires de stationnement découvertes.

C'est le concept **de jardin de pluie** apparu dans les années 80 dans le Maryland, aux USA qui a inspiré la plupart des techniques de gestion d'eaux pluviales alternatives : il consiste à collecter, transporter, stocker et libérer des eaux de pluies recueillies depuis un bâtiment ou un espace paysager ; il se traduit en général par des dépressions plantées qui permettent l'infiltration des eaux pluviales dans le milieu naturel. Ce concept a aussi été repris sous l'appellation de « biorétention » et s'appuie évidemment sur les propriétés d'épuration des sols et des plantes reconnues depuis longtemps à travers les marais.

De manière générale, on observe dans les divers règlements établis au niveau des Métropoles ou communautés d'agglomérations (Paris, Strasbourg, Marseille, Rennes, Lyon, Grenoble, La Rochelle...) une convergence des politiques vers les techniques alternatives et une gestion des eaux à la source plutôt qu'une gestion collective enterrée traditionnelle. L'infiltration à la parcelle des eaux non polluées est devenue sur ces territoires, une règle générale. Cette infiltration au plus près de la source permet de limiter le ruissellement, qui devient un problème prépondérant en milieu urbain, autant en matière de risque de débordement, et d'inondation, qu'en matière de pollution du milieu naturel (nous l'avons vu, plus le ruissellement est long, et plus la charge polluée est grande). La plupart des déversements de réseaux d'eaux pluviales en milieu naturel ne sont réalisés qu'avec un traitement minimal de type décantation (par le biais d'avaloirs de décantation).

Même la ville de Toulouse, une des rares grandes villes qui dispose d'un réseau d'assainissement collectif 100% séparatif préconise aujourd'hui des techniques alternatives : « *Pour [...] garantir le développement durable de la ville, les règles de gestion des eaux pluviales imposent une stratégie de réduction des volumes et débits ruisselés sur site, en privilégiant l'infiltration vers la nappe, voire des solutions basées sur la rétention temporaire. Ainsi, toute opération sur le territoire de la Ville de Toulouse devra gérer ses eaux de pluie et de ruissellement...* »⁴³

Le milieu rural avec ses espaces naturels propices à l'infiltration est évidemment moins susceptible aux risques d'inondation et de pollution. On décèle là l'un des quelques avantages environnementaux du périurbain...

Des critères de limitation voir d'absence de pollution sont néanmoins rappelés : à Rennes par exemple, les eaux pluviales « non polluées issues des toitures et terrasses non accessibles » peuvent être infiltrées directement à la parcelle, pour les autres elles devront être prétraitées avant d'être rejetées dans le réseau collectif. Malgré cette exigence (généralisée), aujourd'hui les collectivités ont du mal à assurer le contrôle des dispositifs privés, même si elles en ont la responsabilité.

⁴³ Extrait du PLU, PROJET DE REVISION GENERALE, 5 ANNEXES, 5B1a - Notice - « Eaux Usées et Eaux Pluviales » (Révision générale approuvée par DCC du 27/06/2013 mise à jour par arrêté du 04/11/2013)

1 Les techniques alternatives

Les techniques alternatives sont diverses : de manière générale elles s'opposent à la solution classique du réseau public enterré et visent une « gestion des eaux pluviales intégrée à la parcelle ». Elles sont appliquées à des échelles de projet, doivent prendre en compte les éventuels bassins versants interceptés et reposent sur différents dispositifs plus ou moins adaptés aux sites et aux aménagements : elles sont fondées en priorité sur l'abattement des eaux pluviales par leur infiltration dans les sols ou par leur rétention, et en dernier lieu sur leur régulation avant restitution dans le réseau collectif.

Ces techniques vont conduire à dimensionner des **zones de stockage** des eaux pluviales qui vont permettre le **recueil du volume de pluie de référence** (volume contre lequel on veut se prémunir) avant leur restitution dans le milieu naturel (souvent par infiltration) ou dans le réseau collectif. Cette pluie de référence sert de seuil de risque à partir duquel les débordements sont acceptés.

Les pluies de référence varient d'une collectivité à l'autre⁴⁴. La norme NF EN 752-2 précise la fréquence des événements pluvieux en fonction du degré d'urbanisation mais les exigences de certains PLU peuvent être plus importantes⁴⁵ :

Fréquence d'un orage Le système doit fonctionner sans mise en charge	Lieu = site général dans lequel se situe le projet et notamment prise en compte des zones à l'aval du projet où vont se déverser les eaux de pluie	Fréquence d'inondation acceptable = fréquence à partir de laquelle les débordement des eaux collectées sont admises en surface (impossibilité pour celle-ci de pénétrer dans le réseau)
1 par an	Zones rurales	1 fois tous les 10 ans
1 tous les 2 ans	Zones résidentielles	1 fois tous les 20 ans
1 tous les 2 ans 1 tous les 5 ans	Centres-villes / zones industrielles ou commerciales : - si risque d'inondation vérifié - si risque d'inondation non vérifié	1 fois tous les 30 ans
1 tous les 10 ans	Passages souterrains routiers ou ferrés	1 fois tous les 50 ans

Extrait de la norme NF EN 752-2

1.1 Infiltration

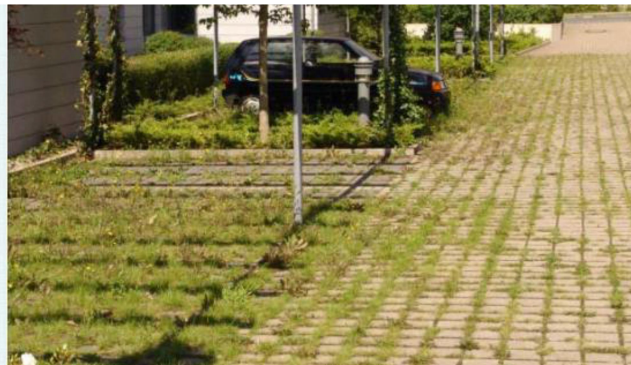
L'infiltration à la parcelle dépend directement de la pente, et de la **perméabilité du revêtement de surface et du sous-sol**.

Lors d'un projet d'aménagement, il est facile d'agir sur le choix des revêtements de surface...néanmoins ce choix va dépendre de conditions de confort et des exigences du maître

⁴⁴ A Besançon : « Le stockage et les ouvrages de régulation sont dimensionnés de façon à limiter à 20 l/s par ha de terrain aménagé le débit de pointe ruisselé. La capacité de stockage est établie pour limiter ce débit de restitution pour une pluie d'occurrence décennale et de durée d'une heure, soit 25,5 mm en 60 mn. Si le stockage est effectué dans le sol au moyen de matériau de porosité contrôlée, la vidange de restitution du stockage à l'égout est munie d'un clapet de protection contre les reflux d'eaux d'égout. »

⁴⁵ Au Grand LYON les systèmes de gestion des eaux pluviales sont dimensionnés pour des périodes de retour de 10, 20, 30 ou 100 ans (cette dernière valeur reste exceptionnelle et se réfère souvent au règlement des Plan de Prévention des Risques).

d'ouvrage en la matière. Hormis les espaces végétalisés dont les performances contre le ruissellement sont optimales, d'autres matériaux poreux peuvent être utilisés pour les zones « circulables » : ils sont en général meubles (et donc salissant par temps de pluie et plutôt peu appréciés en site urbain), ou leur surface est irrégulière...ce qui les rend plus inconfortables notamment à la circulation routière mais aussi aux PMR, aux poussettes, aux vélos, aux trottinettes...etc.



Des revêtements poreux plus stables et moins irréguliers se sont développés tels que les bétons et enrobés drainants, mais un nettoyage régulier peut s'avérer indispensable pour préserver leur porosité.

Les revêtements en pavés, béton ou enrobé drainant ont un coût supérieur aux revêtements classiques. Les revêtements meubles sont quant à eux beaucoup plus économiques.

Ces revêtements, s'ils se généralisent, vont incontestablement modifier l'aspect de nos villes et permettre le retour des mousses, et du « vert »...pour le plaisir mais aussi parfois l'ennui de leurs habitants qui se sont habitués aux espaces « aseptisés ».

Une fois la couche superficielle traversée, la **perméabilité des sols non saturés entre en jeu**...et pour une part qui n'est pas des moindres.

Les dispositifs alternatifs autres que les dispositifs de rétention, s'appuient en effet sur les **capacités d'infiltration des surfaces des sous-sols concernés par les projets** ; ils sont dimensionnés en fonction des caractéristiques du site : climatologie (et donc événement pluvieux de référence), pentes, surfaces et perméabilité des sols.

Ce sont les caractéristiques de ces zones de stockage qui différencient les techniques entre elles : leur forme, leur position dans l'espace, et leur composant ; quelques exemples sont décrits ci-dessous :

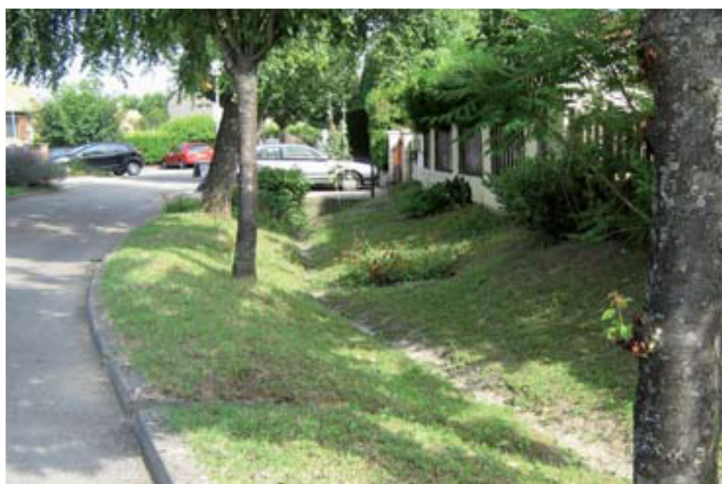
- Dispositifs à ciel ouvert :

Noues et fossés :

Il s'agit de dépressions plus ou moins prononcées, qui marquent le relief du terrain dans lesquelles l'eau de ruissellement sera canalisée et stockée : leur intégration paysagère est assez délicate (mais peut-être intéressante), et elles forment des obstacles à franchir sur un cheminement.

Ces noues peuvent permettre l'infiltration des eaux ; elles sont en général plantées pour améliorer la qualité des eaux infiltrées et diminuer leur quantité. Parfois elles servent juste de canalisation à ciel ouvert vers un exutoire (ruisseau...).

Coût : de 20 à 40 €/m³ stocké



Source : AESN et Région Rhône-Alpes

Bassins à ciel ouvert secs :

Il s'agit du « dispositif alternatif » le plus ancien (les premiers bassins de retenue des eaux ont été mis en place dans les années 70).

Contrairement aux noues ou fossés qui ont des formes linéaires, les bassins sont de forme plus compacte ; ils peuvent être en texture minérale ou être végétalisés.

Les espaces publics inondables peuvent être assimilés à ces « bassins », et avoir des usages mixtes (terrain de sport...) ; ils sont alors aménagés « traditionnellement » simplement équipés de limiteurs de débit.

Leur position est stratégique pour le recueil des eaux ; il faut aussi être vigilant sur les enjeux pendant les périodes d'inondation et les moyens d'alerte à mettre en place.

Il assurent la décantation pour la pollution particulaire.

Coût : 30 à 110 €/m³ stocké



Vélodrome d'Eybens construit en 1991



Ces dispositifs lorsqu'ils sont plantés s'appuient sur le phénomène de « **biorétention** » : ils favorisent la captation par la végétation (par les feuilles, les tiges), la filtration (par le sol), le stockage (par leur forme en dépression). Le phénomène d'évaporation est aussi accentué.

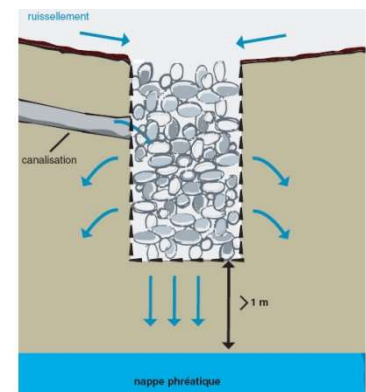
- Dispositifs enterrés :

Le puits d'infiltration :

Contrairement aux tranchées, il s'agit d'ouvrages ponctuels en général profonds qui permettent l'infiltration d'eaux pluviales dans le sous-sol perméable.

Il peut s'agir d'une citerne enterrée vide et creuse (élément préfabriqué), ou d'un ouvrage naturel réalisé avec des matériaux poreux.

Coût : 900 à 1300 € la fourniture et pose



Source : AESN et Région Rhône-Alpes

Massifs d'infiltration :

Il s'agit de massifs de stockage des eaux enterrés, composés en général de matériaux drainant (sable, gravier...) ou alvéolaire (synthétiques).

Les tranchées d'infiltration sont linéaires, positionnées en superficie, et souvent végétalisées. Elles peuvent être choisies en complément d'une noue ou d'un fossé.

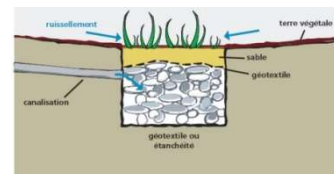
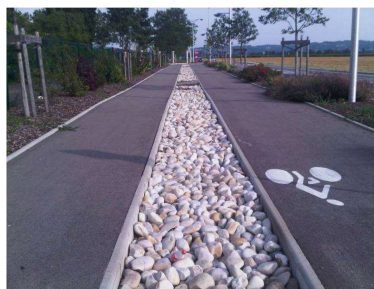
Coût : 60 €/m³ stocké (si remplissage en galet)

Les bassins d'infiltration ou chaussées réservoir sont similaires mais de forme plus compacte.

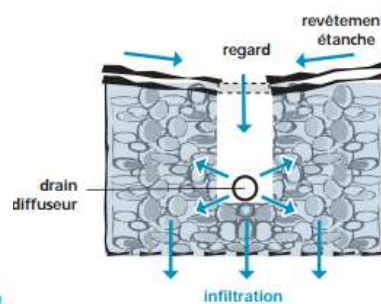
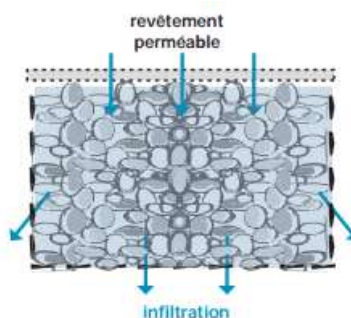
Ces dispositifs passent inaperçus (intégration paysagère facile) mais nécessitent un volume sous terrain dégagé et entrent parfois en conflit avec d'autres réseaux.

Coût : 300 à 1000€/m³ stocké

Tranchées d'infiltration :



Bassins d'infiltration ou chaussées réservoir :

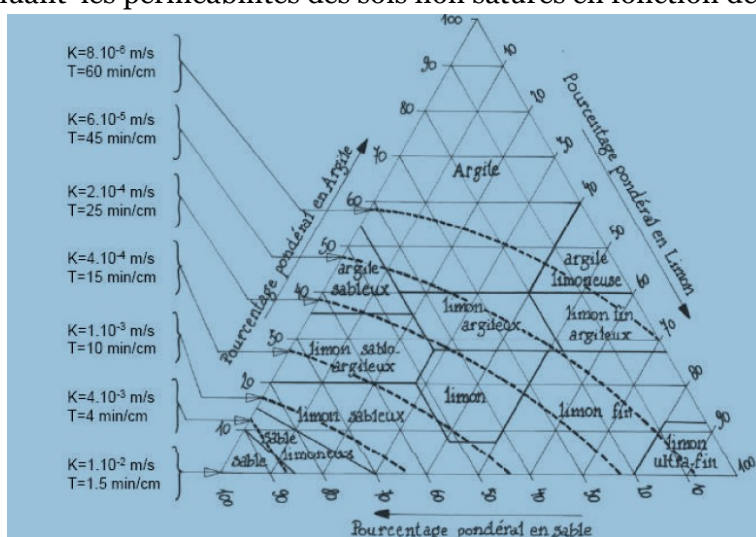


Source : AESN et Région Rhône-Alpes

Ces différentes techniques d'infiltration peuvent être combinées entre elles et proposer des variantes. Elles sont toutes conditionnées par **la perméabilité des sous-sols** sur lesquelles elles reposent.

En général on considère des conditions de perméabilité satisfaisantes **entre 10⁻² et 10⁻⁵ m/s** : au-dessus de 10⁻² m/s, le sol est trop perméable et pourrait polluer la nappe (les puits d'infiltration sont en général proscrits dans ces configurations), en dessous il n'est plus considéré perméable...

Voici un diagramme évaluant les perméabilités des sols non saturés en fonction de leur nature (courante) :









Mais plus le sol sera perméable et plus la nappe risquera d'être polluée par les eaux de ruissellement. Seule une petite plage convient à la fois à l'optimisation de l'infiltration et de la filtration des eaux par les sols :

pour des perméabilités comprises **entre $5 \cdot 10^{-4}$ et $5 \cdot 10^{-6}$ m/s** (correspondant sur le diagramme ci-dessus à des taux d'argile < 60%, et < 45% de sable qui déterminent les perméabilités extrêmes).

Vitesse d'infiltration K (m/s)	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
Types de sols	Gravier sans sable ni éléments fins		Sable avec gravier, Sable grossier à sable fin		Sable très fin Limon grossier à limon argileux			Argile limoneuse à argile homogène			
Possibilités d'infiltration	Excellentes		Bonnes		Moyennes à faibles			Faibles à nulles			
Performance de filtration des pollutions	Faibles à moyennes		Bonnes		Excellentes			Excellentes			

⁴⁶Le rapport entre les surfaces imperméabilisées et les surfaces perméables joue un rôle important contre le risque de pollution de la nappe : sur des surfaces entièrement perméables il est minimal, et au-delà de 50% doit être accompagné de dispositifs complémentaires (décantation, filtration...)

Rapport surface imperméabilisée / surface d'infiltration	Qualité de l'infiltration et risques	Exemples de techniques adaptées
1 : la surface d'infiltration correspond à la surface à gérer. Cas d'une chaussée ou d'une terrasse en revêtement poreux	L'infiltration peut être pratiquée quelque soit la perméabilité du sol. Très peu de risque de colmatage des ouvrages (en fonction des usages de la surface)*	 Revêtement poreux
Entre 1 et 10 : la surface d'infiltration correspond à 1/10 de la surface à gérer	L'infiltration peut être pratiquée quelque soit la perméabilité du sol si on prévoit une épaisseur de la couche filtrante minimum. Peu de risque de colmatage des ouvrages (en fonction des usages de la surface)*	 noues  Tranchées drainantes
Entre 10 et 50	Les conditions de perméabilité doivent être examinées pour dimensionner un stockage correspondant à la vitesse d'infiltration du sol. Prévoir une décantation amont pour limiter les risques de colmatage de la surface	 Bassin d'infiltration individuel
Entre 50 et 100	L'ouvrage doit être réalisé avec un bassin de décantation amont s'il dessert plus de 5000 m ² imperméabilisés. Il doit faire l'objet d'une étude hydrogéologique et hydrologique avec une vérification du fonctionnement sur une chronique de pluie pour vérifier les conditions de décantation et de colmatage.	 Bassin d'infiltration collectif
Au delà de 100	Ouvrages présentant beaucoup de risques pour la nappe. Une étude hydrogéologique et hydrologique avec une vérification du fonctionnement sur une chronique de pluie de 5 ans doit être réalisée pour s'assurer de son fonctionnement futur.	 Puits d'infiltration

*Les surfaces poreuses peuvent être colmatées rapidement si elles reçoivent des boues ou des apports de terres par ruissellement. Il est donc conseillé de ne pas les utiliser sur des surfaces soumises à ce genre de ruissellement.

47

⁴⁶ « Aménagement et eaux pluviales Traitement de la pollution des eaux pluviales et protection des milieux aquatiques sur le territoire du Grand Lyon, Guide méthodologique »

⁴⁷ Guide méthodologique : « Traitement de la pollution des eaux pluviales et protection des milieux aquatiques sur le territoire du Grand Lyon »

En rappel, les eaux de ruissellement sont caractérisées par une pollution essentiellement particulaire et peu organique, pour lesquels il est important de mettre en place deux types de traitement :

- La décantation
- Le piégeage des polluants au travers des massifs filtrants.

Les séparateurs d'hydrocarbures parfois imposés sont efficaces en cas de pollution accidentelle, mais le sont peu pour les concentrations relevées habituellement sur les eaux pluviales (qui restent faibles, c'est-à-dire inférieures à 5mg/l).

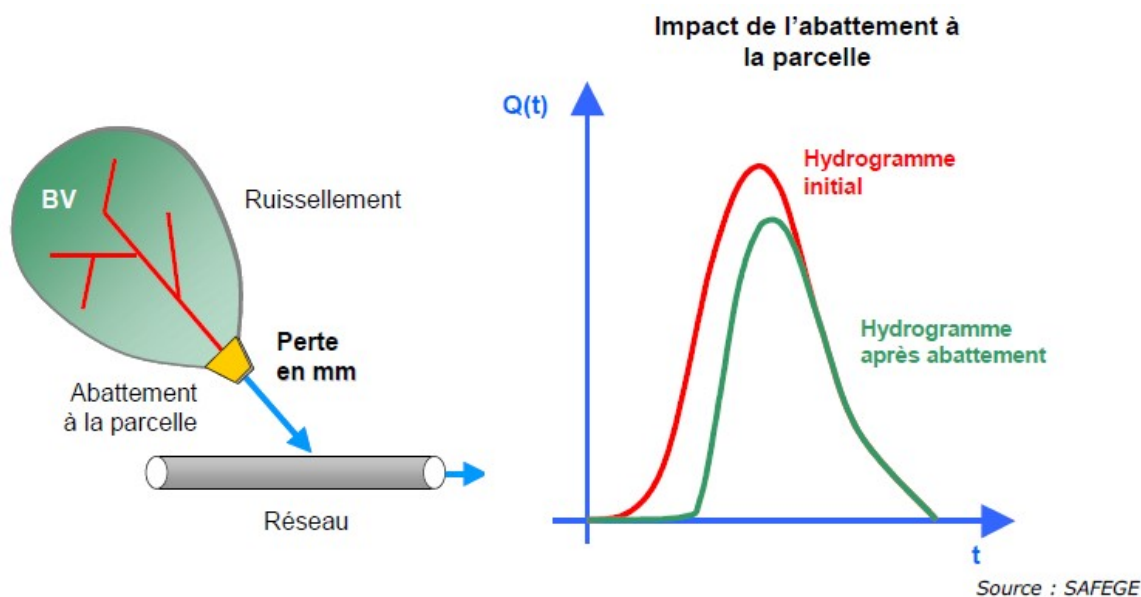
Une attention est à apporter à la qualité des sous-sols : il sera nécessaire de s'assurer qu'ils ne sont pas pollués au risque de transférer cette pollution dans la nappe par le phénomène d'infiltration : il est important à cet effet, de consulter les sites BASOL de la Direction Générale de la Prévention et des Risques, DPGR, du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, Des Transports et du Logement.

Enfin la dernière contrainte essentielle de ces dispositifs d'infiltration réside dans les hauteurs de nappe : en effet le rejet direct dans la nappe n'est en général pas accepté...une hauteur de référence entre les dispositifs et les plus hautes eaux est précisée dans les règlements afin de permettre la filtration des eaux...Cette hauteur est rappelée dans les règlements : elle varie en fonction des localisations (1m pour le règlement de Grenoble Alpes métropole à 2m au Grand LYON en dehors des eaux de toiture pour lesquelles cette valeur peut être réduite à 1m).

Dans un contexte urbain bâti, il faudra aussi de préférence assurer une certaine distance entre les fondations et les zones d'infiltration.

Infiltration et risque inondation :

L'infiltration à la parcelle est une technique d'abattement des eaux de ruissellement : elle diminue les volumes de ruissellement, et favorise la lutte contre les inondations.

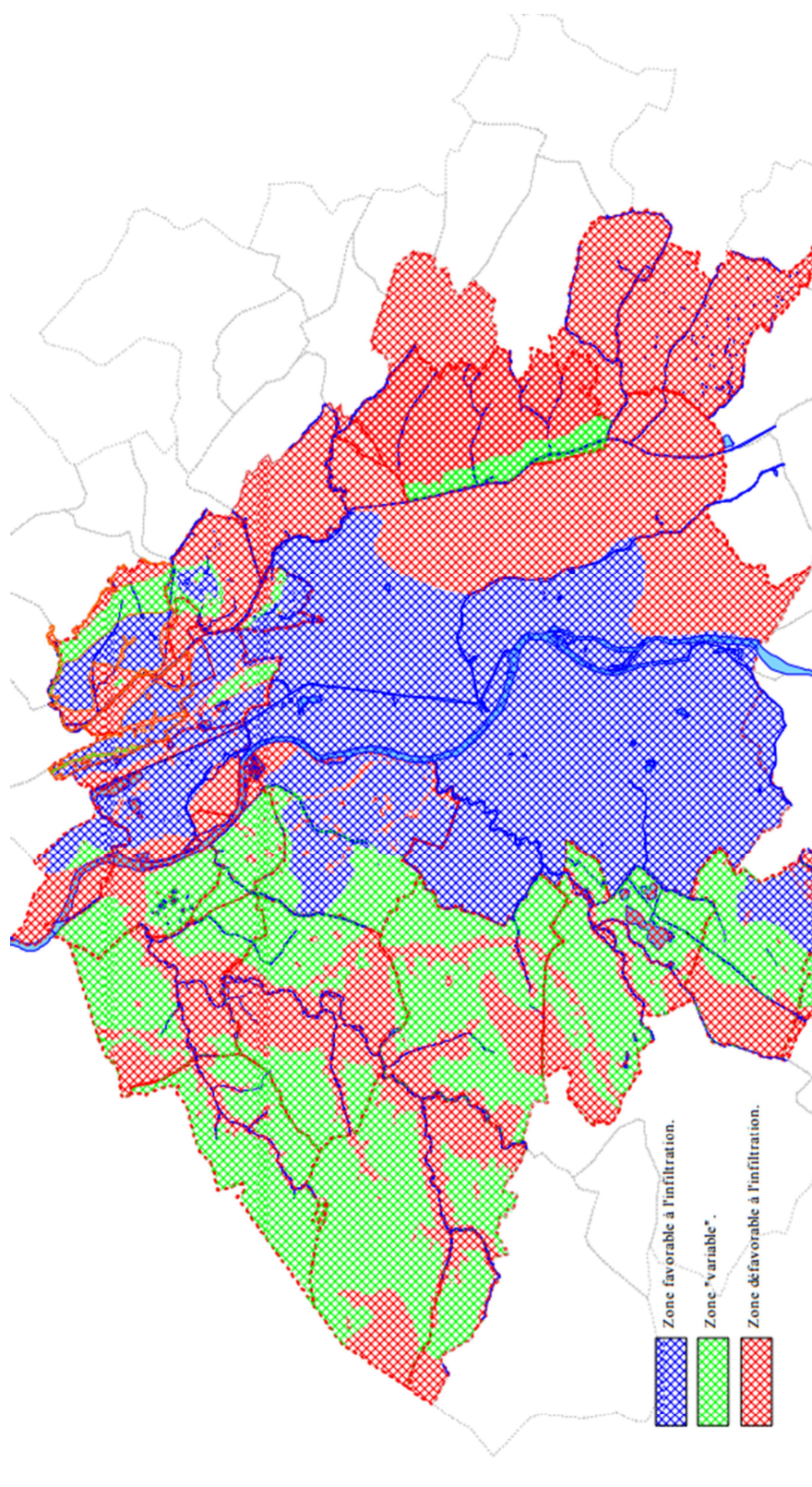


1.2 Rétention

Lorsque les sous-sols ne sont pas perméables, ce qui n'est pas chose rare (voir exemple ci-dessous de Toulouse), les collectivités ne peuvent aller contre nature et imposer l'infiltration...Elles acceptent donc

le rejet en réseau collectif, **en imposant un débit « de fuite » dans les règlements d'urbanisme (permettant de réguler les arrivées d'eaux pluviales dans les dispositifs situés en aval)**⁴⁸.

Exemple de la Métropole de Toulouse : zones à typologie de perméabilité différente :



⁴⁸ Pour avoir un ordre d'idée : ce débit est majoré à 5l/s/ha sur le territoire de Grenoble Alpes Métropole, et à 1l/s/ha sur l'agglomération parisienne...

Tous les dispositifs d'infiltration décrits ci-dessus peuvent être adaptés en « dispositifs de rétention » et reliés à une canalisation du réseau collectif pour se libérer de leurs eaux stockées.

La rétention peut néanmoins être un choix délibéré :

- Pour de la récupération d'eaux pluviales
- Pour maintenir la présence de l'eau en site urbain et valoriser un aménagement paysager : développer une biodiversité, assurer des espaces de baignade ou des espaces de loisir...

On distinguera 3 dispositifs : les toitures stockantes, les bassins à ciel ouvert et les cuves de récupération des eaux (apparentes ou enterrées)...qui peuvent aussi être combinées entre elles.

Toitures stockantes :

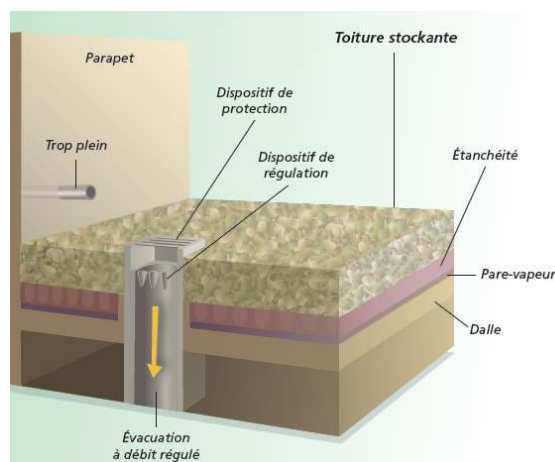
Contrairement aux autres dispositifs précités, celui-ci s'intéresse à la construction (plutôt qu'à l'aménagement paysager).

C'est une toiture à faible pente (< 5%) et donc une toiture terrasse pourvue d'un parapet pour retenir les eaux...il s'agit d'un parti pris architectural, qui rencontre aussi des contre-indications techniques (notamment sur les structure bois, en zone de montagne)...de nombreuses règles techniques telles que DTU sont à respecter.

L'eau est stockée dans des matériaux poreux (gravier ou alvéolaires) et évacuée selon le débit de fuite préconisé.

Lorsqu'elle est végétalisée cette toiture contribue à combattre les effets d'îlots de chaleur induit par les bâtis. Elle a l'avantage d'être contenue sur l'emprise de la construction.

Coût : 7 à 30€/m² de terrasse



Sources : Guide du Grand Lyon et guide eaux pluviales du pays de Montbéliard

Les toitures végétalisées même si elles ne sont pas considérées comme des surfaces de rétention, permettent l'écrêtage des débits de fuite : une végétation de type semi extensive (composées de vivaces et de graminées avec des épaisseurs < 30cm) ou extensive (mousses, sedum plantes vivaces et épaisseurs < 15cm), peut retenir jusqu'à **30% des pluies annuelles**. Pour des toitures jardins d'épaisseur > 30cm, cette valeur atteint 50%. Ce type de végétation peut augmenter de 40 à 70 €HT/m² le coût d'une toiture terrasse ordinaire. Il faut être vigilant à la surcharge apportée en cas de construction existante.

Cuves de récupération ou de rétention des eaux pluviales :

Il s'agit de cuves de stockage, enterrée ou apparentes, l'une pour le recyclage de l'eau, l'autre pour la régulation du réseau collectif.

Il existe sur le marché de nombreux modèles (béton, polyuréthane ou autre matériau synthétique)

Coût : 7 à 30€/m² de terrasse



Sources : Guide du Grand Lyon et guide eaux pluviales du pays de Montbéliard

L'usage des eaux récupéré est réglementé (voir 1ere sous-partie...)

L'eau des toits peut aussi être dirigée vers des « réservoirs » végétalisés (tels que des bacs de végétation surélevés) qui vont retenir une partie des eaux.

Les « bassins » en eau :

Ces dispositifs sont particulièrement adaptés aux projets importants de type ZAC : ils permettent en effet de collecter des eaux pluviales importantes.

Ils peuvent néanmoins se réaliser aussi à petite échelle...si l'emprise foncière est suffisante.

Les bassins en eau peuvent être entièrement artificiels, par exemple en béton, pierre naturelle...ou réalisés sur des revêtements étanches synthétiques ou naturels...on l'a vu certains terrains sont propices à l'imperméabilité, mais peuvent aussi être recouvert d'une épaisseur d'argile de 30cm assurant leur étanchéité (la bentonite ou « terre à foulon » est aussi très imperméable).

Ils peuvent être pourvus d'un système de pompage pour assurer des volumes plus ou moins constants. L'étude de qualité des eaux est recommandée afin de prévenir les risques d'eutrophisation.

Leur taille varie de la simple mare de jardin aux étangs aux lacs accueillant des activités aquatiques.

Ils favorisent la biodiversité et la création d'un écosystème aquatique. Afin de préserver la qualité de leurs eaux, ils sont en général accompagnés de plantes aux vertus phyto épuratives.

Coût : 200 à 350 €/m³ de bassin



Bassin servant de récupération des eaux de pluie, d'agrément paysager, et de stockage d'eau d'arrosage à la caserne de Bonne à Grenoble



Mare dans un éco quartier en Suède

Sa forte emprise foncière peut dissuader ; pour être mieux accepté le bassin doit proposer un usage secondaire : agrément de parc, promenade, activité aquatique, pédagogique (en lien avec la biodiversité)...

Les volumes du bassin ne sont pas réguliers (à moins d'être reliés à des systèmes de pompage) : ils imitent la dynamique des zones humides ; il est préférable de diversifier les zones de rétention et leur altimétrie, pour favoriser les stockages permanents en un point bas et diversifier aussi les types d'habitats et privilégier la biodiversité.

Ils seront forcément équipés d'un trop plein dirigé vers un réseau collecteur ou un milieu aquatique récepteur.

L'autre contrainte essentielle de ces espaces en eau, **est d'assurer la qualité de leurs eaux**. Les eaux recueillies peuvent être riches en substances nutritives (notamment si elles comprennent en plus des eaux de pluie, des eaux de ruissellement), et favoriser l'eutrophisation qui conduit à l'asphyxie du milieu... « *cependant si elle est transportée et coule à travers des noues, des bandes d'infiltration, des filtres plantés et de petites roselières avant d'atteindre le bassin, ces aires tampon de végétation auront un effet bénéfique sur les niveaux de substances nutritives.* »⁴⁹

Les plantes ne sont pas les seuls acteurs du traitement de l'eau, qui repose sur divers phénomènes :

- La sédimentation
- La filtration à travers les sols et les racines fibreuses des plantes
- L'assimilation : les plantes se nourrissent des substances dissoutes dans l'eau, et notamment de certains métaux lourds
- L'absorption : les polluants peuvent simplement être bloqués par agglutination.
- La Dégradation et la décomposition : ce sont les **micro -organismes contenus dans le sol qui assurent la décomposition des éléments chimiques et naturels.**

Les plantes de marais sont adaptées au milieu anaérobie et **transportent de l'oxygène à travers leurs tissus jusque dans leurs racines** : l'oxygène est favorable à l'accumulation de micro-organismes particulièrement actifs dans les marais.

La diversité des milieux des marais engendre une biodiversité végétale importante. On distingue plusieurs types de plantes :

- dans le sol humide en permanence : les plantes marginales qui sont en général très colorées (plantes des marais tel que le souci des marais)
- dans la vase (en eau peu profonde) : les plantes émergentes (leurs feuilles et tiges sont aériennes) tels que les roseaux, les joncs
- en surface des eaux : les plantes aquatiques flottantes (nénuphars...)
- en sous face des eaux : les plantes aquatiques immergées

L'ensoleillement du bassin favorisera aussi la croissance des algues : il est donc préférable d'assurer des zones d'ombre autour du bassin.

Une attention particulière est à apporter en milieu public **vis-à-vis du risque de noyade** : il est possible de mettre en place des protections en bordures contre les chutes possibles, profiler les bassins en pente douce, prévoir des zones de circulation large...Il existe aussi des grilles en plastique qui peuvent être mise en place dans les bassins.

Certains bassins ont été développés pour la natation depuis les années 80 tout d'abord en Autriche puis en Allemagne et en Suisse...La France compte aujourd'hui une quinzaine de ces piscines naturelles dont la

⁴⁹ « Les Jardins et la pluie », N. DUNNETT et A. CLAYDEN

qualité doit être surveillée (à défaut d'une réglementation précise sur la qualité des eaux de baignade), et qui fonctionnent à contraintes importantes : nombre de personnes, contrôle de la qualité des eaux...

Le moustique tigre ou moustique **AEDES ALBOPICTUS**

Les zones d'eau stagnante **qui ne possèdent pas un écosystème équilibré** (disposant de la faune et de la flore nécessaire à la lutte contre la prolifération des moustiques), sont susceptibles de favoriser le développement du « moustique tigre ». Ce moustique est installé dans le Sud de la France depuis maintenant une dizaine d'année et son implantation gagne du terrain. C'est un fabuleux vecteur de virus (Dengue, Chikungunya et dernièrement le virus Zika qui fait parler de lui avec une épidémie importante au Brésil) ; il se reproduit facilement dans des petits volumes d'eau stagnantes comme les coupelles sous les pots de plantes ou les troncs creux.

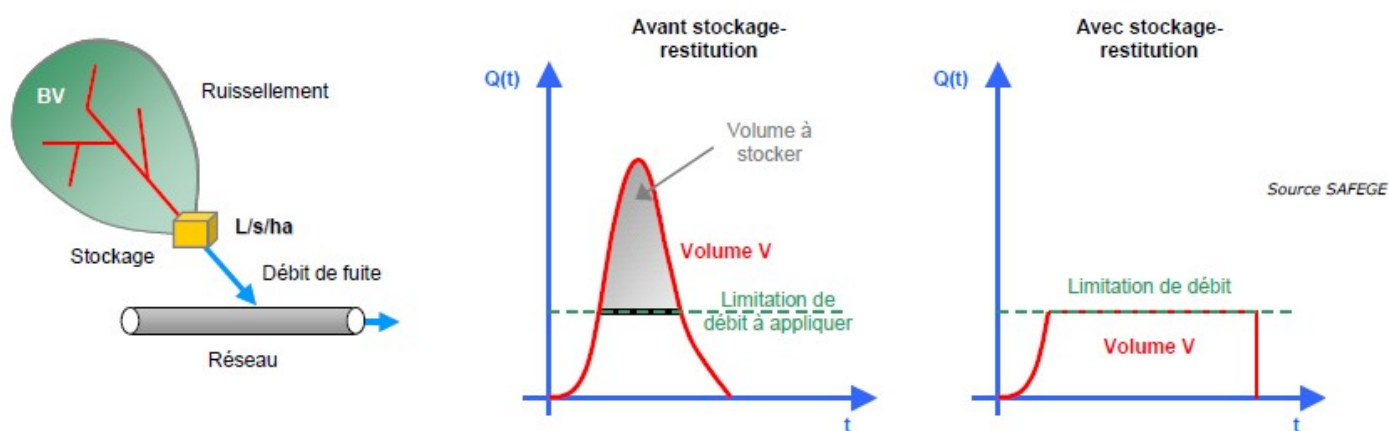
Les marais ont toujours été associés aux épidémies de fièvre jaunes, le risque subsiste aujourd'hui, et les dangers sont réels notamment au-dessous de certaines latitudes.

Rétention et risque inondation :

Les techniques de rétention constituent un abatement des eaux de ruissellement si elles sont couplées à de la récupération d'eau ou présentent des volumes morts.

Si elles sont destinées à retenir temporellement l'eau (avec rejet régulé au réseau d'eaux pluviales), elles permettront d'écarter le débit en prolongeant les durées de restitution au réseau collectif.

Représentation de la limitation des débits de rejet et de son impact sur l'hydro-gramme (technique de stockage restitution)⁵⁰ :

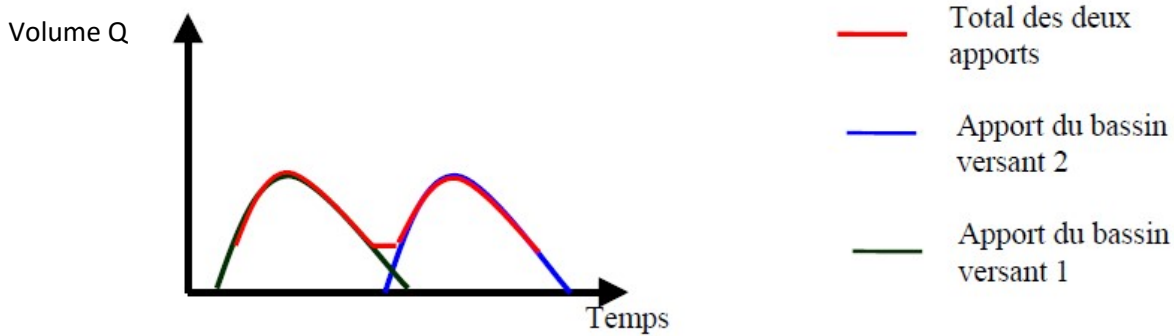


Source : SAFEGE

La limitation du débit de ruissellement aura des conséquences sur les volumes aux exutoires ou à traiter en station :

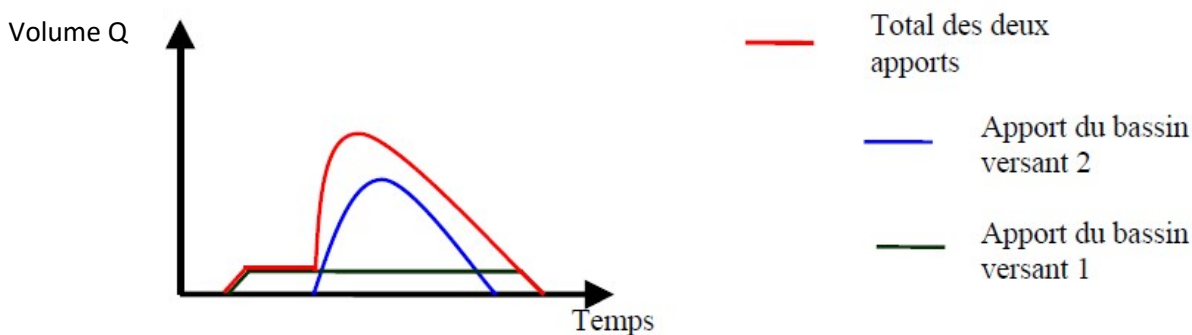
Apports de ruissellement naturel de deux bassins versants lors d'une crue, **sans limitation de débit** :

⁵⁰ Méthodologie pour évaluer l'infiltration des eaux pluviales en milieu urbain : test à Argenteuil (95) » Nicolas Neveu



L'eau s'évacue de façon continue et rapide proportionnellement au volume d'eau précipité.

Dans le cas d'une limitation de débit sur un des bassins versants, ce schéma devient (sur les deux bassins versants) :



Les débits peuvent se superposer et augmenter ainsi l'intensité de la crue totale, ainsi que la durée de l'évacuation totale de celle-ci.

En site urbain, il est difficile d'appréhender la superposition des différents bassins versants, une étude approfondie serait nécessaire ; il est néanmoins évident que la limitation du débit de rejet n'est pas une solution définitive au risque d'inondation lié au ruissellement, et qu'elle porte encore des risques considérables.

1.3 Marais en site urbain : exemples d'applications

Deux projets ont été retenus pour leurs caractéristiques différentes, notamment en termes d'échelle, de contraintes urbaines, et d'objectifs...mais les exemples sont à présent nombreux, et certainement sur certains points tous aussi subjectifs les uns que les autres.

Ces exemples évoquent intentionnellement des « retours » au passé, à la fois pour leur message d'optimisme (les erreurs passées ne sont pas irrémédiables), et leur ambition. Pour prendre le contrepied sur la « résilience de la ville » (notamment face au risque d'inondation), ils démontrent aussi la résilience de l'eau et de la vie qui l'accompagne face à l'anthropisation (même si les temporalités ne sont pas les mêmes). Les écosystèmes en site urbain survivent plus ou moins difficilement sous la contrainte de l'homme mais retrouvent un véritable équilibre lorsque la main de l'homme les libère...

Le premier concerne la réalisation du quartier des Brichères à Auxerre⁵¹, Eco-quartier et projet ANRU, réalisé entre 2004 et 2008 ; il illustre le retour à une nature passée et oubliée avec la création d'un marais. Il s'est appuyé sur la lecture d'un paysage existant et une volonté de composer avec l'identité des lieux. Le concepteur, Serge RENAUDIE a proposé la création de ce quartier autour du « vide » (et décidé de construire en dehors) afin de recentrer ses objectifs sur un paysage dans lesquels les éléments, l'habitant et les animaux pourraient évoluer.

« En urbanisant les Brichères nous avons choisi d'arrêter cette fragmentation des milieux naturels et de restituer une continuité nord-sud et est-ouest propices à la diversité biologique, à la faune et au développement de la flore. L'écoulement des eaux pluviales en noues, la restitution d'un lit au ruisseau, la continuité des espaces plantés construisent ces corridors biologiques et assurent une continuité vivante » (S. RENAUDIE)

L'eau y retrouve son histoire et une place prépondérante : un ruisseau qui occupait le talweg par le passé est reconstitué ; les eaux pluviales récoltées sont canalisées vers un étang qui récupère aussi des eaux de source mises à jour lors des premières démolitions (sol argileux imperméable propice à la rétention). Après l'étang, les eaux sont dirigées vers trois bassins successifs plantés en bocage, et réalisés grâce à un "plissement" du terrain dit des "Cassoires ».

Contrairement à de nombreux projet, il n'avait pas pour objectif de dédensifier...ce qui a **permis de redonner une véritable place à la nature**. Une ancienne voie ferrée y marque le tracé d'une promenade. Le maire, Guy Ferez qui a soutenu la démarche du concepteur a justifié sa volonté en ces termes : « *Notre siècle sera celui de la ville... une ville qui réconcilie l'homme avec son histoire et son environnement. L'éco-quartier des Brichères porte cette ambition.* »

Le second projet concerne le Vallon des Aygalades dans l'éco-quartier Euroméditerranée et notamment sa phase 2, en cours d'étude ; il est porté par l'établissement public Euroméditerranée « *qui associe dans une approche transversale : problématiques hydrauliques et gestion de risques, qualité des espaces publics, nature en ville et usages, lutte contre le réchauffement climatique...* »⁵²

Ce projet se dessine dans un contexte climatologique particulier : avec un risque d'inondation important lié à l'alternance des régimes de pluies torrentielles et de périodes de sécheresse, ainsi qu'une pression urbaine et foncière considérable.

Malgré tout il s'appuie sur une proportion importante d'espaces naturels avec un parc constitué autour d'un ruisseau canalisé et majoritairement souterrain, qui permet le retour de zones humides.

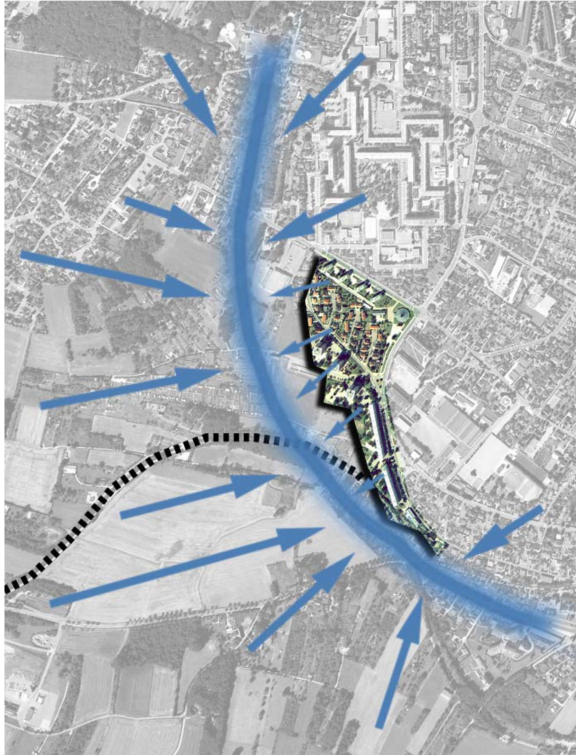
Il s'agit d'un parc structurant qui s'appuie sur l'eau et ses milieux autour duquel va s'articuler l'ensemble de l'agglomération Nord de Marseille.

⁵¹ Réalisé à partir d'une présentation de l'atelier Serge Renaudie « Les Brichères Auxerre » Juin 2011

⁵² Villes inondables : prévention, adaptation, résilience. Cities and flooding. » Christian PIEL; Jean-Baptiste MARIE ; Magali CHAPTAL

L'Eco-quartier des Brichères à Auxerre : ETAT DES LIEUX ET OBJECTIFS

Le talweg Nord-Sud (bleu), avec ses bassins versants de part et d'autre ; le talus Est-Ouest (ancienne voie ferrée en pointillés) ; un plateau terrassé dans la pente pour son bâti (comprenant les trois tours à démolir)



QUARTIER DES BRICHÈRES classé en ZUS, entre ville et campagne

Objectifs en lien avec l'eau :

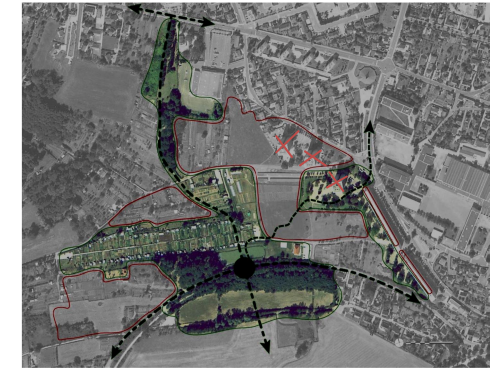
- respecter le terrain naturel, les pentes, les caractéristiques géologiques et hydrologiques : la présence d'un Talweg présumait de celle d'un ruisseau asséché (ancienne source confirmée par des archives de 1882 et sols très humides).
- retenir l'eau pluviale en évitant d'imperméabiliser les sols, en végétalisant les toitures, en récupérant cette eau pour l'utiliser à des fins sanitaires ou d'arrosage.

Parti pris :

- construire autour du vide constitué par des jardins familiaux, des chênaies existantes
- engager une démarche participative avec les habitants
- démolition de 3 grandes tours



Vaste espace libre autour duquel se construit le projet et tours démolies :



LE PROJET :



« Il existait, en amont des Brichères, une source nommée Sainte- Geneviève, captée par un monastère. Cette source alimenta longtemps, par canalisation, la ville d'Auxerre en eau potable. La construction de 4 petites barres de logements provoqua la démolition de cette canalisation et la source s'épandit sur toutes les pentes entre les couches d'argile. Par drainage, l'eau de cette source sera captée pour reconstituer le ruisseau qui occupait vraisemblablement le talweg. Ce ruisseau alimentera un grand étang puis repartira vers le terrain en contrebas du talus de l'ancienne voie ferrée qui sera traité en parc humide ultérieurement.

Les fouilles révélèrent également qu'un fossé avait été creusé, au néolithique, pour canaliser les eaux. D'autres fouilles découvrirent des fours à métaux ce qui laissait entendre que le site disposait de bois et d'eau et avait eu une activité importante de fonderie artisanale dans les temps anciens ».

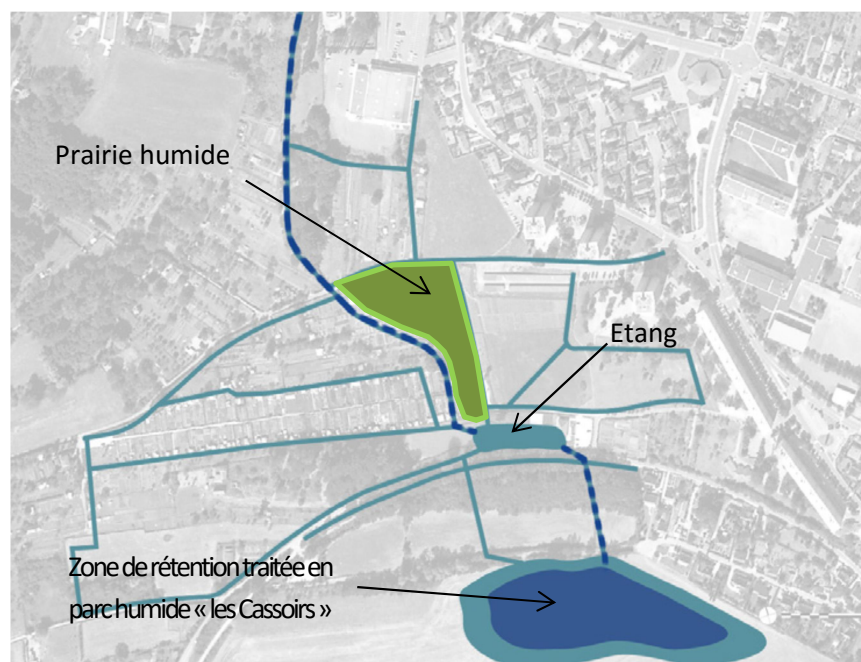
Gestion des eaux pluviales :

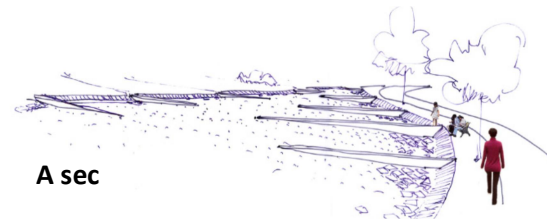
« Un réseau de noues aboutissant à l'étang permet la récupération des eaux pluviales le long des rues et à travers les secteurs plantés. Après l'étang, les eaux sont dirigées vers trois bassins successifs réalisés grâce à un "plissement" du terrain dit des "Cassoirs". Ce plissement sera planté en bocage. Le trajet de l'eau est valorisé et toujours rendu visible. Des petits ponts sont jetés au-dessus de ces noues pour accéder aux parcelles construites, signifiant et marquant de manière concrète que l'on saute au-dessus de l'eau et qu'on ne la soumet pas.

Même si j'ai cherché à revenir à « l'esprit du cantonnier » qui aménageait les routes et les sentiers des temps anciens avec les matériaux qu'il avait sous la main, les questions de gestion des eaux de pluie ont nécessité des études très précises qui ont été confiées au bureau d'études hydrauliques Composante Urbaine, dirigé par Christian Piel.

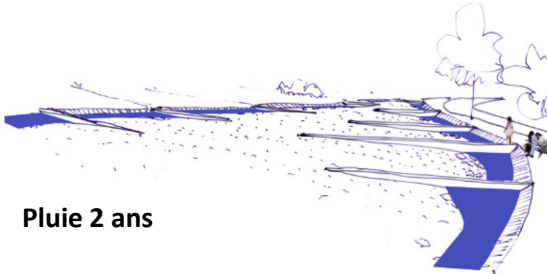
Le parcours des eaux pluviales, la résurrection d'un ruisseau et la réalisation d'un étang nécessitent des approches très fines, même si au final plus rien n'apparaîtra de toutes ces études. Les meilleures études techniques sont celles qui permettent de réaliser des travaux avec des matériaux et des mises en oeuvre les plus simples possibles.

Ce trajet de l'eau, des sources comme des pluies, permet de varier les systèmes écologiques suivant la manière de la retenir en tenant compte des différentes géologies, des pentes, des surfaces permettant ainsi de diversifier les plantations. »

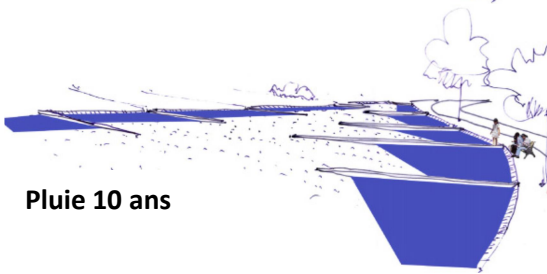




A sec

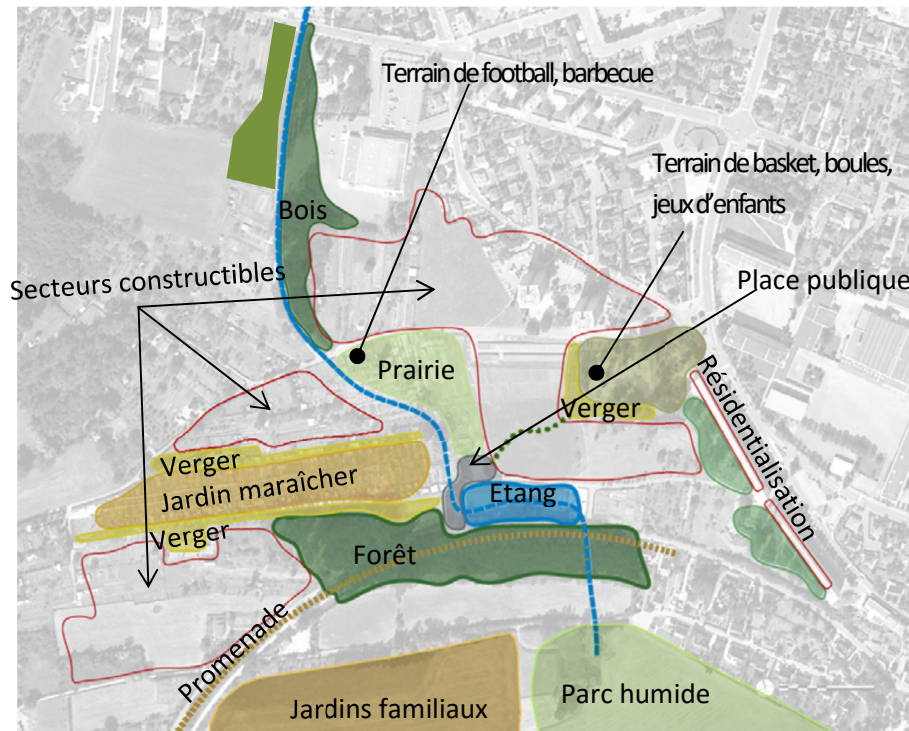


Pluie 2 ans

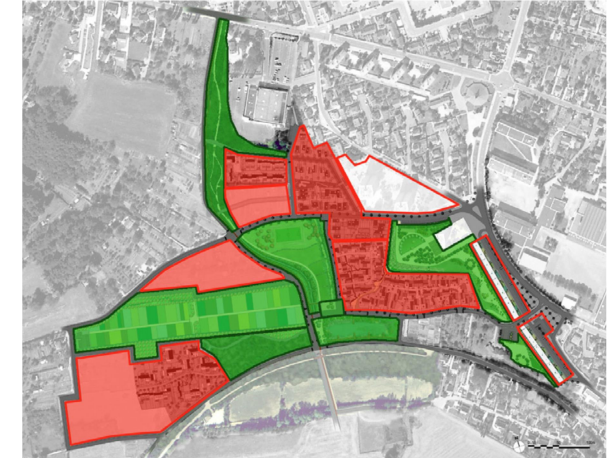


Pluie 10 ans

Paysages et diversité des usages :



Espace bâti, ou à bâtir (rouge)/ Espaces verts (vert)



Surface totale : 22,9 ha (229 000 m²)

- Espace végétal public : 82 350 m² (36%)
- Parcelles constructibles : 96 080 m² (42%)
- Voiries et espaces minéraux publics : 51 180 m² (22%)

Coût du programme : 49.5 millions d'euros

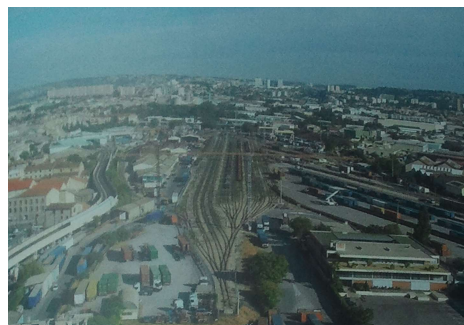


Marseille Euroméditerranée : Le Vallon des Aygalades¹

« PROJET EUROMED 1 et 2 » :



La gare de fret ferroviaire du Canet érigée sur le ruisseau des Aygalades



Vestige du ruisseau à la qualité des eaux moyenne



Utilisé durant la révolution industrielle pour l'alimentation des huileries, raffinerie de sucre et parfumerie, le ruisseau des Aygalades disparaît peu à peu sous la pression urbaine ; au début du XX^{ème} siècle, il est canalisé et recouvert par la gare. A la fin des trente glorieuses, les activités portuaires déclinent et les premières friches apparaissent.

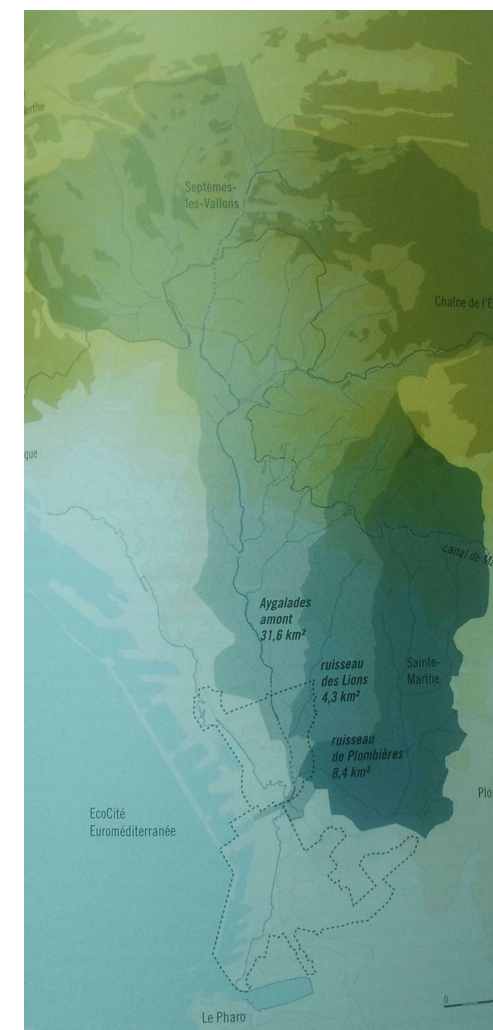
Le label de l'Eco-Cité Euroméditerranéenne, qui a pour cible l'« l'innovation architecturale, sociale et énergétique à l'échelle des villes » est attribué en 2009 à ce projet territorial de grande envergure. Objectifs de EUROMED 2 : densifier afin de loger 30 000 habitants supplémentaires, développer des bureaux et des activités (+20 000 emplois attendus/ 600 000m² pour les activités économiques y compris commerces), **valoriser le fleuve et éer un parc de 14 ha**. Le projet s'affiche en faveur de la réduction des risques sanitaires (pollution des sols et qualité de l'air) et naturels (inondation), la gestion climatique, la biodiversité et la qualité urbaine.

Investissements : +3,5 Milliards d'€

Superficie concernée : 169 ha

Le territoire marseillais s'étend sur 240m² entre 2 fleuves côtiers : l'Huveaune à l'Est et le ruisseau des Aygalades au Nord (anciennes ressources d'eau potable).

Vallon des Aygalades :
Bassin hydrographique de 46km² (4 600ha)



¹ Conception François Leclerc, architecte urbaniste

LE PROJET du parc inondable de 14 ha (EUROMED 2)

Plans d'eau



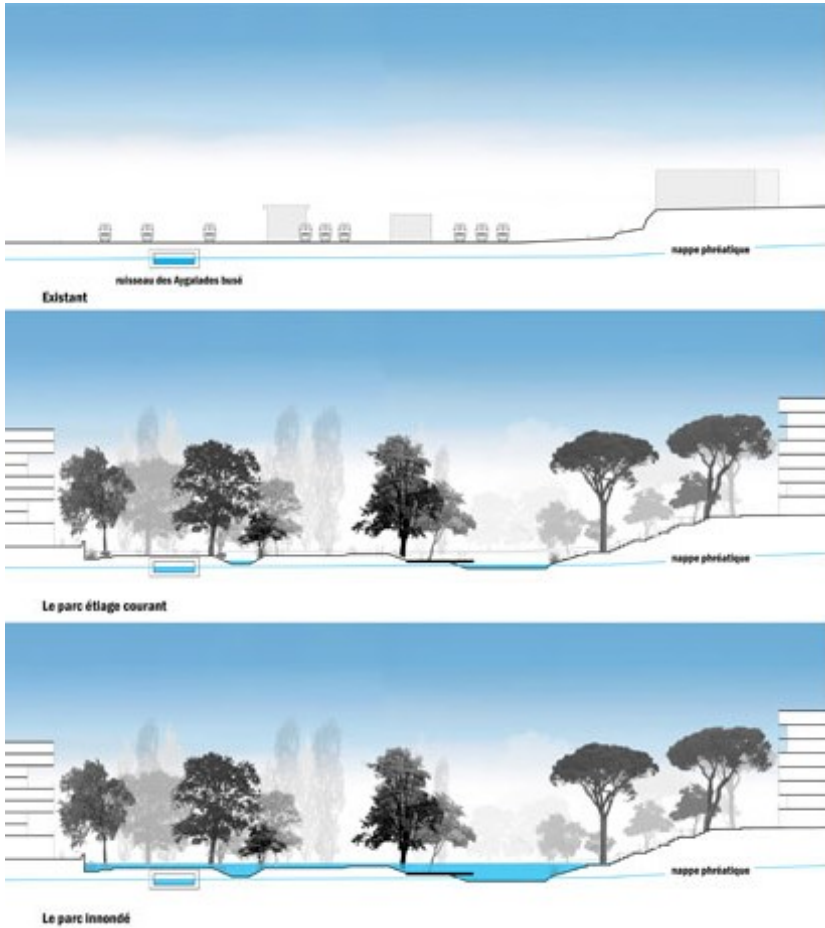
Le vallon des Aygalades transformé en **parc humide** de 14ha est prolongé jusqu'à la mer par la création d'un cours très arboré sur la rue d'Anthoine. Le Parc fait également office de « bassin de rétention » puisqu'il permet d'absorber les eaux de pluies. Il permet d'amorcer la reconstitution d'une trame verte et bleue de près de trois kilomètres et de répondre simultanément aux problématiques d'inondabilité, de réduction d'îlot de chaleur, de qualité urbaine et paysagère, d'optimisation de la ressource en eau et de nature en ville.

L'équipe propose un terrassement approfondi du vallon des Aygalades jusqu'à la nappe amenant ainsi une présence permanente de l'eau.

La séparation du réseau d'assainissement est assurée sur le bassin versant du ruisseau ; des techniques alternatives sont mises en place : rétention à la parcelle, stockage en toiture, stockages mutualisés en espaces publics et dans les parcs.

Une gestion globale et durable de la gestion en eau est proposée : l'eau du ruisseau sera utilisée pour l'arrosage du parc ; elle subira un dégrillage grossier (mesuré pour son débit permanent), et une phyto épuration.





RESILIENCE AUX INONDATIONS :

Mise en eau du parc :

Débit permanent du ruisseau : de 2 m³/s

Par temps de pluie : 5 à 8m³/s venant du quartier drainé

En cas de grande crue (>35 ans) le débit pourra atteindre jusqu'à 40m³/s

Profil en long en escalier pour atténuer les risques d'érosion (pente limitée à 3/00)

EAU OMNIPESENTE

sur les 14 ha, seuls 3 (20%) sont dédiés aux prairies et aires de jeux

«... l'idée est de créer 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 lisières de boisement »⁴⁷

Les milieux sont ainsi adaptés aux différents débits.

BIODIVERSITE végétale développée :

Un nouvel écosystème est recherché, sur la base d'une restitution de milieux existants, avec des plantations autochtones favorisant l'installation de la faune.

Le parc constituera d'un réservoir de nature en ville

CLIMAT, EAU et VEGETATION

L'effet de l'îlot de chaleur est très fort à Marseille : la ville est très urbanisée, avec 2.7% d'espaces végétalisés ; l'évapotranspiration n'y est pas favorisée. Les hypothèses de changement climatique laissent suggérer une hausse des températures de 2 à 3% d'ici 2050. Une des **vocations du parc est de limiter l'augmentation des températures.**

Une étude réalisée avec Météo France sur une maille de 125m de côté, laisse entendre des réductions de température pouvant atteindre 6° par endroits. Des incidences pourront se mesurer sur les consommations énergétiques des constructions voisines et sur la qualité de l'air.



Un lit majeur qui se transforme en zone humide...

2 Gestion centralisée et traitement « naturel »:

La filière extensive du traitement des eaux unitaires et/ou pluviales par « marais artificiels » (lagunage ou filtres plantés), connaît une croissance considérable depuis ses premières réalisations ; raccordée au réseau collectif, elle se développe comme celle des stations d'épurations classiques (notamment sur les petits communes), mais elle est aussi adoptée à plus petite échelle, en complément de projets urbains pour du traitement d'eaux pluviales particulièrement polluées, ou pour le traitement des surverses des déversoirs d'orage des STEP.

Elles sont souvent localisées en milieu périurbain, mais leur attractivité paysagère commence progressivement à les transformer en de véritables pôles urbains, lieux de parcours et de détente.

2.1 Le réseau collectif

La collecte et l'évacuation des eaux pluviales (ou assimilées), se réalise de manière gravitaire par des conduits enterrés mis en place à la sortie de regards dans lesquels sont recueillies des eaux de ruissellement ou des eaux pluviales de nouvelles constructions. Ces conduits sont reliés au réseau collectif et sont donc soumis à des **contraintes altimétriques** (la gravitation doit être possible sur la longueur du transport) et des contraintes d'encombrement du sous-sol.

Les réseaux peuvent être unitaires, séparatifs ou partiellement les deux à la fois (ce qui est courant dans les grandes villes)...ce type de collecte est aussi mis en place en aval de dispositifs de stockage provisoire d'eaux avec des exigences de débit de restitution régulé des eaux (calculé en fonction des capacités de ce réseau).

Le transfert des eaux vers des réseaux d'assainissement collectifs est aujourd'hui confronté à des problèmes de saturation de réseaux existant (réseaux unitaires notamment mais réseaux séparatifs aussi lors de pluies exceptionnelles), et de difficulté de contrôle et de dimensionnement des réseaux (de manière générale). Il est possible que ces réseaux se chargent d'eaux parasites (issues des nappes) et les réseaux d'assainissement séparatifs sont parfois confrontés à de mauvais branchements (qui mélangent les eaux).

Les particuliers n'ont aucune obligation de raccorder leurs eaux pluviales sur un réseau collectif. Les collectivités ont quant à elles, la responsabilité d'assurer l'écoulement des eaux pluviales de leurs voiries. Il leur est difficile dans ces conditions d'estimer à la fois les précipitations (aléas climatiques) et les quantités de ruissellement (dans la mesure où une partie des surfaces concernées est privée), d'autant plus que l'urbanisation ne cesse de croître, et que la densification est aujourd'hui de mise...dans un contexte de reconstruction de la ville sur la ville (et de planification qui l'accompagne).

Les eaux pluviales collectives deviennent **pour les collectivités une charge qu'elles doivent financer et pour lesquelles elles doivent entretenir les installations**. Le réseau vieillit, au rythme de renouvellement actuel du réseau, il faudrait 150 ans pour le remettre à niveau.

Malgré le potentiel que peut représenter la ressource, cette charge n'est aujourd'hui que peu compensée par l'éventuelle récupération de ces eaux...On comprend en partie la raison du développement des techniques alternatives qui permettent aux collectivités de se libérer des contraintes de gestion des eaux pluviales.

2.2 Le traitement des eaux pluviales en station d'épuration

a) Cadre et contraintes

Dans un réseau unitaire, les eaux pluviales sont transportées en station d'épuration : elles sont donc mélangées aux eaux usées et subissent les mêmes traitements de dépollution. La plupart des eaux usées

sont traitées dans des agglomérations de plus de 2000 EH⁵³ : « En 2014, la France compte dans sa base de données 19 398 agglomérations d'assainissement comprenant 19 688 stations de traitement des eaux usées (STEU) qui représentaient une charge globale de 78 millions d'Equivalents-habitants (EH) pour une capacité épuratoire de l'ensemble des STEU de 102 millions d'EH. Les agglomérations de plus de 2000 EH étaient au nombre de 3 605 pour 3 728 stations de traitement des eaux usées (Certaines agglomérations sont composites et comportent plusieurs stations). Elles représentent une charge polluante de 73 millions d'EH ».

Les traitements développés dans les STEP, sont inspirés de la nature et comprennent en général un prétraitement mécanique (dégrillage, dessablage, déshuilage), un premier traitement physique (décantation, ou traitement physico chimique) et un traitement secondaire biologique. A cela peuvent s'ajouter des traitements spéciaux pour optimiser la qualité des eaux.

Le traitement biologique (ou secondaire) prend différents aspects : le traitement par boues activées est majoritaire pour 44% des STEP de capacité en général >2000 EH (91% d'entre elles). Les STEP de moindre capacité sont plus diversifiées : 35% fonctionnent en lagunage, 25% en boues activées, 12% en lits bactériens, 11% en filtres plantés et 10% en filtres biologiques⁵⁴.

Le lagunage est un procédé naturel largement utilisé par son efficacité à traiter les eaux usées **et de pluie** (système qui repose sur la présence de bactéries aérobies en cultures libres et d'algues). Une station de lagunage comporte une succession de bassins peu profonds dans lesquels l'eau s'écoule lentement. Il est constitué en général de 3 bassins ; on distingue les bassins à microphytes et à macrophytes. Dans les premiers, des bactéries et des algues microscopiques sont en biocénose (en « communauté »). L'oxydation de la matière organique est assurée par des décomposeurs (microorganismes, invertébrés). Les produits, riches en azote et phosphore, sont assimilés par les algues par photolyse. Les bassins à macrophytes (généralement implantés dans les bassins 2 et 3) utilisent des roseaux, des massettes, des joncs ou encore des iris. Ces plantes transforment la matière organique et fixent métaux lourds et produits dérivés de détergents.

Principe du lagunage :

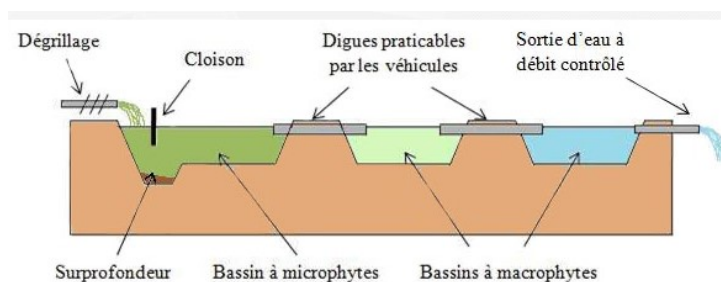
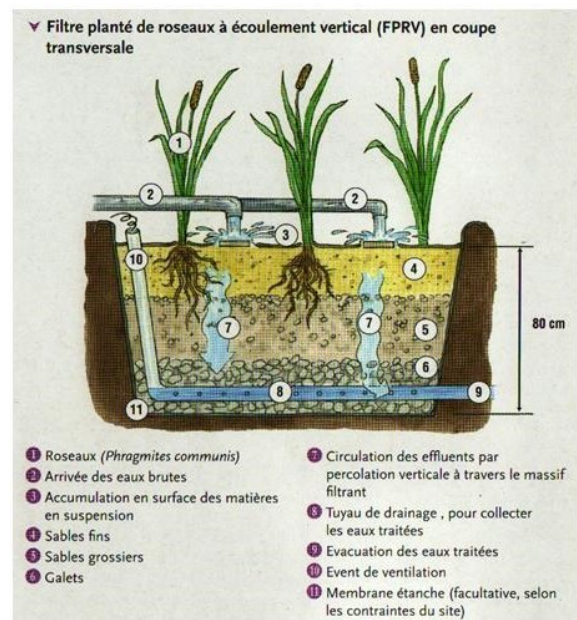


Schéma en coupe d'une station de lagunage naturel.
D'après : Cemagref, 2004



55

⁵³ 1 EH = 60 g de DBO5/jour soit 21,6 kg de DBO5/an.

⁵⁴ Voir Annexe « Répartition des stations de traitement des eaux usées selon leurs capacités, et le type de filière de traitement en 2008 »

⁵⁵ Source: CABRIT-LECLERC Sandrine, Fosse septique, roseaux, bambous, traiter écologiquement ses eaux usées?

Le procédé du filtre planté de Roseaux a notamment été mis au point en France par le CEMAGREF à partir d'un modèle d'origine allemande conçu par le Dr SEIDEL dont quelques unités ont été implantées en France au cours des années 70-80, puis s'est beaucoup développé pour les STEP de petites communes. Il a donné lieu suite à une expérience à Bade Wurtemberg en Allemagne en 1998, à une publication de recommandations.

Depuis la directive du 21 mai 1991 relative aux Eaux Résiduaires Urbaines (« ERU »), les stations d'épuration sont surveillées et s'engagent dans un programme de correction en cas de non-respect des normes de pollution rejetées en milieu naturel. La conformité se mesure sur 3 critères :

> conformité en collecte : aucun rejet ou déversement supérieur à 5 % des volumes générés par l'agglomération d'assainissement, par temps sec, ne doit être constaté sur les déversoirs d'orage et aucun réseau non raccordé ne doit être situé dans le périmètre de l'agglomération ; > conformité en équipement : la station est dotée d'équipements nécessaires pour traiter les effluents qu'elle reçoit
> conformité en performance : la station respecte sur l'année l'ensemble des prescriptions environnementales qui lui sont imposées par la directive.

En 2014, sur les 19688 stations existantes, 221 n'étaient pas conformes (212 « nouvellement non conformes » et 9 STEP déclarées prioritaires depuis 2000)⁵⁶. La directive impose des capacités de dépollution proportionnelles aux capacités des stations d'épuration avec des traitements progressifs :

- Traitement primaire par procédé physique ou chimique, pour le carbone et les MES
- Traitement secondaire (>2000 EH) : il s'agit en général d'un traitement biologique pour le carbone et les MES
- Traitement « plus rigoureux » (>10 000 EH) : pour l'azote et le phosphore ; non respecté par l'ensemble des STEP concernées en 2008.

Les STEP ne sont pas dimensionnées pour les pluies : elles sont calibrées pour un certain nombre d'habitants (la mesure de capacité de la station étant l'« équivalent habitant », qui rejette en moyenne 220 litres d'eau et 60 g de matière organique par jour) ; **elles s'accompagnent donc de déversoirs d'orage ou de bassins pour recueillir les surplus**. C'est la circulaire n° 77-284 qui a imposé la restriction de ces déversements par la construction de déversoirs d'orage en amont des stations d'épuration et des bassins d'orage au niveau des stations d'épuration.

La pollution des RUTP est difficile à évaluer, elle est majoritairement particulière et nocive sur les deux premières heures de pluie (en lien avec le lessivage des surfaces traversées). Les petits cours d'eau sont évidemment les premiers touchés. « *Cela peut se traduire par des modifications des caractéristiques hydrauliques et morphodynamiques, une augmentation des teneurs en matières en suspension, en fertilisants et en micropolluants.*⁵⁷

b) Les caractéristiques des différentes stations d'épuration

Les stations d'épuration des réseaux unitaires permettent de traiter de manière systématique les petites pluies et les premiers lessivats de chaussées notamment. Les eaux pluviales perturbent néanmoins le fonctionnement des STEP « traditionnelles », de manière quantitative et qualitative (les types de pollutions sont en effet on l'a vu, très différents : pic de MES et faibles proportions de matières organiques) : la nitrification (transformation biologique de l'azote) s'en voit pénalisée.

Néanmoins la phyto-épuration s'est aussi développée en traitement des eaux usées et/ou pluviales depuis les années 70, et fait place à des traitements biologiques s'appuyant entièrement sur des procédés naturels ;

⁵⁶ <http://assainissement.developpement-durable.gouv.fr/>

⁵⁷ « Impacts des rejets urbains de temps de pluie (RUTP) sur les milieux aquatiques : État des connaissances », Charlotte Parent-Raoult et J.-C. Boisson

ainsi les deux « familles » de stations se distinguent : la filière « intensive » classique, et la filière « extensive » de type lagunage ou à Filtres Plantés de Roseaux (FPR). Elles présentent des caractéristiques très différentes⁵⁸ :

⁵⁸ Relevées notamment à partir de « Procédés d'épuration des petites collectivités du bassin Rhin-Meuse – Octobre 2007 »

STEP classique (boue activée)		FILTRE PLANTE ROSEAUX ou RHIZOSPHERES		LAGUNAGE	
Avantages	Inconvénients	Avantages	Inconvénients	Avantages	Inconvénients
Durée du traitement : 1 jour		plusieurs bassins qui fonctionnent en alternance : temps de repos de 3 à 4 jours nécessaires entre 2 bâchées (temps égal au temps d'alimentation)			Temps de séjour de l'effluent : 1 à 3 mois
Faible surface consommée : 1 à 5 m² /hab			Surface consommée : 5 à 10m ² /EH		Surface consommée : 15 à 25 m ² /EH; contrainte d'étanchéité et de sol
Valorisation des boues : pour l'agriculture, pour la production de biogaz ou pour des réseaux de chaleur⁵⁹.	Gestion régulière des boues	Gestion facilitée des boues	Peu de boue produites récupération des boues après 10 à 15 ans		Peu de boues générées (20à 30% des procédés à boues activées) et difficultés d'extraction
	Faibles variations de débits acceptables		Peu adapté aux surcharges hydrauliques	Bonne réactivité à des charges fluctuantes	
	Implantation d'une STEP interdite en zone inondable (mais dérogations possibles) ; contraintes de sol fortes ; Bassins étanches	Bassins étanches ou pas			Bassins étanches
	Impact visuel, olfactif ; intégration paysagère difficile	Intégration paysagère plus facile, pas de nuisances olfactive ou sonore		Insertion paysagère des lagunages facile et appréciée en milieu rural ; support pédagogique possible ; pas de nuisance sonore Ecosystème développé qui contribue au développement de la biodiversité	Impact olfactif possible (sauf avec lagunage macrophyte : l'environnement racinaire, et donc la masse des boues, devient un milieu oxygéné propice à la dégradation de la matière organique, sans odeurs car aucune fermentation n'a lieu).

⁵⁹ « Les 5,8 milliards de m³ d'effluents acheminés en 2008 représentent 220 m³ d'eaux usées traitées par logement en moyenne. Dans 60 % des stations d'épuration, ce traitement se traduit par la production de boues : les rejets en eaux usées d'un logement entraînent la production de 44 kg de matières sèches en 2008 en moyenne »

STEP classique (boue activée)		FILTRE PLANTE ROSEAUX ou RHIZOSPHERES		LAGUNAGE	
Avantages	Inconvénients	Avantages	Inconvénients	Avantages	Inconvénients
	Technicité importante demandant du personnel qualifié	Faible technicité de maintenance	Surveillance à assurer ; taille des roseaux annuelle.	Exploitation simple et économique (pas de raccordement électrique nécessaire) ; curage tous les 10 à 15 ans ; pas de maîtrise humaine du processus	
	Besoin d'apport chimique, consommation électrique conséquente	Peu de consommation énergétique, pas d'apport chimique		Faible consommation énergétique	
Efficacité de l'élimination de la pollution : <ul style="list-style-type: none"> - Carbone: très bonne - MES : très bonne - Azote (NK et NGL) : bonne 	Efficacité de l'élimination de la pollution : <ul style="list-style-type: none"> - Phosphore: acceptable - Bactériologique : correcte 	Efficacité de l'élimination de la pollution : <ul style="list-style-type: none"> - Carbone: bonne - MES : très bonne - Azote (NK) : bonne 	Efficacité de l'élimination de la pollution : <ul style="list-style-type: none"> - Azote (NGL) : médiocre - Phosphore : acceptable - Bactériologique : correcte 	Bonne élimination de la pollution bactériologique, efficacité sur effluents peu concentrés Efficacité de l'élimination de la pollution : <ul style="list-style-type: none"> - Carbone: bonne - MES : très bonne - Azote (NK) : bonne - Bactériologique : bonne 	Elimination de l'azote et du phosphore incomplète ; performances pouvant être altérées par la présence d'algues vertes Efficacité de l'élimination de la pollution : <ul style="list-style-type: none"> - MES : satisfaisante - Azote (NGL et NK) : satisfaisante - Phosphore : acceptable
	<u>Coût d'investissement :</u> 500 000 à 800 000 €/ 1000 EH <u>Coût d'exploitation :</u> 20 000 €/ 1000 EH	<u>Coût d'exploitation</u> < 4 000€/ 1000 EH	<u>Coût d'investissement :</u> 500 000 €/ 1000 EH	Coût d'exploitation <5000 €/EH	Coût d'investissement : 550 000 €/ 1000 EH

Le rendement moyen de dépollution des STEP est supérieur à 90% pour les matières organiques et les nutriments, mais les 10% restants sur les grosses installations peuvent être significatifs. L'impact d'une STEP sur le milieu naturel est différent par temps sec et par temps de pluie.

Par temps sec : des dépôts de matière organique peuvent se retrouver dans des zones calmes des rivières ; la teneur en oxygène dissout diminue ; les effluents traités constituent :

- un apport d'azote ammoniacal toxique et consommateur d'oxygène dissout
- un apport de nutriments, et de phosphore causant l'hyper eutrophisation des milieux naturels récepteurs
- un apport de bactéries et de virus

Par temps de pluie : les effets décrits par temps secs sont amplifiés en cas de déversement direct des eaux usées et pluviales ; les volumes des rejets sont plus importants et surviennent en peu de temps, ce qui augmente la turbidité des milieux. Le phénomène est amplifié en période d'étiage.

Les dangers des surverses de déversoirs d'orage peuvent se décliner dans le temps :

Période	Type de danger	Indicateur/paramètre
À court terme (quelques heures)	Hydraulique Chimique Physique Biochimique Hygiénique	Débits, débordements, érosion, mouvements de sédiments Sels ammoniacaux, substances toxiques Matières en suspension Manque d'oxygène dans l'eau et les sédiments (spécialement si solides facilement biodégradables) Bactéries, virus
Retardée (jours, semaines)	Hydraulique Chimique Biochimique Hygiénique Esthétique	Érosion, morphologie Sels ammoniacaux, substances toxiques Manque d'oxygène dans l'eau et les sédiments (spécialement si solides biodégradables) Bactéries, virus Flottants, déchets solides, huiles, graisses
À long terme (semaines, années)	Hydrologique Chimique Biochimique	Régime hydraulique perturbé, modifications morphologiques Métaux lourds, substances organiques persistantes, solides minéraux/organiques Manque d'oxygène par eutrophisation

60

c) Exemples et perspectives

Les procédés naturels de traitement biologique, utilisés majoritairement en France pour les petites stations prennent un essor considérable et des proportions de plus en plus importantes : à Rochefort s'est ouverte en 2016 la seconde plus vaste station de lagunage en Europe (35ha), après celle de Kunheim en Allemagne : elle équivaut à 35 000 habitants (5 000m³ d'eau sont traités par jour). Elle est située en bordure de la Charente, au cœur des marais périurbains qui couvrent 28% de la commune (500ha). Ces marais sont positionnés en zone inondable.

⁶⁰ Marais artificiels pour le traitement des surverses de déversoirs d'orage- point sur la pratique et la recherche en Allemagne » Mathias UHL et Ulrich DITTMER



La station est équipée d'un pré traitement assurant le dégrillage, le dégraissage et la décantation. Les boues récupérées après la décantation produisent du biogaz (qui s'échappe lors de la minéralisation des boues) qui alimente un générateur d'électricité et de chaleur : ces énergies sont réutilisées in situ permettant à la station de fonctionner de manière quasi autonome. Les boues digérées sont valorisées par le service des espaces verts de la ville.

L'ensemble des performances exigées réglementairement est dépassé⁶¹ ; en ce qui concerne l'azote totale (qui inclut globalement l'azote organique et ammoniacal), les rendements sont moyens ; on a néanmoins vu précédemment que les pollutions azotées sont essentiellement liées aux eaux domestiques : les performances de la lagune pour les eaux pluviales sont donc particulièrement intéressantes.

La station de Rochefort possède 8 bassins dont 6 pour le traitement de l'eau et 2 bassins dit LPO (Ligue pour la Protection des Oiseaux) permettant l'observation d'oiseaux.

Le site est fréquenté par des publics (les visites sont organisées et la traversée est ouverte au public : chemins piétons et cyclables aménagés) et par les oiseaux aquatiques : plus de 130 espèces sont dénombrées : canards souchet, échassiers, grèbes, passereaux fuligules milouin et morillon, foulques, guifettes, mouettes pygmées...

Ce site concilie préservation de l'environnement et de l'urbanisation.

⁶¹ voir annexe : PERFORMANCE DE LA STATION DE LAGUNAGE DE ROCHEFORT

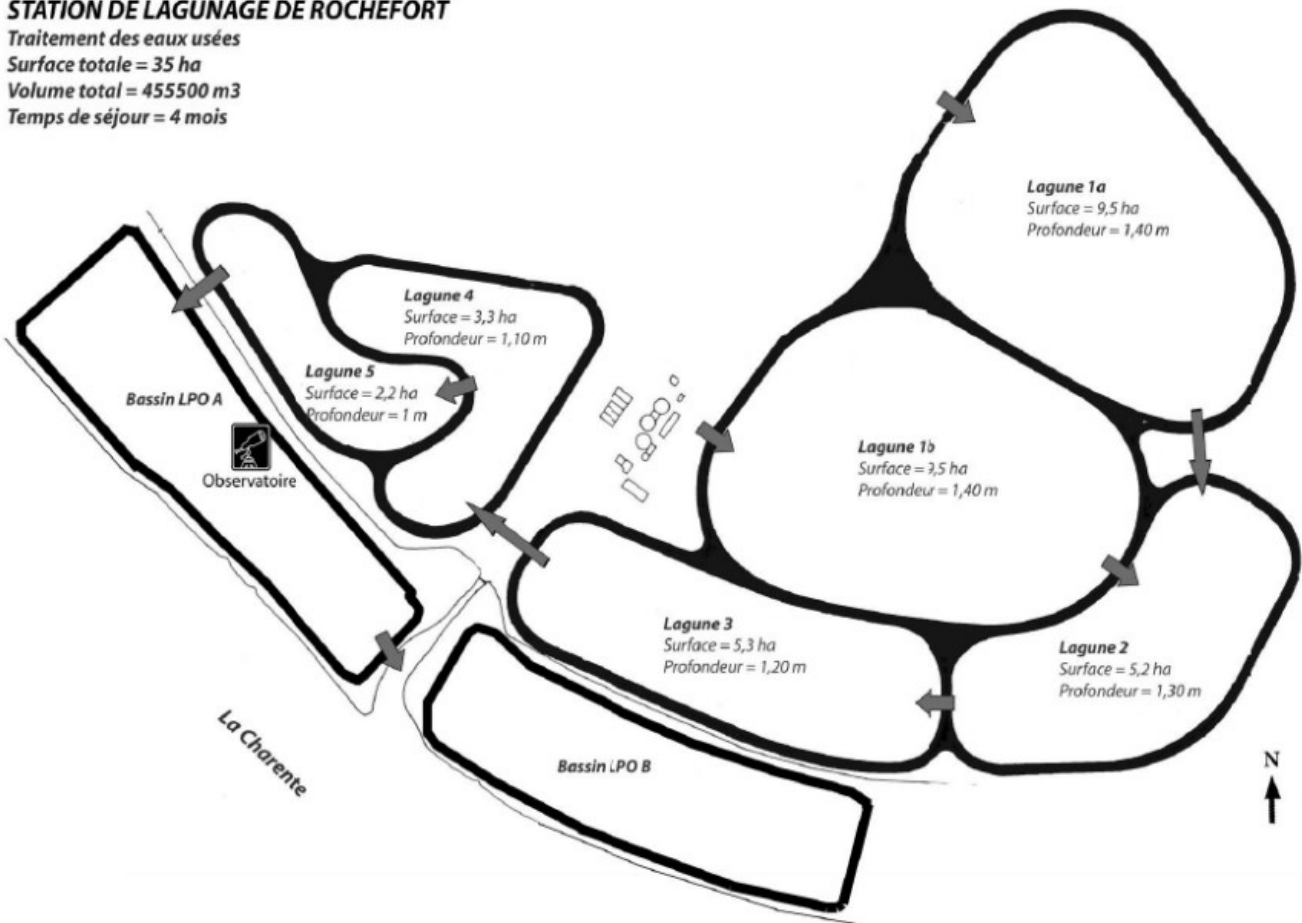
STATION DE LAGUNAGE DE ROCHEFORT

Traitement des eaux usées

Surface totale = 35 ha

Volume total = 455500 m³

Temps de séjour = 4 mois



62

Budget : 1 832 000 €

En Martinique les premières stations d'épuration à FPR se réalisent : deux projets pilote « ATTENTIVE » (1360 et 1200 EH) ont reçu le premier prix national du génie écologique dans la catégorie « gestion alternative des eaux usées et pluviales ». Les dispositifs sont conçus comme des bassins de rétention au-dessus d'une plage d'infiltration.



Figure 1 : STEP de Taupinière au Diamant - 1er étage – photo aérienne



Figure 2 : STEP de Mansarde Rancée au Robert – photo aérienne

Ces réalisations permettront de vérifier la pertinence de ces procédés en milieu tropical et de transférer de nouvelles compétences vers les structures locales.

⁶² « Traitement et valorisation des eaux usées : l'exemple de la station de lagunage de Rochefort » Félix Marsault, Bruno Naylor, Antoine Reigue

2.3 Dispositifs indépendants de « phyto-épuration »

a) En aval de stations d'épuration d'eaux unitaires : les zones de Rejet Végétalisées

En moins de dix ans, plus de 400 Zones de Rejet Végétalisées (ZRV) se sont développées dans l'hexagone (sur 35 départements) en sortie de stations d'épuration pour améliorer leurs performances notamment vis-à-vis des micropolluants et mieux protéger les cours d'eau. La police de l'eau a largement contribué à ce développement en apportant des financements.

Il s'agit de zones humides artificielles pouvant recevoir les eaux traitées ou servir de by-pass aux eaux pluviales ou chargées. Elles sont classées par l'EPNAC (groupe de travail sur l'Evaluation des Procédés Nouveaux d'Assainissement des petites et moyennes Collectivités) en quatre grandes familles :

- 3 familles utilisent le sol en place (remanié ou pas) : prairies, bassins et noues/fossés
- 1 famille pour les dispositifs recourant à des matériaux rapportés (géomembrane, gravier, sable)



Les ZRV peuvent être végétalisées artificiellement ou naturellement, et les végétaux présents peuvent être de toutes tailles, du simple couvert végétal à la végétation arborée, en passant évidemment par les plantes caractéristiques des marais ; les réalisations sont en fait très variées : lagunes à macrophytes, prairies humides, bambouseraies, FPR...il s'agit d'ouvrages similaires à ceux des traitements secondaires des petites STEP.

Les végétaux font parfois l'objet d'une valorisation sous forme de bois énergie par exemple.

Ces ZRV permettent en général la réduction des flux rejetés en aval par l'infiltration et l'évapotranspiration.

Ce dispositif est en projet sur la STEP de la métropole de Reims ; il illustre un retour ambitieux (sur une surface considérable) des « marais artificiels » sur un site périurbain mais dont l'enjeu est bien métropolitain.

L'exemple d'AZHUREV ⁶³:

⁶³ Réalisé à partir de l'appel à projet, de l'enquête publique relative à la demande d'autorisation au titre de la loi sur l'eau pour la création d'une zone humide artificielle (avril à mai 2016), et un document de présentation des ZRV au carrefour des gestions locales de l'eau de Rennes de janvier 2013

Aménagement d'une Zone HUMide à Reims pour l'Épuration et le Vivant :

PROJET AZHUREV



Station d'épuration



Constat : mauvaise qualité physico chimique de la Vesle (associée aux rejets de la ville de Reims notamment pour l'azote et le phosphore, et teneurs élevées en MES). Le rejet de la STEP de Reims Métropole représente **65%** du débit de la Vesle en période d'étiage.

Impact significatif des RUTP.

Projet : création d'une zone humide artificielle de 5 à 10 ha en aval de la station d'épuration de Reims Métropole (470 000 EH), sur les communes de MERFY et de ST BRICE COURCELLES ayant pour double objectif :

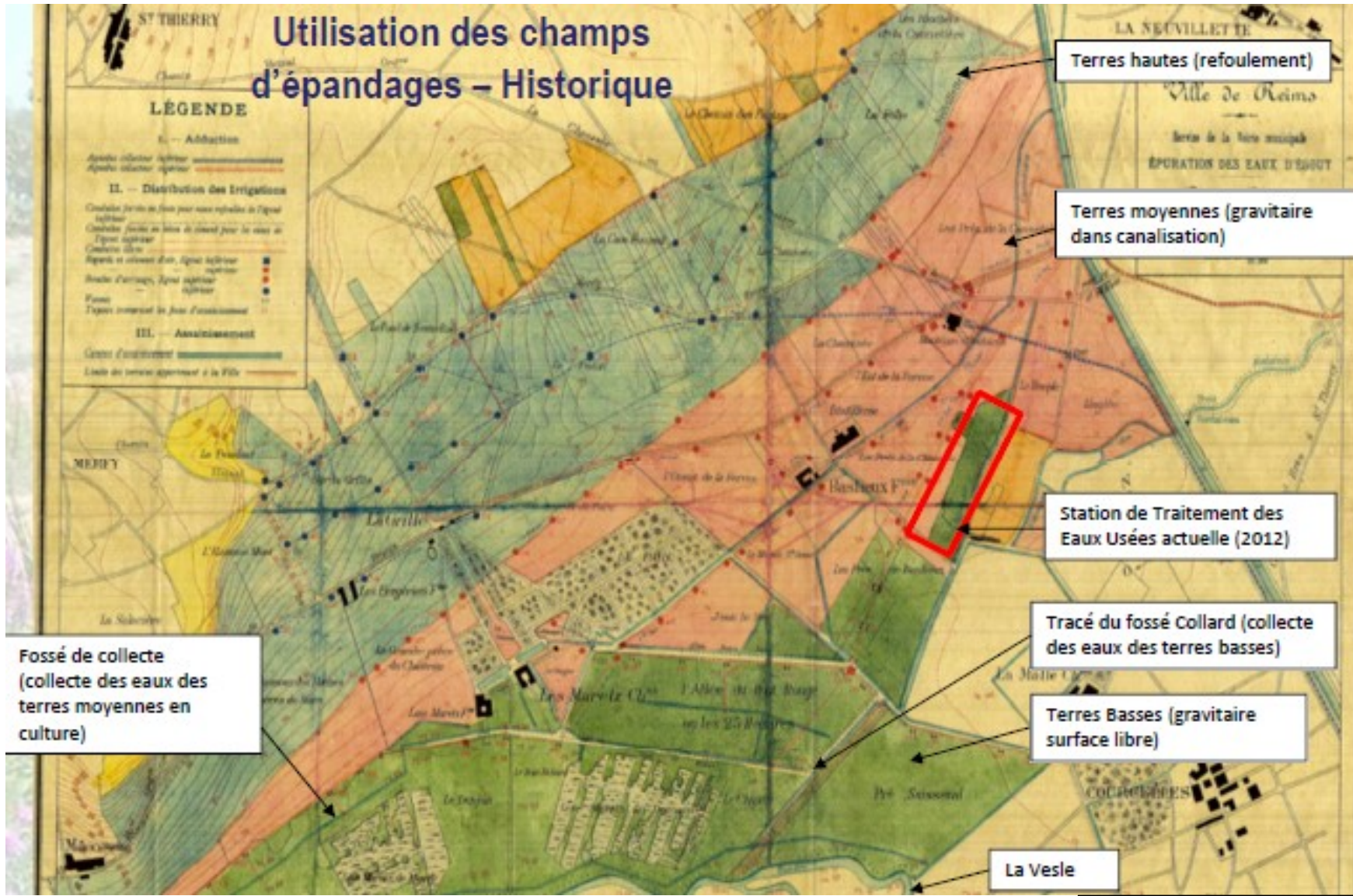
- Un traitement de finition des eaux collectées (réseau unitaire) notamment pour l'azote le phosphore et les « substances prioritaires »
- Traitement des eaux « by passées » (par temps de pluie)

Objectifs : Améliorer la qualité des eaux de la Vesle, la biodiversité en créant un habitat de valeur pour la faune et la flore ; développer un « projet pilote » et son acceptation.

Résultats attendus : « Disposer d'une vitrine technologique et d'un référentiel technique et financier afin de convaincre les donneurs d'ordres, les financeurs et le grand public des intérêts des zones humides artificielles, disposer d'un savoir-faire valorisable, y compris à l'export ».

Partenariat : Reims Métropole (Moa), ESOPÉ (expertise faune/flore), LRGP (Laboratoire Réactions et Génie des Procédés : suivi des performances du système), Métis Ingénierie (ingénierie sociale)

Utilisation des champs d'épandages – Historique



Terres hautes (refoulement)

Terres moyennes (gravitaire dans canalisation)

Station de Traitement des Eaux Usées actuelle (2012)

Tracé du fossé Collard (collecte des eaux des terres basses)

Terres Basses (gravitaire surface libre)

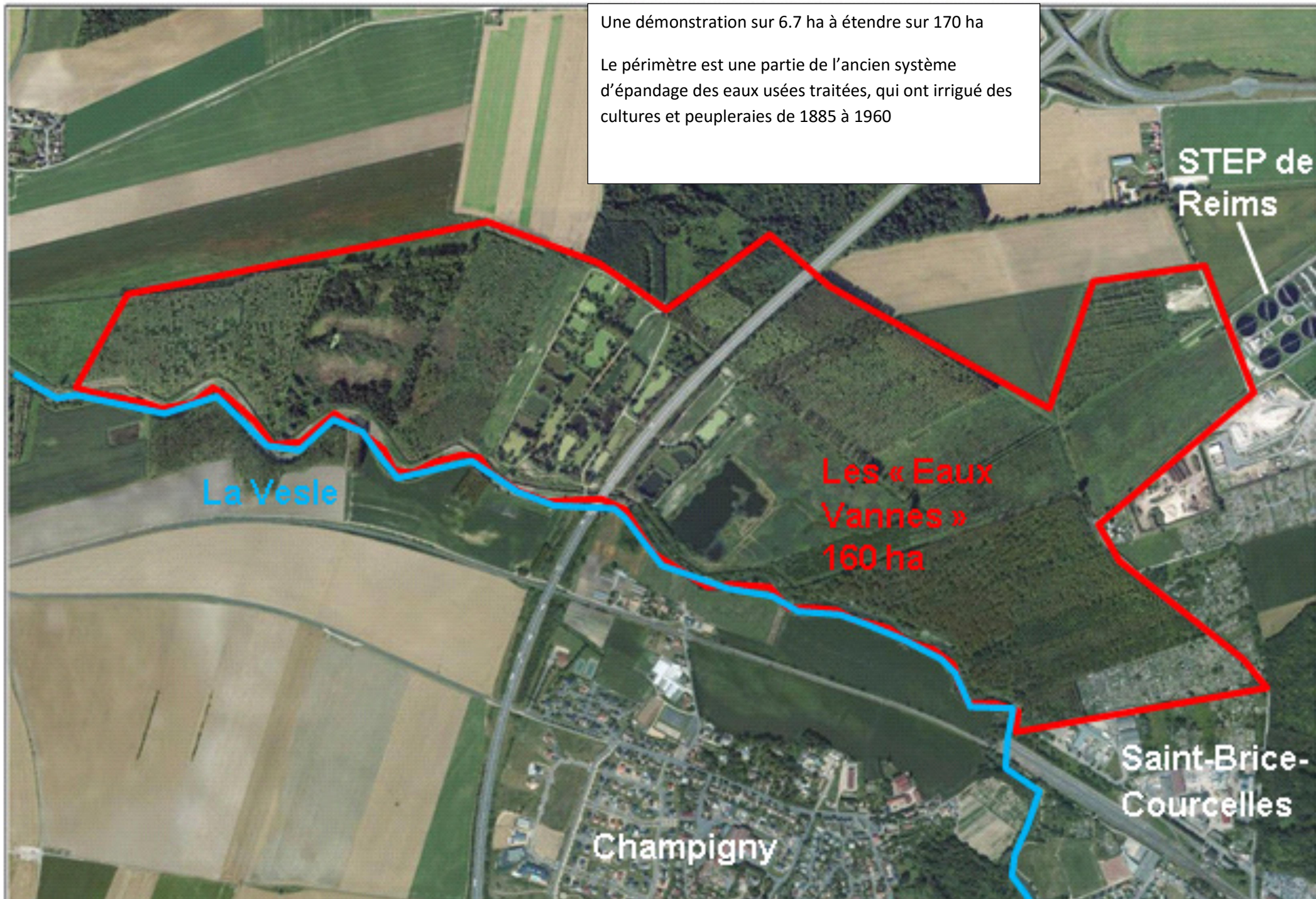
La Vesle

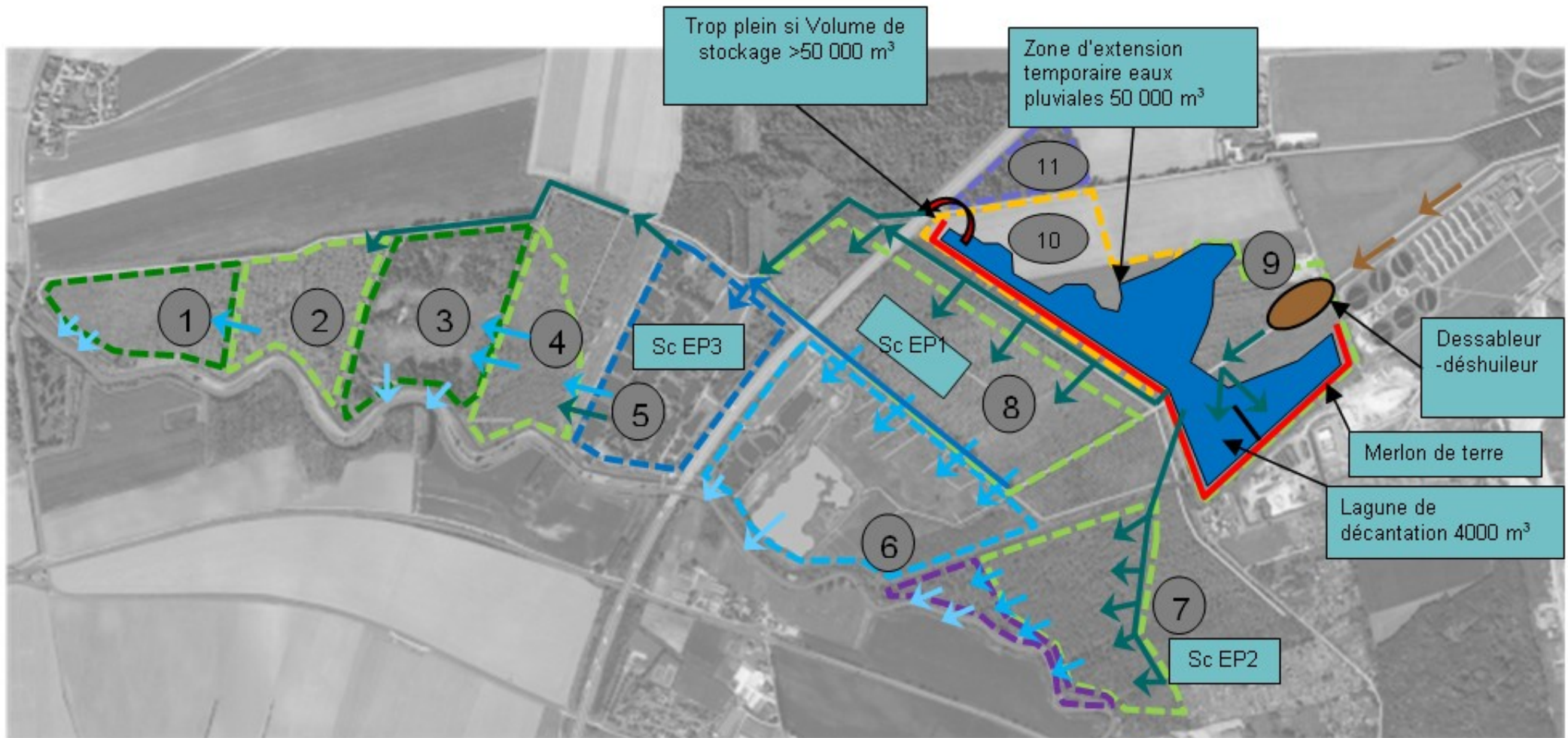
Fossé de collecte (collecte des eaux des terres moyennes en culture)

Enveloppe prévisionnelle : 1 550 000€
Chantier 10 mois

Une démonstration sur 6.7 ha à étendre sur 170 ha

Le périmètre est une partie de l'ancien système d'épandage des eaux usées traitées, qui ont irrigué des cultures et peupleraies de 1885 à 1960





La Zone Humide Artificielle devra reprendre les eaux pluviales et les traiter. Afin de respecter les temps de transit à l'intérieur du site, il convient de stocker en amont les eaux lors de forts orages (zone bleu sur les secteurs 9 et 10). Un merlon serait alors réalisé et une réflexion est en cours sur les plantations aux abords de cette retenue. Une surverse peut être envisagée au nord vers le fossé de la cannetière qui pourrait diriger les eaux vers les secteurs de l'autre côté de l'autoroute (1-2-3-4-5). Actuellement les secteurs 5 (étangs de pêche), 8 (peupleraies) et 7 (le Chapitre) sont pressentis pour accueillir les ouvrages de « dépollution » c'est-à-dire les filtres à roseaux... Les secteurs 3 et 6 sont à préserver pour la faune et la flore.

b) En traitement direct des eaux pluviales ou des déversoirs d'orage

Les Filtres Plantés de Roseaux sont utilisés depuis quelques années en Grande Bretagne et dans les pays nordiques pour assurer la dépollution des eaux de ruissellement de chaussées, routes, parking et autoroutes qui sont chargées en métaux lourds et hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Les FPR ou rhizosphères sont des excavations étanches au sol remplies de couches successives de gravier ou de sables de granulométrie variable. Ils sont constitués de plusieurs étages formés par plusieurs unités. Le dispositif global comprend un système de décantation et le système de filtre.

Ils sont en plein essor, en application directe d'un bassin versant (à l'échelle des ZAC, pour des surfaces importantes), ou au droit des exutoires des réseaux séparatifs. C'est aujourd'hui une réponse simple à la DCE dans le cadre des contrats de rivière pour assurer leur bon état, qui a prouvé son efficacité pour le traitement des eaux pluviales avec de très bons rendements⁶⁴ ; leur performance a notamment été mesurée : les contrôles ont mis à jour la forte hétérogénéité des ruissellements (liée au site et aux phénomènes pluviaux), et des rendements fluctuants mais qui restent très satisfaisants. « *Le traitement par filtres plantés de roseaux, combiné à une décantation amont apparaît donc comme un système efficace et particulièrement bien adapté pour des ruissellements de voiries ou autoroutiers avec une charge polluante variable* »⁶⁵.

Ce type de dispositif, peut aussi compléter une installation existante insuffisante.

Exemple de l'Aéroports De Paris : des roseaux pour améliorer des performances de la STEP (vis-à-vis du glycol notamment)

3 à 5 millions d'eaux de ruissellement sont collectées sur les surfaces de l'aéroport et traitées dans une STEP. Néanmoins l'utilisation de produits hivernaux pour le dégivrage des avions et le déverglacement des pistes rendent le traitement insuffisant. Un marais filtrant planté de roseaux de 6500m² (constitué de 12 bassins de 500m²) a été aménagé et complète le dispositif d'épuration permettant d'atteindre les niveaux de dépollution requis.



La technique vient d'être mise en œuvre à l'exutoire d'eaux pluviales et de déversoirs d'orage, sur la Communauté Urbaine de Strasbourg (CUS), et répond aussi à des enjeux de continuité écologique : la réalisation de mares qui accompagnent les FPR permettent de créer une succession d'habitats diversifiés, susceptibles d'accueillir une faune et une flore dans un secteur urbanisé et de redonner au lit mineur de l'Ostwaldergraben sa vocation de corridor écologique.

Réseau de mares à la Communauté Urbaine de Strasbourg (sur les communes de Strasbourg, Ostwald et Lingolsheim)⁶⁶ :

⁶⁴ Voir Annexe Résultats des tests sur le filtre de Neydens (source : NOVATECH'2007)

⁶⁵ « Les filtres plantés de roseaux pour le traitement des eaux pluviales : Notion d'efficacité » Valérie GIROUD Dirk ESSER, Laëtitia FOURNET, Frédéric DAVOLI

⁶⁶ Réalisé à partir de l'appel à projet et du projet (BE SINBIO)

COMMUNAUTE URBAINE DE STRASBOURG : réseau de mares



Site restauré du Bohrie en 2008
(Présence de crapaud vert)

Site restauré en 2009

Franchissement difficile

Restauration du cours d'eau et création de mares

L'Ostwaldergraben (affluent de l'III) : restauration de 620ml.

Cours d'eau en mauvais état écologique (bon état à échéance de 2027), et état chimique insuffisant. Exutoire de nombreux réseaux d'eau pluvial et de déversoirs d'orage.

Constat : lit majeur du cours d'eau identifié comme un corridor biologique/ site pollué au chrome et à l'arsenic (ancienne tanneries)

Objectifs :

- Restaurer un corridor écologique (et favoriser notamment le développement du crapaud vert), entre 2 sites restaurés
- Mettre en place un traitement naturel par filtre planté de roseaux des eaux pluviales
- Permettre le franchissement de la rue d'Ostwald (tram et route)
- Modifier le tracé du cours d'eau et araser le merlon de terre pour relier lit mineur et lit majeur ; diminuer sa section pour le redynamiser

Partenaire du projet : Association BUFO (étude et protection des amphibiens et reptiles d'Alsace)

Le réseau humide est développé par la réalisation de mares plus ou moins profondes (sur les deux rives du cours d'eau). La variété des hauteurs et des volumes contribue à diversifier les habitats et donc les types de faune et de flore.

Les trois exutoires des eaux pluviales (drainant respectivement 2.7, 1.2 et 1.8 ha) sont transformés et intègrent les aménagements suivants :

- Une mare étanche qui intercepte les eaux depuis le collecteur
- Une zone de filtres plantés à roseau

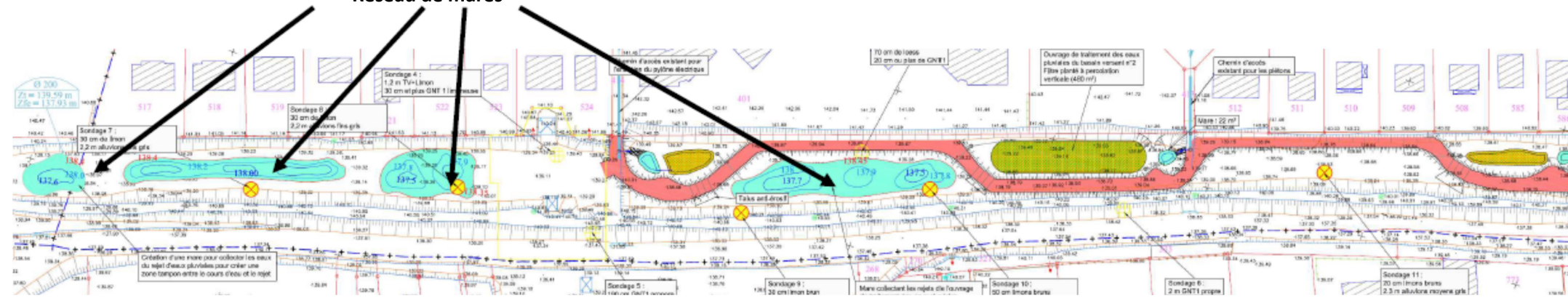
La décantation et la filtration permettent l'épuration de l'eau

Le dispositif est mesuré pour une pluie de 6 mois : au-delà seule une partie pourra être traitée (hydrogramme amorti)

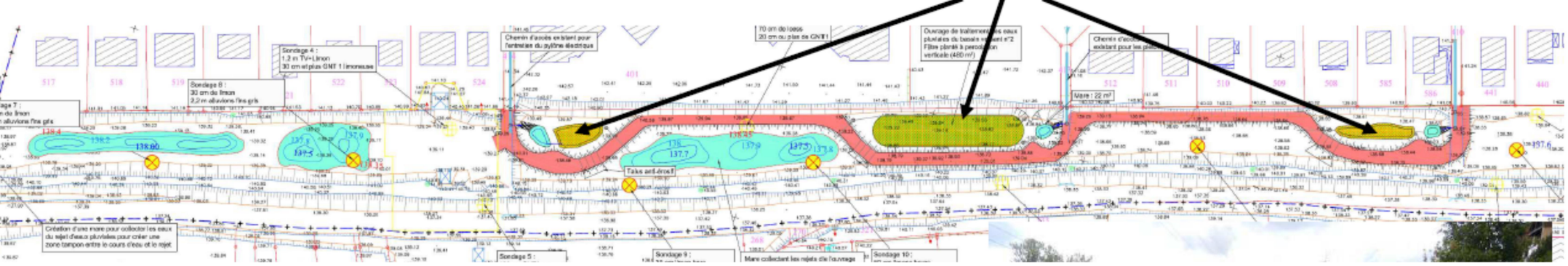
L'aménagement d'un chemin et d'une piste cyclable accompagnent ce projet.

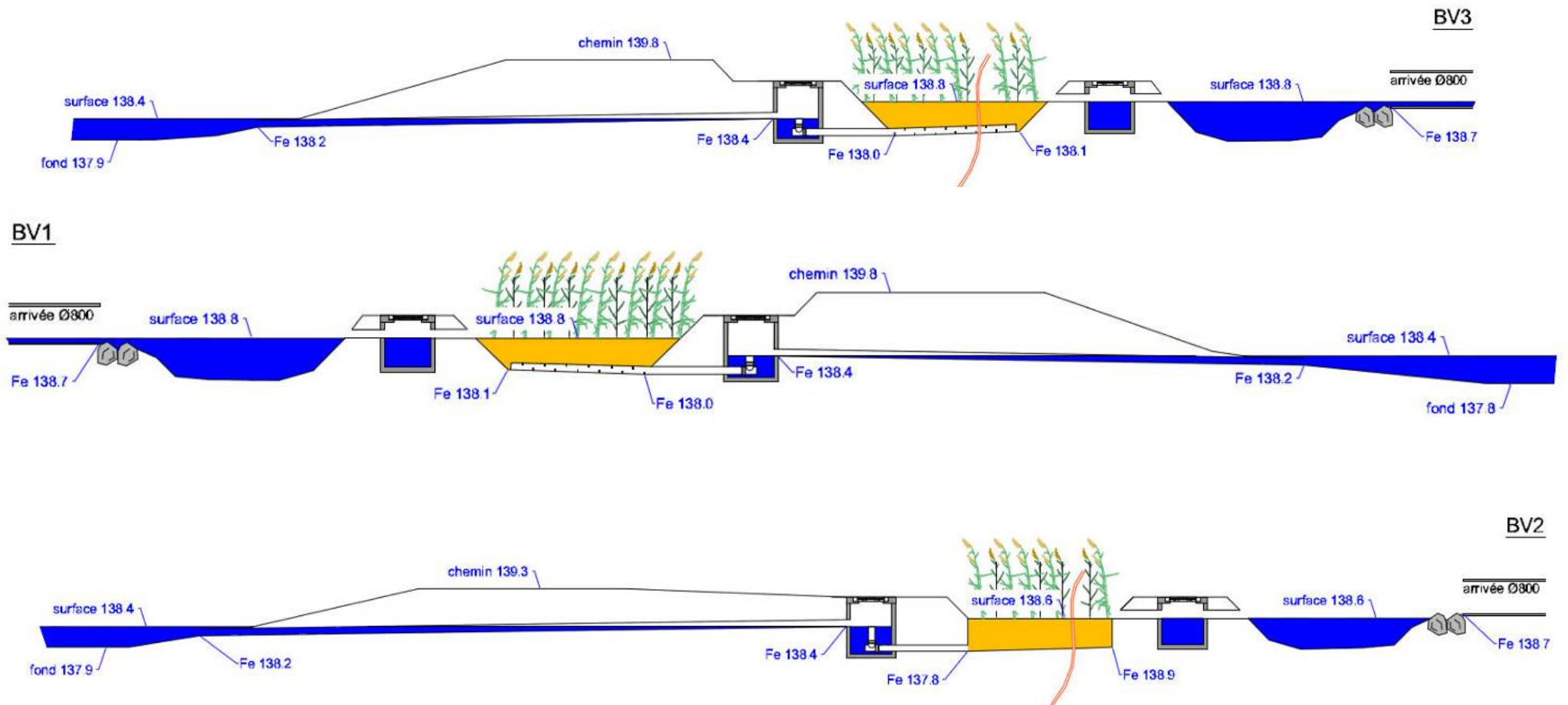
Projet réalisé en 2012 :

Réseau de mares



Filtres plantés





« Les rejets issus du dispositif {mare + filtre planté} passeront au préalable dans une mare naturelle qui aura elle aussi un rôle de filtre supplémentaire. En cas de forte pluie, les eaux rejoindront le cours d'eau par débordement naturel de cette mare, dont le niveau supérieur est très proche du niveau du fil d'eau du cours d'eau ».

Impluviums interceptés			Ouvrages projetés				
	Stotale	Sactive ("SA")	emprise mare	emprise filtre planté de roseaux	type de filtration	marnage possible	volume stockable maximum (mares + filtres)
BV1	2,7ha	0,9ha	31 m ²	90 m ²	verticale	0,80 m	116 m ³
BV2	1,2ha	0,4ha	22 m ²	480 m ²	horizontale	0,40 m	241 m ³
BV3	1,8ha	0,5ha	18 m ²	100 m ²	verticale	0,80 m	113 m ³

Des travaux réalisés en 2 phases (la pollution des terres a différé une partie des travaux prévus initialement) :

2012 : création des mares et des filtres plantés

2015 : aménagement du cours d'eau

La digue est supprimée, et des banquettes sont réalisées sous le pont de la RD 484, rue d'Ostwald pour permettre le franchissement aux batraciens et à la microfaune (rabaïssement du radier de 30 à 40cm). Le merlon de 5611m² est arasé.

Des plantes héliophytes seront semées pour diversifier les habitats, et améliorer l'autoépuration.

La largeur du cours d'eau passe de 8m à 2m pour limiter les phénomènes d'envasement, et les sinuosités sont recréées.

Impact des métaux et hydrocarbures mesuré sur les sédiments



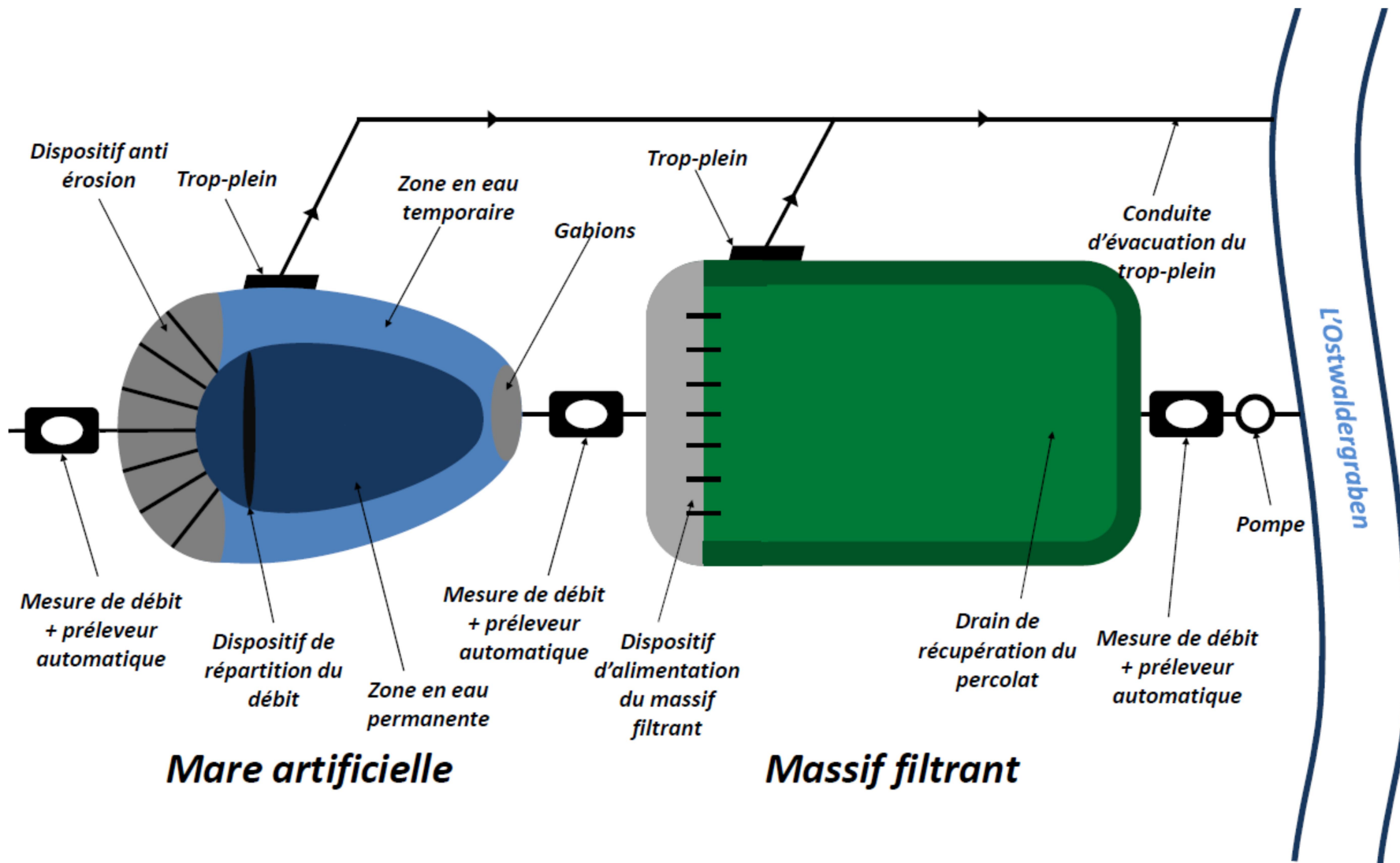
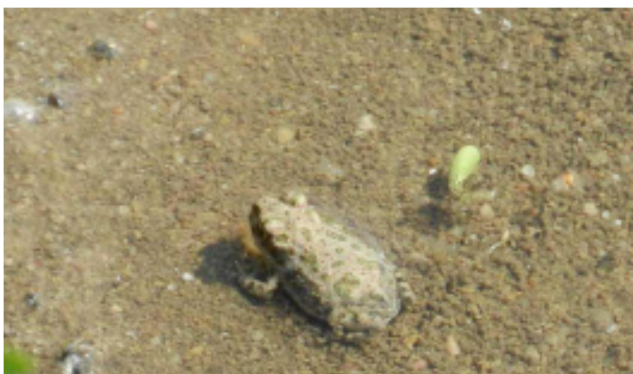


Schéma conceptuel de la chaîne d'ouvrage {mare + filtre planté de roseaux} placée entre l'exutoire des eaux pluviales (à gauche) et l'Ostwaldergraben. Schéma réalisé par Noëlle Duclos, Engées, dans le cadre de sa thèse sur le suivi prévu sur ces filtres.



Au printemps 2013 le crapaud vert s'est reproduit sur le site

Les travaux autour du cours d'eau sont finalisés en 2015



Extrait de la Trame verte et Bleue de la CUS
(orthophoto 2013 - CUS)

Coût de l'opération : 445 000 €TTC environ
(financement Etat, agence de l'eau et région
Alsace)

Caractéristiques et perspectives

Les aménagements superficiels restent moins coûteux que les ouvrages enterrés et favorisent l'évapotranspiration et l'infiltration ; en contrepartie ils sont consommateurs d'espace. Ils minimisent les dégradations physiques des cours d'eau créés par les exutoires : ils jouent un rôle sur l'hydro morphologie des cours d'eau et la qualité de leurs eaux.

Ces dispositifs peuvent être valorisés dans des aménagements paysagers ; ils développent alors de véritables écosystèmes attirant faune et flore, et en aval d'une station d'épuration, ils peuvent participer à son acceptation sociale. A Vistre, par exemple la ZRV aménagée en 2013 pour améliorer les rejets de la station (15 000 EH) est constituée de 6 types de milieux humides et représente un parcours de 1.3ha sur un terrain de 5 ha (vocation ludique, pédagogique et sportive). L'investissement même s'il a été subventionné à 70% par l'agence de l'eau et le conseil général s'est porté à 1 million d'euros.

Les niveaux de pollutions restent mesurés en sortie de station d'épuration aussi les dispositifs mis en place en aval des STEP, et notamment les ZRV n'ont aujourd'hui pas de valeur réglementaires : elles améliorent les rejets de manière anonyme et transparente...elles sont par contre certainement en mesure d'améliorer les qualités des cours d'eau qui seront contrôlées dans le cadre des programmes de mesures des SDAGE.

Les ZRV comme les aménagements réalisés en exutoire des réseaux séparatifs agissent en zones tampon pour les débits excessifs dus aux fortes pluies, et améliorent l'assimilation des nutriments des eaux traitées. Ils sont notamment bénéfiques aux cours d'eau durant les périodes d'étiage où les végétaux sont en plein développement et les cours d'eau sont plus sensibles aux RUTP.

Les qualités de ces espaces restent imprécises : plusieurs zones aménagées récemment font l'objet de recherche, d'une surveillance et de contrôles par différents laboratoires afin de mieux cerner leur fonctionnement et leur capacité à assurer un traitement tertiaire adapté aux différents contextes (projet de recherche EPEC « Epuration en Eau courante », ZHART « zones humides artificielles, ...). L'objectif est aussi de préciser les règles de conception et de dimensionnement aujourd'hui inexistantes.

La sécurité autour de ces zones plus attractives est à assurer : il faut avertir le public du risque de montée soudaine des eaux (car il s'agit de milieux fluctuant en fonction de la pluviométrie). Il pourra être exigé (politiquement) dans certains cas de protéger le public de ces installations (davantage en aval de STEP, qu'en amont).



Le traitement local des RUTP, représente une économie financière dont bénéficient les collectivités : il évite l'acheminement vers la station d'épuration et préserve tout surdimensionnement qui peut s'avérer nécessaire pour les installations en place.

En ce qui concerne les aménagements privés, il est à présent à la charge du particulier : pour son installation et son exploitation. Heureusement, ces dispositifs qui s'apparentent aux lagunages ou marais artificiels demandent peu d'exploitation et d'entretien et ne sont pas énergivores (voir 2.2).

Néanmoins, à de petites échelles, pour des surfaces <1ha⁶⁷, les initiatives de traitement local des eaux pluviales ont peu de chances de voir le jour à moins d'une volonté spécifique de la part du maître d'ouvrage. Et ces aménagements se cumulent...

⁶⁷ Seuil de déclaration (rubrique 2.1.5.0. de l'article R 214-1 du Code de l'Environnement)

3 Conclusion : recours aux « marais »

Les marais ont inspiré la filiale de traitement des eaux usées depuis les années 60 : le traitement naturel s'est d'abord développé dans le Nord de l'Europe et de l'Amérique et a commencé à s'étendre dans les petites collectivités françaises une dizaine d'années plus tard. Ainsi aujourd'hui il n'épure qu'une petite proportion des eaux usées mais représente plus de 20% du parc de traitement des eaux domestiques. Face aux impératifs de qualité environnementale imposés par les SDAGEs, la prise de conscience de la pollution drainée par les RUTP, ce traitement naturel se développe à présent au droit des déversoirs d'orage, des exutoires de réseaux séparatifs et de l'aménagement de certaines ZAC susceptibles de drainer des eaux de ruissellement importantes ou particulièrement polluées. Néanmoins ces nouveaux dispositifs restent expérimentaux, les initiatives sont variées et la recherche est encore active dans la matière.

Un appel à projet a été lancé en 2013 par l'ONEMA les agences de l'eau et le Ministère en charge en charge du développement durable, en partenariat avec le Ministère de la santé : "Innovation et changements de pratiques : micropolluants des eaux urbaines". Plusieurs projets ont été retenus dont deux qui sont menés en association afin de mutualiser les réflexions :

- « ROULEPUR » qui a pour objectif d'évaluer les performances de quatre dispositifs de maîtrise/traitement à la source des micropolluants : parkings perméables filtrants Ecovégétal (Broué et Villeneuve le Roi), filtres plantés horizontaux non infiltrants (CG93 – Rosny sous Bois), accotements végétalisés + fossés filtrants / infiltrants (CG77 – RD212 Compans), dispositif compact de décantation / filtration / absorption STOPPOL 10CKF (Ville de Paris, voie George Pompidou)
- MICROMEGAS qui a pour objet de comparer le système centralisé (bassin de rétention/infiltration à l'exutoire de bassins versants de plusieurs dizaines d'hectares) à divers systèmes à la source (chaussée à structure réservoir, noue classique végétalisée, tranchée de rétention/infiltration...)

En marge de ces dispositifs alternatifs basés en partie sur des écosystèmes anthropiques, se créent à présent des bassins enterrés, des bassins de « stockage restitution » pour la rétention des eaux lors de gros événements pluviaux qui diminuent le risque « inondation » et améliorent la qualité des rejets des STEP (les eaux sont restituées à la STEP pour être traitées):

- La CODAH, agglomération du HAVRE a inauguré en 2014 un bassin de stockage/restitution de 17 000m³ pour un budget de 15M€HT
- Clermont Communauté se dotera d'ici 2021 de 6 bassins pouvant accueillir un volume total de 80 000m³ répartis sur son territoire

Le « génie hydraulique » continue donc son chemin avec ses propositions techniques enterrées notamment dans les grandes collectivités. En effet les filiales de traitement naturel sont « spaciovore » et le foncier est encore aujourd'hui trop tendu et trop valorisé en milieu urbain pour s'y consacrer...l'argument de la densité en ville est encore prépondérant : il reste néanmoins ces espaces à risque, notamment inondation (qui disposent d'une implantation idéale en bordure de cours d'eau), auxquels on commence à accorder un nouveau regard et pour lesquels des usages récréatifs autour de l'eau et des zones humides se développent (Marseille, Toulouse...)

En parallèle les politiques (et règlements) de gestion des eaux pluviales évoluent, prennent en compte le cycle naturel de l'eau et privilégient toutes la gestion intégrée à la parcelle : les aménagements techniques portés pendant des décennies ne suivent plus le train du développement urbain : les équipements saturent, les événements climatologiques surprennent et remettent en question des dimensionnements adoptés, les exigences environnementales se resserrent. La tendance, heureusement s'oriente côté « nature » et ses

phénomènes rodés et rassurants. En dehors de l'évapotranspiration en partie encouragée par des proportions de végétalisation imposées dans les règlements d'urbanisme (taux de « biotope » imposé à Paris par exemple), les recommandations se portent sur l'infiltration et la limitation du ruissellement. Le Grand Lyon qui indéniablement a pris une réelle avance sur le reste du territoire français en matière de gestion de ses eaux pluviales a développé dans ses recommandations le volet « pollution » et alerte sur certains risques. L'infiltration en milieu urbain est dans certains cas un risque de pollution important pour les nappes : perméabilité non adaptée, distance de séparation des nappes insuffisantes, proportion excessive des parts de ruissellement face aux infiltrations... dans certaines circonstances, les eaux de pluie peuvent être particulièrement chargées en polluants. La gestion à long terme des micropolluants piégés dans les sols et leur processus de dégradation interroge.

Physiquement, les terrains ne sont pas toujours propices à l'infiltration et les concepteurs doivent alors apporter d'autres solutions et se tourner vers de la rétention/restitution à débit régulé (compensation proposée dans la plupart des règlements d'assainissement), récupérer ces eaux (pour les quelques usages autorisés...) ou s'inspirer des marais et proposer des zones inondables, des prairies humides, des mares, des étangs.... Ces milieux humides artificiels font néanmoins appel à de nouvelles compétences et expertises en matière d'assainissement urbain et apparaissent davantage comme des défis : ils sont encore peu développés bien qu'ils présentent des qualités écologiques et écosystémiques remarquables. Ils sont portés par des maîtres d'ouvrages ou maître d'œuvres sensibles à l'écologie, à l'histoire de leur territoire (Auxerre/Reims), sont présentés comme des prétextes dans des sites à risque comme les zones inondables (Marseille), ou contribuent au renforcement des trames vertes ou corridors biologiques (CUS)...

Etrangement ces dispositifs sont adaptés au réseau collectif centralisé comme aux dispositifs décentralisés. En ce qui concerne le réseau collectif, ils peuvent le compléter et améliorer ses performances vis-à-vis des risques de pollution en traitant l'eau par des phénomènes de biorétention, ou de phytoépuration, ou vis-à-vis des inondations en permettant une rétention. En dispositif individuel ou à petite échelle collective (gestion décentralisée), ils ont l'avantage d'être réalisés « sur mesure », ils sont dimensionnés spécifiquement en lien avec des aménagements, dans un périmètre de « bassin versant » spécifique. Mais la question de leur entretien et du contrôle des installations (qui bien que minime est nécessaire) est ouverte... Les techniques alternatives de manière générale (et particulièrement lorsqu'elles ne sont pas visibles) posent la question pour la puissance publique d'un inventaire tenu à jour des installations privées, de la vérification de la conformité initiale, et de la garantie de leur fonctionnement. La puissance publique choisit-elle réellement la bonne voie en se libérant de ces installations ? Il est difficile de comprendre le double comportement choisi par les autorités : d'un côté, au niveau national, les contrôles et les restrictions sont imposées par la loi sur l'eau en matière de qualité des eaux, de l'autre, au niveau local, les collectivités se désengagent en partie leur système d'assainissement pluvial, dont les eaux aboutissent dans les nappes.

La nature est encore aujourd'hui difficile à valoriser en site urbain, pourtant elle est de plus en plus sollicitée pour ces réponses techniques de gestion d'eau pluviale et de lutte contre les inondations, ou pour des réponses environnementales relatives à la biodiversité. Le bio mimétisme engendré par ces dispositifs naturels de rétention et de traitement repose sur une économie circulaire dans laquelle les polluants deviennent des nutriments, et leur permet d'intégrer réellement le cycle de l'eau. Enfin la végétation portée par ces espaces est une véritable protection contre l'excès de Co² et augmente drastiquement l'évapotranspiration, en diminuant les effets d'îlot de chaleur.

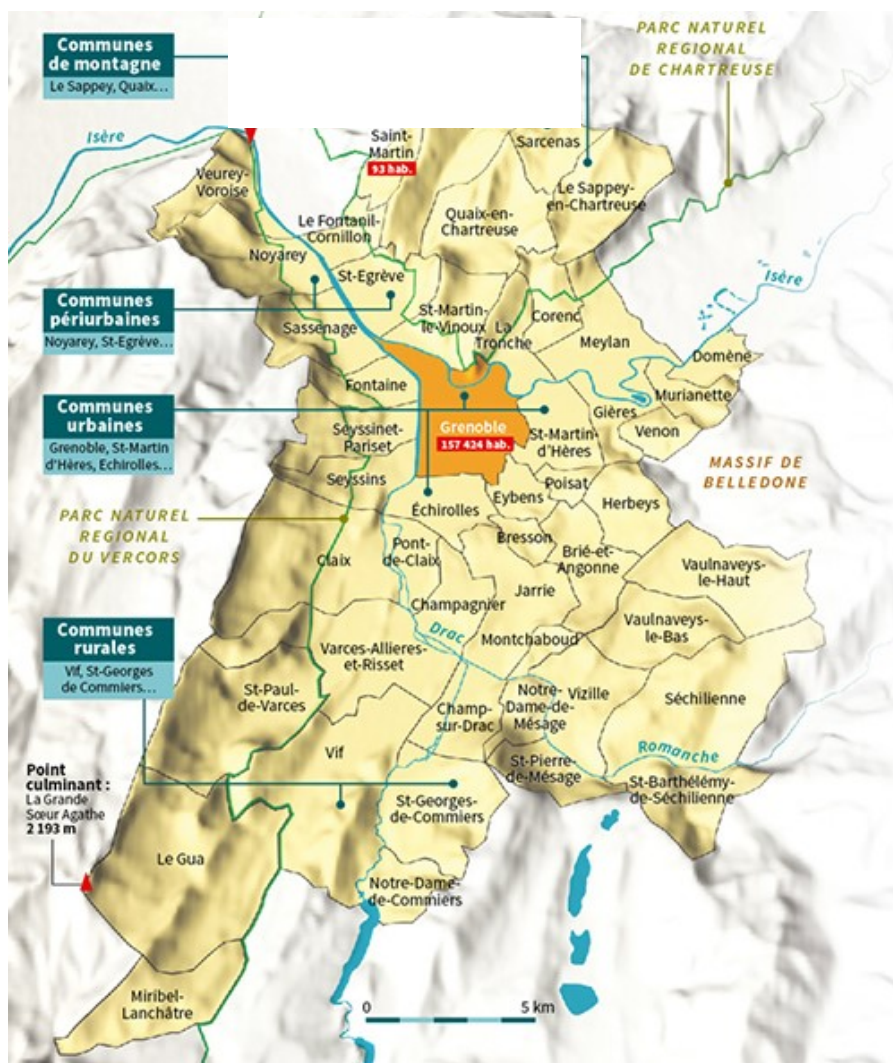
Les milieux humides, qu'ils soient naturels ou anthropiques sont à présent protégés ; néanmoins, ils continuent de régresser. Les nouveaux « marais des villes » répondent aux orientations politiques actuelles et notamment à la DCE et à la DI ; ils apparaissent comme des solutions idéales, et risquent à mon sens d'inverser enfin la tendance et le devenir des milieux humides.

DEUXIEME PARTIE : Retour des marais sur la métropole grenobloise

Sous partie 1 : L'eau pluviale et le risque inondation dans Grenoble Alpes Métropole

1 Contexte général

Grenoble Alpes Métropole, onzième agglomération française, regroupe depuis le 1er janvier 2015, 49 communes (qui totalisent 450 000 habitants environ), situées dans la plaine alluviale de l'Isère entre trois massifs préalpins : le Vercors, la Chartreuse (dont une partie de leurs balcons) et Belledonne. Elle réunit des territoires divers : urbains, péri-urbains, ruraux et montagnards. Sa superficie est de 550km² (55 000ha), et composée à 88% d'espaces naturels, agricoles et forestiers⁶⁸. Cette métropole nouvellement constituée est en pleine mutation.⁶⁹



⁶⁸ Délibération du Conseil Métropolitain du 6 novembre 2015

⁶⁹ Source : <http://www.gre-mag.fr/>

1.1 La place des marais dans l'histoire et l'endiguement des cours d'eau

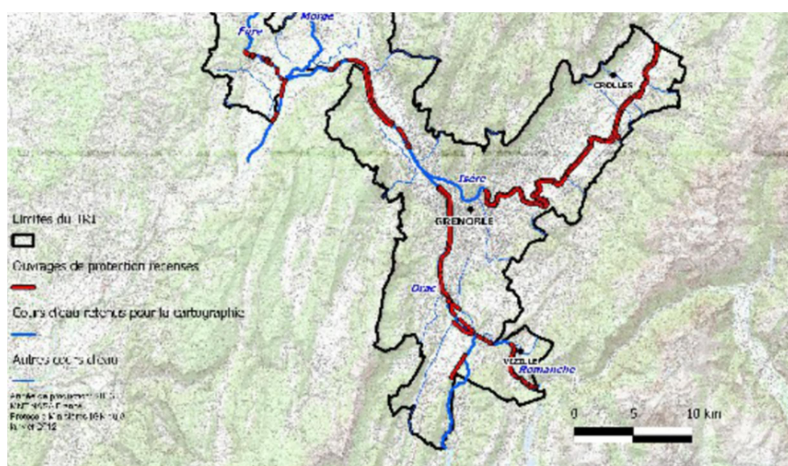
Le bassin est traversé par deux principales rivières : le Drac et l'Isère, dont la confluence se situe à l'aval de Grenoble, sur la commune de Fontaine. A l'origine, l'Isère, désignée par le « serpent », était une large rivière en tresse, constituée de multiples chenaux dont le tracé se modifiait au grès des crues. Le Drac, de nature plus imprévisible et fouguese, s'étendait dans un large cône de déjection de 8km de long avant sa confluence avec l'Isère ; on le surnommait le « dragon » ; la plaine grenobloise était ainsi constituée de vastes zones humides, avec d'importants marais à l'Est. La présence de l'eau marquait indéniablement le territoire. Les cartes du XVIIIème siècle, dessinent des marais sur les villes d'Eybens et de St Martin d'Hères. La ville de « Poysat » qui désigne un endroit où l'on puise l'eau est citée depuis le XVème siècle : c'était un espace fréquemment inondé et marécageux, le logo de la commune réunit aujourd'hui deux éléments de cette histoire : le puits et le roseau. C'est Mathieu TEISSEIRE, fabricant de liqueur, qui au milieu du XVIII siècle initie les assèchements sur St Martin d'Hères, Eybens et Poysat...L'entreprise est poursuivie par son fils qui termine en 1816 ces travaux. Le clergé à cette même époque se lance dans des entreprises similaires sur le reste de la plaine.

Les rivières du territoire ont aussi connu des transformations considérables (face aux inondations répétitives) : à l'aval de l'Isère, autour de la grande route de Lyon, les grands alignements de digues débutent en 1686 ; en amont les premiers ouvrages sont construits en 1720 à Meylan, Gières et au-delà du périmètre de la METRO : Lancey, Villard Bonnot et Barraux. A partir de 1780, Grenoble s'engage dans la canalisation complète de l'Isère.

En 1780, le canal de Jourdan et la création du cours Jean Jaurès (équipé de fossés de part et d'autre) vont définitivement retrancher le Drac à l'Ouest de la plaine de Grenoble, entre le rocher du petit Rochefort et celui du Mollard. Le rondeau qui constituait un vaste étang fourni par la rencontre des deux principales brassières du Drac, est supprimé.

Les travaux d'endiguement s'achèveront dans les années 1970.

« Sur quasiment la totalité du linéaire entre Grenoble et Saint-Gervais, l'Isère est endiguée. Sa divagation est par conséquent devenue quasi impossible. L'emprise du lit mineur est donc bien connue et quasi fixe. La largeur du lit est homogène sur tout le linéaire (entre 150 et 200 m de large) [...] Le Drac est endigué sur tout son linéaire depuis le pont de la Rivoire en amont tant en rive gauche qu'en rive droite. La largeur du lit endigué est comprise entre 1,3 kilomètres environ de l'amont à plus de 100 mètres environ dans la traversée de Grenoble⁷⁰ ».

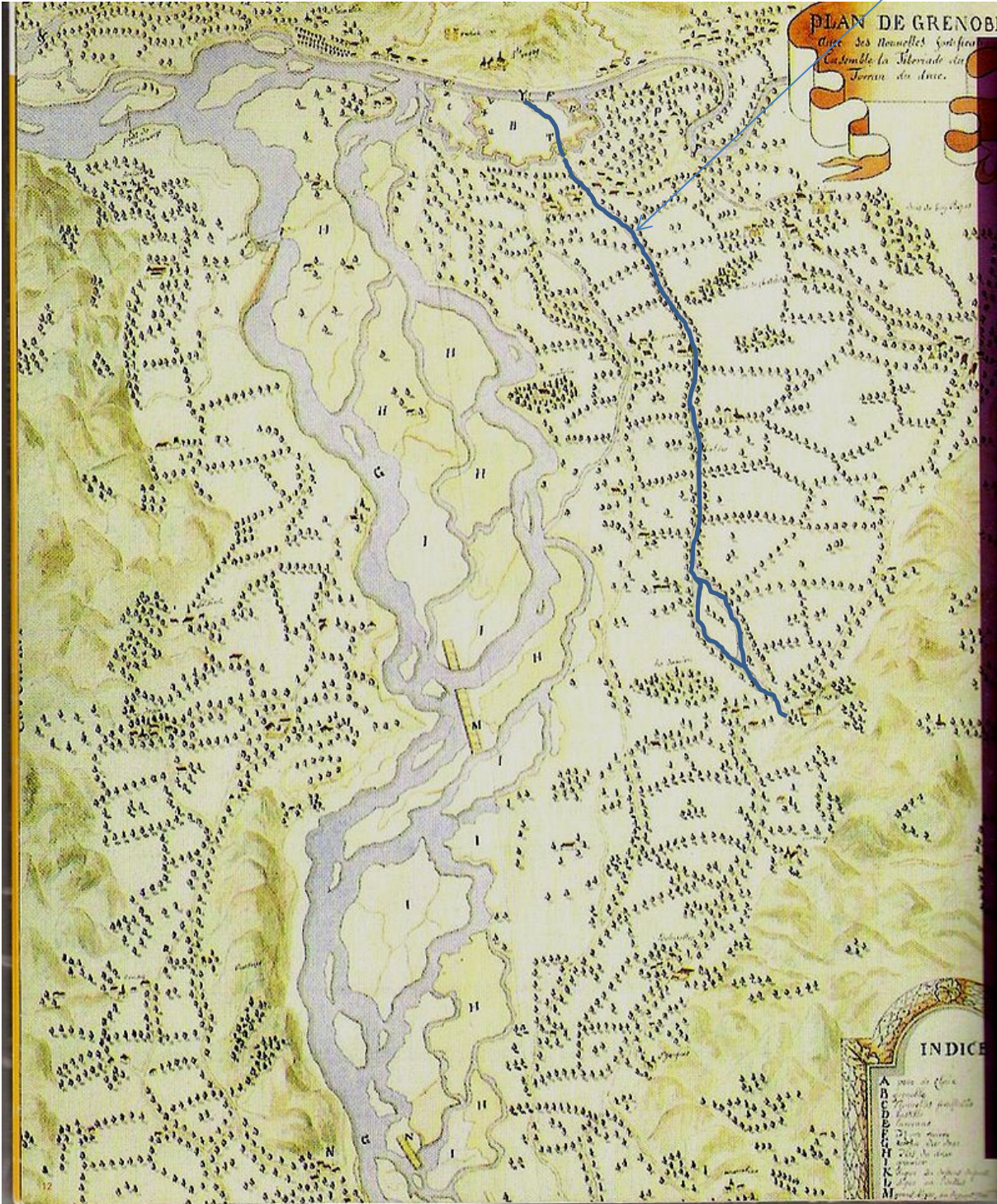


Localisation des ouvrages de protection recensés dans le TRI de Grenoble Voiron

⁷⁰ Apport explicatif TRI Grenoble Voiron, DREAL RHONE ALPES.

Ruisseau du Verderet

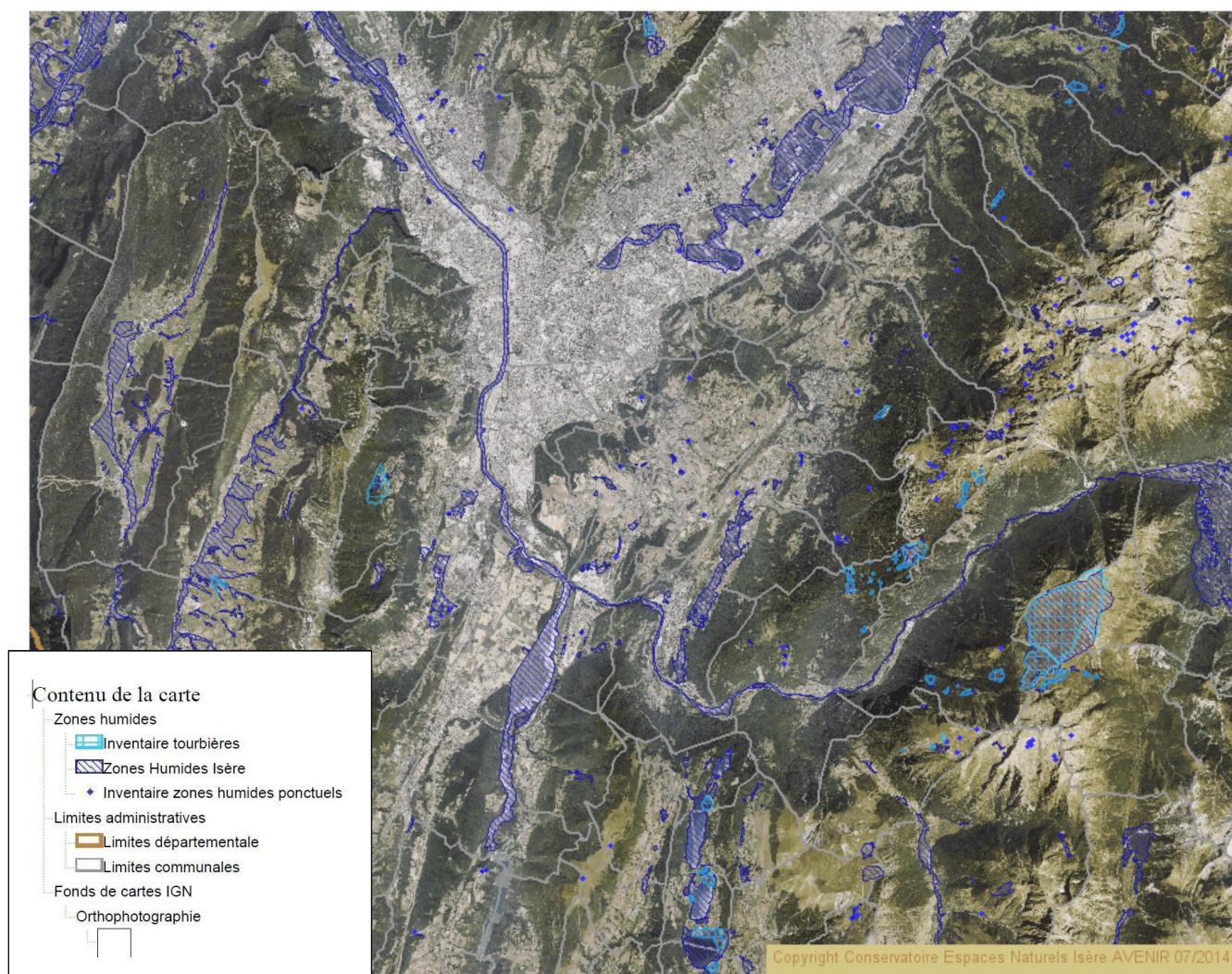
La confluence du « serpent » et du « dragon » en 1660, et le ruisseau du Verderet :



Aujourd'hui les zones humides représentent 3.97% de la surface de la Métropole ; les communes les plus pourvues de ces espaces (par ordre décroissant) sont⁷¹ :

COMMUNE	% de sa superficie en zone humide
CHAMP SUR DRAC	17.48%
MEYLAN	14.57%
VIZILLE	13.76%
FONTANIL CORNILLON	12.12%

Cartographie des zones humides⁷² :



A noter que l'Isère dans sa partie la plus urbanisée, au droit de Grenoble n'est plus classée en zone humide.

⁷¹ Voir l'inventaire des zones humides sur la totalité de la métropole en annexe

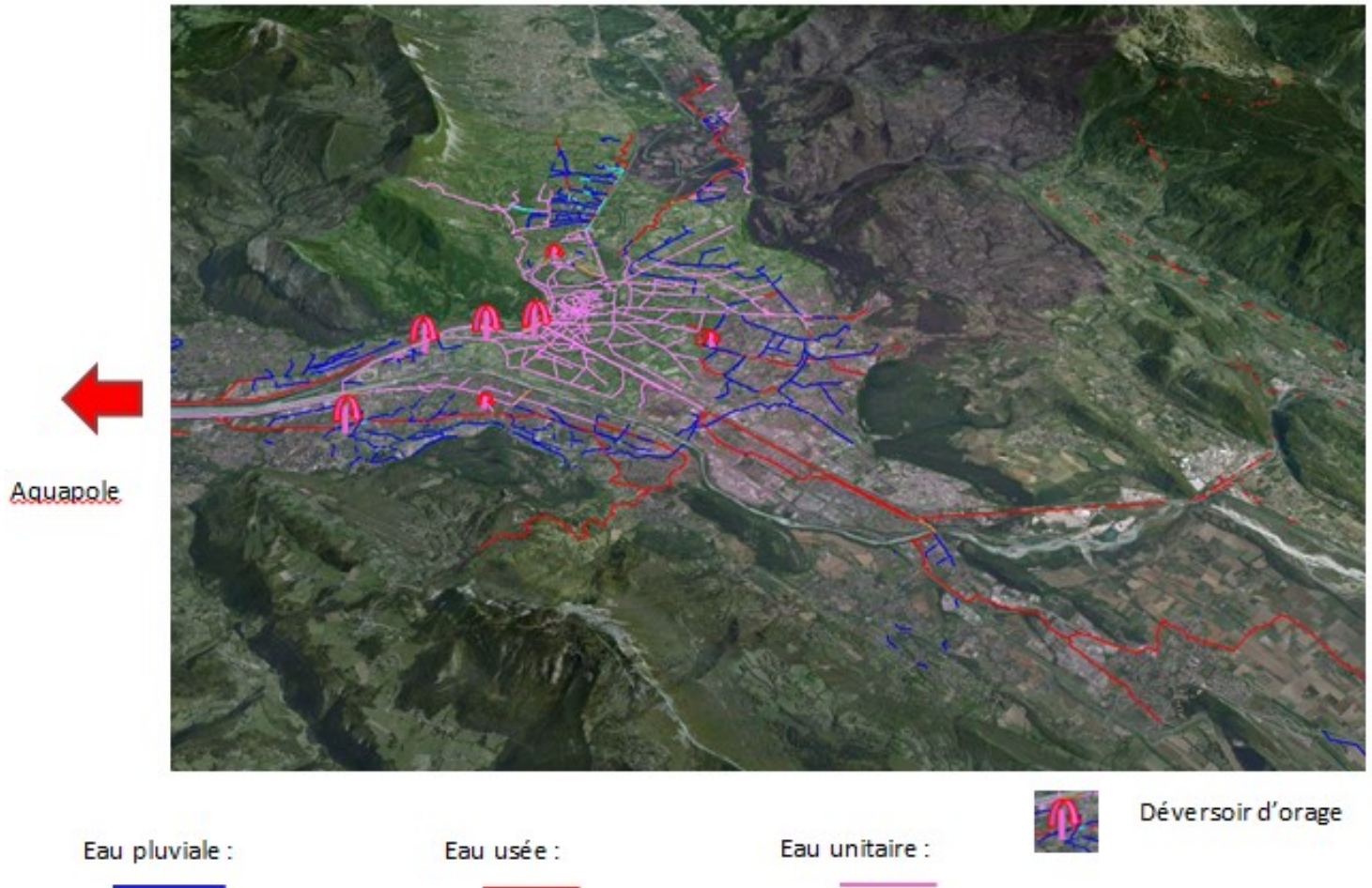
⁷² Source <http://www.cen-isere.org/accueil2/cartographie-des-zones-humides-de-lisere>

.2 Le traitement des eaux pluviales à l'échelle de l'agglomération grenobloise

La compétence assainissement (eaux usées et eaux pluviales limitées aux ouvrages canalisés, hors fossés et ouvrages de protection contre les crues) est assurée par la métropole pour ses 49 communes.

Le réseau est constitué (en 2014) de 1939 km dont 735 km de réseau EP séparatif, 826 km EU et 378 km unitaire (et 155 stations de pompage et de relèvement)

Réseau d'assainissement (source forum eaux pluviales et aménagement, recueil des supports d'intervention du 8 décembre 2015) :



La surface raccordée est de l'ordre de 1 000 à 1 200 ha. Les eaux du secteur périurbain acheminées vers la principale station d'épuration située sur St Egrève, Aquapole, sont majoritairement des eaux usées (les eaux pluviales étant déversées dans le milieu naturel à proximité des communes).

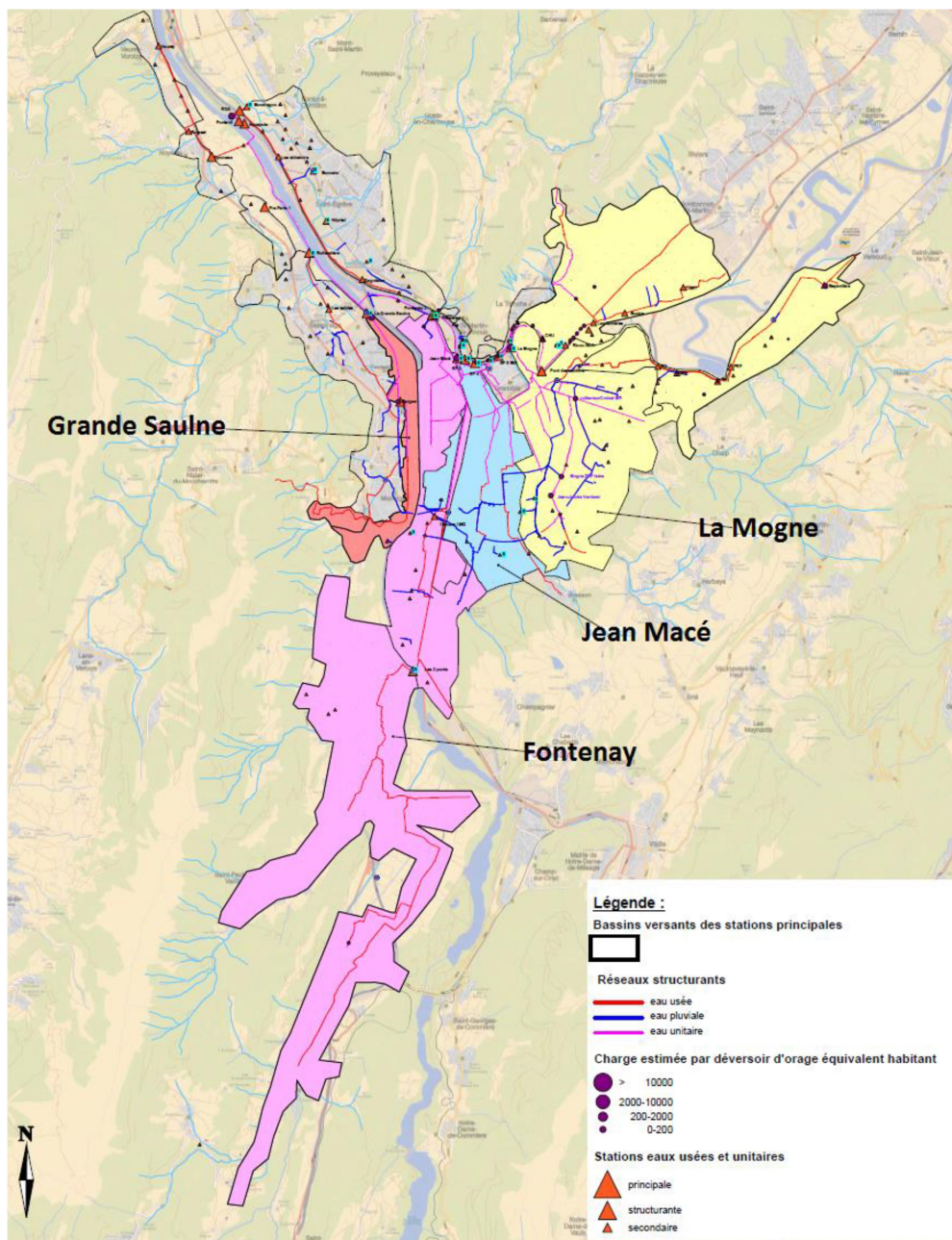
Le réseau est équipé de 47 déversoirs d'orage dont 4 > 10 000 EH (qui sont soumis à déclaration et à auto surveillance du temps de surverse)⁷³. Ces déversoirs d'orage permettent par temps de pluie de déverser des volumes d'eaux unitaires excédentaires vers le milieu récepteur (car la STEP est alors à saturation).

Trois déversoirs d'orages (DO) sont situés aux principaux exutoires du **réseau unitaire** grenoblois d'amont à l'aval : Mogne, Jean Macé et Fontenay. « *Le DO Jean Macé (JM) reprend les effluents de la ville de Grenoble et de la commune d'Echirolles. Le DO Fontenay 1 (F) reprend les effluents de la partie Ouest de Grenoble ainsi que toutes les*

⁷³ La réglementation classe les déversoirs d'orage en 4 groupes : <200 EH, (sans contrainte), entre 200 et 2000 EH (soumis à déclaration préfectorale), entre 2000 et 10000 (déclaration préfectorale et autosurveillance), et >10 000 EH (autorisation préfectorale avec étude d'impact et autosurveillance).

communes du sud du territoire. Le DO Grande Saulne reprend les effluents des branches unitaires en bord de Drac sur les communes de Seyssinet Pariset et Fontaine. Le flux déversé est rejeté vers le ruisseau Grande Saulne qui se jette dans le Furon (torrent) puis dans l'Isère à l'aval du barrage EDF de Saint-Egrève». ⁷⁴

Localisation des déversoirs et bassins versants associés :



73

DO	Type de réseau	Surface du BV (ha)	Surface active théorique (ha)	Surface active mesurée (ha)	C=SA (mesurée)/S
Mogne	Unitaire	600	300	348	58%
Jean Macé	Unitaire	470	280	106	23%
Fontenay 1	Unitaire	420	210	163	39%
Grande Saulne	Unitaire et EP stricte	200	150	78	39%

73

⁷⁴ « Bilan des flux de métaux, carbone organique et nutriments contenus dans une rivière alpine : part des rejets urbains de l'agglomération de Grenoble et apports amont (Isère et Drac) », Solène Dutordoir (THESE)

Les surfaces actives SA, sont les surfaces imperméabilisées théoriques raccordées au réseau ($S_a = S \times C_r$, avec S= surface du bassin versant et C_r le coefficient d'imperméabilisation). Ces valeurs ont été estimées à partir du calage d'un modèle numérique PCSWMM (Storm Water Management Model) et des mesures de terrain.

Six stations d'épuration sont gérées par la METRO :

- **Aquapôle** d'une capacité de 500 000 EH (la METRO comprend environ 450 000 habitants), dont le périmètre ne correspond pas à celui de la METRO (elle assainit les eaux de 14 communes situées hors de la METRO)
- 5 petites STEP supplémentaires : celle de Prélénfrey sur la commune du Gua (dont la capacité est de 350 EH), celle de Miribel Lanchâtre (capacité de 350EH), deux stations sur la commune de **Quaix en chartreuse (zone montagnarde) dont une de type FPR qui vient d'être aménagée**, et une petite dernière sur la commune de Notre Dame de Commiers ; toutes ces stations traitent des eaux usées.


1.3 Compétence GEMAPI

La loi MAPTAM du 27 janvier 2014 a attribué aux EPCI FP une compétence de gestion des milieux aquatiques et de prévention des inondations (GEMAPI) à partir du 15 janvier 2016 ; la loi Notre du 7 août 2015 a reporté à 2018 la date ultime de prise de compétence GEMAPI... Cette compétence n'est pas encore structurée, et les documents de planification locaux ne sont pas non plus terminés. La compétence concerne : les aménagements de bassins (ou parties de bassins), l'entretien des cours d'eau, canaux, lacs ou plans d'eau y compris leurs accès, la défense contre les inondations, la protection et la restauration des sites, des écosystèmes aquatiques et des zones humides ainsi que des formations boisées riveraines.

Caractéristiques du territoire :

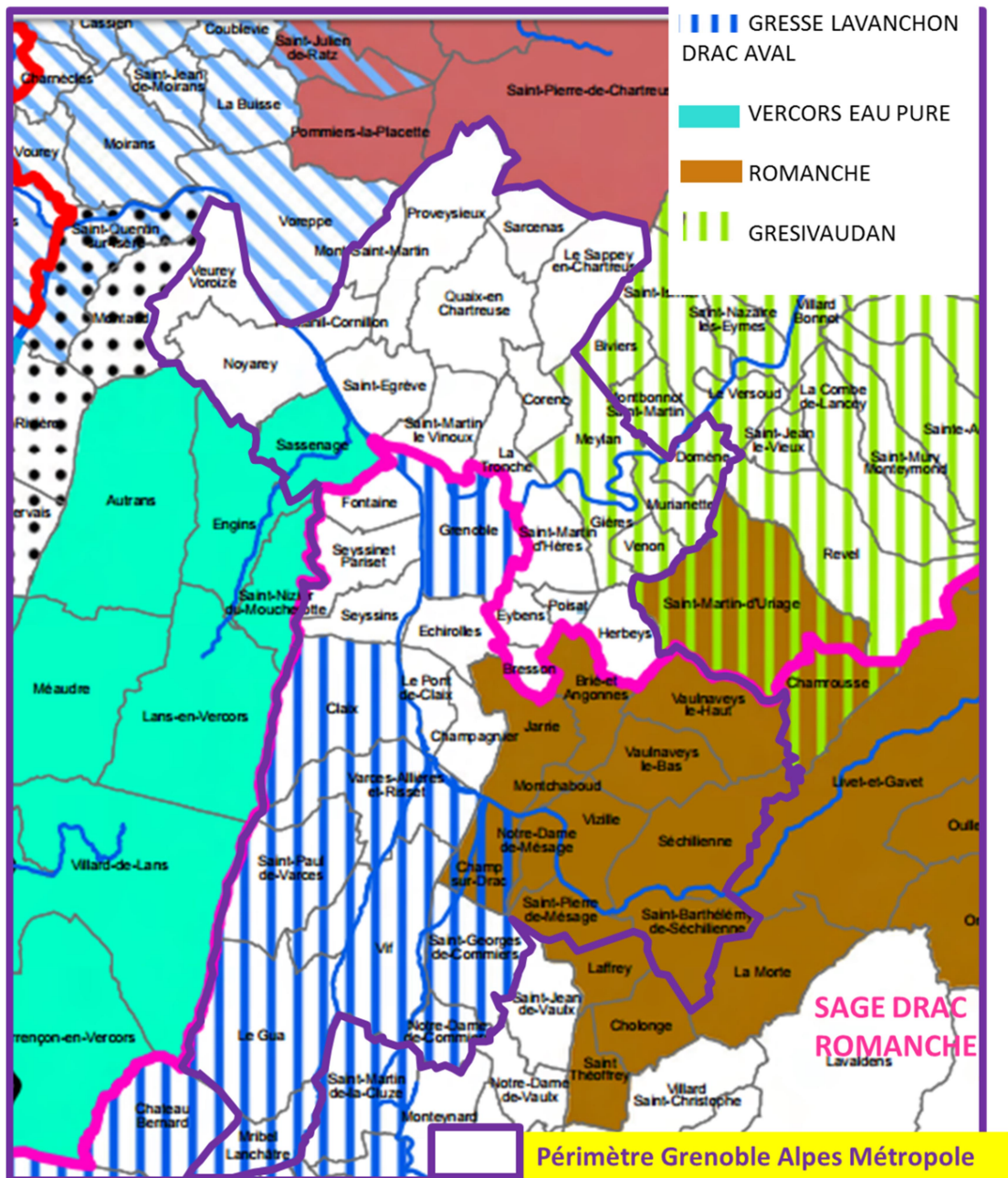
Un SAGE Drac-Romanche en cours de validation par la CLE (en lien avec le SDAGE 2016-2021 approuvé)



 Périmètre du SAGE DRAC ROMANCHE

Le SDAGE RM a été approuvé en décembre 2015, ce qui explique la révision actuelle du SAGE.

Quatre « contrats de rivière » ⁷⁵:



Le périmètre de la METRO ne correspond ni à un périmètre de SAGE, ni à celui du TRI Grenoble Voiron⁷⁶ (Territoire à Risque inondation défini par le préfet en 2012) ou des différents SLGRI qui en découleront...La définition du TRI qui comprend 50 communes s’est appuyée sur l’Evaluation préliminaire des risques d’inondation (EPRI arrêté en décembre 2011).

Les trois différents SLGRI de Grenoble Voiron sont en cours de rédaction ; il est prévu une validation de la stratégie fin 2016. Le territoire du SLGRI Drac Romanche a été prolongé (en dehors du TRI) pour prendre en compte le périmètre du SDAGE.

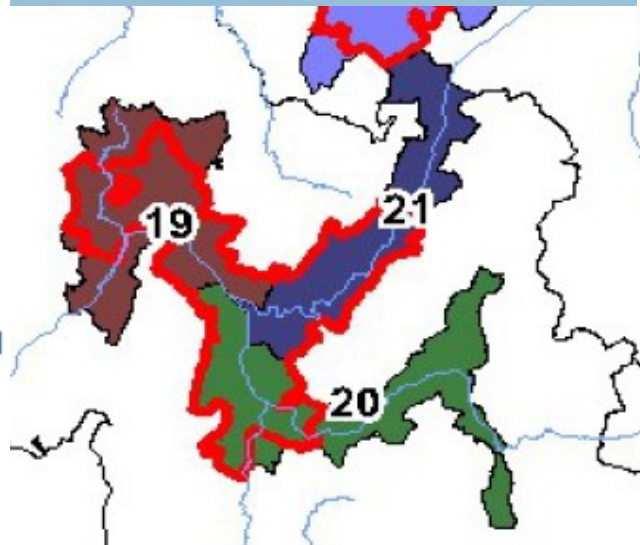
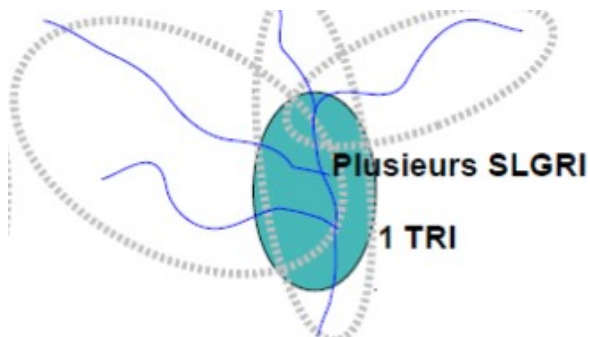
Le SLGRI Isère Amont s’appuie sur le dispositif PAPI en cours (qui sera détaillé au chapitre 3.2)

⁷⁵ Source : DDT38/SE - GESTEAU avril 2013

⁷⁶ Sur les 50 communes que comprend le TRI, 18 communes de la METRO ne sont pas intégrées (voir sous partie 2-1)

Stratégies locales de gestion des risques d'inondation pour le TRI Grenoble Voiron (périmètre rouge) (PGRI 2016-2021) :

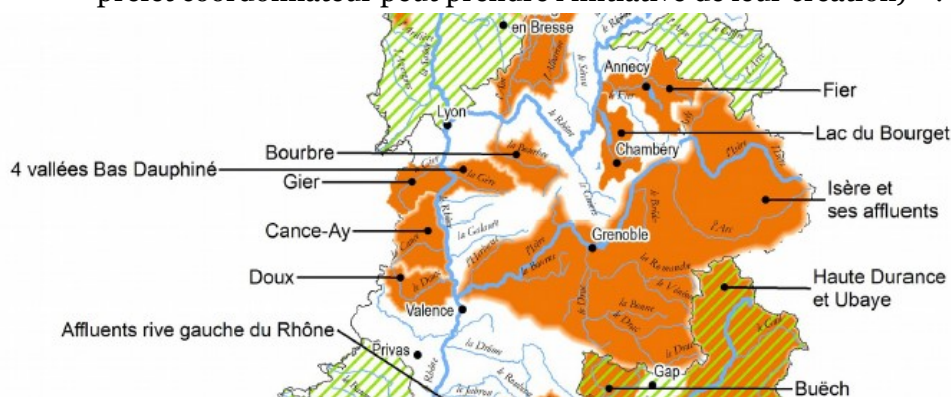
- 19. SLGRI du Voironnais
- 20. SLGRI Drac Romanche
- 21. SLGRI Isere Amont



Dans ces conditions il semble peu pertinent que cette compétence GEMAPI reste affectée à la METRO. Elle engendrera forcément la restructuration de la politique de l'eau sur un territoire où **les acteurs sont nombreux**, et peut-être des délégations de service avec des syndicats en mesure d'assurer ces compétences (le code de l'environnement reconnaît en tant qu' « EPAGE » ou « EPTB », les syndicats exerçant une compétence GEMAPI, art L 213-12)⁷⁷.

Cet objectif de cohérence de la compétence sur l'ensemble du TRI est affiché dans le PGRI 2016-2012 (approuvé le 7 décembre 2015) :

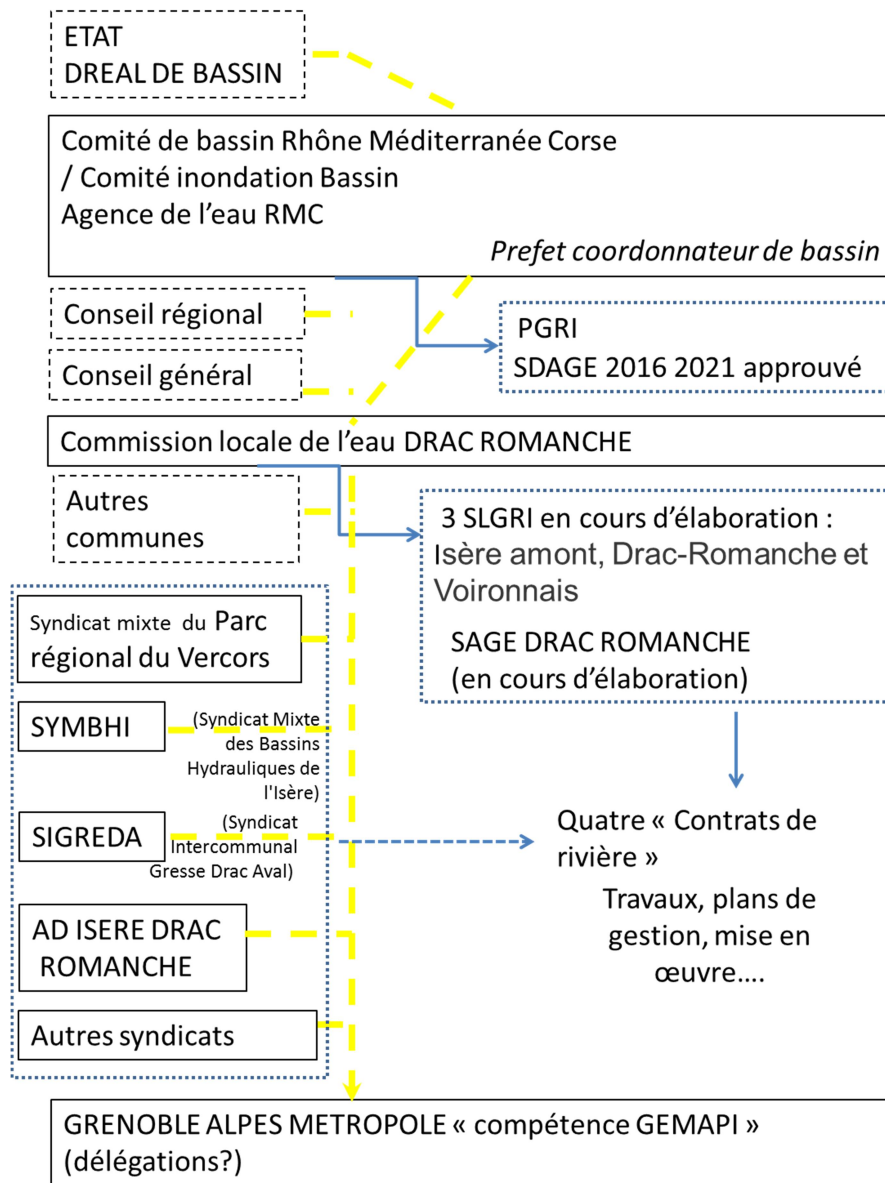
 Secteur prioritaire pour la création d'EPTB et/ ou d'EPAGE (à défaut d'initiative locale, le préfet coordonnateur peut prendre l'initiative de leur création)⁷⁸ :



⁷⁷ L'EPAGE assure une mission opérationnelle visant à assumer directement, à l'échelle minimale de taille d'un SAGE ou d'un sous-bassin, l'EPTB exerce une mission d'animation et de coordination sur un bassin hydrographique correspondant à un ou plusieurs sous bassins, et donc pourrait assurer la cohérence de l'ensemble des EPAGE

⁷⁸ Extrait du Plan de Gestion des Risques d'Inondation 2016-2021

Les différents acteurs à l'heure actuelle :



Le « GRAND OBJECTIF N°2 » des PGRI se transcrit en : « **augmenter la sécurité des populations exposées aux inondations en tenant compte du fonctionnement naturel des milieux aquatiques** » et s'appuie notamment sur la mobilisation de nouveaux espaces permettant les écrêtements de crues.

« Des actions telles que la reconquête de zones humides, de corridors biologiques, d'espaces de mobilité des cours d'eau peuvent s'opérer via des actions de prévention des inondations et contribuer ainsi à l'atteinte du bon état des eaux prévu par la DCE. »⁷⁹

Il rappelle aussi la nécessité de préserver les champs d'expansion des crues (zones inondables non urbanisées dans l'emprise du lit majeur d'un cours d'eau)...ce principe étant considéré comme un des fondements des PPRI (article L562-8 du code de l'environnement).

⁷⁹ Cf PGRI, rapports 2013

1.4 Autre cadre réglementaire

La DCE a permis le développement du suivi de la quantité et de la qualité des cours d'eaux par les Agences de bassin.

On notera parmi les objectifs du PLU intercommunal en cours de rédaction (cf délibération du conseil métropolitain du 6 novembre 2015) :

- « *Le foncier, une ressource rare à optimiser* : le déficit foncier est connu, il s'agit de dégager des « *espaces disponibles à la construction tout en confortant au maximum les espaces naturels* »
- La mobilisation contre le changement climatique
- La prise en compte des risques majeurs et l'approfondissement de la connaissance des aléas et de la vulnérabilité du territoire : « *Le PLUi aura ensuite pour objectif de prendre en compte ces éléments de façon adaptée dans les choix d'aménagement du territoire, les modes d'urbanisation et de construction. Pour cela, il fixera des prescriptions visant à garantir une meilleure perméabilité des sols, en favorisant la gestion à la parcelle et l'adaptation de la forme urbaine.* »
- *L'identité et la diversité des paysages* qui englobe la protection des éléments emblématique du territoire et le respect de leur identité
- L'intégration de la trame verte et bleue métropolitaine basée sur la pérennité des milieux naturels existants et de leur continuité.
- Le développement urbain, la préservation et l'économie des ressources : « *maîtriser les coûts et limiter les impacts environnementaux du développement urbain par sa bonne articulation avec la programmation des équipements et réseaux nécessaires particulièrement sur les secteurs de versant et de montagne* ».

a) Le règlement de la METRO

La METRO exige en priorité l'infiltration à la parcelle, et l'impossibilité d'infiltration doit être justifiée par une étude de sol. Dans ce cas, les eaux pluviales doivent être stockées avant rejet régulé dans le réseau public, le débit maximum à respecter étant de 5l/s/ha (ce débit pourra être diminué dans certaines zones déficientes en termes d'évacuation des eaux pluviales).

Le radier des bassins de **stockage restitution** doit être situé à au moins 20cm au-dessus du niveau des plus hautes eaux de la nappe phréatique.

La pluie de retour à prendre en compte pour les calculs est celle de la norme NF EN 752-2 (voir sous partie 2§1)

L'étude doit être communiquée au service compétent de la METRO au titre de la « protection du réseau public et de la gestion des risques de débordement ».

Dans le cas d'une extension de construction existante : si le coefficient d'imperméabilisation initial est doublé alors l'étude doit être réalisée sur l'ensemble de la parcelle, à défaut, seule l'extension (et part de la parcelle accueillant cette extension) est considérée.

Le règlement spécifie : « tout rejet direct d'eaux pluviales au milieu naturel doit respecter les taux de pollution suivants » :

- M.E.S. < 35 mg/l
- D.C.O. ND < 125 mg/l
- D.B.O.5 ND < 25 mg/l
- Azote Kjeldahl : < 10 mg/l
- Phosphore : < 1 mg/l
- Chlore : < 0.005 mg/l
- Hydrocarbures totaux < 5 mg/l

Le schéma directeur d'assainissement métropolitain est en cours d'élaboration.

b) Le SCOT

Le SCOT ne couvre pas l'ensemble des communes de Grenoble Alpes Métropole : il manque 4 communes récemment intégrées à la METRO.

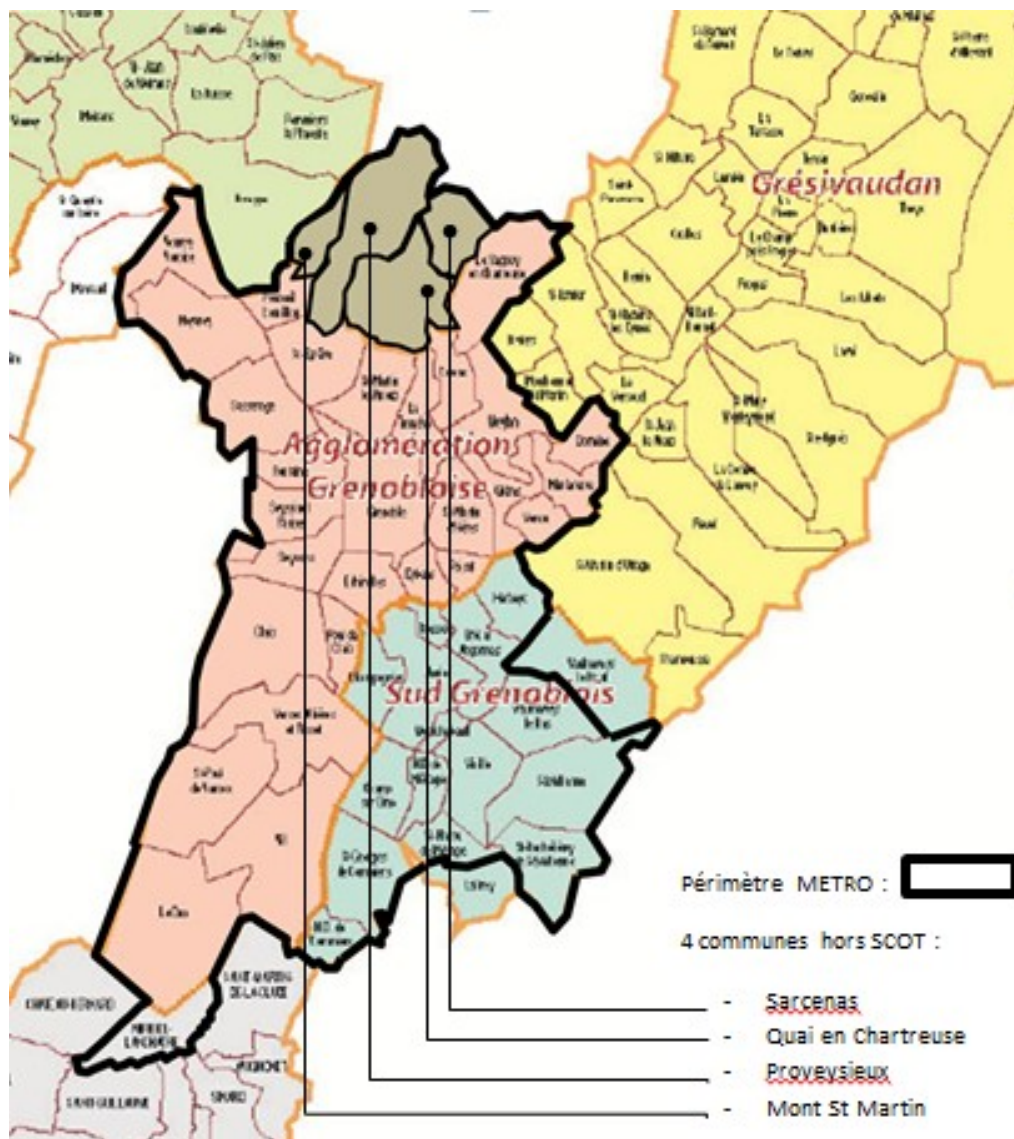
Ces quatre communes font partie du Parc Naturel Régional de la Chartreuse qui possède sa charte ; celle-ci protège les captages d'eau, les forêts alluviales et interdit les artificialisations de berges.

Le Document d'Orientations et d'Objectifs du SCOT favorise le maintien et le développement des milieux humides en s'appuyant sur la biodiversité, et la lutte contre le climat ; il exprime ces objectifs en ces termes :

« Préserver et restaurer les fonctionnalités écologiques des trames vertes et bleues afin de faciliter la circulation des espèces animales et végétales (réservoirs de biodiversité, corridors écologiques, cours d'eau et leurs abords, zones humides) ».

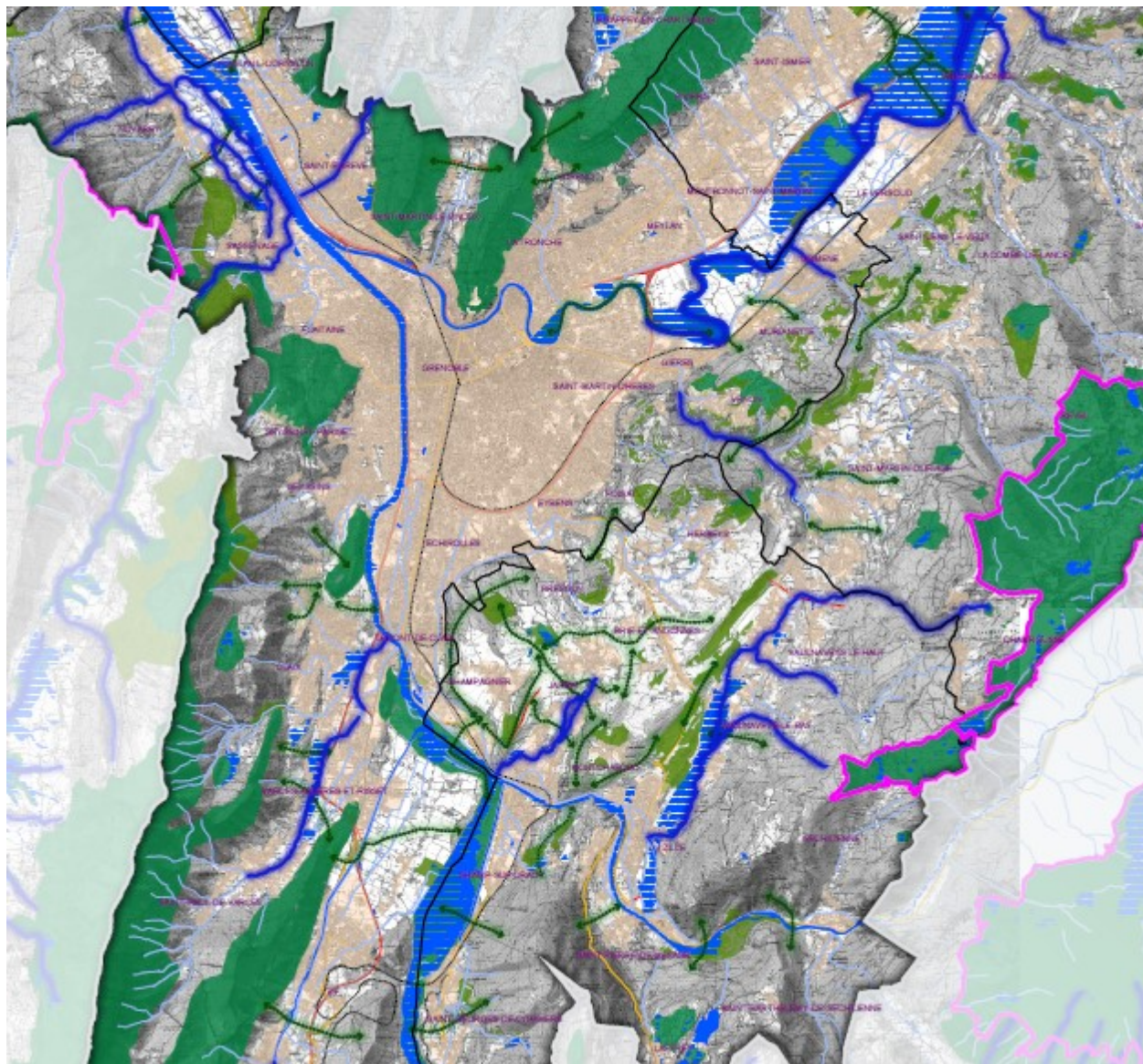
« Adapter le territoire aux impacts du changement. Pour résorber les îlots de chaleur urbains, il faut lutter contre la minéralisation des sols, renforcer la présence de l'eau et de la nature en ville et prendre en compte les conditions climatiques et l'enjeu de confort thermique en amont des projets ».

Carte des communes du SCOT :



Le SCOT encourage le recours aux infiltrations et à la « mémoire de l'eau », le respect du schéma directeur d'assainissement (en cours de révision), et **la réparation des discontinuités générées par l'urbanisation.**

Néanmoins, les propositions cartographiées sont peu ambitieuses et ne transposent pas ces orientations au droit des sites fortement urbanisés (ville centre et première couronne) :



Plusieurs espaces sont classés en Réserves naturelles sur la METRO :

- Le lac LUITEL sur la commune de Séchillienne : il s'agit d'une réserve naturelle nationale (RNN) de 17.16ha
- L'étang de Haute Jarrie : c'est une réserve naturelle régionale (RNR) située sur la commune de Jarrie : elle totalise 31.91ha.
- **L'Isle du Drac : il s'agit d'une réserve naturelle de 800 ha** (qui existe depuis 2009), **qui s'étale le long du Drac** (elle comprend tout le lit du Drac sur 15 km de long) **entre le barrage**

de Notre dame de Commiers et le pont Lesdiguières à Pont de Claix⁸⁰. Elle est gérée par le Syndicat Intercommunal de la Gresse du Drac et de leurs Affluents (SIGREDA) et traverse 8 communes de la METRO : Vif, Varcès-Allière-et-Risset, Claix, Le Pont-de-Claix, Champagnier, Champ-sur-Drac, Saint-Georges-de-Commiers et Notre-Dame-de-Commiers.

A noter aussi que le Parc naturel régional du Vercors s'étend sur l'ensemble des communes limitrophes de la METRO (Le Gua, Varcès, St Paul de Varcès, Fontaine, Claix, Noyarey, Sassenage, Seyssinet, Seyssins et Veurey Voroize), et comprend Grenoble (ville porte).

c) Les PPRI

La loi Barnier de 1995 a initié la prévention face aux risques en instituant les PPRN ou Plans de Prévention des Risques Naturels. Il s'agit de servitudes publiques qui permettent la maîtrise de l'extension de l'urbanisation dans des territoires à risques parmi lesquels le risque inondation. Ils peuvent aussi imposer des prescriptions visant à réduire la vulnérabilité des constructions.

Les communes de la métropole en bordure de l'Isère, disposant d'un PPRI (qui est néanmoins en cours de révision) sont : Grenoble, Gières, Domène, le Fontanil, Meylan, Murianette, Noyarey, Sassenage, St Egrève, St Martin d'Hères, St Martin le Vinoux, La Tronche, Voreppe et Veurey Voroize.

En ce qui concerne le Drac et la Romanche, seules les communes de Jarrie, Montchaboud, Notre Dame de Mésage, St Pierre de Mésage, Champ sur Drac, Vizille, Séchilienne et St Barthélémy de Séchilienne ont validé leur PPRI (au 26 janvier 2016 selon une carte d'avancement du département⁸¹).

Le PPRT de la Ville de pont de Claix, n'est pas en accès public (son approbation était prévue fin 2015) ; en ce qui concerne la ville de Claix, une carte des risques naturels est annexée au PLU (en cours de révision); Echirolles dispose d'une carte des risques naturels.

Le PGRI spécifie :

« En l'absence de PPRI, les documents d'urbanisme (SCoT, PLU, PLUi et cartes communales) doivent être compatibles ou rendus compatibles avec les principes suivants, en ce qui concerne l'aménagement des zones à risques d'inondation :

- **L'interdiction de construire en zone d'aléa fort** avec une possibilité d'exception en centre urbain dense sous réserve de prescriptions adaptées ;
- **L'interdiction de construire en zone inondable non urbanisée ;**
- La préservation des champs d'expansion des crues tels que définis par la disposition D.2-1 du présent PGRI, des zones humides et des massifs dunaires sur le littoral ;
- La limitation des équipements et établissements sensibles dans les zones inondables afin de ne pas compliquer exagérément la gestion de crise, et la réduction de la vulnérabilité des équipements et établissements sensibles déjà implantés ;
 - Lorsqu'elles sont possibles, l'adaptation au risque de toutes les nouvelles constructions en zone inondable ;
- L'inconstructibilité derrière les digues dans les zones non urbanisées ;
- L'interdiction de l'installation de nouveaux campings en zone inondable ».

Les cartes d'inondation du TRI Grenoble Voiron ont été arrêtées en décembre 2013.

Ces cartes doivent en général être réalisées sur 3 scénarii :

⁸⁰ voir la « Carte de situation de la Réserve Naturelle Régionale des Isles du Drac » en annexe

⁸¹ Cf annexe : carte de l'« Etat d'avancement des PPRI »

- **Événement fréquent ou de forte probabilité** : il s'agit de l'événement provoquant les premiers dommages conséquents, commençant à un temps de retour de 10 ans et dans la limite d'une période de retour de l'ordre de 30 ans.
- **Événement moyen ou de probabilité moyenne** : il s'agit de l'événement ayant une période de retour comprise entre 100 et 300 ans, qui correspond dans la plupart des cas à l'aléa de référence de PPRi, s'il existe.
- **Événement extrême ou de faible probabilité** : il s'agit d'un phénomène d'inondation exceptionnel inondant toute la surface de la plaine alluviale fonctionnelle (lit majeur) pouvant être estimé comme un maximum à prendre en compte pour la gestion d'un territoire (hors aménagements spécifiques : centrales nucléaires, grands barrages), et pour lequel les éventuels systèmes de protection mis en place ne sont plus efficaces.

En ce qui concerne les **cartes inondation de l'Isère**, les crues correspondant à un événement fréquent n'ont pas été modélisées ; la cartographie pour le scénario fréquent correspond en fait à un scénario intermédiaire de crue cinquantennale (ce scénario a servi pour afficher l'état des zones inondables avant le projet Isère amont porté par le Symbhi)

L'évènement moyen correspond à la crue bicentennale de l'Isère (type crue des 2 et 3 novembre 1859), qui correspond pour les affluents à une crue de 20 ans, avec un débit de pointe au pont de la Gâche de 1890 m³/s.

L'évènement extrême correspond à la crue millénaire de l'Isère. Dans ce scénario, l'effet des ouvrages de protection n'est pas pris en compte (cf directive inondation).

Pour le Drac, la crue trentennale non débordante n'a pas été cartographiée.

Débits de pointe considérés pour l'ensemble des calculs ayant servi à la réalisation des cartes inondables :

Période de retour de la crue de l'Isère	Débit (m ³ /s) au pont de la Gache à Pontcharra	Période de retour de la crue des principaux affluents
1000 ans	2 800	100 ans
200 ans	1890	20 ans
50 ans	1365	10 ans

2 Limites des installations d'assainissement, besoins et potentiels du territoire

2.1 Contexte géographique, géologique et économique

Le territoire de la METRO se situe en partie sur le bassin versant de l'Isère (10 800km² de superficie) et celui du Drac (3 626km²). Le bassin de l'Isère à Grenoble (5720 km²) est caractérisé par de fortes altitudes : 77 % du bassin versant est situé au-dessus de 1000 m et 17 % au-dessus de 2500 m d'altitude [Peiry et al., 1999].

Le Drac se jette dans l'Isère en limite aval de Grenoble (la pente du profil en long de l'Isère est fortement influencée par le cône du Drac : voisine de 1.1‰ en amont de Brignoud, celle-ci décroît progressivement pour atteindre environ 0.5‰ en aval de Domène). Le Drac et son principal affluent, la Romanche (bassin versant de 1220 km²), s'écoulent dans des vallées étroites en pente généralement forte (>0,0050 m/m).

L'Isère est l'un des affluents majeurs du Rhône et contribue pour 20 % au flux de matières solides [Dumas, 2007; Némery et al., 2013] et pour 11 % en moyenne à l'écoulement annuel du Rhône (332 m³.s⁻¹ à la confluence) [Mano, 2008]⁸².

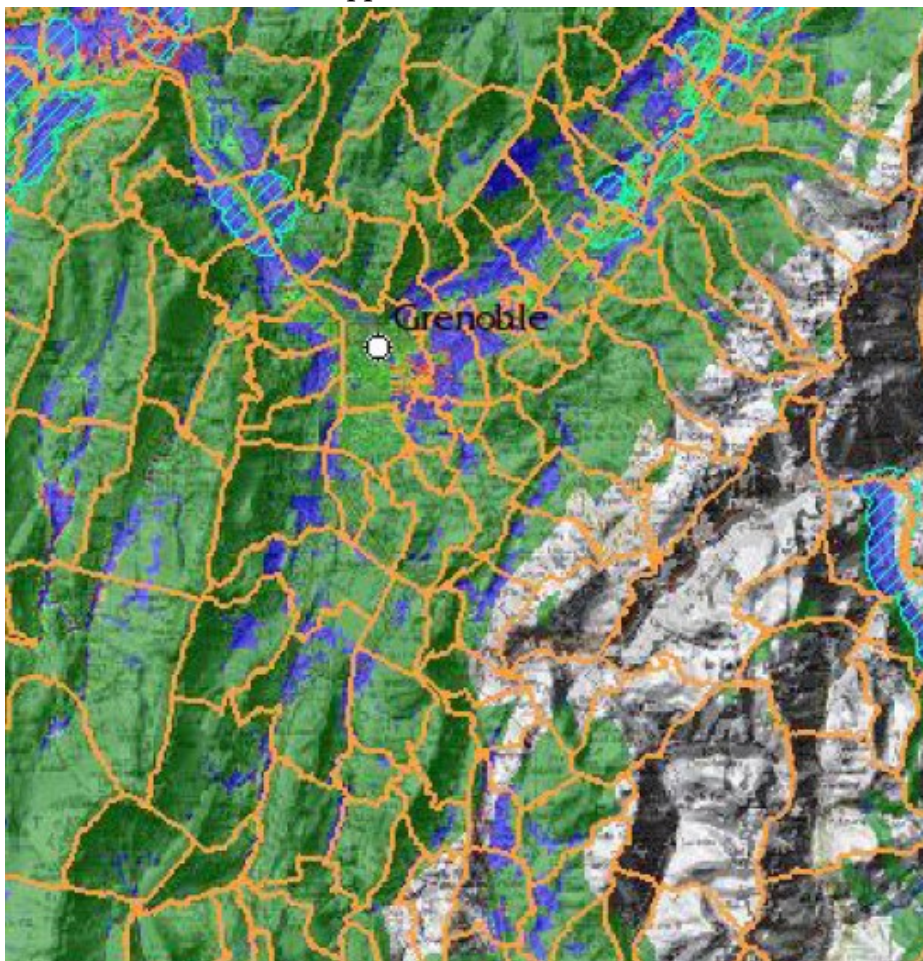
La METRO se situe dans une vallée glaciaire remplie de dépôts alluvionnaires récents du Drac et de l'Isère.⁸³

Des risques liés à des zones « marécageuses », attestant de la présence de sols argileux sont localisés sur les communes de : Claix, Corenc, Domène, Meylan, Noyarey, Proveysieux, St Egrève, St Martin le Vinoux, le Sappey en Chartreuse, Sassenage, Seyssins, Varcès et Veurey Voroizé⁸⁴

Dans le cadre de la réalisation de projets urbains, il est nécessaire d'établir une étude pluviale et de vérifier les perméabilités des sols ; en effet, une synthèse géologique réalisée par le BRGM dans le cadre de la réalisation des cartes de « retrait gonflement » au niveau du département montre que 72.4% de sa superficie est concernée par des formations à **composante argileuse**. La majorité de la superficie de la METRO est classée en zone d'aléa faible...l'absence de sols imperméables est à démontrer dans tous les cas.

Les hauteurs de nappe représentent une contrainte forte en matière d'infiltration des eaux pluviales. Les zones de nappe subaffleurente se situent en particulier le long des cours d'eau et notamment du Drac, et de l'Isère et en périphérie Est de Grenoble.

Carte des remontées de nappe (source BGRM) :



⁸² Cf « Bilan des flux de métaux, carbone organique et nutriments contenus dans une rivière alpine : part des rejets urbains de l'agglomération de Grenoble et apports amont (Isère et Drac) », Solène Dutordoir (THESE)

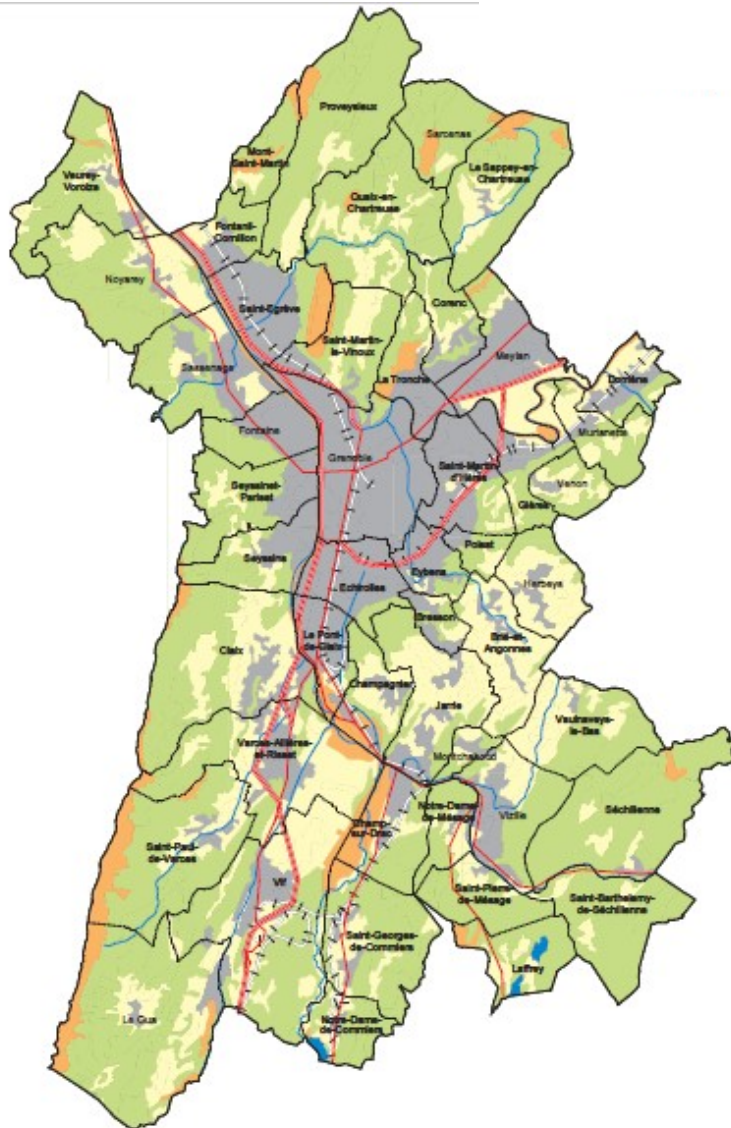
⁸³ carte des sols de la METRO en annexe

⁸⁴ Voir tableau des risques sur les communes de la METRO, sous partie 2-1.

Légende de la carte

- Nappe sub-affleurante
- Sensibilité très forte
- Sensibilité forte
- Sensibilité moyenne
- Sensibilité faible
- Sensibilité très faible
- Non réalisé

L'hydrologie de la METRO est bien sûr liée directement à son urbanisation : les zones artificialisées estimées à 21% s'étendent donc sur plus de 110km² (soit 11 000 ha)



- Zones artificialisées (21.0%)
- Zones agricoles (23.1%)
- Zones forestières (50.3%)
- Zones semi-naturelles (5.6%)

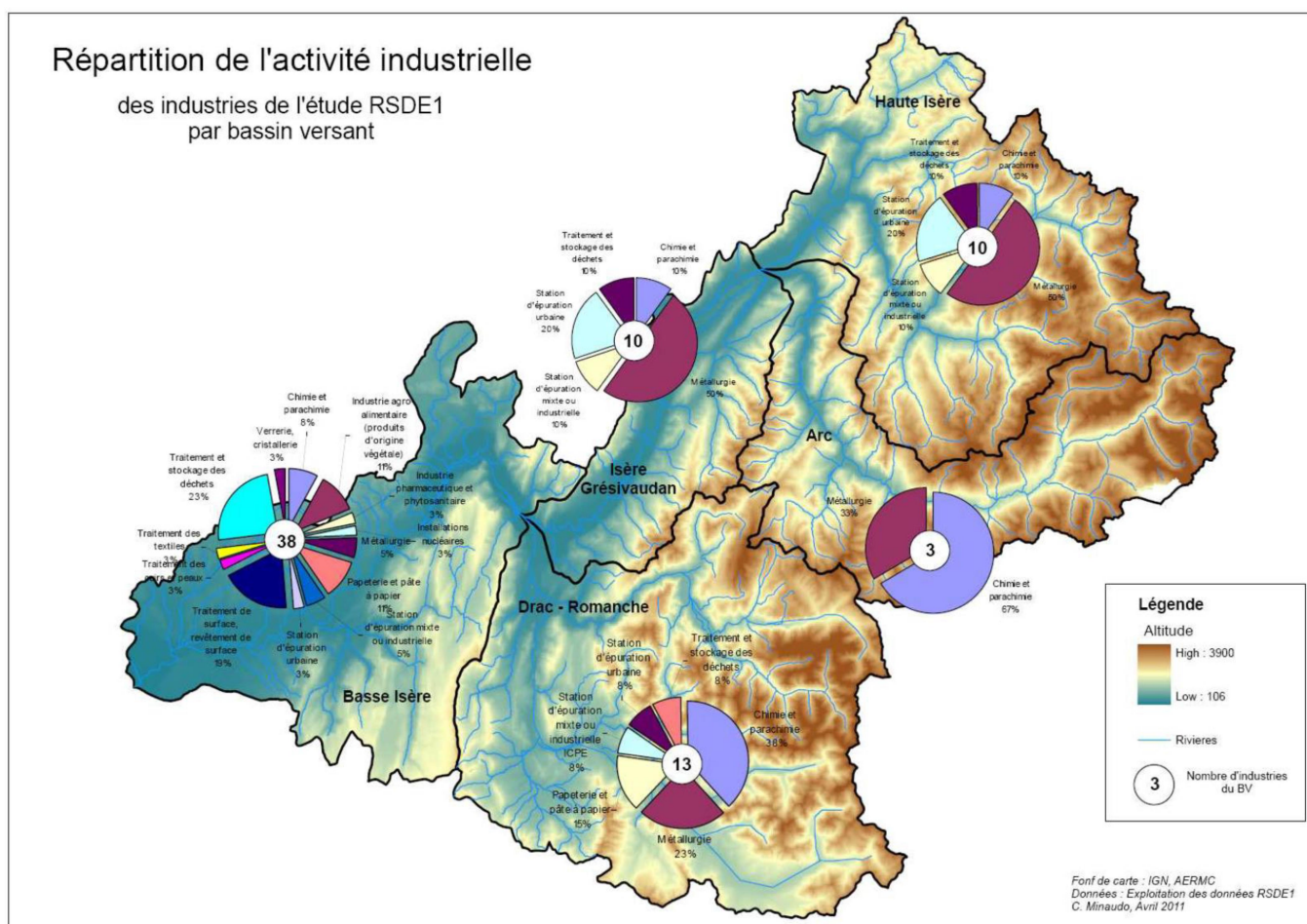
Territoire Agglomération grenobloise
(source DDT38) ou «la METRO »

L'Isère comme le Drac sont fortement aménagés pour la production d'hydroélectricité. Un barrage de 41 m est présent sur la commune de Notre Dame de Commiers⁸⁵ ; un barrage usine a été construit sur l'Isère en 1992, à St Egrève, à quelques kilomètres après la confluence du Drac (il est équipé d'un passe poisson).

Dans le cadre d'une campagne de Recherche et de Réduction des Substances Dangereuses dans l'Eau (RSDE), un suivi des principaux secteurs industriels a été mené sur la région Rhône Alpes.

L'étude démontre une importance du secteur métallurgique sur la haute Isère (50%), suivie par l'épuration des eaux urbaines (20%), le traitement des déchets (10%), la chimie et la parachimie (10%) et les stations d'épuration mixtes ou industrielles (10 %).

Au niveau de la METRO, l'activité industrielle est concentrée sur la partie basse du Drac, près de Grenoble : il s'agit d'activités « à la fois grandes consommatrices d'eau et productrices d'une pollution notoire de l'extrême aval des cours d'eau Drac et Romanche avec 27 entreprises sensibles dont 5 soumises à la Directive Seveso. Lors de la 1ère phase de campagne RSDE, parmi les 13 sites industriels suivis, le secteur de la chimie et parachimie est dominant (38 %) suivi par la métallurgie (23 %), la papeterie et la pâte à papier (15 %) et le stockage des déchets et les stations d'épurations (8 %). Parmi les industries présentes sur le bassin Drac-Romanche, l'usine de Chlore Alkali située à Champ-sur-Drac, au Sud-Est de Grenoble, est une des sources importantes de mercure dans la région ». ⁸⁶



« Début 2013, 81 industriels de la zone propre d'Aquapole bénéficiaient d'une autorisation de déversement d'effluents vers le réseau public [Métro, 2012]. La charge organique (Demande Chimique en Oxygène) de

⁸⁵ (en cas de rupture, le délai d'arrivée de l'onde de submersion à Grenoble serait de 4 heures, la hauteur de la vague serait de 4 à 6 mètres)

⁸⁶ Cf 81

ces 81 établissements représentait environ 55 000 EH en considérant 1 EH= 135 g.j-1 DCO »⁸⁷ (soit environ 1/10^{ème} de la capacité de la STEP).

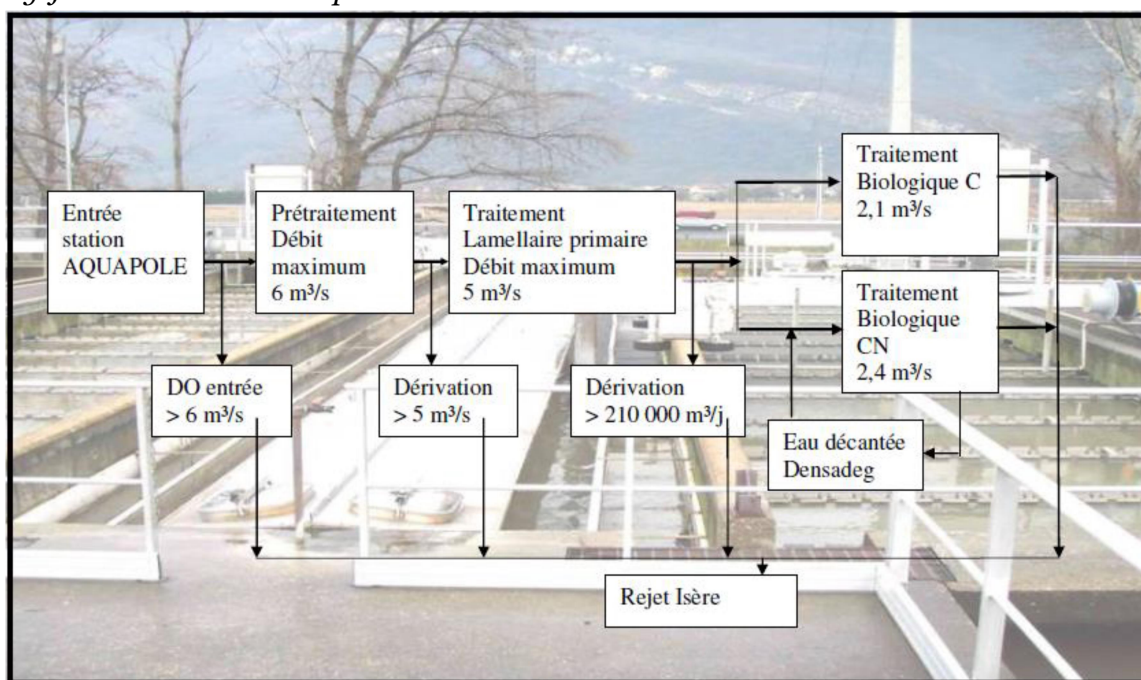
2.2 Capacité des installations en place

La station d'épuration d'Aquapôle qui traite à la fois des eaux usées et des eaux pluviales, **dénombre plus de 50 déversements par an**, alors qu'un contentieux récent jugé par la cour européenne vis à vis de Londres a limité le nombre maximal de débordements des réseaux par temps de pluie admis sur une année, hors phénomène exceptionnel à **20 par an**.

Surverses 2014 (source METRO rapport d'activité 2014 Assainissement) :
 « Le volume annuel déversé à l'Isère par les DO surveillés correspond à 3,84 % des volumes mesurés au total en entrée de la station Aquapole (88 586 326 m³) »
 Le déversoir d'orage de la Mogne compte 62 jours de déversement, celui de Jean Macé 37 jours, celui de Fontenay 37 jours et celui de la Grande Saulne 76 jours (les durées varient selon les tailles des bassins)

	Volume annuel déversé en m ³
La Mogne	1 323 298
Jean Macé	228 355
Fontenay I	1 552 351
La Grande Saulne	300 687
TOTAL	3 404 691

« En temps de pluie, lorsque le débit d'entrée des effluents est supérieur à la capacité de traitement de la station, les débits supérieurs à 6 m³.s-1 sont déversés au niveau du bypass ultime de la station, appelé DO Step et les débits supérieurs à 5 m³.s-1 sont rejetés au niveau de l'écrêtage amont décanteurs primaires. L'ensemble de ces eaux rejoint ensuite les eaux traitées avant d'être rejeté à l'Isère. Les dépassements de la norme correspondent aux périodes de pluies et ou de dysfonctionnements exceptionnels de la station ».⁸⁸



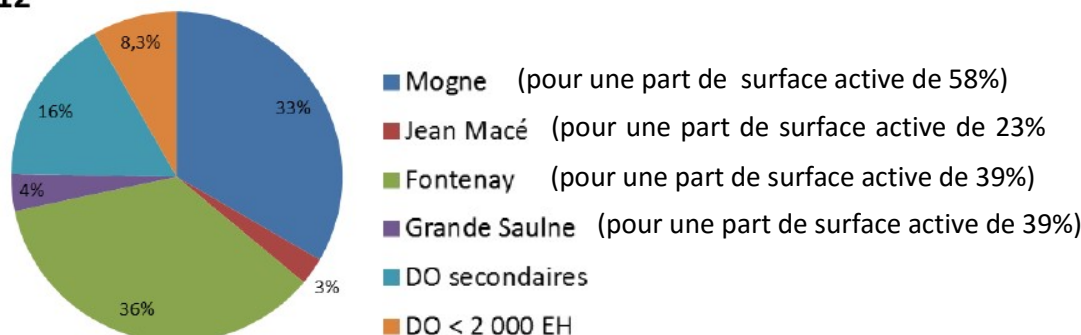
⁸⁷ « Bilan des flux de métaux, carbone organique et nutriments contenus dans une rivière alpine : part des rejets urbains de l'agglomération de Grenoble et apports amont (Isère et Drac) », Solène Dutordoir (THESE)

⁸⁸ Conformément à la réglementation concernant les DO de capacité supérieure à 10 000 EH, les trois DO de la rive gauche de l'Isère situés à l'exutoire du réseau unitaire grenoblois et le DO recueillant les effluents de la rive gauche du Drac font l'objet

A l'échelle annuelle, les volumes rejetés en temps de pluie par les DO représentent moins de 6 % du volume total transité dans le réseau de collecte et d'assainissement des eaux usées.

Volumes déversés par chacun des principaux DO et par l'ensemble des DO secondaires (2000 < DO < 10 000 EH) et inférieurs à 2000 EH exprimés en pourcentage du volume total déversé par tous les DO en 2012⁸⁹ :

2012



Estimation des charges polluantes annuelles associées aux déversements des principaux déversoirs d'orage (réalisé à partir du rapport d'assainissement de la METRO de 2014) :

Pour le DCO, une moyenne de **980 tonnes** par an (calculées sur 2011 et 2012) déversée au droit des DO est mesurée par S. DUTORDOIR (voir tableau 7.14 en annexe)

DEVERSOIR D'ORAGE	VOLUME ANNUEL en m3	Charge en MES mg/l	Charge en MES annuelle en Tonne	Charge en DB05 mg/l	Charge en DB05 annuelle en Tonne	Charge en NTK mg/l	Charge en NTK annuelle en Tonne
MOGNE	1 323 298	260	344	270	357	20	26
JMACE	228 355	180	41	150	34	10	2
FONTENAY	1 552 351	270	419	220	342	10	16
LA GRANDE SAULNE	300 687	80	24	80	24	10	3
TOTAL	3 404 691		828		757		47

Volumes de charges polluantes rejetés par la STEP en 2014 et comparaison avec ceux des DO (ci-dessus) :

d'une mesure en temps réel des débits rejetés à l'Isère par temps de pluie. Seuls les DO de capacité inférieure à 2000 EH et les trop pleins et surverses ne sont pas mesurés en continu dans le cadre de l'auto surveillance. Des mesures ponctuelles réalisées dans le cadre du Schéma Directeur en 2011 ont estimé la part de volume rejeté par ces DO/Trop plein à moins de 10 % de l'ensemble des rejets issus des DO (cf Thèse de S. DUTORDOIR)

⁸⁹ « Bilan des flux de métaux, carbone organique et nutriments contenus dans une rivière alpine : part des rejets urbains de l'agglomération de Grenoble et apports amont (Isère et Drac) », Solène Dutordoir (THESE)

	Entrée à la STEP (1) kg/j	Sortie à la STEP (2) kg/j	Différence ou épuration (1-2) kg/j	Charge polluante annuelle de la STEP en Tonne	Charge polluante des DO en tonne	Part de la charge des DO sur charge totale ⁹⁰
DBO5	20556	3716	16840	6147	757	10,97%
DCO	48744	10175	38569	14078	980	6,51%
MES	27155	5049	22106	8069	828	9,31%
N NTK	5017	2362	2655	969	47	4,65%

En 2014, en ce qui concerne les eaux traitées par la STEP, « **les rejets de la station d'Aquapole sont conformes à l'arrêté préfectoral du 22 décembre 2011, pour les trois indicateurs DBO 5, MEST et DCO, 327 jours sur 365, soit quasiment 90 % du temps, résultat en hausse de 4,5 points en référence à 2013.** »⁹¹

Norme de rejet applicable sur la STEP (selon l'arrêté préfectoral du 22 décembre 2011) :

	Concentration maximale sur un échantillon moyen 24 heures en mg/l
MEST	31
DBO5	25
DCO	106
NTK*	14 moyenne journalière 10 moyenne annuelle

**Pour l'azote (NTK) les normes devront être respectées à compter du 30 juin 2014, date prévue pour la mise en eau de l'installation de nitrification.*

En ce qui **concerne l'azote les résultats sont insuffisants** : selon la norme la charge limite annuelle serait de 885 Tonnes...des travaux étaient en cours en 2014 avec l'installation d'un traitement tertiaire pour améliorer les rejets d'azote.

La part des charges polluantes déversées par les DO sur les charges de l'agglomération (STEP et DO) est loin d'être négligeable... la charge hydraulique de la STEP est fortement influencée par la pluviométrie mais aussi par les nappes phréatiques : **d'importants apports d'eaux claires parasites (ECP) sont observés en raison d'un défaut d'étanchéité du réseau**. Ces apports d'ECP ont été estimés entre 100 000 et 160 000 m³/j selon le contexte hydrogéologique, **ce qui représente plus de 50 % des débits entrant à la Step** (compris entre 160 000 et 240 000 m³/j) et contribue donc à l'augmentation des déversements.

L'Isère reste néanmoins une rivière naturellement chargée ce qui minimise l'impact des RUTP de l'agglomération sur la rivière. En effet, selon S. DUTORDOIR, « les flux des MES calculés indiquent que les RUTP ont ajouté en moyenne moins de 1 % au flux journalier de l'Isère les jours de déversement » [...] (mais tout en pouvant atteindre jusqu'à 25% les jours les plus défavorables) ; « **l'impact des rejets de COP, DBO5, DCO, NTK et Ptot mesuré est faible à l'échelle annuelle et limité à moyen à l'échelle des événements pluvieux étudiés** »

⁹⁰ Ces valeurs sont encore à majorer si l'on extrapole à l'ensemble des déversoirs d'orage (+24% de volumes déversés) : le taux de MES serait alors de 11.29%, 7.95% pour DCO, 13.25% pour DBO5 et 5.70% pour N NTK

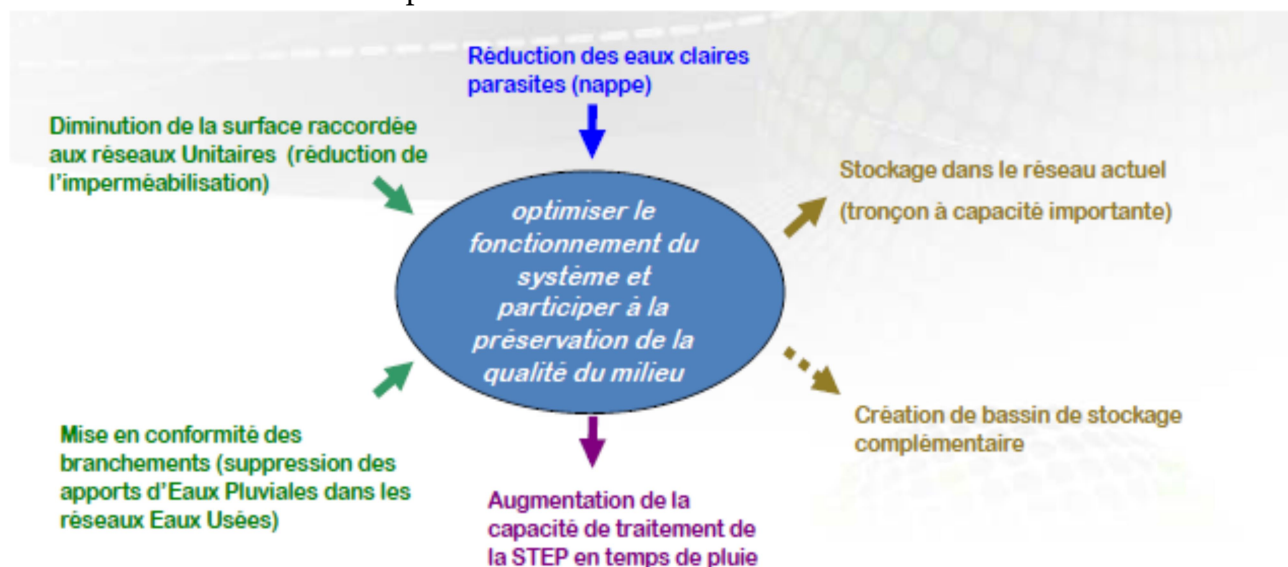
⁹¹ Rapport assainissement 2014

La présence forte de métaux industriels a été constatée sur le bas Drac à l'amont de Grenoble. « *La plupart des rejets sont des rejets directs dans le milieu naturel et les éléments les plus rejetés à proximité de l'agglomération grenobloise sont le zinc, le cuivre, le nickel et le chrome. [...] Parmi les substances déclassantes pour l'état chimique du milieu, on retrouve principalement des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), un organoétain (le tributylétain-cation) et des métaux (le mercure notamment)* ». ⁹²

2.3 Les orientations du schéma directeur d'assainissement

A l'instar de nombreuses installations actuelles de grandes agglomérations qui reçoivent des réseaux unitaires, la STEP d'Aquapôle n'est donc pas en mesure d'assurer le traitement de l'ensemble des eaux qu'elle reçoit par temps de pluie. **Il est donc nécessaire d'agir pour limiter les déversements à 20 par ans.**

Les actions proposées dans le cadre de l'extension et de l'actualisation du schéma directeur d'assainissement se déclinent par :



93

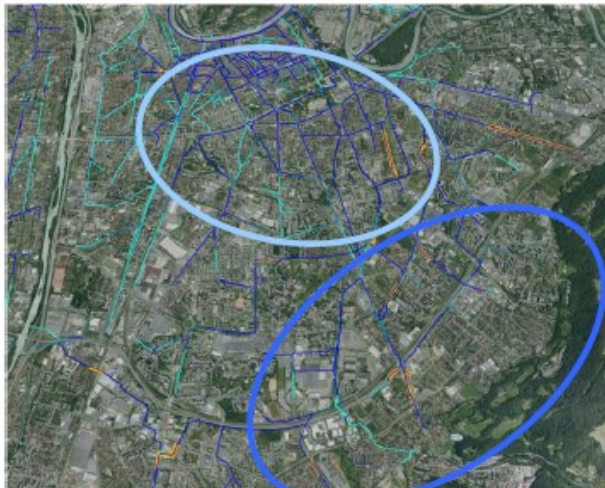
Trois zones arrivent à saturation (pour une pluie décennale) :

(A Grenoble, les pluies de références sont : Pluie 2 ans ~ 20 mm sur 1h, Pluie 10 ans ~ 30 mm sur 1h et Pluie 30 ans ~ 37 mm sur 1h)

⁹² « Bilan des flux de métaux, carbone organique et nutriments contenus dans une rivière alpine : part des rejets urbains de l'agglomération de Grenoble et apports amont (Isère et Drac) », Solène Dutordoir (THESE)

⁹³ Source : document de présentation « Eaux pluviales : enjeux, solutions techniques et environnementales, nouvelles compétences » pour journée technique à Montpellier, le 16 mai 2014

Limitation des débordements : résultats modélisés



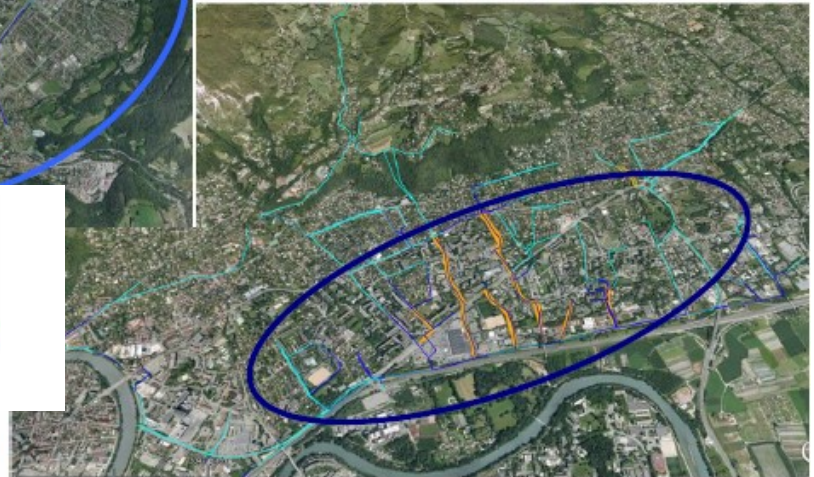
Grenoble Centre

abords Rocade ...

Chartreuse ...

- < 80% de charge
 - [80 à ~100%] de charge
 - En charge
 - En charge et zone à débordement
- (pour une pluie décennale)

Source : EGIS eau, SDA Métro



93

Des zones de stockage sont à envisager pour éviter les débordements :

Limitation des débordements

Solutions préventives

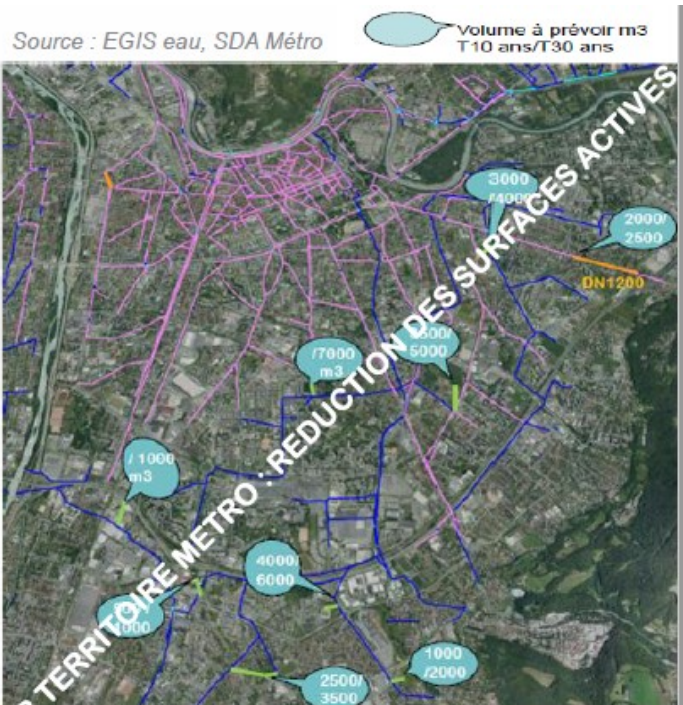
- Gestion intégrées des eaux pluviales infiltration et stockage (en surface)
- Maitrise de l'urbanisation
- Déconnexion de surface

Solutions curatives

- Maillages des réseaux
- Renforcement d'antennes
- Aménagement d'espaces multi usages pour le stockage / restitution à ciel ouvert

Grenoble Centre:
Recalibrage local

Volume total à stocker de
l'ordre de 30-35 000 m³
(protection trentennale)



Volet « eaux pluviales » (aspect « inondabilité » par ruissellement urbain) : besoin d'aménagement chiffré à 50 millions d'€ HT sur la base de stockage des eaux en bassin à ciel ouvert principalement pour les trois secteurs à risques.

94

⁹⁴ FORUM EAUX PLUVIALES ET AMENAGEMENT, Grenoble – 8 décembre 2015, Recueil des supports d'intervention (GRAIE, GRENOBLE ALPES METROPOLE)

3 Le risque d'inondation et ses conséquences sur les aménagements

3.1 Contexte et quelques faits historiques locaux

Le climat isérois est continental, sous influence montagnarde. La pluviométrie sur la METRO ces dernières années se situait autour de 1m/ an ; les précipitations sont plus importantes au printemps et à l'automne avec un risque de crue accru :

« La période d'occurrence la plus probable des crues très fortes ou exceptionnelles (supérieures à la crue trentennale) se situe en automne (octobre et novembre). Ces crues sont provoquées par une perturbation océanique (provenance Ouest ou Sud-Ouest), qui peuvent générer des pluies généralisées sur l'ensemble du bassin⁹⁵ ».

L'Isère est caractérisée par des crues semi-rapides et des crues rapides sur ses affluents voire torrentielles sur certains cours d'eau. Ces crues sont parfois influencées par une fonte rapide du manteau neigeux. Le temps de réponse de l'Isère face à des précipitations importantes (qui dépend de la taille, de la forme et du relief du bassin) est de 24 à 48 heures.

« L'hydrologie de la basse vallée du Drac a été fortement modifiée, pour les débits communs, par la construction des retenues EDF dans les années 60. Le débit n'a plus rien de naturel, **et, à l'exception des grandes crues, il est totalement contrôlé par EDF**. En outre, en aval du Saut-du-Moine, les prélèvements effectués dans le canal EDF alimentant la centrale de Pont-de-Claix perturbent là encore le débit naturel. » La rivière présente un régime nivo-pluvial : régime nival vers les sources, régime pluvial dans le cours moyen et inférieur ». ⁹⁶

La vulnérabilité économique du territoire est aussi significative : 83% des emplois sont impactés par l'Enveloppe Approchée d'Inondations Potentielles (EAIP).

Le débit moyen annuel de l'Isère à Grenoble calculé sur 53 ans (1960-2013) est d'environ 180 m³.s⁻¹ avec des pointes de hauts débits de 900 m³.s⁻¹ durant les périodes de crues (au printemps et l'été), pouvant atteindre des valeurs supérieures à 1600 m³.s⁻¹ lors d'événements extrêmes [Peiry et al., 1999] ...

Citons pour les plus importantes (débit de pointe au pont de La Gâche à Pontcharra) :

- **novembre 1651, Q=2500 m³/s**
- juillet 1673, Q=1900 m³/s
- septembre 1733, Q=2050 m³/s
- **décembre 1740, Q=2200 m³/s**
- juin 1764, Q=1450 m³/s
- octobre 1778, Q=1900 m³/s
- **novembre 1859 : Q=1890m³/s**

Entre le XVIIe et le XIXe siècle, trois périodes de crise fluviale marquée ont été identifiées⁹⁷ :

- entre 1630 et 1675 les événements furent avant tout le fait du Drac
- entre 1730 et 1780, le Drac et l'Isère combinèrent leurs effets, avec un effacement du premier après 1740
- entre 1840 et 1860, nouvelle et dernière série de grandes crues sur les deux cours d'eau⁹⁸

⁹⁵ Rapport explicatif TRI Grenoble Voiron, DREAL RHONE ALPES

⁹⁶ Rapport explicatif TRI Grenoble Voiron, DREAL RHONE ALPES

⁹⁷ Voir annexe « Principales crues du Drac et de l'Isère dans la plaine de Grenoble (1600-1950) » réalisé par D. COEUR

Trois quartiers de Grenoble étaient particulièrement exposés lors de fortes crues⁹⁹ :

- Quartier centre en rive gauche et quartier St Laurent en rive droite
- Très-cloître
- St Joseph

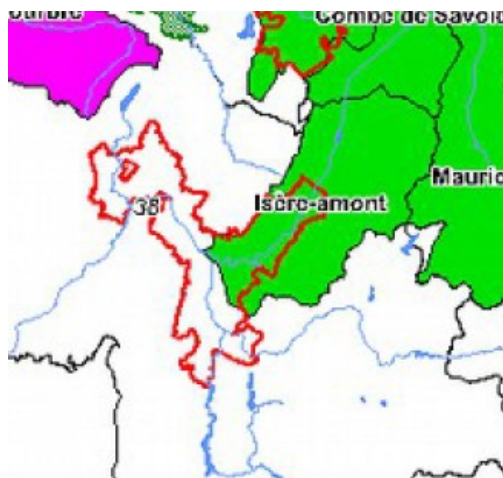
Le défrichement et la déforestation des montagnes ont été jugés en majorité responsables des inondations de ce territoire particulièrement exposé.

3.2 PAPI et autres dispositifs en cours

Un Programme d'Action de Prévention des Inondations (PAPI) est en cours sur le tronçon Isère Amont ; il s'agit d'un dispositif qui permet la mise en œuvre d'une politique globale sur un bassin de risque qui est financé en partie par l'Etat. Il est porté par le Syndicat mixte des bassins hydrauliques de l'Isère (SYMBHI).

Le projet ISERE AMONT est un **PAPI** « **complet** » (en vert sur l'extrait de carte) qui a pour but de protéger les zones urbanisées de Grenoble à Pontcharra, **d'une crue bicentennale** (cf. crue 1859).

Le plan se décompose en 3 tranches : l'une réalisée entre St Ismier et Grenoble (de 2012 à 2016, pour un budget de 52 millions d'euros), deux autres entre Pontcharra et St Ismier prévues de 2016 à 2021.



Le tronçon réalisé sur le territoire de Grenoble Alpes Métropole s'est entrepris autour de la **valorisation des milieux naturels** (confluences, bras-morts, forêts alluviales, corridors biologiques) **et du développement de la fréquentation des berges de l'Isère grâce à des aménagements paysagers et de loisirs.**

Quelques chiffres clés du projet¹⁰⁰ :

- *Surface de forêt alluviale rendue inondable : 19 ha*
- *Corridor biologique : 9,5 ha de boisements créés et 8 mares sur 3 000 m²*
- *Gravières aménagées : 3 représentant 10 ha de milieux humides dont 3,5 ha de boisements*
- *Champs d'inondation contrôlée : 7 (avec 9 déversoirs d'alimentation dont 4 vannes, 9 déversoirs de sécurité). Surface totale inondée en crue bicentennale : 1 288 hectares. Volume d'eau stocké en crue bicentennale : **28 millions de m³**.*
- *Aménagements pour les loisirs : 9 parkings, 7 haltes vertes, 8 accès à la berge, 1 halte bleue*
- *52 millions d'€HT*

⁹⁸ et ⁹⁹ cf « La maîtrise des inondations dans la plaine de Grenoble (XVII-XXème siècle) enjeux techniques, politiques et urbains. » Denis CŒUR, et annexe « Hauteurs des eaux dans la ville de Grenoble lors des inondations de (a) 1651, (b)1740, (c) 1859. »

Voir annexe : extrait rapport D. COEUR

¹⁰⁰ <https://www.isere.fr/symbhi/projet-isere-amont/tranche%201/>

Travaux du programme PAPI contribuant au retour des milieux humides sur le territoire de la METRO ¹⁰⁰ :

Réalisés en 2012 :



« Fin octobre 2012, deux bassins de réception des plants de petite massette ont été aménagés derrière la station-service située à Meylan, en bordure de la Rocade sud. Bâchés afin de contrôler le niveau d'eau, l'un accueille des plantations en containers, l'autre des plantations en pleine terre ».



A Meylan, au niveau de la courbe que fait l'Isère vers l'ancienne pépinière Paquet, l'aménagement reconnecte en aval un ancien bras secondaire long de 300 m. Les bois morts enlevés et les parties comblées recreusées empêchent l'accessibilité de l'îlot colonisé par des essences de bois tendre. Dans le chenal reformé, les berges sont profilées en pente douce, créant ainsi de bonnes conditions pour leur colonisation par la petite massette déjà présente par endroits.

Une partie des terrassements et des essais de replantations de Petite Massette ont eu lieu en 2013, et 2014.



Le plan d'eau de la Taillat (à Meylan) et ses abords sont classés Espace Naturel Sensible communal ; il est situé à Meylan, dans la dernière grande boucle de l'Isère avant l'agglomération. Sa surface est d'environ 15 ha et sa profondeur moyenne de 15 m. Le projet d'aménagement a pour objectifs de réhabiliter les milieux aquatiques et semi aquatiques, et d'accroître la capacité d'accueil d'oiseaux d'eau (halte migratoire, zone de reproduction et de nidification).

Les aménagements comprennent : l'arasement de l'îlot situé au sud-est du plan d'eau, l'abaissement de la plage ouest, la création de haut fonds dans l'anse située au nord-ouest sur lesquels une roselière aquatique a été plantée en 2013 et la plantation d'espèces végétales adaptées.

Réalisés en 2014 :



Afin d'écrêter les **crues trentennales**, plusieurs déversoirs ont été aménagés permettant le passage de l'eau (à vitesse réduite) dans l'ensemble des champs d'inondation contrôlée « CIC », de manière simultanée ; leur longueur varie de 45 à 110m ; l'eau y séjourne durant le passage de l'onde (24 à 48 heures).

Des déversoirs de sécurité sont prévus pour des crues supérieures à la bicentennale.

En projet pour 2016 :

Corridor biologique : plusieurs petites mares sont aménagées sur des zones ouvertes et enherbées sur les sites Paquet (zone terrassée qui a servi de base vie) amont et aval. L'objectif est de créer des habitats pour les insectes dont les odonates, les amphibiens, oiseaux, reptiles ou mammifères. A terme, ces mares abriteront également une flore spécifique aux milieux humides.

Schémas de l'ensemble des aménagements :



Le Projet Romanche Séchilienne, bien que n'intégrant pas un dispositif de type « PAPI » est lié à un contrat de bassin et contribue aussi à la lutte contre l'inondation :

« Dès 2016, ce projet permettra de protéger la plaine de Vizille et l'agglomération grenobloise contre les risques hydrauliques de la crue centennale de la Romanche (soit un débit de 550m³/s) et les conséquences sur les écoulements du risque d'éboulement des Ruines de Séchilienne ». ¹⁰¹

Les objectifs affichés sont de¹⁰¹ :

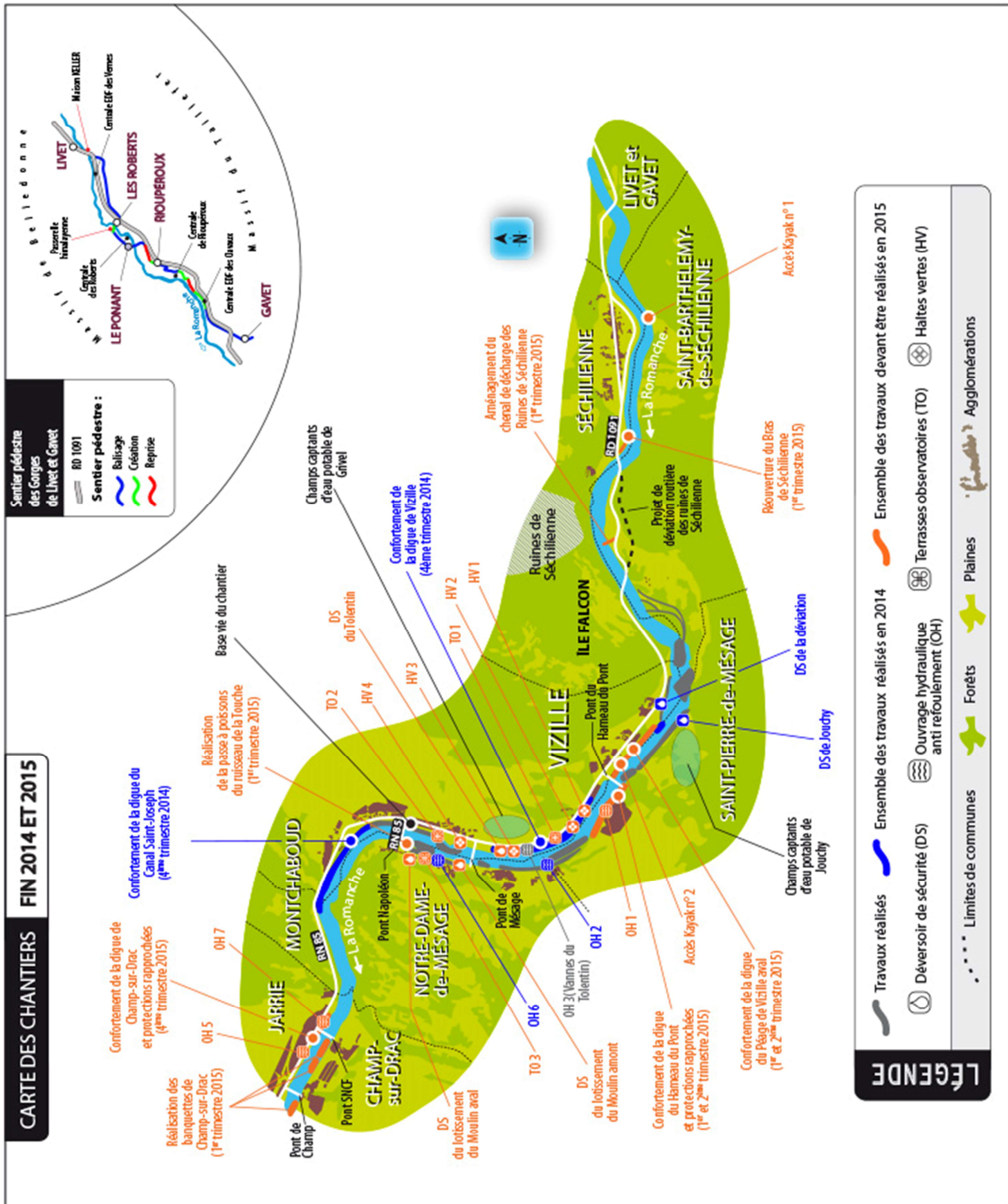
- « **Restaurer les milieux humides liés à la rivière** et garantir le développement d'espèces végétales ou animales spécifiques. D'anciens bras morts, des chenaux de décharge, une confluence et des corridors biologiques seront réhabilités.
- **Développer la fréquentation des berges de la Romanche.** Pour favoriser l'approche des riverains, de nouveaux accès à la rivière seront créés. Ils permettront de développer la pratique de nombreux loisirs récréatifs comme la promenade ou le kayak ».

Mise à part la partie canalisée et enterrée du ruisseau de La Touche qui a été supprimée à Notre-Dame-de-Mésage (avec une passe à poisson aménagée), peu de dispositifs mis en place au sein du périmètre de la Métro contribuent à la valorisation des milieux humides ; la faune est favorisée : « dans la traversée de Jarrie / Champ-sur-Drac, les berges étaient peu accueillantes pour les castors, les amphibiens, les insectes ou les oiseaux vivant près de l'eau. Pour y remédier, des banquettes ont été aménagées sur 400 m en rive gauche avant d'être végétalisées ».

Depuis septembre 2015, l'eau s'écoule à nouveau dans le Drac entre Champ sur Drac et la Romanche, alors que cette zone était à sec ... le repeuplement de ses berges par la faune et la flore est en cours.

Schémas de l'ensemble des aménagements :

¹⁰¹ Cf <http://www.drac-romanche.com>



Sous partie 2 : Les enjeux des « marais » pour la METRO

A regard du contexte décrit précédemment, plusieurs points pourraient à priori justifier l'aménagement de « marais » sur le territoire de la METRO. Ce chapitre s'efforce de vérifier la pertinence de ce type d'aménagement vis-à-vis des points essentiels abordés lors de la première partie de ce mémoire (et des exemples décrits), à savoir : le risque inondation, l'épuration des eaux et la biodiversité, et de cibler les éventuelles contraintes ou conditions pour favoriser ces aménagements.

1 Localisation et lutte contre les inondations

1.1 Diagnostic

Le territoire métropolitain grenoblois, est en large majorité¹⁰² compris dans un territoire à risque « inondation » important : l'un des 122 TRI définis au niveau national (et 31 du bassin RAM). La mise en place de marais en lien avec ses corridors hydrauliques permettrait de réguler les débits de la Romanche, du Drac et de l'Isère et donc d'atténuer les pics de crue et les vitesses d'écoulement...la qualité de leurs eaux s'en verrait aussi améliorée.

Parmi les 49 communes de la METRO, seules douze d'entre elles ne sont pas concernées par des risques d'inondation.

Ci-dessous, le tableau reprend les risques définis sur chacune de ces communes ; il est réalisé à partir des « Fiches synthétiques sur l'état des risques naturels et technologiques majeurs »¹⁰³, auxquels ont été rajoutés les risques cartographiés lors de la campagne relative au risque inondation du TRI Grenoble Voiron (cette dernière qui prend en compte les risques de rupture de digue, a ajouté **23 communes** à la liste initiale, non concernée par les crues de rivières).

On relève sur ce tableau les points suivants :

- **18 communes sont concernées par un risque de remontée de nappe (dont Grenoble et principalement la première couronne)**
- 11 communes sont concernées par des risques de crue rapide auxquelles s'ajoutent les **23** du TRI potentiellement concernées par des ruptures de digues.
- 21 communes sont concernées par des crues de torrents ou ruisseaux torrentiels ; la plupart de ces communes est aussi concernée par des crues de rivières (exceptées les communes en Chartreuse).

¹⁰² Rappel : seules 18 communes sur les 49 de la METRO ne font pas partie du TRI

¹⁰³ Cf : <http://www.isere.gouv.fr/Politiques-publiques/Amenagement-du-territoire-construction-logement/IAL-Informations-Acquereur-Locataire>

	Superficie km2	partie du TRI	Inondation de plaine Remontée de nappe	Crues des fleuves et rivières /Crues rapides des rivières	Zones marécageuses	Inondation en pied de versant	et ruisseaux torrentiels	Ruisellement sur versant
Bresson	2,78	x		(TRI)				
Brié-et-Angonnes	"9,7"		sans objet					
Champagnier	6,61	x		(TRI)				
Champ-sur-Drac	8,92	x		oui				
Claix	24,12	x	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Corenc	6,5	x		(TRI)	oui		oui	oui
Domène	5,29	x	oui	(TRI)	oui	oui	oui	oui
Échirolles	7,86	x		(TRI)				
Eybens	4,5	x		(TRI)				
Fontaine	6,74	x	oui	(TRI)		oui	oui	oui
Fontanil-Cornillon	5,5	x	oui	(TRI)		oui	oui	oui
Gières	6,93	x	oui	(TRI)		oui	oui	oui
Grenoble (siège)	18,13	x	oui	(TRI)				
Gua (Le)	"28,48"		sans objet					
Herbeys	"7,73"		sans obje)					
Jarrie	13,26	x		oui				
Meylan	12,32	x	oui	(TRI)	oui	oui	oui	oui
Miribel-Lanchâtre	"9,65"		sans objet					
Montchaboud	1,96			oui				
Mont-Saint-Martin	"5,31"		sans objet					
Murianette	6,07	x	oui	(TRI)		oui	oui	oui
Notre-Dame-de-Commiers	"4,79"		sans objet					
Notre-Dame-de-Mésage	4,53	x		oui				
Noyarey	16,86	x	oui	(TRI)	oui	oui	oui	oui
Poisat	2,56	x		(TRI)				
Pont-de-Claix (Le)	5,6	x		(TRI)				
Proveysieux	20,37				oui	oui	oui	oui
Quaix-en-Chartreuse	18,09						oui	oui
Saint-Barthélemy-de-Séchilienne	12,1			oui				
Saint-Égrève	10,88	x	oui	(TRI)	oui	oui	oui	oui
Saint-Georges-de-Commiers	"14,62"		sans obje)					
Saint-Martin-d'Hères	9,26	x	oui	(TRI)				
Saint-Martin-le-Vinoux	10,06	x	oui	(TRI)	oui	oui	oui	oui
Saint-Paul-de-Varces	"19,69"		sans objet					
Saint-Pierre-de-Mésage	7,03	x		oui				
Sappey-en-Chartreuse	15,13				oui	oui	oui	oui
Sarcenas	"7,76"		sans objet					
Sassenage	13,31	x	oui	(TRI)	oui	oui	oui	oui
Séchilienne	21,47			oui				

	Superficie km2	partie du TRI	Inondation de plaine Remontée de nappe	Crues des fleuves et rivières /Crues rapides des rivières	Zones marécageuses	Inondation en pied de versant	et ruisseaux torrentiels	Ruissellement sur versant
Seyssinet-Pariset	10,65	x	oui	(TRI)		oui	oui	oui
Seyssins	8	x	oui	(TRI)	oui	oui	oui	oui
Tronche (La)	6,42	x	oui	(TRI)		oui	oui	oui
Varces-Allières-et-Risset	20,88	x	oui	oui	oui		oui	oui
Vaulnaveys-le-Bas	"11,9"		sans objet					
Vaulnaveys-le-Haut	"19,86"		sans objet					
Venon	"4,34"		sans objet					
Veurey-Voroize	12,21	x	oui	(TRI)	oui	oui	oui	oui
Vif	28,3	x		oui		oui	oui	oui
Vizille	10,51	x		oui				
SURFACE des communes à risque	401.71			(% par rapport à la surface totale de la METRO		73.64%)		

Les habitants de quelques communes sont significativement impactés (à hauteur de plus de 15%) par ces inondations **dès le scénario moyen** : il s'agit des communes de Meylan, Murianette, La Tronche (au droit de l'Isère amont), Sassenage (au droit de l'Isère aval et du Drac) ; Claix, Fontaine (au droit du Drac), et enfin St Pierre de Mésage et Vizille (au droit de la Romanche).

TRI DE GRENOBLE	Habitants permanents en 2010	Taux d'habitants saisonniers en 2010	Scénario fréquent				Scénario moyen			Scénario extrême		
			Habitants permanents impactés	nombre minimum d'emplois impactés	nombre maximum d'emplois impactés	Habitants permanents impactés	nombre minimum d'emplois impactés	nombre maximum d'emplois impactés	Habitants permanents impactés	nombre minimum d'emplois impactés	nombre maximum d'emplois impactés	
Claix	7 538	0,09	0	<5	<5	1177	284	375	1240	689	1063	
Fontaine	22 243	0,06	0	<5	<5	11774	4027	6330	15102	4404	6849	
Meylan	17 487	0,21	1542	4133	6486	2888	4340	6751	2657	4343	6754	
Murianette	874	0,18	175	12	12	302	36	42	372	38	44	
Saint-Pierre-de-Mésage	719	0,24	72	<5	<5	118	<5	<5	140	6	7	
Sassenage	10 996	0,06	0	<5	<5	2095	2003	3095	4627	2799	4289	
Tronche (La)	6 232	0,12	525	1535	2439	919	1572	2479	994	1554	2460	
Vizille	7 360	0,21	210	32	46	4059	1218	1847	5097	1632	2570	

Analyse des cartes de la METRO et comparaison des cartes d'inondation et des PPRI¹⁰⁴ :

En Isère amont : sur les cartes du TRI, l'emprise des zones inondables est large (>1.5km) dès le scénario fréquent en amont de Grenoble (avec une rive droite plus impactée), et à partir du scénario moyen en aval ; au droit de Grenoble, l'inondation apparaît au scénario extrême sauf sur la presqu'île (scénario moyen). Les

¹⁰⁴ Voir Cartes en annexe

PPRI contraignent assez fidèlement la construction dans les zones à risque jusqu'à la Tronche sur la rive droite et en amont de Gières sur la gauche ; les surfaces des champs d'inondation contrôlée sont importantes. La constructibilité des villes de Gières, St Martin d'Hères et de Grenoble en bordure de rivière est préservée sous contraintes (faibles à moyennes) ; la plupart de ces zones urbanisées est classée en zone B3 qui correspond à la crue historique de l'Isère.

En plus de la réalisation de mares, le programme PAPI en cours (2012-2016) reprend les principes de réalisation de champs d'expansion des crues correspondant à un volume de stockage efficace d'une crue bicentennale.

⇒ La réflexion menée dans le cadre du projet PAPI a répondu au besoin lié à la diminution du risque inondation par la restauration de milieux humides.

On peut même à ce stade s'interroger sur le besoin de protéger des crues la partie centrale de la rivière, entre Grenoble et sa confluence avec le Drac, par contre le risque lié aux remontées de nappe persiste...

Isère aval : après sa confluence avec le Drac, les risques d'inondation de l'Isère sont moins importants et liés au scénario extrême (seule Voreppe qui ne fait pas partie de la METRO mais se situe en limite est touchée très ponctuellement par un risque moyen).

Par contre la faible densité urbaine peut laisser envisager des nouvelles zones humides, notamment sur Noyarey ou Veurey Voroize, **afin de diminuer par exemple (et à nouveau) le risque lié aux remontées de nappe présent sur ces communes** (au même titre que pour Grenoble et St Martin d'Hères d'ailleurs)

Romanche Aval : les risques d'inondation fréquent sont ponctuels, au droit de Vizille uniquement ; les zones de non constructibilité épousent les contours des inondations moyennes hors zones urbanisées. Etrangement sur Jarrie, peu de contraintes sont imposées sur le PPRI malgré une possibilité d'inondation extrême.

Les travaux réalisés récemment n'ont guère favorisé les nouveaux espaces de rétentions d'eau (cf chapitre précédent), contrairement au PAPI précédemment cité : les risques sont aussi moins importants, par contre la ville de Vizille serait impactée considérablement par une inondation moyenne (pour plus de 50% de ses habitants) !

Pour limiter les risques de crues sur Vizille, il faudrait intervenir en amont mais la position des zones de captages d'eau potable situées sur Jouchy (en limite de Vizille) et Pré Grivel (St Pierre de Mésage) compromet ce type d'aménagement au sein de la METRO¹⁰⁵, même s'il est reconnu que « *la protection naturelle des nappes alluviales peut être assurée par un recouvrement imperméable permettant de restreindre ou d'empêcher la contamination des eaux souterraines par l'infiltration d'eaux superficielles souillées* »¹⁰⁶...

Drac : les bordures du Drac sont touchées par les crues moyennes juste avant la confluence avec l'Isère : au droit de Fontaine et de Sassenage sur une largeur de plus de 2km.

En amont, les crues sont d'ordre moyen ponctuellement au droit de la zone commerciale de Comboire à Echirolles (ville dont la carte de risques naturels n'en laisse rien paraître...) ; Claix possède aussi une petite zone vulnérable (50ha environ à risque moyen) et majoritairement construite sur laquelle aucune contrainte de constructibilité ne paraît dans le PLU (pas de PPRN sur la commune).

¹⁰⁵ Voir en annexe la carte des Captages à Vizille pour les périmètres de protection

¹⁰⁶ « Secrétariat Permanent pour la Prévention des Pollutions et des risques dans la région grenobloise (SPPPY) Etude de zone du sud grenoblois : Réalisation de l'état des lieux et du schéma conceptuel d'exposition (38)

Le risque devient moyen à extrême sur une surface assez large (>1km) au Sud de Pont de Claix et à hauteur de Varces et de Champagnier (où les bras du Drac sont nombreux). A Champ sur Drac les débits sont moins importants avec un risque extrême au niveau de Jarrie.

A Vif, le PPR rend inconstructible toute la surface inondable (risque moyen et extrême) par le Drac.

1.2 Le Drac : un lit majeur déterminant pour la lutte contre les inondations

Le Drac présente de nombreux rivages qui sont restés en zone naturelle, et se prêtent à l'aménagement de milieux humides¹⁰⁷ ; le SAGE encourage d'ailleurs la levée des interdictions de circulation en cours sur certains tronçons (objectif 28)¹⁰⁸ : il précise « *Les conditions d'accès de la rivière, des retenues et de leurs berges ne sont pas satisfaisantes [...] Il existe une demande très forte de fréquentation de la rivière. Son organisation est insuffisante. Elle ne pourrait se faire qu'en veillant à la sécurité des personnes et à la préservation de la qualité des milieux* ».

En amont de Pont de Claix le classement en réserve naturelle privilégie la protection et en partie l'extension des zones humides ; par contre il est possible d'étendre la démarche aux **communes plus urbaines de Claix, Seyssins...** Les crues pourraient être « épongées » dans une continuité de zones humides et les espaces transformés en un véritable parc métropolitain intégrant une revalorisation complète des berges...valorisation à l'instar de ce qui a été entrepris sur la communauté urbaine de Lyon avec son plan bleu (approuvé en 1991), dont l'objet était la reconquête des berges du Rhône et de la Saone pour des supports d'activité diverses (ludiques, récréatives ou artistiques), des déplacements doux¹⁰⁹ (ce qui est aujourd'hui réalisé le long du Drac en aval de Seyssins mais inexistant en amont).

De tels aménagements permettraient de limiter les risques sur les communes particulièrement vulnérables dès le scénario moyen, sur Echirolles et Fontaine notamment.

De plus, une telle orientation répondrait aux dispositions suivantes du SDAGE 2016-2021 :

- « **8.02 : Rechercher la mobilisation de nouvelles capacités d'expansion des crues** : les collectivités compétentes en termes de prévention des inondations étudient, en lien avec les acteurs concernés, les possibilités de mobilisations fonctionnelles de nouvelles capacités d'expansion des crues, notamment celles correspondant à la reconquête de zones soustraites à l'inondation en tenant compte de l'impact éventuel sur les activités existantes. Dans la définition de leur programme d'action relatif à la prévention des inondations, les collectivités compétentes recherchent une synergie entre les intérêts hydrauliques et un meilleur fonctionnement écologique des tronçons concernés. Ces actions pourront mettre en œuvre des mesures garantissant le bon fonctionnement de l'activité agricole en champ d'expansion de crue (conventions, servitudes, acquisition)... »
- « **8-06 Favoriser la rétention dynamique des écoulements** : [...]Les actions concourant au ralentissement des écoulements sont multiples et peuvent faire l'objet de combinaisons : actions sur l'occupation du sol pour favoriser la maîtrise des écoulements en amont (gestion forestière par exemple), rétention des eaux à l'amont, **restauration des champs d'expansion de crues (dont les zones humides et les espaces de mobilité des cours d'eau)**, aménagement de zones de sur-inondation, revégétalisation des berges, cordons dunaires de premier et second rang, etc»...

¹⁰⁷ Sur un plan géographique, les perméabilités des terrains sont à vérifier

¹⁰⁸ Objectif 28 du SAGE 2007 : *Définir les secteurs sur lesquels l'accès aux rivières peut être possible et doit être sécurisé*

¹⁰⁹ « Villes inondables : prévention, adaptation, résilience. Cities and flooding. » ...les berges du Rhône ont été réaménagées à partir de 2007, et 2013 pour celles de la Saône.

Le transfert de compétence GEMAPI à la METRO devrait quant à elle faciliter la mise en place d'une politique solidaire et partagée, afin d'améliorer les qualités de résilience du territoire face au risque d'inondation. Elle sera néanmoins difficile à mettre en place étant donnée la complexité des acteurs.

2 Optimisation du traitement de l'eau pluviale

Les orientations affichées pour le futur schéma d'assainissement concernent deux enjeux caractéristiques des zones humides :

- **L'aménagement d'espaces de stockage pour un volume global de 35 000 m³** ; même si les orientations précisent qu'il s'agit de « stockage restitution » sur les abords rocade Sud, secteur Chartreuse, et aussi rive gauche Drac et Isère aval¹¹⁰, des zones de rétention seraient encore plus efficaces (car générant aucun cumul de débits) et atténueraient davantage les risques de débordement.
- l'amélioration des eaux traitées par Aquapôle par temps de pluie¹¹¹... ce qui pourrait être réalisé par une installation de FPR en amont (type mares de la CUS) ou une installation de RZV en aval de la station pour traiter les surverses (type AZHUREV)¹¹².

Le traitement de l'eau pluviale peut donc être optimisé en recourant à la phytoépuration à deux niveaux :

- en assurant la diminution du ruissellement sur les bassins versants critiques, et l'épuration d'une partie de ses eaux par la réalisation de mares et de zones à FPR
- en traitant les surverses de la STEP à travers une ZRV

Au regard de la qualité du Drac fortement dégradée au passage de la METRO, on peut ajouter aux deux objectifs précédents **l'amélioration de la qualité des eaux du Drac en aval de Pont de Claix.**

2.1 Diminution du ruissellement et traitement des eaux pluviales à l'échelle des projets :

La principale station d'épuration de la METRO, AQUAPOLE, n'est plus en mesure de traiter correctement les eaux pluviales : nous l'avons vu, les déversements sont excessifs.

Parmi les quatre déversoirs d'orages (>10 000EH), les déversoirs de MOGNE et FONTENAY situés en amont et en aval de Grenoble, et qui drainent les bassins les plus importants (surface active >500 ha totalisée par les deux bassins) représentent à eux seuls la plupart des charges polluantes liées aux déversements. Une action prioritaire devrait être portée relativement à ces secteurs pour traiter les eaux des DO...action qui au regard de leur urbanisation pourrait aussi être « déportée » (sur des points plus bas de préférence).

¹¹⁰ Cf document de présentation réalisé par le GRAIE concernant la stratégie locale de la METRO au forum « Eaux pluviales et Aménagements »

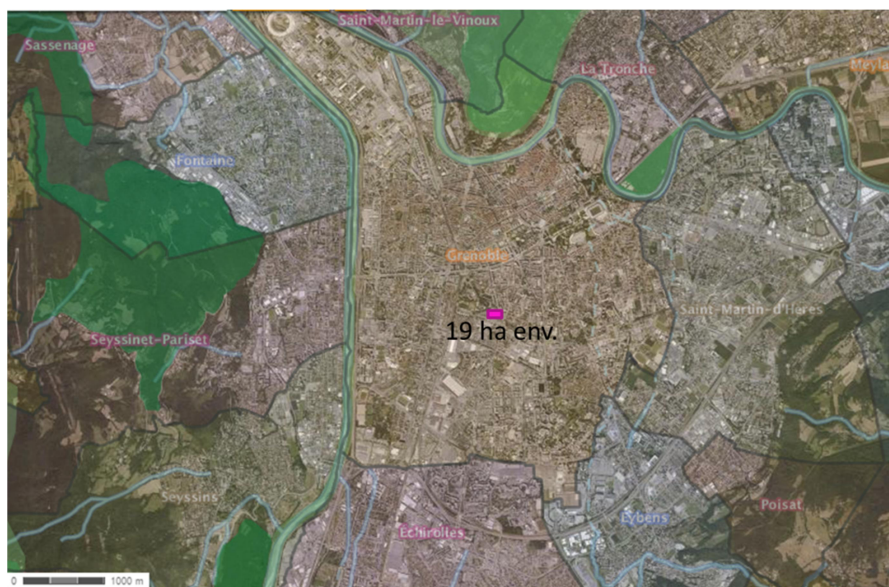
¹¹¹ SAGE 2007 Objectif 2. « Améliorer, pour les eaux usées domestiques, le rendement des STEP et des réseaux existants en fonction des exigences du milieu »

¹¹² « Le rendement des systèmes d'assainissement existants est parfois insuffisant. La séparation, insuffisante voire absente, des eaux claires (et dans une moindre mesure des eaux pluviales) des eaux usées constitue un handicap majeur à l'efficacité de certains systèmes de traitement existants ». extrait du SAGE DRAC ROMANCHE

En se basant sur l'exemple de la CUS¹¹³ (réalisation de mares pour le traitement des eaux de déversoir d'orage dimensionné pour une pluie de 6 mois), il faudrait dégager environ 19 ha de surface (de mares+ FPR) pour traiter ces eaux (soit moins de 4% de la surface initiale) ; en restant proportionnel aux valeurs de la CUS, le stockage possible serait de 133 500 m³...ce qui est loin de la valeur des déversements (qui est cumulée sans prise en compte de la possible évaporation) mais dépasse largement les objectifs de 35 000 m³ de zone de stockage /restitution identifiés sur la METRO (qui ont été énoncés pour le prochain schéma directeur).

	Surface active (ha)	emprise mare (m ²)	emprise FPR (m ²)	emprise totale (m ²)	Stockage possible maximal en m ³
CUS (sur les 3 BV)	1,8	71	670	741 (soit environ 4% du BV)	470
METRO (MOGNE + FONTENAY)	511	20 156 m ² soit 2ha env	190 000m ² env. soit 19 ha	19,2 ha env	133 500

A titre indicatif, ci dessous une représentation de la surface de ces espaces sur le territoire urbain (19ha en rose, en vert apparaissent les zones actuellement classées en ZNIEFF) :



114

Les conditions urbaines des bassins versants critiques sont évidemment contraignantes, mais ces 19 ha pourraient évidemment être départagés sur différents projets urbains afin de faciliter leur intégration. A noter que la réalisation de ces mares et zones à FPR répond notamment aux contraintes suivantes :

- l'imperméabilité des sols en place
- la faible hauteur de la nappe phréatique.

Des aménagements récents menés notamment à Grenoble sur la caserne de Bonne (ZAC Bonne) et le parc Ouagadougou (ZAC TEISSEIRE) se sont appuyés sur le retour de jardins de pluie ou de petites zones

¹¹³ A noter que les précipitations annuelles de la CUS représentent environ 66% de celles de Grenoble...

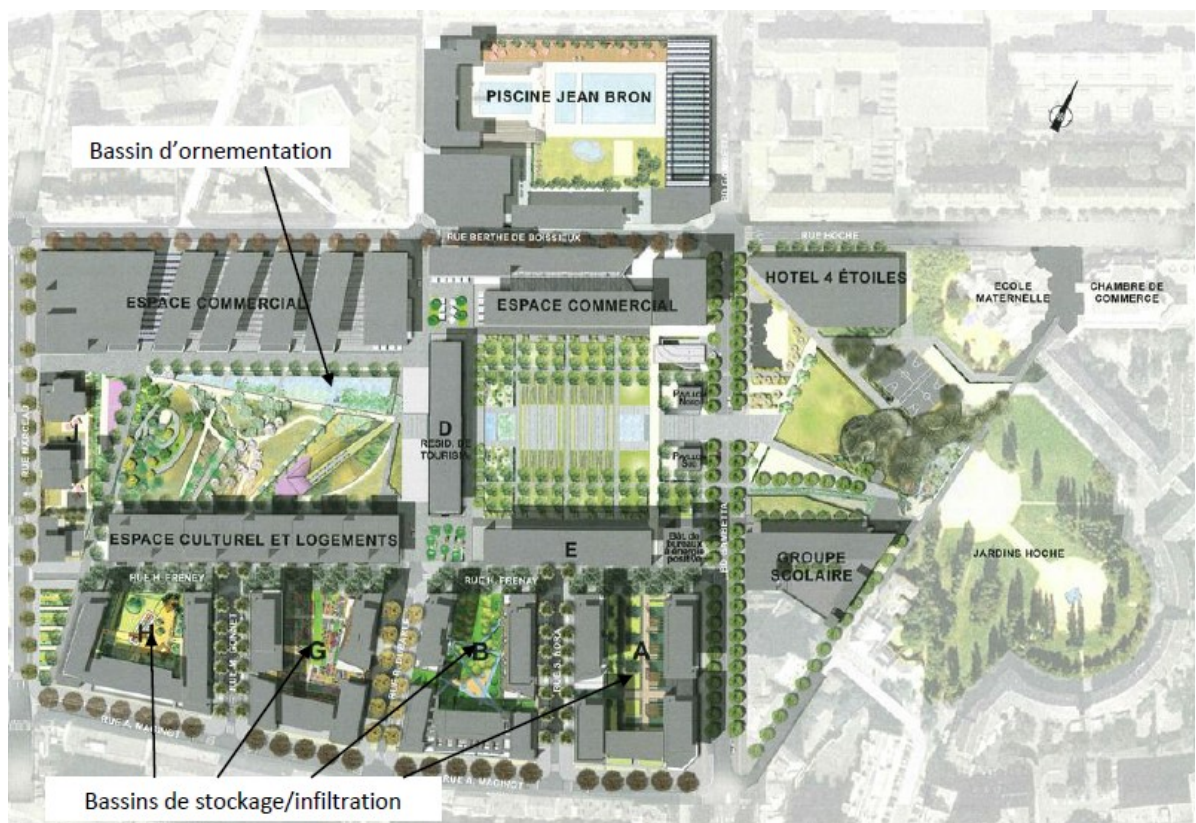
¹¹⁴ Source géoportail

humides ; en effet, la nécessité d'infiltrer les eaux pluviales de ces quartiers a généré un nouveau type de paysage, intégrant pour le premier l'aménagement de bassins, et pour le second la mise en scène fine du parcours des eaux pluviales et leur réutilisation à défaut d'arrosage. Ces espaces aménagés à valeur ajoutée et dont la fréquentation publique est importante contribueront certainement à la dynamique du retour de l'eau voir de ses milieux humides sur le territoire.

Caserne de Bonne (15 ha livrés en 2014, Ecoquartier 2013)¹¹⁵:

Plusieurs procédés sont utilisés sur la ZAC pour le traitement des eaux pluviales : puits d'infiltration (par l'intermédiaire de tranchées drainantes), toitures stockantes végétalisées raccordées aux tranchées ou puits précédemment cités, et plusieurs espaces de rétention des eaux alimentés en partie par la nappe qui ont pour but de renforcer la présence de l'eau, pour le confort visuel, l'agrément, les usages ludiques et le confort thermique d'été. Le grand bassin, d'une surface de 1700m² et d'une profondeur moyenne de 80cm, récupère et stocke l'eau de pluie pour l'arrosage : son débit de fuite est nul (excepté en cas de saturation ou de dysfonctionnement car alors les eaux sont déversées sur le réseau public). Ce bassin d'ornementation dans lequel vivent des poissons et des tortues, **puise aussi l'eau de la nappe considérée polluée** (du fait de la présence de sites industriels à proximité), et l'épure par oxygénation artificielle, **et par phytoépuration**.

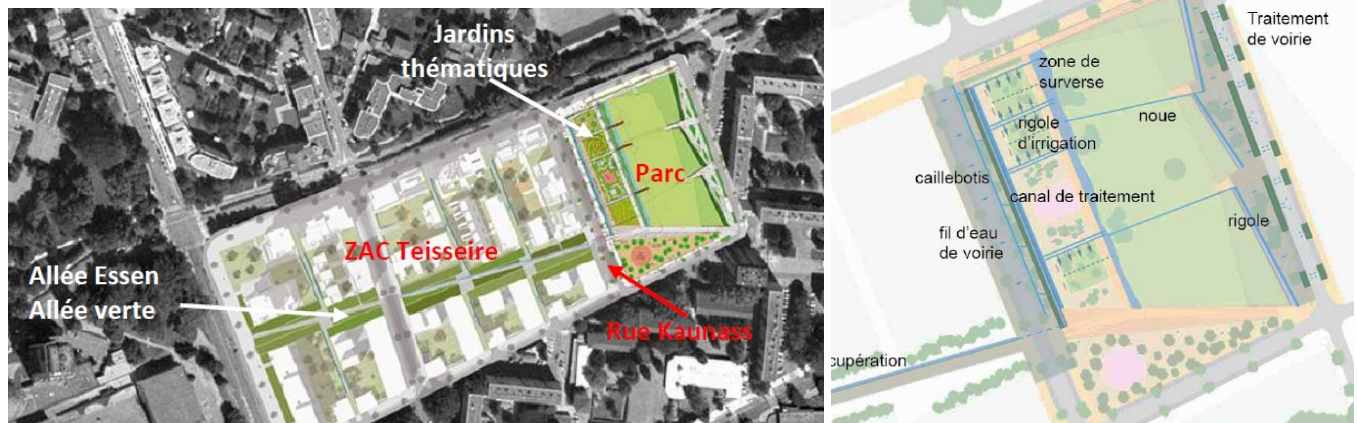
Les autres bassins, plus petits, sont reliés à des jardins d'eau équipés de fontaines étalées sur un grand espace public, auprès desquels le public puise de la fraîcheur en été ; comme le grand bassin, ils ont fait l'objet d'une recherche d'équilibre biologique par l'utilisation de plantes et de cascades.



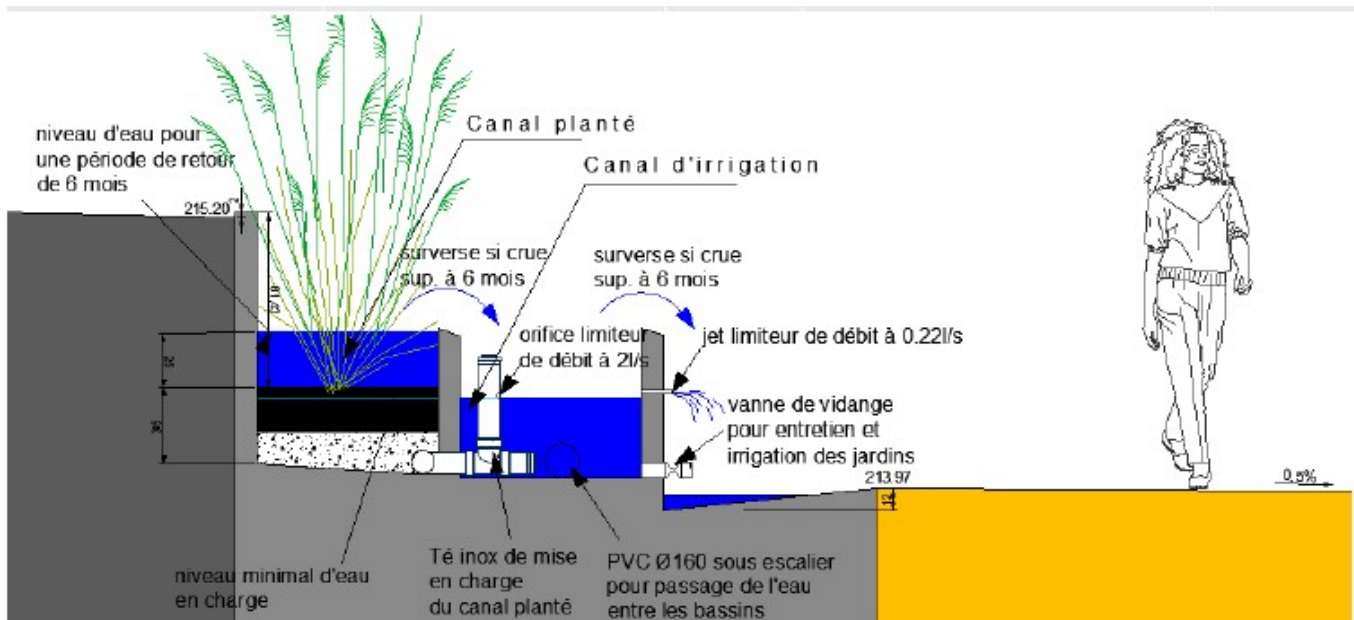
¹¹⁵ Cf « Etude sur la gestion de l'eau dans les projets présentés à l'appel à projets EcoQuartiers 2009 » rapport 2001 du Ministère de l'Écologie, du Développement durable des Transports et du Logement

Parc Ouagadougou¹¹⁶ (1 ha, ouvert en 2008, prix novatech 2013) :

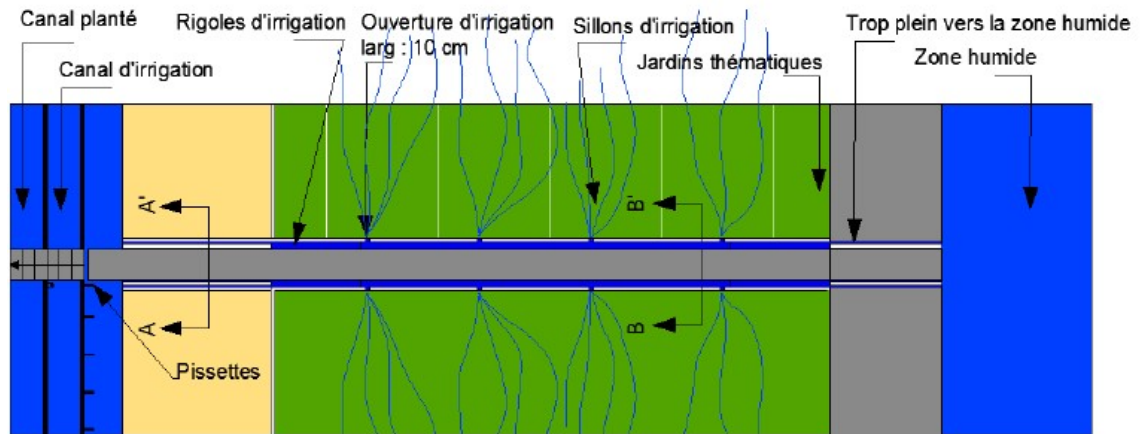
Le parcours de l'eau de la ZAC Teisseire est mis en valeur : son cheminement est réalisé entièrement en surface, de manière gravitaire et anime les différents espaces d'un parc aménagé en renforçant le caractère ludique et l'attractivité du site.



Les eaux de voirie de la rue Kaunass et du parvis Est du parc, **considérées polluées**, sont collectées et traitées par des **canaux plantés de roseaux de 35 cm de profondeur**, avant de rejoindre le canal d'irrigation ; celui-ci se déverse à débit limité dans des rigoles, situées au centre du parc : les eaux sont recyclées et permettent l'irrigation du parc grâce à des ouvertures calibrées ; par temps de pluie, des «barbacanes» évacuent à ciel ouvert « *les eaux du canal vers les rigoles, alors qu'en période de temps sec, des vannes en fond du canal permettent d'alimenter manuellement les rigoles [...]* En cas de fortes pluies, les eaux excédentaires sont évacuées vers une zone humide réservoir de 800 m², située au point bas du parc, par surverse des rigoles et drainage des jardins (drains agricoles). Une part du volume stocké est évapotranspirée. La capacité d'infiltration du sol étant faible, la zone se vidange in fine à débit limité vers le réseau unitaire, par 2 orifices calibrés de 50 mm ».



¹¹⁶ Elaboré à partir d'un document du GRAIE « Parc Ouagadougou Grenoble (Isère) Limiter la dépendance à l'eau potable » et « Gestion des eaux pluviales, usages et zone humide urbaine » - V.Giroud*, P.Jacquelin**, P.Cantone**

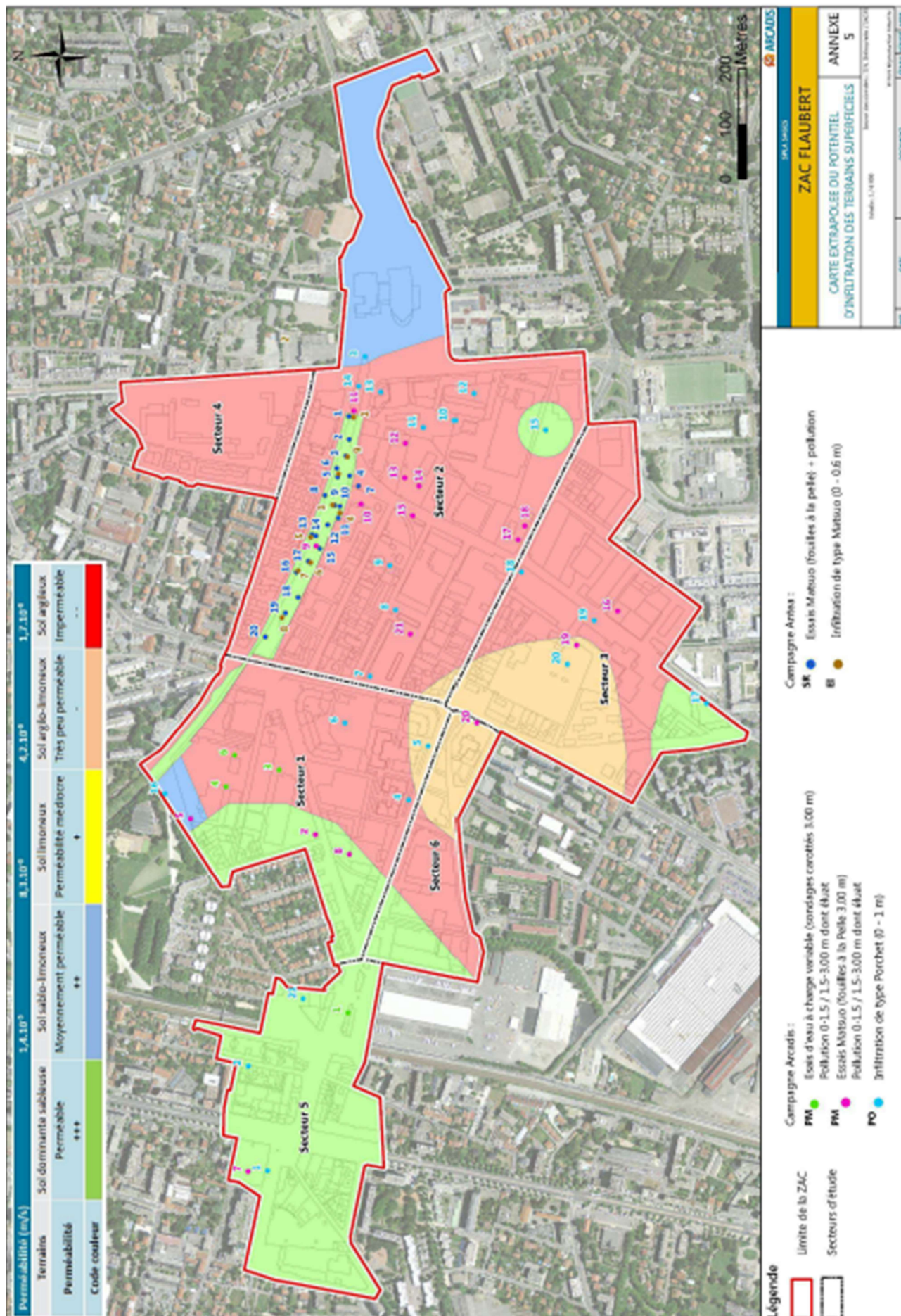


La problématique de l'eau est néanmoins difficile à appréhender dans le cadre d'un projet urbain de type ZAC, lorsqu'il est question de récupération ou de stockage apparent d'une vaste zone qui mettra en jeu différents promoteurs et imposera aussi l'affectation en « zone humide » de certaines surfaces ; cela nécessite une vision globale du projet, dont la gestion sera d'autant plus facilitée qu'elle sera traitée en amont. **Les orientations de gestion de ces eaux devraient donc être intégrées dès la programmation de la ZAC.** Il s'agit là d'une inversion de la réflexion habituellement menée par les concepteurs qui jusqu'à récemment se contentaient de dimensionner les réseaux des collecteurs enterrés nécessaires aux projets après s'être néanmoins assurés des niveaux altimétriques du réseau d'assainissement collectif...

La réflexion liée aux territoires « critiques » (du point de vue de l'assainissement) doit être développée en amont par les services en charge de l'aménagement du territoire, en considérant les différentes compétences concernées (urbanisme, aménagement paysager, hydraulique, santé, biodiversité...), en intégrant des diagnostics approfondis (notamment sur les hauteurs de nappes et la perméabilité des sols¹¹⁷), et en permettant peut-être aussi la protection des espaces les plus adaptés à une transformation en zones humides.

¹¹⁷ Voir page suivante l'exemple de la ZAC FLAUBERT

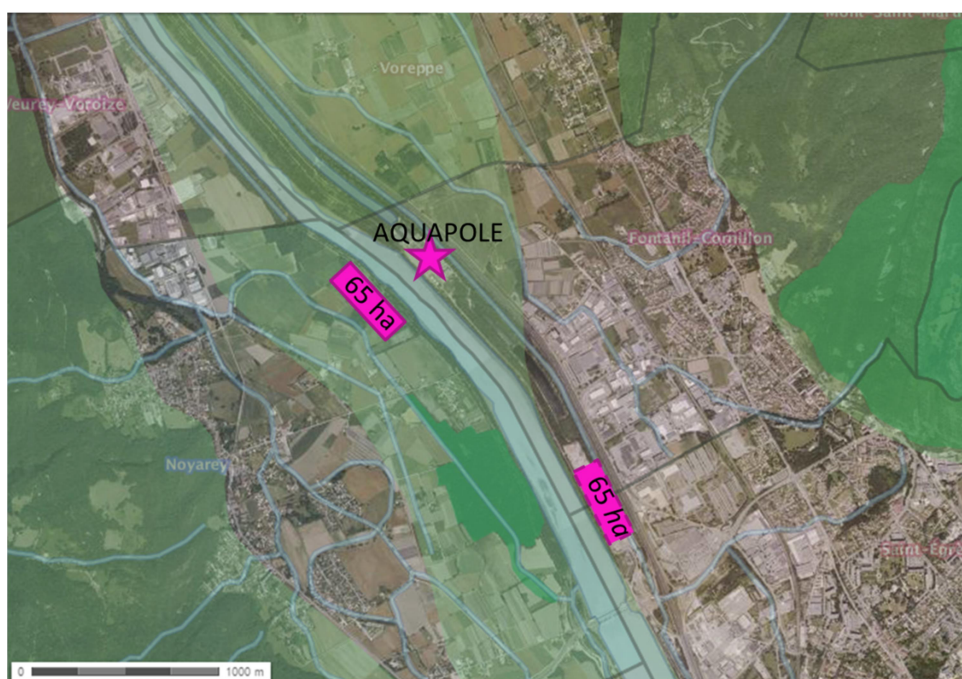
Exemple de l'étude de perméabilité des sols réalisée dans le cadre de la ZAC FLAUBERT, à Grenoble :



2.2 Amélioration de l'ensemble des surverses de la STEP : création d'une zone humide fonctionnelle (type ZRV ou « zone libellule¹¹⁸ »)

En ce qui concerne l'amélioration de la qualité des eaux, on peut envisager une installation de type ZRV telle qu'elle a été projetée à Reims (STEP similaire à AQUAPOLE de 470 000 EH, mais dont le projet initial est démonstratif, et limité à 10ha).

Si on considère la charge de DBO5 annuelle rejetée par les déversoirs, qui est de 757 tonnes en 2014, on peut dimensionner en fait les besoins liés aux déversements à 13 000 équivalent habitants environ ; la surface de ZRV à considérer pour épurer les surverses serait de 65 ha¹¹⁹ environ ce qui ne paraît pas être une emprise considérable à transformer à proximité de la STEP (surface en question sur la carte ci-dessous, représentée par des rectangles roses, en vert apparaissent les zones actuellement classées en ZNIEFF).



Les parcelles situées sur la commune de Noyarey face à la station sont classées majoritairement en zones naturelles, corridor écologique et en partie agricole (voir PLU en annexe). Une zone humide est répertoriée à proximité : le bois du Gélinois, défini comme un boisement alluvial, qui est en cours d'atterrissement, dû au tarissement du ruisseau qui traversait le bois auparavant.

Cette zone artificielle des eaux traitées ou des surverses par temps de pluie pourrait être intégrée, moyennant des précautions vis-à-vis du paysage naturel, et notamment des zones humides existantes, dans la mesure où il s'agit bien d'étendre les zones humides et non pas les dégrader. La zone naturelle située en amont de la station d'épuration pourrait aussi être transformée en ZRV...

¹¹⁸ Cette appellation renvoie au procédé développé en été 2009 par Lyonnaise des Eaux pour réaliser la zone humide artificielle de Saint-Just en aval du rejet de la STEP.

¹¹⁹ Cf « Sciences eaux et territoire » n°9 2012 : « les surfaces requises sont importantes, de l'ordre de 50m² par habitant »

2.3 La restauration fonctionnelle, de type « lit majeur », du débordement latéral du Drac et sa fonction lagunage

« La rivière Drac est classée prioritaire dans le SDAGE de 1996 au titre des rivières fortement atteinte par la pollution toxique (hors radioéléments) et est classée en risque de non atteinte du bon état chimique dans l'état des lieux de 2005 de la DCE ».

Les dernières analyses réalisées sur le Drac démontrent que l'état chimique de cette rivière se dégrade considérablement au passage de la METRO¹²⁰ :

Etat des eaux de la station DRAC à VIF¹²¹ depuis 2011 :

Années (1)	Bilan de l'oxygène	Température	Nutriments	Acidification	Salinité	Polluants spécifiques	Invertébrés benthiques	Diatomées	Poissons (2)	Hydromorphologie	Pressions hydromorphologiques	ÉTAT ÉCOLOGIQUE	POTENTIEL ÉCOLOGIQUE	ÉTAT CHIMIQUE
2014	TBE	TBE	TBE	BE	Ind	BE	Ind	TBE				BE		BE
2013	TBE	TBE	TBE	BE	Ind	BE	Ind	TBE				BE		BE
2012	TBE	TBE	TBE	BE	Ind	BE	Ind	TBE				BE		BE
2011	TBE	TBE	TBE	BE	Ind	BE	Ind	TBE				BE		BE

Etat des eaux de la station DRAC à FONTAINE depuis 2011 :

Années (1)	Bilan de l'oxygène	Température	Nutriments		Acidification	Polluants spécifiques	Invertébrés benthiques	Diatomées	Macrophytes	Poissons	Hydromorphologie	Pressions hydromorphologiques	ÉTAT ÉCOLOGIQUE	POTENTIEL ÉCOLOGIQUE	ÉTAT CHIMIQUE
			N	P											
2015	TBE	TBE	TBE	TBE	BE	BE		BE				Faible		BE	MAUV ①
2014	TBE	TBE	TBE	TBE	BE	BE		BE				Faible		BE	BE
2013	TBE	TBE	BE	TBE	BE	BE		TBE				Faible		BE	MAUV ①
2012	TBE	TBE	BE	TBE	BE	BE		BE				Faible		BE	BE
2011	TBE	TBE	BE	BE	TBE	BE		BE				Faible		BE	MAUV ①

TBE	Très bon état
BE	Bon état
MOY	État moyen
MED	État médiocre
MAUV	État mauvais

Légende :

Même l'état qualitatif de la nappe a été considéré mauvais :

Etat général des eaux souterraines au droit du point d'eau 07964X0335/F à pont de Claix depuis 2010¹²² :

¹²⁰ <http://sierm.eaurmc.fr>

¹²¹ Données 2014 (la fiche 2015 n'est pas accessible sur le site)

Années	Nitrates	Pesticides	Métaux	Solvants chlorés	Autres	État chimique
2012	BE	MED	BE	MED	BE	MED ①
2011	BE	MED	BE	MED	BE	MED ①
2010	BE	MED	BE	MED	BE	MED ①

BE	Bon état
MED	État médiocre

Légende :

La technique du lagunage en bordure du Drac, et en aval de Pont de Claix pourrait assurer l'amélioration de la qualité chimique de ses eaux.

Exemple des berges lagunées de l'Escaut dans le Nord de la France :



Au-delà de l'épuration des eaux du Drac, la phytoremédiation pourrait améliorer la qualité des sols jugés pollués à proximité des plateformes de Pont de Claix et de Jarrie¹²³.

Intégré à une réflexion globale de l'aménagement des berges du Drac, d'ouverture de l'ensemble des berges à la circulation, l'opération répondrait à des objectifs à la fois sécuritaires (vis-à-vis du risque inondation), urbains et environnementaux... précieuses infrastructures naturelles, ces lagunes fonctionneraient gratuitement contre la pollution des eaux du Drac ; elles contribueraient aussi à la continuité écologique et au développement de la trame verte et bleue du territoire, tel que nous allons l'aborder dans le dernier chapitre de ce mémoire.

3 Objectifs liés à la trame verte et bleue

« La Trame verte et bleue a pour ambition première d'enrayer la perte de biodiversité. Par la préservation et la remise en état des sites à forte qualité écologique, riches en biodiversité (les réservoirs) et par le maintien et la restauration des espaces qui les relient (les corridors), elle vise à favoriser les déplacements et les capacités adaptatives des espèces et des écosystèmes, notamment dans le contexte de changement climatique »¹²⁴. Elle est constituée à l'échelle de chaque région via l'élaboration de Schémas Régionaux de Cohérence Ecologique (SRCE), nouveaux documents dans la hiérarchie des outils de planification territoriale, dont l'un des principaux enjeux est la limitation de l'artificialisation des sols et de l'étalement urbain. Le SRCE de la région Rhône Alpes a été validé en 2014 : il classifie le territoire de la

¹²² « Etude de zone du sud grenoblois : Réalisation de l'état des lieux et du schéma conceptuel d'exposition (38) », réalisé par ANTEA GROUP en Juillet 2014, Secrétariat Permanent pour la Prévention des Pollutions et des risques dans la région grenobloise (SPPPY)

¹²³ « Etude de zone du sud grenoblois : Réalisation de l'état des lieux et du schéma conceptuel d'exposition (38) », réalisée par ANTEA GROUP Juillet 2014

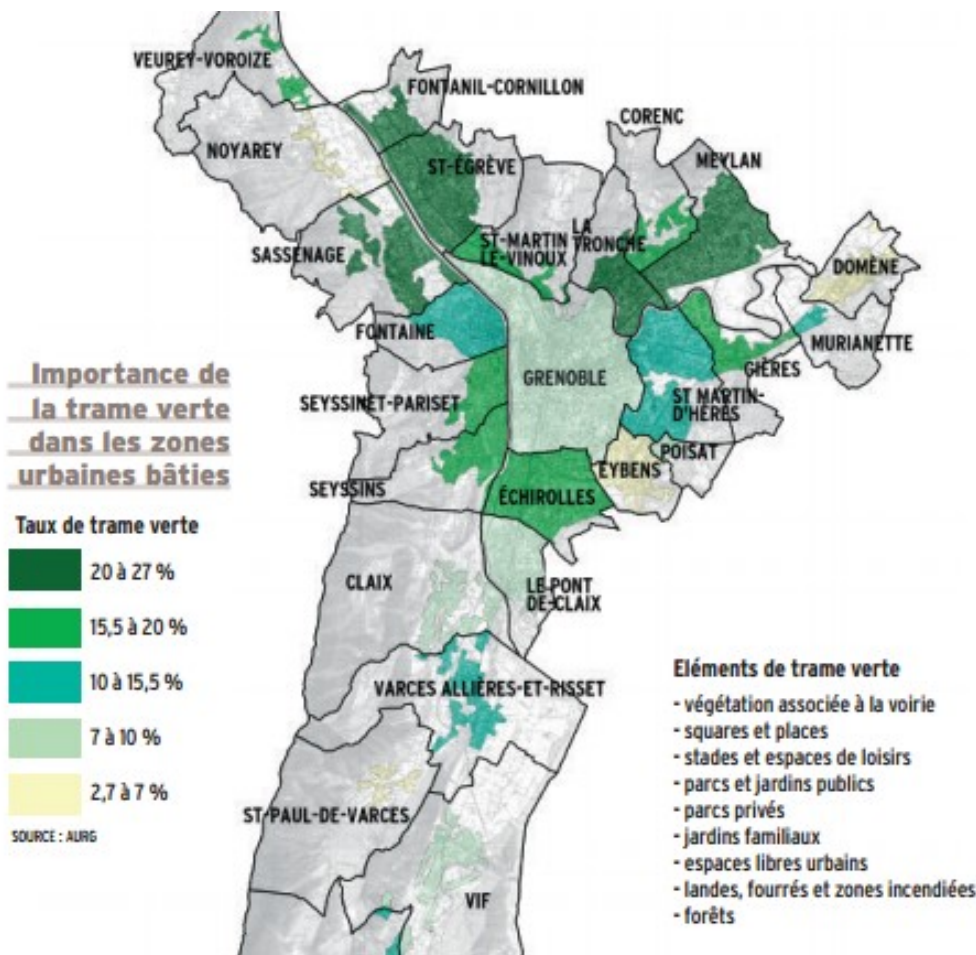
¹²⁴ <http://biodiversite.rhonealpes.fr>

METRO comme un espace sur lequel il faut « *soutenir et renforcer les démarches opérationnelles existantes* »... la METRO, est en effet concernée majoritairement par un SCOT et ponctuellement (en zone montagnarde) par la Charte du Parc Régional de la Chartreuse. Les enjeux affichés dans ces documents sont essentiellement ciblés sur les territoires ruraux, en périphérie de la METRO, mais un regard sur l'échelle locale urbaine (qui sera d'ailleurs nécessaire dans le cadre de l'élaboration du PLUI) peut permettre la mise en relation de certains « micro espaces », tels que les jardins (privés ou publics), les parcs, et l'ensemble des aménagements paysagers pourvus ou pas de milieux humides et dont le rôle social n'est parfois pas non plus négligeable ; il est évidemment aussi question de mettre en relation des réservoirs existants de biodiversité.

3.1 Les initiatives « ponctuelles »

Les zones humides de petites dimensions telles que les mares ne présentent pas forcément une biodiversité exceptionnelle mais contribuent de manière diffuse à la présence d'une biodiversité relativement absente du reste du territoire urbain. Intégrées à des espaces verts elles pourront enrichir leur biodiversité. Le Parc Flaubert récemment aménagé au cœur de Grenoble relie le parc Ouagadougou (précédemment cité) au parc Pompidou ; il a été équipé d'une mare pédagogique de 370m² environ, et assure un véritable corridor biologique le long d'une ancienne voie ferrée.

Sur Grenoble, en dehors du Drac, il est répertorié 3ha de zone humide en limite de la Tronche et de St Martin d'Hères, au droit de la boucle des sablons, ce qui ne représente que 0.18% de la surface de la commune, et révèle clairement les conditions d'assèchement imposées par la construction de Grenoble. Les aménagements favorisant le retour de petites zones humides même parsemées pourront contribuer à redonner une identité « naturelle et montagnarde » à cette ville centre fortement urbanisée . Les villes d'Eybens, Domène et Noyarey sont aussi particulièrement concernées par l'insignifiance de leur trame verte et devraient faire l'objet d'une analyse particulière pour favoriser cette trame (voir carte ci-dessous).



125

3.2 Préservation des réservoirs existants et opportunités de connections

Certaines zones humides sont jugées à caractère intéressant d'un point de vue floristique et parfois faunistiques et présentent de forts enjeux de conservation¹²⁶ :

On citera parmi ces zones humides :

- les Aulnaies de Vaulnaveys à Vaulnavey le bas (la forêt abrite plusieurs espèces animales intéressantes comme le moineau Friquet ou le martin pêcheur).
- le « grand plan » de Vizille (dont le niveau de biodiversité reste assez bon) et de Vaulnaveys le bas classé ZNIEFF de type 1, et le marais des Guillardières à Vaulnavey le bas
- le « marais de Pré Langon sur les communes de Champagnier et Jarrie (végétation observée : Cirse des ruisseaux, Carex sp, Saule blanc, Saule marsault, Jonc glauque, Jonc diffus, Ficaire fausse renoncule, Iris des marais, Chêne pédonculé...et présence de l'inule de Suisse, plante protégée; pour ce qui est de la faune : Canard colvert, Héron cendré, Crapaud commun, Grenouille , Odonate...)
- la réserve naturelle de l'étang de Haute Jarrie ; constituée d'un petit lac naturel d'origine glaciaire, d'îlots boisés, d'une roselière et de prairies humides périphériques, c'est un des sites les mieux connus et les mieux suivis du département de l'Isère en matière d'ornithologie (on y trouve le blongios nain et la chevêche d'Athéna qui font l'objet de suivis spécifiques par la LPO Isère)

¹²⁵ SCOT 2030 « 100 mesures à débattre pour un développement durable », évaluation environnementale réalisée par l'AURG

¹²⁶ Cf étude menée par la campagne « GENTIANA » en 2010, « plan de préservation et d'interprétation du Marais des Engenières » réalisé par le Conservatoire d'Espaces Naturels de l'Isère et <http://www.reserves-naturelles.org/>

- la Roselière de Champ sur Drac
- la Tufière des Combes à St Georges de Commiers
- la tourbière de Luitel à Sechilienne (tourbière à sphaigne d'une commune de montagne, elle est caractérisée par une faune particulière, et elle est de plus classée en réserve naturelle et ZNIEFF de type 1)
- les marais des Engenières sur la commune de Sassenage constituent une zone humide qui a miraculeusement survécu à l'urbanisation et qui témoigne de ce qu'ont pu être les vastes marais qui s'étendaient par le passé dans la plaine¹²⁷; elle fait l'objet d'un plan de préservation ; les différents inventaires réalisés ont dénombré plus de sept espèces de fleurs remarquables, 3 espèces faunistiques remarquables, et compte entre autres : 305 espèces de papillons, un cortège important de libellules, une quarantaine d'oiseaux, et quelques mammifères.

Un des objectifs de la Trame verte et bleue est de mettre en liaison les espaces remarquables afin de les protéger du risque de péricliter (la menace est en effet pesante sur les espaces naturels isolés) ; ces zones humides diffuses sont ainsi particulièrement concernées.

3.3 Les cours d'eau

Le Drac :

Lorsqu'ils sont maintenus à ciel ouvert, les cours d'eaux, sont des espaces favorables à la continuité écologique : ils représentent de véritables corridors naturels. L'eau apporte la vie propice à la fois à la prolifération de la flore et à l'attractivité de la faune. Les corridors hygrophiles représentent ainsi des couloirs que la faune peut emprunter pour rallier deux secteurs, grâce à la végétation accompagnant généralement ces axes (ripisylve).

Les marais, quant à eux, ont la particularité d'appartenir à la fois à l'élément « eau » et à l'élément « terre » : ils sont situés à la jonction de la trame bleue (formée de cours d'eau et masses d'eau) et de la trame verte (constituée des grands ensembles naturels et des corridors qui les relient entre eux) ; on pourrait en fait les classer dans une nouvelle trame « turquoise »...

Les berges du Drac représentent un site relativement préservé dont les milieux naturels sont favorables à un grand nombre d'espèces. Le Drac a néanmoins connu des longues périodes d'assèchement (plus de 300 jours par an pendant quarante ans) sur plus de 4 Km, en aval du barrage de Notre-Dame de Commiers jusqu'à Champ sur Drac, pour l'exploitation des ressources en énergie hydro électrique et en eau potable. Cette rupture hydraulique et écologique entre les deux cours d'eau était jugée insatisfaisante sur le plan environnemental par les acteurs du territoire. L'eau s'écoule à nouveau sur ce tronçon devenu un véritable désert de galets¹²⁸ (le débit est passé de 1,5m³/seconde à 5,5 m³/seconde). A présent la continuité du Drac est restaurée dans le but de préserver durablement les espèces remarquables installées sur le site.

Le SAGE DRAC ROMANCHE 2007 établit le diagnostic suivant :

*« Le fonctionnement écologique du site a été profondément perturbé par la construction des barrages, qui a entraîné la raréfaction des crues et l'abaissement drastique des niveaux d'eau souterrains et superficiels. Les milieux liés à la dynamique fluviale (habitats à *Myricaria germanica*, *Salix daphnoïdes*...) sont donc*

¹²⁷ Végétation observée : Cirse des ruisseaux, Carex sp, Saule blanc, Saule marsault, Jonc glauque, Jonc diffus, Ficaire fausse renoncule, Iris des marais, Chêne pédonculé ; Faune : Canard colvert, Héron cendré, Crapaud commun, Grenouille (observation de ponte), Odonate sp...

¹²⁸ l'importante dérivation couplée à une très forte infiltration naturelle des eaux du Drac dans le sol de son lit avait fait disparaître le Drac complètement 3km avant sa confluence avec la Romanche

en mauvais état de conservation. L'essartement a transformé des boisements alluviaux en des milieux peu intéressants (rejets de souche des peupliers, buddleias...). Pourtant, certains habitats naturels restent remarquables par leur étendue (milieux secs de Chasse Barbier) et leur qualité (végétation liée aux affluents). Des espèces rares et protégées sont présentes sur le site. La faune compte, outre le Castor, des oiseaux des grèves (Chevalier guignette), une libellule protégée liée aux affluents (Agrion de Mercure), des oiseaux des milieux secs (Engoulevent) et des plans d'eau (Blongios nain)... La flore, moins connue, compte également des espèces protégées : Cirse de Montpellier, Inule de Suisse... Au total, on peut considérer que la basse vallée du Drac constitue un site naturel remarquable, qui n'a pas d'équivalent dans le département de l'Isère».

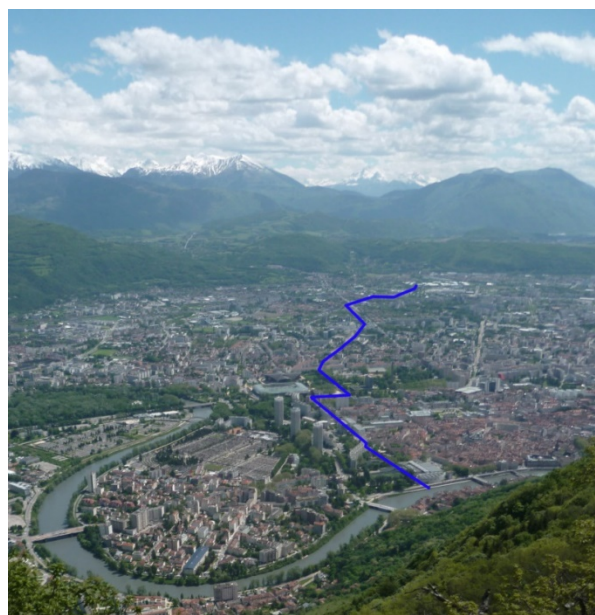
On y dénombre à ce jour 35 habitats différents organisés en une mosaïque complexe accueillant plus de 450 espèces faunistiques et près de 600 espèces végétales. Parmi ces habitats, 19 sont d'intérêt communautaire dont 3 sont prioritaires (La Cladiaie, la saulaie alluviale arborescente et l'Aulnaie-Frênaie, l'Aulnaie-Peupleraie et la Frênaie-Peupleraie). La richesse écologique du Drac a d'ailleurs justifié son classement en réserve naturelle à l'amont de pont de Claix.

Au-delà des enjeux fonctionnels précédemment cités, la restauration du lit majeur du Drac et la requalification de ses berges à partir de Pont de Claix jusqu'à l'Isère, puis de l'Isère entre Fontaine et Veurey Voroize répondrait aussi à des enjeux de continuité écologique.

Le Verderet :

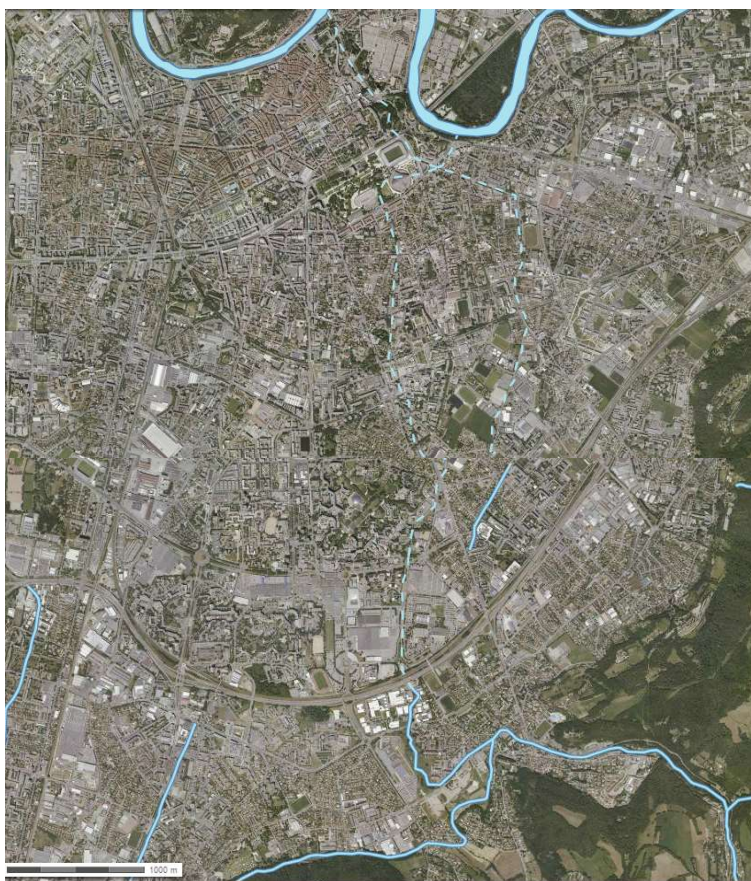
La réouverture du Verderet apparaît comme un enjeu majeur pour le retour de zone humide sur Grenoble, et sur Eybens. Le dernier tronçon de ce ruisseau a été canalisé sur Grenoble en 1975.

Le Verderet est généré par trois torrents en provenance d'Herbeys et de Brié et Angonnes ; sa canalisation enterrée débute à l'entrée d'Eybens à l'aval de 4 bassins de désensablement et de désengrèvement ; « ce cours d'eau est suffisamment impétueux pour charrier nombres d'embâcles, de branchages, de galets ; de plus il peut se mettre rapidement en crue : le vélodrome, situé de l'autre côté de la route, sert alors de bassin de rétention d'eau [...] Le Verderet chemine ainsi sous terre en traversant la Rocade Sud. Toujours enterré, il passe ensuite entre la Villeneuve de Grenoble et la ZA des Poulardes. Il continue en longeant l'avenue Jean Perrot, l'Abbaye et la Bajatière. Il traverse le Parc Paul Mistral puis contourne le Jardin des Plantes. Il coule sous la Cité Administrative puis sous le Musée¹²⁹ ». **Son embouchure se situe 6 kilomètres plus loin, au droit du musée de Grenoble.**



Le Verderet canalisé sur Grenoble et Eybens (en pointillés) :

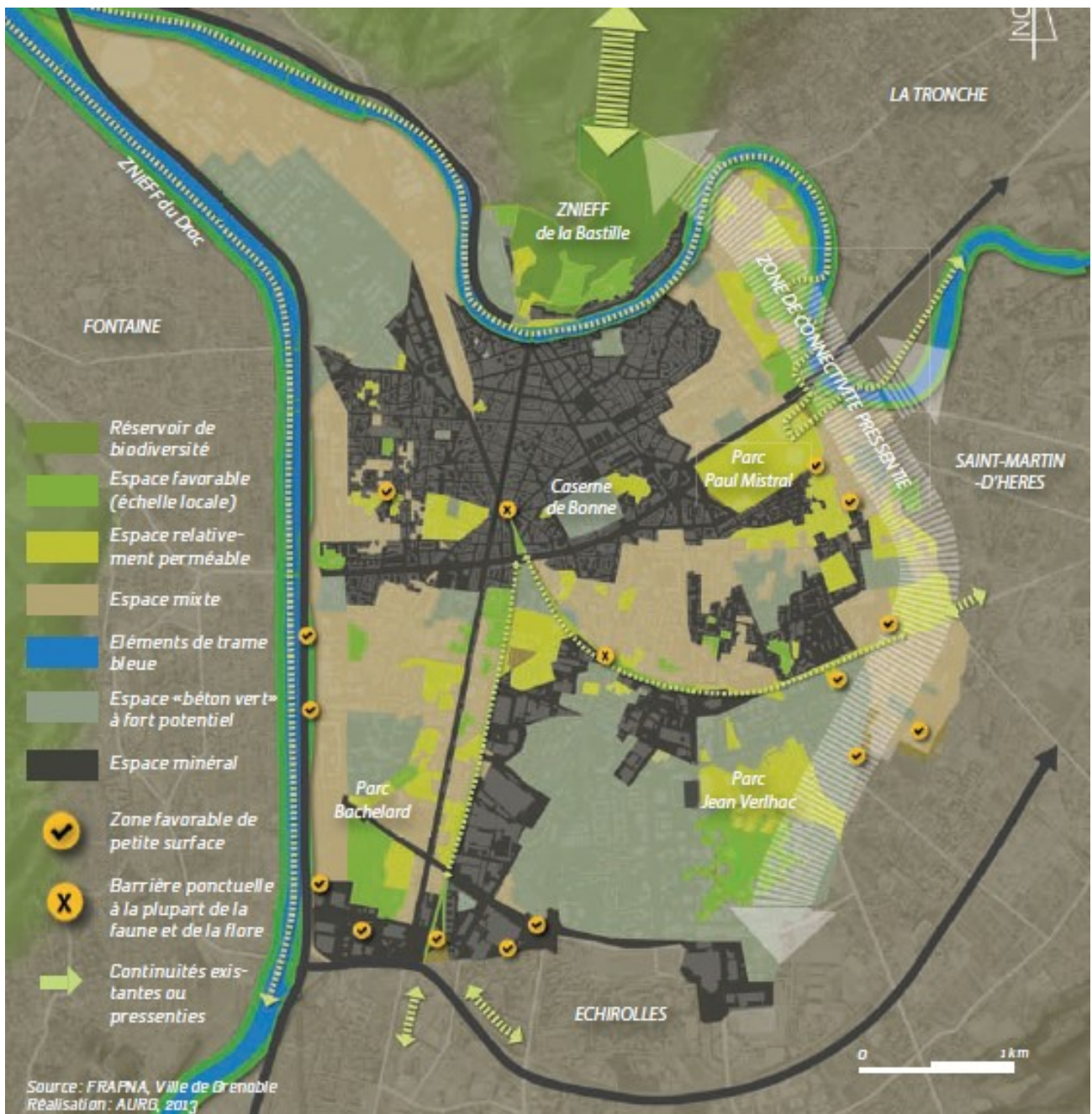
¹²⁹ <https://www.geocaching.com>



130

La réouverture du ruisseau serait en accord avec la zone de « connectivité pressentie », figurant sur la carte ci-dessous, réalisée par l'AURG en 2013, et affichée comme un enjeu principal pour la révision du PLU de Grenoble.

¹³⁰ Source Géoportail



Il s'agit néanmoins d'un projet d'envergure, qui constituerait un axe majeur de la trame verte et bleue sur deux villes particulièrement déficitaire de cette trame : un tel projet sur des espaces urbanisés ne peut être qu'anticipé sur de nombreuses années, à condition de le planifier sur des documents d'urbanisme et d'en mesurer les enjeux sur divers autres aspects dont notamment les déplacements (et les modes doux qui représentent un autre enjeu de taille sur le secteur).

Il peut aussi être envisagé à plus petite échelle sur certains tronçons, et de manière successive.

4 Bilan des enjeux des « marais » sur le territoire de la METRO

Avant son urbanisation le territoire grenoblois était largement empreint de la présence de l'eau. Marqué par de graves inondations (crues historiques de l'Isère de 1651, 1740 et 1859 notamment) durant le petit âge glaciaire, ses deux principaux cours d'eau, le Drac et l'Isère ont connu d'importantes transformations dirigées par les ingénieurs des Ponts et Chaussées. Les marais présents ont, quant à eux, pour la plupart été asséchés pour des raisons agricoles (sous l'égide du clergé ou de grands propriétaires). L'urbanisation du territoire qui s'est accélérée au milieu du XXème siècle dans un site contraignant (car enclavé par 3 massifs montagneux) a provoqué la canalisation du ruisseau du Verderet qui traversait les communes d'Eybens et de Grenoble (deux communes dont la surface des zones humides gravite autour de 0% selon l'inventaire réalisé par le conservatoire des espaces naturels de l'Isère en 2009). Les zones humides ne représentent aujourd'hui plus que 4% de la superficie du territoire. Il reste néanmoins quelques sites remarquables protégés (pour certains classés en réserve naturelle régionale).

Le territoire, classé majoritairement en TRI, est directement concerné par le risque d'inondation et un programme de protection de type « PAPI » est en cours sur l'amont de l'Isère, programme qui s'appuie sur les nouvelles exigences réglementaires (issues des DCE et DI) favorables à l'expansion des crues et à la restauration des zones humides et qui à terme devrait enrayer les dégâts causés par une hypothétique crue bicentennale sur son étendue (seules les communes de Domène, Murianette, Gières, St Martin d'Hères, la Tronche et Meylan de la METRO sont affectées par ce programme). Quelques initiatives ont été menées sur le Drac et la Romanche, qui ne suffisent pas à protéger le territoire face à ces risques d'inondation. Certaines communes telles que Sassenage, Claix, Fontaine, St Pierre de Mésage et Vizille sont particulièrement vulnérables. Une action est donc nécessaire au niveau du Drac et de la Romanche.

En matière d'assainissement les installations d'épuration arrivent à saturation : bien que largement dimensionnée pour sa population, la principale STEP de la métropole (qui par temps sec est déjà polluée par des « eaux claires parasites ») dénombre trop de surverses par temps de pluie. Le territoire « centre » est visé en premier lieu avec deux principaux déversoirs d'orage particulièrement actifs et drainant des bassins versants de Grenoble et de l'agglomération Sud. Le règlement d'assainissement de la METRO impose l'infiltration à la parcelle mais les projets locaux « urbains » sont confrontés à deux contraintes : la proximité de la hauteur de la nappe phréatique et l'imperméabilité des sols, générant des aménagements de zones de stockage/restitution à débit limité.

La trame verte et bleue est tracée sur le SCOT à l'échelle de l'agglomération, néanmoins un cadrage à l'échelle locale, prenant en compte notamment les quelques réservoirs de biodiversité appartenant à ces deux trames (les milieux humides) pourrait agrémenter cette carte et constituer de nouveaux corridors de biodiversité.

L'analyse successive de ces trois problématiques et de la contribution des zones humides à leur réponse, a dégagé plusieurs axes de réflexion correspondant à des échelles de projet différentes :

- La revalorisation des berges du Drac notamment à partir de Pont de Claix qui, orientée par une restauration de zones humides, répond aux trois objectifs à la fois : elle contribue à la diminution du risque de crues du Drac ; elle permet d'améliorer la qualité des eaux du Drac (voir de récupérer et d'épurer une partie des eaux de ruissellement collectées à proximité) ; et enfin, elle assure un continuum hygrophile remarquable.
- La réalisation de marais artificiels (type mare+ FPR) à l'échelle diffuse ou d'une ZAC, peut répondre aussi aux mêmes desseins : par la rétention des eaux pluviales, ils atténuent les risques de débordement des rivières, leur localisation en milieu urbain où le ruissellement est important contribue à l'amélioration de la qualité des eaux pluviales (davantage polluées) qui sont rejetées en

milieu naturel, et enfin, connectés en réseaux par des trames vertes (voir des réseaux apparents d'eau pluviale), ils constituent des nouveaux corridors biologiques.

- La réalisation d'une ZRV : en lien direct avec la problématique assainissement liée aux excès de surverses (et la qualité des eaux rejetées à l'exutoire), s'appuyant sur des espaces naturels favorables à la biodiversité, cette zone peut aussi selon sa localisation contribuer à la lutte contre les inondations pour les communes situées à l'aval de la METRO.
- La mise à jour du Verderet s'impose évidemment comme un projet complexe et impactant sur l'environnement urbain, mais il est potentiellement aussi riche sur chacun de ces aspects (s'il se décide dans les mêmes conditions de respect du lit majeur du cours d'eau et de l'accueil de la vie qui peut être drainée par ce ruisseau).

Les zones humides par leur pouvoir de régulation des crues, d'auto-épuration et d'hébergement de la faune et de la flore sont en effet de véritables atouts, **à la fois** vis-à-vis du risque inondation, de l'épuration des eaux pluviales et de la biodiversité. Les marais répondent aux trois enjeux, véritables sujets de préoccupation pour la METRO, de manière simultanée, et c'est ce qui les démarque des autres dispositifs et peut motiver leur retour dans les espaces urbains et péri urbains.

Pourtant d'autres mesures sont généralement mises en avant, et restent privilégiées face à ces besoins urbains, à savoir :

- les aménagements de digues ou de zones d'expansion de crues (généralement des territoires agricoles submersibles) pour la lutte contre les inondations
- le stockage de surverses dans des nouveaux bassins ou dans les réseaux pour l'optimisation du traitement des eaux unitaires de l'agglomération
- les plantations diverses, l'aménagement en milieu urbain de jardins, de potagers, ... pour le développement de la biodiversité

Ces mesures, à l'exception de la végétalisation qui favorise la biorétention (et donc à moindre échelle affiche des qualités des marais), agissent en général de manière isolée face à une problématique ciblée.

Quelques initiatives émergent pour la mise en valeur de l'eau et de ses écosystèmes sur le territoire, mais la réapparition de cet élément ne se fait encore que discrètement. La politique du retour des marais, conduite à grande échelle (ce qui paraîtrait nécessaire pour une cohérence du territoire au regard de la portée de ses enjeux) relève entièrement du défi : elle est confrontée sur le terrain à des décennies de pratiques opposées de techniques d'hydrologie urbaine, destinées à enterrer et gérer de manière autonome l'eau dans l'espace urbain, à construire la ville « sans » l'eau...les techniques d'infiltration mises en avant actuellement poussent à présent les acteurs de l'assainissement à construire « avec » l'eau... il reste encore un grand pas à franchir avant de construire « **autour** » de l'eau et de ses écosystèmes...

Néanmoins la législation encourage le retour de ces marais ; il faut à présent s'assurer du relai de ce portage par les institutions locales, qui sur le territoire de la METRO sont diverses, partagées entre différents bassins versants, ou gestionnaires. La mise en place de la nouvelle compétence GEMAPI de la METRO, semble en effet relever elle aussi de l'exploit !

CONCLUSION

L'hydrologie urbaine est en pleine mutation, le regard porté sur l'eau a basculé. A l'heure où la réglementation se refuse à extraire l'eau de son environnement, majoritairement pour des raisons de préservation de sa qualité, l'hydrologie doit commencer à penser avec l'eau et son biotope et, lorsqu'elle n'est pas récupérée, à la réintégrer in situ dans son cycle naturel.

Il lui faut s'engager à présent dans la lecture du territoire et proposer des solutions de gestion des eaux pluviales en adéquation avec des caractéristiques intrinsèques des milieux concernés.

La tendance actuelle est à l'infiltration : facile à mettre en place (sur des sols adéquats), et économique elle semble être la réponse la mieux adaptée aux problématiques urbaines. Néanmoins elle permet le transfert des polluants dans les sols qui à terme (et à l'exception des quelques substances absorbées en surface par les micro-organismes), atteindront la nappe phréatique. Lorsqu'elle n'est pas physiquement possible (contrainte de perméabilité ou de proximité de nappe), elle est en général compensée par des espaces de stockage / restitution à débit régulé.

Les qualités des marais ont été développées tout au long de ce mémoire : réservoirs de biodiversité, atténuation des risques d'inondation, pouvoir épuratoire vis à vis des polluants contenus dans les eaux y compris pluviales (phosphore et azote principalement) et illustrées par des exemples (divers et remarquables) d'applications en milieu urbain ou péri urbain. Ils se sont intégrés assez naturellement dans les espaces ruraux pour l'épuration des eaux, mais commencent petit à petit à s'implanter dans nos espaces urbains. Ils se présentent en effet comme des dispositifs porteurs de services qui répondent à des préoccupations croissantes : les inondations (aux débordements des cours d'eau s'ajoutent les ruissellements des zones urbaines), l'apparition des phénomènes d'îlots de chaleur liés à la densification urbaine, la perte d'attractivité des villes (face à laquelle on compense par des espaces de loisirs, de détente, de partage), et enfin la pollution générée par les espaces urbains qui affecte la qualité des eaux (des cours d'eau mais aussi de nos nappes).

L'analyse menée sur la métropole grenobloise confirme la pertinence d'aménagements de zones humides sur un territoire particulièrement vulnérable, dont l'urbanisation s'est appuyée sur des dispositifs techniques et dont on perçoit à présent les limites.

La ville peut tirer de nombreux bénéfices de ces marais artificiels : ressource paysagère et urbaine ils deviennent des symboles de cohésion sociale, ils peuvent contribuer à réguler la température de nos espaces urbains, et devenir aussi des zones de récupération des eaux pour du recyclage dans un contexte de raréfaction de la ressource. Leurs enjeux peuvent se révéler localement ou rayonner sur un vaste territoire notamment lorsqu'on fait appel à leurs qualités fonctionnelles de rétention des eaux de crues ou d'auto épuration. Les préjugés à leur égard sont tout de même nombreux et leur réintégration dans nos espaces nécessite un portage particulier, si ce n'est une véritable politique menée sur l'ensemble du territoire. L'étude de leur réintroduction peut, il me semble être justifiée notamment sur des territoires où leur empreinte est forte, où l'environnement est favorable, et où, par une présence passée et parfois latente, ils appartiennent à leur identité.

Les marais nous transposent au cœur même du cycle naturel de l'eau, par l'aboutissement de ce cycle, ils nous aident à comprendre les enjeux de sa préservation et nous encouragent à sortir d'une vision prédatrice de l'aménagement, nous appuyer sur le génie écologique, et entrer dans une vision plus intégrée de la politique de l'eau et un peu plus poétique de l'urbanisme ...



Image : H. Miyazaki, *Nausicaä de la Vallée du vent*, 1984, Studio Ghibli

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages :

- « L'eau dans la ville Une amie qui nous fait la guerre » Catherine CARRE Jean Claude DEUTSCH
- « Villes inondables : prévention, adaptation, résilience. Cities and flooding. » Christian PIEL; Jean-Baptiste MARIE ; Magali CHAPTAL
- « Réussir la planification et l'aménagement durables. Guide méthodologique. » Nadine BLOT; Nadège DIDIER ; Sophie LEBRETON
- « L'eau de Grenoble : un patrimoine en héritage » Béatrice METEGNIER
- « Atlas de l'eau » David BLANCHON
- « Evaluation des impacts des stations d'épuration et de leur réseau de collecte. Eléments techniques » Editions du CERTU, 2003
- « Archéologie du territoire en France 8 000 d'aménagements » V. CARPENTIER, P. LEVEAU
- « Les jardins et la pluie », N. DUNNETT et A. CLAYDEN
- « Aménagements et eau » A. LOHRER
- « Un risque souterrain la remontée des nappes aquifères », C. DOURLENS
- « Histoire des marais et des maladies causées par les émanations des eaux stagnantes » J.B. MONTFALCON (1824)
- « Histoire du dessèchement des lacs et des marais en France avant 1789 » Comte de DIENNE (1891)
- « L'invitation des services d'assainissement dans la fabrique de la ville : une nouvelle forme de politisation des services techniques », par E. RIOUST, J.F. DEROUBAIX, J.C. DEUTSCH, G. HUBERT tiré de « Transformation des horizons urbains » sous la direction de F. de CONINCK et JF DEROUBAIX.
- « La ville au risque de l'eau », C. DOURLENS et P. VIDAL-NAQUET
- « Une protection de l'environnement à la française ? » sous la direction de C.F. MTHIS et J.F. MOUHOT

Articles/ Rapports :

- « Pour une histoire des zones humides en France (xvii-xlxiè siècle) » J.M. DEREK
- « *Les milieux humides remarquables, des espaces naturels menacés Quelle occupation du sol au sein des sites Ramsar de France métropolitaine ?* » *Rétrospective 1975- 2005*, Christian PERENNOU, Anis GUELMAMI & Elie GAGET Tour du Valat/ OZHM Mars 2016
- « Le ruissellement : le comprendre pour agir et diagnostiquer », dossier « Techni. Cités » mars 2015, C. POULARD et P. BREIL
- « Observatoire des services publics d'eau et d'assainissement Panorama des services et de leurs performances » rapport de février 2012 réalisé par « ONEMA»
- « « La qualité des eaux de pluie », rapport « Observation et statistiques n°88 » de juin 2011, Commissariat général au développement durable
- « Outils de bonne gestion des eaux de ruissellement en zones urbaines » EAU SEINE NORMANDIE
- « Les tempêtes et inondations les plus meurtrières en France depuis 1990 », le nouvel obs (oct 2015)
- POLLUTION DES EAUX PLUVIALES, note rédigée par Bernard Chocat, Insa de Lyon et Juin 2014 le groupe de travail "eaux pluviales et aménagement" du Graie
- Articles divers de « Zones Humides Infos »
- « Quelle maîtrise publique des eaux pluviales urbaines en France ? » Catherine Carré, Sylvie Barraud, Michel Debordes, Jean Claude Deutsch, Anne Guillon, Dominique Laplace, Christian Roux, Yves Kovacs
- Guide Pratique du grand LYON : « Aménagement des Eaux pluviales » ; Grand Lyon - Fiche n°05 : Bassins de rétention et/ou infiltration ;
- « État des lieux de la conformité des stations de traitement des eaux usées », octobre 2011
- « Impacts des rejets urbains de temps de pluie (RUTP) sur les milieux aquatiques : État des connaissances », Charlotte Parent-Raoult et J.-C. Boisson
- « L'état des eaux de surface et des eaux souterraines », les synthèses n°12 juin 2015 EAU France
- « Place aux zones de rejet végétalisées » HYDROPLUS 220 janv-fev 2014
- Guide juridique, Pôle-relais Lagunes, Agence de l'eau RM&C, 2010
- « *Traitement et valorisation des eaux usées : l'exemple de la station de lagunage de Rochefort* » Félix Marsault, Bruno Naylor, Antoine Reigue
- « LES POLLUANTS DES REJETS URBAINS DE TEMPS DE PLUIE : natures, concentrations, flux, caractéristiques physico-chimiques, solides en suspension, et répartition temporelle durant les événements pluvieux » Jean-Luc BERTRAND-KRAJEWSKI
- « Efficacité des filtres plantés de roseaux pour le traitement des métaux et hydrocarbures : Cas des eaux pluviales », *Gérard BLAKE*
- document de présentation « Eaux pluviales : enjeux, solutions techniques et environnementales, nouvelles compétences » pour journée technique à Montpellier, le 16 mai 2014
- Territoire à Risque Important d'inondation (TRI) de Grenoble/Voirion : rapport explicatif
- « Etude de zone du sud grenoblois : Réalisation de l'état des lieux et du schéma conceptuel d'exposition (38) », réalisée par ANTEA GROUP Juillet 2014

Mémoires/ Thèses :

- « La maîtrise des inondations dans la plaine de Grenoble (XVII-XXème siècle) enjeux techniques, politiques et urbains. » Denis CŒUR

- « Les eaux courantes et l'Etat en France (1789-1919). Du contrôle institutionnel à la fétichisation marchande » Jean-Paul HAGHE
- « L'eau et le risque : une nouvelle approche pour vivre les Territoires » Manon LOCATELLI
- « Habiter en zone inondable, l'Arbresle à l'aube d'une expansion lyonnaise » Fabienne COILLET
- « Méthodologie pour évaluer l'infiltration des eaux pluviales en milieu urbain : test à Argenteuil (95) » Nicolas NEVEU
- « Bilan des flux métaux, carbone organique et nutriments contenus dans une rivière alpine : part des rejets urbains de l'agglomération de Grenoble et apports amont (Isère et Drac) » Solène DUTORDOIR
- « La gestion des eaux pluviales urbaines en Europe : analyse des conditions de développement des techniques alternatives » E. CHOULI

Principaux sites internet :

- <http://www.eaufrance.fr>
- <http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr>
- <http://www.gesteau.eaufrance.fr/>
- <https://fr.wikipedia.org>
- <http://www.cieau.com/>
- <http://www.fao.org/>
- <http://www.physicalgeography.net/>
- <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lessentiel/ar/306/1168/assainissement-collecte-eaux-usees-pluviales.html>
- <http://www.isere.gouv.fr/Politiques-publiques/Environnement/Eau/LSE-Loi-sur-l-eau>
- http://www.actu-environnement.com/ae/news/fret-routier-ferroviaire-fluvial_10048.php4
- <http://www.apur.org/etudes-publications>
- <http://www.label-eau-de-pluie.com/Realisation-eau-pluviale.html>
- <http://epnac.irstea.fr/zones-de-rejet-vegetalisees/>
- <http://www.isere.gouv.fr/Politiques-publiques/Amenagement-du-territoire-construction-logement/IAL-Information-Acquereur-Locataire>
- <http://www.geoportail.gouv.fr/accueil>
- http://wiklimat.developpement-durable.gouv.fr/index.php/Am%C3%A9nagement_d'une_Zone_HUide_%C3%A0_Reims_pour_l'Epuraton_et_le_Vivant
- <http://www.drac-romanche.com>

Glossaire

DCO : demande chimique en oxygène

DB05 : demande biologique en oxygène (à 5 jours)

DREAL : Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement

EH : Equivalent Habitant

EPAGE : Etablissement Public d'Aménagement et de Gestion de l'Eau

EPCI-FP : Etablissements Publics de Coopération Intercommunale à Fiscalité Propre

ETM : Eléments Traces Métalliques

FPR : Filtre Planté de Roseaux

GEMAPI : Gestion des Milieux Aquatiques et de Prévention des Inondations

Hg : Mercure

MAPTAM (loi) : loi de Modernisation de l'Action Publique Territoriale et d'Affirmation des Métropoles

MES : Matières En Suspension

NTK : Azote Kjeldahl

PAPI : Programme d'Actions et de Prévention des Inondations

RSDE : Recherche des Substances Dangereuses dans l'Eau

RUTP : Rejets Urbains de Temps de Pluie

SMVM : schéma de Mise en Valeur de la Mer

SRCE : Schéma Régional de Cohérence Ecologique

SRADDET : Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Egalité des Territoires

SLGRI : Stratégie Locale de Gestion des Risques d'Inondation

SNGRI : Stratégie Nationale de Gestion des Risques d'Inondation

TRI : Territoires à Risques importants d'Inondation

ZNIEFF : Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (les ZNIEFF de type I sont les secteurs de grand intérêt biologique ou écologique ; les ZNIEFF de type II sont les grands ensembles naturels riches et peu modifiés, offrant des potentialités biologiques importantes).

ZRV : Zone de Rejet Végétalisée

ANNEXES

**MARAIS DES VILLES
(gestion des eaux pluviales et retour
des marais en milieu urbain ou
périurbain)**

MH MOODY

Mémoire de master 2

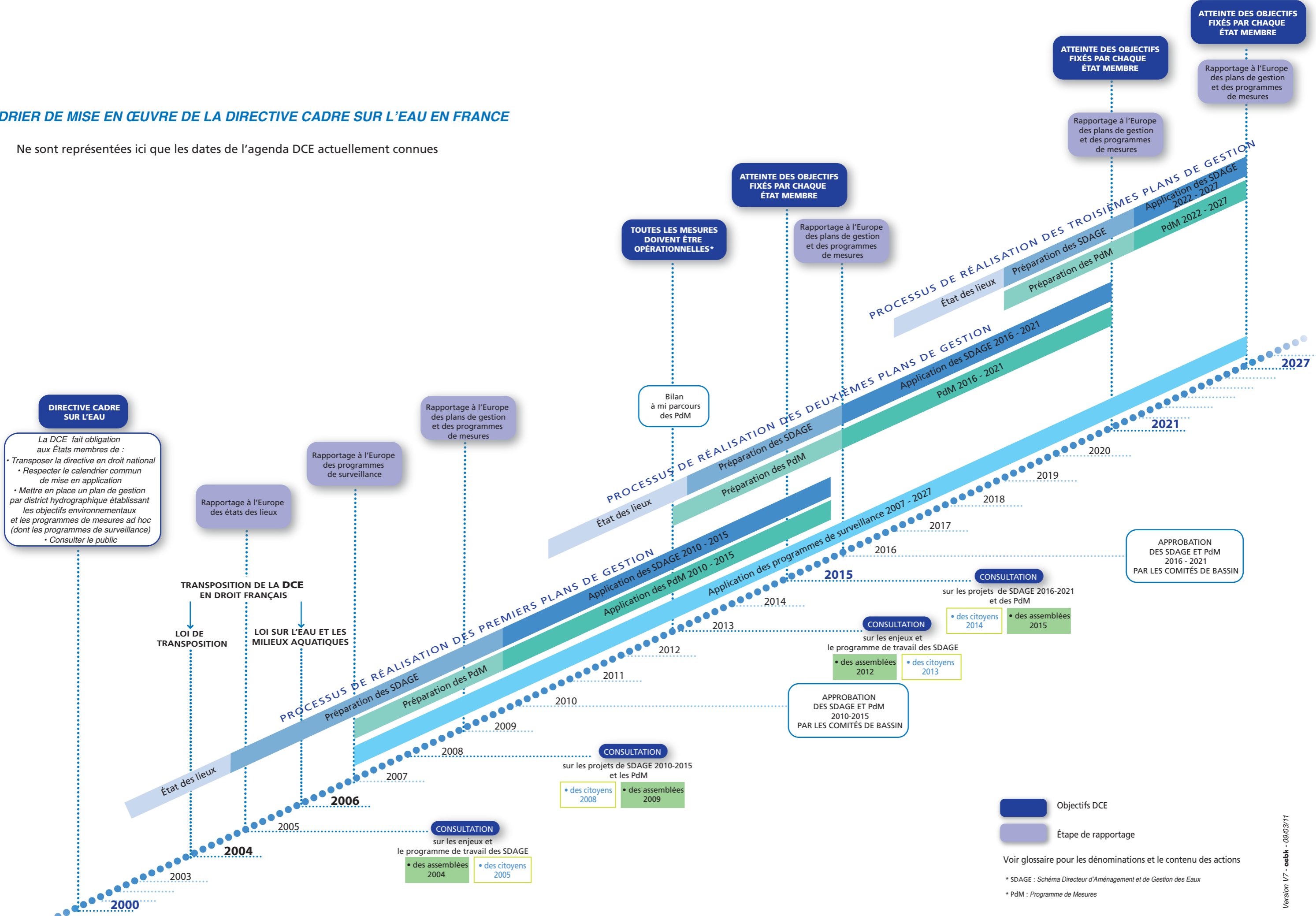
« Urbanisme et Projet Urbain »

Contenu

Calendrier de la DCE française	2
Sites RAMSAR français AU 31/12/2015 (Source : Les milieux humides remarquables, des espaces naturels menacés <i>Quelle occupation du sol au sein des sites Ramsar de France métropolitaine ? Rétrospective 1975- 2005</i> , Christian PERENNOU, Anis GUELMAMI & Elie GAGET Tour du Valat/ OZHM Mars 2016)	3
Concentration des charges polluantes des eaux rejetées.....	6
Importance relative de la contamination des eaux de ruissellement de différents types de surfaces urbaines (<i>Source : Outils de bonne gestion des eaux de ruissellement en zones urbaines, Agence de l'eau Eau Seine Normandie</i>)	7
Normes de rejets à respecter pour les réseaux séparatifs pluviaux : Exemple du Grand LYON (Source : Gd LYON guide méthodologique des EP)	8
Répartition des stations de traitement des eaux usées selon leurs capacités, et le type de filière de traitement en 2008	8
Performances de la station de lagunage de Rochefort (cf « <i>Traitement et valorisation des eaux usées : l'exemple de la station de lagunage de Rochefort</i> » Félix Marsault, Bruno Naylor, Antoine Reigue)	9
Conformité des stations de traitement des eaux usées.....	9
Performances épuratoires des stations d'épuration des agglomérations d'assainissement recevant une charge de pollution brute supérieure à 120kg/J de DB05 (zone sensible au sens de la directive européenne « Eaux Résiduaires Urbaines »).....	10
Résultats des tests sur le filtre de Neydens (source : NOVATECH'2007)	10
Inventaire des zones humides de la METRO (source Inventaire des zones humides, AVENIR /conservatoire des espaces naturels, rapport méthodologique, avril 2009).....	12
Carte de situation de la Réserve Naturelle Régionale des Isles du Drac.....	16
Etat d'avancement des PPRI.....	17
Carte des sols de la METRO (Fond de carte des sols réalisé par la Chambre d'agriculture Isère).....	18
Principales crues du Drac et de l'Isère dans la plaine de Grenoble (1600-1950) Extrait de « La maîtrise des inondations dans la plaine de Grenoble (XVII-XXème siècle) enjeux techniques, politiques et urbains. » Denis CŒUR.....	20
Hauteurs des eaux dans la ville de Grenoble lors des inondations de (a) 1651, (b)1740, (c) 1859. Extrait de « La maîtrise des inondations dans la plaine de Grenoble (XVII-XXème siècle) enjeux techniques, politiques et urbains. » Denis CŒUR.....	21
Périmètres de protection rapprochés à Vizille (source http://www.sierg.org/).....	24
Zone propre d'Aquapole (extrait du rapport assainissement de la METRO, 2014)	26
Populations et emplois impactés par les surfaces inondables (cf cartes du TRI de GRENOBLE VOIRON)	27
Comparaison des cartes d'inondation du TRI et des PPRI de la METRO.....	28

CALENDRIER DE MISE EN ŒUVRE DE LA DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU EN FRANCE

Ne sont représentées ici que les dates de l'agenda DCE actuellement connues



* Une mesure est considérée comme opérationnelle dès lors qu'a été mis en place le cadre législatif, réglementaire et financier nécessaire à sa mise en œuvre.

SITES RAMSAR FRANÇAIS AU 31/12/2015

N°	Code Ramsar	Nom (Nom Ramsar)	Nature	Région	Superficie (ha)	Date
1	346	Camargue	Zones humides méditerranéennes de delta	Languedoc-Roussillon Provence-Alpes-Côte d'Azur	85000	1986
2	520	Etang de Biguglia	Etang saumâtre méditerranéen	Corse	1450	1991
3	519	Rives du Lac Léman	Ensemble de lac, étangs et cours d'eau	Rhône-Alpes	3335	1991
4	515	Etangs de la petite Woëvre	Etangs continentaux	Lorraine	5300	1991
5	514	Etangs de la Champagne Humide	Etangs continentaux, prairies humides	Champagne-Ardenne Lorraine	235000	1991
6	516	Marais du Cotentin et du Bessin, Baie des Veys	Marais littoraux, tourbières	Basse-Normandie	32500	1991
7	517	Golfe du Morbihan	Eaux marines, vasières tidales	Bretagne	23000	1991
8	518	La Brenne	Etangs continentaux, landes et prairies humides	Centre	140000	1991
9	642	Grand cul de sac marin(<i>Grand Cul de Sac Marin de la Guadeloupe</i>)	Eaux marines tropicales, récifs coralliens, mangroves	Guadeloupe	20000	1994
10	643	Basse Mana	Zones humides tropicales marines et côtières	Guyane	59000	1994
11	644	Marais de Kaw	Mangroves, étangs	Guyane	137000	1994
12	709	Baie du Mont Saint-Michel	Eaux marines, vasières et prairies humides	Bretagne Basse-Normandie	62000	1994
13	713	Marais de la Grande Brière(<i>Grande Brière</i>)	Marais atlantiques	Pays de la Loire	19000	1995
14	714	Lac de Grand Lieu	Lac d'eau douce	Pays de la Loire	6300	1995
15	715	Basses vallées angevines	Plaine alluviale, prairies inondables	Pays de la Loire	6450	1995

SITES RAMSAR FRANÇAIS AU 31/12/2015

N°	Code Ramsar	Nom (Nom Ramsar)	Nature	Région	Superficie (ha)	Date
16	746	Marais salants de Guérande et du Mès	Marais salants atlantiques	Bretagne Pays de la Loire	5200	1995
17	786	Petite Camargue fluvio-lacustre(<i>La Petite Camargue</i>)	Lagunes et marais méditerranéens	Languedoc-Roussillon Rhône-Alpes	37000	1996
18	925	Baie de Somme	Estuaires, vasières, prairies humides	Nord-Pas-de-Calais Picardie	17000	1998
19	1268	Lac du Bourget(<i>Lac du Bourget - Marais de Chautagne</i>)	Lac d'eau douce	Rhône-Alpes	5500	2003
20	1269	Fier d'Ars(<i>Marais du Fier d'Ars</i>)	Marais littoraux, Vasières, marais salants	Poitou-Charentes	4452	2003
21	1267	Lindre et forêt du Romersberg(<i>Etangs du Lindre, Forêt du Romersberg et zones voisines</i>)	Etangs, mares, prairies humides	Lorraine	5308	2003
22	1266	Vallée du Drugeon (Bassin du Drugeon)	Tourbières, marais alcalins, étangs	Franche-Comté	5980	2003
23	1593	Etangs de la Narbonnaise(<i>Les Etangs littoraux de la Narbonnaise</i>)	Herbiers lagunaires, roselières, jonchaies, sansouires, steppes salées	Languedoc-Roussillon	12334	2006
24	1651	Mares temporaires de Tre Padule de Suartone	Mares temporaires méditerranéennes	Corse	218	2007
25	1810	Rhin supérieur(<i>Rhin supérieur / Oberrhein</i>)	Site transfrontalier franco-allemand : ancien lit majeur du Rhin, forêts alluviales	Alsace	22413	2008
26	1832	Etangs palavasiens	Lagunes côtières	Languedoc-Roussillon	5797	2008
27	1833	Impluvium d'Evian	Zone d'infiltration des eaux d'Evian	Rhône-Alpes	3275	2008
28	1831	Etang d'Urbino	Lagune côtière	Corse	790	2008
29	1829	Etang de Palo	Lagune côtière d'eau douce	Corse	212	2008
30	1836	Etangs de Villepey	Lagunes méditerranéennes	Provence-Alpes-Côte d'Azur	255	2008

SITES RAMSAR FRANÇAIS AU 31/12/2015

N°	Code Ramsar	Nom (Nom Ramsar)	Nature	Région	Superficie (ha)	Date
31	1838	Salins d'Hyères	Zone humide côtière, anciennes salines	Provence-Alpes-Côte d'Azur	900	2008
32	1828	Estuaire du fleuve Sinnamary	Grand ensemble de mangroves, d'étangs côtiers d'eau douce et de delta	Guyane	28400	2008
33	1830	Etang des Salines	Lagunes côtières	Martinique	207	2008
34	1837	Réserve naturelle nationale des Terres australes françaises	Grand ensemble de zones humides marines, côtières et terrestres ; fjords, tourbières, lacs etc.	TAAF	2270000	2008
35	1834	Lagon de Moorea	Récif corallien	Polynésie française	5000	2008
36	1835	Marais Audomarois	Marais artificiel avec nombreuses cultures maraîchères	Nord-Pas-de-Calais	3726	2008
37	1994	Tourbière de Moltifao	Tourbière	Corse	12	2012
38	2029	Réserve naturelle nationale de Saint-Martin (Zones humides et marines de Saint-Martin)	Etangs, salines et zone marine côtière	Saint-Martin	2996	2012
39	2002	Vasière des Badamiers	Zones intertidales et mangroves	Mayotte	115	2012
40	2073	Réserve naturelle nationale d'Europa(<i>Ile d'Europa</i>)	Mangroves lagonaires coralliennes	TAAF	205800	2012
41	1996	Delta de la Leyre(<i>Bassin d'Arcachon - Secteur du delta de la Leyre</i>)	Vasières lagunes et prés salés	Aquitaine	3032	2012
42	1995	Marais d'Orx(<i>Marais d'Orx et zones humides associées</i>)	Marais et prairies humides	Aquitaine	962	2012
43	2194	Les Lacs du Grand Sud Néo-Calédonien	Lac artificiel, forêts humides et maquis minier	Nouvelle-Calédonie	43970	2014
44	2247	Marais Vernier et Vallée de la Risle maritime	Marais, prairies humides, tourbières	Haute Normandie	9567	2015
					Superficie totale	3535756 ha

Concentration des charges polluantes des eaux rejetées

Fourchettes de concentrations des différents rejets par temps sec (« eau résiduaire urbaine ») et par temps de pluie (mg/l), *Ellis, Philippe et Ranchet 1987, Mémento Degrémont 1989* :

Paramètres	Eau résiduaire urbaine	Rejets pluviaux séparatifs	Rejets pluviaux unitaires
MES	150-500	21 - 2600	176 - 2500
Fraction organique MES	70 - 80 %	18 - 30 %	40 - 65 %
DCO	300 - 1000	20 - 500	42 - 900
DBO ₅	100 - 400	3 - 184	15 - 301
DCO/DBO ₅	2	5 - 7.5	3.4 - 6.0
NTK	30 - 100	4 - 20	21 - 28.5
N-NH ₄	20 - 80	0.2 - 4.6	3.1 - 8.0
Pt	10 - 25	0.02 - 4.3	6.5 - 14.0

Fourchette des flux polluants annuels à l'aval des bassins versants séparatifs et unitaires (kg/an/ha imperméabilisé), *Philippe et Ranchet 1987, Ellis 1991, Chocat 1992, Bachoc et al. 1992* :

Paramètres	Rejets pluviaux séparatifs	Rejets pluviaux unitaires
MES	350 - 2300	100 - 3500
DCO	22 - 1100	62 - 2000
DBO ₅	35 - 210	85 - 800
N-NH ₄	1 - 25	15 - 85
Ptotal	0.5 - 4.9	2.2 - 8.8

Concentrations moyennes en métaux (µg/l), *Ellis 991, Levy et Lara 1992* :

Paramètres	Rejets pluviaux séparatifs	Rejets pluviaux unitaires	Tous rejets pluviaux
Cd	-	-	1 - 60
Cu	-	-	10 - 750
Pb	10 - 3100	80 - 450	40 - 2610
Zn	10 - 3680	100 - 1070	50 - 2550

Concentration des hydrocarbures des RUTP (*Chocat 1992*) :

Hydrocarbures (mg/L)	Réseaux unitaires	Réseaux séparatifs
Minimum	4.1	1.5
Moyenne	5.5	5
Maximum	9.2	9.3

Flux annuels d'hydrocarbures à l'aval des bassins versants unitaires et séparatifs (*Chocat 1992*) :

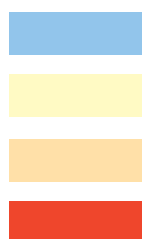
Réseaux unitaires	Réseaux séparatifs
5 - 80	4 - 35



FICHE 2

Tableau 1 : importance relative de la contamination des eaux de ruissellement de différents types de surfaces urbaines
(R.A. = Retombées Atmosphériques).

				Paramètres globaux	Métaux	Micropolluants organiques	
Bâtiments	Toitures	Couvertures métalliques (Cu, Pb, Zn,...)		-	++/++++	-RA	
		Autres	Toits tuiles ou ardoises avec éléments métalliques		-	+ / ++ (si Pb)	-RA / + ++ dans les mois qui suivent un traitement anti-mousses (biocides)
			Toits tuiles ou ardoises avec éléments métalliques		-	-	-RA / +
			Toits terrasse	non végétalisé	-	-	+ / ++ (HAP, phtalates, FBDE?, alkylphénols?) risques démissions par les membranes d'étanchéité (non quantifiés actuellement)
		végétalisé		+	- ++ si évacuation en plomb	+ / ++ (mécoprop)	
	Facades			-	Risques d'émissions de polluants mais manque de données sur le flux		
Parkings et voiries	Parkings	faible renouvellement, type parking événementiel (centre de congrès, salle de spectacle,...)		-	+	+	
		renouvellement moyen, type zone résidentielle, parking d'entreprise		+	++	++	
		fort renouvellement, type zone commerciale, centre-ville		++	+++	+++	
	Voiries	faible trafic, bonne fluidité		-	+	+	
		faible trafic, bonne fluidité		+	++	++	
		fort trafic, bonne fluidité mais présence de feux et stops		+	++	++	
		trafic non fluide		++	+++	+++	
	Zones piétonnes imperméables et places				-RA / ++ selon l'activité dans la zone et la nature des revêtements	-RA / +	-RA / +
Espaces vert		risque de contamination du ruissellement par les produits phytosanitaires		+ / ++ selon la surface	-RA	-RA / ++ selon le traitement des espaces verts	



Faible contamination

Contamination modéré

Contamination significative

Forte contamination

Niveau de contamination variable suivant l'activité, l'entretien, etc...

Faible à modéré

Faible à significative

Normes de rejets à respecter pour les réseaux séparatifs pluviaux :

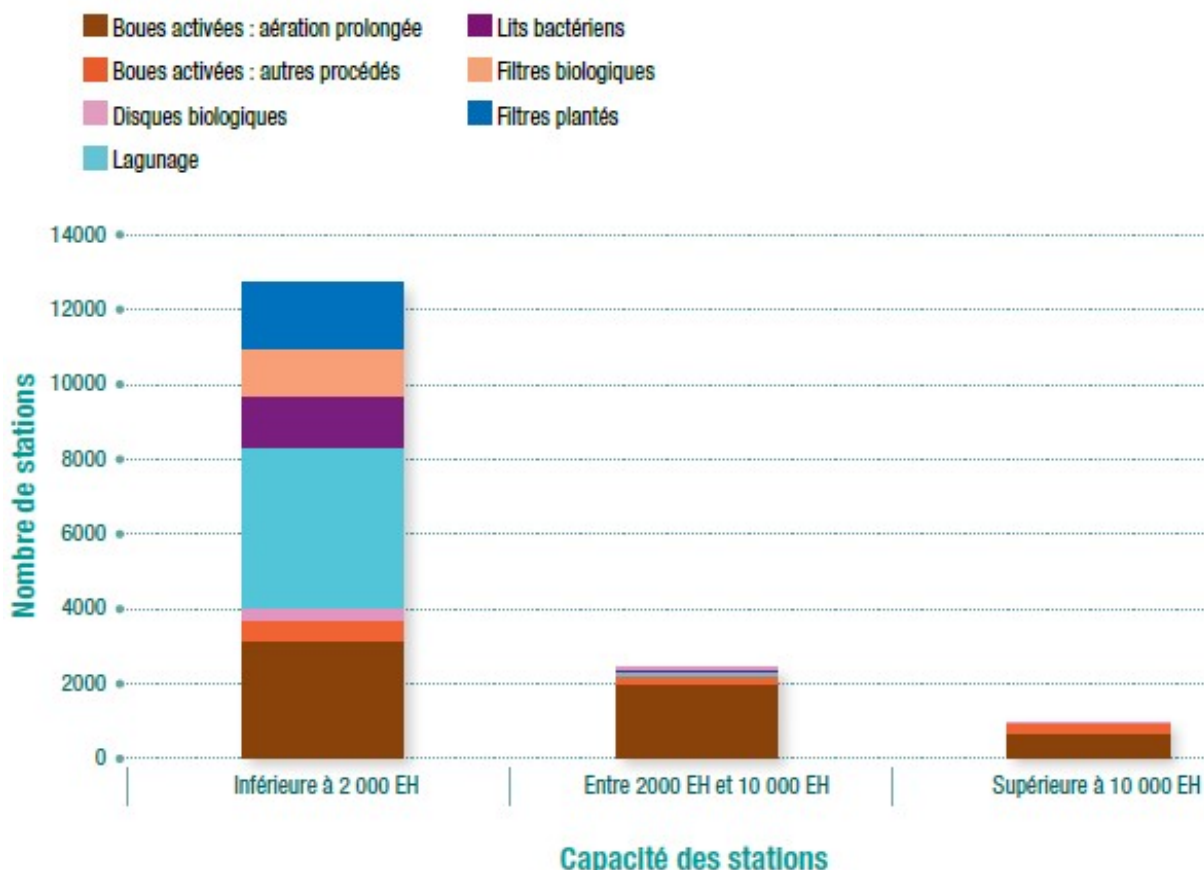
Exemple du Grand LYON (Source : Gd LYON guide méthodologique des EP)

Paramètres	Valeurs limites admissibles (en milligramme/litre)
DCO	2000
DBO5	800
MEST	600
Azote global	150
Phosphore total	50
Indice hydrocarbures	10
Substances extractibles à l'hexane	150 milligrammes/kilogramme
Arsenic total	0.05
Cadmium total	0.2
Chrome total	0.5
Cuivre total	0.5
Mercure total	0.05
Nickel total	0.5
Plomb total	0.5
Zinc total	2

Répartition des stations de traitement des eaux usées selon leurs capacités, et le type de filière de traitement en 2008

Répartition des stations de traitement des eaux usées selon leur capacité et le type de filière de traitement en 2008

Source : BDERU (Ministère chargé de l'écologie) - Services de police de l'eau - décembre 2008



Performances de la station de lagunage de Rochefort (cf « *Traitement et valorisation des eaux usées : l'exemple de la station de lagunage de Rochefort* » Félix Marsault, Bruno Naylor, Antoine Reigue)

Exigences spécifiques à la station (demandées par arrêté) : qualité eaux de baignade

Paramètre	Valeur maximale à ne pas dépasser	Rendement minimum de la station
MES ⁵	150 mg/l	70 %
DBO5	40 mg/l	80 %
DCO	125 mg/l	75 %
NTK	40 mg/l	63 %

Concentration et rendements annuels moyens de la station (année 2010)

Paramètre	Cm entrée (mg/l)	Cm sortie (mg/l)	Fm entrée (kg/j)	Fm sortie (kg/j)	Rendement
MES	305	55	1585	296	81%
DBO5	313	7	1571	33	98%
DCO	729	69	3785	374	90%
NTK	72	31	360	153	58%
N-NH4	61	29	308	142	54%
N-NO3	4	3	21	16	23%
Pt	7	4	36	20	47%

Conformité des stations de traitement des eaux usées¹

Au 31 décembre 2008, en France :

- ▀ 99% des stations de traitement des eaux usées sont conformes pour la collecte
- ▀ 89% des stations de traitement des eaux usées sont conformes pour l'équipement
- ▀ 80% des stations de traitement des eaux usées sont conformes pour les performances.

¹ <http://www.eaufrance.fr/>

Performances épuratoires des stations d'épuration des agglomérations d'assainissement recevant une charge de pollution brute supérieure à 120kg/J de DB05 (zone sensible au sens de la directive européenne « Eaux Résiduaires Urbaines »)

Les seuils indiqués sont des minimums (conformément à l'arrêté du 22 juin 2007), l'étude d'impact peut y ajouter des contraintes

	CONCENTRATION		Rendement minimal d'épuration par rapport aux valeurs d'entrée
DBO5 - Demande biologique en oxygène	25 mg/l O2	OU	70 % pour les stations de 120 à 600 Kg/j de DB05. 80 % pour les stations traitant une charge supérieure à 600 kg/j de DB05.
DCO - Demande chimique en oxygène	125 mg/l O2	OU	75 %
MES Matières en suspension	35 mg/l	OU	90 %
EN ZONE SENSIBLE			
NGL Azote global	15 mg/l pour une charge brute de pollution entre 600 et 6 000 kg/jour 10 mg/l pour une charge brute de pollution > 6 000 kg/jour	OU	70 %
PT Phosphore total	2 mg/l pour une charge brute de pollution entre 600 et 6 000 kg/jour 1 mg/l pour une charge brute de pollution > 6000 kg/jour	OU	80 %

Les exigences de performances des installations d'épuration devant traiter une charge brute de pollution inférieure ou égale à 120kg/j de DB05 (mais supérieure à 1,2 kg/j de DB05) sont de 35 mg/l de DB05 (ou un rendement de 60 %), pour des rendements de 60 % en DCO et 50 % en MES. Pour une installation de lagunage, la seule norme à respecter concerne la DBO (échantillon non filtré) pour un rendement minimum de 60 %.

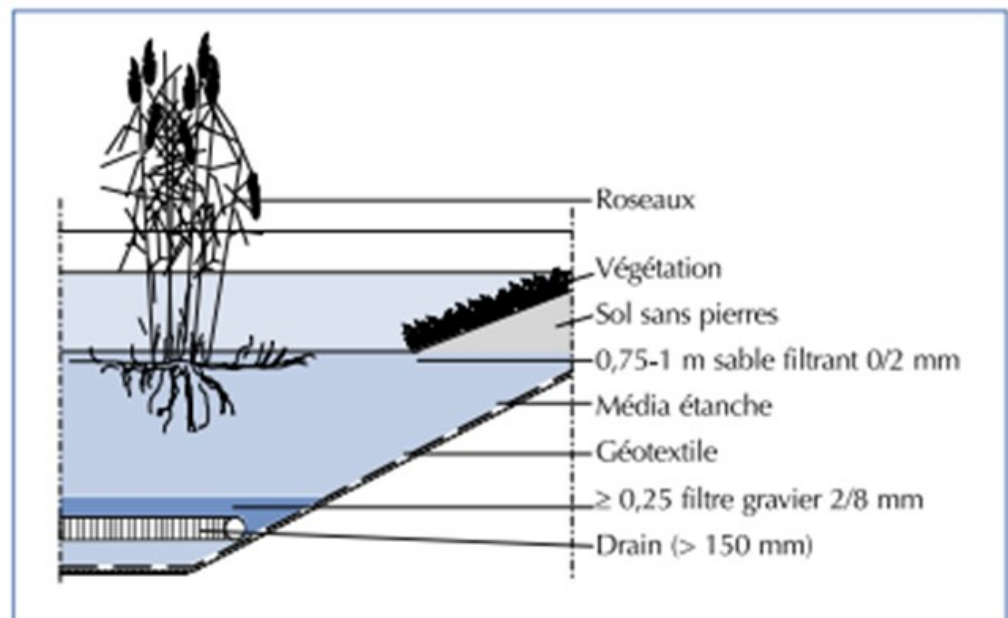
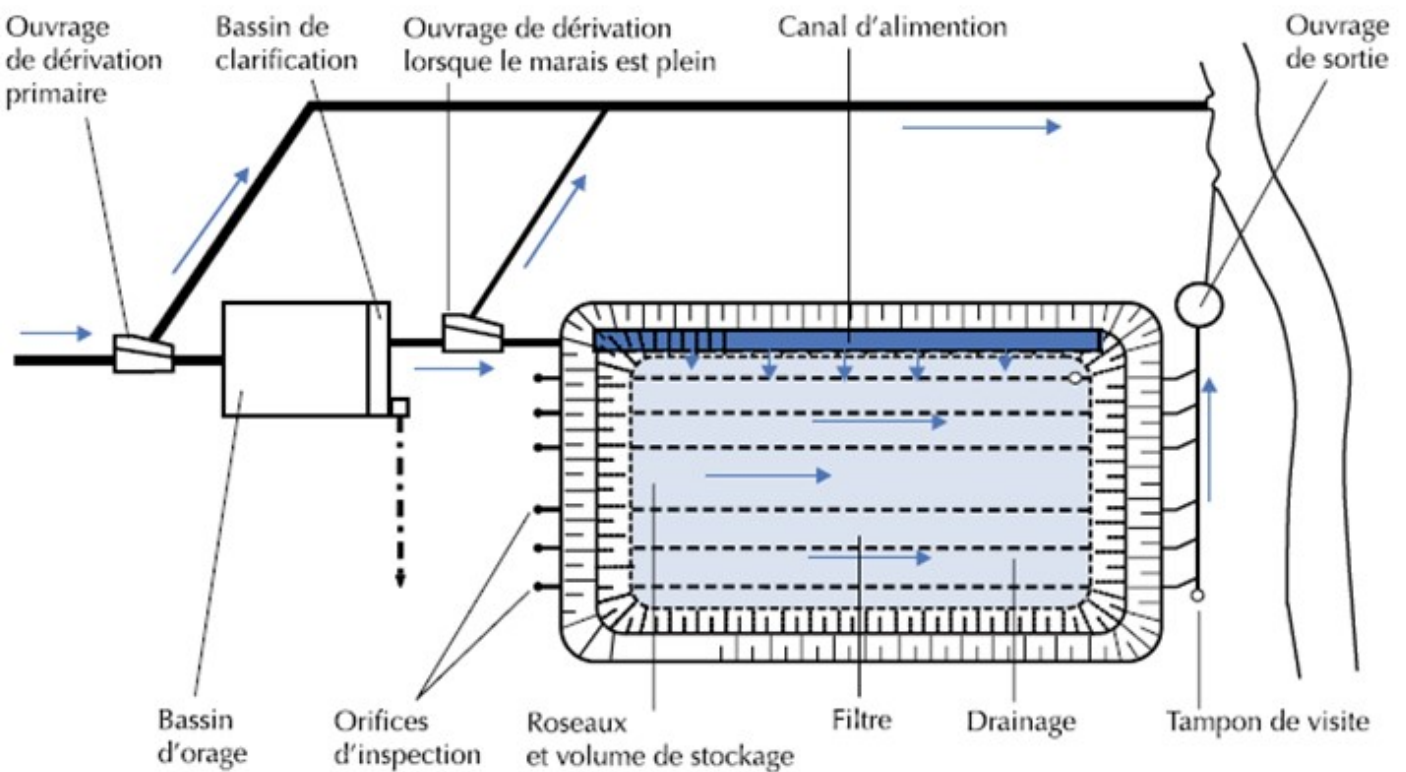
Pour les systèmes d'assainissement non collectif recevant une charge brute inférieure à 1,2kg/j de DB05, se référer à l'arrêté de prescriptions techniques du 6 mai 1996.

Résultats des tests sur le filtre de Neydens (source : NOVATECH'2007)

Il s'agit de dispositifs de FPR (3 bassins totalisant 2600m²), implantés sur la commune de Neydens, en bordure de la frontière franco-suisse, mis en service en 2002, qui traitent les eaux pluviales de la RN 201 : 18000 véhicules/jour en moyenne. L'exutoire est le ruisseau de Ternier.

Polluants	Rendement	Effets des roseaux
MES	95 %	Pas de colmatage
DCO	69 %	Oxygénation du massif filtrant par les rhizomes
Zinc	78 %	Formes solubles éliminées par précipitation : meilleur gradient redox à l'interface racines/sédiments
Plomb	81 %	
Cadmium	25 %	
Hydrocarbures	82 %	Développement de microorganismes qui dégradent les hydrocarbures

Configuration d'un marais artificiel avec traitement des surverses de déversoir d'orage² :



² « Marais artificiels pour le traitement des surverses de déversoir d'orage- Point sur la pratique et la recherche en Allemagne », Mathias UHL et Ulrich DITTMER

Inventaire des zones humides dans la métropole grenobloise

Commune	Code de la Zone humide	Nom de la Zone humide	Superficie de la zone humide en ha	Superficie de la commune en km2	% de la surface de la commune en zone humide	% de la surface de la commune en zone humide
Bresson	38GR0036	Golf de Bresson- Jarrie	1,52	2,78	0,55%	0,55%
Brié-et-Angonnes	38BB0083	L'enclos amont	2,05	9,7	0,21%	0,34%
	38BB0082	etang des Longs	1,29		0,13%	
Champagnier	38RD0010	Le Drac amont	2,06	6,61	0,31%	2,43%
	38RD0017	Pré Langon	0,82		0,12%	
	38RD0120	Le Drac	13,18		1,99%	
Champ-sur-Drac	38RD0010	Le Drac Amont	146,3	8,92	16,40%	17,48%
	38RD0011	La Combe	6,63		0,74%	
	38RD0047	La Romanche	2,99		0,34%	
Claix	38GL0013	Ruisseau de la Rebine	32,54	24,12	1,35%	2,90%
	38GL0014	Tourbière du Peuil	7,76		0,32%	
	38RD0120	Le Drac	29,69		1,23%	
Corenc				6,5	0,00%	0,00%
Domène	38GR0028	Boucle du Bois Français	11,51	5,29	2,18%	5,27%
	38GR0029	Beauregard	0,01		0,00%	
	38GR0030	Le Moiran	0,87		0,16%	
	38GR0031	Le Mas de l'île	15,51		2,93%	
Échirolles	38RD0120	Le Drac	5,33	7,86	0,68%	0,68%
Eybens				4,5	0,00%	0,00%
Fontaine	38RD0120	Le Drac	18,84	6,74	2,80%	2,80%
Fontanil-Cornillon (Le)	38GR0039	Canal de la Vence	66,52	5,5	12,09%	12,12%
	38VE1002	Bois du Gélinot	0,1		0,02%	
	38VE1003	Caderousse	0,06		0,01%	
Gières	38GR0030	Le Moiran	0,01	6,93	0,00%	12,32%
	38GR0031	Le Mas de l'île	70,71		10,20%	
	38GR0032	Boucle de la Taillat	6,26		0,90%	
	38GR0033	Parc de l'île d'Amour	8,42		1,22%	
Grenoble (siège)	38GR0034	Forêt alluviale de la Boucle des Sablons	3,23	18,13	0,18%	2,94%
	38RD0120	Le Drac	50,14		2,77%	
Gua (Le)	38GL0008	Girivel	7,3	28,48	0,26%	0,26%
Herbeys	38BB0085	Les Combes	0,5	7,73	0,06%	0,06%
Jarrie	38RD0010	Le Drac Amont	0,21	13,26	0,02%	2,51%
	38RD0012	Côte Plaine	5,18		0,39%	
	38RD0013	Chateau de Jouvin	1,26		0,10%	
	38RD0014	Ruisseau Le Saint Didier	3,97		0,30%	
	38RD0015	Les Chaberts	5,18		0,39%	
	38RD0016	Le Lac (réserve naturelle)	10,43		0,79%	
	38RD0017	Pré Langon	0,49		0,04%	
	38RD0047	La Romanche	6,62		0,50%	
	Meylan	38GR0030	Le Moiran		35,1	
38GR0031		Le Mas de l'île	7,2	0,58%		
38GR0032		Boucle de la Taillat	104,7	8,50%		
38GR0033		Parc de l'île d'Amour	32,52	2,64%		
Miribel-Lanchâtre	38GL0035	Fond Carle	0,8	9,65	0,08%	0,08%
Montchaboud	38RD0047	La Romanche	1,93	1,96	0,98%	0,98%
Mont-Saint-Martin				5,31	0,00%	0,00%
Murianette	38GR0030	Le Moiran	0	6,07	0,00%	

Inventaire des zones humides dans la métropole grenobloise

Commune	Code de la Zone humide	Nom de la Zone humide	Superficie de la zone humide en ha	Superficie de la commune en km2	% de la surface de la commune en zone humide	% de la surface de la commune en zone humide
	38GR0031	Le Mas de l'île	34,2		5,63%	5,63%
Notre-Dame-de-Commiers	38RD0010	Le Drac amont	23,11	4,79	4,82%	4,82%
Notre-Dame-de-Mésage	38RD0018	Le Touvier	1,51	4,53	0,33%	4,11%
	38RD0047	La Romanche	17,12		3,78%	
Noyarey	38GR0039	Canal de la Vence	0,08	16,86	0,00%	5,64%
	38VE1001	Pra Paris	9,66		0,57%	
	38VE1002	Bois du Gélinot	49,67		2,95%	
	38VE1003	Caderousse	35,72		2,12%	
Poisat				2,56	0,00%	0,00%
Pont-de-Claix (Le)	38RD120	Le Drac	33,65	5,6	6,01%	6,01%
Proveysieux	38GC0011	Tuffière du Mollard	1,15	20,37	0,06%	5,70%
	38GC0012	Tourbière de Manissole	115		5,65%	
Quaix-en-Chartreuse				18,09	0,00%	0,00%
Saint-Barthélemy-de-Séchilienne	38RD0047	La Romanche	8,18	12,1	0,68%	2,05%
	38RD0121	La Romanche (croix du Moutet)	16,59		1,37%	
Saint-Égrève	38GR0037	Lac de Fiancé	11,52	10,88	1,06%	2,14%
	38GR0038	Roselière du Muscardin	2,75		0,25%	
	38GR0039	Canal de la Vence	6,57		0,60%	
	38RD0120	le Drac	2,2		0,20%	
	38VE1001	Pra Paris	0,21		0,02%	
	38VE1002	Bois du Gélinot	0,04		0,00%	
Saint-Georges-de-Commiers	38RD0009	Sert Girod	4,97	14,62	0,34%	8,62%
	38RD0010	le Drac amont	121,04		8,28%	
Saint-Martin-d'Hères	38GR0033	Parc de l'île d'amour	4,4	9,26	0,48%	1,13%
	38GR0034	Forêt alluviale de la boucle des sablons	5,67		0,61%	
	38GR0035	Le bigot	0,4		0,04%	
Saint-Martin-le-Vinoux				10,06	0,00%	0,00%
Saint-Paul-de-Varces	38GL0011	Ruisseau de Lavanchon	5,53	19,69	0,28%	0,54%
	38GL0015	Meinget	5,03		0,26%	
Saint-Pierre-de-Mésage	38RD0047	La Romanche	2,94	7,03	0,42%	0,60%
	38RD0121	La Romanche (croix du Moutet)	1,25		0,18%	
Sappey-en-Chartreuse	38GC0008	La Toue	10,25	15,13	0,68%	2,57%
	38GC0009	Marais des Sagnes	28,28		1,87%	
	38GC0010	Le Churut	0,28		0,02%	
Sarcenas				7,76	0,00%	0,00%
Sassenage	38RD0120	le Drac	13,82	13,31	1,04%	6,49%
	38VE0177	les Engenières	11,05		0,83%	
	38VE0213	Gorges d'Engins et du Bruyant	8,6		0,65%	
	38VE1000	Parc de l'Ovalie	1,5		0,11%	
	38VE1001	Pra Paris	51,4		3,86%	
Séchilienne	38RD0028	Tourbière de l'Arselle	14,43		0,67%	
	38RD0034	Tourbières sous l'Arselle	3,37		0,16%	

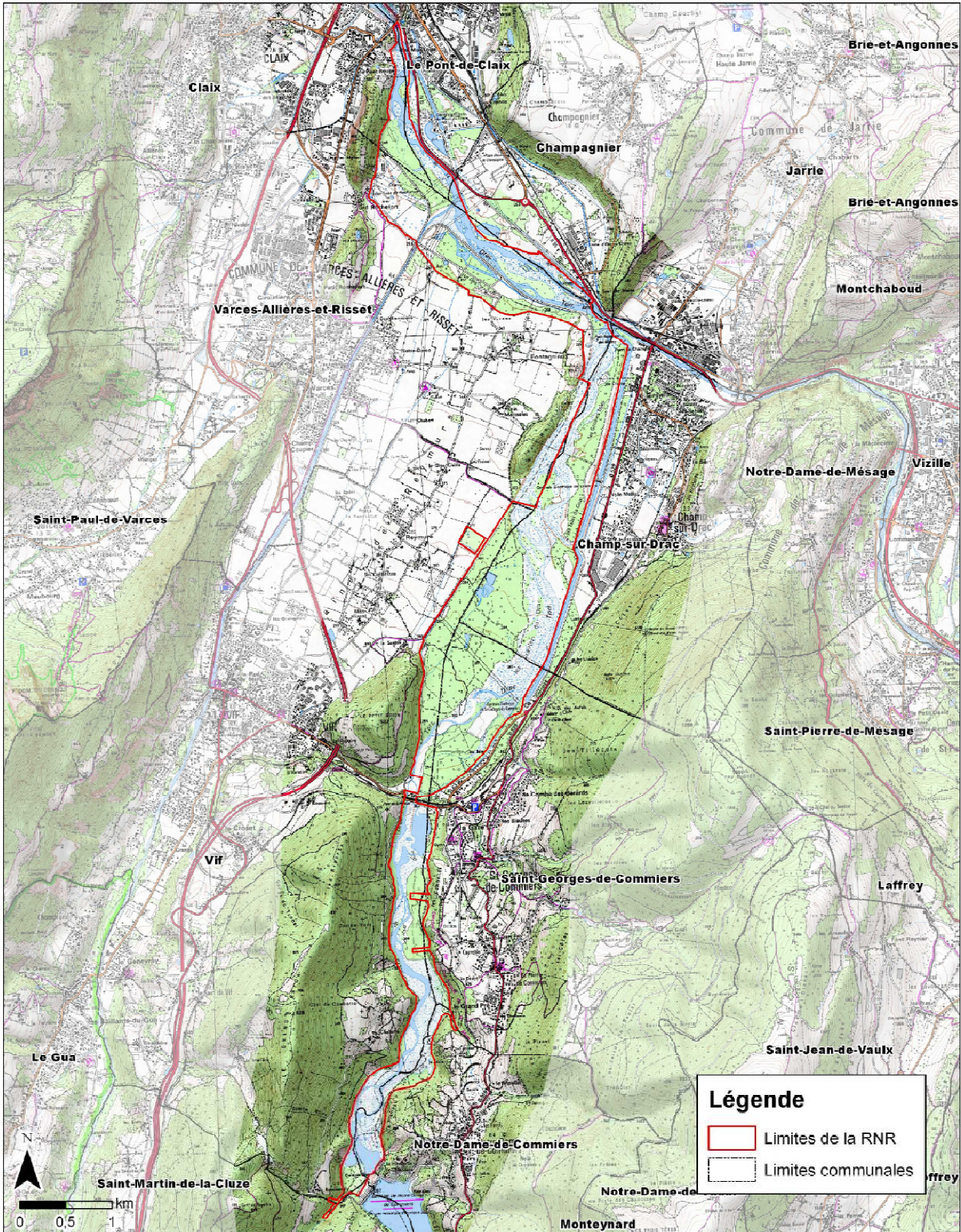
Inventaire des zones humides dans la métropole grenobloise

Commune	Code de la Zone humide	Nom de la Zone humide	Superficie de la zone humide en ha	Superficie de la commune en km2	% de la surface de la commune en zone humide	% de la surface de la commune en zone humide
		Sagnes du Pin et de l'Ours	2,62		0,12%	
	38RD0035					
	38RD0036	Lac Luitel	11,52		0,54%	
	38RD0037	Lac de Praver	1,66		0,08%	
	38RD0038	Mont sec	1,12		0,05%	
	38RD0047	La Romanche	10,92		0,51%	
	38RD0121	La Romanche (croix du Moutet)	8,74	21,47	0,41%	2,53%
Seyssinet-Pariset	38RD0120	Le Drac	8,45	10,65	0,79%	0,79%
Seyssins	38RD0120	Le Drac	27,59	8	3,45%	3,45%
Tronche (La)	38GR0033	Parc de l'Ile d'Amour	6,23		0,97%	
	38GR0034	Forêt alluviale de la Boucle des Sablons	29,66	6,42	4,62%	5,59%
Varces-Allières-et-Risset	38GL0009	Plateau St Ange	13,03		0,62%	
	38GL0010	Château d'Allières	10,76		0,52%	
	38GL0011	Ruisseau de Lavanchon	41,72		2,00%	
	38GL0012	Les îles	30,24		1,45%	
	38GL0015	Meinget	0,73		0,03%	
	38RD010	le Drac amont	39,06		1,87%	
	38RD047	la Romanche	0,06		0,00%	
	38RD0120	le Drac	27,29	20,88	1,31%	7,80%
Vaulnaveys-le-Bas	38RD0021	les Guillardières	112,75	11,9	9,47%	9,47%
Vaulnaveys-le-Haut	38RD0021	les Guillardières	3,37		0,17%	
	38RD0022	Etang blanc	0,24		0,01%	
	38RD0023	Zonedu Vernon rive gauche	0,15		0,01%	
	38RD0024	Etang du clos	4,09		0,21%	
	38RD0025	Sources Zaï	0,41		0,02%	
	38RD0026	Prairies humides de Prémol	0,25		0,01%	
	38RD0027	Zone sous la fontainede Prémol	0,84		0,04%	
	38RD0028	Tourbière de l'Arselle	0,02		0,00%	
	38RD0035	Sagnes du Pin et de l'Ours	0		0,00%	
	38RD0036	Lac Luitel	0,02		0,00%	
	38RD0122	Retenue Collinéaire de Prémol	0,15		0,01%	
	38RD0123	Mare de Pré Gaudet	0,05		0,00%	
	38RD0124	Mare au dessus des Chanssures	0,01		0,00%	
	38RD0125	Mare de Plan Rinjat	0,01		0,00%	
	38RD0126	Mare des sources Zaï	0,01		0,00%	
	38RD0127	La glacière	0,05	19,86	0,00%	0,49%
Venon				4,34	0,00%	0,00%
Veurey-Voroize	38GR0039	Canal de la Vence	0		0,00%	
	38GR0040	Ile du Pont	1,07		0,09%	
	38VE1003	Caderousse	25,71		2,11%	
	38VE1004	Le petit port	40,15	12,21	3,29%	5,48%
Vif	38GL0016	les Iles	1,34		0,05%	
	38RD0010	le Drac amont	169,57	28,3	5,99%	6,04%

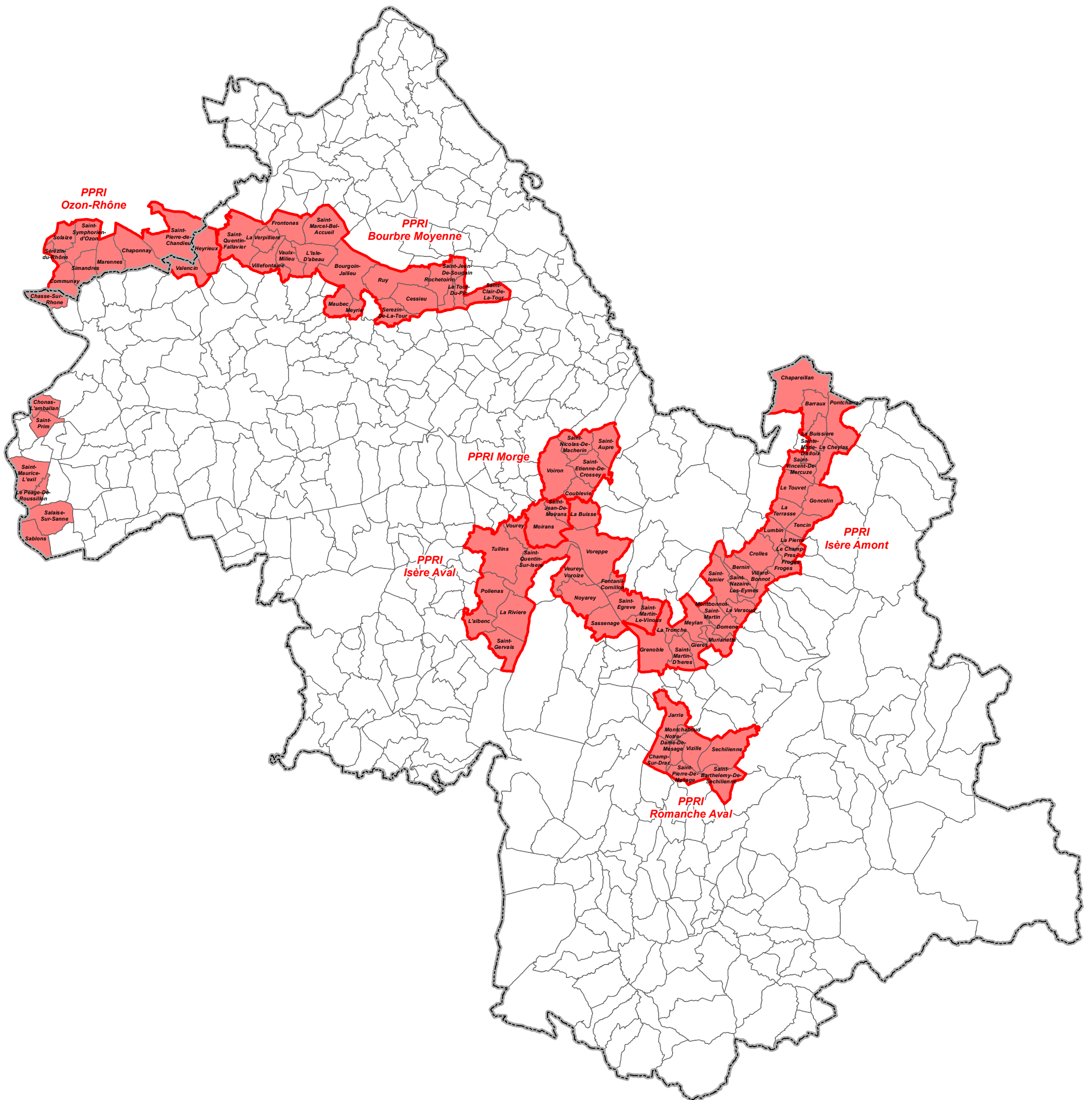
Inventaire des zones humides dans la métropole grenobloise

Commune	Code de la Zone humide	Nom de la Zone humide	Superficie de la zone humide en ha	Superficie de la commune en km ²	% de la surface de la commune en zone humide	% de la surface de la commune en zone humide
Vizille	38RD0019	les Matons	6,07	10,51	0,58%	13,76%
	38RD0020	Parc du château de Vizille	39,88		3,79%	
	38RD0021	les Guillardières	68,09		6,48%	
	38RD0047	la Romanche	22,21		2,11%	
	38RD00121	La Romanche (croix du Moutet)	8,32		0,79%	
SURFACE des zones humides (ha)					2 167,11	
					% par rapport aux surfaces de la METRO	
					3,97%	


Source : "Inventaire des zones humides" AVENIR (conservatoire des espaces naturels) rapport méthodologique, avril 2009
<http://www.cen-isere.org>



Carte de situation de la Réserve Naturelle Régionale des Isles du Drac



 Approuvé (93 dont 85 en Isère)

 Limite département



0 5 10
Km

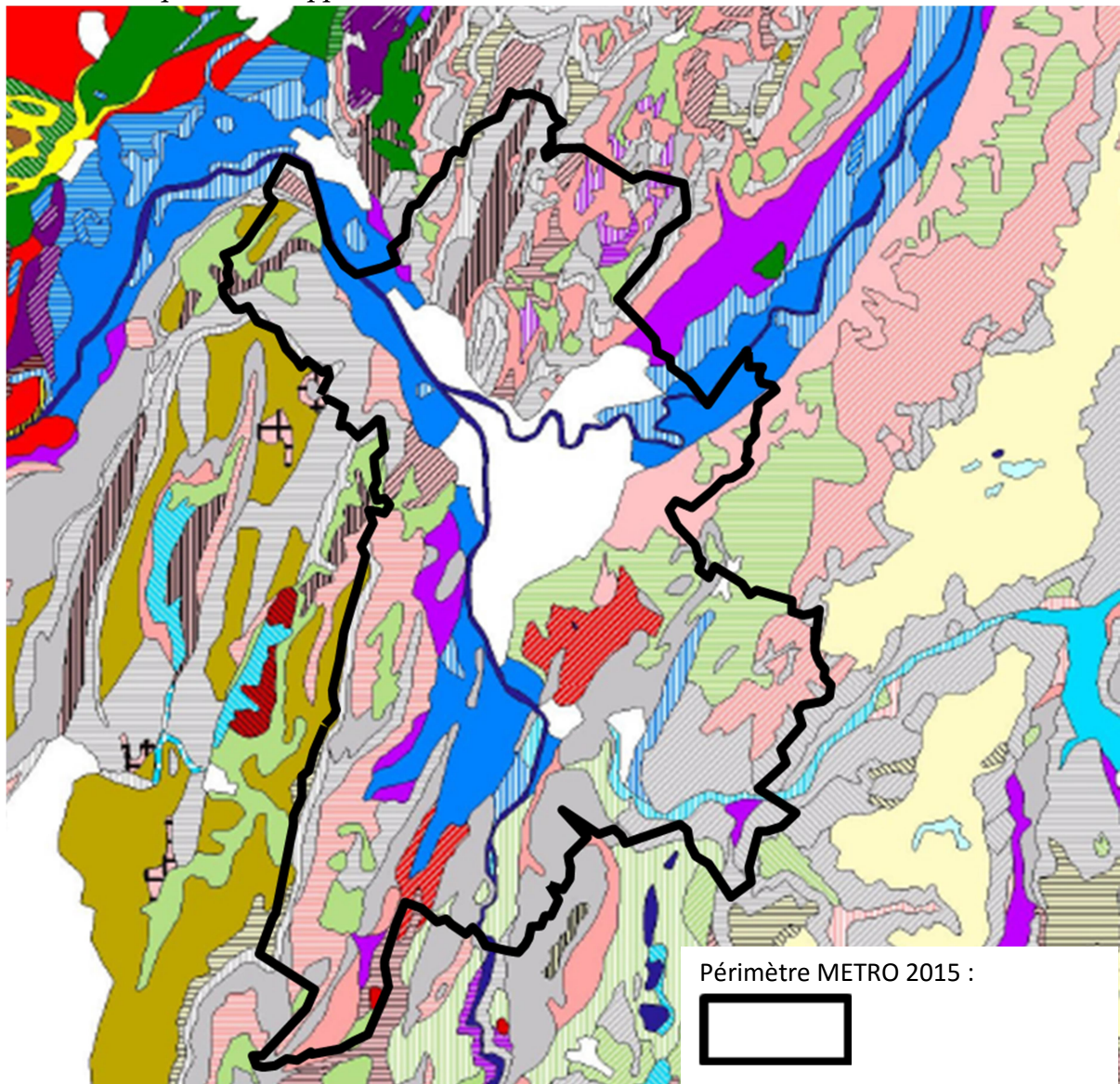
(source des données : DDT38/SSR/RM)

Direction Départementale des Territoires/SG/SIGc
protocole MEEDDAT-MAP-IGN du 24 juillet 2007

©IGN-BdCarto
etat_d'avancement_PPRI_10032016.mxd - 10/03/2016

Carte des sols de la METRO (Fond de carte des sols réalisé par la Chambre d'agriculture Isère)

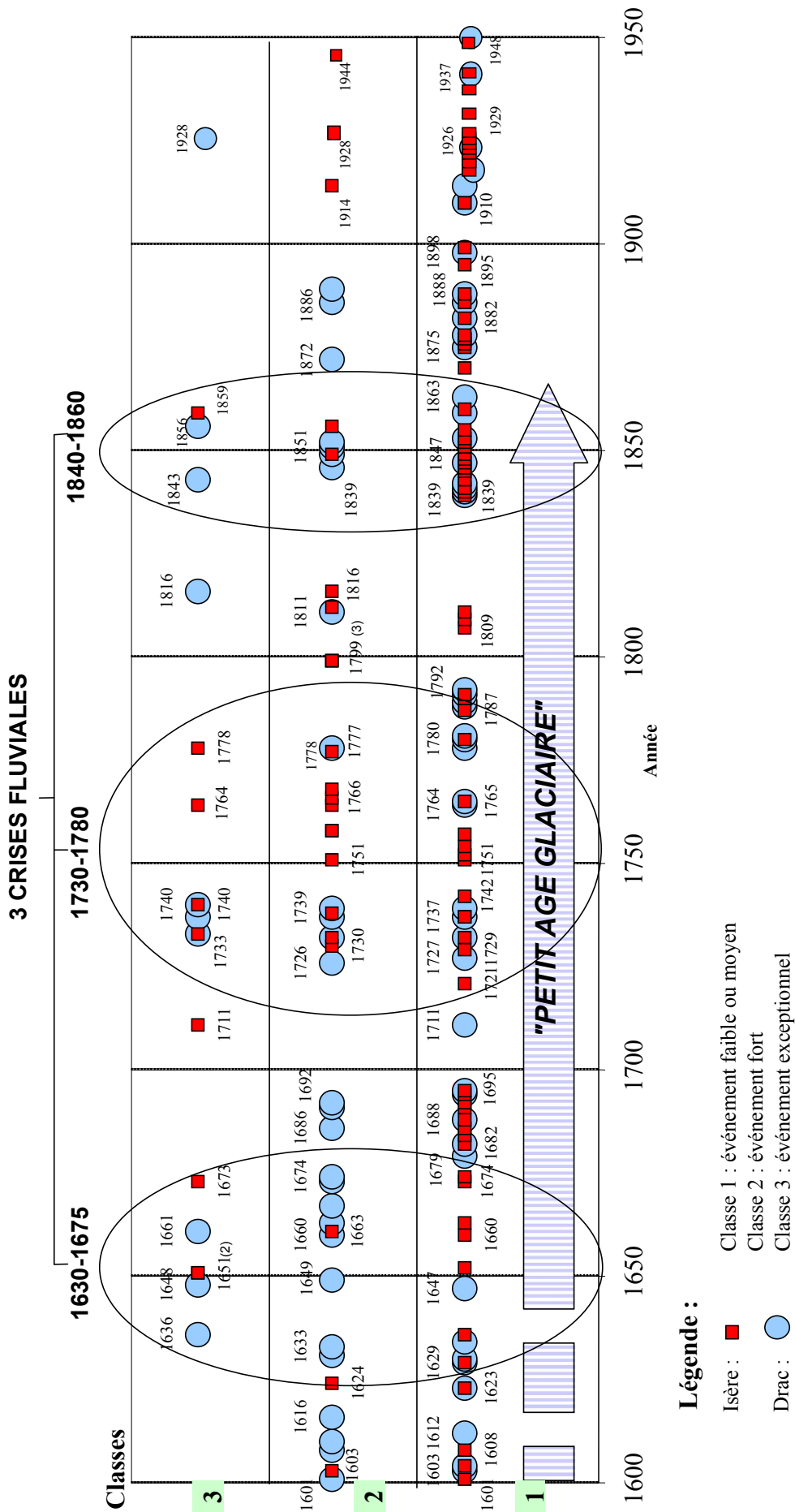
« Au sud de Grenoble, les alluvions du Drac sont essentiellement torrentielles. Elles se présentent sous forme de cailloutis et de sable qui occupent la vallée où coule actuellement la rivière mais aussi la partie centrale de la plaine de Reymure, Fontagnieux Rochefort, car un ancien lit du Drac empruntant la trouée de Reymure, se dirigeait vers le nord, passant par l'ouest de la colline des Molots. Cependant cette sédimentation grossière n'est pas partout uniforme : dans la partie occidentale de la plaine correspondant au lit actuel de la Gresse, entre Varcès et Vif, les galets des anciens cours du Drac sont recouverts par une dizaine de mètres d'argile jaunâtre et grise parfois légèrement sableuse. Ces sédiments fins se seraient déposés lors d'un épisode lacustre, et ont pour origine les niveaux tendres des Terres Noires et du Crétacé Inférieur traversés par la Gresse. Quelques mètres d'argile se trouvent également au pied des Molots provenant des marnes du Bajocien [...] Plus au Nord [...] les intercalations argileuses sont importantes sans doute du fait de la proximité des collines liasiques et des apports de l'Isère » ³



³ « Etude de zone du sud grenoblois : Réalisation de l'état des lieux et du schéma conceptuel d'exposition (38) », réalisée par ANTEA GROUP Juillet 2014

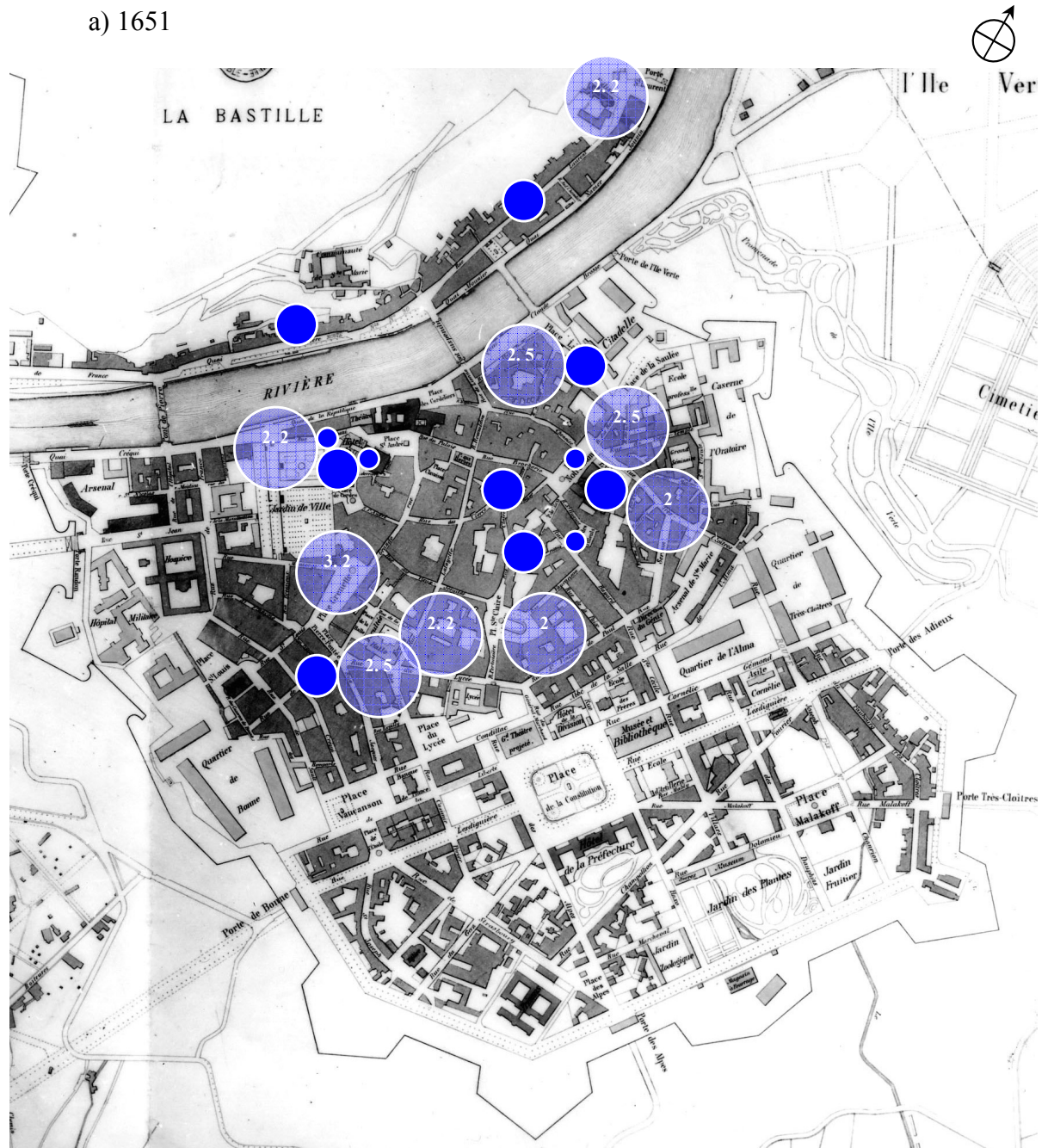
	Placages limoneux peu différenciés		Moraines sur pentes moyennes de Belledonne
	Placages limoneux moyennement différenciés		Moraines wurmiennes de l'Oisans
	Placages limoneux différenciés		Moraines rissiennes du Drac
	Placages limoneux différenciés hydromorphes		Moraines des pentes fortes
	Moraines wurmiennes à texture équilibrée		Croupes et versants marneux
	Moraines wurmiennes argileuses		Versants marneux ravines
	Moraines rissiennes		Croupes et versants molassiques
	Moraines des pentes fortes		Croupes et versants de calcaire gréseux
	Conglomérat en pentes fortes		Collines bordières de Belledonne
	Molasse sablo-gréseuse en pentes fortes		Croupes et versants de calcaire dur
	Molasse sablo-gréseuse en pentes moyennes		Moraines sur pentes fortes de Belledonne
	Marnes en pentes moyennes à faibles		Eboulis limono-caillouteux
	Conglomérat en pentes faibles		Eboulis argilo-caillouteux
	Molasse sablo-gréseuse en pentes faibles		Colluvions des reliefs siliceux
	Lits mineurs des cours d'eau		Alluvions décarbonatées hydromorphes
	Alluvions calcaires saines		Vallées étroites
	Alluvions calcaires hydromorphes		Terrasses du Vercors
	Alluvions non calcaires hydromorphes		Terrasses de la Matheysine et du Valbonnais
	Zones marécageuses, tourbeuses		Terrasses du Trièves et du Beaumont
	Basses terrasses		Marnes en pentes faibles
	Plateau fluvio-glaciaire de Champagner		Cones de déjection calcaires
	Moyennes terrasses fluvio-glaciaires		Coulées boueuses
	Hautes terrasses fluvio-glaciaires		Moraines wurmiennes du Drac
	Très hautes terrasses fluvio-glaciaires		Moraines wurmiennes des chaînes subalpines
	Placages limoneux peu différenciés		Moraines sur pentes moyennes de Belledonne
	Conglomérat en pentes faibles		Eboulis argilo-caillouteux
	Molasse sablo-gréseuse en pentes faibles		Colluvions des reliefs siliceux
	Colluvions et cones de déjection récents		Hauts plateaux
	Colluvions et cones de déjection anciens		Falaises des reliefs calcaires
	Colluvions limoneuses anciennes		Reliefs majeurs de calcaire marneux
	Altérité des plateaux		Reliefs majeurs de calcaire dur
	Limons anciens des plateaux		Reliefs majeurs d'amphibolite
	Falaises calcaires		Reliefs majeurs des roches acides
	Collines de calcaires marneux		Moraines d'altitude
	Collines calcaires		Haute montagne des calcaires marneux
	Versants marneux ravines		Haute montagne des calcaires dur
	Recouvrements morainiques		Haute montagne des roches acides
	Dalle calcaire		Neiges et glaciers
	Relief éristallin		Lacs et cours d'eau
	Lits mineurs des cours d'eau		Zones urbanisées
	Alluvions calcaires hydromorphes		

Figure 3 - Principales crues du Drac et de l'Isère dans la plaine de Grenoble (1600-1950)



Plan 1 – Hauteurs des eaux dans la ville de Grenoble lors des inondations de (a) 1651, (b) 1740, (c) 1859.

a) 1651



Légende (Hauteurs des eaux) : ● 0 – 1 m

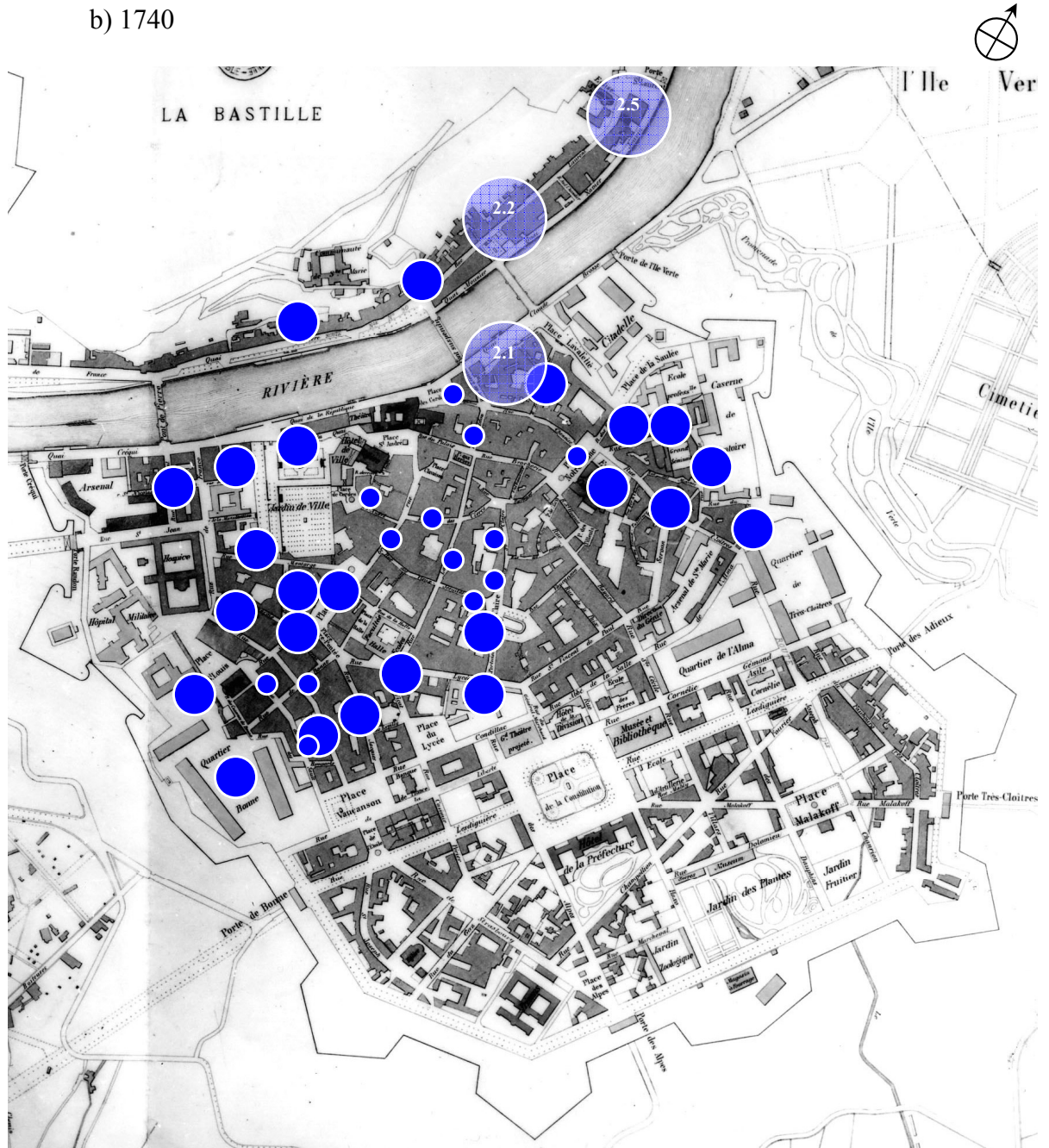
● 1 – 2 m






Plus de 2 m

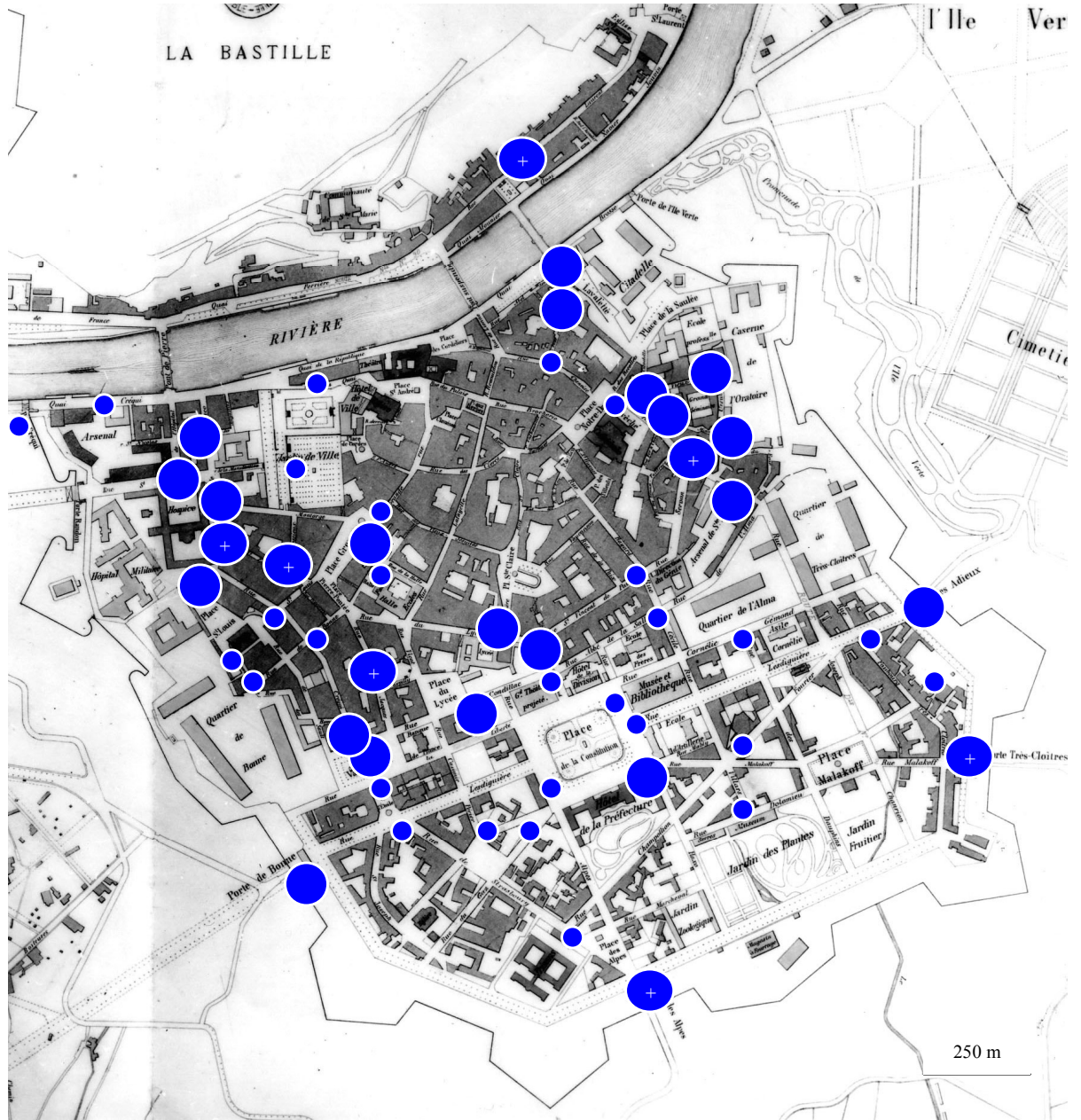
250 m

b) 1740



Légende (Hauteurs des eaux) :  0 – 1 m  1 – 2 m  Plus de 2 m 250 m

c) 1859



Légende (Hauteurs des eaux) :

● 0 – 1 m

● 1 – 1,5 m

⊕ 1,5 - 2 m



Plus de 2 m

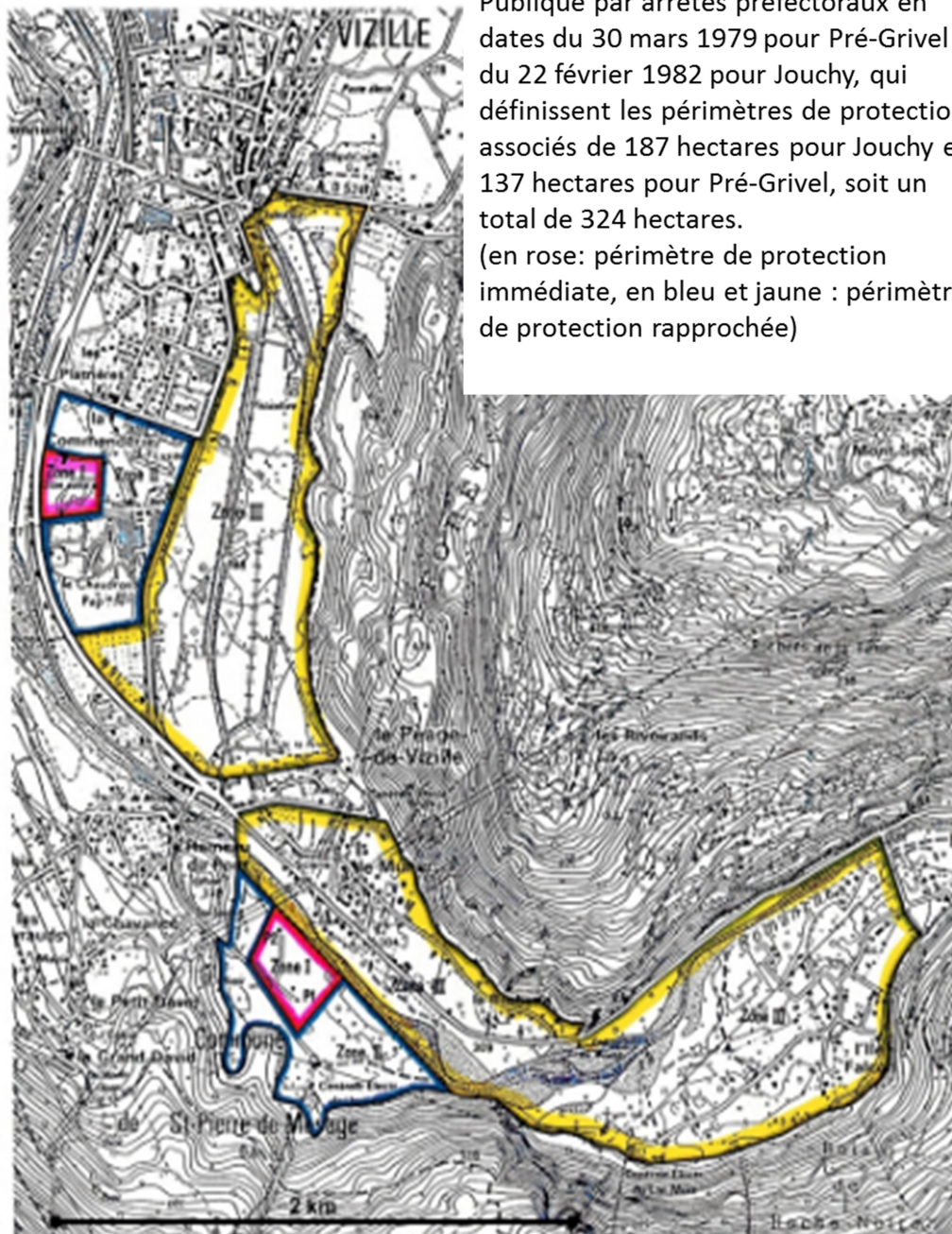
Périmètres de protection rapprochés à Vizille (source <http://www.sierg.org/>)

Des captages d'eau potable à protéger sur VIZILLE :

L'eau de la METRO provient principalement de 2 captages de la nappe alluviale de la Romanche :

- JOUCHY (Vizille)
- PRE GRIVEL (St Pierre de Mésage)

Ces captages ont été Déclarés d'Utilité Publique par arrêtés préfectoraux en dates du 30 mars 1979 pour Pré-Grivel et du 22 février 1982 pour Jouchy, qui définissent les périmètres de protection associés de 187 hectares pour Jouchy et 137 hectares pour Pré-Grivel, soit un total de 324 hectares.
(en rose: périmètre de protection immédiate, en bleu et jaune : périmètre de protection rapprochée)



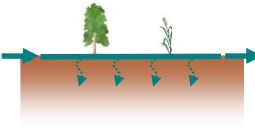

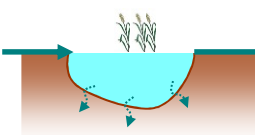

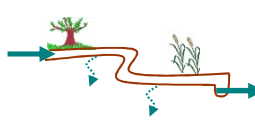


Classification des Zones de Rejet Végétalisées (ZRV)

Une « **zone de rejet végétalisée** »¹ est « un espace aménagé entre la station de traitement des eaux usées et le milieu récepteur superficiel de rejet des eaux usées traitées. Cet aménagement ne fait pas partie du dispositif de traitement des eaux usées mais est inclus dans le périmètre de la station ».

La ZRV est située à l'aval d'une station d'épuration et à l'amont du milieu récepteur superficiel : elle reçoit donc de l'eau usée traitée par une station. Elle peut recevoir les effluents issus du déversoir d'orage en tête de station ou du by-pass après prétraitement, au-delà du débit de référence¹.

Les ZRV peuvent être **végétalisées artificiellement ou naturellement**, et les végétaux présents peuvent être de toutes tailles, arbres inclus. Bien que certaines ne soient pas végétalisées à la construction, tous ces ouvrages finissent généralement par être colonisés par les végétaux au cours du temps plus ou moins naturellement.

Une **ZRV** est décrite de manière factuelle. Elle est constituée d'un ou plusieurs éléments unitaires ; chaque élément unitaire est à définir au travers d'une classification en 4 types présentés ci-après. Celle-ci est synthétique, généralisable et adaptée à tous les cas de figures :

Sol en place (sol remanié ou non)			Sol reconstitué (matériaux rapportés)
Prairie	Bassin	Fossé	Autres
 Sol relativement plat, sans surcreusement 	 Sol avec surcreusement, différence de niveau 	 Longueur très supérieure à la largeur 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ filtre horizontal, ▪ fossé drainant, ▪ terre d'infiltration, ▪ etc. Exemples de matériaux : sables, graviers 

Classification des éléments unitaires constitutifs des ZRV

Exemples

- Une ZRV comprenant deux bassins (successifs ou en parallèle) est une ZRV de type bassin.
- Une ZRV comprenant un bassin suivi d'un fossé est une ZRV constituée d'une association de 2 éléments unitaires de types bassin puis fossé.

Auteurs : membres de l'atelier de travail ZRV d'EPNAC

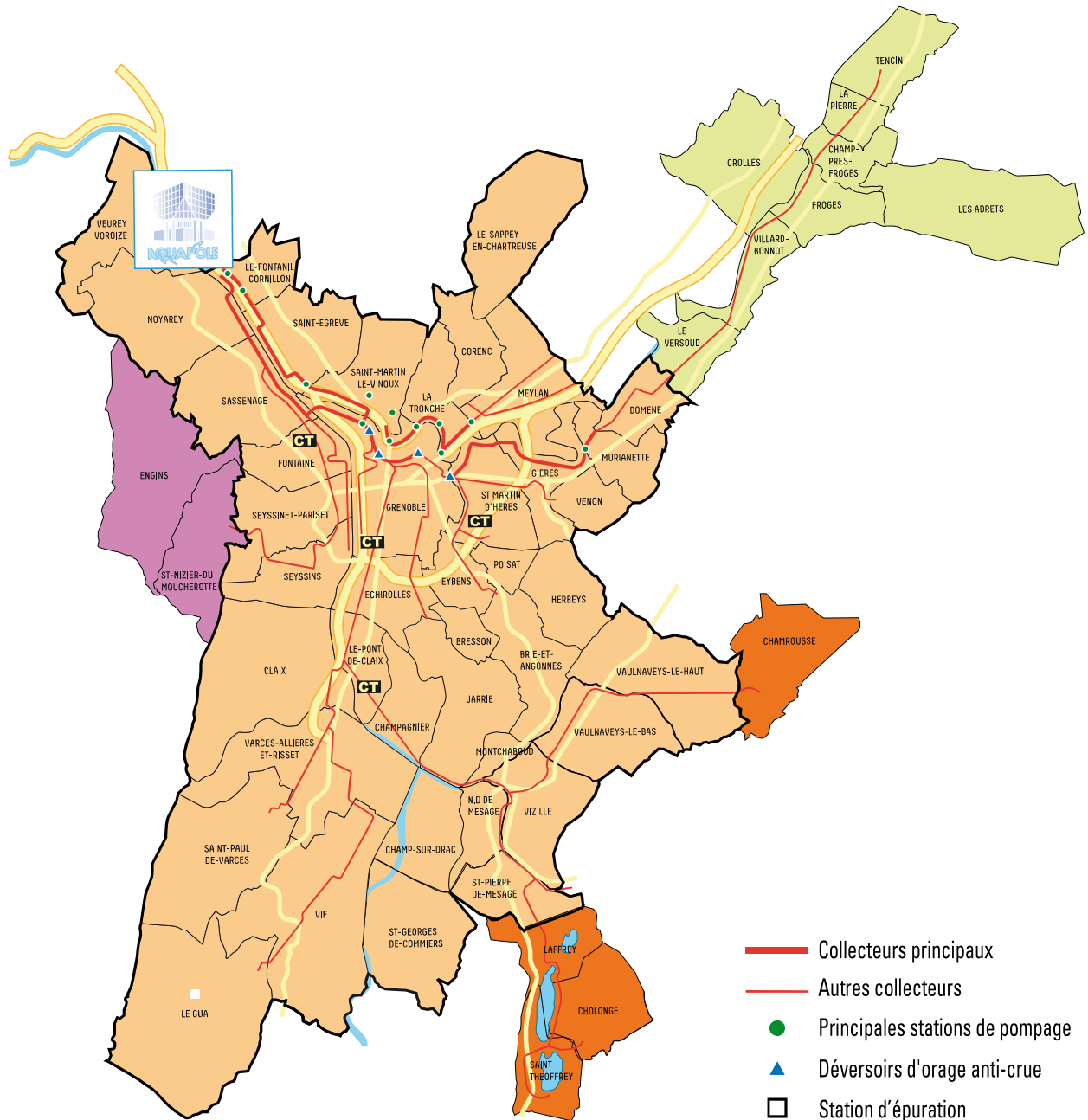
Jean-Marc BEC	CG / SATESE 81	Cyril GONNORD	CG / SATESE 79
Catherine BOUTIN	Irstea, animation de l'atelier	Céline LACOUR	Onema
Jean-Philippe CHANSEAU	CG / SATESE 16	Henri-Noël LEFEBVRE	Ag. de l'Eau Loire Bretagne
Romain CHODZKO	CG / SATESE 76	Gilles MALAMAIRE	SATESE 13/83/84 / ARPE
Frédéric DAPZOL	CG / MAGE 42	Stéphanie PROST-BOUCLE	Irstea
Jocelyne DI MARE	Ag. de l'Eau Adour Garonne	Jérôme REBEL	DDT 77
Marie-Amélie DUROT	Irstea	Jean-Pierre SAMBUCCO	CG / SATESE 34
Nadine DIMASTROMATTEO	Ministère en charge de l'Ecologie	Nicolas VENANDET	Ag. de l'Eau Rhin-Meuse
Sandrine GAUBIAC	CG / SATESE 30	Estérelle VILLEMAGNE	Onema



Groupe de travail national
sur l'Evaluation des
Procédés Nouveaux
d'Assainissement des petites
et moyennes Collectivités

¹ Arrêté du 21 juillet 2015 relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif, à l'exception des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO₅.

LA ZONE PROPRE D'AQUAPOLE



- Collecteurs principaux
- Autres collecteurs
- Principales stations de pompage
- ▲ Déversoirs d'orage anti-cruie
- Station d'épuration
- CT** Centre technique

- LA METRO
- SIADI
- SIEC
- Communes extérieures

Populations et emplois impactés par les surfaces inondables

TRI de Grenoble	Habitants permanents en 2010	Taux d'habitants saisonniers	Scénario fréquent			Scénario moyen			Scénario extrême		
			Habitants permanents impactés	Nbr. minimum d'emplois impactés	Nbr. maximum d'emplois impactés	Habitants permanents impactés	Nbr. minimum d'emplois impactés	Nbr. maximum d'emplois impactés	Habitants permanents impactés	Nbr. minimum d'emplois impactés	Nbr. maximum d'emplois impactés
Beaucroissant	1 477	0.21	0	<5	<5	0	<5	<5	0	<5	<5
Bernin	2 991	0.27	0	<5	<5	0	<5	<5	0	<5	<5
Biviers	2 360	0.18	0	<5	<5	0	<5	<5	0	<5	<5
Bresson	692	0.15	0	<5	<5	0	<5	<5	0	<5	<5
Champ-sur-Drac	3 136	0.06	0	<5	<5	28	43	82	527	168	213
Champagnier	1 256	0.06	0	<5	<5	0	<5	<5	31	27	59
Claix	7 538	0.09	0	<5	<5	1 177	284	375	1 240	689	1 063
Coronc	3 851	0.18	0	<5	<5	0	<5	<5	0	<5	<5
Coublevie	4 296	0.15	0	<5	<5	0	<5	<5	0	<5	<5
Crollos	8 451	0.18	<20	23	53	342	475	716	504	6 589	6 917
Domène	6 626	0.09	95	580	1 041	240	891	1 584	1 355	1 228	2 138
Echirolles	35 748	0.06	0	<5	<5	51	1 038	1 911	1 138	4 965	6 705
Eybans	9 582	0.09	0	<5	<5	0	<5	<5	0	<5	<5
Fontaine	22 243	0.06	0	<5	<5	11 774	4 027	6 330	15 102	4 404	6 849
Fontanil-Cornillon	2 818	0.27	0	<5	<5	0	<5	<5	2 095	1 836	3 172
Frogès	3 435	0.06	1 025	181	274	1 381	200	296	1 575	224	322
Gières	6 118	0.33	<20	<5	<5	51	80	134	1 739	1 356	2 365
Grenoble	155 637	0.24	0	<5	<5	682	11 130	12 857	69 982	58 170	80 820
Jarrie	3 853	0.09	0	<5	<5	0	<5	<5	496	119	179
La Buisse	2 814	0.12	0	<5	<5	0	<5	<5	<20	6	9
La Pierre	428	0.18	0	<5	<5	29	17	19	37	20	22
La Tronche	6 232	0.12	525	1 635	2 439	919	1 572	2 479	994	1 564	2 460
Le Champ-près-Frogès	1 250	0.06	<20	<5	<5	499	173	307	555	179	316
Le Pont-de-Claix	11 268	0.09	0	<5	<5	<20	<5	<5	156	99	183
Le Versoud	4 566	0.03	<20	<5	<5	<20	<5	6	1 717	585	933
Lumbin	1 969	0.03	0	<5	<5	<20	<5	<5	31	65	85
Meylan	17 487	0.21	1 542	4 133	6 486	2 888	4 340	6 751	2 657	4 343	6 754
Moirans	7 780	0.15	0	<5	<5	93	29	34	1 343	2 938	4 712
Montbonnot-Saint-Martin	4 651	0.24	<20	1 132	1 962	<20	1 812	3 210	66	1 803	3 196
Murienne	874	0.18	175	12	12	302	36	42	372	38	44
Notre-Dame-de-Mésage	1 198	0.09	0	<5	<5	96	<5	<5	279	28	41
Noyarey	2 243	0.06	0	<5	<5	0	<5	<5	810	449	771
Poisat	2 078	0.00	0	<5	<5	0	<5	<5	0	<5	<5
Renage	3 717	0.03	37	<5	<5	39	<5	<5	39	<5	<5
Rives	6 062	0.06	0	<5	<5	0	<5	<5	0	<5	<5
Réaumont	964	0.27	<20	7	9	24	10	13	28	10	13
Saint-Egrève	16 006	0.09	0	<5	<5	0	<5	<5	0	2 927	4 998
Saint-Cassien	1 107	0.15	0	<5	<5	0	<5	<5	2 793	<5	<5
Saint-Ismier	6 381	0.15	0	<5	<5	<20	65	126	<20	63	122
Saint-Jean-de-Moirans	3 090	0.09	0	<5	<5	0	<5	<5	25	363	510
Saint-Martin-d'Hères	36 177	0.03	0	<5	<5	2 151	1 825	2 831	22 716	13 524	19 818
Saint-Martin-le-Vinoux	5 357	0.06	0	<5	<5	0	<5	<5	294	660	1 067
Saint-Nazaire-les-Eymes	2 907	0.06	0	<5	<5	0	<5	<5	0	<5	<5
Saint-Pierre-de-Mésage	719	0.24	72	<5	<5	118	<5	<5	140	6	7
Sassenage	10 996	0.06	0	<5	<5	2 095	2 003	3 095	4 627	2 799	4 289
Seysins-et-Pariset	12 113	0.09	0	<5	<5	0	5	7	3 973	751	1 092
Seysins	6 913	0.15	0	<5	<5	0	<5	<5	689	938	1 552
Tullins	7 663	0.09	90	95	159	373	663	1 162	415	670	1 170
Varces-Allières-et-Risset	6 330	0.09	0	<5	<5	30	<5	<5	30	<5	<5
Vorey-Voroize	1 380	0.12	0	<5	<5	0	<5	<5	416	1 114	1 792
Vif	8 053	0.09	0	<5	<5	<20	<5	<5	<20	<5	<5
Villard-Bonnot	7 296	0.03	0	<5	<5	135	88	134	1 036	269	460
Vizille	7 630	0.21	210	32	46	4 059	1 218	1 847	5 097	1 632	2 570
Voiron	19 893	0.21	0	<5	<5	<20	<5	<5	<20	<5	<5
Voreppe	9 847	0.21	0	<5	<5	<20	119	208	2 010	2 355	3 705
Vorey	1 578	0.12	0	<5	<5	<20	<5	<5	<20	<5	<5
TOTAL TRI	529 425	0,05	3 771	7 730	12 481	29 578	32 143	46 556	149 129	118 964	173 493

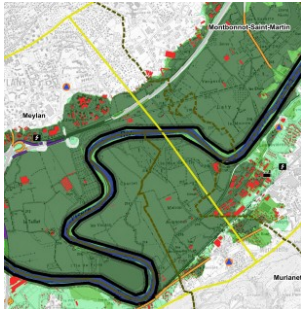
Sources : données SIRENE-INSEE

PARALLELE ENTRE CARTES DES PPRI ET DES INONDATIONS DU TRI

LEGENDE CARTES DES INONDATIONS :

Enjeux

- Bâtiment
- Surface d'activité économique
- Etablissement hospitalier
- Etablissement d'enseignement
- Camping
- Etablissement classé IPPC
- Station d'épuration (> 2000 EH)
- Transformateur électrique
- Installation d'eau potable
- Gare
- Aéroport
- Etablissement pénitentiaire
- Patrimoine culturel
- Autre établ. sensible à la gestion de crise
- Etablissement utile à la gestion de crise



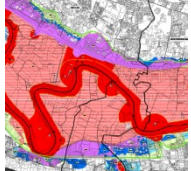
Probabilité de crue

- Lit mineur
- Scénario fréquent
- Scénario moyen
- Scénario extrême

Protection

- Ouvrage de protection
- Zone de sur-aléa

LEGENDE DES CARTES DES PPRI ISERE AMONT



Niveau de contraintes *

- Zones d'interdiction
- Champs d'inondation contrôlée
- Zones de contraintes particulières
- Zones de contraintes moyennes
- Zones de contraintes faibles
- Zones de contraintes faibles (crue historique et remontées de nappes)

Nature du risque **

L, H, I2, I3 Crues de l'Isère

Localisation du risque ***

a : espaces agricoles
c : champs d'inondation contrôlée
u : zones urbaines ou d'activités existantes et futures
n : espaces naturels

- Périmètre de la crue historique
- Limites communales
- Parcelles cadastrales
- Bati
- Brèches
- Ouvrages hydrauliques

Occupation des sols par photogrammétrie (AD Isère Drac Romanche - 1999 à 2001)

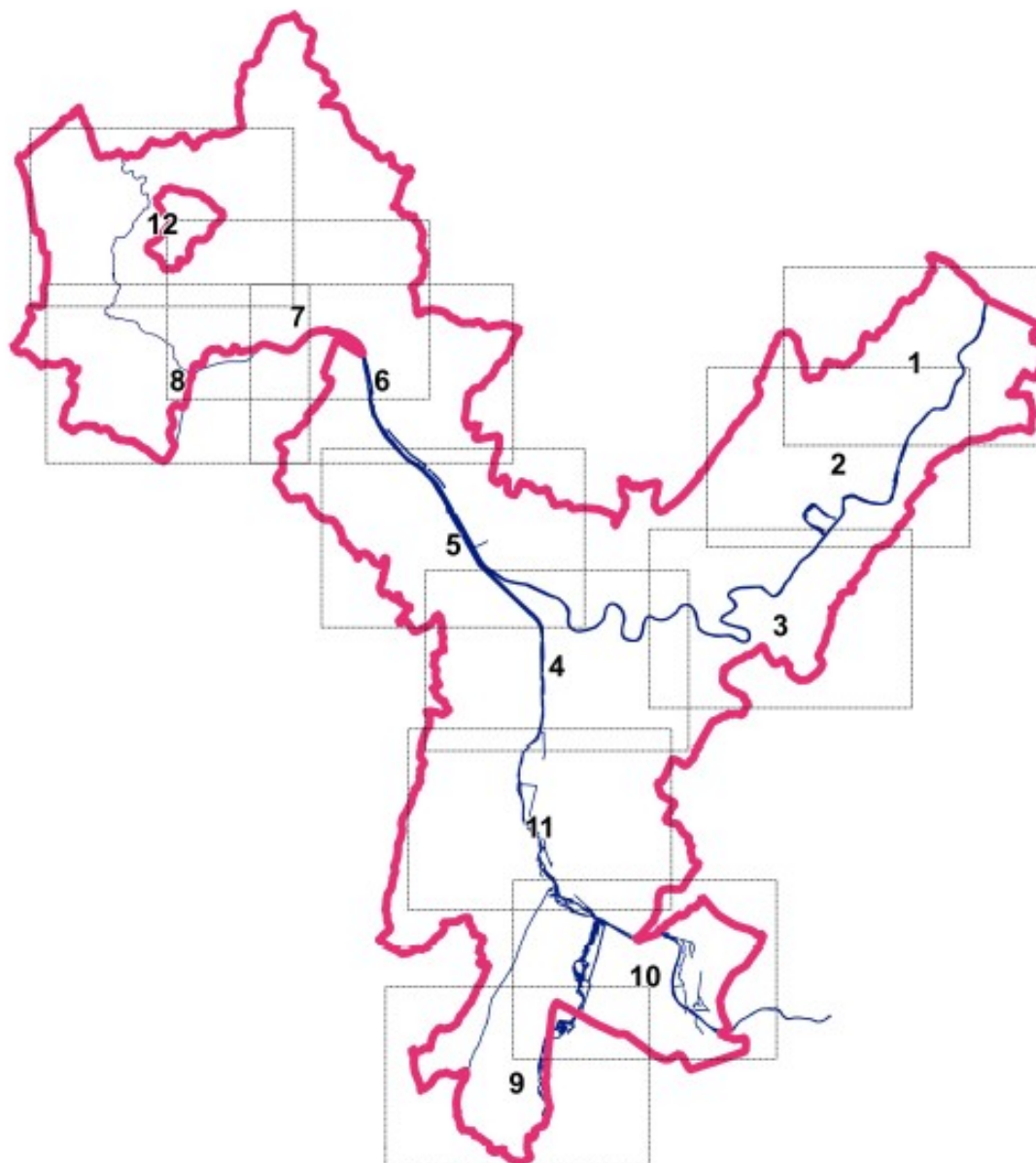
Réseaux

- Autoroute, quasi-autoroute
- Route, liaison principale
- Voie ferrée principale

Découpage administratif

- Périmètre du TRI
- Limite de commune

Atlas du TRI de Grenoble-Voirion

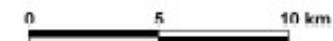


- Planches
- Périmètre du TRI
- Cours d'eau cartographiés

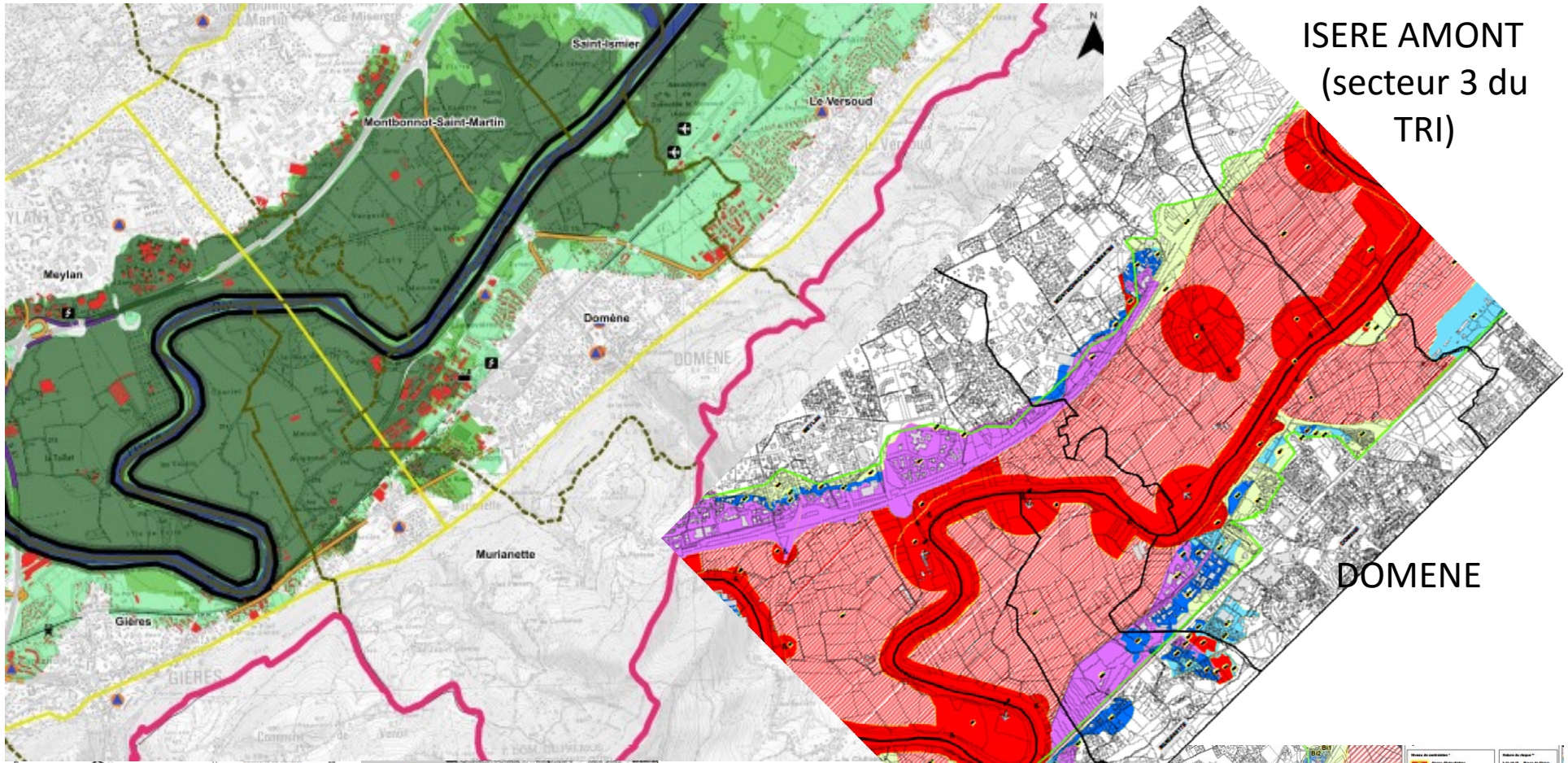
Les cours d'eau étudiés sont les suivants :

- l'Isère
- le Drac
- la Fure
- la Romanche

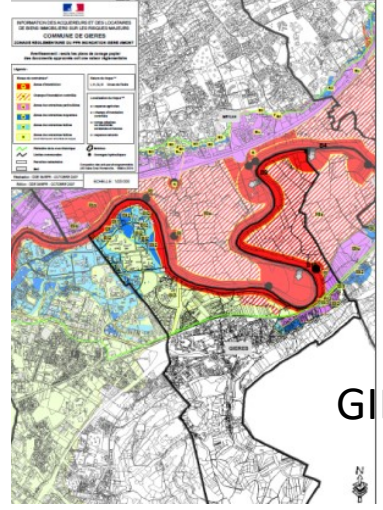
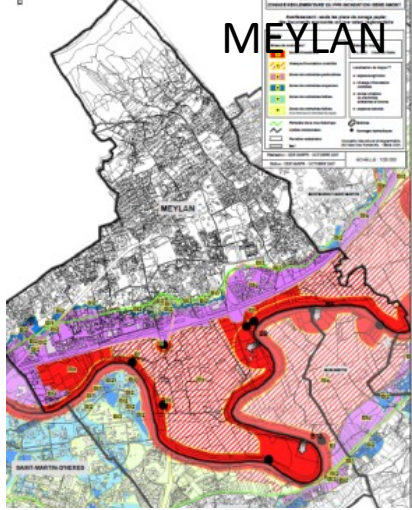
Le risque d'inondation n'est pas exclu sur les autres cours d'eau du TRI.



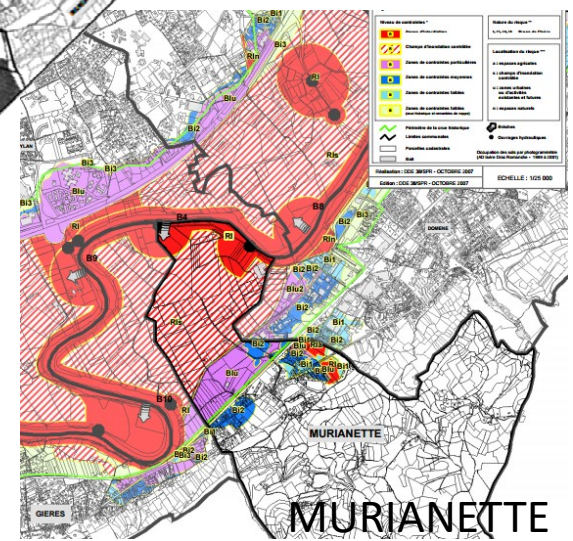
ISERE AMONT
(secteur 3 du TRI)



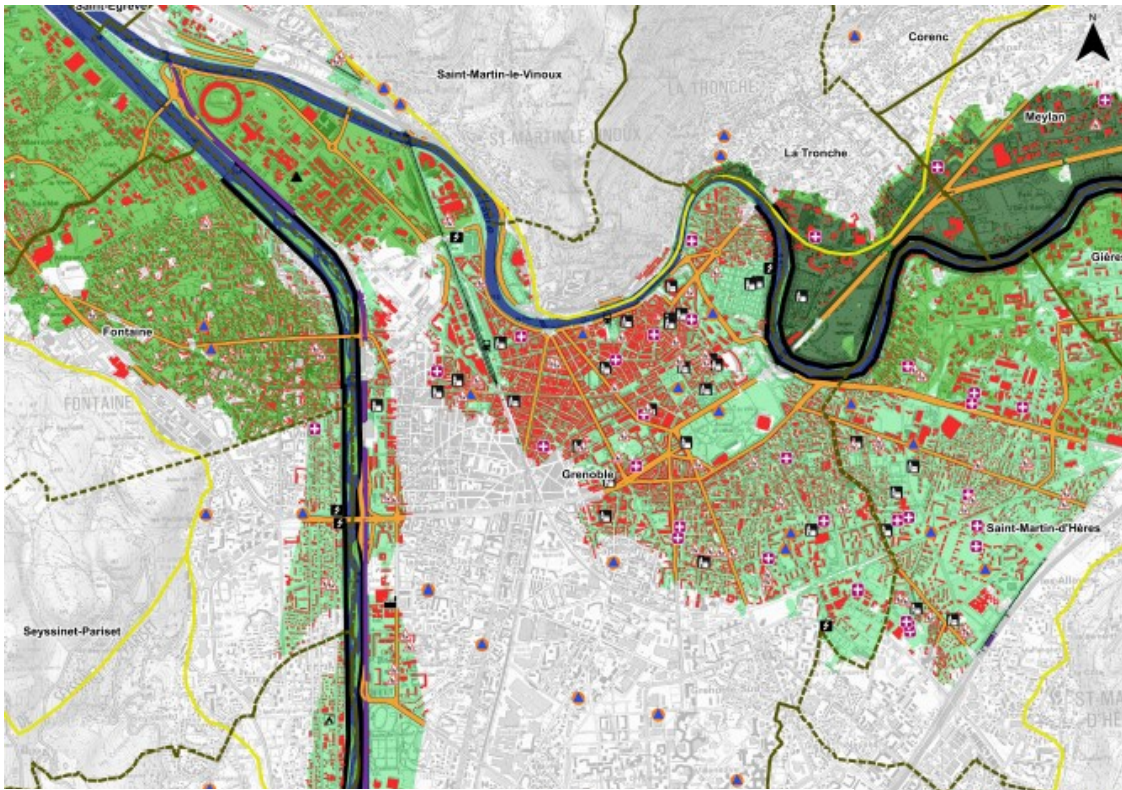
DOMÈNE



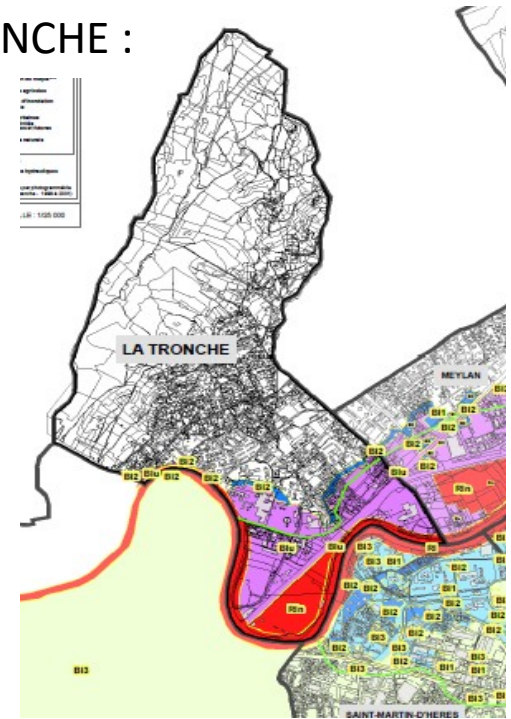
GIÈRES



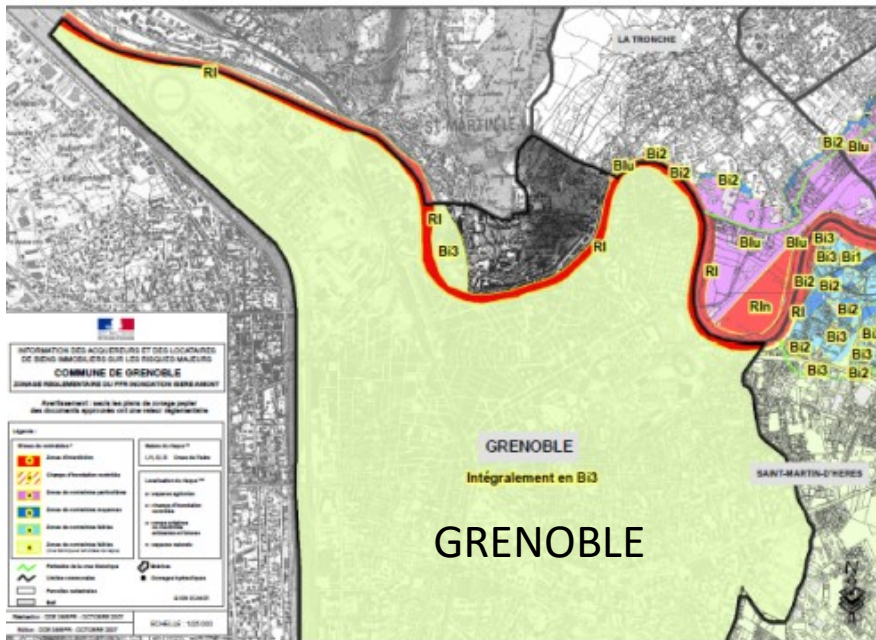
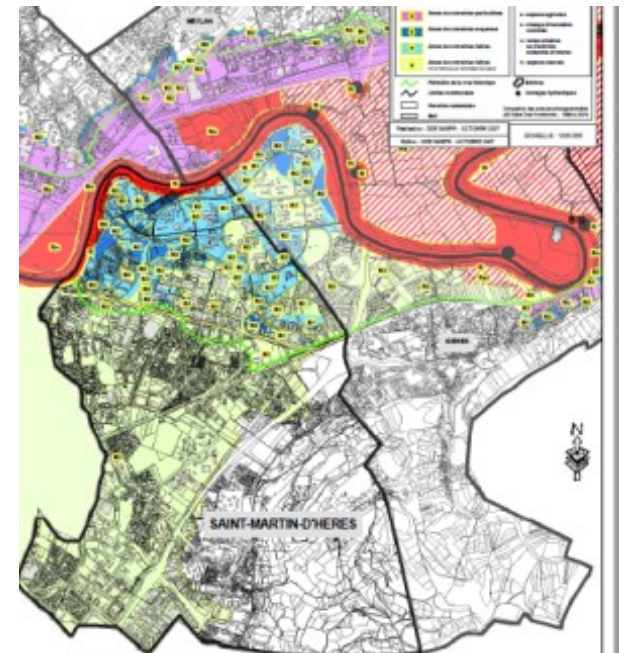
MURIANETTE



LA TRONCHE :



ST MARTIN D'HERES:


















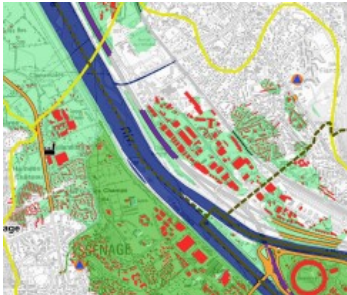
ISERE
(secteur 4
du TRI)

PARALLELE ENTRE CARTES DES PPRI ET DES INONDATIONS DU TRI

LEGENDE CARTES DES INONDATIONS :

Enjeux

-  Bâtiment
-  Surface d'activité économique
-  Etablissement hospitalier
-  Etablissement d'enseignement
-  Camping
-  Etablissement classé IPPC
-  Station d'épuration (> 2000 EH)
-  Transformateur électrique
-  Installation d'eau potable
-  Gare
-  Aéroport
-  Etablissement pénitentiaire
-  Patrimoine culturel
-  Autre établ. sensible à la gestion de crise
-  Etablissement utile à la gestion de crise



LEGENDE DES CARTES DES PPRI ISERE AVAL



Niveau de contraintes +

-  Zones d'interdiction
-  Zones de contraintes particulières
-  Zones de contraintes faibles
-  Zones B13 : périmètre de crue historique
-  Zones B1r

 Limite de la crue de 1948

 Limite du P88 de 1868

 Limites communales

Nature du risque ++

I, I1, I2, I3 Crues de l'Isère

Localisation du risque ***

a : espaces agricoles

u : zones urbaines ou d'activités potentielles

n : espaces naturels

 Brèches



Occupation des sols par photogrammétrie (AD Isère Drac Romanche - 1999 à 2001)

 Lit mineur




Probabilité de crue

-  Scénario fréquent
-  Scénario moyen
-  Scénario extrême

Protection

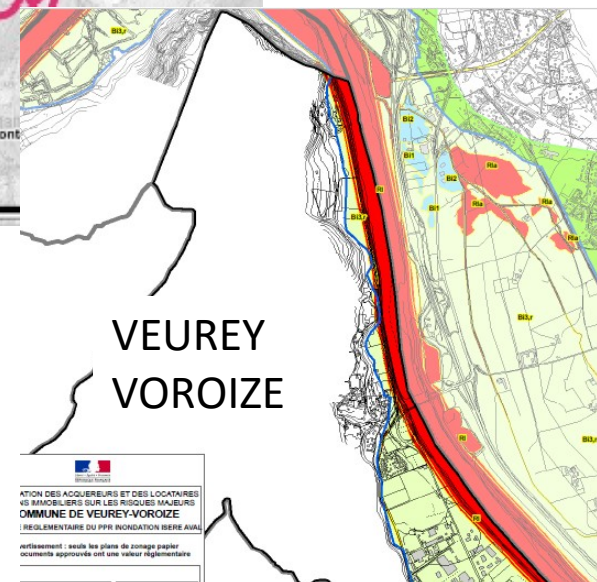
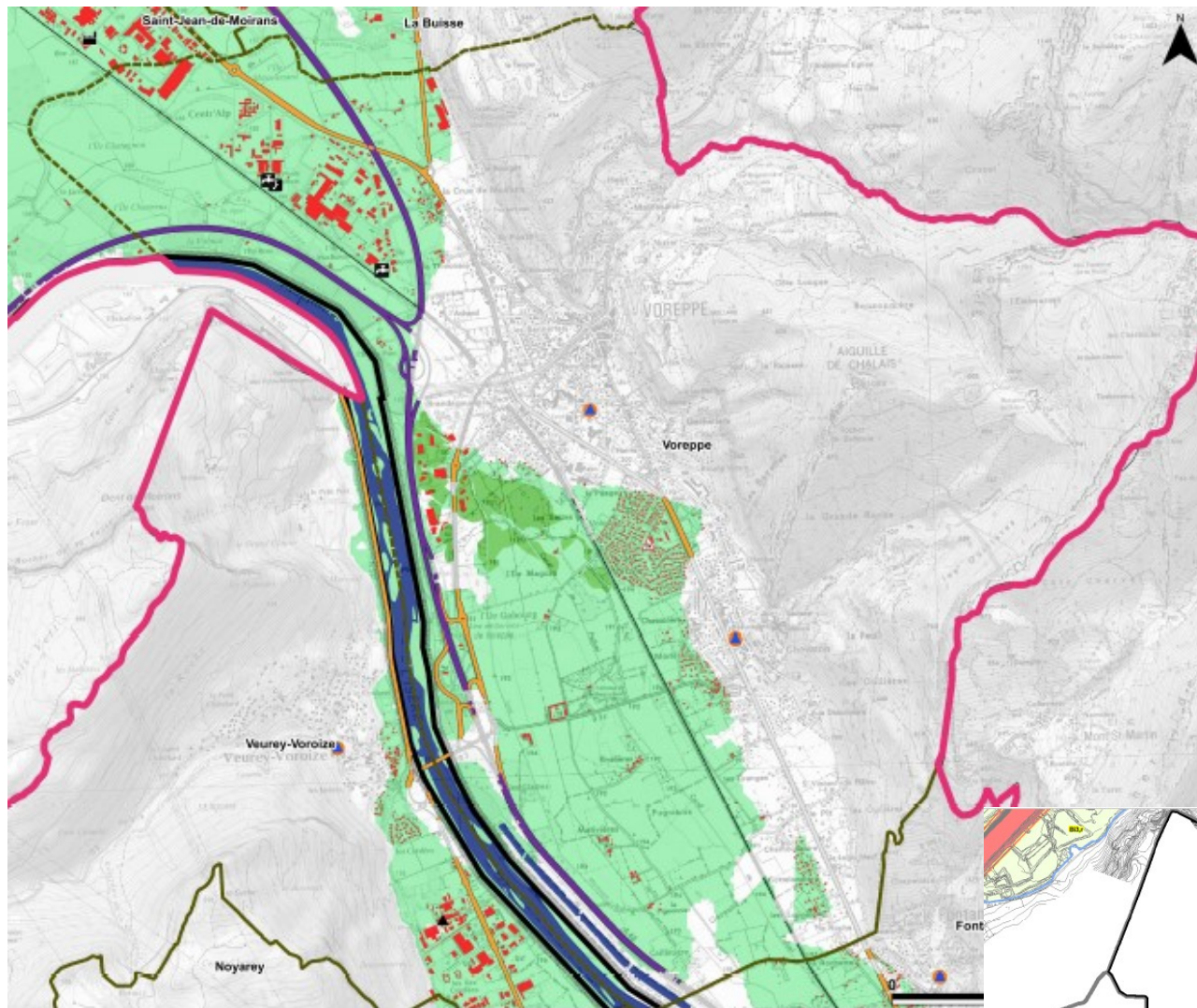
-  Ouvrage de protection
-  Zone de sur-aléa

Réseaux

-  Autoroute, quasi-autoroute
-  Route, liaison principale
-  Voie ferrée principale

Découpage administratif

-  Périmètre du TRI
-  Limite de commune



ISERE AVAL (secteur 6 du TRI)

NOYAREY

**SECTEUR 5 DES LOCATAIRES
 3 RISQUES MAJEURS
 NOYAREY
 INONDATION ISERE AVAL**

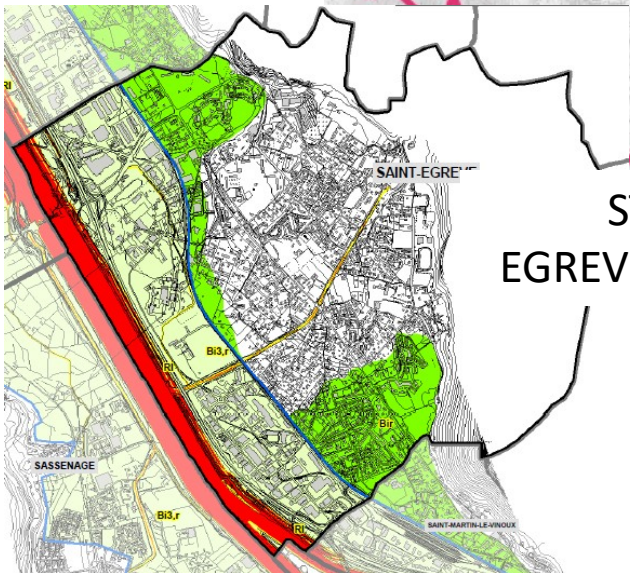
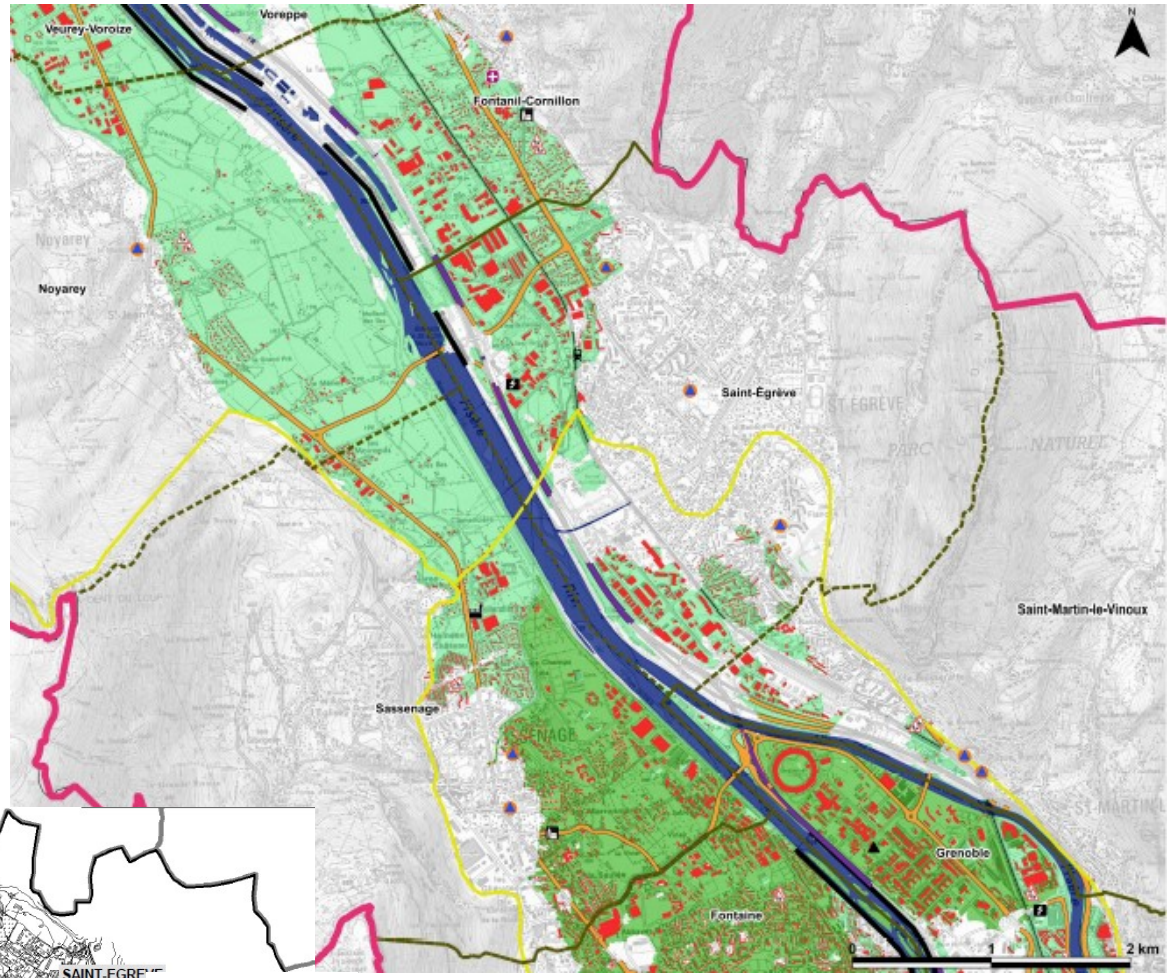
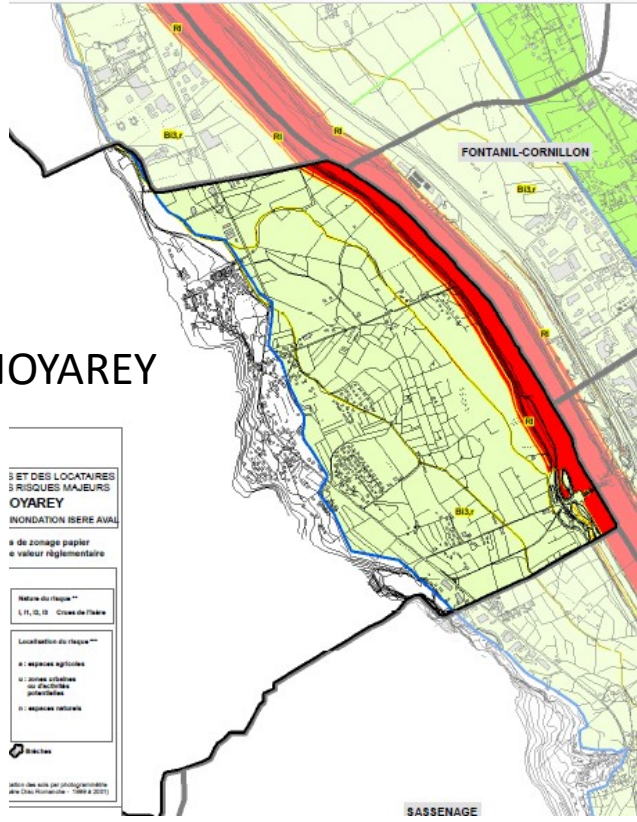
e de zonage papier
 e valeur réglementaire

Nature du risque	
1	Inondation
2	Crues de l'Isère

Localisation du risque	
A	espaces agricoles
B	zones urbaines ou d'activités professionnelles
C	espaces naturels

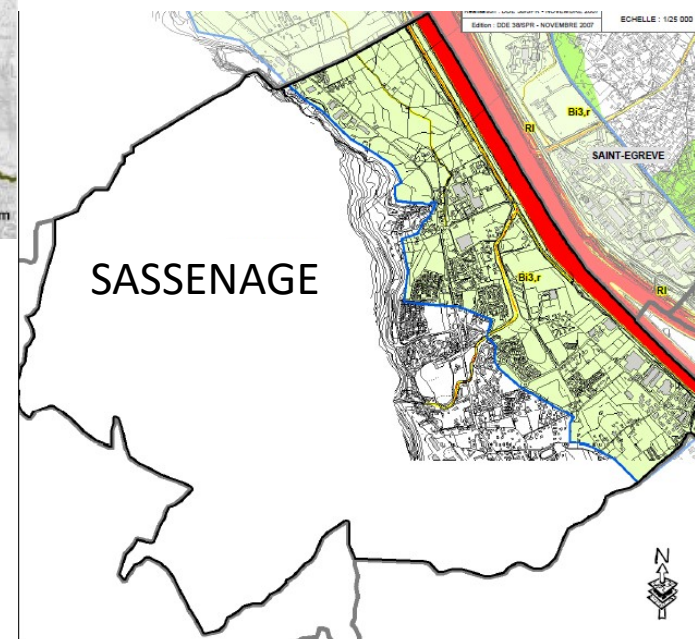
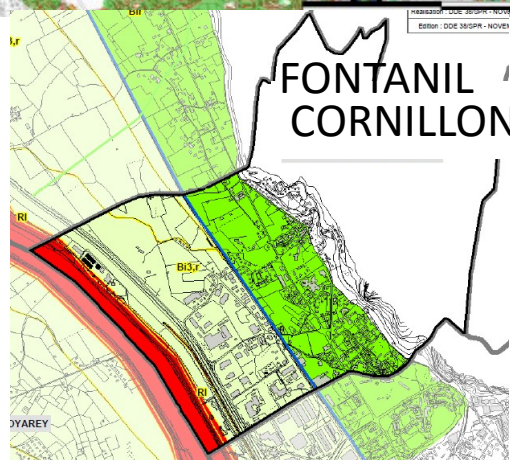
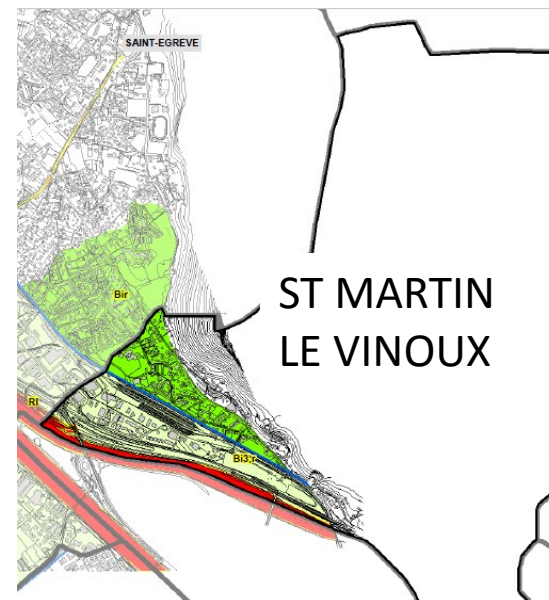
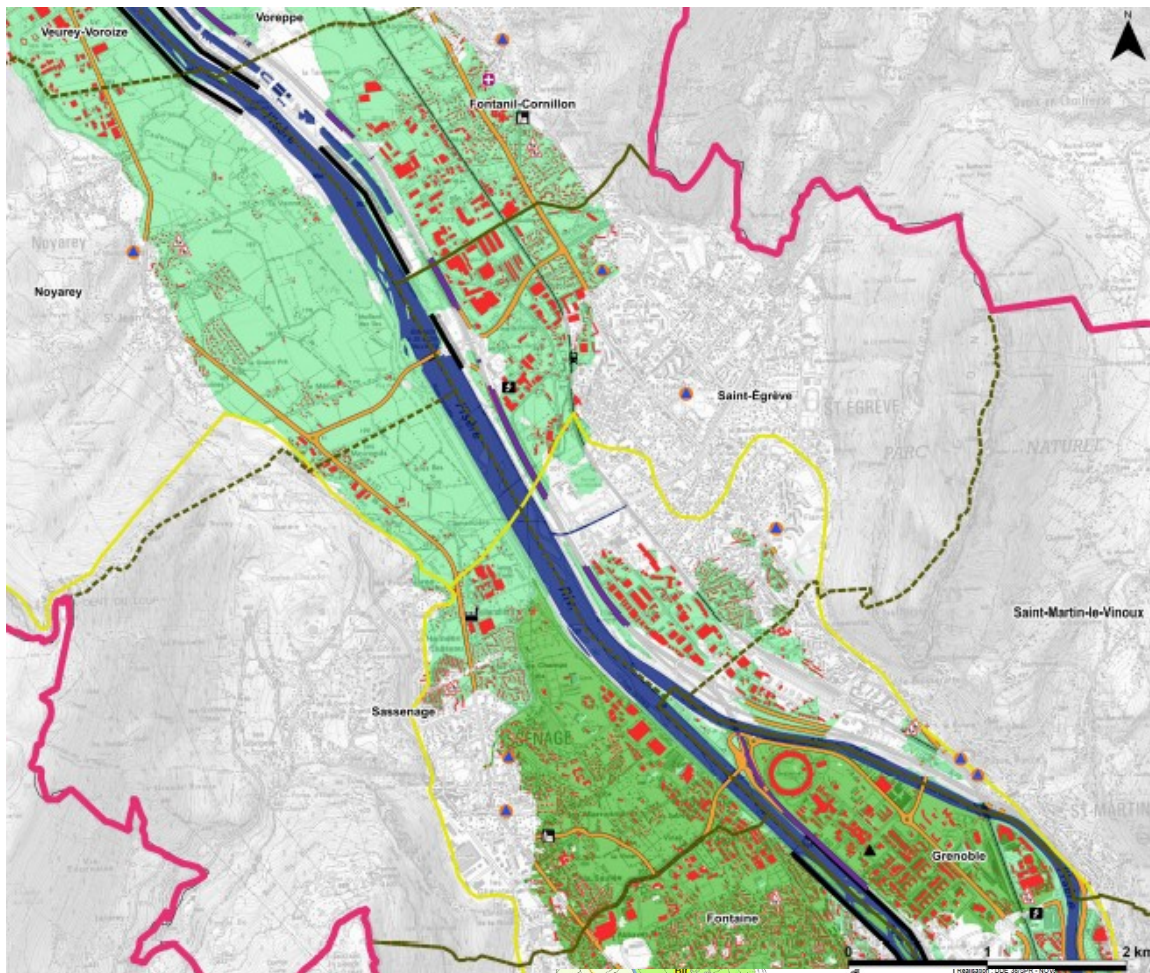
0 1 2 km

document issu de la loi sur l'interdiction de la vente de biens dangereux
 aux Océans Normaux - 2004 et 2007



ST EGREVE

ISERE AVAL (secteur 5 du TRI)



ISERE AVAL bis
(secteur 5 du TRI)

CARTES DES INONDATIONS DU TRI et cartes des aléas ou zonage réglementaire du PPR (pas de PPRI) au droit du DRAC

LEGENDE CARTES DES INONDATIONS :

Enjeux



-  Bâtiment
-  Surface d'activité économique
-  Etablissement hospitalier
-  Etablissement d'enseignement
-  Camping
-  Etablissement classé IPPC
-  Station d'épuration (> 2000 EH)
-  Transformateur électrique
-  Installation d'eau potable
-  Gare
-  Aéroport
-  Etablissement pénitentiaire
-  Patrimoine culturel
-  Autre établi. sensible à la gestion de crise
-  Etablissement utile à la gestion de crise






Probabilité de crue

-  Scénario fréquent
-  Scénario moyen
-  Scénario extrême


Protection

-  Ouvrage de protection
-  Zone de sur-aléa

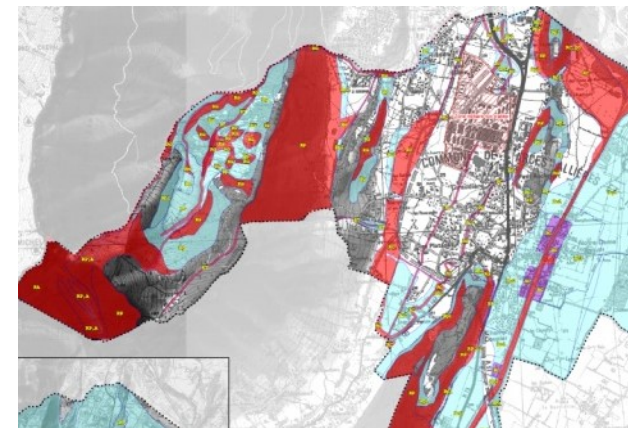
Réseaux

-  Autoroute, quasi-autoroute
-  Route, liaison principale
-  Voie ferrée principale





Découpage administratif

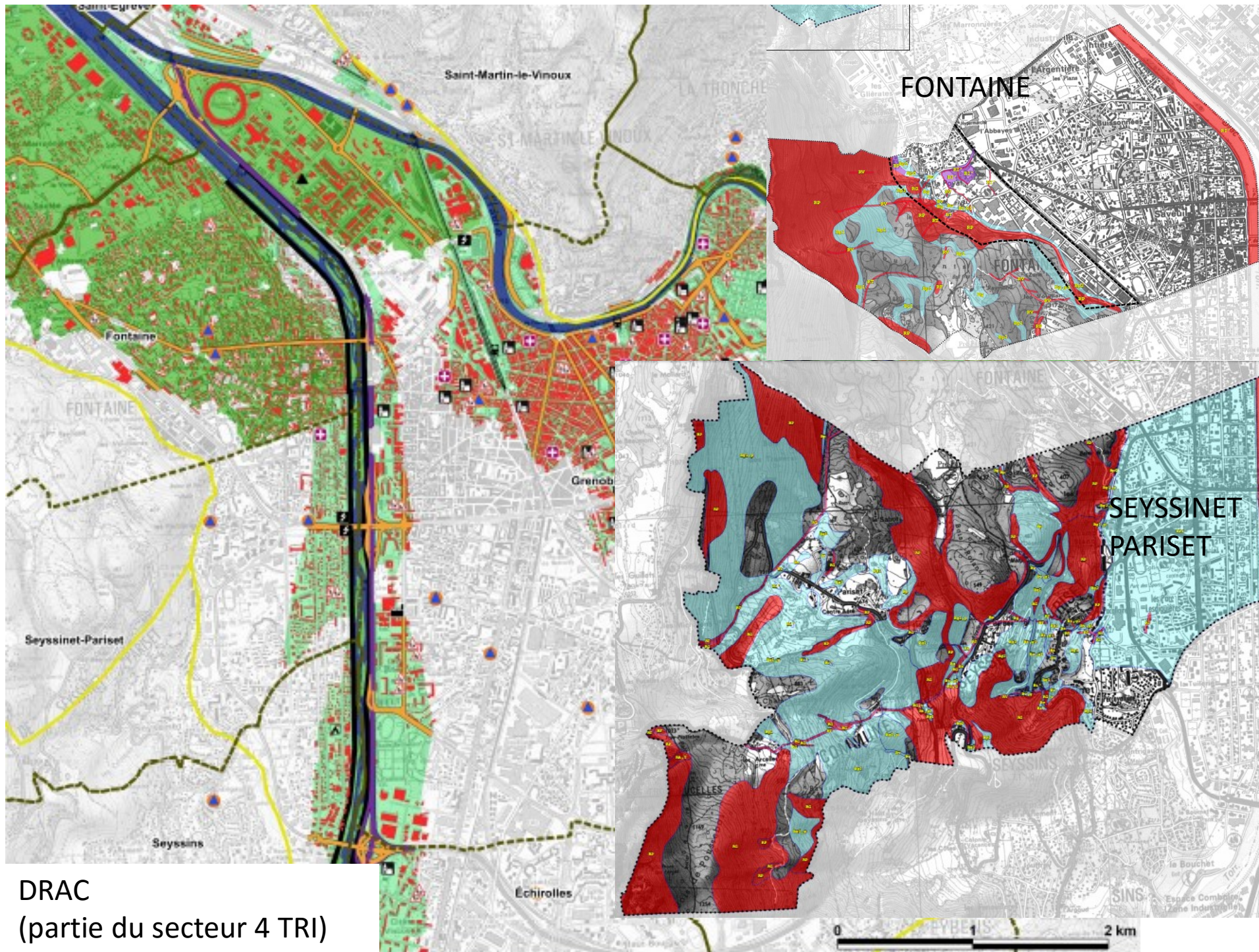
-  Périmètre du TRI
-  Limite de commune

LEGENDE ZONAGE REGLEMENTAIRE DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES :

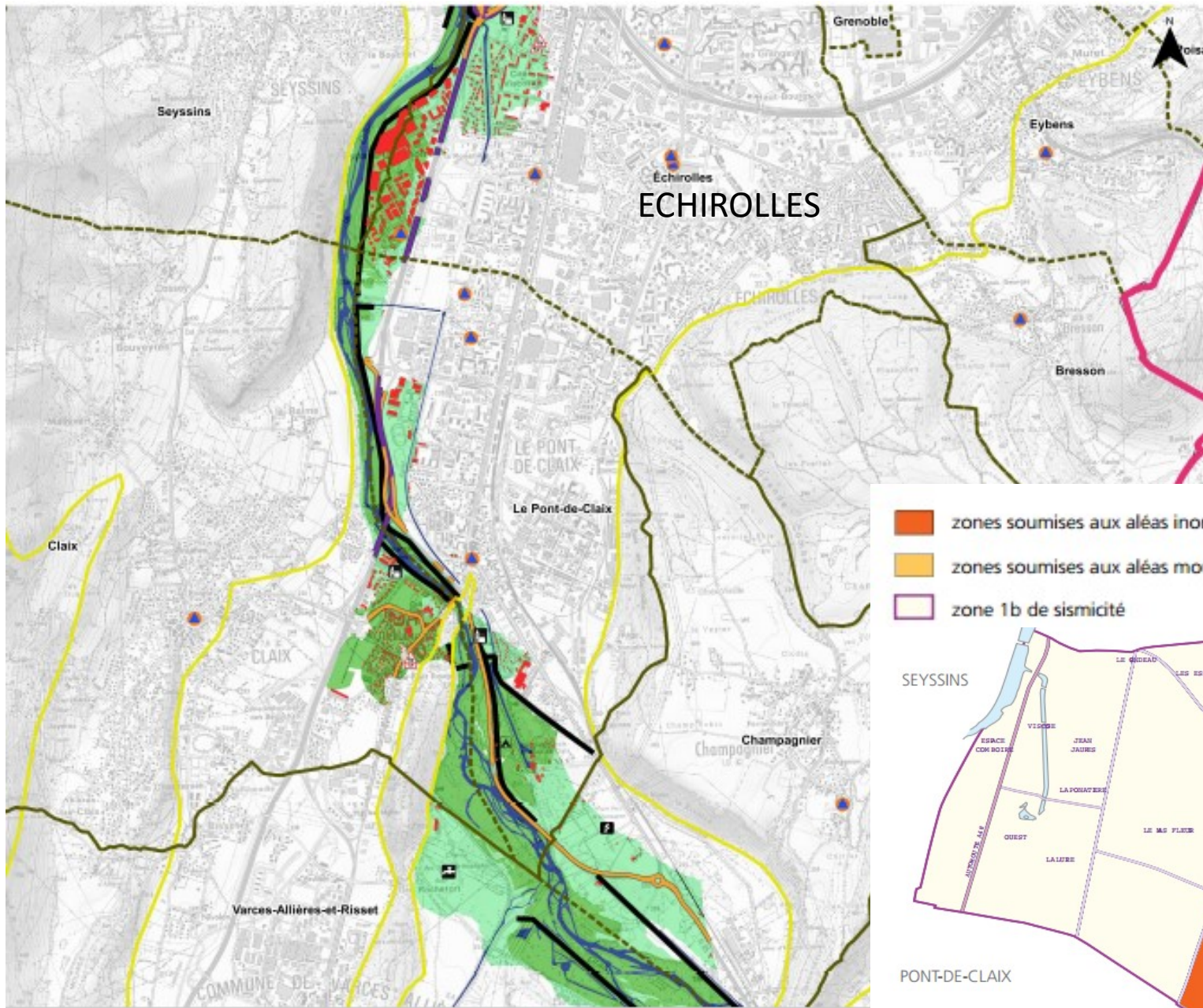


Niveau de contraintes

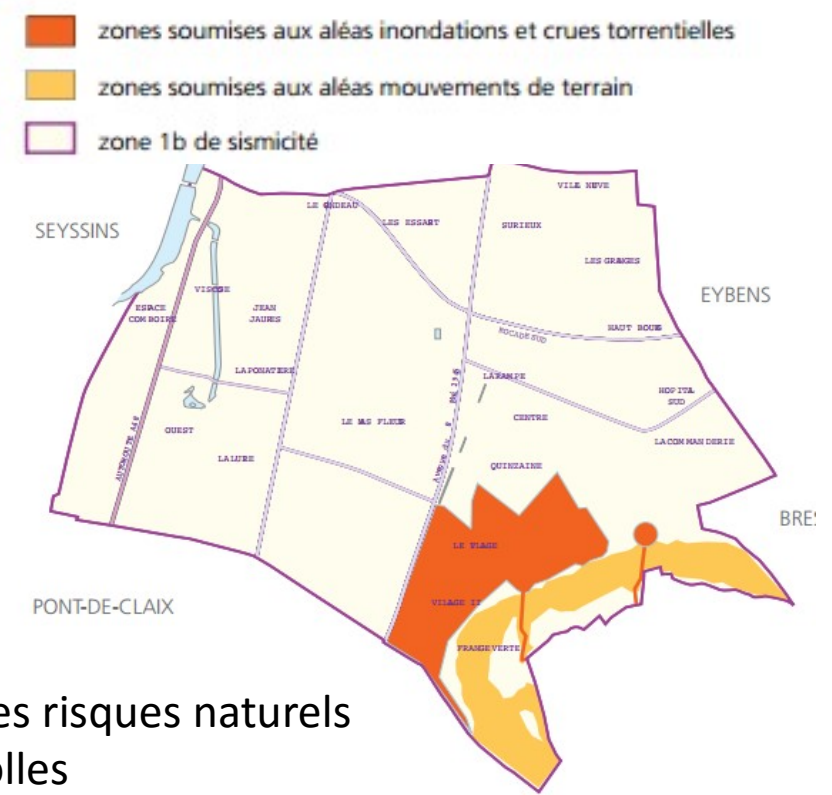
-  Zones d'interdictions
-  Zones de projet possible sous maîtrise collective
-  Zones de contraintes faibles
-  Zones sans contrainte spécifique



DRAC
(partie du secteur 4 TRI)

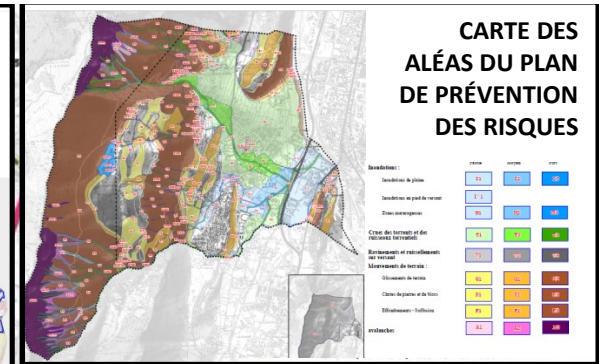
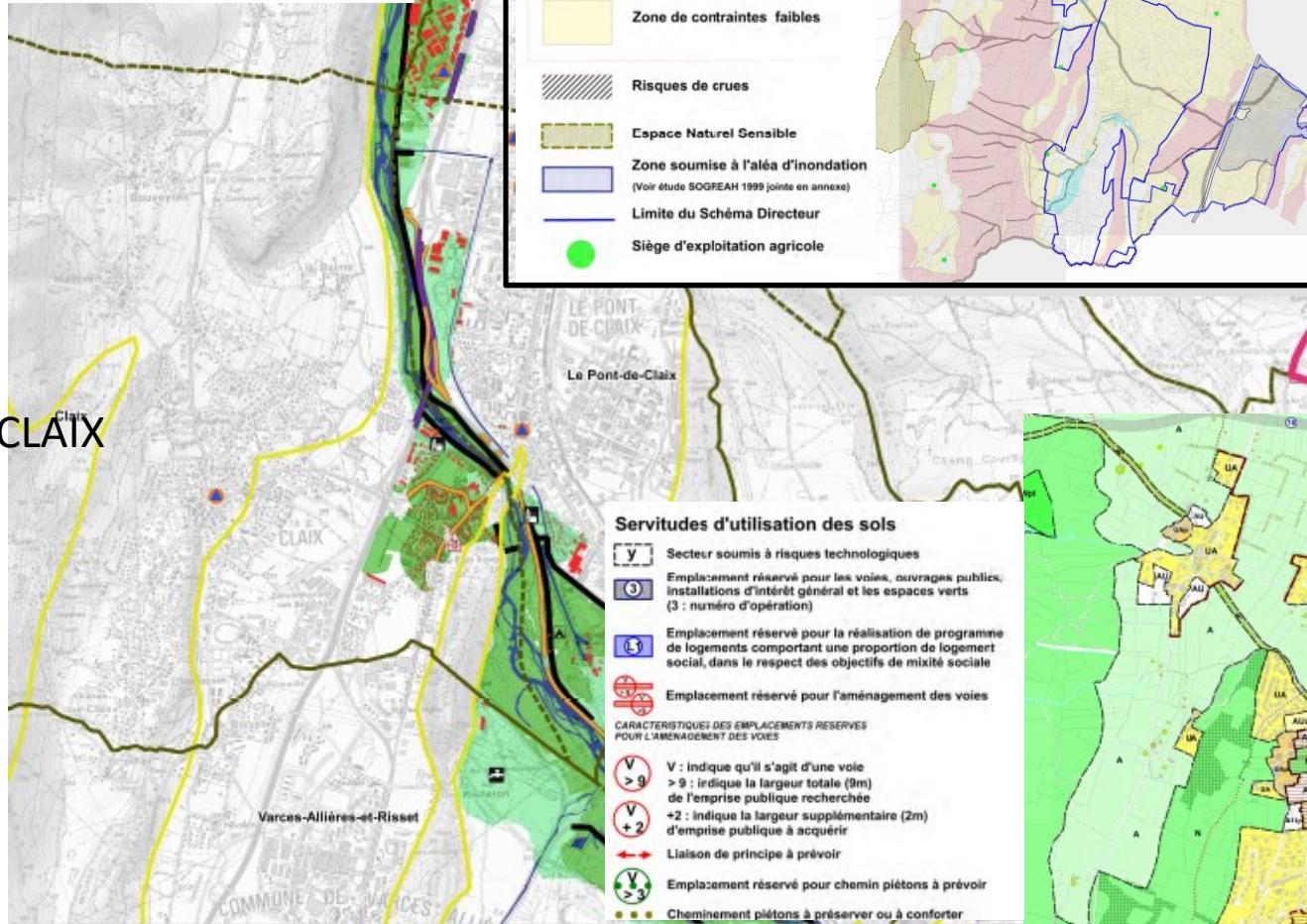


DRAC
(partie du secteur 11 TRI)

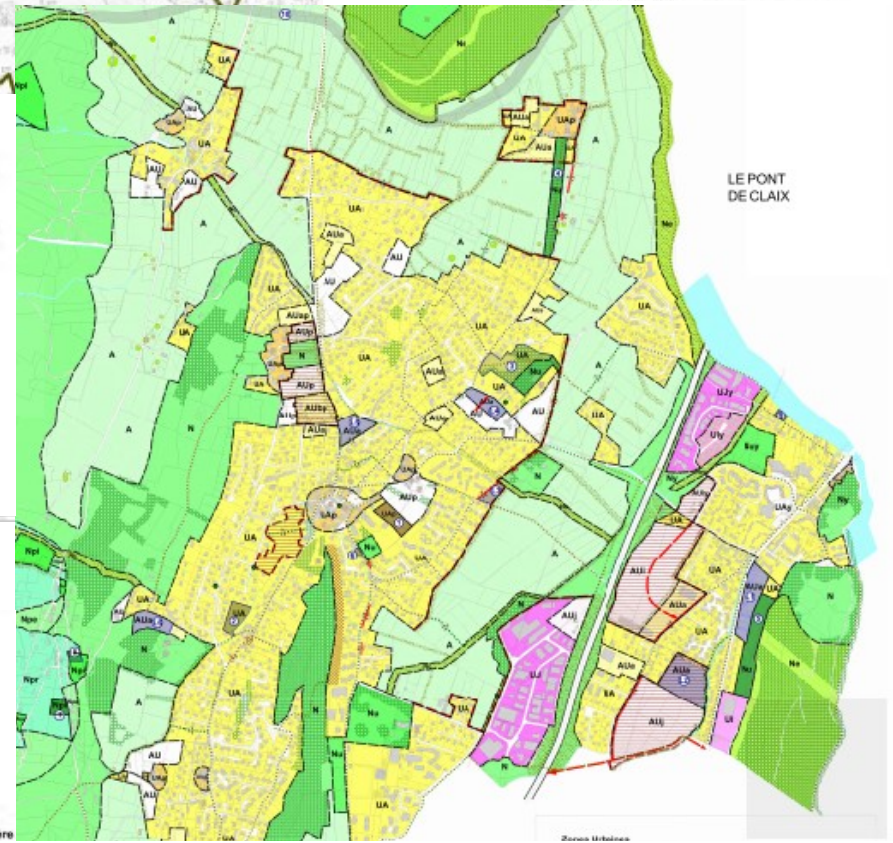


Carte des risques naturels
d'Echirolles

DRAC (partie du secteur 11 TRI bis)

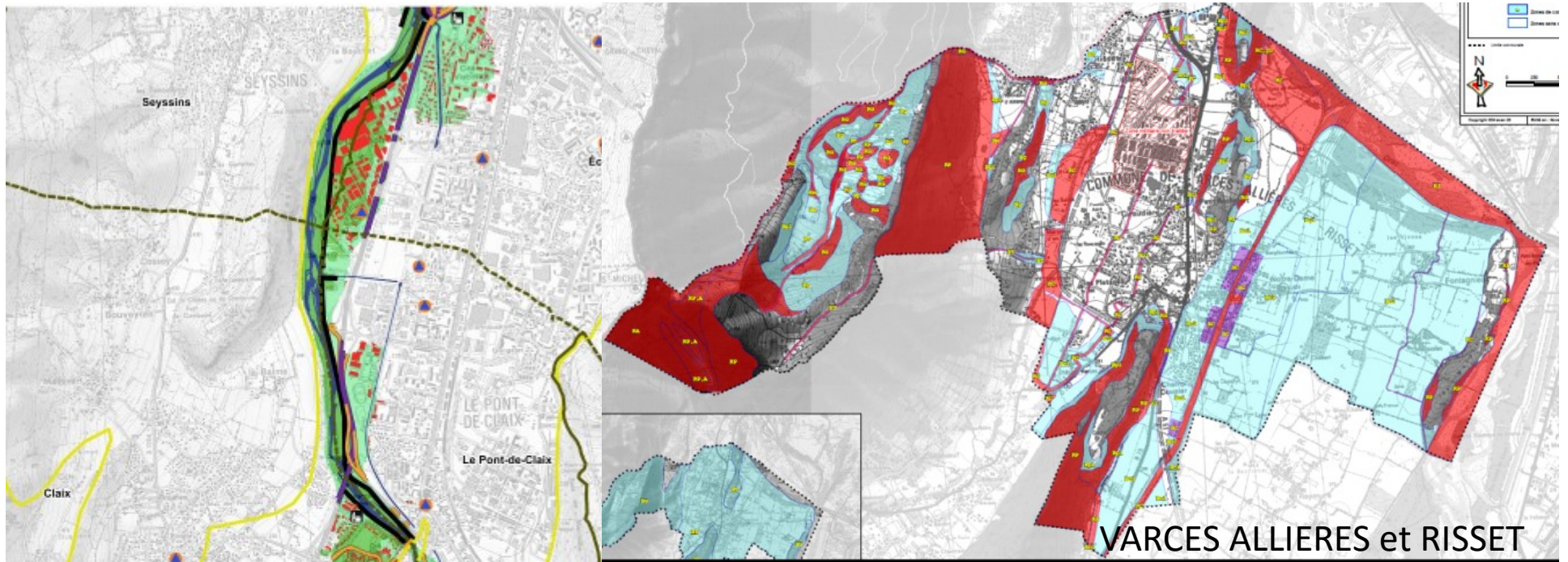


CLAIX

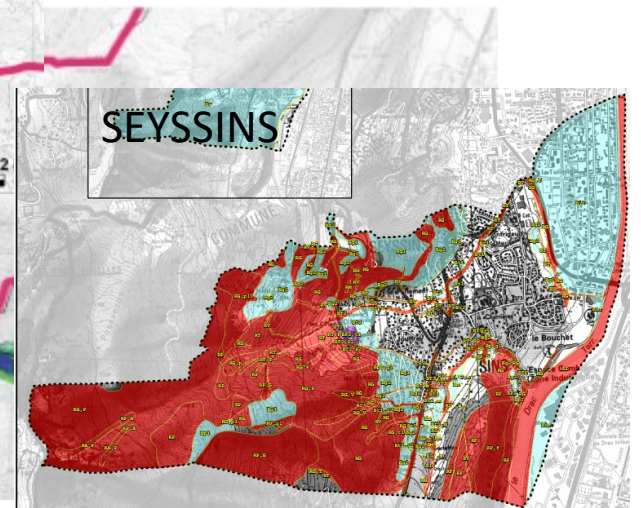
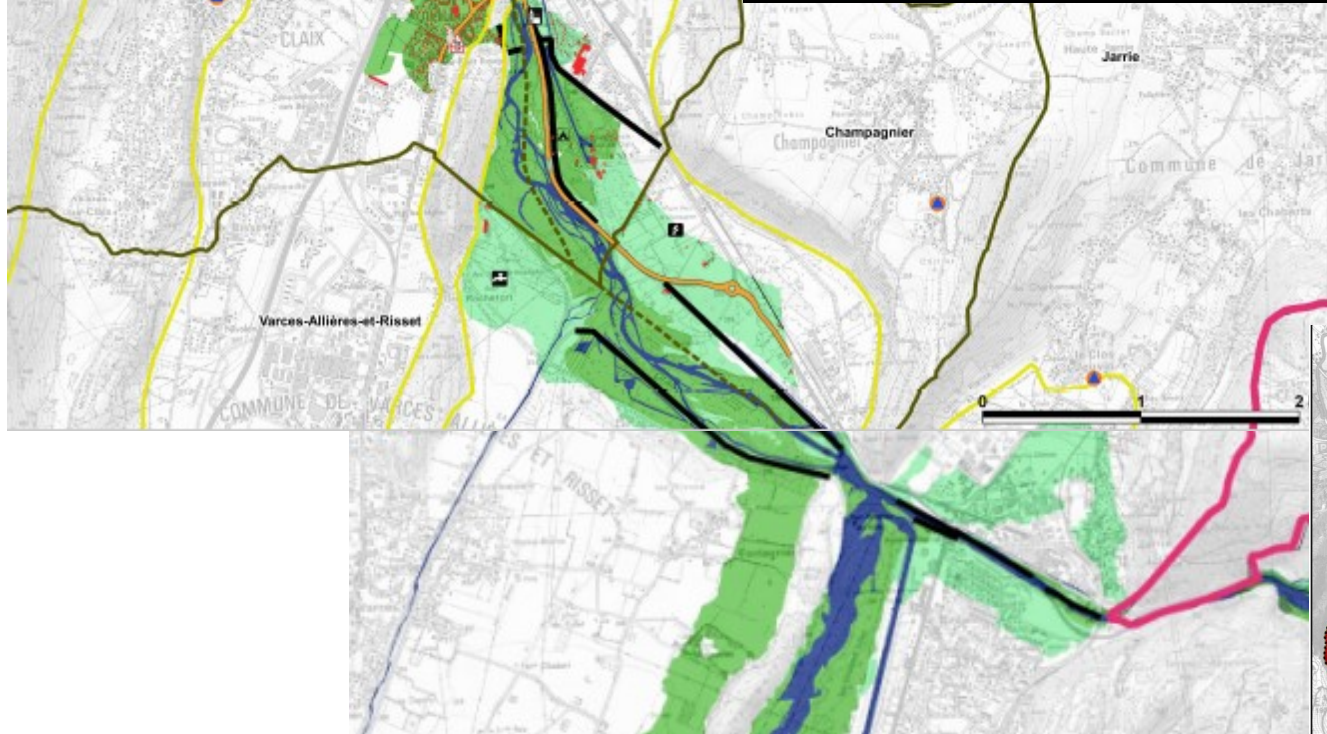


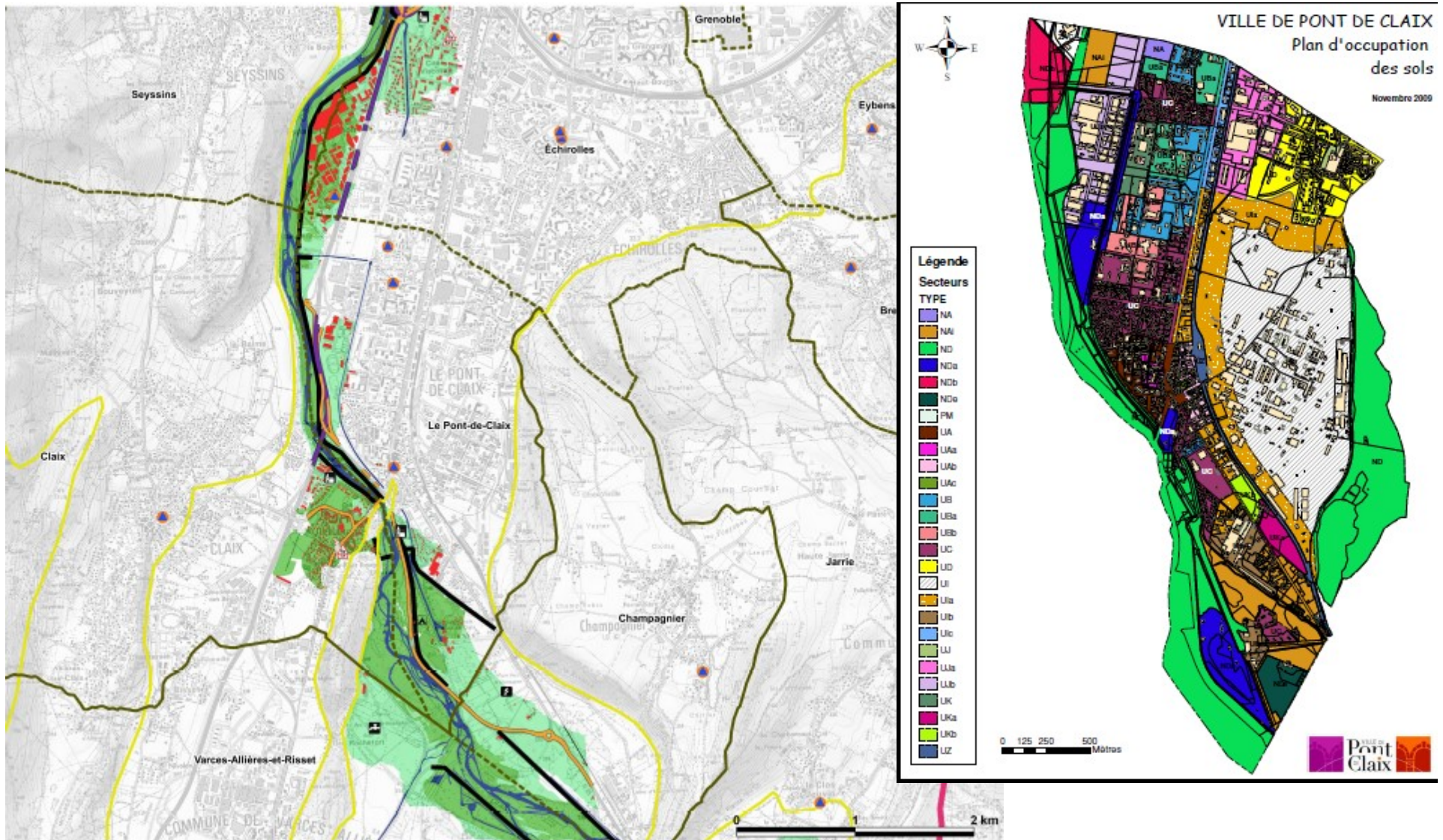
Extrait du PLU (en cours de révision) sur zone soumise à l'aléa inondation

- Zones Urbaines**
- UA Zone urbaine mixte
 - UAp Secteur de mise en valeur du patrimoine (Permis de démolir et autorisations préalables de travaux obligatoires)
 - UI Espace économique urbain
 - UJ Zone mixte d'activités économiques
 - AU Zone à urbaniser COS 0
 - AUa,b Zone à urbaniser sous conditions particulières (habitat)
 - AUIJ Zone à urbaniser sous conditions particulières (économie)
- Zones Naturelles et agricoles**
- A Espace agricole
 - N Espace naturel
 - Nc Corridor écologique
 - Nd Domaine public (Défense Nationale)
 - Ne Espace naturel d'intérêt écologique
 - Nf Espace de loisirs
 - Nh Secteur d'habitat existant
 - Nu Espace vert urbain, parc, jardin et cimetière



DRAC
(partie du secteur 11 TRI)





Zonage :

ND : zone naturelle inconstructible/

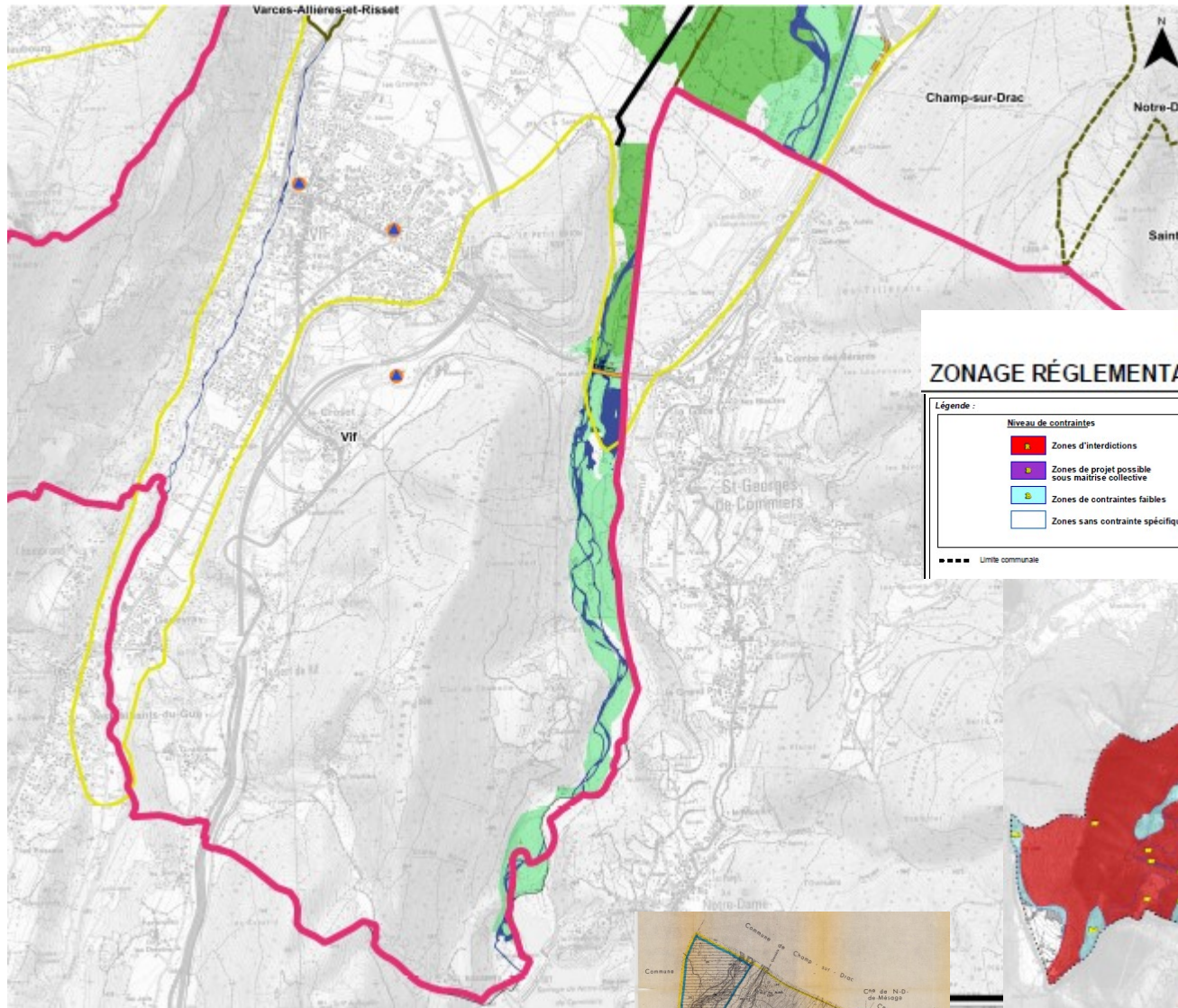
Nda: permettant l'implantation d'équipements publics et privés d'intérêt général liés notamment aux activités de loisirs et de plein air

NDb correspond au champ de tir de Comboire.

DRAC

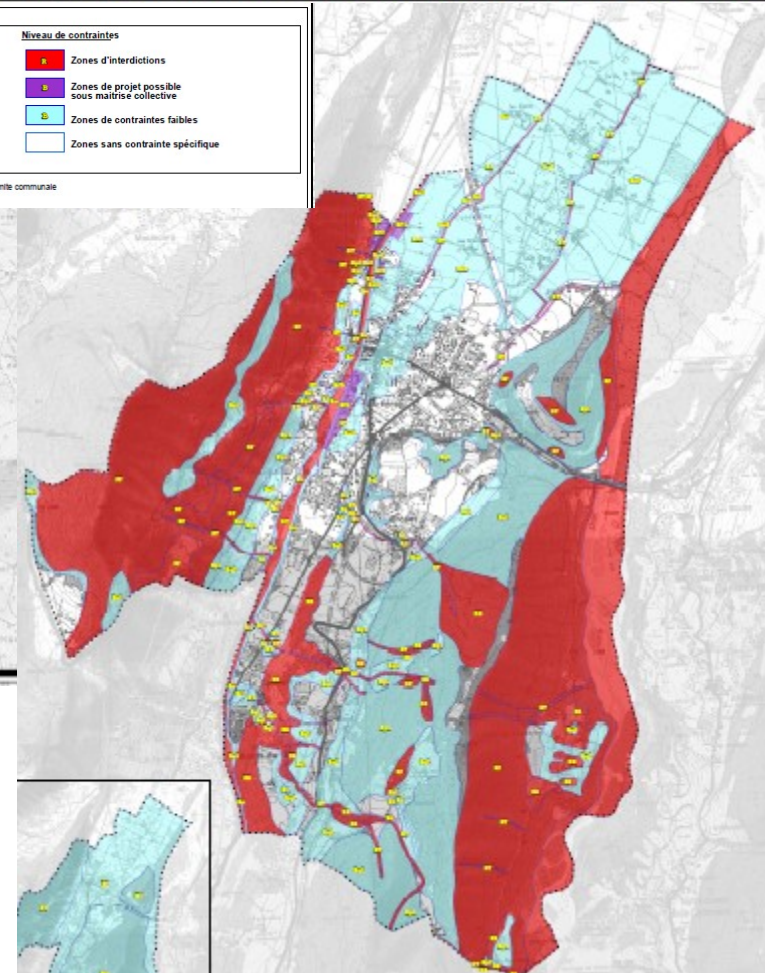
(partie du secteur
11 TRI)

DRAC (secteur 9 du TRI)

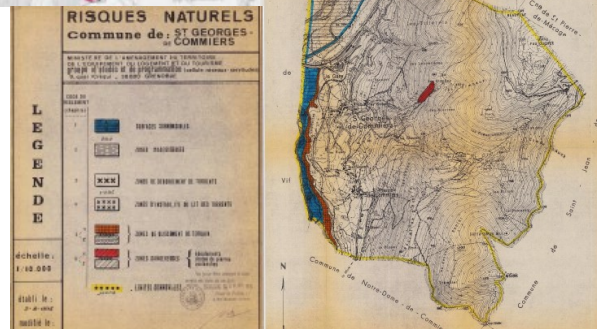


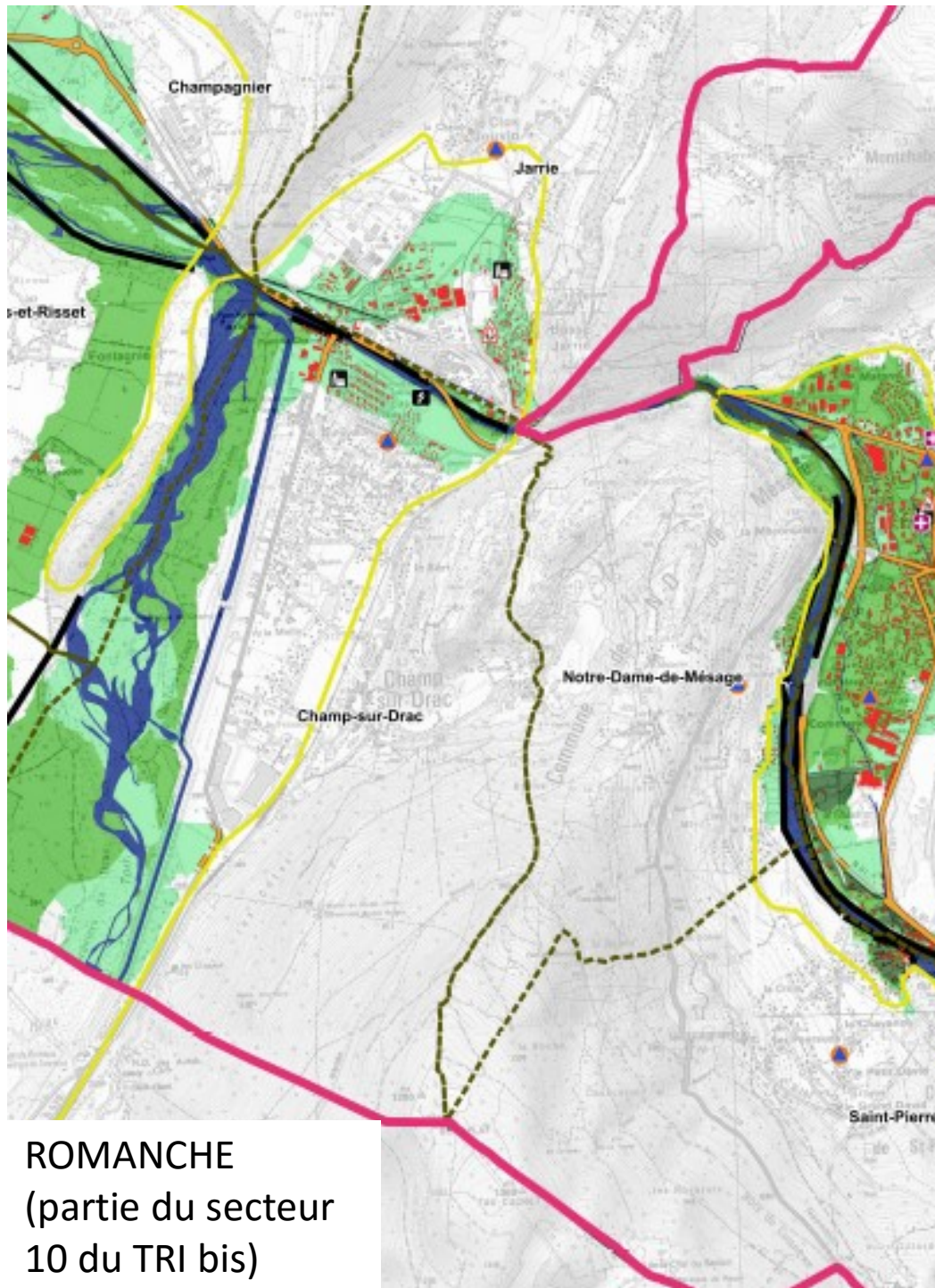
Commune de VIF

ZONAGE RÉGLEMENTAIRE DU PLAN DE PRÉVENTION DES RISQUES

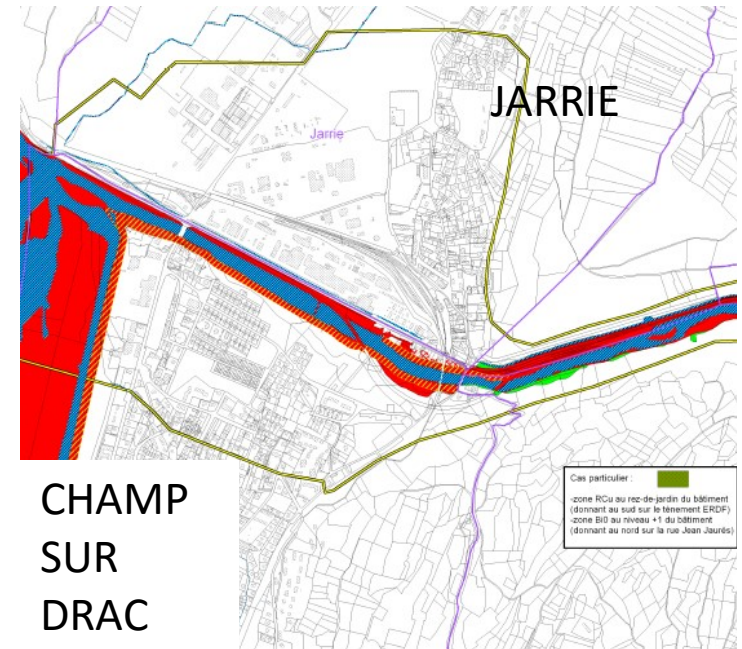


ST GEORGES DE
COMMIERS :

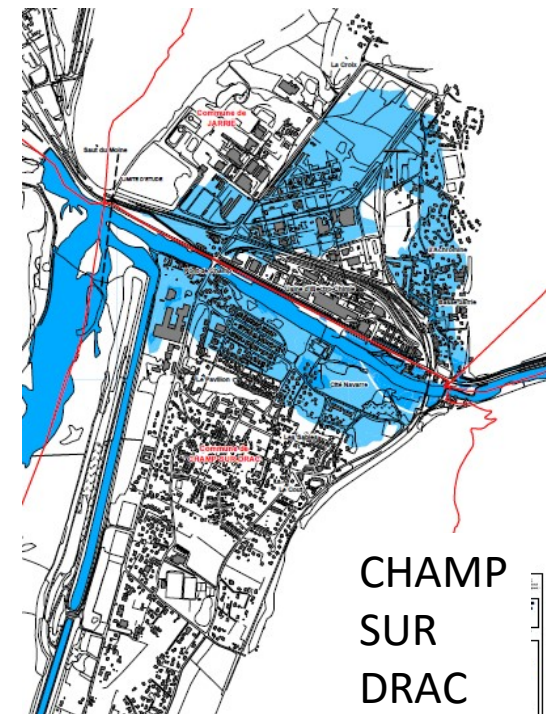




ROMANCHE
(partie du secteur
10 du TRI bis)



CHAMP
SUR
DRAC



PARALLELE ENTRE CARTES DES PPRI ET DES INONDATIONS DU TRI (complété par les cartes des aléas) au droit de la ROMANCHE aval

LEGENDE CARTES DES INONDATIONS :

Enjeux

- Bâtiment
- Surface d'activité économique
- Etablissement hospitalier
- Etablissement d'enseignement
- Camping
- Etablissement classé IPPC
- Station d'épuration (> 2000 EH)
- Transformateur électrique
- Installation d'eau potable
- Gare
- Aéroport
- Etablissement pénitentiaire
- Patrimoine culturel
- Autre établi. sensible à la gestion de crise
- Etablissement utile à la gestion de crise



Lit mineur

Probabilité de crue

- Scénario fréquent
- Scénario moyen
- Scénario extrême

Protection

- Ouvrage de protection
- Zone de sur-aléa

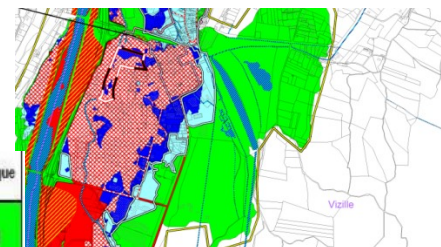
Réseaux

- Autoroutes, quasi-autoroute
- Route, liaison principale
- Voie ferrée principale

Découpage administratif

- Périmètre du TRI
- Limite de commune

LEGENDE CARTES DU PPRI ROMANCHE AVAL :



ENJEUX \ ALEAS	Faible	Moyen -	Moyen +	Fort	Historique
Zones naturelles	RCn	RCn	RCn	RCn	BI0
Zones à enjeux futurs	RCn	RCn	RCn	RCn	BI0
Zones Urbaines	Bc1	Bc2	RCu	RCu	BI0
Zones Activités Commerciales et industrielles	Bc1	Bc2	RCu	RCu	BI0

Zonage réglementaire du risque:

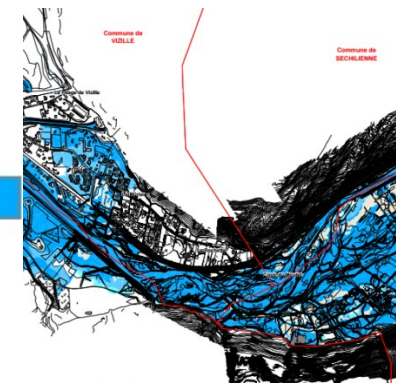
- RCn
- RCu
- RCs
- Bc2
- Bc1
- BI0

(Zones rouges inconstructibles, bleues et vertes sous conditions)

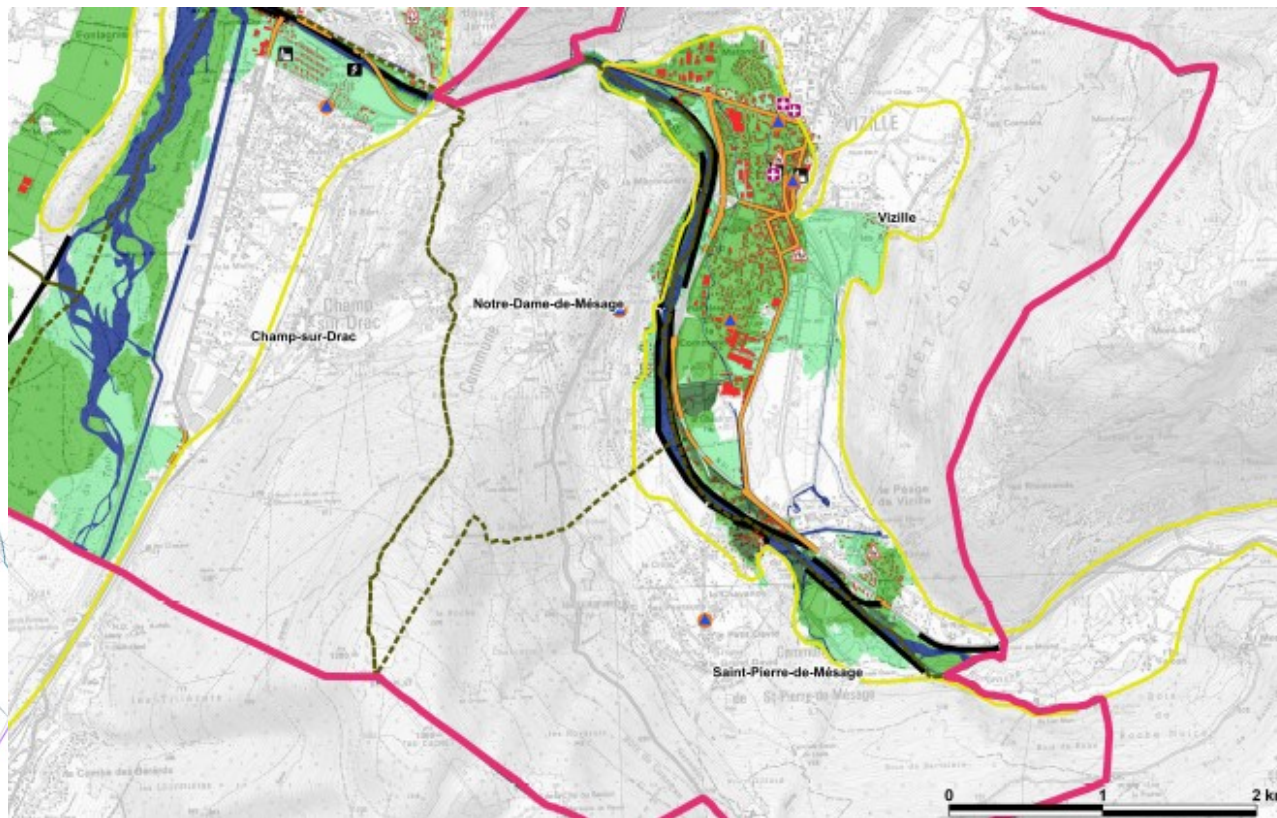
- Rivières, torrents, canaux
- Bâti
- Limites cadastrales
- Limites communales
- Périmètre d'études du PPRI
- Zone hors RESI
- Centre historique
- Tènement "Clairefontaine"

LEGENDE CARTES DES ALEAS :

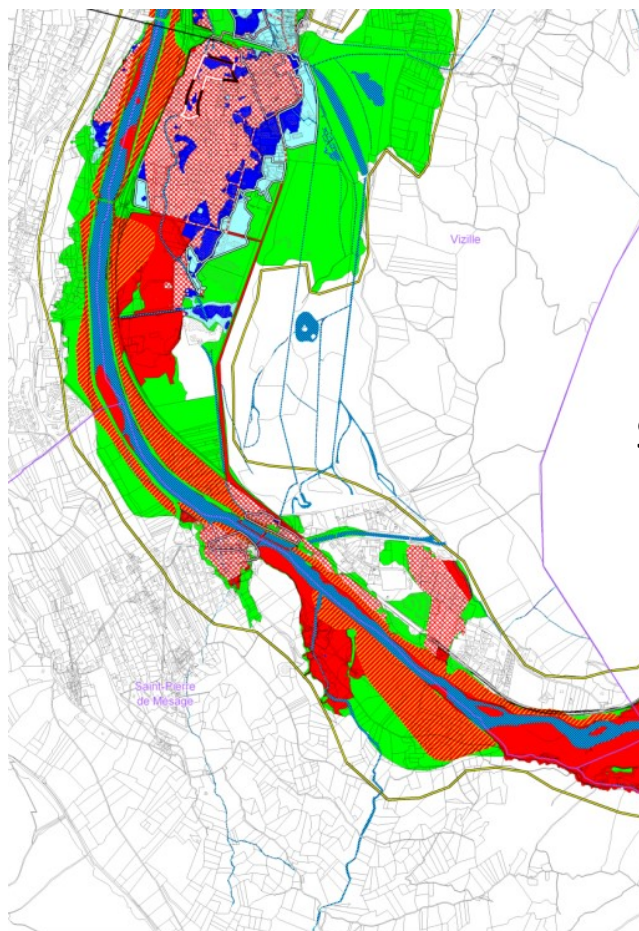
- Crues rapides**
 - Faible
 - Moyen
 - Fort
- Limite communale**
 -



ROMANCHE
(partie du secteur 10 du TRI)



PPRI Romanche Aval :

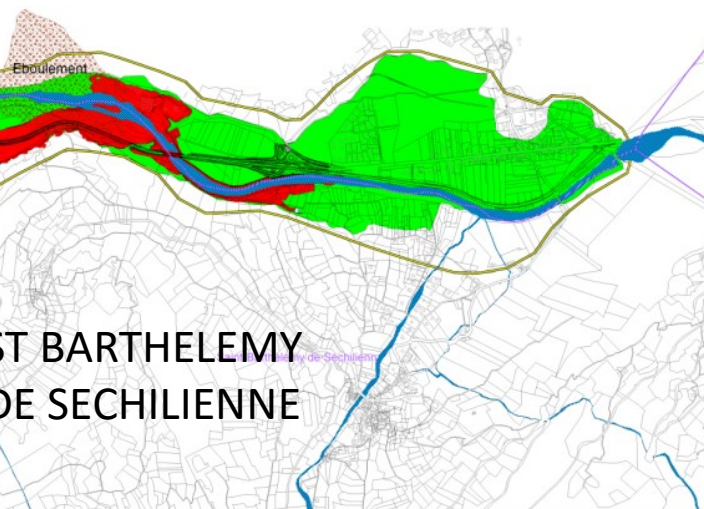


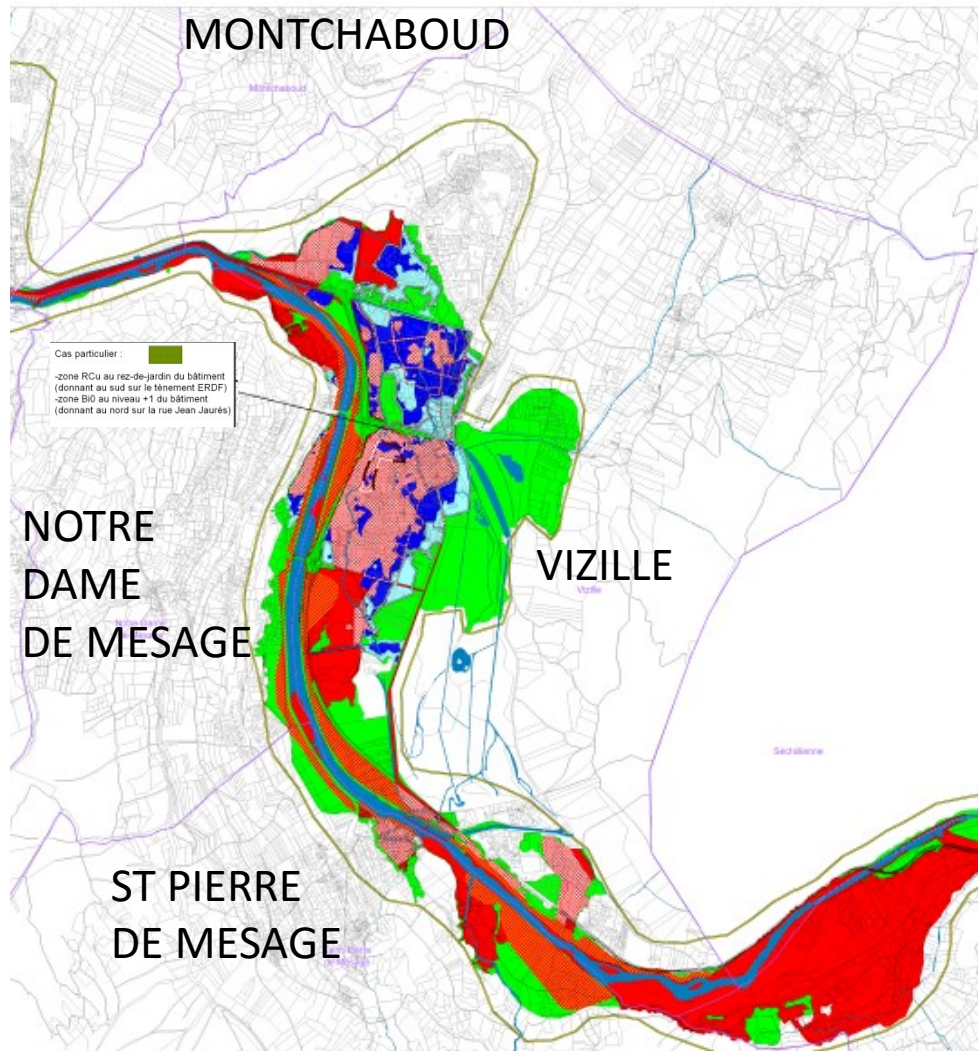
0 m 500

Echelle: 1/10000

SECHILIENNE

ST BARTHELEMY
DE SECHILIENNE





ROMANCHE
(partie du secteur
10 du TRI)

