



Interreg



MARITTIMO – IT FR– MARITIME

Fonds européen de développement régional



Plan d'adaptation au changement climatique dans la Municipalité de Rosignano Marittimo

Municipalité de Rosignano Marittimo

Département d'architecture de l'Université de Florence

*Département d'ingénierie de l'énergie, des systèmes, du territoire et de la
construction de l'Université de Pise*



ÉTAPE 1 : PRÉPARER LE TERRAIN POUR L'ADAPTATION

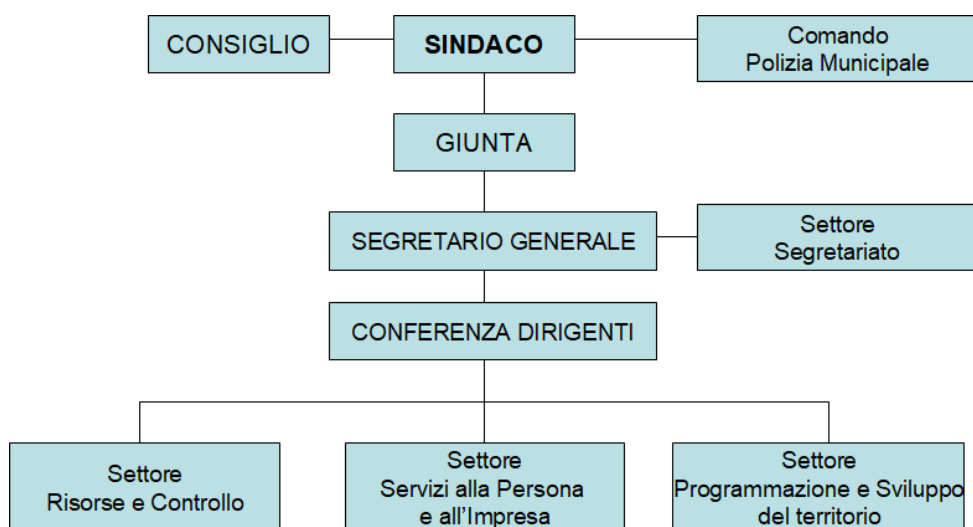
1. Introduction :

Avec le Plan d'adaptation au changement climatique, nous voulons analyser les stratégies possibles pour contrecarrer certains des multiples effets du changement climatique attendus sur le territoire de Rosignano, et en particulier l'élévation du niveau moyen de la mer. Actuellement, l'évaluation de l'impact de ces changements sur le futur système territorial et environnemental se fait dans deux directions : celle de l'atténuation, qui vise à réduire progressivement les émissions de gaz qui altèrent le climat, largement responsables du réchauffement de la planète, et celle de l'adaptation, qui vise plutôt à contrer les effets et les vulnérabilités des systèmes naturels et socio-économiques, actuels et futurs, du changement climatique, ainsi que la variabilité qui se produit en l'absence de changement climatique, dans le contexte d'une société en mutation.

Le concept d'adaptation ne vise donc pas seulement à protéger contre les impacts négatifs, mais aussi à créer une plus grande souplesse face au changement, à tirer parti de ses avantages possibles et à développer la résilience aux impacts inévitables d'un climat en évolution. L'adaptation et l'atténuation sont donc des actions complémentaires, et toutes deux sont des domaines prioritaires pour lutter contre le changement climatique.

2. Identification du Responsable du plan et du groupe de travail

La Municipalité de Rosignano Marittimo est actuellement organisée selon l'organigramme suivant :



En particulier, le Secteur de la Programmation et du Développement Territorial a les fonctions de : Appels d'offres et soumissions (Centre unique d'achat), Travaux publics, Patrimoine, Entretien, Construction privée, Aménagement maritime et biens de l'État, Environnement, Protection des animaux, Animaux errants, Hygiène publique et Protection civile.

2.1. Responsable du Plan d'adaptation aux changements climatiques :

Le Responsable du plan est identifié dans le responsable du secteur de la planification et du développement territorial qui, sur la base des adresses du maire et du conseil municipal, aura pour tâche d'identifier, de planifier et de suivre les actions d'adaptation.

Gérant : Immorali Andrea
Siège : via Don Bosco, 8 - 57016 Rosignano Marittimo (LI)
Tél. : +39 0586-724252 (Secrétariat)
Fax : +39 0586-724306
E-mail : a.immorali@comune.rosignano.livorno.it

2.1.2. Groupe de travail pour la préparation du Plan d'adaptation au changement climatique :

Le Responsable du Plan d'adaptation aux changements climatiques, pour son élaboration, fera appel à un groupe de travail composé des Unités organisationnelles compétentes en la matière :

- ▶ Unité organisationnelle Environnement, hygiène urbaine et bien-être des animaux
- ▶ Unité organisationnelle de la maintenance et de la protection civile
- ▶ Unité organisationnelle Conception et exécution des travaux publics
- ▶ Unité organisationnelle de la planification et des biens de l'État maritime ;
- ▶ Unité organisationnelle des bâtiments privés
- ▶ Unité organisationnelle Appui aux organismes gouvernementaux (communication)

2.1.3. Les acteurs territoriaux :

La Municipalité de Rosignano Marittimo se caractérise par un fort activisme dans les secteurs bénévole et social. Il existe également de nombreuses associations qui, par le biais d'initiatives, d'événements et d'activités quotidiennes, veillent à préserver la qualité de l'environnement. En outre, la municipalité de Rosignano Marittimo, en tant qu'organisme chef de file du Bureau de la protection civile de la basse vallée de Cecina, a encouragé la mise en place d'une coordination de la

protection civile volontaire et, par le biais du même projet ADAPT, la création du Partenariat urbain pour l'adaptation au changement climatique. Vous trouverez ci-dessous les références :

► [Coordination du volontariat en matière de protection civile](#)

Comité local de la Croix-Rouge italienne de Rosignano Solvay
Société d'Assistance Publique et d'Entraide de Rosignano Marittimo ;
Vénérable Fraternité de la Miséricorde de Gabbro
Association Giubbe Verdi Compagnia Alta Maremma Rosignano Marittimo
Comité local de la Croix-Rouge italienne de Donoratico
Société d'assistance publique de Bibbona
Association Misericordia di San Pietro in Palazzi
Confraternité de la Miséricorde de Castagneto Carducci
Société d'assistance publique Cecina

► [Partenariat urbain pour l'adaptation au changement climatique](#)

Représentants des Assemblées Permanentes de la Fraction (Rosignano Marittimo, Rosignano Solvay, Vada)
Représentants des associations de catégorie (CNA)
Citoyens actifs

► [CEA - Centre d'éducation environnementale](#)

Le Centre d'Éducation Environnementale de la Municipalité de Rosignano Marittimo est né sous le nom de « LEA-Torre del Faro » et a ensuite pris le nom de CEA. Il collabore avec les écoles locales et travaille dans le domaine de l'environnement avec des entreprises et des sociétés locales.

► [MusNa - Musée d'histoire naturelle](#)

Le nouveau Musée d'Histoire Naturelle, situé dans les locaux de Villa Pertusati à Rosignano Marittimo, est géré par l'Association des Amis de la Nature qui promeut des activités éducatives et populaires destinées aux citoyens et aux écoles, à travers des visites guidées, des expositions, des conférences, des projections, des débats et d'autres initiatives ouvertes au public.

► [OTP - Opération Territoire Propre](#)

Elle se caractérise par des habitants de petites villes et des citoyens qui mettent une partie de leur temps libre à disposition pour contribuer à l'enlèvement des déchets dans de petites zones, au profit de toute la communauté

► [Occhi sulle Colline et associations pour la protection de l'environnement](#)

Association INITINERE, Rosignano Solvay

Club d'équitation Mandriolo, Gabbro

Association Trekking Libertas, Rosignano Solvay

Association ASCA - Association scientifique pour la communication environnementale), Rosignano Solvay

Association Giubbe Verdi Compagnia Alta Maremma Rosignano Marittimo

Association il Sentiero, Rosignano Marittimo

Association Federcaccia, Rosignano Marittimo

Association Gioco di vele, Rosignano Marittimo

3. Analyse des politiques en cours :

La municipalité de Rosignano Marittimo est équipée des outils suivants pour la planification et la stratégie sectorielle en matière d'environnement, d'urbanisme et d'infrastructures de transport : Plan d'action pour l'énergie durable (PAES) ; Plan de mobilité urbaine durable (PUMS) ; Plan structurel municipal (PSC) ; Plan opérationnel municipal (POC).

► Plan d'action pour l'énergie durable (PAES).

L'adhésion au Pacte par la Municipalité de Rosignano M.mo a eu lieu en septembre 2013 par la résolution du Conseil municipal no. 99 du 30/09/2013. En tenant compte des données de l'inventaire de base des émissions, le document identifie des mesures concrètes de réduction, ainsi que le temps et les responsabilités, pour traduire la stratégie à long terme en actions. Les axes d'intervention prévus par le PAES de Rosignano M.mo sont les suivants et définis des actions menées, à mener à court et à long terme : a) l'efficacité énergétique dans le secteur civil (actions : systèmes de chauffage au méthane et remplacement des fenêtres en bâtiments municipaux, raccordement au réseau de chauffage urbain de certains bâtiments municipaux, efficacité du système d'éclairage public de la zone municipale, efficacité de l'éclairage des cimetières, contrôle des certifications énergétiques des bâtiments, modifications du règlement de construction et du règlement de construction durable, durabilité du développement urbain, modernisation des systèmes en bâtiments ERP, extension du réseau de chauffage urbain aux particuliers) ; b) mobilité durable (actions: transports publics locaux, création de pistes cyclables, nouvelles lignes TPL) ; c) durabilité des activités touristiques et de production (action : requalification environnementale de la zone artisanale Le Morelline, activités de production durable, « smart grid ») ; d) production d'énergie à partir de sources renouvelables (actions : installation de systèmes solaires photovoltaïques sur les bâtiments municipaux, installation de systèmes solaires thermiques sur 2 bâtiments municipaux, centrale photovoltaïque à Scapigliato, énergie des ondes, agrandissement de l'usine de biogaz) ; e) utilisation rationnelle des ressources (actions: achats d'électricité produite par

des sources d'énergie renouvelables, installation de fontaines à eau de haute qualité par ASA, usine de compostage avec production d'électricité, test des technologies de traitement des huiles végétales); f) éducation environnementale et information des citoyens (actions: activités d'éducation environnementale de la municipalité dans les écoles, code de conduite et respect des clauses environnementales pour l'acquisition de biens et services par voie d'appels d'offres)..

► Plan de mobilité urbaine durable (PUMS)

Il a été approuvé par la résolution du Conseil municipal no. 75 du 29 juin 2017. L'administration municipale avec la volonté d'actualiser le plan de transport existant, afin de le rendre plus cohérent avec l'évolution des besoins et des modes de transport de la population et de ceux qui, pour d'autres raisons (travail, études, loisirs ou tourisme), transitent et se déplacent dans la zone municipale, dans le but d'augmenter l'accessibilité et l'utilisabilité du territoire, de réduire les impacts environnementaux et d'améliorer la qualité de vie des citoyens, a considéré que le PUMS était l'outil le plus approprié, malgré la petite taille de la Municipalité, pour laquelle la mise en œuvre du Plan de Mobilité Urbaine (PUMS) ne serait même pas prescrite. Le PUMS, en effet, se concentre sur les personnes et la satisfaction de leurs besoins de mobilité, suivant une approche transparente et participative qui implique l'implication active des citoyens et des autres parties prenantes dès le début de son processus de définition.

► Plan structurel municipal (PSC)

Il a été approuvé par la résolution C.C. no. 13 du 20.01.2004 (modifiée par la résolution G.C. no. 38 du 28.03.2006) et rédigé conformément aux dispositions réglementaires de la loi régionale no. 5 du 16 janvier 1995 « Règlement pour la gouvernance du territoire ». Le plan a un caractère structurel et stratégique afin de décrire les futures orientations de développement urbain et territorial conformément aux principes de durabilité et de subsidiarité. L'outil de planification, encore en vigueur aujourd'hui, est développé sur les cinq domaines stratégiques suivants : a) développement des services et production d'effet urbain ; b) développement de l'esprit d'entreprise et qualification économique ; c) qualification territoriale ; d) politiques culturelles, formation, politiques sociales ; e) gestion efficace du PRG.

► Plan opérationnel municipal (POC)

Il a été adopté par la résolution du Conseil municipal no. 114 du 29 août 2017. Le Plan opérationnel municipal est l'instrument de planification territoriale et urbaine qui, selon la LR 65/2014, remplace le Règlement d'urbanisme afin de réglementer les activités de construction et d'urbanisme de la municipalité. Le P.O.C. réglemente à la fois la gestion des établissements existants et la transformation des structures d'établissement, d'infrastructure et de construction du territoire. L'Administration considère comme stratégiques les interventions liées au changement climatique, à

la cohésion sociale et à l'identité territoriale, visant à augmenter les services, à promouvoir le tourisme durable et à soutenir les activités productives pour innover et requalifier le tissu productif local.

4. Identification des bénéficiaires finaux des actions d'adaptation :

Les bénéficiaires finaux de ce plan sont les citoyens dans leur sens plus général d'usagers de la ville, c'est-à-dire ceux qui utilisent la ville, ses services, ses fonctions et qui, en même temps, doivent être protégés et sauvegardés.



ÉTAPE 2 : ÉVALUATION DES RISQUES D'INONDATION DANS UN FUTUR SCÉNARIO CLIMATIQUE

1. Classification des bassins de botro Secco et de botro Cotone

1.1. Botro Cotone

Classification du bassin

Le bassin versant de Fosso Cotone s'étend dans la province de Livourne et est délimité au sud-est par le bassin du Secco et au nord par le bassin de Crocetta. Fosso Cotone naît de la Via di Serragrande (160 mètres au dessus du niveau de la mer), se développe sur environ 4,10 km et a un caractère typiquement torrentiel et sous-tend un bassin d'environ 2,37 km². Le puits s'étend dans la direction du nord au sud-ouest, puis il est fermé de la Via Lungomonte à la Via dei Mille et dévie son parcours d'est en ouest où il est intubé à la hauteur du ff-ss et entre peu après dans le Botro Secco.

Caractéristiques du bassin et de l'utilisation des terres

Du point de vue de l'utilisation des terres, le bassin peut être schématisé grossièrement comme suit :

- Zone de collines avec utilisation prédominante de bois (environ 55 % de l'ensemble du bassin), s'étendant de la source jusqu'à la hauteur de l'autoroute . La végétation qui couvre cette zone est le maquis méditerranéen (chênes verts, chênes-lièges, arbousiers, dards, lierre, etc.) avec de nombreuses zones de grands arbres.
- Une zone de collines à usage agricole prédominant (environ 5 %), qui s'étend de l'autoroute à la Via Lungomonte.
- La zone de la vallée est principalement urbanisée (environ 40 %) de la Via Lungomonte aux ff-ss.

1.2. Botro Bargingo

Classification du bassin

Le bassin du Botro del Bargingo s'étend entièrement dans la province de Livourne et est délimité au nord par la ligne de partage des eaux des montagnes de Livourne, à l'ouest par le bassin de Cotone et au sud-est par le bassin de Secco. Le Botro del Bargingo a ses origines près de la Loc. Molino a Vento (environ 145 mètres au dessus du niveau de la mer) se développe sur environ 2,5 km et a un caractère typiquement torrentiel avec une extension d'environ 1,13 km². Le puits principal s'écoule principalement dans une direction nord-est à sud-ouest, où dans la zone de collines il reçoit une série d'affluents mineurs, après quoi il se jette dans le Botro Cotone.



Interreg



UNION
EUROPÉENNE

MARITTIMO – IT FR– MARITIME

Fonds européen de développement régional





Caractéristiques du bassin et de l'utilisation des terres

Du point de vue de l'utilisation des terres, le bassin peut être schématisé grossièrement comme suit :

- Zone de collines où l'utilisation des terres boisées est prédominante (50 % de tout le bassin versant), s'étendant de la source à la Loc. Col di Leccio . La végétation qui couvre cette zone est le maquis méditerranéen (chênes verts, chênes-lièges, arbousiers, dards, lierre, etc.) avec différentes zones de grands arbres.
- Une zone de piémont purement agricole (50 % de l'ensemble du bassin), qui s'étend de la Loc. Col di Leccio jusqu'au Botro Cotone.

1.3. Botro Secco

Classification du bassin

Le bassin de Botro Secco s'étend entièrement sur le territoire de la province de Livourne et est délimité au nord par le bassin versant des montagnes de Livourne, à l'ouest par le bassin de Bargingo et au sud-est par le bassin de Fosso dei Orti ou de Fosso Pisano. Le Botro Secco est également originaire de la région de la Loc. Molino a Vento (environ 145 mètres au dessus du niveau de la mer) se développe sur environ 3,7 km et a un caractère typiquement torrentiel avec une extension d'environ 2 km². Le puits principal s'écoule principalement dans une direction nord-est à sud-ouest, où dans la zone de collines il reçoit une série d'affluents mineurs, après quoi il reçoit les eaux du Botro Cotone et se jette ensuite dans la mer à Lo Soglietto, près de Rosignano Solavay.

Caractéristiques du bassin et de l'utilisation des terres

Du point de vue de l'utilisation des terres, le bassin peut être résumé approximativement comme suit :

- Zone de collines où l'utilisation des terres boisées est prédominante (30% de tout le bassin versant), s'étendant de la source à la Loc. Col di Leccio . La végétation qui couvre cette zone est le maquis méditerranéen (chênes verts, chênes-lièges, arbousiers, dards, lierre, etc.) avec différentes zones de grands arbres.
- Une zone de piémont purement agricole (30 % de l'ensemble du bassin), qui s'étend de la Loc. Col di Leccio jusqu'à l'entrée de la zone urbanisée de Rosignano Solvay.
- La zone de la vallée est principalement urbanisée (environ 40 %) de la Via Lungomonte à la côte.



Figure - Classification du bassin Cotone Secco avec les principaux cours d'eau qu'il contient.

2. Traitement hydrologique

Schéma du réseau

L'identification des zones de caractère homogène en termes d'utilisation et de caractéristiques du territoire a permis de diviser chaque bassin en plusieurs sous-bassins pour mieux se rapprocher de la réalité du territoire. De cette manière, il a été possible de schématiser l'ensemble de la zone afin de pouvoir l'insérer dans le logiciel HEC-HMS avec lequel le traitement hydraulique a été effectué.

De cette façon, nous avons pour Botro Cotone la subdivision en sous-bassin collinaire nommé « CT_S1 » et sous-bassin urbain nommé « CT_I1 », tandis que pour Bargingo, étant donné son extension plus petite, nous avons un seul sous-bassin avec des caractéristiques rurales nommé « BA_S1 ». De la même façon, le Botro Secco a été divisé en 3 sous-bassins, l'un avec le caractère collinaire « SE_S1 » et deux autres avec le caractère urbain « SE_I1 » et « SE_I2 ».

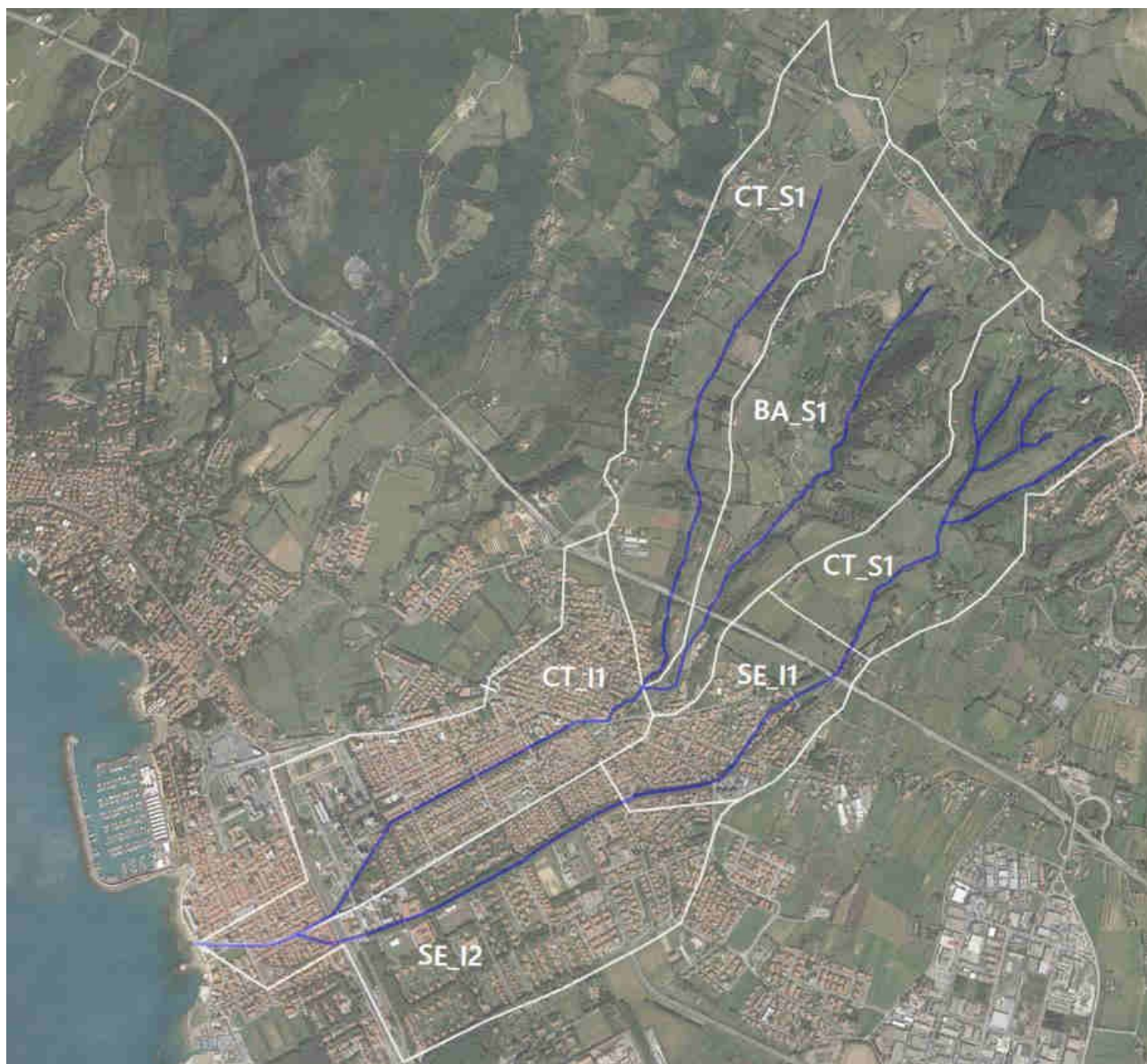


Figure - Subdivision de la zone examinée en sous-bassins (en blanc) et en barres principales (en bleu)

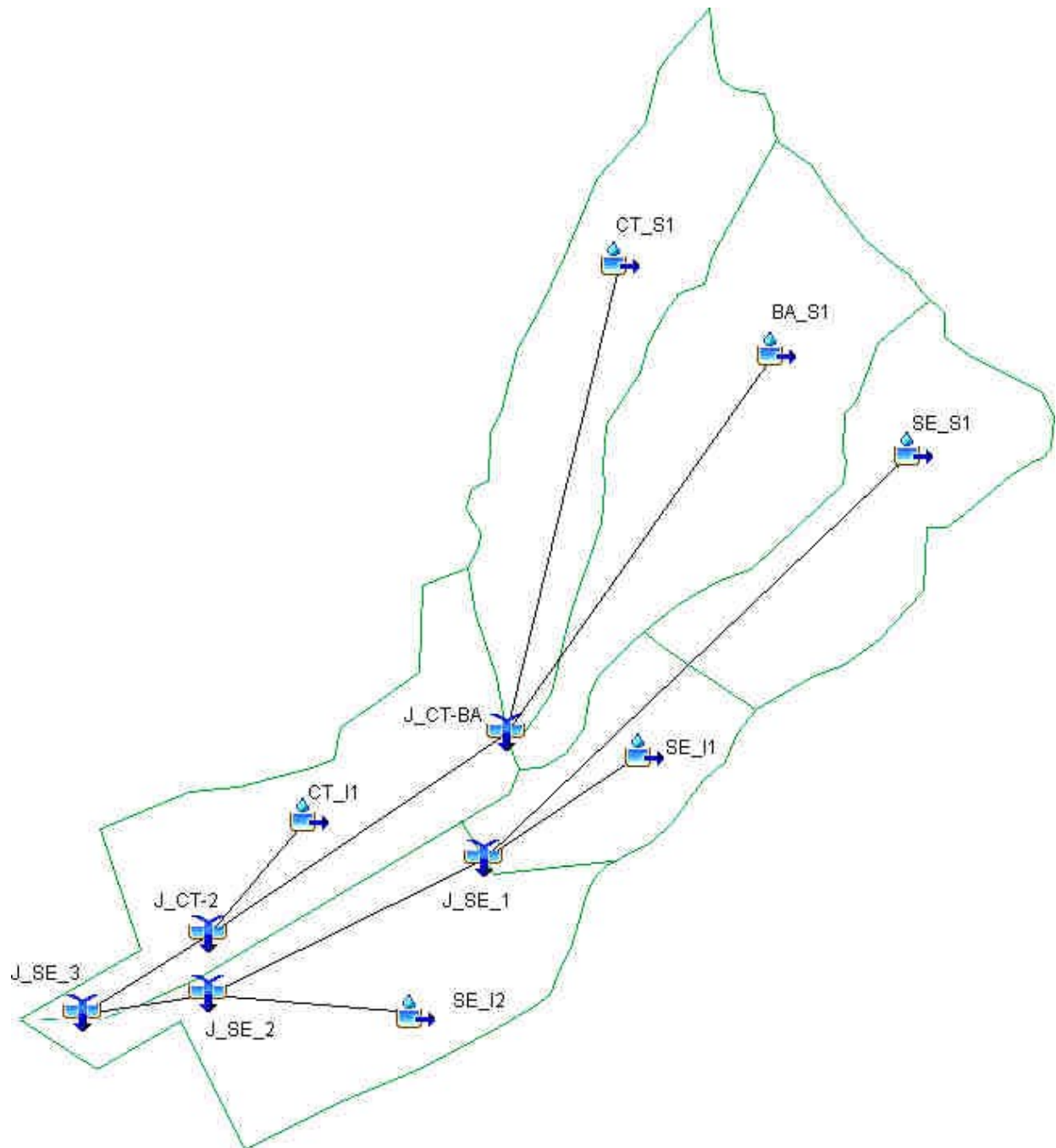


Figure - Schéma utilisé pour l'analyse hydrologique du bassin Secco Cotone avec HEC-HMS

Données de pluie et données géomorphologiques du bassin dans les conditions actuelles

Les données utilisées pour l'élaboration du modèle hydrologique afin d'obtenir les hydrogrammes du bassin examiné sont rapportées. Le programme « QGIS » a été utilisé pour obtenir les bassins fluviaux correspondant à chaque cours d'eau, puis pour obtenir les données géomorphologiques nécessaires concernant le bassin et chaque sous-bassin.

Pour les bassins CT_S1, BA_S1, SE_S1 et CT_I1, la méthode de transformation flux entrants-débits SCS_CN a été utilisée, tandis que pour les deux autres bassins, la méthode des ondes cinématiques a été utilisée. À partir du site de la région de Toscane, il a été possible d'acquérir la carte régionale

de la distribution du paramètre CN II sur le territoire nécessaire pour le calcul des paramètres tels que les pertes initiales (Ia) et pour la construction de l'hydrogramme.

Bacino	Area [kmq]	L asta [km]	CN	i (pendenza asta)
CT - S1	0,85	2,44	89,8	0,04
BA - S1	1,13	2,48	88,2	0,04
SE_S1	0,68	1,28	89,22	0,06
CT - II	0,73	1,7	95	0,04

Les données trouvées ont été utilisées pour calculer les différents temps de parcours (Tc) de chaque bassin, grâce auxquels il a été possible d'estimer le temps de retard (T lag), un paramètre essentiel pour l'application de la méthode SCS et donc l'estimation des hydrogrammes de crue pour l'ensemble du réseau.

Bacino	Kirpich [ore]	Viparelli [ore]	Pezzoli [ore]	Watt [ore]	Chow [ore]	Tc medio [min]	Tlag [min]	Ia [mm] (perdita iniziale)
CT S1	0,46	0,68	0,67	0,63	0,48	0,66	26,07	7,21
BA S1	0,5	0,69	0,68	0,63	0,48	0,67	26,47	8,50
SE_S1	0,24	0,36	0,29	0,32	0,28	0,31	12,29	7,67
CT - II	0,34	0,47	0,47	0,47	0,38	0,45	17,72	3,34

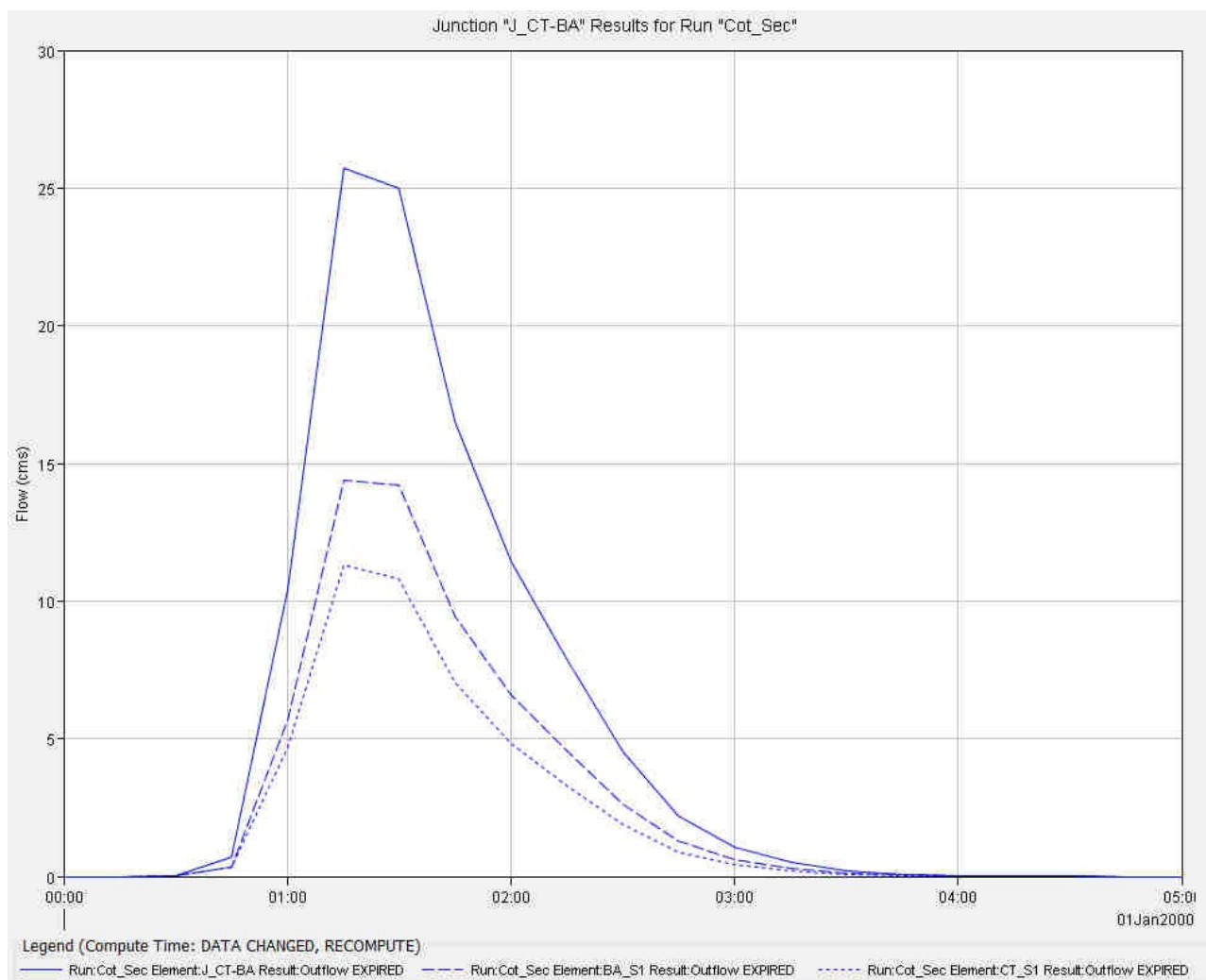
La courbe de possibilité de précipitations CPP utilisée est celle qui est encore fournie par la Région de Toscane pour le territoire de Rosignano et est égale à :

$$h = 65,6883 \times t^{0,2802}$$

Compte tenu de la durée d'exécution d'environ une demi-heure, on a choisi un temps de pluie Tp= 2 heures, plus élevé que celui-ci mais pas trop. Avec les données de pluie ainsi trouvées, il a été possible de traiter un éthogramme de type Chicago pour simuler l'événement météorologique critique sur le bassin.

3. Traitement des résultats dans l'état actuel

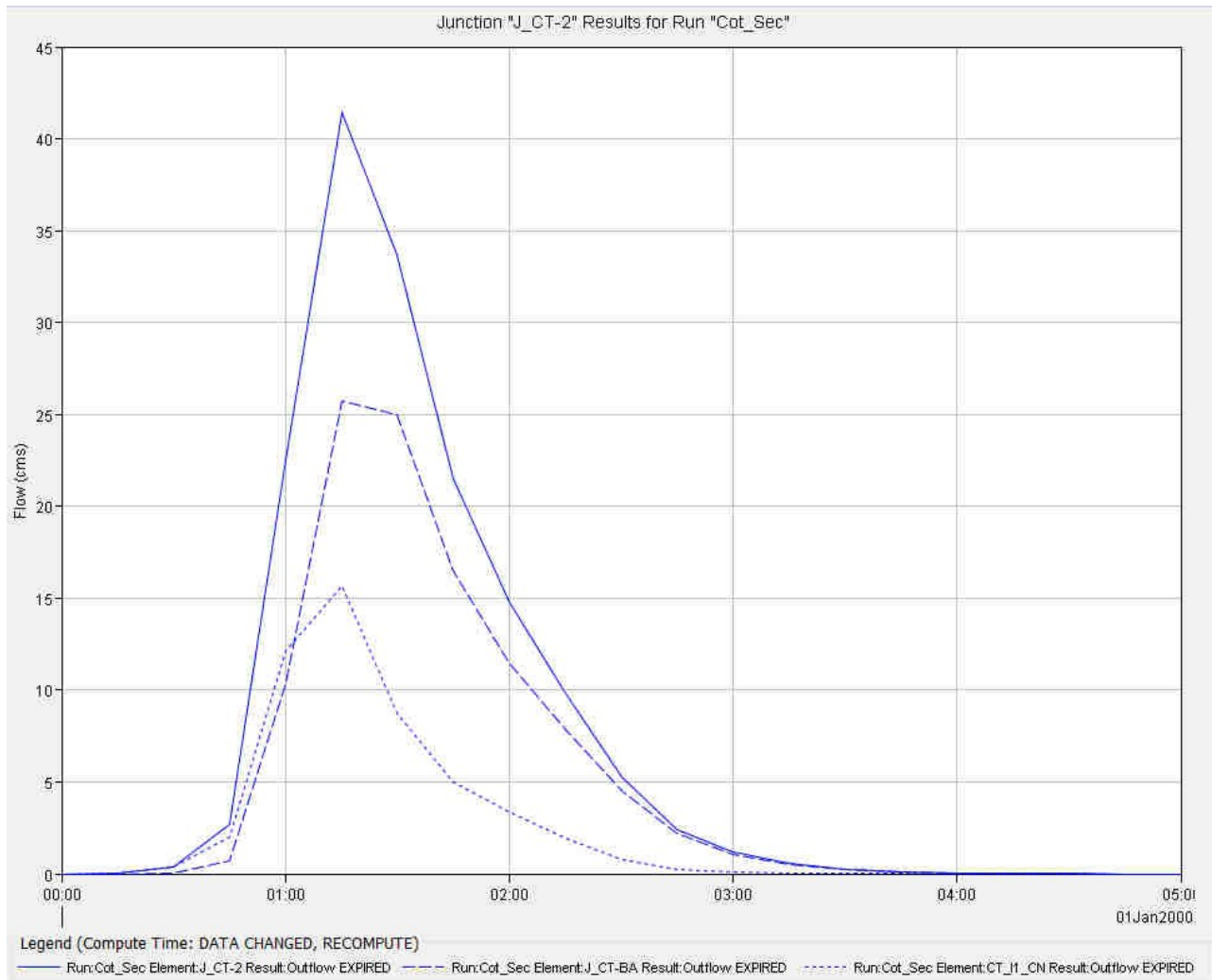
Confluence entre le Botro Cotone et le Botro Bargingo



Il y a une porte à la crête au confluent de Cotone et Bargingo égale à :

- $Q_{max} = 25,7 \text{ mc/s}$

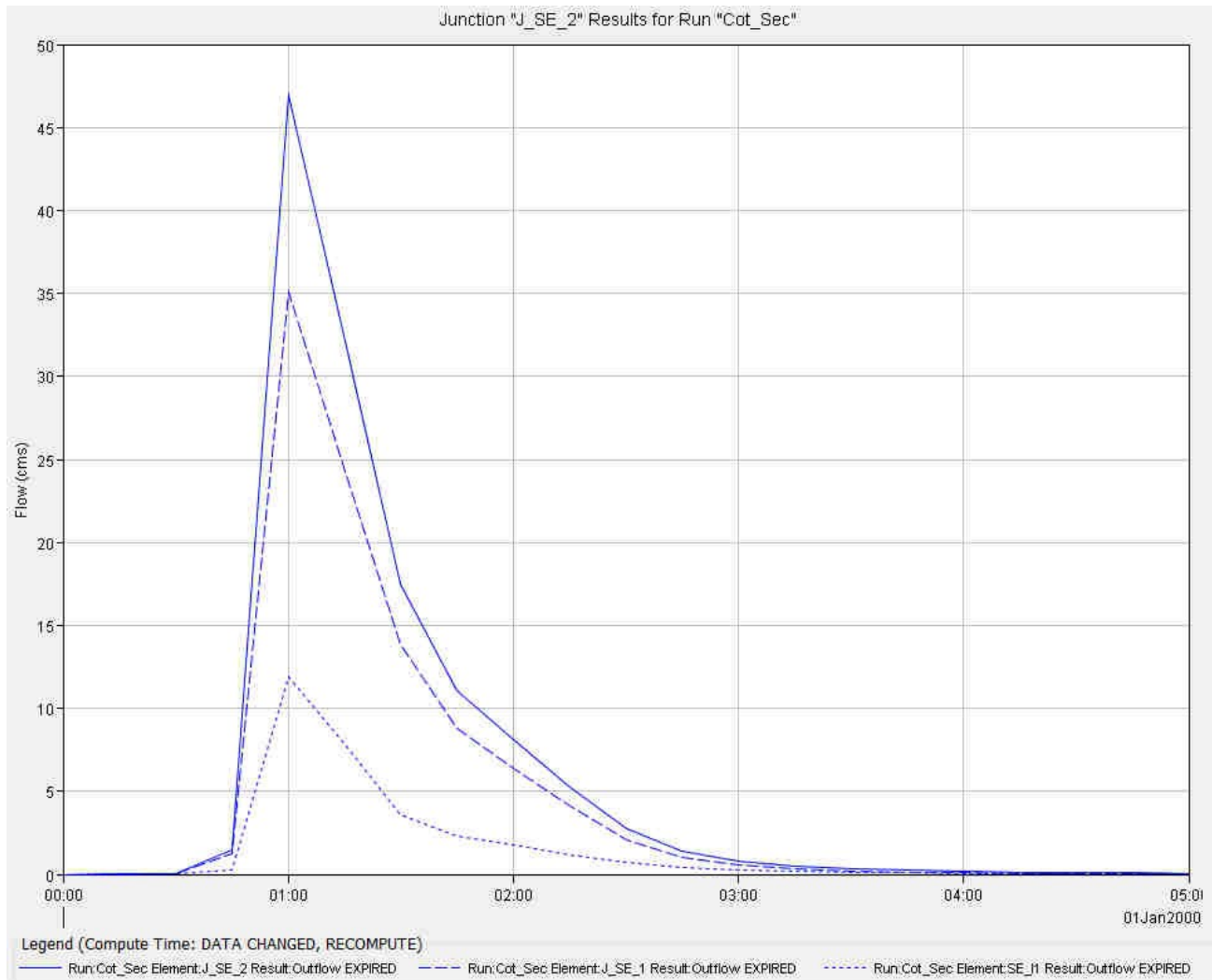
Botro Cotone près de la voie ferrée Pise - Rome



Il y a une porte à la crête dans la section de Botro Cotone près du remblai de la voie ferrée égale à :

$$Q_{\max} = 41,4 \text{ mc/s}$$

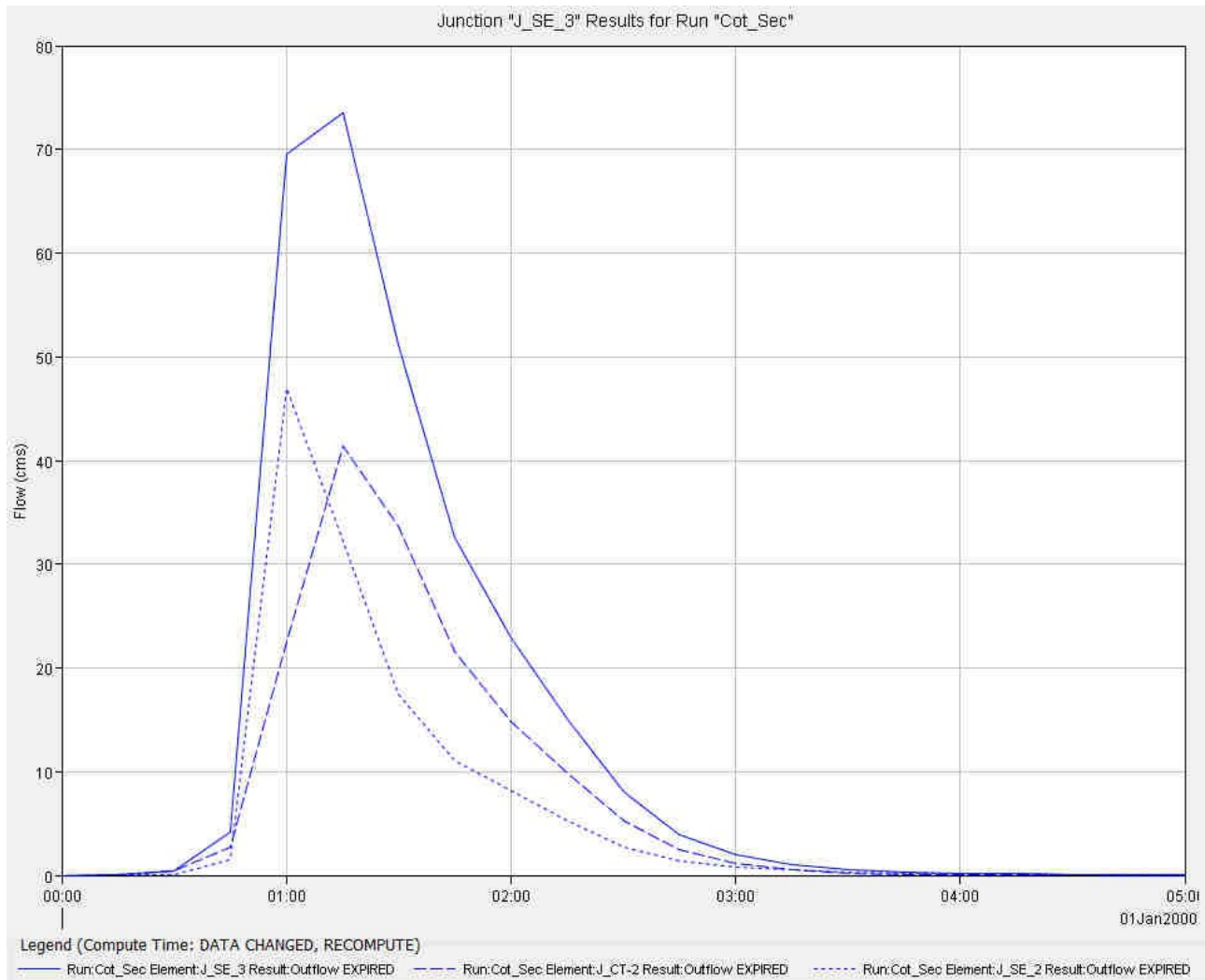
Botro Secco près du tombeau dans via della Repubblica



Il y a une porte à la crête dans la section à côté du tombeau dans via Allende égale à :

- $Q_{max} = 47 \text{ mc/s}$

Botro Secco à l'embouchure



Il y a une porte de crête dans la section de l'embouchure égale à :

- $Q_{max} = 73,6 \text{ mc/s}$

4. Criticité de certaines sections dans les conditions actuelles :

Plusieurs situations critiques sont identifiées dans les conditions actuelles, c'est-à-dire des tronçons dans lesquels le débit maximal estimé de trente ans ne peut pas passer. Il a été calculé pour chaque tronçon le débit maximal qui peut s'écouler dans des conditions de tronçon non obstrué et dans des conditions défavorables de tronçon accidentellement obstrué par des obstacles. Pour ce faire, le débit maximal en section libre a été divisé par un coefficient de sécurité $k = 1,2$, ce qui permet d'obtenir des débits admissibles plus faibles que les précédents.

Les tronçons qui s'avèrent insuffisants pour permettre un débit adéquat aux débits maximums sont les suivants :

- Section de Botro Cotone correspondant au passage sous la ligne ferroviaire F.S. Pise - Rome, situé près de Via Pisacane. (Section 1 dans la figure)

Dimensions section 1 : $B = 2,6$ m et $h = 1,6$ m.

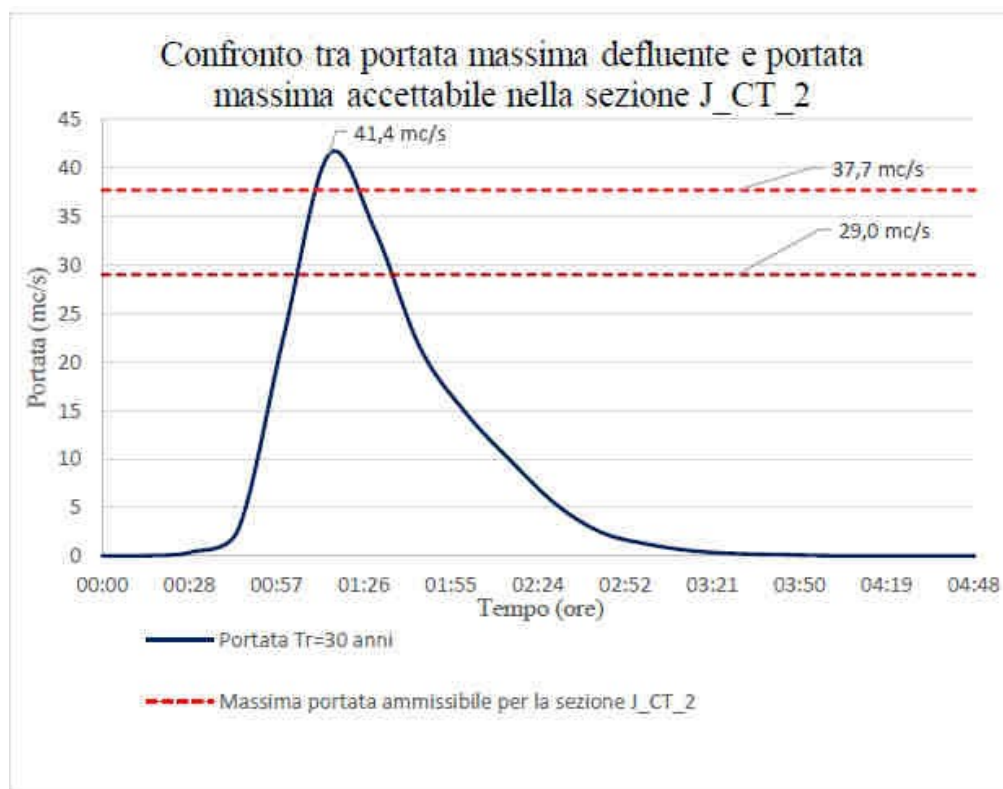




Figure - Section du passage inférieur où le Botro Cotone croise la ligne de chemin de fer

- Section de Botro Cotone située au carrefour de l'via Allende et de via della Repubblica, où l'entrée du cours d'eau se trouve dans sa section tombée, avant le confluent avec Botro Cotone. (Section 2 dans la figure)

Dimensions section : $B = 1,8 \text{ m}$ et $h = 1,7 \text{ m}$.

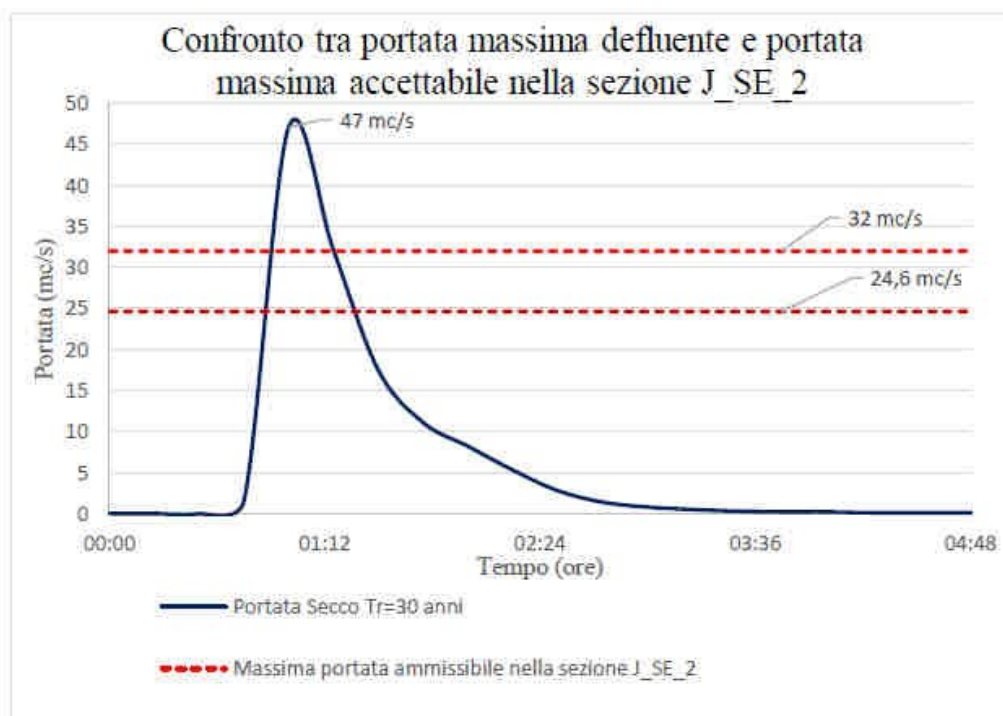




Figure - Section du passage souterrain où le Botro Secco commence sa section du tunnel avant l'embouchure.



Figure - Classification des sections critiques 1 et 2

5. Changements estimés à l'échelle du bassin pour 2100

À partir des scénarios déjà étudiés et analysés en ce qui concerne le changement climatique dans la zone méditerranéenne de Rosignano, il est possible de faire des hypothèses et d'évaluer ensuite de manière qualitative la réponse de ce bassin aux changements estimés. De façon synthétique vous devrez modifier les paramètres concernant :

- Données pluviométriques : on utilisera la courbe des précipitations estimées avec des projections statistiques pour la situation climatique en 2100, déjà présentée dans le rapport. Des analyses statistiques (traitement de Gumbel en moyenne mobile) ont été utilisées pour calculer les précipitations horaires pour 1, 3, 6, 12 et 24 heures en 2100. La comparaison de ces données avec les moyennes sur trente ans des périodes précédentes montre une réduction en pourcentage des valeurs à 2100 variable de 10 % à 30 %, selon la durée de la pluie. En faveur de la sécurité, il a donc été décidé de diminuer de 10 % les valeurs obtenues à partir de la courbe de probabilité des précipitations actuelles pour le territoire de Rosignano, obtenant ainsi une nouvelle CPP estimée pour 2100.

Une telle CPP aura une expression : $h = 62,93 \times t^{0,281}$ et fournit des hauteurs de pluie légèrement inférieures à celles de l'actuelle.

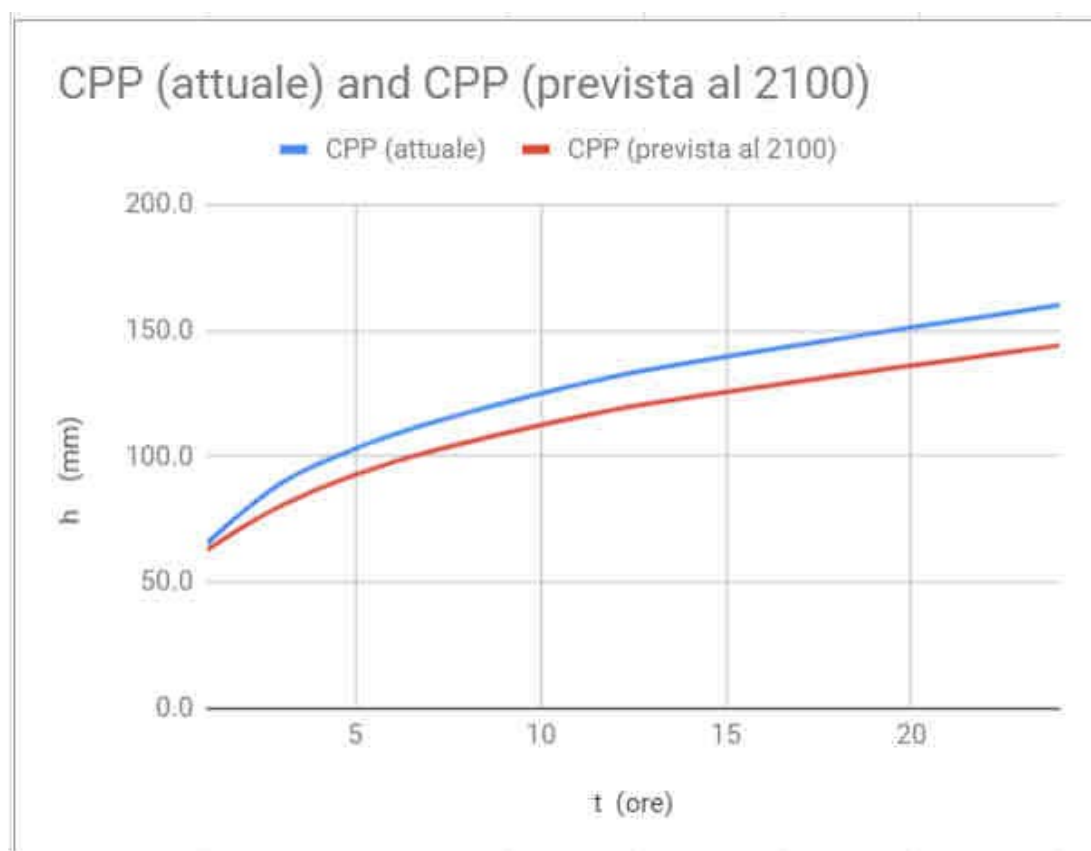


Figure - Comparaison entre les CPP actuelles et futures estimées à 2100 avec $Tr=30$ ans



- Végétation : les considérations finales du rapport indiquent que : « Les résultats des modèles semblent montrer que le territoire de Rosignano Marittimo, par rapport à la situation régionale moyenne, présente une vulnérabilité marquée des écosystèmes forestiers et naturels aux changements climatiques, probablement due à la position côtière et au fait que certaines formations forestières sont affectées par les changements anthropiques de l'habitat. Ce dernier facteur se réfère spécifiquement aux formations de pins domestiques dunaires, qui dérivent du même âge de plantes artificielles et qui représentent malheureusement une ressource touristique importante. Les forêts de chêne vert, principalement monospécifiques, et les zones sclérophylles naturelles, qui colonisent des habitats résiduels (peu fertiles), sont relativement vulnérables du point de vue écologique, car il s'agit de formations qui, dans de meilleurs sols, auraient évolué en chêne vert. Les forêts mésophiles mixtes à feuilles caduques semblent plus résistantes (bien qu'elles soient encore vulnérables par rapport au territoire régional) » La figure ci-dessous montre que les deux zones où les types de végétation naturelle sont les plus concentrés sont la partie nord de la municipalité et la partie de collines de la zone de Rosignano Marittimo (délimitée en rouge), qui coïncide avec la partie amont de l'ensemble du bassin de Botro Cotone actuellement à l'étude. Bien que la zone ne soit pas étendue, il existe une certaine variété d'espèces ; il y a principalement des zones avec une végétation sclérophylle, des landes et des buissons, des bois de conifères méditerranéens et aussi des bois de feuillus mésophylles. Il n'est pas facile de faire une estimation précise de la partie de la végétation qui disparaîtra en 2100, mais il faut envisager la possibilité d'une diminution de son développement et de son extension avec une augmentation conséquente du paramètre CN.

Les sous-bassins examinés qui subiront donc des changements de couverture superficielle sont ceux qui couvrent les zones de collines ; le paramètre CN sera donc augmenté de façon significative en simulant une infiltration plus faible due à une interception plus faible de la partie apicale de la végétation, et une légère diminution du temps de parcours car les particules liquides pourront s'écouler avec moins d'obstacles le long des pentes de moins en moins végétalisées, se rapprochant ainsi de l'état signalé dans le tableau des valeurs CN sous le type de « forêts en mauvais état hydrologique » (CN II = 83).

Les nouvelles valeurs transformées selon la formule d'équivalence en CN III sont donc présentées ci-dessous :

Bacino	CN III - 2100	Ia - 2100 [mm] (perdita iniziale)	Tlag [min]
CT - S1	91	6,3	24,0
BA - S1	91	6,3	24,0
SE_S1	91	6,3	11,0

Tableau - Données variables pour les bassins à plus forte composante boisée

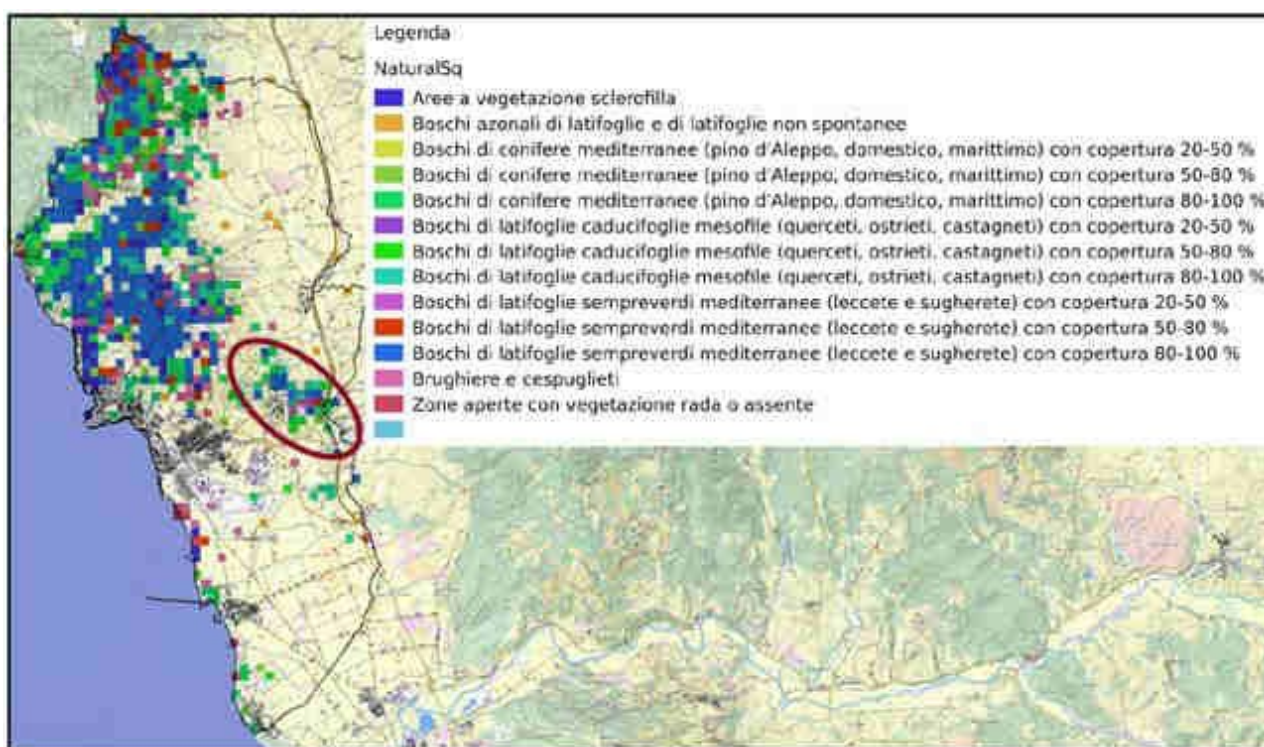


Figure - Types de plantes présents dans la partie vallonnée des bassins examinés (soulignés en rouge)

- Éventuelle augmentation démographique : un autre facteur à ne pas négliger est l'éventuelle augmentation démographique qui pourrait se produire dans les prochaines années, qui ne sera pas aussi marquée qu'elle l'a été dans d'autres périodes historiques, mais dont il faut tenir compte car elle est étroitement liée à la production de zones urbanisées. Les zones urbanisées sont celles qui contribuent le plus à l'augmentation du ruissellement car elles sont plus imperméables ; on estime que cette zone augmentera de 10 % avec une modification conséquente du paramètre CN utilisé pour simuler la couverture et l'utilisation des terres des différents sous-bassins.

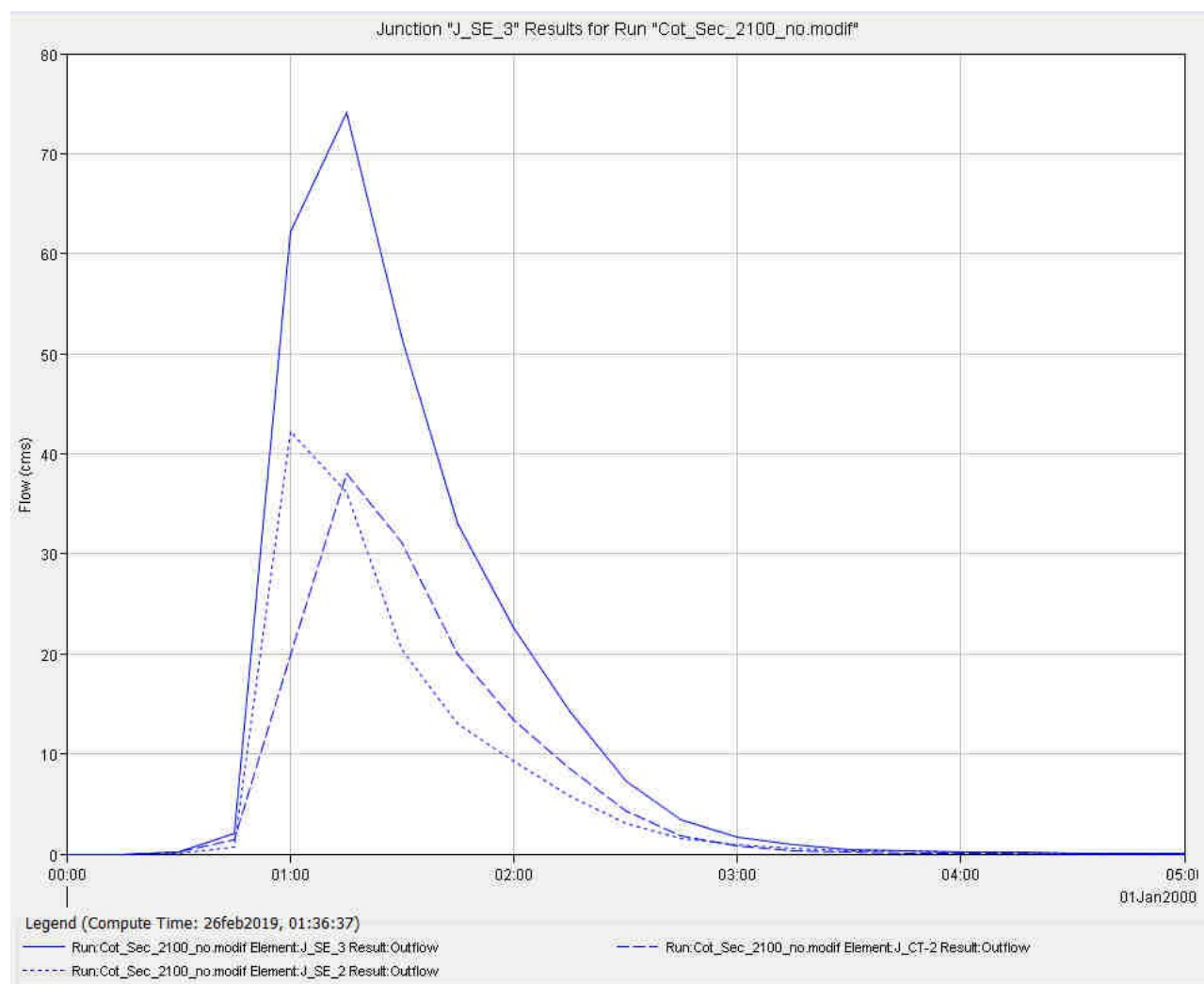
En laissant de côté les sous-bassins CT_I1 et SE_I2 qui délimitent déjà des zones complètement urbanisées, on constate que les éventuelles expansions urbaines peuvent avoir lieu principalement dans le sous-bassin du Botro Secco « SE_I1 » et dans la partie inférieure du bassin du Botro Bargingo « BA_S1 ». Dans l'élaboration présentée ici, le sous-bassin SE_I1 simule déjà un territoire aux caractéristiques urbanisées, tandis que le sous-

bassin BA_S1 est un type de collines boisées. Il est donc décidé de ne pas modifier les paramètres CN des deux sous-bassins, qui devraient donc représenter des zones de caractère mixte non conformes à la vérité, pour augmenter la superficie de l'un au détriment de l'autre.

En estimant la zone urbanisée de Rosignano Solvay à environ 2,5 km², on calcule que son 10 % est égal à 0,25 km² ; cette augmentation fictive de la zone urbaine sera ajoutée au sous-bassin SE_I1 qui représente déjà le territoire urbanisé, et soustraite au bassin BA_S1 qui perdra de la zone naturelle végétalisée.

6. Résultats de traitement dans la condition variée à 2100

Voici l'hydrogramme de crue de Botro Secco à l'embouchure avec le bassin dans différentes conditions suivant les scénarios possibles estimés pour 2100.



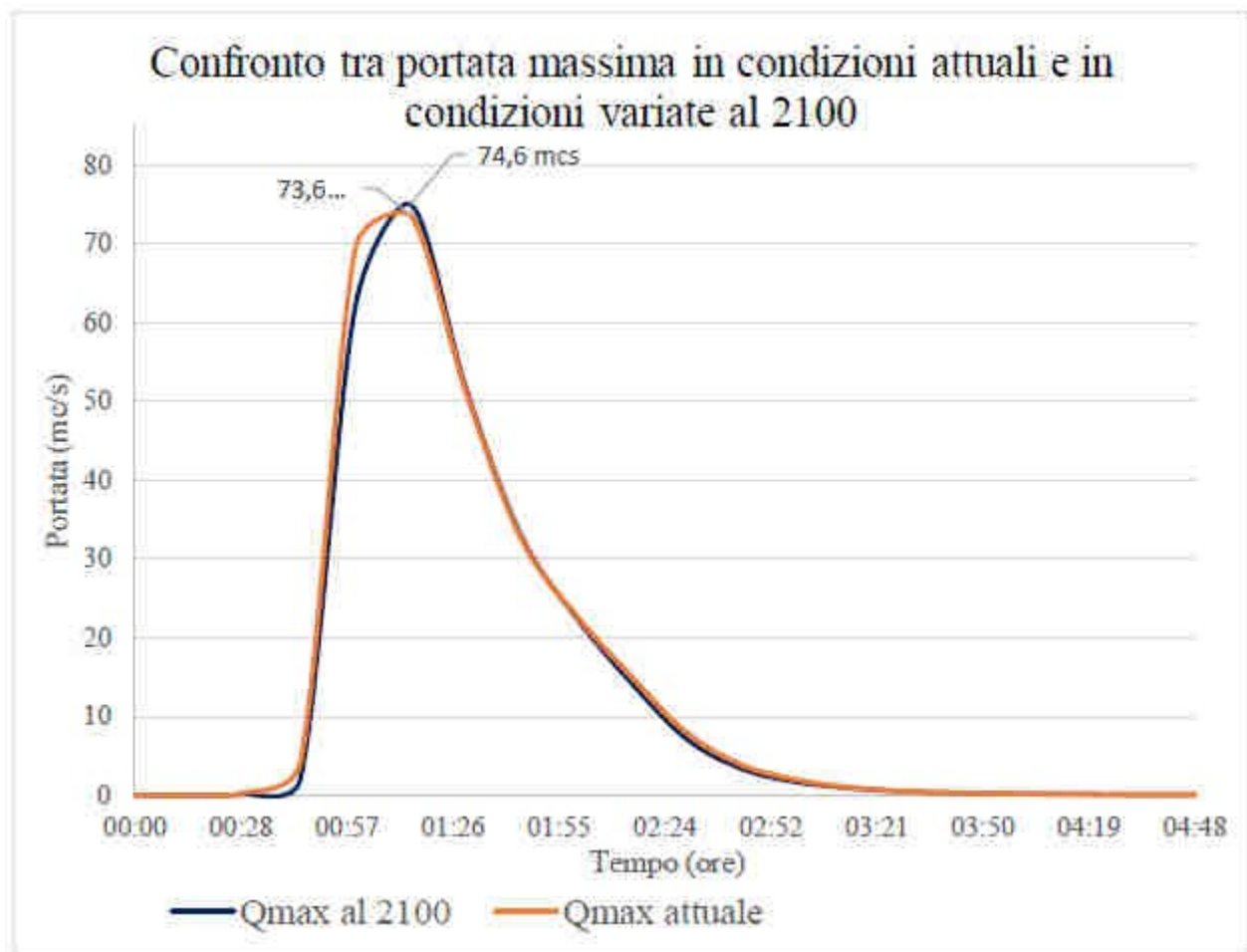
Il y a une porte de crête dans la section de l'embouchure égale à :

- $Q_{max} = 74,6 \text{ mc/s}$

Il est intéressant de comparer, grâce au graphique suivant, comment les débits de crête dans les deux scénarios sont sensiblement les mêmes s'il n'y avait pas une augmentation minimale du débit pour la situation à 2100. En effet, la courbe de probabilité des précipitations prévue à 2100, avec sa tendance légèrement inférieure à celle d'aujourd'hui, compense les changements qui peuvent se produire dans l'ensemble du bassin, bien qu'ils soient minimes et difficiles à quantifier.

On peut toutefois noter que le problème des entrées du Botri dans les sections fermées ou tombées reste entier, ce qui conduit à la nécessité de mettre en œuvre des mesures d'adaptation au bassin

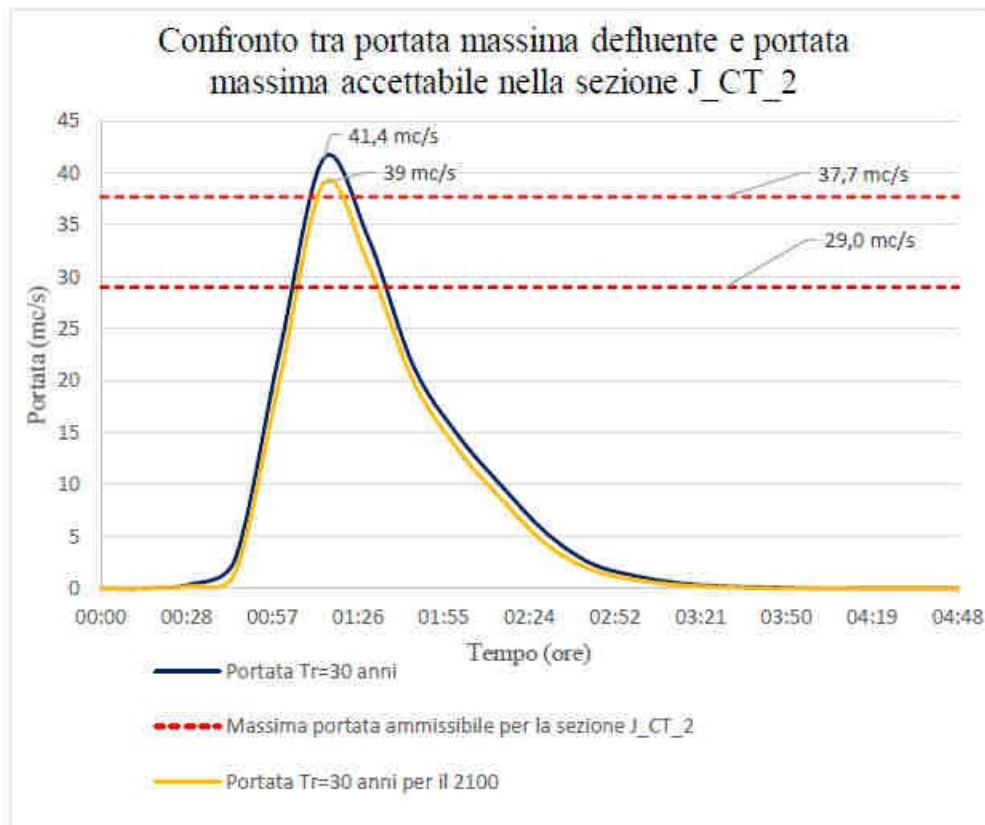
afin de garantir que les débits à la crête diminuent, au lieu d'augmenter, même si c'est de façon minime.



7. Problèmes critiques et évaluations des interventions

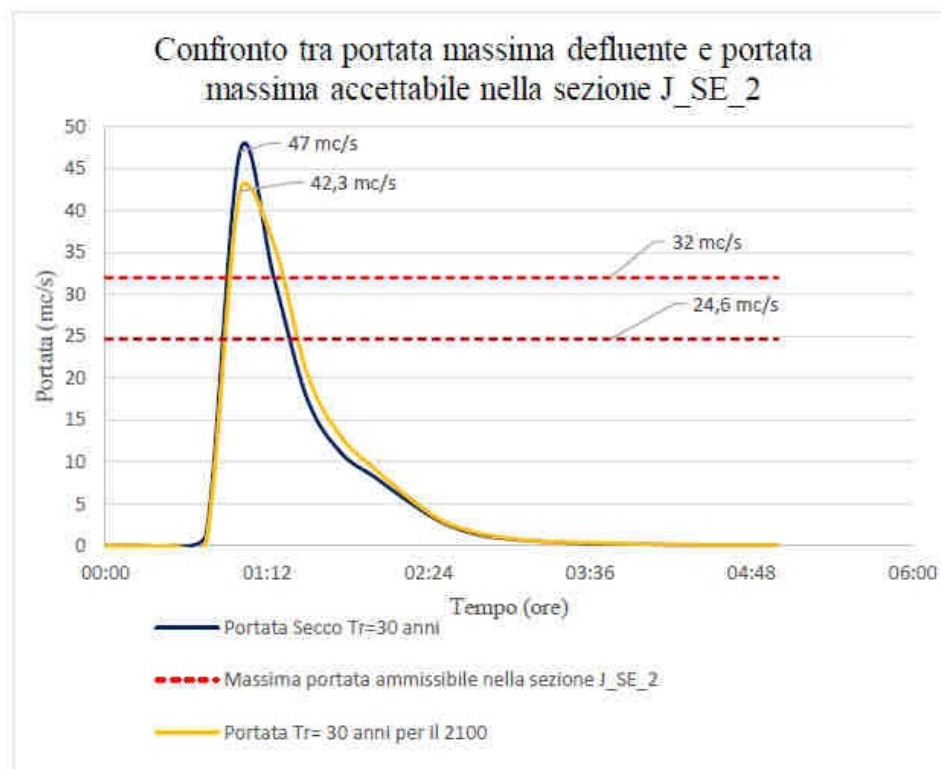
Les criticités qui peuvent être identifiées sont, du point de vue hydraulique, les mêmes que celles qui ont été atteintes dans l'analyse du scénario dans les conditions actuelles. En effet, bien qu'il y ait certaines variations de débit, il n'y a pas de changements significatifs en positif pour les sections 1 et 2 (mises en évidence dans la figure ci-dessus), ce qui maintient un état critique pour le débit maximal de trente ans dans le futur et exprime donc une inquiétude quant au débit avec $Tr=200$ ans qui ne s'écoulera certainement pas correctement.

Pour le tronçon 1 (J_CT_2) appartenant à Botro Cotone, il y a une diminution significative du débit qui devient $Q=39$ mc/s, mais qui, de toute façon, ne peut pas s'écouler de la section du passage inférieur d'où il peut passer à la section complète 37,7 mc/s. Évidemment, même dans le cas défavorable où la section est partiellement obstruée, il y a des problèmes de ruissellement.



Graphique - La section 1 est encore insuffisante pour le débit sur trente ans calculé pour 2100

Pour la section 2 (J_SE_2) appartenant à Botro Secco, le même problème se pose avec un débit $Q=42,3$ mc/s qui est supérieur à $Q=32,3$ mc/s disponible et ce en cas de section réduite.



Graphique - La section 2 est encore insuffisante pour le débit sur trente ans calculé pour 2100

Il est donc clair qu'il est nécessaire d'adopter des mesures d'adaptation pour réduire en quelque sorte les débits afin de garantir que même pour des temps de retour pas très élevés, comme celui considéré comme de 30 ans, il n'y a pas de problèmes critiques dans divers sections du réseau de sortie, créant des risques concrets pour le territoire. Il est préférable d'éliminer ces risques car les deux Botri traversent le centre urbain habité. Les interventions devront être réalisées à l'échelle du bassin et auront des caractéristiques différentes si elles sont réalisées sur des zones urbanisées ou sur des zones rurales avec des zones de végétation.

ÉTAPE 3 : DÉFINITION DES ACTIONS D'ADAPTATION

1. Mesures d'adaptation au risque hydrogéologique

1.1. Hébergement proposé pour un bassin de type vallonné

Arrangement hydraulique-agricole et drainage

Un facteur important qui détermine des variations même importantes du temps nécessaire à l'entrée des eaux de ruissellement dans le canal collecteur principal d'un sous-bassin montagneux, donc caractérisé par une certaine inclinaison des pentes, est l'arrangement hydraulique avec lequel il est conçu. En fonction de celui-ci, l'eau mettra plus ou moins de temps à suivre son cours. Ces arrangements sont à la fois hydrauliques et agraires, car les principaux utilisateurs des collines sont les agriculteurs qui les façonnent très souvent.

Au niveau agronomique, des solutions systémiques ont émergé qui répondent aux besoins modernes de l'économie agricole et des marchés dynamiques. L'arrangement réticulaire, continue à être le plus répandu aussi dans les formations de collines avec une forte déclivité, en accentuant de cette façon le phénomène d'érosion de surface. Une amélioration de la régulation des eaux de surface est obtenue en traçant des sillons ou des fossés d'eau. L'aménagement de routes ou de fosses à niveau, proposé par Gasparini pour les terrains dont la pente moyenne est inférieure de 25 %, permet de capter les eaux de ruissellement provenant de la partie en amont du terrain et de les acheminer vers des collecteurs naturels ou artificiels. Les fosses ont une configuration en plateau tournant, une pente de 1 à 2,5 %, sont espacées de 150 m et peuvent avoir jusqu'à 200 m de long. La disposition en fosses ou en variantes de fosses au niveau des routes peut également maintenir la possibilité d'effectuer les travaux principaux dos à dos, tandis que les travaux complémentaires devront être effectués latéralement. Sur la base des caractéristiques du sol (notamment la teneur en argile), de la topographie des parcelles (pente et taille) et, bien entendu, du régime pluviométrique de la zone en question, le volume de l'enfoncement éventuel et l'ampleur de l'enfoncement lui-même sont déterminés par l'application de la formule de Chezy.



Figure - Érosion par « incision » dans l'arrangement dos à dos (à droite), absente dans la partie avec les sillons d'eau (à gauche). Barbiano di Felino (Pr), photos Cantarelli

Reboisement et enherbement

Des interventions simples comme l'enherbement peuvent être réalisées sur des terrains nus mais aussi sur des terrains où il y a des cultures avec des tiges comme les oliviers, les vignes et les arbres fruitiers. L'enherbement des pentes permet de fournir au fond sur lequel se trouve l'écoulement superficiel des eaux pluviales une plus grande rugosité qui diminue la vitesse des particules d'eau provoquant ainsi moins d'érosion et un délai plus long pour l'entrée dans le réseau de la même (augmentation du temps de parcours).

Pour les interventions de reboisement, des évaluations doivent être effectuées afin de déterminer les espèces pouvant être incluses dans la zone choisie sans créer de problèmes pour l'écosystème local. Les bénéfices obtenus par le reboisement sont considérables car il y aura plusieurs effets bénéfiques dus à l'interception par les auvents des arbres et à la protection contre l'érosion du sol en dessous, car la force avec laquelle les gouttes d'eau frapperont le sol sera fortement atténuée.

1.2. Arrangements proposés par bassin de type urbain

La situation des bassins urbains est plus compliquée car leur conception et leur conformation sont le résultat d'une conception différente et obsolète de la gestion des débits sortants urbains.

Désormais, lors de la planification d'une zone urbaine à partir de zéro, il est possible de suivre des critères de conception orientés vers le drainage urbain durable et le principe de l'invariance hydraulique afin de créer des zones urbanisées qui ne contribuent pas de manière significative à l'augmentation des débits sortants urbains. Grâce aux technologies connues sous le sigle SUDS (Sustainable Urban Drainage System), il est possible de s'assurer que les eaux de pluie ne sont pas acheminées instantanément vers les collecteurs puis vers le canal principal, mais qu'elles sont plutôt retenues et libérées progressivement, de manière à éliminer les pics de débit, au moyen d'éléments conçus ad hoc tels que des bassins de rétention urbains, des puits perdus ou des tranchées de drainage. Par contre, en ce qui concerne les zones urbaines désuètes, l'intervention est plus compliquée car il est plus difficile d'identifier les zones qui peuvent être utilisées à ces fins ; il devra s'agir de zones inondables qui peuvent être transformées, si possible, en « éléments verts » ou en espaces verts suffisamment grands pour garantir le bon fonctionnement de ces ouvrages.

Installations d'infiltration de petite taille

Comme nous l'avons déjà souligné, la question de l'espace à consacrer à ces œuvres pour la stratification des écoulements générés par les événements météorologiques en milieu urbain joue un rôle fondamental.

Les installations sans passage dans le sol (p. ex. puits perdu ou tranchée d'infiltration) ont l'avantage de nécessiter une surface limitée. Cependant, ils ne garantissent pas l'effet filtrant et purificateur du sol. Ils ne retiennent donc que dans une mesure limitée les substances nocives, qui ne peuvent atteindre les eaux souterraines qu'à travers le sous-sol. En particulier, la protection des eaux souterraines est menacée en cas d'accident.

La quantité d'eau qui peut être éliminée par un système d'infiltration dépend de la structure et de la perméabilité, c'est-à-dire de la capacité d'infiltration spécifique du sol, du niveau de la nappe phréatique, du type de système construit et du niveau de régurgitation. Trois différents types d'œuvres possibles sont présentés ci-dessous.

- **Corps de gravier** : il peut être construit dans un fossé de n'importe quelle forme. Il constitue également un volume de rétention et est donc indiqué en présence de sous-sols peu perméables. Cette caractéristique le rend préférable à un puits perdu, pour la protection des eaux souterraines. Le remblai au-dessus du corps de gravier est généralement d'au moins 1 m d'épaisseur.

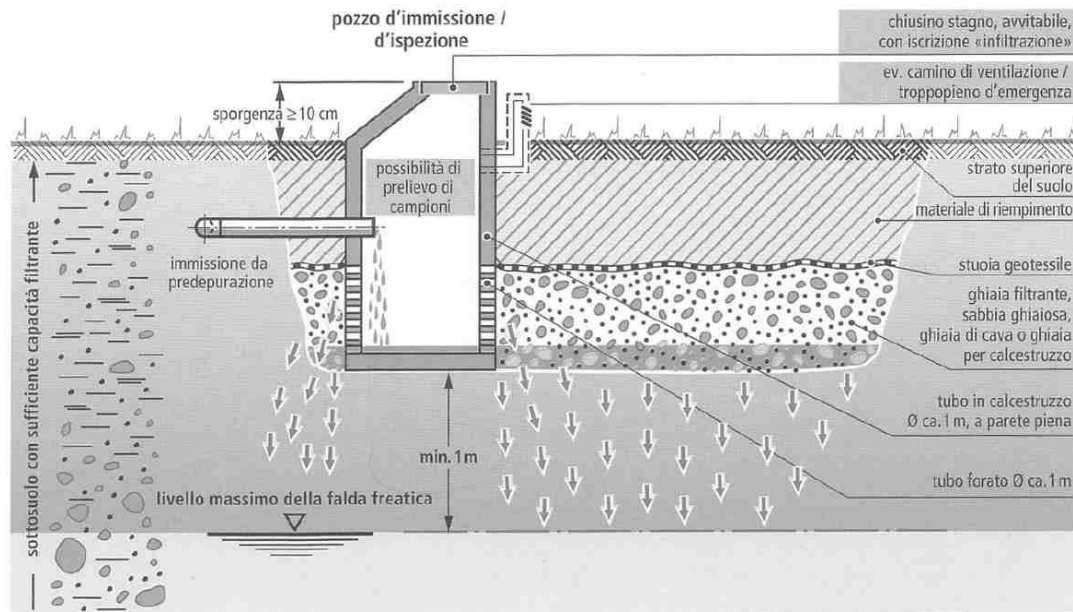


Figure - Bassin d'infiltration et de rétention

- Puits qui fuit** : l'infiltration à travers un puits perdu se fait de manière ponctuelle, directement dans la couche perméable. L'utilisation de puits perdus convient pour l'évacuation de petites surfaces d'eau non polluées ou peu polluées et lorsque l'espace disponible est limité. Le puits perdu est sensible au remplissage par des matières en suspension.

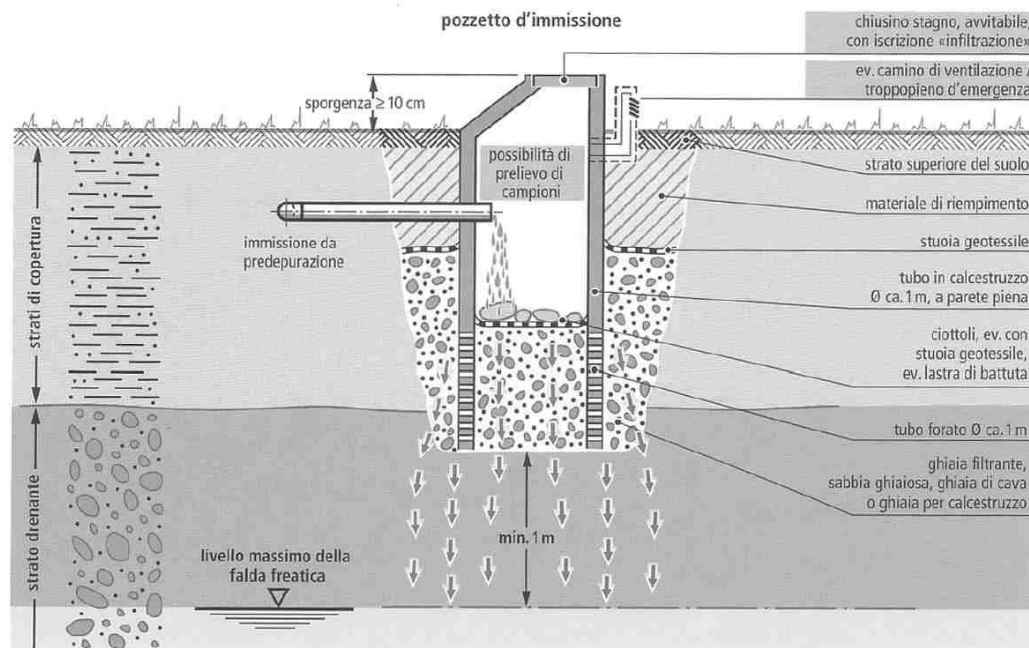


Figure - Puits perdu

- **La tranchée d'infiltration** : la tranchée d'infiltration n'est recommandée qu'en présence d'un sous-sol ayant une bonne capacité de drainage. Les puits d'entrée et d'inspection peuvent être réalisés avec un fond perméable (puits perdus) pour augmenter la capacité d'infiltration de l'installation.

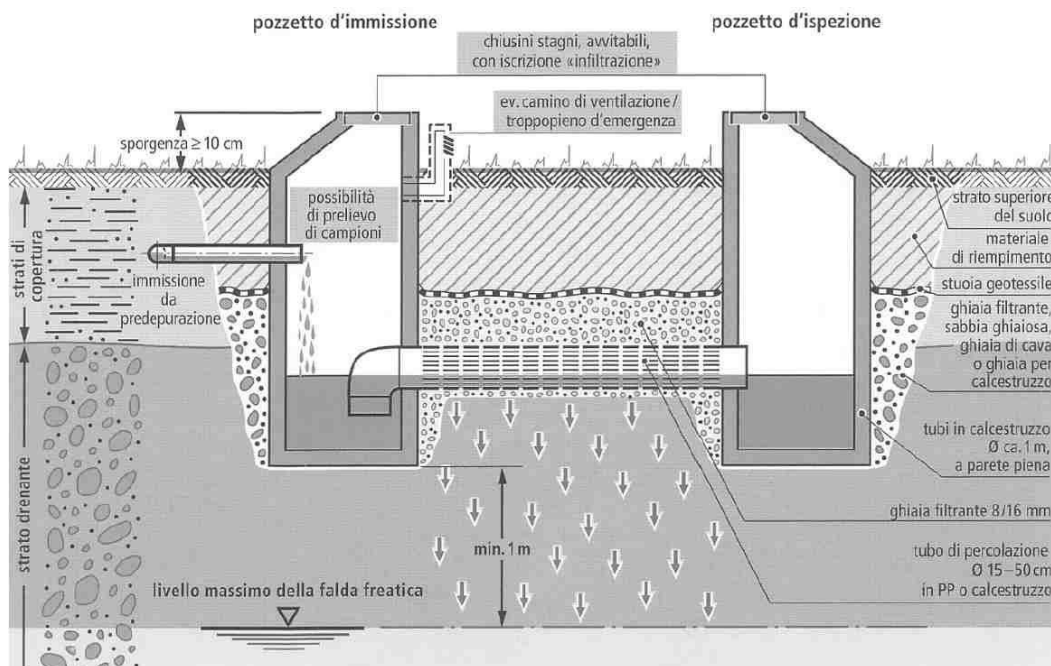


Figure - Tranchée d'infiltration et de rétention

(Images prises Instructions pour l'infiltration et la rétention des eaux claires et météoriques des fonds, édition de février 2013)

Sols perméables et prairies de gravier

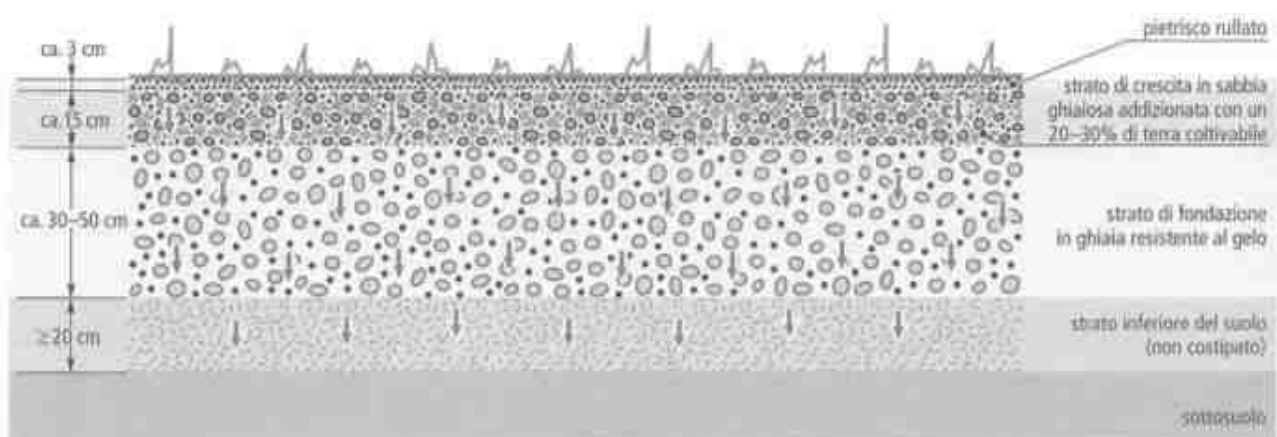
La mesure de gestion de l'eau la plus efficace consiste à éviter de sceller les surfaces dans les zones bâties, afin que l'eau de pluie puisse continuer à se disperser superficiellement et à s'infiltrer dans le site. C'est pourquoi, lorsque les conditions locales le permettent, les places, les chemins, les voies d'accès et les parkings, ainsi que les rues de quartier et les chemins résidentiels peu fréquentés, doivent en principe être construits de manière perméable à l'eau, de préférence avec une couverture végétale. L'utilisation de sols perméables et de gazons en gravier permet d'obtenir de grands avantages en termes d'infiltration et représente des interventions avec un coût relativement faible et une installation facile.

- **Revêtement de sol perméable** : les matériaux poreux ou semi-perméables sont utilisés pour le pavage des aires de stationnement, des allées et des zones privées, des routes à usage piétonnier ou à très faible trafic. La couche la plus superficielle peut être réalisée en coulée, en utilisant des asphaltes ou des conglomerats, ou avec des éléments préfabriqués en

forme de nid d'abeille, en pierre ou en matière synthétique. Ils sont idéaux pour l'infiltration de l'eau des aires de stationnement.



- **Prairies de gravier** : Les prairies de gravier sont des surfaces gravillonneuses sur lesquelles pousse de la végétation (spontanée ou semée). Si la couche de fondation en gravier est rendue plus épaisse que nécessaire, elle joue un rôle de volume de rétention, similaire à celui du corps de gravier.



Bassins d'infiltration

Un bassin d'infiltration constitue une station d'épuration naturelle. Il doit être excavé à une profondeur telle qu'il traverse les couches de couverture, atteignant directement le sous-sol

drainant. Dans tous les cas, la capacité d'infiltration spécifique de la base du système doit être supérieure à celle du sol du système : sinon l'eau stagnerait.

Les bassins d'infiltration exercent une action de recharge de la nappe phréatique souterraine, qui dans certains cas peut être nécessaire pour corriger l'altération, causée par l'urbanisation, du cycle naturel de l'eau. Ils exercent également une action de contrôle de la qualité : le lessivage à travers la couche de végétation, s'il y en a une, et les couches de sol sous-jacentes permettent l'élimination partielle de certains polluants (en particulier : matières en suspension, bactéries, BOD).

Les sites appropriés pour l'implantation des bassins d'infiltration doivent être identifiés dans des zones de faible valeur commerciale, pas trop éloignées du réseau d'égouts qui doit y conduire et présentant des caractéristiques morphologiques et hydrogéologiques favorables à l'utilisation prévue.

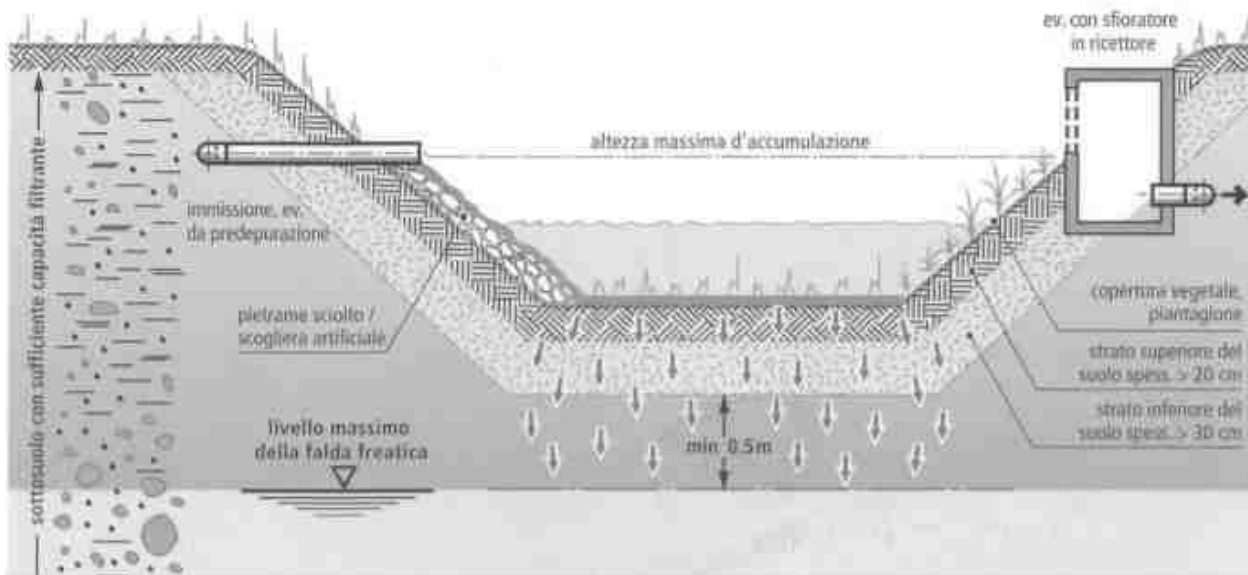


Figure - Bassin d'infiltration et de rétention



Figure - Exemple de construction d'un bassin de rétention

Réservoirs de stockage d'eau de pluie multifonctionnels

Ils constituent une excellente solution pour les individus et la communauté. D'une part, ils permettent d'économiser sur l'achat de l'eau, et d'autre part, s'ils sont installés systématiquement, ils constituent des volumes de réservoir non négligeables en accumulant plusieurs millimètres de pluie collectés sur une surface de drainage correspondant au toit de chaque maison dans laquelle ils sont installés.

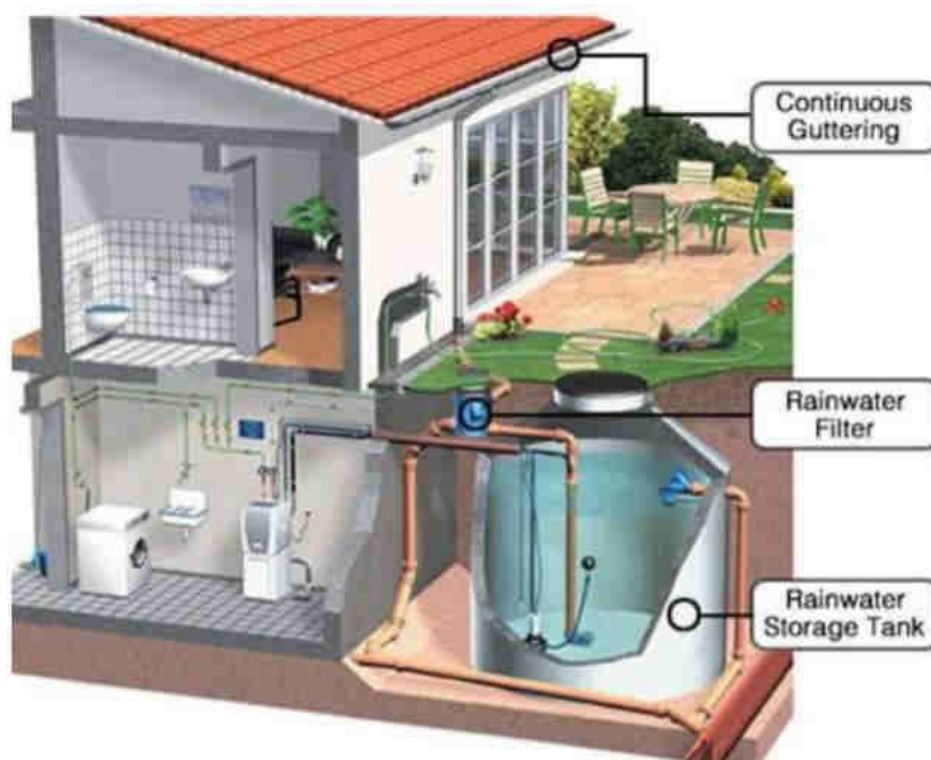


Figure - Schéma du système d'un réservoir de stockage d'eau de pluie

Dans le cadre de l'étude « La réutilisation des eaux de pluie en Allemagne : efficacité, dimensionnement, aspects liés à l'eau et à l'environnement (Herrmann, Schmida, 2000) », deux questions principales ont été abordées :

- évaluer les effets positifs de l'utilisation des systèmes de collecte des eaux de pluie sur le système de drainage urbain
- quantifier les économies d'eau pour les utilisateurs de ces systèmes.

En laissant de côté le deuxième point, l'étude analyse la fréquence et les volumes des débordements (rejets à l'égout) et examine également les débits sortants lors des onze événements de pluie les plus intenses qui se sont produits au cours des dix années de modélisation, en observant des réductions significatives des volumes rejetés à l'égout lorsque des systèmes de collecte des eaux de pluie sont adoptés.

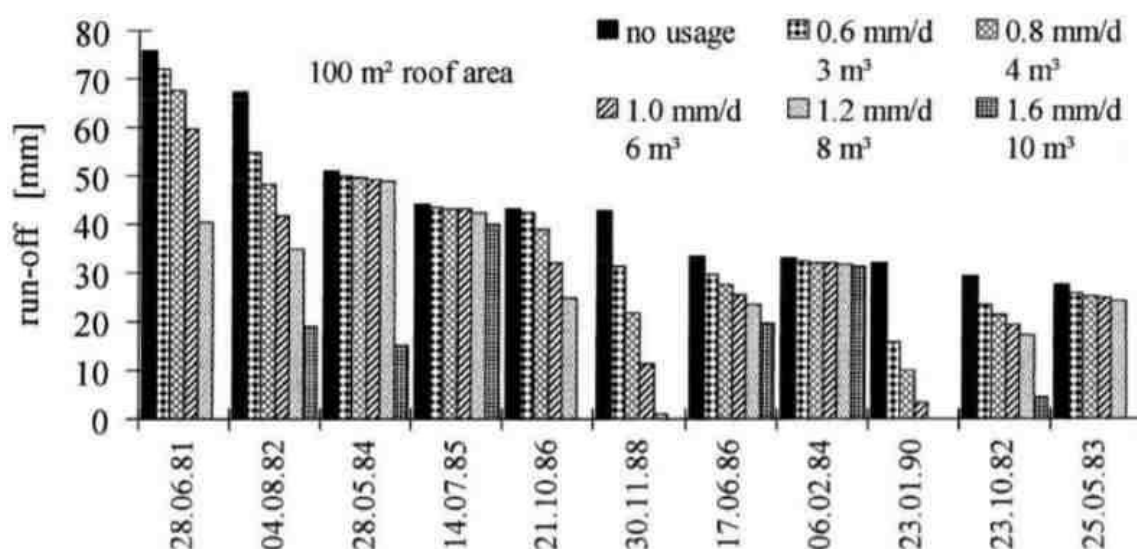


Figure - Réduction du ruissellement pendant onze événements météorologiques (1976-1986), en fonction de la consommation spécifique et du volume du réservoir (Herrmann, Schmida, 2000)

En ce qui concerne l'utilisation d'un volume de rétention supplémentaire, le ruissellement lors de l'événement météorologique le plus violent de la période de modélisation est analysé, pour une surface de 200 m² et une consommation spécifique de 1 mm/j avec un réservoir de 6 mc. Le graphique du niveau d'eau dans le réservoir montre les effets du volume de 6 mc dans le ruissellement de l'eau. L'ajout d'un volume supplémentaire de 9,5 mc réduit à zéro le rejet à l'égout.

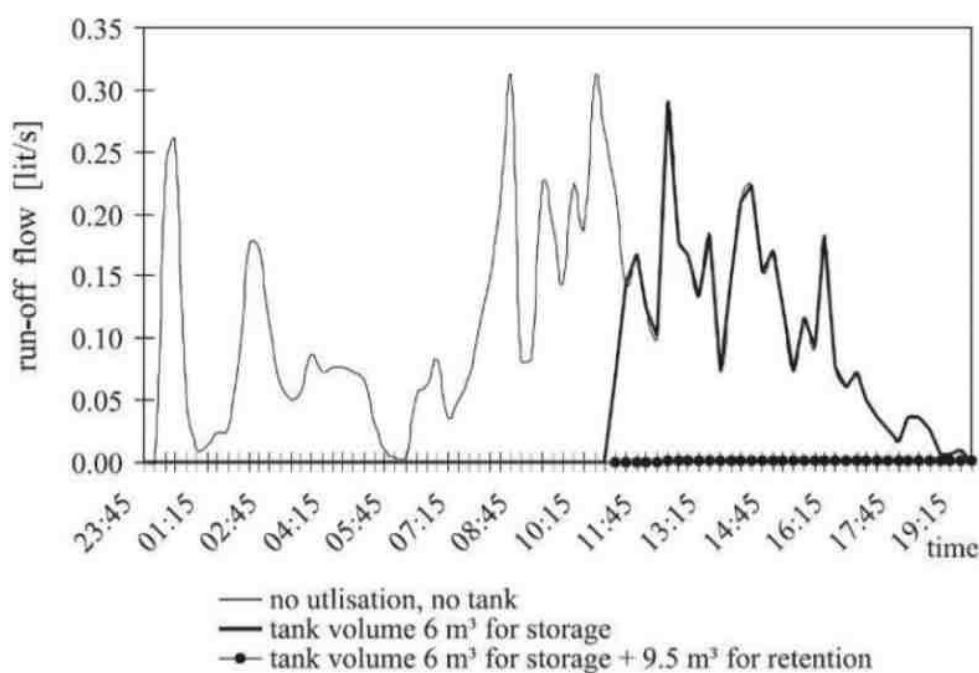


Figure - Débit lors de l'événement météorologique le plus violent de la période de modélisation, pour une surface de 200 m² et une consommation spécifique de 1mm/j. (Herrmann, Schmida, 2000)

Couvertures vertes

Les espaces verts suspendus et les murs verts font partie intégrante des instruments d'atténuation et de compensation environnementale, et présentent les avantages suivants : ils réduisent les apports aux systèmes de drainage grâce à la rétention et au stockage des eaux de pluie, permettent de contenir l'augmentation de la température par évapotranspiration et absorption du rayonnement solaire incident, réduisent considérablement la recirculation des poussières polluantes grâce à la capacité d'absorption et de rétention de celles-ci, mettent en œuvre les processus du cycle de l'eau, grâce à la rétention (stockage et dispersion) du volume de pluie.

Les différentes technologies actuellement utilisées pour la construction des toits verts et, en général, des toits verts doivent, en principe, reproduire une stratification composée de différents éléments, en plus de l'élément structurel de support (dalle, couverture) et de l'élément d'étanchéité (imperméabilisation) qui représentent la surface de pose des toits verts. En fait, les éléments suivants sont généralement utilisés : 1. couche inhibitrice de racines (intégrée ou non) et couche d'accumulation et protection mécanique ; 2. couche de drainage ; 3. couche filtrante ; 4. substrat de végétation ; 5. accessoires (pour le drainage et l'irrigation) ; 6. Végétation.

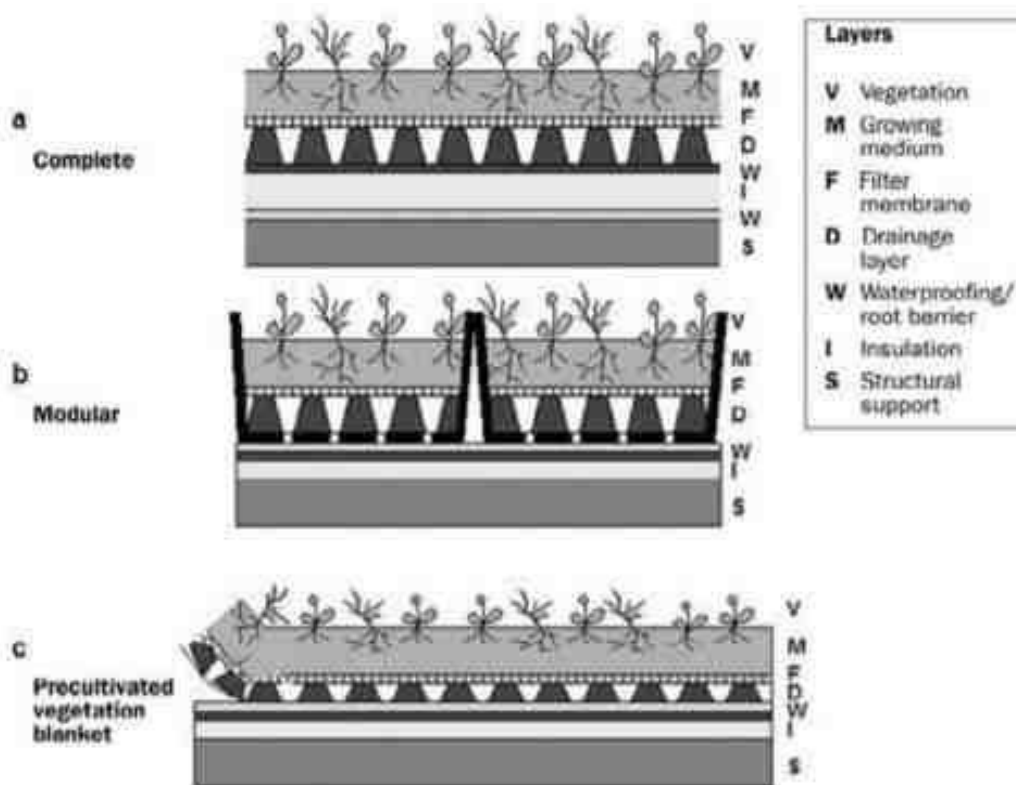


Figure - Techniques conventionnelles de construction de toits verts extensifs (extrait de l'article Green Roofs as Urban Ecosystems : Structures, fonctions et services écologiques, publié sur le site <http://www.bioone.org> de l'American Institute of Biological Sciences)

But supplémentaire des interventions :

- Les ouvrages d'infiltration permettent, s'ils sont conçus de manière systématique et généralisée, de recharger la nappe phréatique de manière directe et plus cohérente afin de contrecarrer l'augmentation de l'alimentation en eau attendue suite aux périodes de sécheresse de plus longue durée, estimée dans le rapport.
- Les réservoirs de stockage multifonctionnels permettent de la même manière d'avoir une économie sur l'exploitation de la ressource en eau et une sensibilisation de l'utilisateur à la réutilisation et à l'économie.

1.2.1. Nouveaux paramètres pour les bassins urbains à l'étude

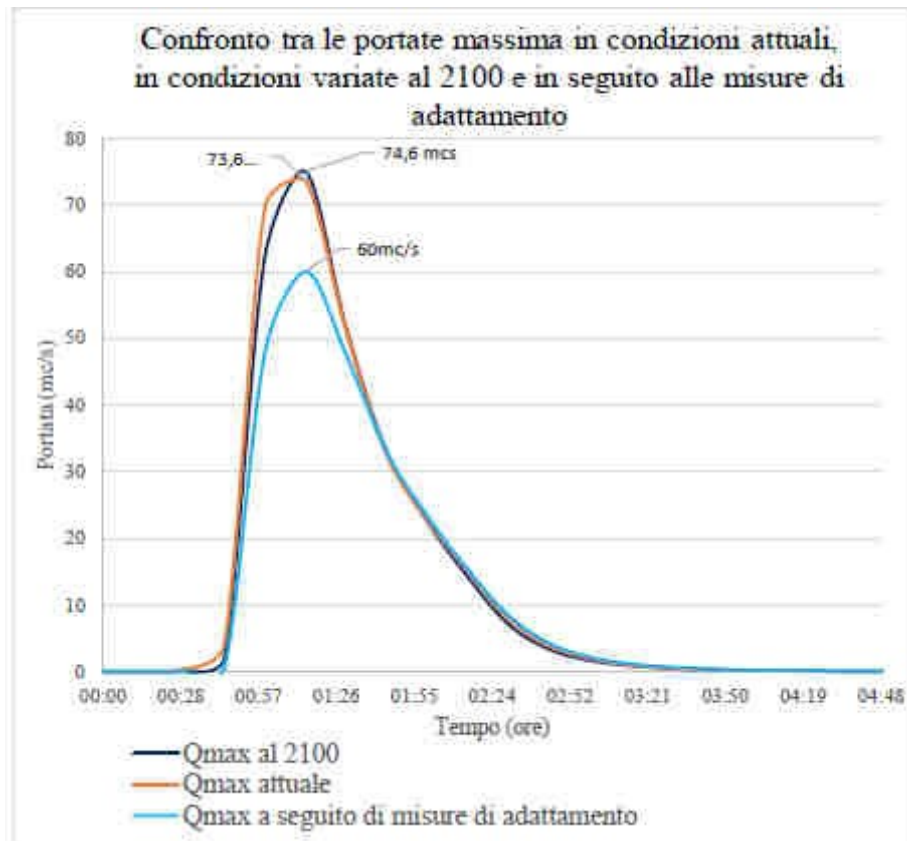
L'installation d'ouvrages d'infiltration est possible dans la zone urbaine de Rosignano Solvay, à l'intérieur des sous-bassins « CT_I1 », « SE_I1 » et « SE_I2 », mais de façon peu répandue car il n'y a pas d'espaces verts de grande extension.

Il existe cependant plusieurs endroits où l'on peut localiser ces travaux, dans le sous-bassin du Botro Secco, près de l'Istituto Superiore I.I.S. « Enrico Mattei », du terrain de sport et du circuit d'athlétisme

et dans les différents espaces verts publics à gauche de Botro. En ce qui concerne le bassin de Cotone, par contre, il y a des endroits appropriés dans les espaces verts près de via Pisacane et du chemin de fer, dans les environs de la Paroisse S.Croce et de la Bibliothèque Municipale « M.Musu ». L'installation des réservoirs de stockage doit se faire à titre privé et il faudra mettre en place un processus pour passer d'une sensibilisation généralisée de la population locale à d'éventuelles questions critiques concernant la ressource en eau dans un avenir proche ; c'est pourquoi il est difficile d'envisager ce type d'intervention maintenant, car il serait difficile de quantifier la diffusion de ce système de collecte de l'eau. Les travaux de filtrage présentés ci-dessus produisent des effets importants en ce qui concerne l'infiltration initiale des afflux de météorites. Dans notre modèle, nous insérons donc un supplément à l'infiltration calculée avec la méthode CN

2. Résultats du traitement après la mise en œuvre des mesures d'adaptation

Les résultats obtenus avec le bassin dans des conditions modifiées en simulant l'application de toutes les mesures d'adaptation proposées sont donnés ci-dessous. Il y a une diminution marquée du débit de la crête à l'embouchure de plus de 10 mc/s, mais les sections critiques 1 et 2 doivent être analysées pour voir s'il y a eu des améliorations



Dans les graphiques proposés ci-dessous, on note que pour la section 1 (J_CT_2), il y a une réelle amélioration car le débit dans cette section $Q=30$ mc/s est maintenant inférieur au débit maximal acceptable, ce qui détermine de bonnes conditions d'écoulement pour le débit maximal sur trente ans. Ce débit $Q=31$ mc/s est cependant critique dans le cas d'une section obstruée.

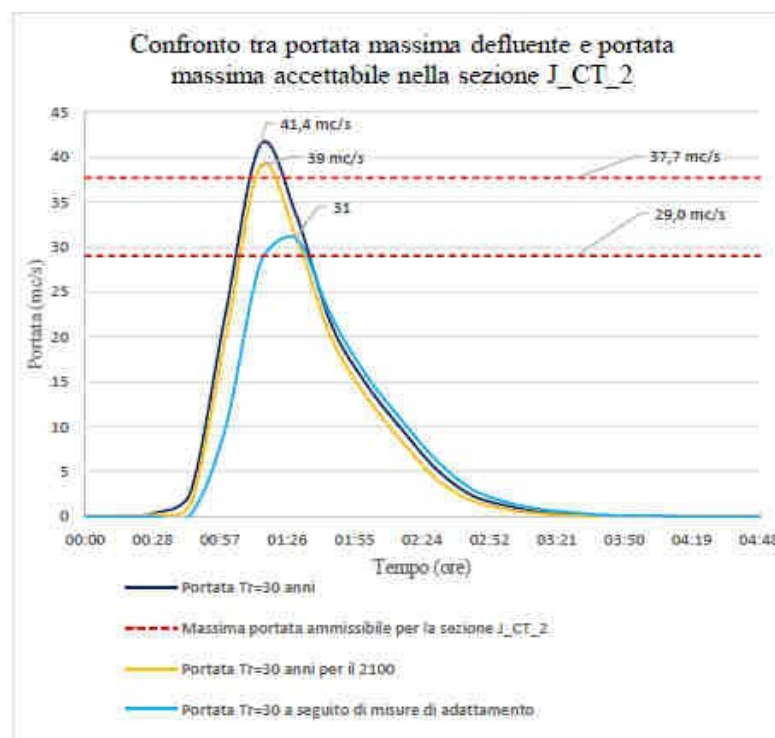


Figure - La section 1 est maintenant ajustée dans la mesure où elle est constatée à la suite de l'application des mesures d'adaptation

En ce qui concerne la section 2 (J_SE_2), il est vérifié que, bien qu'il y ait une diminution du débit de plusieurs unités jusqu'à la valeur de $Q=37,9$ mc/s, elle n'est toujours pas suffisante pour garantir un débit correct. Dans ce cas, une analyse encore plus précise de tous les tronçons critiques de Botro Secco pourrait être effectuée et, si nécessaire, les tronçons enterrés pourraient être rouverts, ce qui donnerait au cours d'eau une section adaptée à l'écoulement de tous les débits.

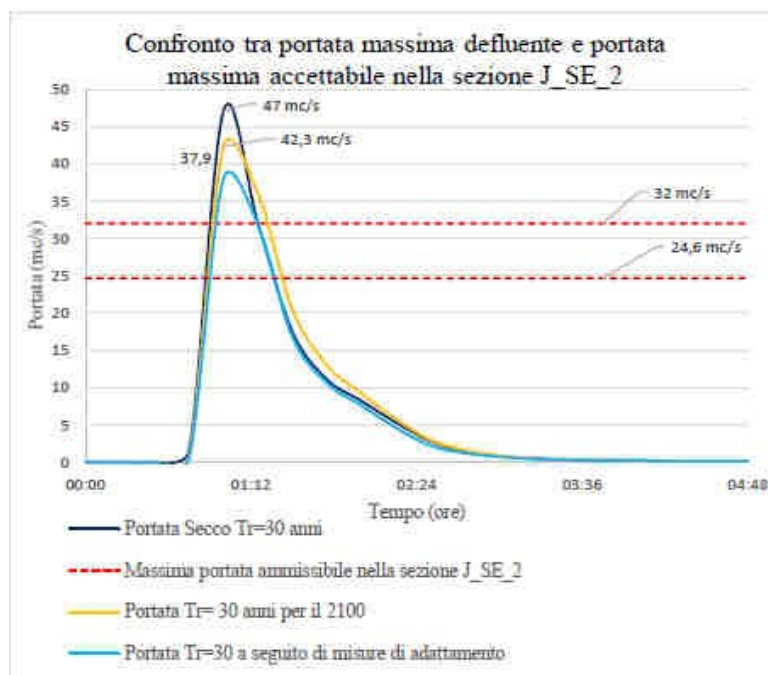


Figure - La section 2 n'est en tout cas pas adaptée au débit maximal du bassin après l'application des mesures d'adaptation.

3. Indications stratégiques pour les interventions d'adaptation aux risques hydrogéologiques

Suite à l'analyse effectuée et aux résultats recueillis, il est possible de résumer les aspects saillants qui sont ressortis. L'analyse d'un bassin mixte, en partie urbain et en partie vallonné/rural, comme le bassin de Secco-Cotone, a permis d'analyser les effets du changement climatique dans les deux types de milieux. L'élaboration réalisée a permis de calculer la réponse du bassin dans les conditions actuelles et futures en raison des effets attendus en l'an 2100 et une grande constance a été trouvée dans les hydrogrammes de la crue sortante ; les débits maximums trouvés ont une valeur presque similaire à celle des débits calculés dans les conditions actuelles, l'augmentation du débit futur n'étant que d'une unité.

Malgré ce fait intéressant, des conditions critiques sont apparues qui demeurent dans les situations actuelles et futures. Dans le réseau analysé, riche en tronçons où les canaux sont couverts (tronçons « enterrés »), il y a donc de nombreux tronçons fermés dans lesquels le canal entre. Certaines de ces sections ont été analysées (images section 4) et on a constaté qu'elles n'ont pas une capacité suffisante pour drainer les débits calculés sur trente ans dans les diverses sections, tant pour les conditions actuelles que pour les conditions futures, ce qui génère des risques d'inondation (graphiques section 7).

Par la suite, un scénario futur possible avec des caractéristiques de bassin variables des mesures d'adaptation aux effets attendus du changement climatique a été analysé. L'hétérogénéité du bassin a permis de revoir les mesures d'adaptation valables aussi bien pour les zones plus naturelles que pour les zones fortement anthropisées, comme les zones urbaines de Rosignano Solvay. Les résultats obtenus dans ce cas ont montré une nette diminution du débit maximal de l'ensemble du bassin, et par conséquent également des sections intermédiaires des puits principaux des sous-bassins. En ce qui concerne les tronçons analysés comme critiques, on constate une amélioration des conditions de débit pour l'un d'entre eux, avec un débit inférieur à celui autorisé dans les deux cas de tronçon libre et de tronçon obstrué, bien que dans le second cas la différence soit minime. Dans l'autre cas, la section, bien que le débit ait diminué, est encore sous-dimensionnée pour assurer un débit correct.

On peut donc considérer que les mesures d'adaptation proposées devraient être mises en œuvre en tout état de cause, car il existe déjà à l'heure actuelle des problèmes critiques pour des durées de retour moyennes de 30 ans, de manière à éliminer en partie les problèmes liés aux débits excessifs. Dans le cas analysé, il convient de noter que ces mesures d'adaptation peuvent ne pas être suffisantes dans certains cas, comme pour la section 1 où le Botro Secco entre sous via Allende. Il est donc nécessaire d'apporter des modifications encore plus substantielles au bassin et peut-être aussi à la structure du cours d'eau.

3.1. Proposition d'action pilote consistant en l'installation d'aréomètres et de pluviomètres

Parmi les mesures d'adaptation pour l'atténuation des risques, il y a la proposition d'une action pilote consistant à installer des hydromètres à ultrasons connectés à des sirènes à proximité des sections enterrées des creux qui traversent le centre-ville et qui forment également des canaux de collecte des égouts blancs. Ainsi, il sera possible d'alerter la population locale en temps utile dans les situations de plus grand risque. L'installation de pluviomètres, tant dans la partie inférieure que dans la partie supérieure du bassin, permettrait des mesures plus précises et plus spécifiques de la pluie pour la zone critique examinée. Il serait ainsi possible de calibrer encore

plus fidèlement les données de pluie à inclure dans les modèles hydrologiques afin d'obtenir des hydrogrammes de plus en plus précis.

4. Mesures d'adaptation au risque d'érosion côtière

L'effet le plus évident de l'élévation du niveau moyen de la mer (NMM) est le recul du littoral, plus la sensibilité est grande, plus la pente du littoral est faible. L'élévation probable du niveau moyen de la mer pour divers scénarios et horizons temporels a été analysée, pour laquelle les valeurs de calcul suivantes ont été choisies pour l'analyse du recul du littoral.

Innalzamento [cm]	2050		2100	
	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>
	25	40	40	82

Tableau - Valeurs de calcul de l'élévation moyenne du niveau de la mer.

4.1. Evolution de la ligne de côte

L'évaluation à 2100 de la marge de recul du rivage, par l'utilisation de la Règle de Bruun, a déjà été analysée dans le document « Profil climatique local de la municipalité de Rosignano Marittimo » et a conduit à la rédaction des cartes suivantes, rapportées ici pour plus de commodité.



Figure - Délimitation et numérotation des zones d'étude



Figure - Zone 1



Figure - Zone 2



Figure - Zone 3



Figure - Zone 4



Figure - Zone 5



Figure - Zone 6



Figure - Zone 7



Figure - Zone 8



Figure - Zone 9

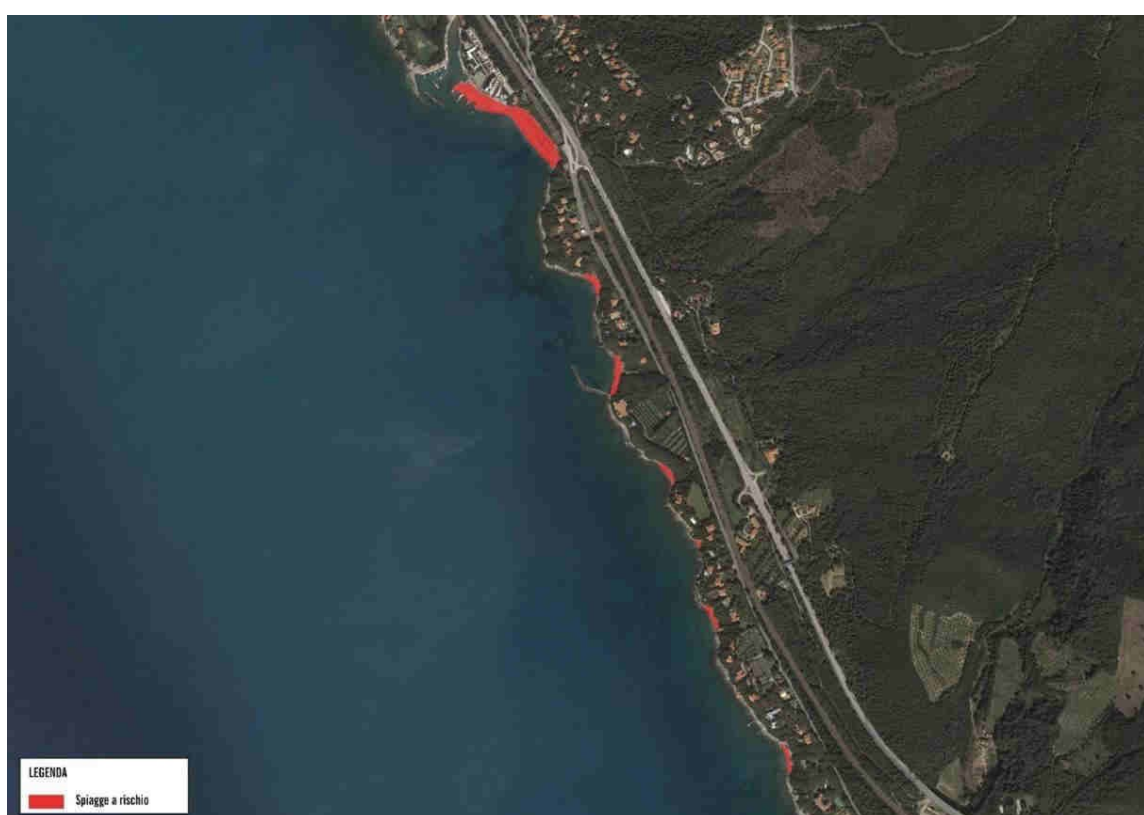


Figure - Zone 10

La montée du niveau de la mer et le recul de la ligne de côte qui en résulte obligent à prendre en compte les travaux maritimes existants, qui seront soumis, outre des niveaux de liquide plus élevés, à des mouvements de vagues caractérisés par une plus grande énergie d'impact.. Ces ouvrages devront donc subir de nouveaux essais de résistance et de stabilité de la structure dans des conditions variables, et éventuellement être étendus et améliorés.

4.2. Mesures d'adaptation : protection des côtes

L'adaptation à l'élévation du niveau moyen de la mer peut être poursuivie en empruntant diverses voies, notamment en protégeant la côte par des structures artificielles qui y sont attachées ou détachées, par le rechargement artificiel des plages et par le retrait des biens à défendre (bâtiments, routes, voies ferrées, etc.) à une distance sûre du littoral en évolution.

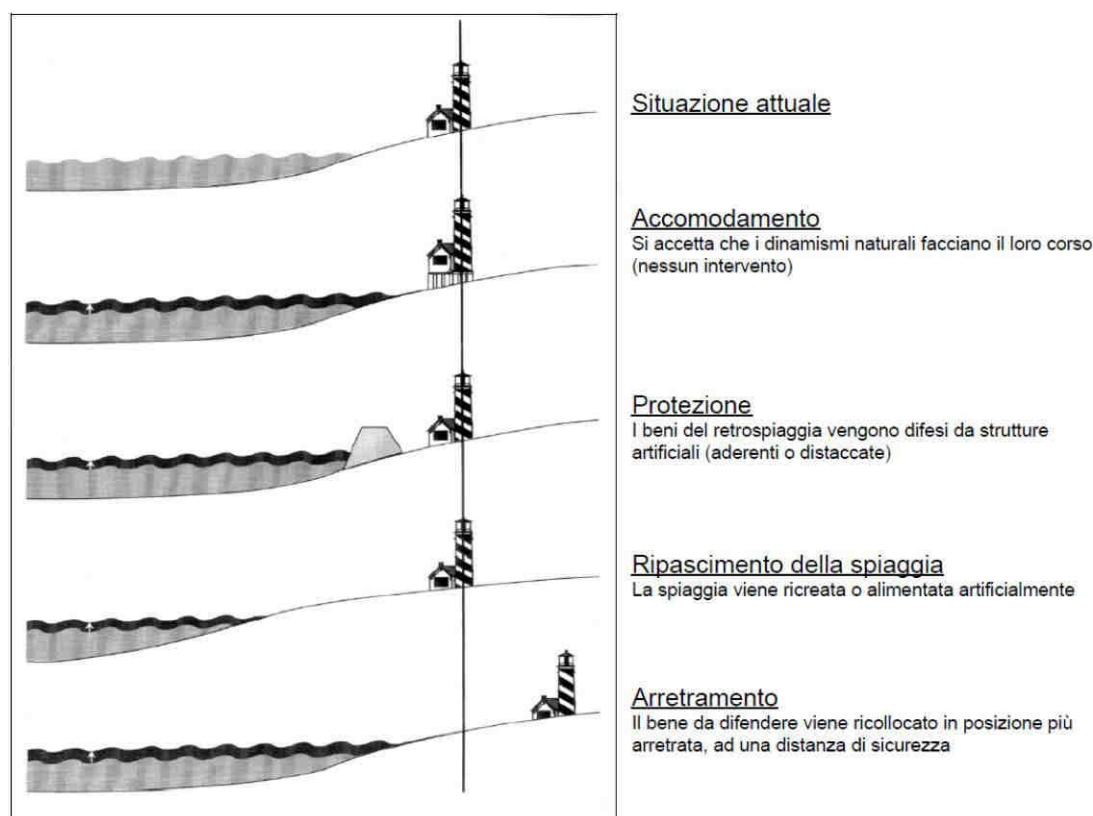


Figure- Critères d'intervention sur une côte pour l'adaptation au NMM. (Source : Université de Trieste)

La protection de la ligne de côte dans les zones soumises à l'érosion côtière due à l'élévation du niveau de la mer se fait principalement par des interventions de protection côtière soigneusement localisées et dimensionnées. Il faut noter que la plage elle-même représente un ouvrage défensif, le plus naturel et le moins impactant visuellement et écologiquement. Dans ce contexte, la défense du littoral ne peut prendre que la forme de mesures visant à réduire l'énergie du mouvement des vagues qui frappent la côte, à anticiper leur rupture (brise-lames)

et à empêcher la dispersion des matériaux au large, ainsi que le rechargement artificiel des plages. De nombreux travaux peuvent être réalisés dans ce sens, le choix du type, de la localisation et de la quantité des interventions à réaliser est fonction de la finalité spécifique à poursuivre, des considérations économiques et de l'efficacité dans le temps, et enfin et surtout de l'impact environnemental et paysager qui détermine inévitablement le territoire.

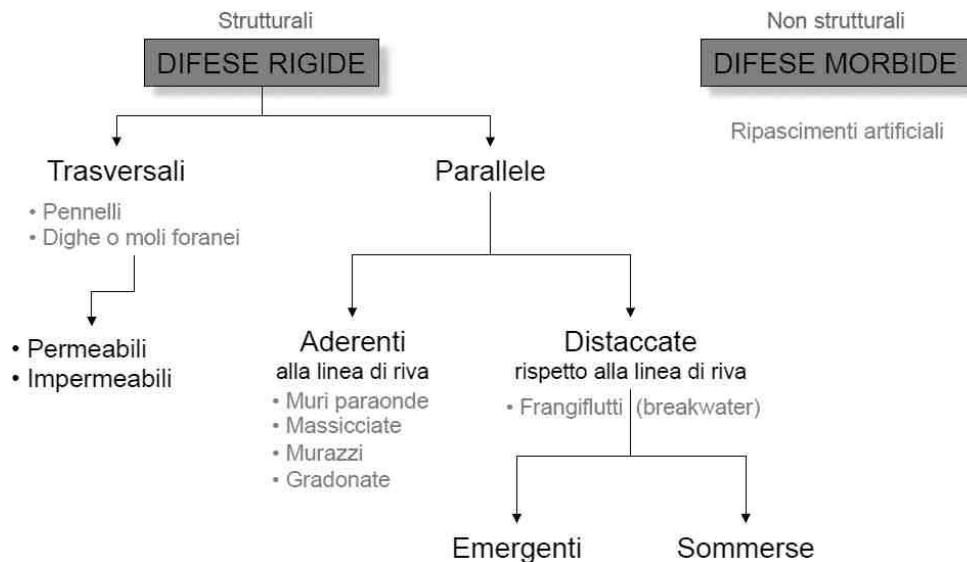


Figure - Types d'interventions de défense côtière. (Source : Université de Trieste)

Une deuxième distinction peut être faite entre les ouvrages de défense passive et active. Les premiers sont ceux qui protègent la situation existante, sans la prétention d'obtenir une quelconque amélioration ; ce sont généralement des interventions d'urgence et donc temporaires, mais elles peuvent devenir définitives si la tendance naturelle d'évolution de la côte ne permet pas d'améliorations, à moins que des travaux très coûteux ne soient réalisés. Les ouvrages de défense active les plus efficaces sont ceux qui améliorent la situation existante et consistent essentiellement en des ouvrages fixes (falaises, broussailles, etc.) et des remblais artificiels de plage.

Barrières brise-lames

Les barrières brise-lames sont des ouvrages longitudinaux détachés, réalisés principalement avec des récifs dont l'axe principal est parallèle ou légèrement incliné par rapport au rivage, séparés les uns des autres par des passages nécessaires à l'échange d'eau, d'une largeur moyenne de $0,25 \times B$, où B est la longueur de la seule barrière brise-lames. Le système de barrières parallèles est généralement placé dans la zone du brise-lames et sa fonction principale est de provoquer une dissipation d'énergie des vagues avant que les vagues

n'atteignent la côte. Elles induisent une réduction de l'agitation dans la zone protégée, favorisant ainsi les processus de sédimentation, avec une augmentation conséquente de la surface de la plage qui prend une tendance sinusoïdale classique due aux phénomènes de diffraction du front d'onde.

Aux effets positifs de la dissipation de l'énergie du mouvement des vagues sont toutefois associés les effets négatifs sur la dynamique des sédiments dus à l'augmentation de la turbulence dans la zone située immédiatement derrière la structure (qui peut entraîner la formation indésirable de tombolos et de saillies) et les effets de réflexion locale, qui entraînent une augmentation de la hauteur des vagues devant la structure. En correspondance des ouvertures, il y a aussi la formation de forts courants, avec pour conséquence l'approfondissement des fonds marins et le retrait progressif du littoral. Certains de ces processus, s'ils sont négligés, entraînent l'échec de l'intervention, comme on l'a constaté à plusieurs reprises dans la pratique.

Dans la construction de plusieurs ouvrages, il est important de connaître l'ordre de construction, avec lequel ils sont mis en place (s'ils sont éloignés dans le temps), en fonction du transport longitudinal côtier dominant, pour éviter d'accentuer des phénomènes d'érosion qu'il sera ensuite difficile et coûteux de contrer.

En ce qui concerne la technologie pour la réalisation de barrières parallèles au littoral, il faut distinguer les barrières émergentes, construites presque exclusivement en blocs naturels, et les barrières immergées, qui réduisent l'impact visuel mais offrent moins de protection, et pour lesquelles d'autres techniques ont également été développées : du remplissage de grands conteneurs avec du sable, comme les tuyaux Longard, à l'utilisation de sacs géotextiles également remplis de sable.



Figure - Exemple de falaises émergées réalisé à Vada. (Source : Google, 2019)

Rechargement artificiel des plages

Le terme de rechargement artificiel des plages se réfère à l'approvisionnement d'une plage en sédiments transportés par des moyens mécaniques, aussi bien terrestres que maritimes, ou par des installations de transport hydraulique de sable, en évitant la construction de ces ouvrages qui, en plus d'être dommageables pour le paysage, interfèrent avec la dynamique côtière. De plus, le rechargement artificiel, une intervention douce, ne défigure pas le paysage côtier et n'a pas de répercussion défavorable sur le régime littoral, qui au contraire ne peut être favorisé que par une augmentation des apports sédimentaires.

L'objectif est de construire une plage qui protège la côte des tempêtes de mer, avec un impact visuel positif et une intégration dans le milieu naturel que d'autres types d'intervention ne peuvent pas se vanter ; cet aspect est la vraie force et la raison principale du succès actuel de l'intervention douce. Dans le cadre des mesures d'adaptation à l'élévation du niveau de la mer, c'est donc l'intervention à privilégier, en termes d'efficacité et d'impact sur le paysage et l'environnement. Le rechargement artificiel de la plage n'est cependant pas une intervention définitive et doit donc être intégré périodiquement pour alimenter la plage avec la partie perdue à cause de l'érosion ; en outre, une intervention correcte de rechargement de la plage ne doit pas se réduire à un apport local de sable, mais doit inclure un véritable plan de rechargement de la plage avec des interventions programmées dans le temps.

En ce qui concerne le choix des matériaux à utiliser, trois voies principales peuvent être choisies : l'enlèvement des matériaux sableux des carrières intérieures, des carrières marines ou l'utilisation des matériaux de dragage des ports, des embouchures et des jetées. L'extraction

dans les carrières terrestres est non seulement économiquement désavantageuse, mais aussi très dommageable d'un point de vue environnemental. Le matériau sableux des plages est un matériau de transit qui est constamment retiré du continent et transporté par les courants (et la gravité) vers les abîmes de la mer. Les courants longitudinaux déplacent le matériau sableux le long des côtes mais ne l'enlèvent pas, tandis que les courants transversaux le déplacent en permanence. À l'heure où le problème de l'érosion côtière doit être abordé, le point de capture le plus naturel et le plus écologique des matériaux sableux se situe au début de leur voyage vers l'abîme, c'est-à-dire aux limites de la zone de transport longitudinal actif (généralement au-delà des 10 m bathymétries). Les carrières dans la mer sont donc l'endroit le plus naturel pour collecter du matériel, parce que c'est ce qui existait sur les plages et parce qu'il y reviendra. Il y a aussi une économie énorme sur le coût des matériaux de remblayage des plages, ainsi qu'un faible impact de la construction (élimination du transport terrestre, uniquement du transport maritime).

Le succès d'une intervention dépend de la taille des grains et de la qualité du matériau disponible : le diamètre moyen doit être généralement égal ou légèrement supérieur à celui d'origine, car il pourrait déclencher des effets négatifs, comme l'érosion des plages sous-marines, en raison de la mobilité différente des sédiments.

Le rechargement des plages est souvent accompagné, lorsque cela est possible, par la construction de dunes ayant pour fonction de réduire le transport du vent, de lutter contre les inondations dans la zone située derrière et de fournir une réserve de sable pour les tempêtes les plus intenses.

Afin de rendre plus stables les sédiments retournés artificiellement sur les plages, il est également possible de protéger la zone d'alimentation de la plage au moyen d'ouvrages rigides tels que des barrières immergées et/ou des brosses orthogonales, ou en recouvrant les sédiments plus fins d'une couche plus épaisse de matériau plus grossier (gravier) qui absorbe complètement la déformation du profil suite aux tempêtes de mer.

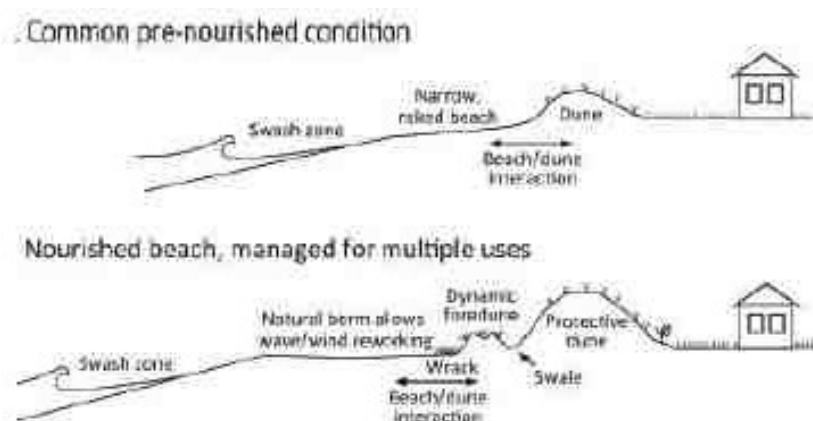


Figure - Situation avant le rechargement (en haut) et après le rechargement (en bas). (Source : Nap.edu)



Figure - Miami Beach avant et après le rechargement artificiel de la plage

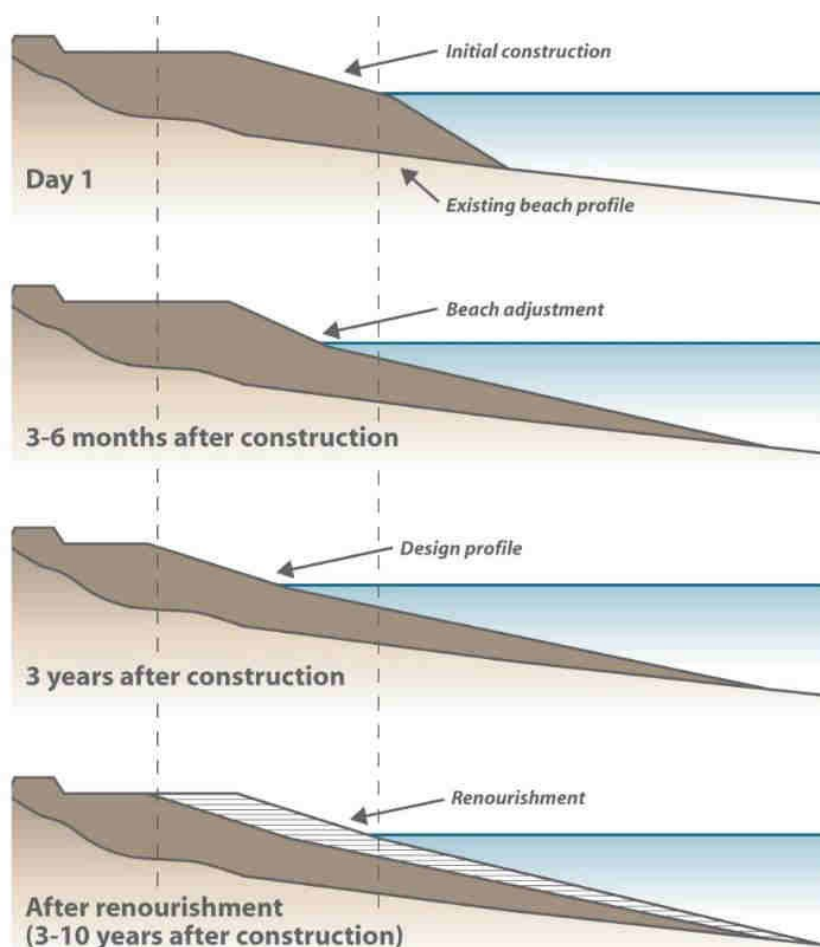


Figure - Maintien du rechargement de la plage au fil du temps (Source : <https://media.defense.gov>)

4.3. Intrusion de coin salin

Les projections futures de l'élévation du niveau moyen de la mer entraînent une augmentation de l'étendue des zones sujettes à l'intrusion marine, proportionnellement à l'ampleur de cette élévation. D'autres facteurs contribuant au développement du phénomène sont la prévision d'une diminution des précipitations et l'augmentation des zones non perméables en raison de la croissance démographique future. Nous pouvons donc supposer qu'à l'avenir, les zones IS2, qui sont actuellement exemptes d'intrusion, mais qui sont susceptibles de subir le phénomène, présenteront une salinisation croissante.

4.4. Mesures d'adaptation

Afin de prévenir le phénomène d'intrusion de coin salin dû à l'élévation future du niveau de la mer et à la diminution des précipitations, et donc à la recharge de l'aquifère, des mesures d'adaptation devront être mises en œuvre. Comme il existe une relation entre l'écoulement de l'eau douce vers la mer et l'étendue de l'intrusion saline, le problème est essentiellement lié à la gestion de la ressource en eau, puisque le débit de l'aquifère n'est rien d'autre que la différence entre son taux de recharge naturel et le taux d'éjection. Les voies les plus faciles à emprunter sont donc l'augmentation du taux de recharge et/ou la diminution du taux de décharge dans la zone côtière.

Recharge de la nappe phréatique

La nappe phréatique peut être rechargée en retenant plus longtemps, pendant les périodes de pluie, l'eau des cours d'eau et des canaux de drainage présents dans le tronçon côtier, par exemple en réalisant de petits déversoirs qui ralentissent sa vitesse et permettent une plus grande infiltration, ou à travers des bassins et des étangs, réalisés dans des zones aux sols perméables. Ces derniers peuvent également être associés à une végétation spécifique pour favoriser le traitement de l'eau.

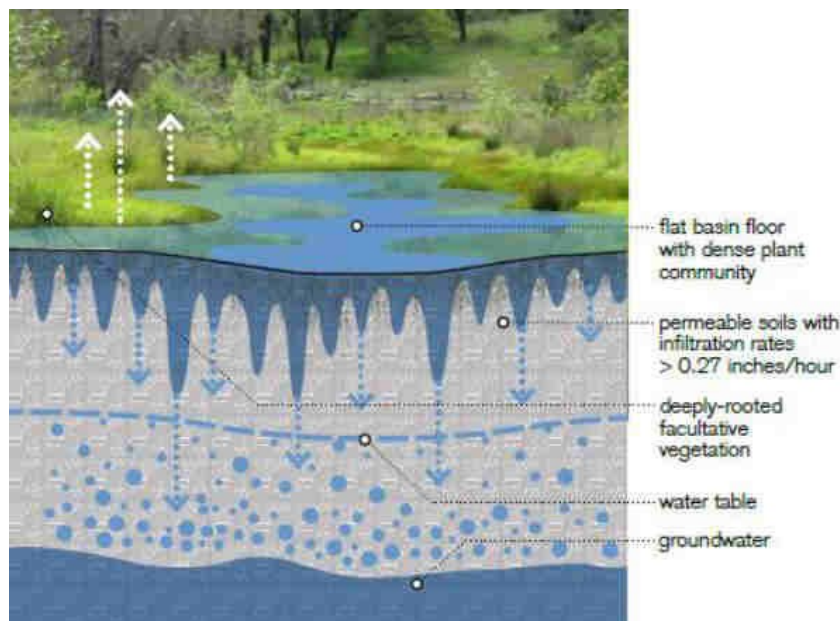


Figure - Exemple d'un bassin d'infiltration (Source : Manuel de développement à faible impact)

Surfaces urbanisées perméables

Une autre mesure à prendre pour augmenter le taux d'infiltration des précipitations dans la nappe phréatique consiste à rendre les surfaces urbanisées aussi perméables que possible. L'imperméabilisation des sols est en fait l'un des effets de l'urbanisation qui a le plus d'impact sur l'augmentation de la vulnérabilité du système environnemental et du cycle hydrologique, entraînant une réduction progressive de l'infiltration et de la recharge des eaux souterraines et l'augmentation du débit de surface (ruissellement). De plus, elle tend à réduire les temps de ruissellement des eaux de pluie en intensifiant les inondations. Les futures interventions d'urbanisation doivent donc être orientées vers des systèmes de drainage urbain répartis sur l'ensemble du territoire urbanisé (chaussées drainantes ou semi-perméables, tranchées de drainage, bassins de rétention, jardins pluviaux, filtres de boîtes à arbres, etc.)

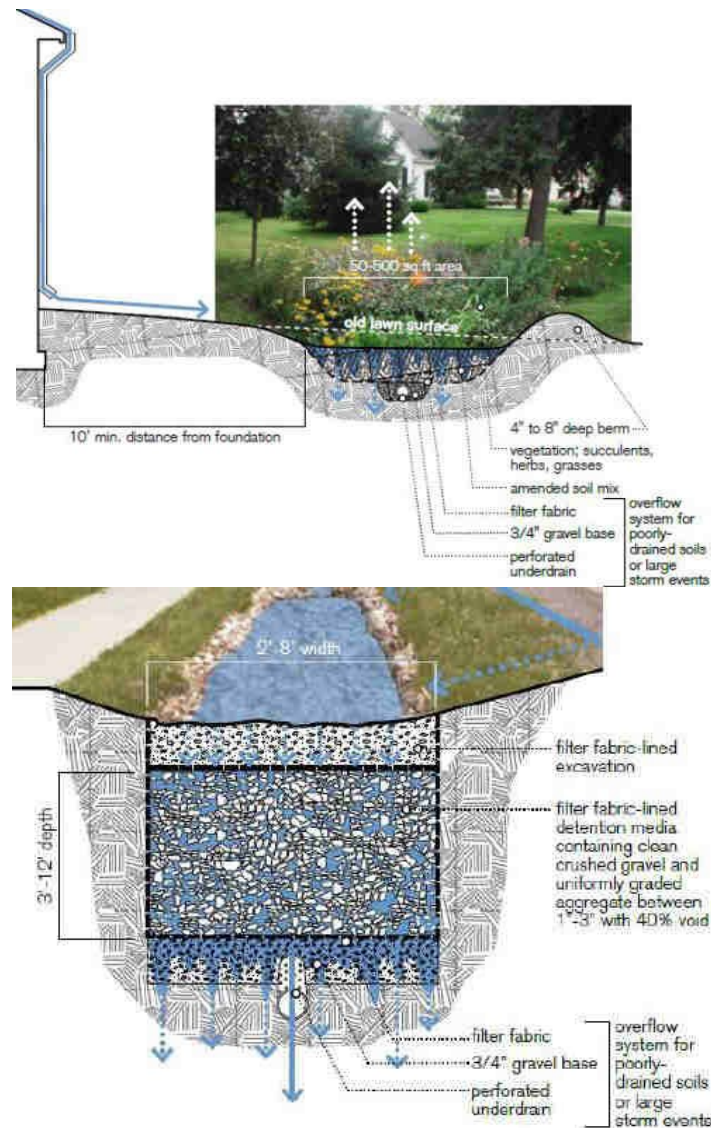


Figure - Exemples de construction d'un jardin pluvial (à gauche) et d'une tranchée drainante (à droite)
(Source : Manuel de développement à faible impact)

Gestion des immunogaments

Une mauvaise gestion des ressources en eaux souterraines peut accroître considérablement l'ampleur du problème de l'intrusion saline dans les aquifères côtiers. La quantité d'eau à extraire et le positionnement des puits sont les paramètres à prendre en compte pour éviter que l'interface saline ne remonte sous les puits d'extraction (phénomène de remontée, voir figure 13.1). Le changement de position et de forme du coin d'intrusion saline est directement causé par la baisse de la charge piézométrique d'eau douce. Cela entraîne une augmentation considérable du risque que le puits commence, avec le temps, à extraire de l'eau salée ou saumâtre. En général, si les débits extraits sont supérieurs à la recharge, l'eau salée pénétrera dans l'aquifère jusqu'à ce qu'elle atteigne le puits ; d'autant plus vite que le débit extrait du puits est important. Il en résulte la formation d'un cône (cône d'ascension) qui reflète le cône autour du puits d'eau douce (cône de dépression).

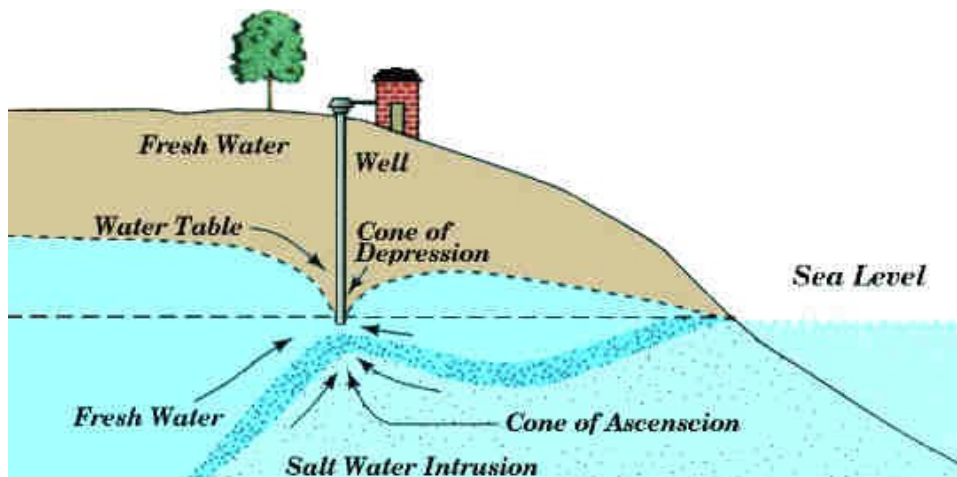


Figure - Schématisation du phénomène de remontée

Une fois que l'aquifère est affecté par un avancement important du cône d'eau salée, les opérations de récupération et de purification sont particulièrement compliquées et coûteuses. Pour cette raison, les travaux contre les phénomènes de remontée sont essentiellement de nature préventive. Parmi tous, on peut reconnaître, pour leur fréquence d'utilisation et leur efficacité, les barrières de puits de réinjection d'eau douce entre la barrière d'extraction et la côte, les drains horizontaux qui évitent l'extraction ponctuelle de la ressource, favorisant au contraire un prélèvement généralisé ; les puits de récupération qui consistent en un système de puits fermés qui extraient séparément l'eau douce et l'eau salée. Les barrières physiques contre l'intrusion saline sont moins utilisées, étant donné les coûts élevés et les problèmes de mise en œuvre.

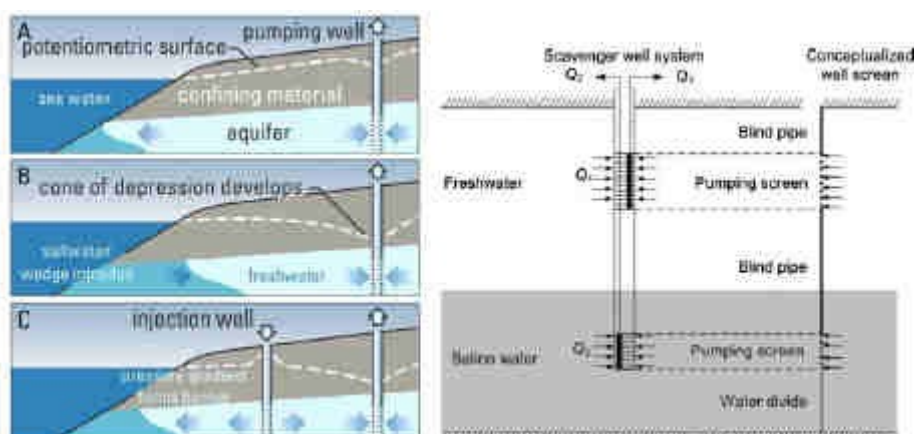


Figure- Puits de réentrée (à gauche) et puits de récupération (à droite)

Un autre effet lié au pompage de l'eau de la nappe phréatique, celui de l'affaissement, doit également être souligné. En effet, lorsque l'eau est extraite du sous-sol, la couche contenant le fluide subit une baisse de pression qui entraîne un compactage des sédiments qui, à la surface, peuvent être affectés par un abaissement du sol. Ce mouvement est lié à la profondeur et à l'épaisseur de l'aquifère, aux caractéristiques lithologiques et aux volumes d'eau extraits. Le

phénomène d'affaissement devrait donc être limité, notamment dans la perspective des futurs scénarios d'élévation du niveau de la mer, car il aggraverait le recul du littoral.

Dans la bande côtière touchée par l'intrusion marine, les actions de pompage doivent donc être aussi limitées que possible, notamment en ce qui concerne les utilisations agricoles et celles des campings de la zone de Vada et de Mazzanta. Il est, par exemple, conseillé d'utiliser des aqueducs irrigués avec des réservoirs de surface. Si cela n'est pas possible, il est conseillé d'évaluer la mise en œuvre des travaux de prévention décrits ci-dessus.

4.5. Profil liquide de la rivière Fine

L'élévation prévue du niveau moyen de la mer entraînera des variations du niveau de l'exutoire de la rivière Fine, qui sera soumis à une augmentation de son profil liquide à partir de la section de l'exutoire jusqu'à quelques kilomètres plus en amont. Le niveau de la mer à l'exutoire est en fait la condition limite pour le traçage du profil de courant lent qui caractérise la rivière Fine ; en construisant ce profil de la vallée à la montagne et en le reliant asymptotiquement au niveau de mouvement uniforme non perturbé de la montagne, nous obtenons pour chaque section la nouvelle hauteur hydrométrique à comparer avec celle des remblais existants. Pour toute la longueur du tronçon concerné par ce gonflement, le respect des francs doit être vérifié avec ces remblais qui, s'ils s'avèrent insuffisants, doivent être relevés.

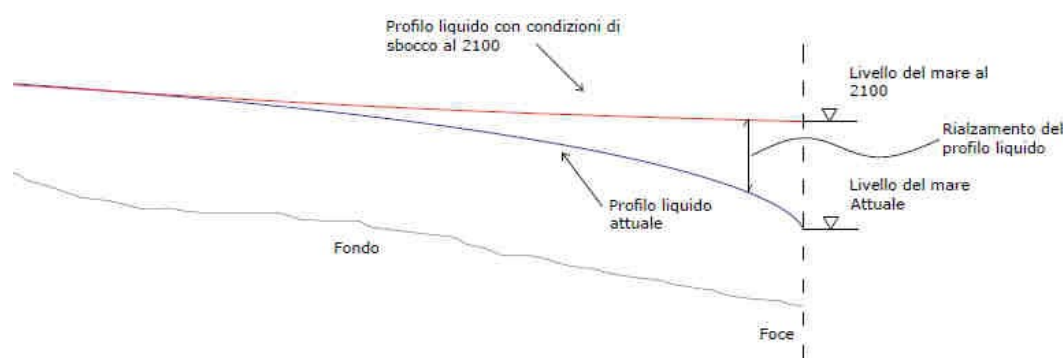


Figure - Tendance de la qualité du profil liquide actuel et futur pour les conditions prévues à 2100.

Étant donné la forme du profil liquide prévu, c'est-à-dire un profil de courant lent retardé dans le lit de la rivière avec une faible pente de fond, on s'attend à ce que la section la plus problématique soit celle près de l'embouchure, ce qui pourrait entraîner des inondations dans les zones adjacentes au lit de la rivière. Du Plan de gestion des risques d'inondation, il est possible de déduire une délimitation indicative de l'extension future des zones soumises à un risque élevé d'inondation fluviale, en la comparant aux zones qui sont actuellement classées

comme étant à risque moyen. En fait, il y aura une réduction du temps de retour pour lequel ces zones seront inondées.

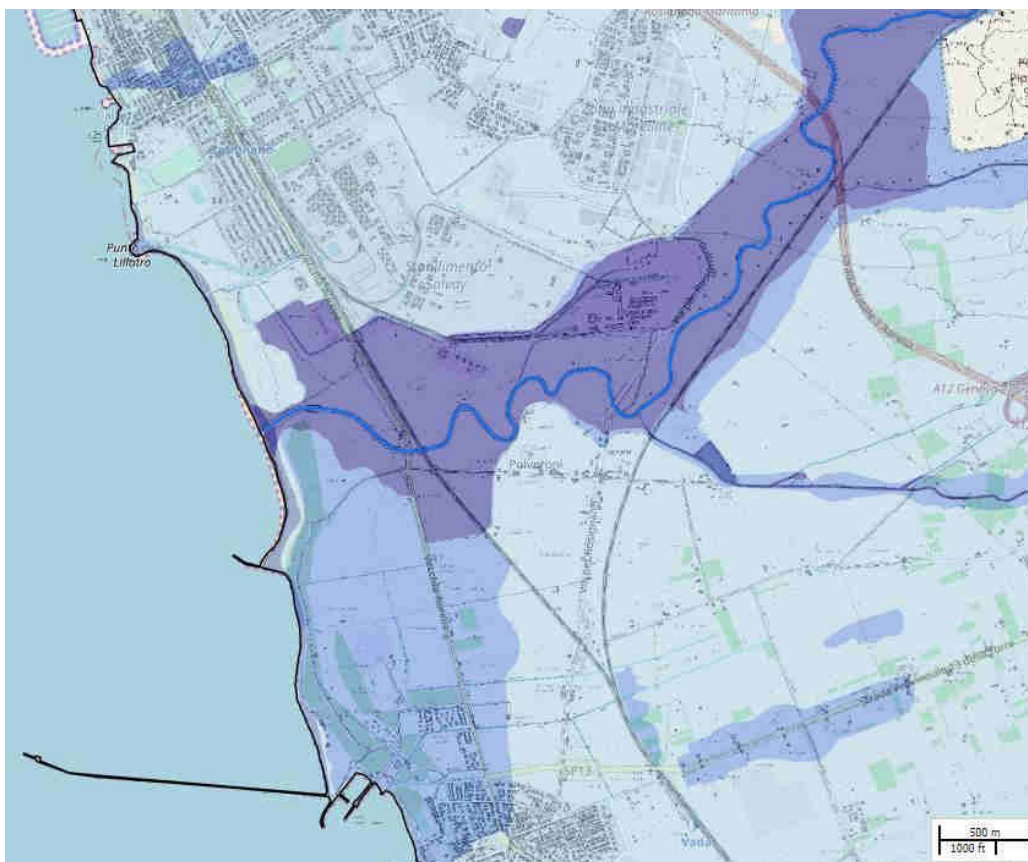


Figure - Carte actuelle des risques d'inondation des rivières (Source : Plan de gestion des risques d'inondation)

4. Plan d'action pour l'adaptation aux changements climatiques .

Dans le tableau récapitulatif sont réparties les actions d'adaptation au changement climatique que la Municipalité de Rosignano Marittimo a identifiées comme stratégiques pour améliorer la résilience du territoire. Les actions se subdivisent en structurelles (elles prévoient la réalisation d'interventions infrastructurelles, de travaux de construction, de produits manufacturés, etc.) et non structurelles (elles prévoient l'information et la formation des citoyens, etc.) selon le calendrier de réalisation (court, moyen et long terme).



Interreg



UNION
EUROPÉENNE

MARITTIMO – IT FR– MARITIME

Fonds européen de développement régional



ACTIONS D'ADAPTATION	STRUCTUREL	TYPE DE RISQUE	TYPLOGIE DES INTERVENTIONS	PÉRIODE		
		Mesures d'adaptation pour le risque hydrogéologique		COURT	MOYEN	LONG
			Systèmes hydrauliques-agricoles et drainage		Achèvement de la sécurité du fossé de Vallecorsa (Fiche 2)	
			Reboisement et enherbement		Plantation d'arbres en milieu urbain (Fiche 1)	
			Installations d'infiltration de petite taille			
			Sols perméables et prairies de gravier			
			Réservoirs de stockage d'eau de pluie multifonctionnels	Aménagement et sécurité du lac Spianate (Fiche 4)		
			Couvertures vertes			
		Mesures d'adaptation au risque d'érosion côtière	Barrières brise-lames			
			Rechargement artificiel des plages	Restauration et défense du littoral (Fiche 3)		
		Mesures d'adaptation au risque d'intrusion du coin salin	Recharge de la nappe phréatique		Réduction de l'approvisionnement en eau par le recensement des puits artésiens et l'extension du réseau d'eau du Gabbro (Fiche 5)	



			Surfaces urbanisées perméables			
			Gestion des immunogaments			
	NON-STRUCTURELS	Mesures d'adaptation pour le risque hydrogéologique	Systèmes d'alerte	Système d'alarme pour alerter la population par sirène de risque hydraulique (Fiche 7)		
					Système de surveillance et d'alerte du passage souterrain de la Via dei Cipressi (Fiche 6)	
			Actions de communication et de sensibilisation		Campagnes d'information et de sensibilisation sur le changement climatique (Fiche 8)	
		Mesures d'adaptation au risque d'érosion côtière				
		Mesures d'adaptation au risque d'intrusion du coin salin				

ÉTAPE 4 : MISE EN ŒUVRE DES ACTIONS, SUIVI ET ÉVALUATION

1. Méthodologie pour la détection des actions d'adaptation

Sur la base des indications stratégiques analysées par le Département d'Architecture de l'Université de Florence et le Département d'Ingénierie de l'Énergie, des Systèmes, du Territoire et de la Construction de l'Université de Pise, la Municipalité de Rosignano Marittimo a préparé une fiche d'enquête sur les actions d'adaptation au changement climatique à travers laquelle le responsable du plan et l'U.O. responsable de la matière (voir page 3 responsable du plan et groupe de travail) identifient les interventions, les projets, les activités à inclure dans le Plan lui-même. La fiche identifie les responsables de la mise en œuvre de l'action, le calendrier de sa réalisation, les ressources allouées ou à allouer, le système de suivi et d'évaluation de l'efficacité de l'action.

2. Actions pour l'adaptation au changement climatique

Fiche 1

Titre de l'action : Planter de grands arbres en milieu urbain	Description : Afin de limiter l'effet d'îlot thermique, responsable de l'augmentation des températures dans les zones urbaines, de grands arbres seront plantés dans différentes zones du territoire dans le but de créer des espaces verts et de l'ombre.		
Type d'action	Structurelle ☒	Non-structurelle ☐	
Calendrier de l'action (indiquer si l'action est à court, moyen ou long terme)	Court ☐	Moyen ☒	Long ☐
Gestionnaire responsable de l'action	Andrea Immorali Secteur de la programmation et du développement territorial		
U.O. Compétent et référents de l'action	U.O. Maintenance et protection civile Susanna Berti		
Coût total de l'action	Ce ne sont pas les 150.000 que vous avez vus dans le programme triennal qui sont destinés à l'élagage, les dépenses sont entièrement prises en charge par REA. Vous devriez entendre de la part du conseiller Brogi ou du maire directement combien on parle		
Étapes de la mise en œuvre de l'action	Étape 1 : Identification des zones Étape 2 : planter de grands arbres		
Indicateurs de résultats (identifier au moins 2 indicateurs)	Indicateur 1 : nombre d'arbres plantés Indicateur 2 : nombre de nouveaux espaces verts		



	plantés
Surveillance	Mesure Indicateur 1* Mesure Indicateur 2* * Mesure de chaque indicateur au 31/12 de chaque année de validité du Plan d'adaptation
Notes	Insérer les notes éventuelles

Fiche 2

Titre de l'action : Achèvement mesures de sécurité Fosso Vallecorsa	Description : C'est l'achèvement de l'intervention visant à mettre la zone de Vada à l'abri des inondations et des crues grâce à un ensemble systématique d'ouvrages sur la Fosso Vallecorsa et la Fosso Mozzicone. Les travaux consistent principalement en la construction et l'adaptation de réservoirs de dilatation et de remblais des fossés en question, afin de prévenir les affaissements et les inondations qui en découlent		
Type d'action	Structurelle ☒	Non-structurelle ☐	
Calendrier de l'action (indiquer si l'action est à court, moyen ou long terme)	Court ☐	Moyen ☒	Long ☐
Gestionnaire responsable de l'action	Andrea Immorali Secteur de la programmation et du développement territorial		
U.O. Compétent et référents de l'action	U.O. Conception et exécution de travaux publics Serena Talamucci		
Coût total de l'action	€ 955.000,00		
Étapes de la mise en œuvre de l'action	Étape 1 : Planification des travaux Étape 2 : Réalisation des travaux		
Indicateurs de résultats (identifier au moins 2 indicateurs)	Indicateur 1 : Approbation du projet exécutif Indicateur 2 : Approbation des tests		
Surveillance	Mesure Indicateur 1* Mesure Indicateur 2* * Mesure de chaque indicateur au 31/12 de chaque année de validité du Plan d'adaptation		



Notes	Insérer les notes éventuelles
--------------	--------------------------------------

Fiche 3

Titre de l'action : Restauration et défense du littoral	Description : Afin de préserver et de protéger le littoral, il est prévu de reprofiler les plages, ainsi que de prendre des mesures « douces » pour gérer les dépôts d'algues afin de limiter l'érosion.		
Type d'action	Structurelle X	Non-structurelle ☐	
Calendrier de l'action (indiquer si l'action est à court, moyen ou long terme)	Court X	Moyen ☐	Long ☐
Gestionnaire responsable de l'action	Andrea Immorali Secteur de la programmation et du développement territorial		
U.O. Compétent et référents de l'action	U.O. Maintenance et protection civile Susanna Berti		
Coût total de l'action	€ 130.000,00		
Étapes de la mise en œuvre de l'action	Étape 1 : Identification des plages les plus exposées au risque d'érosion Étape 2 : Réalisation de travaux de reprofilage		
Indicateurs de résultats (identifier au moins 2 indicateurs)	Indicateur 1 : Nombre de plages reprofilées Indicateur 2 : Mètres carrés de côte reprofilée		
Surveillance	Mesure Indicateur 1* Mesure Indicateur 2* * Mesure de chaque indicateur au 31/12 de chaque année de validité du Plan d'adaptation		
Notes	Insérer les notes éventuelles		

Fiche 4

Titre de l'action : Aménagement et sécurité	Description : Le lac existant à Spianate représente une importante réserve
--	--



du lac Spianate	d'eau qui permet de préserver l'aquifère même en période de forte sécheresse. L'intervention consiste en la réalisation d'un système complexe de travaux visant à améliorer et à adapter le contrôle et le suivi du niveau d'eau du lac, afin de garantir son efficacité et d'éviter que les fortes pluies qui caractérisent le climat actuel et futur ne provoquent des inondations et des crues.		
Type d'action	Structurelle ☒	Non-structurelle ☐	
Calendrier de l'action (indiquer si l'action est à court, moyen ou long terme)	Court ☒	Moyen ☐	Long ☐
Gestionnaire responsable de l'action	Andrea Immorali Secteur de la programmation et du développement territorial		
U.O. Compétent et référents de l'action	U.O. Conception et exécution de travaux publics Serena Talamucci		
Coût total de l'action	€ 300.000,00		
Étapes de la mise en œuvre de l'action	Étape 1 : Planification des travaux Étape 2 : Procédure d'affectation du travail Étape 2 : Réalisation des travaux		
Indicateurs de résultats (identifier au moins 2 indicateurs)	Indicateur 1 : Résolution de l'approbation du projet de faisabilité technico-économique, et détermination de l'approbation du projet exécutif Indicateur 2 : Approbation des tests		
Surveillance	Mesure Indicateur 1* Mesure Indicateur 2* * Mesure de chaque indicateur au 31/12 de chaque année de validité du Plan d'adaptation		
Notes	Insérer les notes éventuelles		

Fiche 5

Titre de l'action : Réduction de l'approvisionnement en eau par le recensement des	Description : Dans le but de réduire l'approvisionnement en eau, un ensemble d'activités sera réalisé pour étendre le réseau d'eau dans la localité de Malavolta, dans le hameau de Gabbro, ainsi qu'un recensement des puits artésiens pour
---	--



puits artésiens et l'extension du réseau d'eau du Gabbro	évaluer et éventuellement contrôler l'utilisation des eaux souterraines.		
Type d'action	Structurelle ☒		Non-structurelle ☐
Calendrier de l'action (indiquer si l'action est à court, moyen ou long terme)	Court ☐	Moyen ☒	Long ☐
Gestionnaire responsable de l'action	Andrea Immorali Secteur de la programmation et du développement territorial		
U.O. Compétent et référents de l'action	Secteur de la programmation et du développement territorial Andrea Immorali		
Coût total de l'action	€ 100.000,00		
Étapes de la mise en œuvre de l'action	Étape 1 : Recensement et vérification des procédures autorisées pour les puits artésiens Étape 2 : Réalisation de l'extension du réseau d'eau		
Indicateurs de résultats (identifier au moins 2 indicateurs)	Indicateur 1 : Nombre de puits artésiens étudiés ; Nombre de puits artésiens autorisés Indicateur 2 : Nombre de maisons raccordées au réseau d'eau		
Surveillance	Mesure Indicateur 1* Mesure Indicateur 2* * Mesure de chaque indicateur au 31/12 de chaque année de validité du Plan d'adaptation		
Notes	Insérer les notes éventuelles		

Fiche 6

Titre de l'action : Système de surveillance et d'alerte du passage souterrain de la Via dei	Description : Création d'un système de surveillance et d'alerte de la population en cas d'inondation, due aux fortes pluies qui caractérisent le climat actuel et futur, du passage souterrain situé à Via dei Cipressi.
--	--



Cipressi			
Type d'action	Structurelle X	Non-structurelle ☐	
Calendrier de l'action (indiquer si l'action est à court, moyen ou long terme)	Court ☐	Moyen X	Long ☐
Gestionnaire responsable de l'action	Andrea Immorali Secteur de la programmation et du développement territorial		
U.O. Compétent et référents de l'action	U.O. Maintenance et protection civile Susanna Berti		
Coût total de l'action	€ 50.000		
Étapes de la mise en œuvre de l'action	Étape 1 : Conception de systèmes de surveillance et d'alerte Étape 2 : Mise en place d'un système de surveillance et d'alerte		
Indicateurs de résultats (identifier au moins 2 indicateurs)	Indicateur 1 : Approbation du projet exécutif Indicateur 2 : Mise en service		
Surveillance	Mesure Indicateur 1* Mesure Indicateur 2* * Mesure de chaque indicateur au 31/12 de chaque année de validité du Plan d'adaptation		
Notes	Insérer les notes éventuelles		

Fiche 7

Titre de l'action: Système d'alarme pour alerter la population par sirène de risque hydraulique	Description : Deux aréomètres et un pluviomètre sont installés pour recueillir les données météorologiques sur deux fosses communes, afin que la population puisse être alertée automatiquement par des sirènes		
Type d'action	Structurelle ☐	Non-structurelle X	
Calendrier de l'action	Court X	Moyen ☐	Long ☐
Gestionnaire responsable de l'action	Andrea Immorali Secteur de la programmation et du développement territorial		



U.O. Compétent et référents de l'action	U.O. Maintenance et protection civile Susanna Berti
Coût total de l'action	€ 116.099,14
Étapes de la mise en œuvre de l'action	Étape 1 : réalisation des travaux Étape 2 : la formation et l'information de la population concernée
Indicateurs de résultats (identifier au moins 2 indicateurs)	Indicateur 1 : test des travaux Indicateur 2 : la réussite de l'exercice
Surveillance	Mesure Indicateur 1* Test de fonctionnement du système Mesure Indicateur 2* Rendre compte de la perception de la population
Notes	Insérer les notes éventuelles :

Fiche 8

Titre de l'action : Campagnes d'information et de sensibilisation sur le changement climatique	Description : Organisation d'une campagne d'information destinée aux citoyens sur les conséquences du changement climatique en relation avec le territoire municipal, avec une référence particulière aux risques découlant des inondations et des « bombes à eau ». La campagne sera articulée avec une série d'assemblées publiques, quelques rencontres destinées à des catégories spécifiques (comme les enseignants, les volontaires, etc.) et des sessions de formation pour les techniciens et les ordres professionnels, intéressés de diverses manières par la planification et la conception du territoire.
Type d'action	Structurelle ☐ Non-structurelle ☒
Calendrier de l'action (indiquer si l'action est à court, moyen ou long terme)	Court ☐ Moyen ☒ Long ☐
Gestionnaire responsable de l'action	Maria Castallo Secteur du Secrétariat - Soutien aux organismes gouvernementaux
U.O. Compétent et référents de l'action	U.O. Soutien aux organismes gouvernementaux



	Clementina Fantoni
Coût total de l'action	€ 10.000,00
Étapes de la mise en œuvre de l'action	Étape 1 : Co-conception de la campagne avec les parties prenantes sensibles Étape 2 : réalisation de réunions publiques
Indicateurs de résultats (identifier au moins 2 indicateurs)	Indicateur 1 : Approbation de la résolution relative à la campagne de sensibilisation Indicateur 2 : nombre de réunions publiques tenues
Surveillance	Mesure Indicateur 1* Mesure Indicateur 2* * Mesure de chaque indicateur au 31/12 de chaque année de validité du Plan d'adaptation
Notes	Insérer les notes éventuelles