



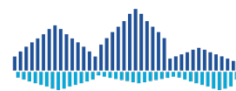
Interreg



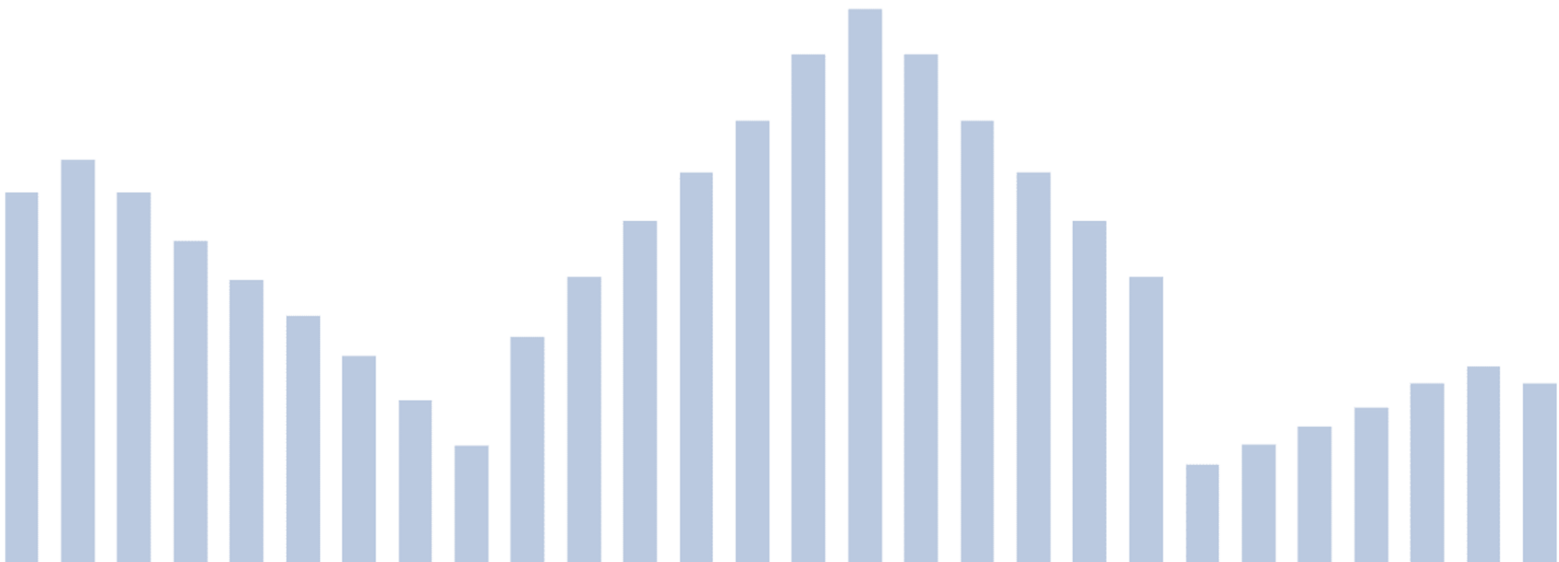
UNION
EUROPÉENNE

MARITTIMO - IT FR - MARITIME

Fonds européen de développement régional



ADAPT



Plan local d'adaptation aux changements climatiques de la ville de La Spezia



@ADAPTmaritime



www.interreg-maritime.eu/adapt



@ADAPT_maritime

AUTEURS

Paola Salvati

Francesca Ardizzone

Ivan Marchesini

Mauro Rossi

Consiglio Nazionale delle Ricerche
(*Conseil National italien des Recherches*)
Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica
(*Institut de recherche pour la protection hydrogéologique*)



Daniele Virgilio

Sabrina Masetti

Ivan Vujica

Ville de La Spezia



SOMMAIRE

AUTEURS.....	2
SOMMAIRE.....	3
LISTE FIGURES.....	4
LISTE TABLEAUX.....	6
LISTE ACRONYMES.....	6
1 Introduction.....	8
2 Cadre règlementaire.....	11
3 Analyses des principales situations critiques à l'heure actuelle.....	13
3.1 Nombre, type et conditions des bâtiments dans les zones à risque d'inondation PAI.....	14
3.2 Population dans les zones à risque d'inondation PAI.....	20
3.3 Modélisation.....	24
3.3.1 Flood-SHE.....	25
3.3.2 r.randomwalk.....	26
3.3.3 Bâtiments et modélisation.....	29
3.4 Catégories de dommages pour les bâtiments exposés.....	31
3.5 Calcul du risque d'inondation.....	33
3.6 Calcul du risque pour les coulées de débris.....	37
4 Synthèse du profil climatique local.....	39
5 Analyse de l'incidence des changements climatiques sur les principales situations critiques locales.....	44
5.1 Analyse intensité fréquence des pluies.....	44
5.2 Considérations sur la variation des principales situations critiques locales.....	49
6 Actions d'adaptation.....	50
6.1 Introduction.....	50
6.2 Interdisciplinarité.....	51
6.3 Mises à jour des connaissances.....	52
6.4 Points stratégiques.....	52
6.5 Instruments.....	55
6.6 Interventions pour l'identification des instruments de drainage urbain durables (SUDS).....	56
6.7 Règlement de la Police de l'eau.....	61
6.8 Lignes directrices pour la conception/réalisation des ouvrages de défense hydraulique et des infrastructures.....	63
7 Mise en place des actions, suivi et analyse.....	77
8 BIBLIOGRAPHIE.....	87

Figure 3-22 Agrandissement de la Carte du risque d'inondation élaborée par les services de la ville de La Spezia A) zone au nord du canal Lagora, B) zone entre les rivières Cappelletto et Dorgia Pour la légende, voir Figure 3-21.	36
Figure 3-23 Carte du risque de coulées de débris élaborée en conditions conservatrices (à savoir avec les valeurs de fréquence temporelle et de magnitude maximales attendues) pour les bâtiments de la ville de La Spezia	37
Figure 3-24 Agrandissements de la Carte du risque de coulées de débris élaborée par les services de la ville de La Spezia Pour la légende, voir Figure 3-23	38
FIGURE 4-1 Localisation des stations de mesure de La Spezia, Sarzana et Levante.	40
Figure 4-2 Série temporelle annuelle de la température maximale (tmax, ligne rouge) et de la température minimale (tmin, ligne bleue). La ligne de l'évolution est indiquée en pointillés noirs.	41
Figure 5-1 Courbes IDF obtenues pour la série de données journalières prévues par les modèles climatiques pour la période 1981-2010 (avec analyse de hindcast) sur la commune de La Spezia	46
Figure 5-2 Courbes IDF obtenues pour la série de données journalières prévues par les modèles climatiques pour la période 2011-2100 sur la commune de La Spezia en tenant compte du scénario RCP4.5	47
Figure 5-3 Courbes IDF obtenues pour la série de données journalières prévues par les modèles climatiques pour la période 2011-2100 sur la commune de La Spezia en tenant compte du scénario RCP8.5	47
Figure 5-4 Courbes IDF obtenues pour la série de données journalières observées sur la période 1981-2010 dans la station La Spezia dûment reconstruite	48
Figure 5-5 Courbes IDF obtenues pour la série de données horaires de la station La Spezia de la Rete fiduciaria (réseau national intégré de relevé et suivi des paramètres hydro-météo-pluviométriques des stations) de la Protezione Civile pour la période 2002-2017	48

LISTE TABLEAUX

LISTE TABLEAUX

Tableau 3-1 Liste des informations utilisées pour l'analyse territoriale	14
Tableau 3-2 Nombre de polygones classifiés en fonction de leur catégorie d'utilisation, fournie par l'administration communale, inclus dans la zone à risque d'inondation.....	15
Tableau 3-3 Caractéristiques bâtiments et nombre de polygones et de bâtiments correspondants.....	17
Tableau 3-4. Nombre de résidents et densité au km ² par zone à risques d'inondation. Pour la dénomination des cours d'eau, se reporter à la Figure 3-1	21
Tableau 3-5. Données de population et densité calculées pour les catégories de légende du Corine Land Cover à l'intérieur de la macrozone "Superficies artificielles".....	24
Tableau 3-6 Nombre de polygones se trouvant dans des zones potentiellement inondables et/ou de coulées de débris potentielles par catégorie d'utilisation du bâtiment. A) flood-she, B) r.randomwalk, C) les deux modèles.....	30
Tableau 3-7 Nombre de polygones par classe de dommage en fonction de la catégorie d'utilisation du sol. En rouge, le nombre de bâtiments avec une classe de dommage 4 mais qui se trouvent dans la zone avec la classe la plus basse	31
Tableau 3-8 Matrice d'analyse du risque de coulée de débris.....	37
Tableau 4-1 Informations sur les séries de données de la station de La Spezia et leur reconstruction.....	39
Tableau 4-2 Valeurs moyennes de précipitations, température maximale et température minimale et les percentiles relatifs (q5= cinquième percentile, q95= quatre-vingt-quinzième percentile) au niveau saisonnier.....	40
Tableau 4-3 Valeurs moyennes de précipitations, température maximale et température minimale et les percentiles relatifs (q5= cinquième percentile, q95= quatre-vingt-quinzième percentile) au niveau annuel.....	41
Tableau 4-4 Définition des indicateurs utilisés pour caractériser les événements extrêmes.....	42
Tableau 4-5 Valeurs moyennes des indicateurs sélectionnés pour la période observée 1981-2010 (jj=jours.....	42

LISTE ACRONYMES

ACRONYME	SIGNIFICATION
ADAPT	<i>Assister l'adaptation aux changements climatiques des systèmes urbains de l'espace transfrontalier</i>
CUSUM	<i>CUMulative SUM (Sommes cumulées)</i>
DJF	<i>Décembre Janvier Février</i>
DJF	<i>December January February</i>
FDCE	<i>Fonction de Répartition Cumulative Empirique</i>
E-OBS	<i>European OBSservational dataset (Base de données européenne pour l'observation)</i>
ETCCDI	<i>Expert Team on Climate Change Detection and Indices (Équipe CCl/CLIVAR d'experts pour la surveillance et la détection des indices du changement climatique)</i>
EURO-CORDEX	<i>COoRdinated Downscaling EXperiment - EUROpean domain (Étude coordonnée de recherche sur le climat à échelle européenne)</i>
MCG	<i>Modèle de Circulation Générale</i>
JJA	<i>Juin Juillet Août</i>
IDF	<i>Intensité-Durée-Fréquence</i>
GIEC	<i>Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat</i>
ISPRA	<i>Institut supérieur pour la protection et la recherche scientifique pour l'environnement</i>
JJA	<i>June July August/Juin Juillet Août</i>
MAM	<i>1 March April May / Mars Avril Mai</i>
MCR	<i>Modèle de Circulation Régional</i>
RCP	<i>Representative Concentration Pathways (profils représentatifs d'évolution de concentration)</i>
SCIA	<i>Système national pour la collecte, l'élaboration et la divulgation de données climatiques d'intérêt environnemental</i>
SON	<i>September October November / Septembre Octobre Novembre</i>
WMO	<i>World Meteorological Organization (Organisation Météorologique Mondiale)</i>
PGRI	<i>Plan de gestion des risques d'inondation</i>
PAI	<i>Piano di assetto idrogeologico (Plan pour l'aménagement de conservation des eaux et des sols du territoire)</i>
MATTM	<i>Ministère de l'Environnement et de la Protection du Territoire et de la Mer</i>
PAED	<i>Plan d'action en faveur de l'énergie durable</i>
SIT	<i>Système Territorial d'Information</i>
PUC	<i>Plan Urbanistique Territorial</i>
AdB	<i>Autorité de Bassin</i>

1 Introduction

Les changements climatiques imposent la mise en place de stratégies visant à en réduire les conséquences à travers des politiques et des mesures d'atténuation, d'adaptation et de résilience.

À moyen et à long terme, la ville de La Spezia devra se préparer à affronter des événements météorologiques potentiellement intenses et les effets sur le territoire de pluies intenses et de températures élevées. L'objectif est de définir les stratégies à mettre en place dans le but d'améliorer la réponse du territoire aux changements climatiques et d'organiser l'action de la Municipalité en collaboration avec les autres institutions et autorités du territoire.

L'adhésion au Pacte des Maires de 2011 fut la première étape de la démarche faite par la ville dans le cadre de son adaptation climatique, qui s'est ainsi engagée à respecter les objectifs européens du Paquet énergie climat des 3x20 et à mettre en place le Plan d'action en faveur de l'énergie durable. En adhérant au Pacte des Maires et en élaborant le PAED, la ville de La Spezia a eu la possibilité d'organiser et de systématiser toutes les actions d'atténuation dans le but d'atteindre les objectifs de réduction des émissions de CO2 d'ici 2020. Les actions définies dans le PAED ont pour objectif d'améliorer l'efficacité de l'utilisation d'énergie dans les bâtiments publics et privés, d'intervenir sur l'éclairage public et d'encourager la mobilité durable.

Plus spécifiquement, les actions d'atténuation indiquées dans le Plan d'action en faveur de l'énergie durable (PAED) contiennent des éléments distinctifs d'adaptation, par exemple :

- encourager la mobilité publique implique une réduction de la demande de nouvelles infrastructures à savoir une adaptation à la hausse possible du risque hydrologique et à la hausse possible de la concentration des polluants dans l'atmosphère ;
- les interventions d'efficacité énergétique peuvent engendrer des bénéfices d'adaptation comme la prévention du risque, la sécurité de la fourniture énergétique pendant des événements météorologiques extrêmes (ex. sécheresse), le confort dans les bâtiments pendant des vagues de chaleur et la réduction des dommages environnementaux dans les zones inondées ;
- l'utilisation de sources d'énergie renouvelables pour le refroidissement et les économies d'énergie sont des interventions d'adaptation visant à prévenir le réchauffement des bâtiments.

Par la suite, avec la délibération du Conseil n.39 du 6/10/14, l'administration municipale de La Spezia a adhéré à l'initiative "Mayors Adapt - the Covenant of Mayors Initiative on Adaptation to Climate Change" lancée par la Commission européenne. Avec cette initiative, les villes s'engagent à développer des actions pour s'adapter aux changements climatiques et à présenter des stratégies locales d'adaptation compte tenu des résultats de l'analyse des risques sur leurs propres territoires. Adhérer à cette initiative implique l'élaboration d'un plan d'adaptation dont l'objectif est de définir des actions spécifiques et d'identifier les responsabilités et les ressources disponibles. La ville, à travers sa participation au "Projet Adapt", a donc eu l'opportunité d'élaborer ce Plan local d'adaptation aux risques d'inondation qui permettra d'adapter le territoire de la commune aux changements climatiques, notamment aux inondations urbaines provoquées par les pluies particulièrement intenses et permettra à la ville de pouvoir éventuellement passer du PAED, le Plan local d'actions en faveur de l'énergie durable au PAESC, le Plan local d'actions pour l'énergie et le climat.

Afin de pouvoir mettre correctement en place un plan de gestion locale des risques d'inondation, il est avant tout nécessaire de regrouper et d'analyser les études et les actions qui ont été faites par l'administration municipale dans ce domaine.

La Ville a tout d'abord rédigé la Stratégie Urbaine Intégrée et Durable (ci-après SUI) financée par le POR FESR 2014-2020 dans le cadre du projet "Villes". Cette

stratégie englobe le Plan de réduction du risque hydrologique et le Plan de Numérisation conformément aux objectifs thématiques visés par le programme POR FESR. Le Plan du Risque hydrologique, approuvé par la DCM 154 du 24/04/2017, définit trois types d'intervention : (i) activités de coordination et de suivi ; (ii) amélioration de l'efficacité hydraulique des canaux ; (iii) intervention sur l'éboulement des versants.

Du point de vue de la protection civile et des actions pour l'adaptation aux événements de pluies intenses et pour l'augmentation de la résilience de la population et des biens à risque, il a également été prévu de mettre à jour le Plan Municipal d'Urgence avec des protocoles de protection civile concernant spécifiquement la population. Dans ce cadre, le projet "Sentinelles du territoire", mis au point en collaboration avec le CNR IRPL, les ordres professionnels des ingénieurs, géologues, architectes, agronomes et le collège des géomètres et des experts industriels, prévoit : (a) des interventions visant à améliorer l'efficacité du Centre municipal opérationnel de la protection civile pour la gestion des urgences ; (b) des études et des analyses territoriales pour la caractérisation des risques géo-hydrologiques ; et (c) la réalisation d'un plan de formation et de divulgation sur les risques géo-hydrologiques. En même temps, des actions pour l'adaptation aux événements de pluies intenses ont été définies, les interventions visant à améliorer la réponse hydraulique du réseau hydrique municipal ont été indiquées et les procédures pour la définition des scénarios possibles de risques hydrologiques ont été améliorées en renforçant les activités de surveillance et de maintenance du territoire, afin de réduire les criticités présentes sur le territoire municipal en accord avec les ressources attribuées.

Le Plan du Risque Hydrologique est le résultat de la systématisation des principaux plans et instruments de gestion de la commune et de la province sur le sujet (PUC - Plan de la Protection civile, Plans de Bassin, etc.), ainsi que d'une démarche participative visant à partager les contenus et les actions avec les principales parties prenantes de la ville concernées par cette question.

Du point de vue de la stratégie de la mobilité, le DUP définit les activités suivantes comme autant d'objectifs pour des actions d'atténuation et d'adaptation aux changements climatiques :

- renforcer le système des parcs relais au niveau des principales portes d'accès à la ville ;
- développer les zones piétonnes dans le centre historique/ZTL ;
- réaliser un projet de piste cyclable pour relier les Cinque Terre.

Ces actions comportent une réduction de la demande de nouvelles infrastructures à savoir une adaptation à la hausse possible du risque hydrologique et à la hausse possible de la concentration des polluants dans l'atmosphère.

Plusieurs interventions d'adaptation ont déjà été mises en place et concernent :

1. La prévention/atténuation des vagues de chaleur

Récupérer et requalifier le territoire

- Récupération des sentiers "Arco e le frecce ed Alta via del golfo";
- Récupération du territoire "Progetto Tramonti" sur l'ensemble du site Unesco ;
- Requalification des potagers et jardins "Projet campagne urbaine";
- Récupération des terrains privés laissés en friches ;
- Réalisation de potagers scolaires ;
- Plantation d'arbres dans les jardins historiques et de nouvelles plantes dans les autres espaces verts.

2. L'amélioration de la réponse du réseau hydrographique

- Projets d'adaptation du réseau hydrographique au niveau de l'embouchure (travaux déjà effectués : remise en état du canal Vecchia e Nuova Dorgia

- Rédaction du cadastre des canaux urbains afin de reconstruire un cadre complet de la situation comme base de départ pour un plan de maintenance extraordinaire ;
- Amélioration de l'efficacité hydraulique des canaux avec des travaux d'amélioration (à effectuer) de la capacité d'écoulement des canaux Rossano, Cappelletto et Lagora ;

La principale référence européenne sur la question des inondations est la Directive 2007/60/EC (dite "Directive Inondations" ou *Flood Directive*) qui définit le cadre général pour l'analyse et la gestion des risques d'inondations dans le but d'en réduire les conséquences négatives sur la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel, les activités économiques et les infrastructures, tout en tenant compte de l'effet probable des changements climatiques. Cette directive est transposée dans le droit italien par le décret-loi 49/2010.

Cette directive définit une inondation comme : "la submersion temporaire par l'eau de terres qui ne sont pas submergées en temps normal. Cette notion recouvre les inondations dues aux crues des rivières, des torrents de montagne et des cours d'eau intermittents méditerranéens ainsi que les inondations dues à la mer dans les zones côtières et elle peut exclure les inondations dues aux réseaux d'égouts". Sont donc concernés tous les phénomènes météorologiques alluvionaux en milieu urbain sans mentionner spécifiquement les inondations dues à un réseau d'égouts insuffisant en cas de phénomènes météorologiques intenses. En revanche, le décret-loi 49/2010 fait référence au réseau de drainage artificiel.

- Les éléments des plans de gestion des risques d'inondation devraient être régulièrement réexaminés et mis à jour le cas échéant, en tenant compte des répercussions probables des changements climatiques sur le risque d'inondations possibles.
- Article 4, al. 2, lettre d) [Éléments d'analyse préliminaire des risques d'inondation]. Une analyse des conséquences négatives potentielles de futures inondations sur la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel, les activités économiques, en tenant compte autant que possible d'éléments comme la topographie, la position des cours d'eau et leurs caractéristiques hydrologiques et géomorphologiques générales, dont le rôle des plaines inondables comme zones naturelles de rétention des eaux, l'efficacité des infrastructures artificielles actuelles pour la protection contre les inondations, la position des zone habitées et des zones intéressées par des activités économiques et les développement à long terme y compris les retombées des changements climatiques sur le risque d'inondations.
- Article 14 al. 4 [Révisions, rapports et dispositions finales]. Les révisions visées au paragraphe 1 et 3 tiennent compte de l'impact probable des changements climatiques sur les risques d'inondations.
- Article 16 [Révisions, rapports et dispositions finales]. La Commission présente au Parlement européen et au Conseil un rapport sur l'exécution de la présente directive d'ici le 22 décembre 2018 puis tous les six ans. Les impacts des changements climatiques sont pris en compte dans la rédaction du rapport.

Danger d'inondation : probabilité que se présente une inondation dans un intervalle de temps prédéfini et sur une zone prédéfinie.

Risque d'inondation : combinaison des probabilités d'inondations et conséquences négatives potentielles sur la santé humaine, le territoire, les biens, l'environnement, le patrimoine culturel, les activités économiques et sociales.

Ces définitions doivent être accompagnées par les autres éléments de la définition du risque pour lesquels il convient de consulter les lignes directrices opérationnelles de la Directive 2007/60/CE (MATTM 2013).

3 Analyse des principales situations critiques à l'heure actuelle

Identifier les dangers et analyser les conditions d'exposition et de vulnérabilité des systèmes naturels et humains représentent la deuxième étape de la méthode de référence (Lignes directrices pour la rédaction de plans d'adaptation aux risques d'inondation) définie par le Pacte des Maires dans le cadre des nouveaux Plans d'action en faveur de l'énergie durable (PAED). Cette phase prévoit l'analyse du contexte territorial permettant de définir l'exposition, la vulnérabilité et d'évaluer le risque, ainsi que la collecte d'informations le plus détaillées possible concernant le contexte territorial de la ville.

Les principales situations critiques pour la ville de La Spezia ont été analysées sur la base des connaissances appropriées actuellement disponibles. Les services municipaux, et notamment le SIT (Système Territorial d'Informations) compétents en la matière, ont fourni les tableaux rédigés pour la préparation du PUC (Plan Urbanistique municipal), élaboré en 2016 et non encore approuvé, avec notamment la fourniture des cartographies (en format numérique, shapefile) des bâtiments, routes et population actuels et les tables de la cartographie technique régionale (CTR à l'échelle 10:000) (tableau 1). Ont également été fournies les cartographies des Plans pour l'aménagement hydrologique du territoire (PAI) de l'Établissement public régional de bassin et des Établissements publics interrégionaux de bassin du fleuve Magra, ci-après dénommées EPB, tous deux compétents sur le territoire municipal de La Spezia (Figure 3-1).

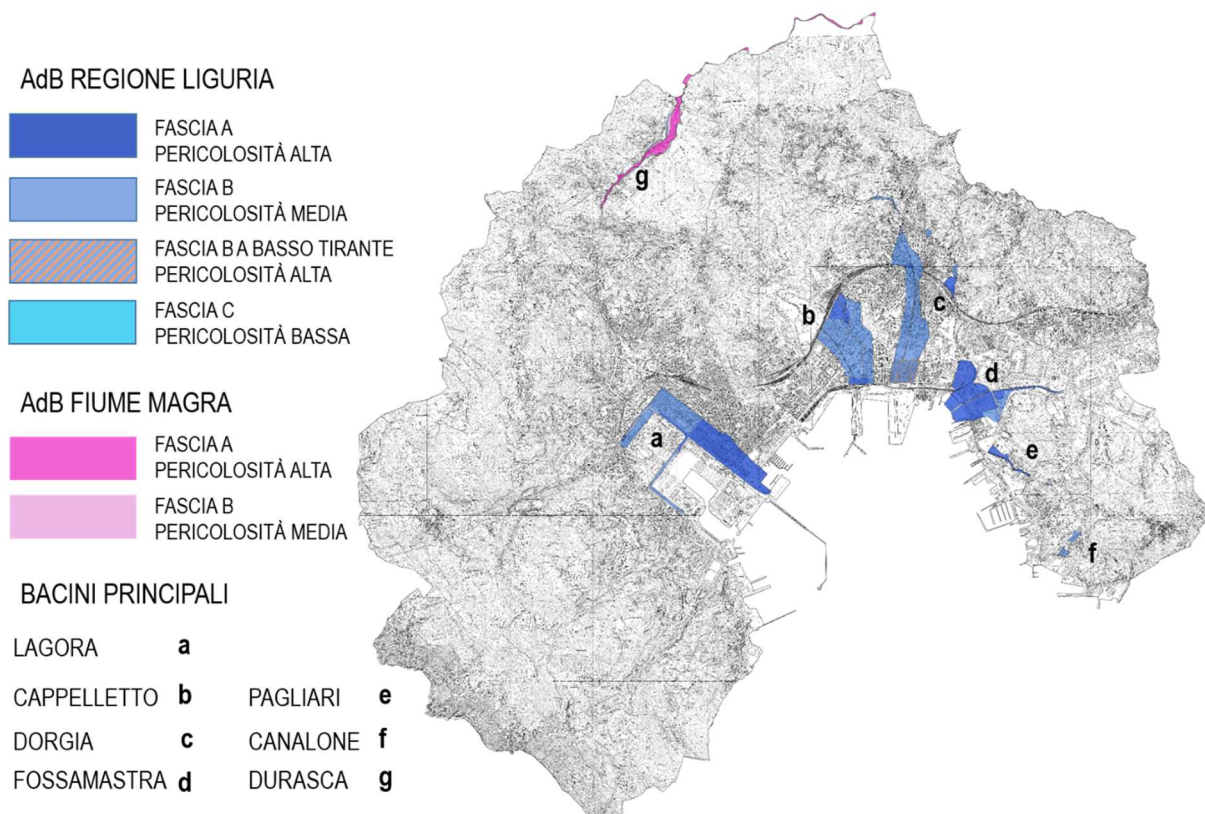


FIGURE 3-1 PERIMETRE DE LA DANGEROUSITE HYDRIQUE DES PAI DES ÉTABLISSEMENTS PUBLICS REGIONAUX DE BASSIN ET DES ÉTABLISSEMENTS PUBLICS DE BASSIN DU MAGRA POUR LE TERRITOIRE DE LA VILLE DE LA SPEZIA. LES COURS D'EAU CORRESPONDANT AUX PAI SONT INDICUES SUR LA CARTE PAR LES LETTRES MINUSCULES (A-G).

Pour ce qui concerne les informations historiques de phénomènes d'éboulement et d'inondation survenus sur la commune de La Spezia, ont été consultées les données disponibles dans le système d'informations sur les catastrophes hydrologiques SICI (<http://sici.irpi.cnr.it>) et sur le Webgis du catalogue national des phénomènes d'éboulement et d'inondation ayant impliqué la population (<http://webmap.irpi.cnr.it/>) (Tableau 3-1). 8 fiches ont été recensées concernant des phénomènes d'inondation survenus entre 1926 et 1998, sur 9 villes et 14 fiches ont été recensées concernant des phénomènes d'éboulement survenus entre 1922 et 2001 dans 13 localités du territoire municipal.

TABLEAU 3-1 LISTE DES INFORMATIONS UTILISEES POUR L'ANALYSE TERRITORIALE

Indicateur
Modèles Numériques d'Élévation MNE à 5 mètres
Fiches d'évènement de processus de type éboulement SICI
Fiches d'évènement de processus de type crue SICI
Carte des zones inondables de l'Établissement public régional de bassin (publié sur le Journal Officiel de la Région Ligurie n. 34 du 24/08/2016).
Carte des zones inondables de l'Établissement public régional de bassin (publié sur le Journal Officiel de la Région Ligurie n. 34 du 24/08/2016).
Zones d'aménagement fluvial et zones inondables EPB du fleuve Magra
Carte des contraintes dérivant de la planification de bassin aux termes de la loi 183/89 et du décret-loi 180/98
Zones protégées
Carte du réseau hydrographique principal limites de bassins et sous-bassins (aux termes du décret-loi 180 et ses modifications/intégrations)
Occupation et utilisation du sol (Corine Land Cover)
Carte géologique technique (PUC 2016)
Carte géomorphologique (PUC 2016)
Carte de la susceptibilité hydrologique (PUC 2016)
Constructions sur la commune (carte numérique des polygones des bâtiments, format shapefile)
Réseau routier de la ville (format shapefile)
Numéros de rue (format shapefile)
Nombre de résidents par numéro de rue (format shapefile)
Indications des personnes handicapées (format shapefile)

Toutes les informations collectées ont été regroupées dans un système d'informations (disponible sous forme de projet QGis) essentiel et utile pour toutes les activités suivantes d'analyse et d'évaluation élaborées pour le présent document.

Ces informations ont été utilisées pour effectuer les analyses dans le but (i) de définir le nombre, le type et les conditions des bâtiments inclus et (ii) de définir la densité de la population résidant dans les différentes zones présentant un risque d'inondation. Les analyses effectuées et leurs résultats sont décrits dans les paragraphes suivants.

3.1 Nombre, type et conditions des bâtiments dans les zones présentant un risque d'inondation PAI

Un calcul rapide du nombre de bâtiments exposés au risque d'inondations a été fait en insérant parmi les paramètres le risque d'inondation (PAI sur la Figure 3-1) et la cartographie numérique des polygones des bâtiments, classifiés en fonction de leur catégorie d'utilisation (Figure 3-2).

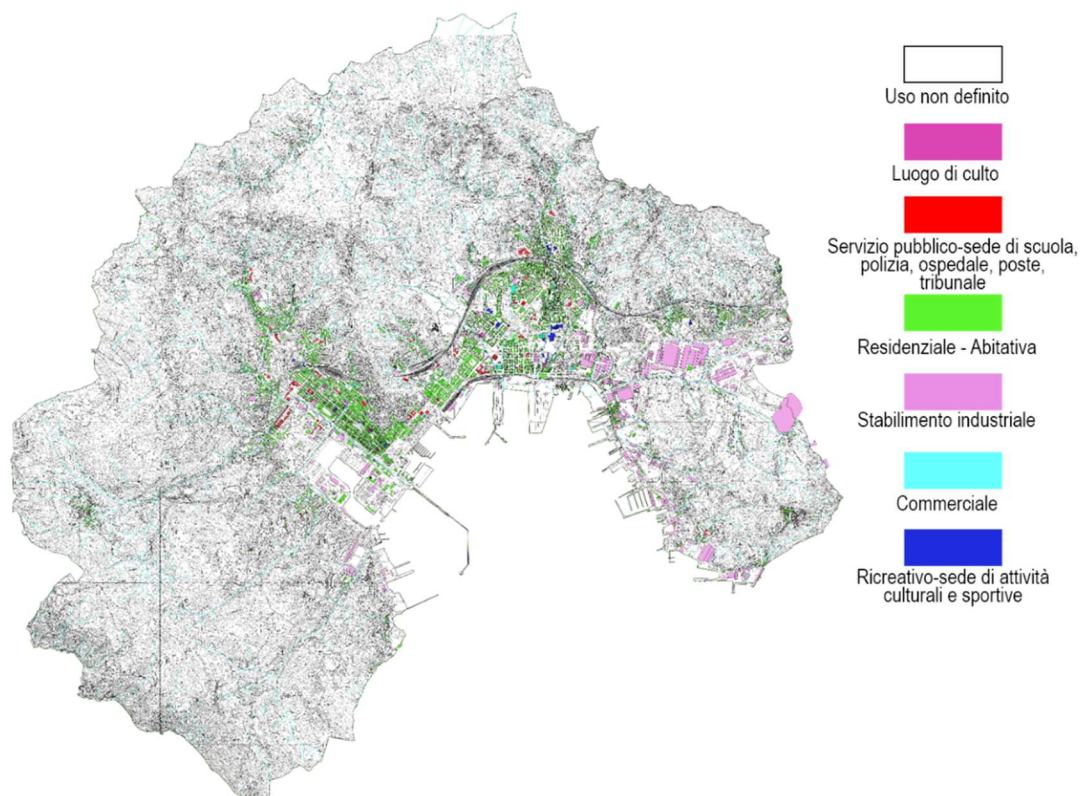


FIGURE 3-2 CARTOGRAPHIE DES POLYGONES DES BATIMENTS, CLASSIFIES EN FONCTION DE LEUR CATEGORIE D'UTILISATION.

Ceci a permis d'obtenir une estimation de la quantité du nombre de polygones pour chaque zone critique, divisés par type d'utilisation. Les estimations, indiquées dans le Tableau 3-2, sont divisées par EPB compétent sur le territoire. Il est nécessaire de souligner que le nombre de polygones de la carte des bâtiments ne correspond pas au nombre de bâtiments, puisque sur la base des nombreuses observations faites, il résulte qu'un même bâtiment peut être découpé en plusieurs polygones. Cette différence est très fréquente pour un bâtiment avec balcons, terrasses, saillies, cours internes, parkings, variations de hauteurs ou avec une forme complexe.

TABEAU 3-2 NOMBRE DE POLYGONES CLASSIFIES EN FONCTION DE LEUR CATEGORIE D'UTILISATION, FOURNIE PAR L'ADMINISTRATION COMMUNALE, INCLUS DANS LA ZONE A RISQUE D'INONDATION.

Destination d'usage	Nombre de polygones	
	EPB Région Tigullia	EPB Interrégional du fleuve Magra
Résidentiel	1001	37
Commercial	15	
Industriel	94	
Service de transport routier	2	3
Service public	65	
Récréatif	10	
Lieu de culte	29	

La Figure 3-3 montre un exemple de la subdivision des polygones du bâtiment avec le rapprochement entre deux cartes pour la même zone : la première, à gauche, a été élaborée par la cartographie municipale des polygones, la deuxième, à droite, a été prise par Google Earth (2017).



FIGURE 3-3 REPRÉSENTATION DES BÂTIMENTS DE LA VILLE DE LA SPEZIA. LA CARTE DE GAUCHE MONTRE LES POLYGONES CORRESPONDANT AUX BÂTIMENTS FOURNIE PAR LE SERVICE D'INFORMATION DE LA MAIRIE, LA CARTE DE DROITE REPRÉSENTE LA MÊME ZONE PRISE PAR LES IMAGES DE GOOGLE EARTH (2017).

Pour évaluer l'état des bâtiments exposés aux risques d'inondation de la ville de La Spezia, ont été analysés les résultats d'une enquête menée dans le cadre du Projet "Sentinelles du territoire" financé par les fonds PORT FESR 2014 - 2020 pour la mise en place du plan pour la réduction des risques d'inondation sur la ville de La Spezia (Livraison novembre 2018 Rapport d'analyse des données du recensement des bâtiments dans les zones PAI exposées aux risques d'inondation). Le projet Sentinelles du territoire est le fruit d'une prise de conscience : à savoir que le contrôle du territoire et la connaissance de ses situations critiques sont propédeutiques à chaque future action, structurelle ou non, visant à atténuer le risque. Il a donc été nécessaire en tel sens, de se fixer un objectif : surveiller de très près les spécificités liées à l'instabilité géo-hydrologique sur le territoire de la commune à travers une participation active de la population, de l'administration municipale, des volontaires du groupe de la protection civile, des techniciens des différents ordres professionnels et des chercheurs de l'institut de recherche pour la protection hydrologique du CNR. À telle fin et en collaboration avec le personnel de l'administration municipale, une fiche de recensement des bâtiments pour la collecte des données sur les caractéristiques de la construction a été conçue. Pour ce qui concerne les bâtiments se trouvant sur les zones présentant un risque moyen/élevé d'inondations, délimitées par les PAI, l'attention s'est concentrée sur les caractéristiques des rez-de-chaussée et des sous-sols/caves éventuels, en privilégiant les informations sur la présence et la destination d'usage des rez-de-chaussée et des sous-sols, la présence d'ouverture au niveau de la chaussée, comme les fenêtres d'aération et sur l'état de maintenance des collecteurs d'eaux pluviales. Ces informations sont doublement importantes : (i) pour la protection civile, pour identifier les bâtiments les plus à risque à surveiller particulièrement en cas d'urgence et (ii) pour la planification urbanistique et territoriale à long terme, en fonction d'une augmentation possible des pluies extrêmes et donc une augmentation des inondations dans les zones urbaines.

Les données recensées pendant le projet Sentinelles du territoire ont été regroupées en incorporant plusieurs polygones identifiés, lors des visites sur place, comme appartenant à un même bâtiment. Les informations, recueillies à l'échelle du bâtiment, ont été organisées dans un système d'informations géographiques et représentent une source de connaissances détaillées et

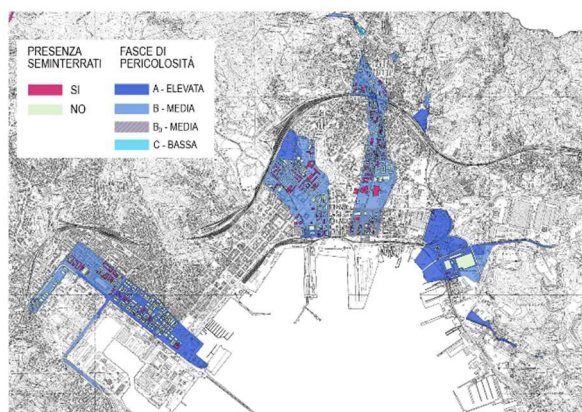
approfondies sur l'état et les caractéristiques du bâtiment exposé. Il convient de souligner à ce propos que les informations demandées par la fiche de recensement ne concernent pas tous les bâtiments des zones PAI, ce qui signifie que pour plusieurs bâtiments, nous ne disposons que d'informations incomplètes. Ce manque d'informations est dû soit à l'impossibilité pour les agents du recensement de contrôler directement le bâtiment, soit à la non-indication de l'information sur la fiche papier. De cette façon, l'information manquante peut indiquer soit que la réponse négative a été omise quant à l'absence de caractéristiques déterminées, soit que l'information n'a pas été inscrite. Le Tableau 3-3 indique par exemple, certaines informations par bâtiment contenues dans la base de données créée dans le cadre du projet "Sentinelles du territoire".

TABLEAU 3-3 CARACTERISTIQUES BATIMENTS ET NOMBRE DE POLYGONES ET DE BATIMENTS CORRESPONDANTS

Type d'informations	N. de polygones	N. de bâtiments
Nombre total	1216	800
Taux d'utilisation	845	800
Rez-de-chaussée à usage d'habitation	284	276
Rez-de-chaussée à usage commercial	402	378
Rez-de-chaussée à usage mixte	318	300
Fenêtres rez-de-chaussée à environ 1 mètre du sol	509	482
Présence d'ouvertures à environ 20/50 cm du sol	118	114
Accès piétons plus haut par rapport au sol	126	120
Accès piétons au niveau du sol	473	442
Accès piétons plus bas par rapport au sol	54	49
Présence de sous-sols partiels	209	201
Présence de sous-sols	73	68
Présence de structures annexes	311	311
Présence de collecteurs d'eaux pluviales le long de la route	673	643
Présence de collecteurs d'eaux pluviales dans l'enceinte de la propriété	267	252
Présence de plaques d'égout et de puits drainants	381	366
Présence de collecteurs d'eaux pluviales bouchés	33	28

Pour ce qui concerne la présence de locaux en sous-sol partiel dans les zones urbaines, sur la Figure 3-4 (A) sont indiqués en rose les bâtiments avec des locaux en sous-sol partiel et en gris clair les bâtiments sans ce type de locaux. En revanche, la Figure 3-4 (B) montre la répartition des locaux en sous-sol total. Comme le montrent les deux cartes de la Figure 3-4, des bâtiments avec des locaux en sous-sol partiel et total se trouvent à la fois dans les zones à risque moyen (bleu clair) et dans les zones à risque élevé (bleu foncé).

A



B

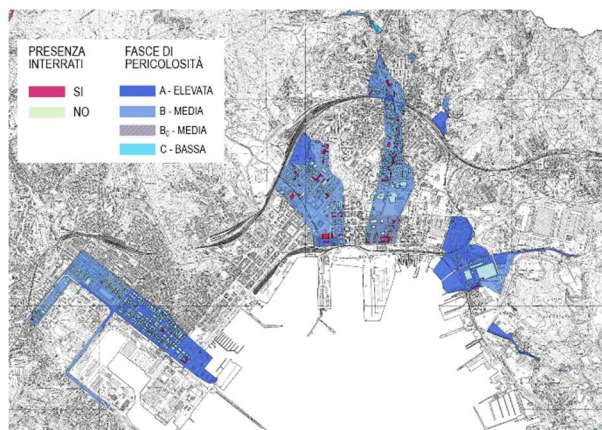


FIGURE 3-4 REPARTITION DES BATIMENTS SE TROUVANT DANS LES ZONES A RISQUE MOYEN (BLEU CLAIR) ET ELEVE (BLEU FONCE) AVEC LA PRESENCE DE LOCAUX EN SOUS-SOLS PARTIEL (4A) ET EN SOUS-SOL TOTAL (4B). POUR LA DENOMINATION DES COURS D'EAUX, SE REPORTER A LA FIGURE 3-1.

L'analyse des destinations d'usage recensées a permis de constater que dans la plupart des cas, à savoir 75% des sous-sols partiels et 83% des sous-sols totaux, ces locaux sont utilisés comme caves et/ou garages. Par conséquent, si d'un côté ce résultat indique une faible présence de personnes, de l'autre il implique une concentration de biens et de marchandises susceptibles d'être endommagés ou détériorés en cas d'inondations.

Pour ce qui concerne les bâtiments avec un rez-de-chaussée à usage d'habitation (284 bâtiments, 33%), la carte de la Figure 3-5 montre une concentration élevée dans les zones limitrophes aux rivières Dorgia et Cappelletto. Environ 10% des bâtiments avec un rez-de-chaussée à usage d'habitation ont un accès piéton plus bas que la chaussée de référence, 59% à la même hauteur et 20% plus haut que la chaussée (Figure 3-5)

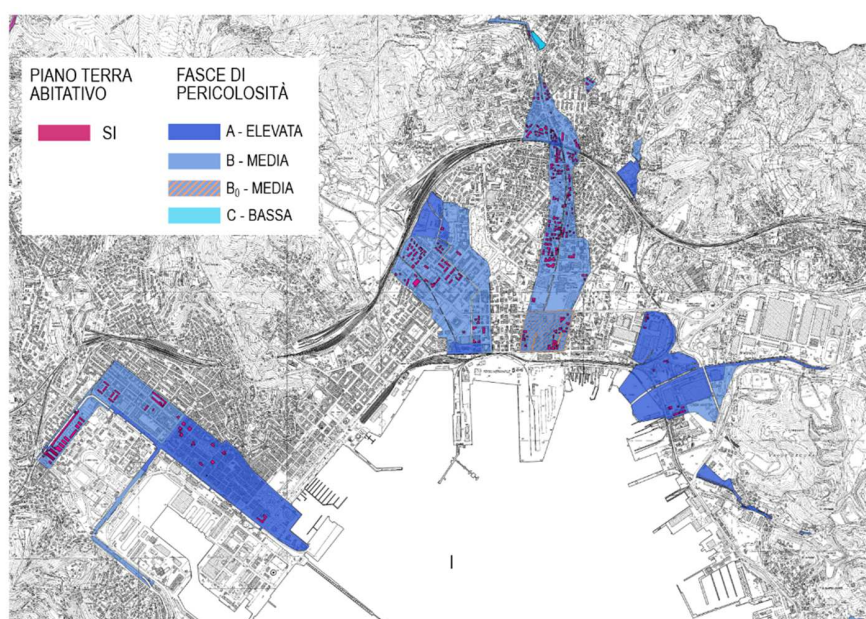


FIGURE 3-5 REPARTITION DES BATIMENTS SE TROUVANT DANS LES ZONES A RISQUE MOYEN (BLEU CLAIR) ET ELEVE (BLEU FONCE) AVEC LA PRESENCE DE REZ-DE-CHAUSSEE A USAGE D'HABITATION. POUR LA DENOMINATION DES COURS D'EAUX, SE REPORTER A LA FIGURE 3-1.

Sur la Figure 3-6, nous pouvons constater que seuls quelques bâtiments avec un accès piétons plus bas que la chaussée se trouvent dans la zone à risque plus élevée de la rivière Dorgia.

Pour évaluer le niveau d'exposition des bâtiments susceptibles d'être inondés, il a fallu également vérifier la présence de fenêtres (au niveau des sous-sols partiels et totaux) ou d'ouvertures d'aération s'ouvrant au niveau de la chaussée jusqu'à 30 cm du sol.

La carte de la Figure 3-7 montre la répartition des bâtiments avec des ouvertures au niveau de la chaussée tant dans les zones à risque moyen que dans les zones à risque élevé.

Les résultats indiqués, concernant à la fois le type de construction (Figure 3-8 A) et la hauteur d'utilisation du bâtiment (Figure 3-8 B) calculée par les agents recenseurs pendant la compilation de la fiche, permettent de se faire une idée sur l'état et la qualité des bâtiments. Nous rappelons que ces évaluations ont été faites pendant les visites sur place des volontaires de la protection civile ayant adhéré au projet Sentinelles du territoire et que ces mêmes évaluations, bien qu'étant le fruit d'un vaste travail approfondi, ne fournissent qu'une indication sur l'état du bâtiment et ne sont pas officielles. Les informations disponibles, indiquées sur la Figure 3-8 A, montrent que la plupart des structures

avec des murs porteurs, se concentrent dans le quartier de la ville à proximité du Canal Lagora, tandis que dans le quartier proche des rivières Cappelletto et Dorgia, le type de construction des bâtiments est plus hétérogène, avec des pourcentages similaires tant pour le béton armé que pour les murs porteurs. L'analyse des informations sur la hauteur d'utilisation des bâtiments (Figure 3-8 B) fournit une information importante : ces bâtiments sont utilisés pour la plupart, soit plus de 65%, alors que seul 4% d'entre eux sont à l'abandon ou en cours de restauration ou inutilisés. Cette information peut être utilisée pour connaître indirectement le niveau d'entretien des structures exposées aux risques d'inondation, si l'on considère que plus de 65% sont en bon état tandis que les autres sont en mauvais état d'entretien ou dégradés (voire même pour certains laissés totalement à l'abandon).

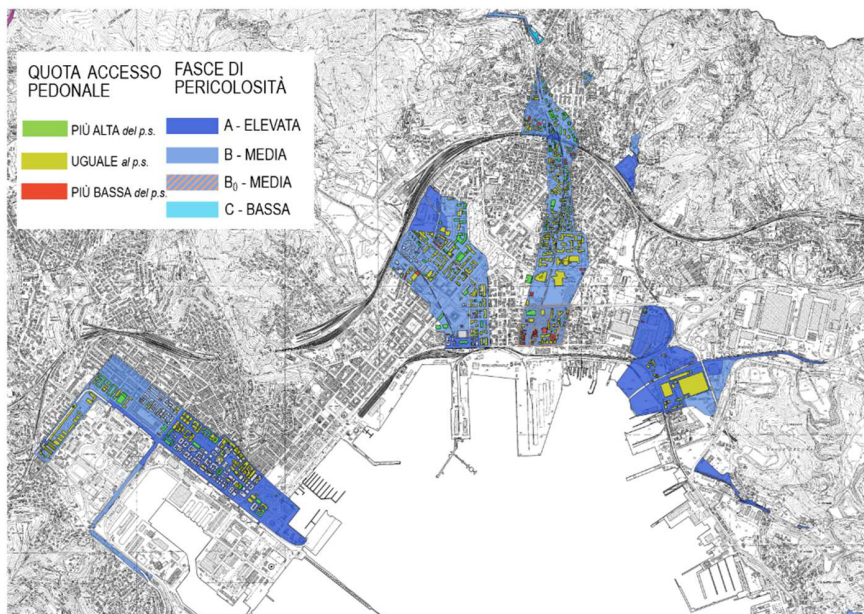


FIGURE 3-6 REPARTITION DES BATIMENTS SE TROUVANT DANS LES ZONES A RISQUE MOYEN (BLEU CLAIR) ET ELEVE (BLEU FONCE) AVEC UN ACCES PIETON A HAUTEUR DE LA CHAUSSEE. POUR LA DENOMINATION DES COURS D'EAUX, SE REPORTERA LA FIGURE 3-1.

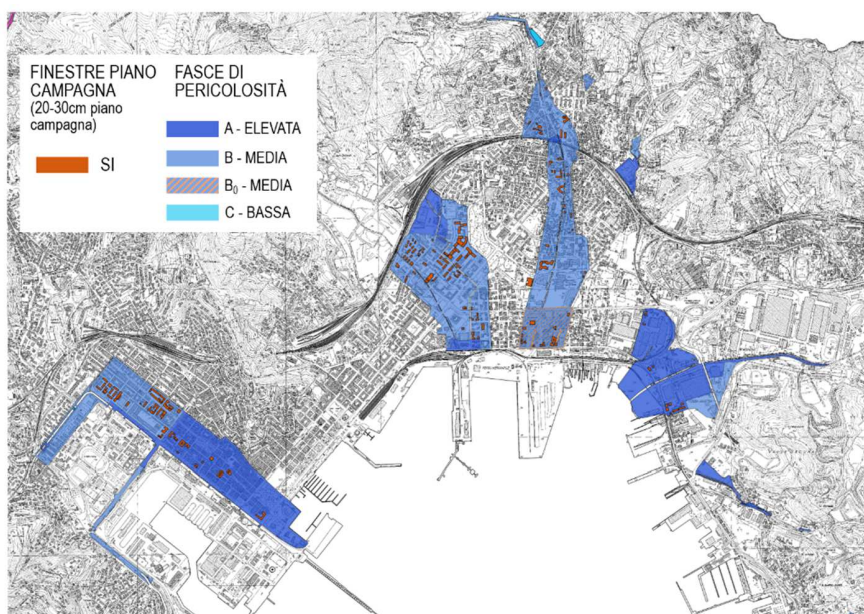


FIGURE 3-7 REPARTITION DES BATIMENTS SE TROUVANT DANS LES ZONES A RISQUE MOYEN (BLEU CLAIR) ET ELEVE (BLEU FONCE) AVEC LA PRESENCE D'OUVERTURES ET/OU FENETRES AU NIVEAU DE LA CHAUSSEE. POUR LA DENOMINATION DES COURS D'EAUX, SE REPORTER A LA FIGURE 3-1.

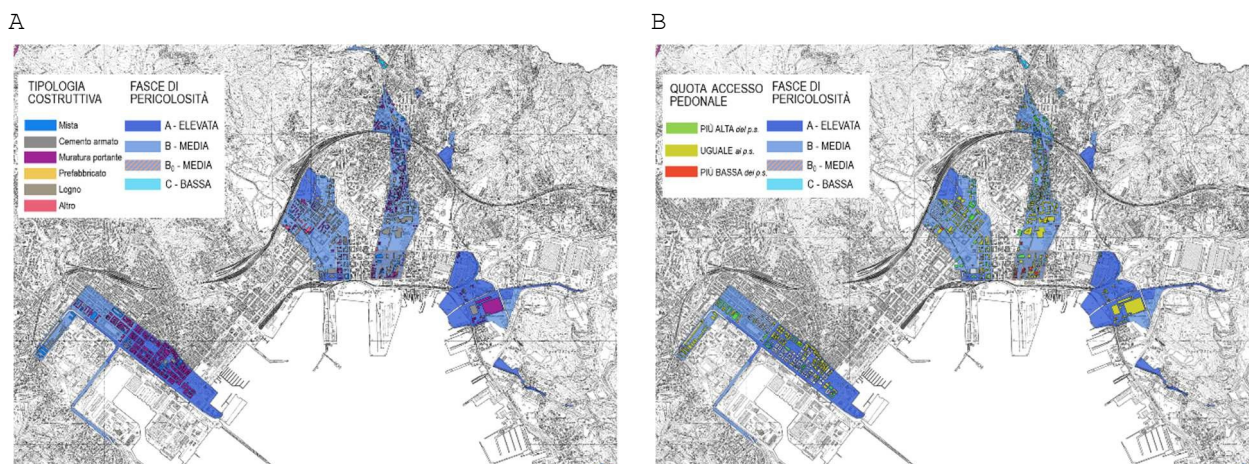


FIGURE 3-8 REPARTITION DES BATIMENTS SE TROUVANT DANS LES ZONES A RISQUE MOYEN (BLEU CLAIR) ET ELEVE (BLEU FONCE) POUR LESQUELS NOUS CONNAISSONS LE TYPE DE CONSTRUCTION DES BATIMENTS (8A) ET LE TAUX D'UTILISATION DES BATIMENTS (8B). POUR LA DENOMINATION DES COURS D'EAUX, SE REPORTER A LA FIGURE 3-1.

Toutes ces informations collectées et organisées dans le cadre du projet "Sentinelles du Territoire" pourront être utilisées pour analyser plus en détails le risque et la vulnérabilité et compléter ainsi les informations déjà disponibles et approuvées par le DCM n. 28 du 26.10.2016, contenues dans le Plan de Gestion des risques d'inondation du district hydrographique des Apennins Septentrionaux (UoM Ligurie).

3.2 Population résidant dans les zones à risque d'inondation PAI

Pour évaluer la partie de la population de la ville de La Spezia soumise aux risques d'inondation, différents types d'informations ont été analysés concernant le territoire de la ville, parmi toutes les informations fournies soit directement par l'administration municipale soit par le projet Corine Land Cover (<http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/download-mais/corine-land-cover>).

Pour l'ensemble du territoire municipal, nous connaissons le nombre de résidents par numéro de rue (Figure 3-9) y compris le nombre de personnes handicapées éventuellement présentes. Ces informations ont été fournies par l'administration municipale comme information ponctuelle sous format vectoriel et ont été utilisées pour calculer le nombre de personnes résidentes (N.R) et la densité au km² (D) par zone à risque élevé et moyen des PAI indiqués sur le Tableau 3-4. Le tableau indique également le nombre de résidents (mis à jour à 2018) porteurs de handicaps et représentant la population la plus vulnérable. Les zones à risques d'inondation des PAI avec les densités de population les plus élevées sont celles de Lagora et Cappelletto.

Les densités ont été calculées en divisant le nombre d'habitants par la superficie du polygone correspondant à la zone à risque moyen (et comprenant également la partie de territoire à risque élevé).

Pour obtenir une information sur la répartition dans l'espace de la densité de population au km² à partir des informations ponctuelles disponibles par numéro de rue, une fonction de densité a été élaborée en appliquant un rayon d'environ 500 mètres. La carte raster obtenue est indiquée sur la Figure 3-10 avec en foncé les zones avec une densité de résidents plus élevée.

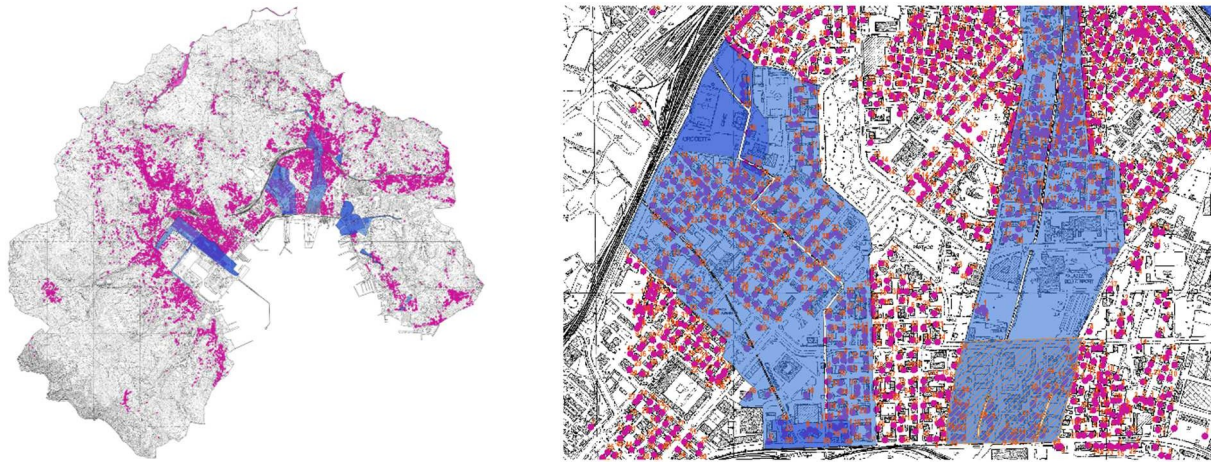


FIGURE 3-9 REPARTITION DU NOMBRE DE RESIDENTS (POINT FUCHSIA) PAR NUMERO DE RUE (A) POUR L'ENSEMBLE DU TERRITOIRE MUNICIPAL (B) AGRANDISSEMENT POUR LES ZONES DE LA DORGIA ET DU CAPPELLETTO, EN ORANGE LE NOMBRE DE RESIDENTS. POUR LA DENOMINATION DES COURS D'EAUX, SE REPORTER A LA FIGURE 3-1.

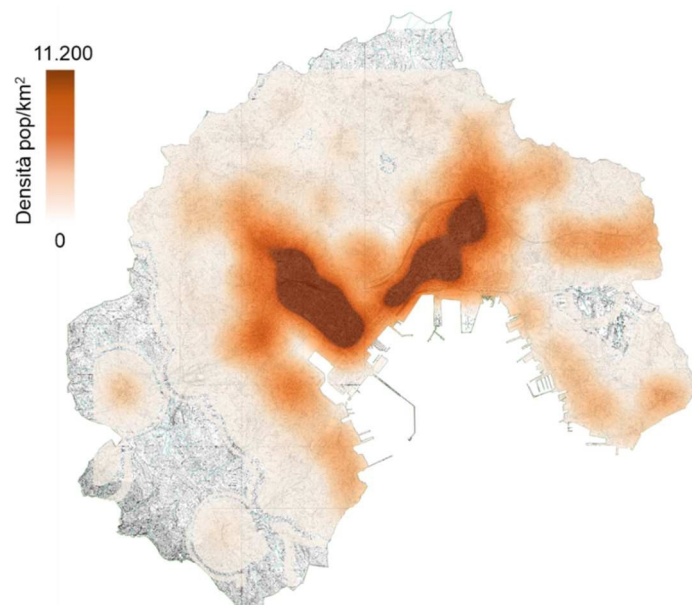


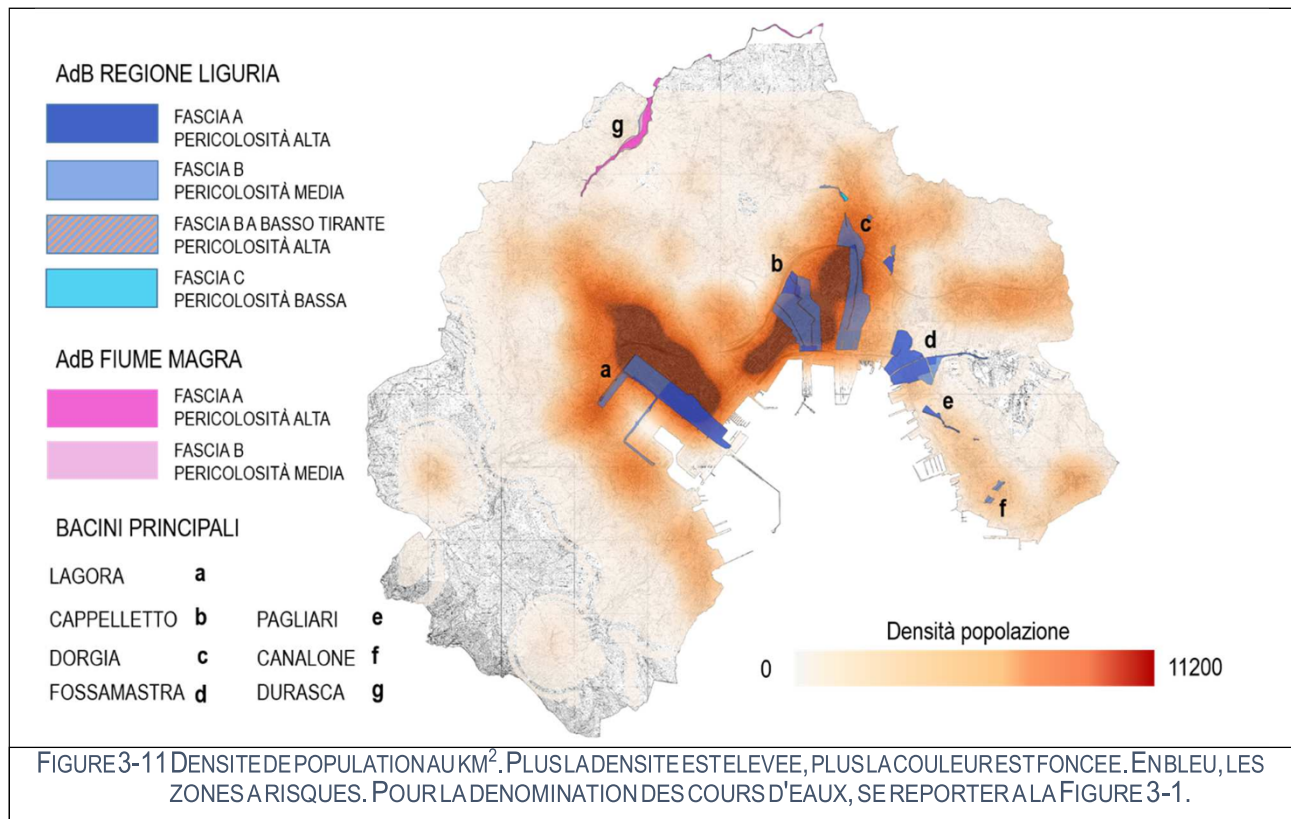
FIGURE 3-10 DENSITE DE POPULATION AU KM². PLUS LA DENSITE EST ELEVEE, PLUS LA COULEUR EST FONCEE.

TABEAU 3-4. NOMBRE DE RESIDENTS ET DENSITE AU KM² PAR ZONE A RISQUES D'INONDATION. POUR LA DENOMINATION DES COURS D'EAU, SE REPORTER A LA FIGURE 3-1.

	Lagora		Cappelletto		Dorgia		Fossamastra		Pagliari		Canalone	
	N. R	D	N. R	D	N. R	D	N. R	D	N. R	D	N. R	D
Population	7334	13486	5775	13160	3384	6992	279	849	6	260	93	4895
Personnes handicapées	154		146		62		1				2	

Les zones avec la plus haute concentration de population sont bien visibles et se trouvent dans le centre-ville (en orange foncé) ; par ailleurs, plus nous nous éloignons de ces zones, plus les valeurs de densité diminuent de façon assez uniforme. En superposant les cartes des zones à risque PAI avec la densité de population (Figure 3-11), il est facile de constater que les zones à risque se trouvent dans les quartiers de la ville où la densité de population est plus importante. La figure permet également de constater que les zones plus claires, même si elles ne se trouvent pas dans le périmètre des zones à risques

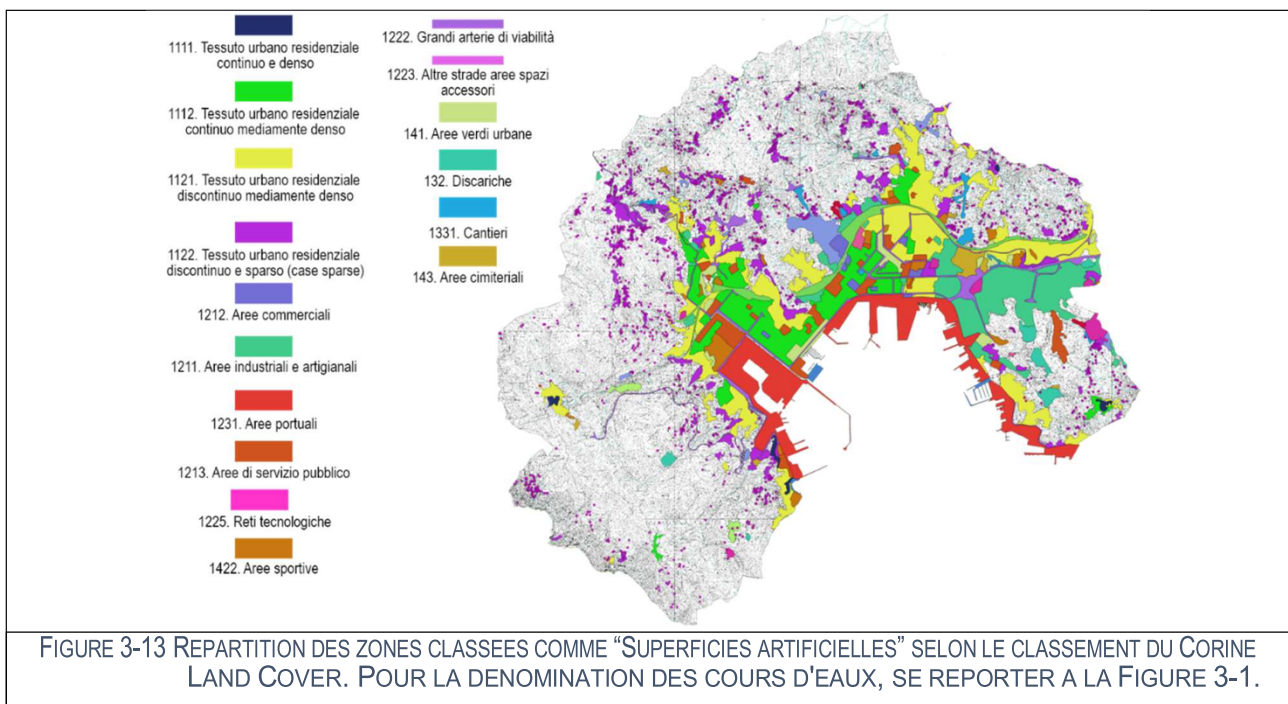
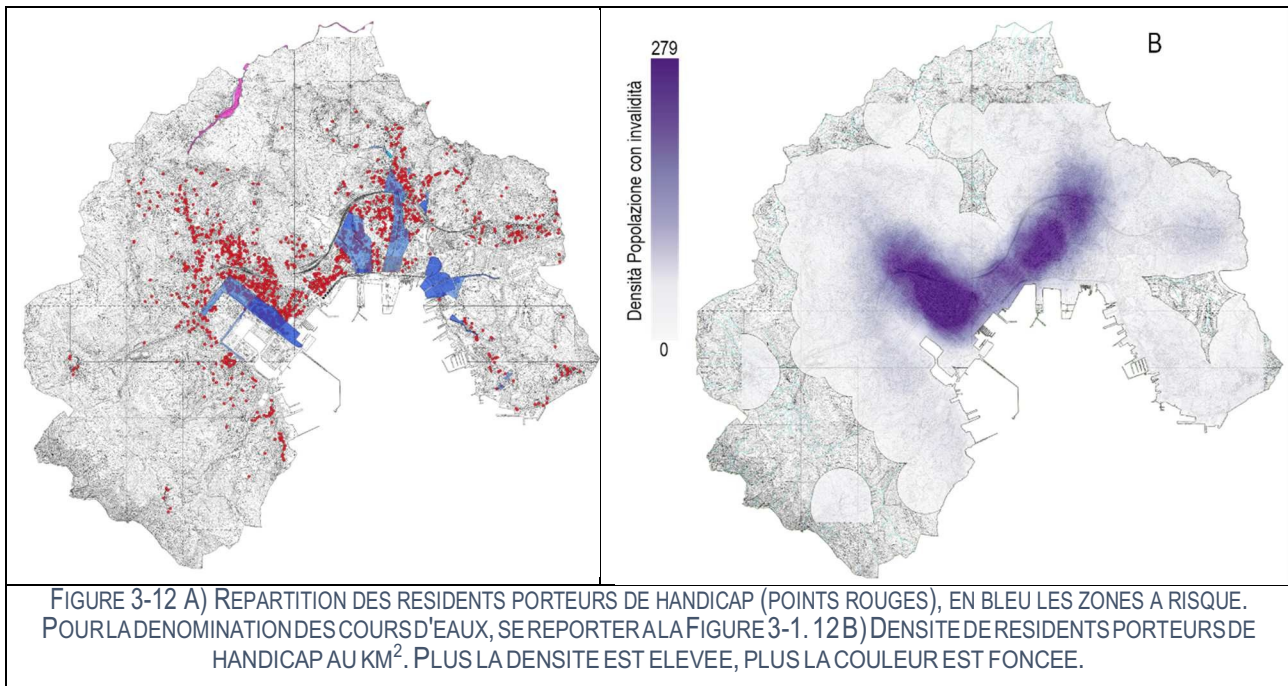
d'inondation, représentent une valeur de densité de population non négligeable, et leur diffusion nous montre que le contexte rural est largement habité.



Sur la base du nombre des résidents en situation de handicap par numéro de rue (Figure 3-12 A), une fonction de densité sur l'ensemble du territoire municipal a été élaborée, similaire à celle pour l'ensemble de la population, en appliquant un rayon de recherche de 500 mètres. La carte raster obtenue est indiquée sur la Figure 3-12 B, avec en foncé les zones avec une densité de personnes handicapées plus élevée. Le rapprochement entre la densité élaborée pour la population en situation de handicap et celle élaborée pour l'ensemble de la population montre que les deux densités sont très similaires : dans la partie de la ville avec une densité de population plus élevée se trouve également une plus forte concentration de personnes handicapées. En cas d'urgence, en présence de nombreuses personnes concentrées dans des petites zones, les opérations d'évacuation ou de secours pourraient être plus difficiles ce qui augmenterait la vulnérabilité, déjà très élevée, des personnes handicapées.

Pour mieux définir les zones hors du centre-ville, les données du projet Corine Land Cover 2015, classifiant l'ensemble du territoire national sur la base de la couverture et de l'utilisation du sol, ont été analysées. Une première analyse a été menée en extrapolant les données d'utilisation du sol pour l'ensemble du territoire municipal, afin d'évaluer les zones de la ville appartenant à la macro-catégorie des "superficies artificielles", une catégorie qui à son tour est subdivisée en sous-catégories comme pour les zones résidentielles, commerciales ou industrielles, pour ne citer que les plus répandues.

La carte de la Figure 3-13 montre pour l'ensemble du territoire municipal, la répartition des zones anthropisées et comment les zones classées comme urbanisées résidentielles, que ce soit en urbanisation continue que discontinue (respectivement en vert et en jaune sur la figure), se concentrent au sud de la ville correspondant à la zone urbaine. Les points violets représentent les maisons éparpillées, largement réparties sur l'ensemble du territoire municipal, ce qui démontre que le territoire est en grande partie habité.



Les zones du canal Lagora et du Cappelletto sont classées comme tissu urbain résidentiel continu à densité moyenne (en vert sur la figure), la zone de la rivière Dorgia est essentiellement représentée par des zones classées comme tissu urbain résidentiel discontinu à densité moyenne (en jaune sur la figure) et la zone plus à est, qui correspond au quartier de Fossamastra, coïncide avec la catégorie des zones industrielles ou artisanales. Le

Tableau 3-5 montre : (i) la description de la zone, (ii) le code de classement, (iii) l'étendue au km² et (iv) la densité de population respective calculée pour chaque zone du Corine classée dans la macrozone "Superficies artificielles".

TABLEAU 3-5. DONNEES DE POPULATION ET DENSITE CALCULEES POUR LES CATEGORIES DE LEGENDE DU CORINE LAND COVER A L'INTERIEUR DE LA MACROZONE "SUPERFICIES ARTIFICIELLES".

Code	Description	Population résidente	Zone Km ²	Densité pp/Km ²
1111	Tissu urbain résidentiel continu et dense	1286	8,79	146,4
1112	Tissu urbain résidentiel continu à densité moyenne	44861	771,45	58,2
1121	Tissu résidentiel discontinu à densité moyenne	37671	1060,92	35,5
1122	Tissu résidentiel discontinu et éparpillé (maisons éparpillées)	6194	38,06	162,8
1211	Zones industrielles ou artisanales	1275	35,96	35,5
1212	Zones commerciales	185	0,19	968,0
1213	Zones occupées par de grandes installations de services publics, militaires et privés	908	2,56	355,1
1222	Voies rapides, grandes artères de viabilité et espaces accessoires	271	6,41	42,2
1223	Autres routes du réseau de viabilité extra-urbaine et espaces accessoires	58	0,18	320,2
1224	Réseaux ferroviaires et espaces accessoires	86	3,19	27,0
1225	Réseaux technologiques et aires de service	26	0,08	344,2
1231	Zones portuaires commerciales et militaires et pour la pêche	63	3,43	18,3
132	Décharges	5	0,07	71,1
1331	Chantiers, espaces en cours de construction et zones d'excavation	63	0,13	496,6
141	Espaces verts urbains	44	0,33	132,7
1421	Campings et structures touristiques-réceptives	8	0,01	1328,8
1422	Zones sportives	55	0,68	81,3
143	Cimetières	1	0,01	112,3

3.3 Modélisation

Pour avoir un cadre complet et synoptique des zones du territoire municipal susceptibles d'être frappées par des inondations, deux modèles statistiques ont été élaborés sur la base des données territoriales compétentes : un pour identifier les zones inondables **Flood-SHE** (*Flood statistical hazard Estimation*) (Marchesini et al., 2016) et l'autre pour identifier les parties de territoire susceptibles d'être frappées par des coulées de débris en utilisant le logiciel "**r.randomwalk**" (Mergili et al., 2015).

Étant donné que les coulées de débris sont des événements de réponse très rapide aux sollicitations météorologiques, il est fort probable, si l'on considère l'augmentation possible de la fréquence des pluies intenses, que ces événements augmentent dans la région de microclimat 1 (PNACC 2017) à l'intérieur de laquelle se trouve le territoire municipal. C'est la raison pour laquelle il a été décidé de considérer l'ensemble du territoire municipal comme une zone non seulement à risques d'inondation mais également à risque de coulées de débris. Au début, la modélisation des coulées de débris a été développée pour les zones de versant du territoire municipal dans le cadre du projet "Sentinelles du Territoire" pour être ensuite étendue à l'ensemble du territoire municipal. Pour avoir un zonage spatial cohérent et comparable comme Unité Cartographique de Référence (UCR), le pixel sélectionné a une résolution de 5m x 5m et correspond à celle du DEM actuellement disponible pour la zone concernée. Toutes les données saisies des différents modèles de type *raster* ont été calculées et/ou rééchantillonnées à la même résolution et sur la même région (domaine spatial) d'analyse.

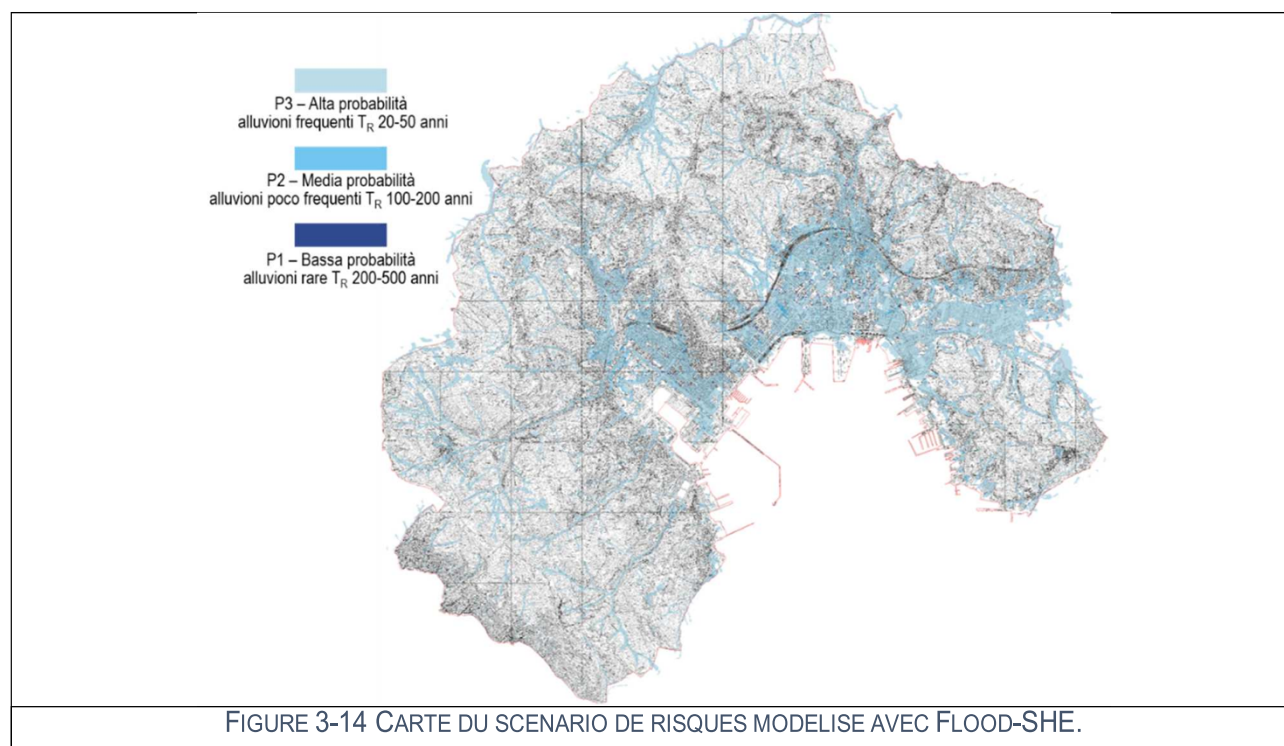
Les résultats des modèles élaborés pour le territoire de La Spezia sont à considérer comme intégrant les zonages des risques d'inondation élaborés dans le cadre du décret-loi 49/2010 Directive Inondations, afin d'obtenir une analyse élaborée à l'échelle municipale, détaillée et complète.

3.3.1 Flood-SHE

La procédure statistique élaborée pour le projet avait pour but de définir des Cartes des scénarios de risques modélisés (MSPM) pour l'ensemble du territoire municipal. L'objectif de ce travail était de délimiter les zones inondables en fonction des différents temps de retour sur l'ensemble du territoire municipal et sur toutes les zones fluviales en utilisant la méthode de type statistique géomorphologique qui se base sur l'utilisation en entrée des cartes institutionnelles de risques, à savoir les zones à risque élaborées dans le cadre des PAI.

En particulier, la méthode statistique développée par le CNR IRPI utilise les modèles de type «*machine-learning*» pour classer le territoire (inondable/non inondable) en se basant sur l'utilisation de variables morphométriques provenant des MNE (dans ce cas avec une résolution spatiale de MNE 5 m) identifiées dans la littérature (Degiorgis et al., 2012). Les cartographies des deux thématiques, à savoir la distance hydrologique du lit de fleuve le plus proche (L) et la différence d'altitude par rapport au lit de fleuve le plus proche (H), ont été élaborées puis utilisées comme variables indépendantes. La première étape fut le tracé du réseau fluvial à partir du modèle numérique du terrain. La procédure utilisée pour déterminer le réseau hydrographique se base sur l'analyse des valeurs d'accumulation, c'est-à-dire du nombre de cellules se trouvant hydrologiquement en amont de chaque cellule, à l'intérieur des zones inondables des cartes institutionnelles des risques. Une fois le réseau fluvial obtenu, il a fallu choisir la technique statistique la plus appropriée parmi toutes celles disponibles. La modélisation des données disponibles s'est faite avec la technique de la régression logistique, un modèle linéaire généralisé particulièrement utile en présence d'une variable dépendante de type binaire. Dans les modèles statistiques se basant sur la régression logistique, les variables dépendantes sont de type dichotomiques (1.0). Dans le cas qui nous intéresse, les variables dépendantes ont été obtenues à partir des cartographies des zones inondables des scénarios institutionnels de risques d'inondation (MSPI) élaborées aux termes du décret-loi 49/2010. Sur chacune de ces cartes, le chiffre 1 a été attribué à tous les secteurs se trouvant à l'intérieur des zones inondables et le chiffre 0 à tous les secteurs hors de ces zones. L'approche utilisée dans le cadre de ce travail a été de limiter l'étalonnage et la validation des modèles statistiques uniquement à quelques parties spécifiques du territoire. Les modèles de régression logistique ont été calibrés, validés et appliqués en saisissant les variables dépendantes et indépendantes de type géomorphométrique précédemment décrites et sur la base de considérations géomorphologiques. Outre les deux variables distance hydrologique du fleuve (L) et altitude hydrologique du fleuve (H), ont été testés : l'altitude hydrologique de l'embouchure (Hd), la déclivité (S), le classement du bassin sur la base du classement de l'ordre du réseau fluvial proposé par Shrevees (O) et la rugosité (vector roughness) (R). Toutes les combinaisons possibles de ces variables ont été utilisées pour la modélisation des MSPM. L'analyse des résultats des performances des modèles a démontré que la combinaison optimale de variables indépendantes est : distance hydrologique du fleuve (L) et altitude hydrologique du fleuve (H). 3 modèles ont été ainsi calibrés sur la base de cette combinaison, qui utilisent, comme variables dépendantes, les zones inondables définies par le scénario institutionnel de risque avec temps de retour (T_R) de 30-50 ans (probabilité élevée), 100-200 ans (probabilité moyenne) et plus de 200 ans (probabilité réduite). Chaque modèle a restitué en étalonnage, une carte indiquant pour chaque cellule, une valeur comprise entre 0 et 1 exprimant la probabilité que cette cellule soit plus ou moins inondable dans ce laps de temps de retour donné. Chaque carte obtenue par chaque modèle pour les trois temps de retour différents a été classée en utilisant un seuil de probabilité pour obtenir des cartes binaires des zones inondables (valeur 1) et non inondables (valeur 0). La procédure statistique élaborée a permis d'identifier des zones inondables également dans les zones fluviales et des bassins secondaires qui ne sont pas visés par des études spécifiques des Plan pour l'aménagement de conservation des eaux et des sols du territoire (PAI) et des périmètres des risques d'inondation élaborées aux termes du décret-loi 49/2010 constituant le scénario institutionnel de risques (MSPI). La figure indique la carte regroupant les trois scénarios

(probabilité élevée, moyenne et faible) modélisés avec *Flood-SHE*. La carte montre une situation très vaste de risques par temps de retour (T_R) entre 20 et 50 ans.



Pour évaluer les risques, il est nécessaire de produire une cartographie des charges hydrauliques attendues pour chaque MSPM qui identifie et quantifie la magnitude de l'évènement attendu, une information nécessaire pour l'analyse quantitative de la dangerosité. Une procédure spécifique de caractère purement géométrique a été définie à telle fin. Les limites les plus extérieures des zones inondables ont tout d'abord été définies sur la base des cartes des scénarios de dangerosité modélisés (MSPM), avec pour chacune des cellules 'acquisition d'une valeur d'élévation du MNE. Perpendiculairement aux limites et à partir de chacune de leur cellules, une ligne droite a été tracée vers le centre du lit en associant pour chaque ligne droite la valeur d'élévation du MNE de la cellule de départ. Pour chaque cellule la charge hydraulique a été calculée en soustrayant la valeur du MNE à la valeur absolue de la surface libre. Cette procédure purement géométrique a été répétée sur l'ensemble de la superficie du lit du fleuve de façon à simuler la valeur absolue de la surface libre de l'eau pour les trois différents scénarios de dangerosité. Les résultats ont été considérés comme acceptables puisque le MNE à partir duquel ont été prises les mesures, a une résolution de 5 mm et n'est pas continu. Pour pouvoir calculer les hauteurs de la charge hydraulique, il serait nécessaire d'avoir un modèle numérique du terrain continu et avec une résolution plus élevée, au moins 2 mètres. Avec une base de données appropriée, il serait possible d'élaborer les cartes des charges hydrauliques pour les trois scénarios (correspondants aux trois temps de retour) en recoupant les valeurs de la charge avec la répartition des bâtiments sur le territoire pour en analyser le niveau de détérioration attendue après des inondations.

3.3.2 r.randomwalk

Pour simuler les coulées de débris, il a été décidé d'utiliser une approche basée sur les modèles conceptuels. En effet, vu (i) la base de données topographiques disponible, (ii) l'absence d'informations géotechniques détaillées et (iii) le nombre réduit de cartographies de coulées de débris, il n'a pas été possible d'appliquer d'autres approches de type physique. Contrairement à ces dernières, les modèles conceptuels ne représentent pas dans le détail des phénomènes et des

processus physiques des coulées de débris, mais décrivent des comportements des coulées sur la base de relations empiriques simplifiées. Il est recommandé d'utiliser des modèles plus complexes, basés sur des principes physiques ou des mesures sur le terrain, si l'on dispose d'informations sur les caractéristiques mécaniques et physiques des matériaux impliqués, sur leurs temps de retour et sur les événements historiques à utiliser pour l'étalonnage et la validation des simulations.

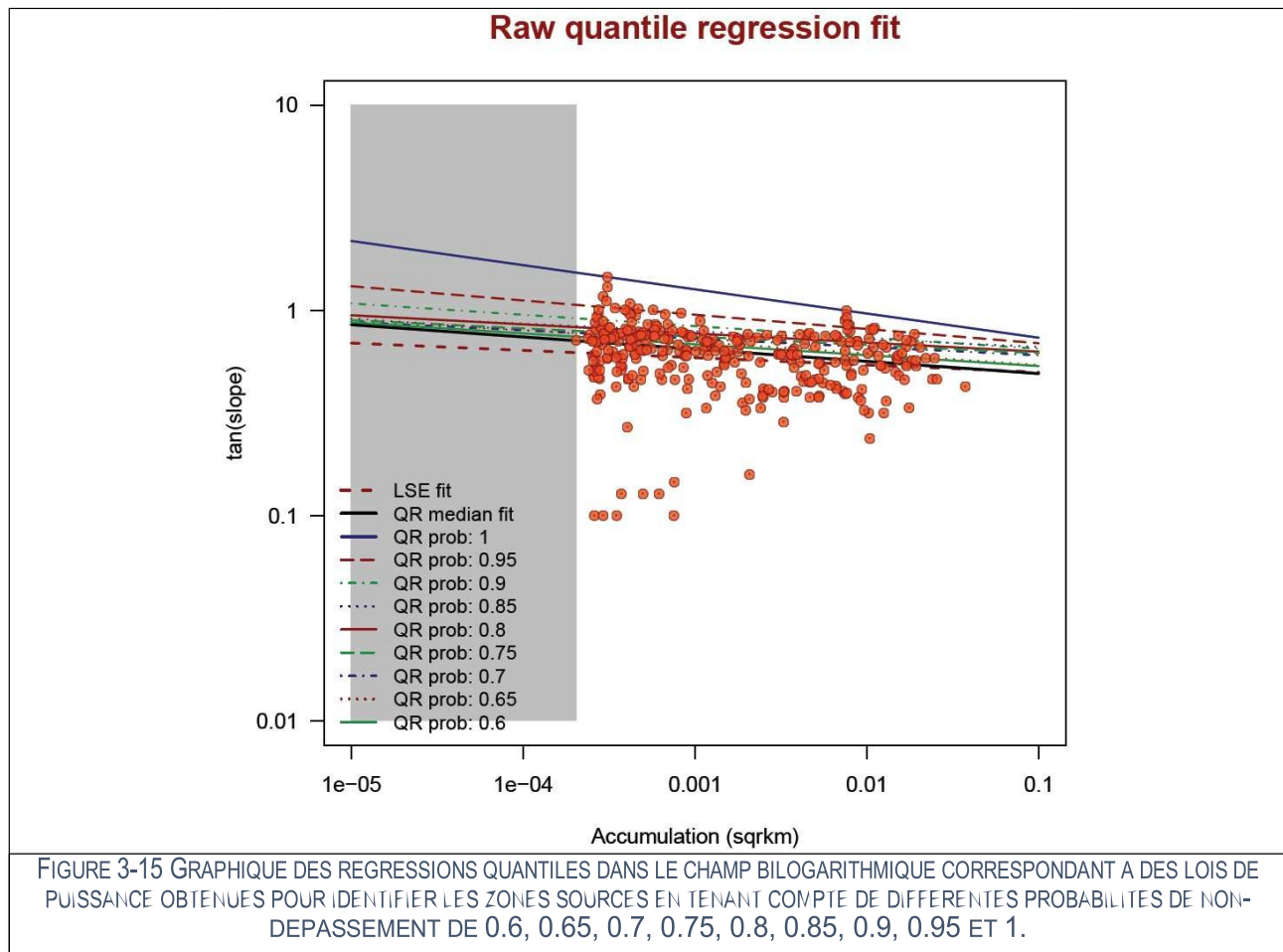
Le modèle "r.randomwalk" (Mergili et al., 2015) a donc été utilisé pour les simulations. Le modèle conceptuel "r.randomwalk" est un logiciel servant à analyser la propagation des mouvements de masse de type 'coulée' développé comme module en environnement GRASS GIS. Le modèle adopte une approche de type Monte Carlo pour simuler les trajectoires des coulées de débris à partir de sources connues (prédéfinies) pouvant être ponctuelles ou aréales. Les trajectoires des coulées sont modélisées en évitant que le flux se concentre sur des tracés linéaires, ce qui n'est pas réaliste pour des coulées de débris, et sont conditionnés par la déclivité locale du terrain et par des règles qui forcent la persistance de la direction du flux. "r.randomwalk" est en mesure de travailler "en parallèle" en simulant un grand nombre de "random walk" ("trajectoires aléatoires", chacun représentant une seule trajectoire) à partir de chaque zone source. Chaque 'trajectoire aléatoire' simulée par le modèle suit un tracé conditionné par la topographie locale (représentée par le MNE). La trajectoire - et la coulée - s'arrête lorsque une "condition d'arrêt" prédéfinie est remplie. Plusieurs "conditions d'arrêt" peuvent être utilisées et se basent pour la plupart sur des relations empiriques définies dans la littérature. L'une des conditions les plus utilisées est celle qui se base sur le rapport H/L (dénivelé/distance parcourue). Il est également possible d'utiliser des relations se basant sur le volume des débris ou sur la vitesse du flux. "r.randomwalk" est en mesure de produire plusieurs sortes de cartographies. La carte de la "fréquence d'impact" ("impact frequency") a été utilisée pour cette étude : elle indique le nombre total de 'trajectoires aléatoires' (chacune correspondant à une différente coulée simulée) qui a traversé chaque "cellule" prise en compte par le modèle.

Le modèle "r.randomwalk" permet de calibrer les valeurs possibles de l'angle d'arrêt à utiliser pour la modélisation suivante. Il a notamment été possible de comparer les résultats du modèle avec les cartographies des zones de dépôts de phénomènes connus dans la zone étudiée. Il est ainsi possible d'obtenir des informations sur la répartition statistique des valeurs minimales du rapport H/L calculées pour chaque 'trajectoire aléatoire' à l'intérieur de la zone déjà touchée par des phénomènes de coulée. Les zones sources des coulées de débris sont une information essentielle requise par "r.randomwalk". Vu le manque d'éboulements de type coulée rapide dans l'inventaire des éboulements, bien que survenus dans le passé, il a été décidé de calibrer le modèle dans la zone du bassin de la rivière Pogliaschina, celle-ci étant géographiquement la plus proche du territoire de la commune où l'on disposait d'informations détaillées sur les éboulements de type coulée survenus à la suite des pluies intenses du 25 octobre 2011 (disponibles dans la carte inventaire d'événement réalisée par le CNR IRPI). La procédure a notamment prévu de: (i) sélectionner les polygones des éboulements de type coulée rapide, (ii) définir la partie la plus élevée de chaque polygone (ont été sélectionnées les cellules du MNE dont la valeur est supérieure au 80e percentile de la répartition des valeurs d'altitude interne de chaque zone), (iii) calculer, dans ces parties plus élevées, des valeurs de déclivité et de zone drainée (accumulation) pour chacune des cellules, (iv) définir les régressions quantiles dans le domaine bi-logarithmique (comportement à loi de puissance) de type

$$\tan(\text{déclivité}) = c * \text{accumulation}^y$$

où c et y représentent respectivement le coefficient et l'exposant de la loi de puissance. Ces paramètres ont été simulés pour différentes probabilités de non-franchissement (Figure 3-15) correspondant à 0.6, 0.65, 0.7, 0.75, 0.8, 0.85, 0.9, 0.95 et 1. Les régressions visibles à l'échelle bio-logarithmique correspondant à différentes lois de puissance sont similaires à celles déjà identifiées dans la littérature et utilisées par Cavalli et al. (2015) et Cavalli and Marchi (2006)

et peuvent être définies comme des seuils topographiques de déclenchement de coulée.



Les parties de territoire où la combinaison de valeurs de déclivité et de zone concernée se situe au-dessus de ces régressions sont identifiées comme sources possibles de coulée. Les cartes des zones sources identifiées en utilisant les seuils obtenus pour les différentes probabilités de non-dépassement ont été utilisées pour les simulations avec *r.randomwalk*, ce qui a permis d'obtenir plusieurs cartes des trajectoires possibles de coulée dans la zone étudiée, exprimées par le calcul des 'trajectoires aléatoires' ayant transité par chaque 'cellule'. 10 trajectoires aléatoires générées par chaque cellule des zones source ont été utilisées pour chaque simulation. Les simulations ont été effectuées sur la base d'un intervalle de valeurs pour les angles d'arrêt possibles obtenus lors de l'étalonnage du modèle. Et notamment, en utilisant les dépôts de coulée connus et cartographiés dans la zone du bassin de la rivière Pogliaschina, des simulations ont été faites en prenant comme critère d'arrêt des valeurs H/L plus basses ; les répartitions empiriques des valeurs des angles d'arrêt ($\tan(H/L)$) ont été calculées au niveau de la limite des polygones représentant les dépôts de coulée connus. Le 90e et le 10e percentile obtenus à partir de cette répartition ont été utilisés pour définir le champ admissible des valeurs de l'angle d'arrêt dans les simulations Monte Carlo.

Les différentes cartes des trajectoires de coulée possibles (cartes des calculs des trajectoires aléatoires) obtenues en utilisant les différentes cartes de zones source, ont permis de réaliser une carte des trajectoires en utilisant la formule suivante :

$$\sum e_i \cdot c_i$$

où p_i est la probabilité de non-dépassement du seuil topographiques utilisé pour définir la $nième$ carte des zones source et c_i est la $nième$ carte de calcul obtenue en appliquant le modèle *r.randomwalk* à la $nième$ carte source. La carte du calcul des trajectoires de coulée obtenue tient compte des différents scénarios probables de source de coulée mais celles ayant le plus de poids sont celles avec des probabilités de dépassement supérieurs (dont plus plausibles). Enfin comme le montre la Figure 3-16, les valeurs du calcul des trajectoires ont été reclassifiées en 5 classes sur la base des quantiles 0.2 (classe 1: (0-0,2]), 0.4 (classe 2: (0,2-0,4]), 0.6 (classe 3: (0,4-0,6]), 0.8 (classe 4: (0,6-0,8]) et 1 (classe 5: (0,8-1]) de la répartition de la fréquence des valeurs obtenues. Une carte de classes de probabilité (susceptibilité) a donc été élaborée où chaque classe a le même nombre de "cellules" (c'est-à-dire la même extension aréale). La carte définitive (Figure 3-16) a été classifiée dans les cinq classes suivantes : Classe 1) vert foncé : susceptibilité très faible MB ; Classe 2) vert clair : susceptibilité basse B ; Classe 3) jaune : susceptibilité moyenne M ; Classe 4) orange : susceptibilité moyenne-élevée MA , Classe 5) rouge: susceptibilité élevée A.

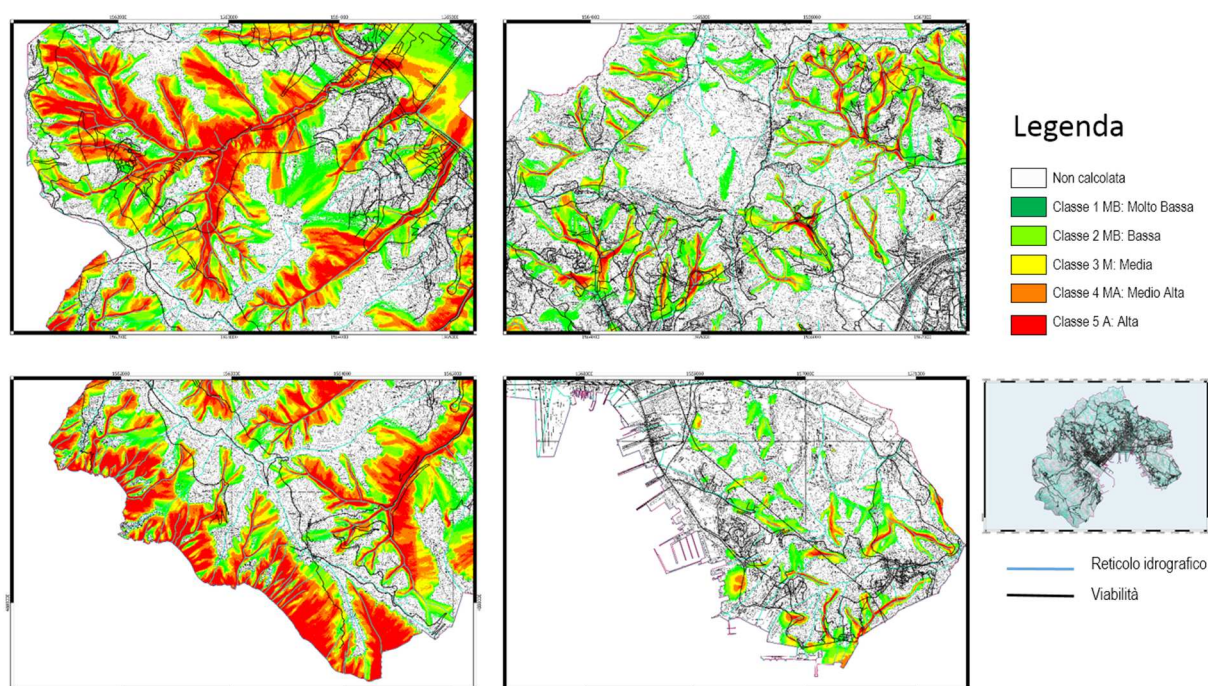


FIGURE 3-16 CARTE DE LA SUSCEPTIBILITE AUX COULEES DIVISEES EN CINQ CLASSES: CLASSE 1) VERT FONCE : SUSCEPTIBILITE TRES FAIBLE MB ; CLASSE 2) VERT CLAIR : SUSCEPTIBILITE BASSE B ; CLASSE 3) JAUNE : SUSCEPTIBILITE MOYENNE M ; CLASSE 4) ORANGE : SUSCEPTIBILITE MOYENNE-ELEVEE MA , CLASSE 5) ROUGE: SUSCEPTIBILITE ELEVEE A.

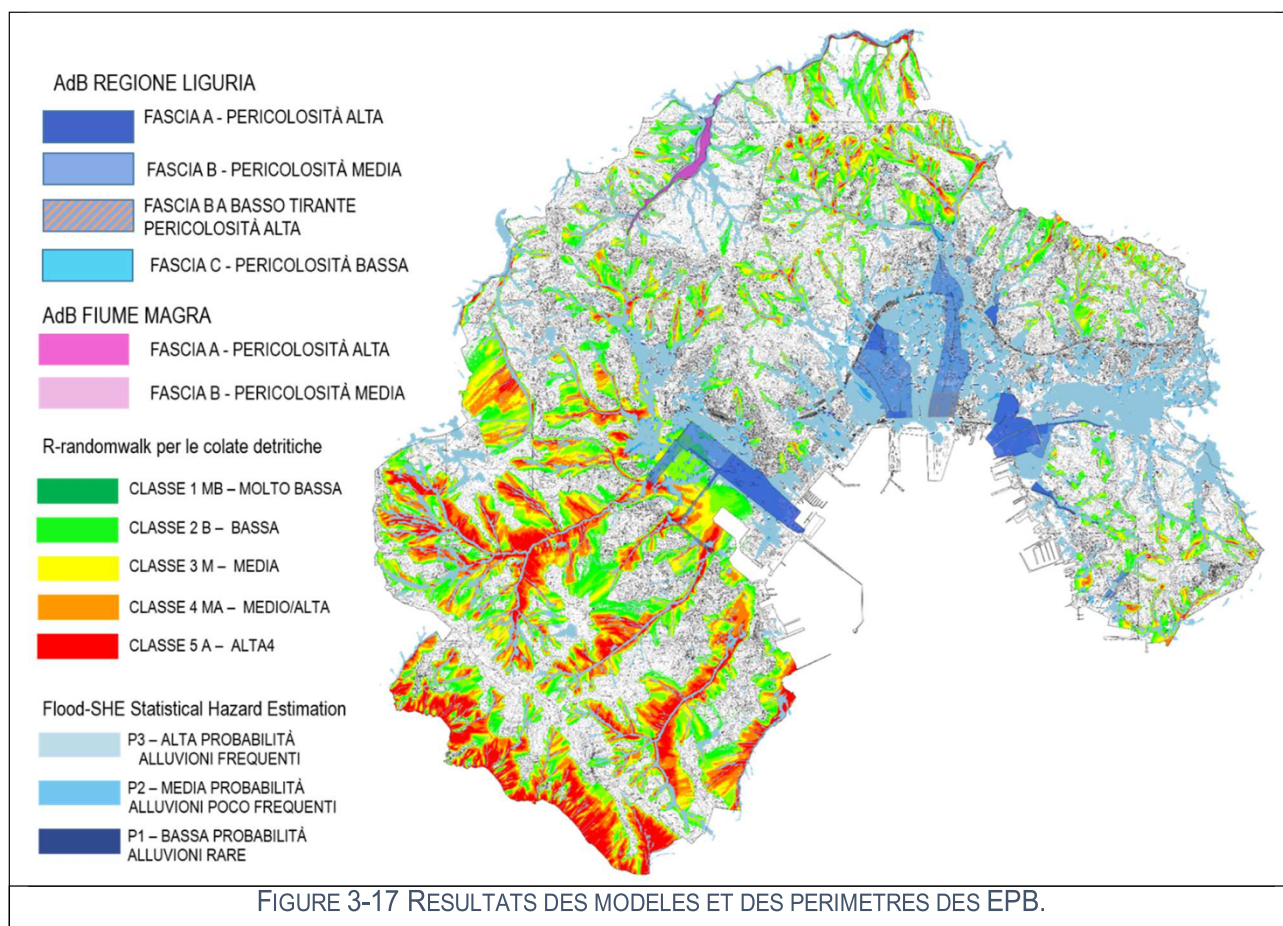
3.3.3 Bâtiments et modélisations

Pour avoir un cadre général et complet des résultats des modèles de dangerosité et de susceptibilité décrits au paragraphe précédent, les résultats ont été affichés sur une seule carte (voir Figure 3-17) avec les périmètres de la dangerosité des PAI.

Pour avoir une vue d'ensemble des éléments potentiellement exposés aux risques d'inondations et de coulées de débris, les informations sur le type et la destination d'utilisation du bâtiment ont été recoupées avec les résultats de modélisations *Flood-SHE* pour les inondations et *r.randomwalk* pour les coulées, élaborées sur l'ensemble du territoire de la ville. À chaque bâtiment a été associée la valeur de la classe de dangerosité dérivée du modèle *Flood-SHE* (0,1) et de susceptibilité dérivée du modèle *r.randomwalk* (1,2,3,4,5) correspondant.

Cela a permis d'identifier les bâtiments susceptibles d'être endommagés par des inondations et/ou des coulées de débris.

Le Tableau 3-6 indique le nombre de polygones pour chaque catégorie d'utilisation du bâtiment se trouvant dans une zone potentiellement inondable (*Flood-SHE*) et/ou dans une zone de coulée de débris potentielle (*r.randomwalk*).



TABEAU 3-6 NOMBRE DE POLYGOSES SE TROUVANT DANS DES ZONES POTENTIELLEMENT INONDABLES ET/OU DE COULEES DE DEBRIS POTENTIELLES PAR CATEGORIE D'UTILISATION DU BATIMENT. A) FLOOD-SHE, B) R.RANDOMWALK, C) LES DEUX MODELES

IDENTIFICATION BÂTIMENTS PAR GROUPE D'USAGE	N. POLYGOSES		
	A	B	C
Administratif-municipal	6	-	-
Commercial-hôtel. auberge	6	-	-
Commercial-centre commercial	8	-	-
Industriel-installation de production d'énergie - station/sous-station électrique	5	2	2
Industriel-installation de production d'énergie-centrale thermique	-	1	-
Industriel-établissement industriel	473	103	66
Industriel-station de télécommunication	1	-	-
Lieu de culte	43	13	8
Indéfinissable	9	7	2
Résidentiel-habitation	4051	1453	809
Récréatif-activités culturelles-cinéma	6	-	-
Récréatif-activités culturelles-musée	3	-	-
Récréatif-activités sportives-salle de sport	7	3	2

Services de transport ferroviaire-gare passagers voie ferrée	8	-	-
Services de transport ferroviaire-dépôt ferroviaire pour wagons, entreposage locomotives	4	-	-
Services de transport ferroviaire-gare de marchandises	3	-	-
Services de transport routier-station-service autoroutière	1	-	--
Service public-ASL - hôpital	13	1	1
Service public-commissariat de police	11	10	7
Service public-bureau postes et télégraphe	11	6	-
Service public-école, université, laboratoire de recherche	102	30	21
Service public-tribunal	2	-	-

3.4 Catégories de dommage pour les bâtiments exposés

Conformément aux orientations du MATTM (Ministère de l'Environnement et de la Protection du Territoire et de la Mer), selon le PGRI, la classification des dommages attendus peut être schématisée comme suit :

D4 Dommage potentiel très élevé : zones présentant un risque de pertes de vies humaines, de graves détériorations aux biens économiques, naturels, historiques et culturels importants, de graves désastres écologiques-environnementaux ;

D3 Dommage potentiel élevé : zones problématiques pour la sécurité des personnes et la fonctionnalité du système économique, zones traversées par des lignes de communication et par des services présentant un certain intérêt, sièges d'importantes activités de production ;

D2 Dommage potentiel moyen : zones présentant un risque de conséquences limitées sur les personnes et sur le tissu socio-économique ; Zones avec des infrastructures secondaires et des activités de production mineure, destinées essentiellement aux activités agricoles et aux espaces verts publics ;

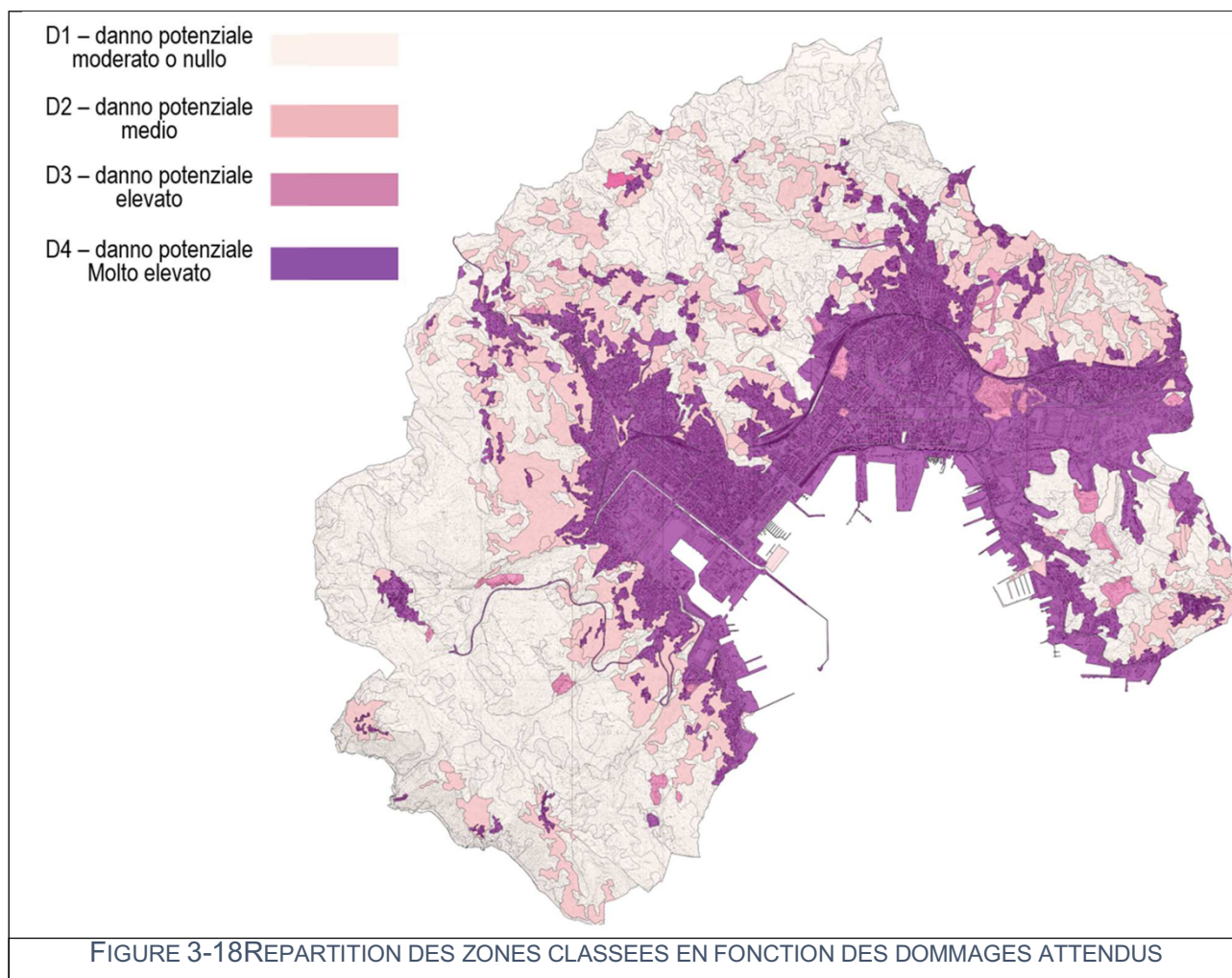
D1 Dommage potentiel modéré ou nul : sont incluses dans cette catégorie, les zones sans aucune infrastructures urbaines ou productives avec la possibilité d'un libre écoulement des eaux.

Plus spécifiquement, par rapport aux décisions prises au cours des comités techniques institués par les Autorités nationales de bassin chargées de la coordination, une matrice a été définie reliant les différents types d'éléments à risque (exposés) et les dommages attendus, en fonction de leurs caractéristiques générales, toujours sur la base du principe que leur vulnérabilité est uniforme. Le tableau contenant les spécifications de cette association se trouve ci-dessous (Tableau 3-7). La Figure 3-18 indique pour l'ensemble du territoire de la commune, la répartition des zones classées en fonction des dommages attendus.

TABLEAU 3-7 NOMBRE DE POLYGONES PAR CLASSE DE DOMMAGE EN FONCTION DE LA CATEGORIE D'UTILISATION DU SOL. EN ROUGE, LE NOMBRE DE BATIMENTS AVEC UNE CLASSE DE DOMMAGE 4 MAIS QUI SE TROUVENT DANS LA ZONE AVEC LA CLASSE LA PLUS BASSE.

Code	Description anthropique	dommage	Classe de Nombre de polygones
1111	Tissu urbain résidentiel continu et dense	D4	427
1112	Tissu urbain résidentiel continu à densité moyenne	D4	2477
1121	Tissu résidentiel discontinu à densité moyenne	D4	5135
1122	Tissu résidentiel discontinu et éparpillé (maisons éparpillées)	D4	1759
1211	Zones industrielles ou artisanales	D4	734
1212	Zones commerciales	D4	35
1213	Zones occupées par de grandes installations de services publics, militaires et privés	D4	418

1222	Voies rapides, grandes artères de viabilité et espaces accessoires	D4	19
1223	Autres routes du réseau de viabilité extra-urbaine et espaces accessoires	D4	20
1224	Réseaux ferroviaires et espaces accessoires	D4	53
1225	Réseaux technologiques et aires de service	D4	26
1231	Zones portuaires commerciales et militaires et pour la pêche	D4	515
141	Espaces verts urbains	D4	35
1421	Campings et structures touristiques-réceptives	D4	7
1422	Zones sportives	D4	49
124	Aéroports	D4	–
132	Décharges	D3	11
1331	Chantiers, espaces en cours de construction et zones d'excavation	D3	7
1332	Sols remaniés et artefacts	D1	4
143	Cimetières	D3	31
131	Zones avec activités extractives	D3	4
1232	Zones portuaires utilisées essentiellement pour la plaisance	D2	11
134	Terrains inutilisés et/ou abandonnés dans les zones urbaines	D1	–
Code	Description terrains boisés	Classe de dommage	Nombre de polygones
323	Zones à végétation sclérophylle	D1	19
3111	Forêt sclérophylle	D1	6
322	Bruyères et buissons	D1	1
3117	Forêt hygrophile	D1	–
313	Forêts mixtes	D1	21
324	Zones à végétation boisée et arbustive en évolution	D1	46
332	Roches nues, falaises, parois rocheuses, affleurements	D1	1
3113	Forêts mixtes mésophiles	D1	8
3115	Forêt essentiellement de châtaigniers	D1	16
3112	Forêt mixte thermophile	D1	36
333	Zones à végétation clairsemée	D1	–
312	Forêts de conifères	D1	21
Code	Description surfaces agricoles	Classe de dommage	Nombre de polygones
2231	Oliviers abandonnés	D2	25
242	Systèmes de cultures et parcellaires complexes	D2	116
223	Oliviers	D2	778
231	Prairies permanentes	D1	14
2211	Vignes et oliviers ;	D2	271
221	Vignes;	D2	71
2212	Vignes et/ou autres types de cultures permanentes (non oliviers) abandonnées	D2	4
211	Terres labourables dans des zones non irriguées	D2	1
243	Cultures agricoles prédominantes avec la présence d'espaces naturels	D2	84
2122	Pépinières	D3	5



3.5 Calcul du risque d'inondation

Le risque est le produit de trois composantes : dangerosité, exposition et vulnérabilité. Le produit d'exposition et de vulnérabilité fournit à son tour le dommage potentiel ; le risque peut donc également être exprimé comme le produit de la dangerosité et du dommage potentiel en présence d'un événement précis :

$$R = P \times E \times V = P \times D_p$$

avec comme facteurs (MATTM 2013) :

- **R** (risque) : nombre attendu de victimes, blessés, dommages aux propriétés, biens culturels et environnementaux, destruction ou interruption d'activités économiques, suite à un phénomène naturel avec une intensité donnée.
- **P** (dangerosité) : probabilité que se vérifie, dans une certaine zone (S) et dans un certain laps de temps (T), un phénomène naturel d'une intensité ou magnitude donnée (M), soit la formule suivante utilisée pour calculer la dangerosité $P = S \times T \times M$;
- **E** (exposition) : personnes et/ou biens (habitations, structures, infrastructures, etc.) et/ou activités (économiques, sociales, etc.) exposées à un événement naturel ;
- **V** (vulnérabilité) : degré de capacité (ou incapacité) d'un système/élément à résister à l'événement naturel ;
- **D_p** (dommage potentiel) : niveau de perte prévisible suite à un événement naturel d'une certaine donnée, en fonction à la fois de la valeur et de la vulnérabilité de l'élément exposé ;

Le DPCM du 29.09.98 "Orientations et coordination pour l'identification des critères concernant les dispositions visées à l'article 1, alinéa 1 du décret-loi n. 180 du 11.06.98" définit, sur la base des expériences de planification déjà effectuées, quatre classes de risque :

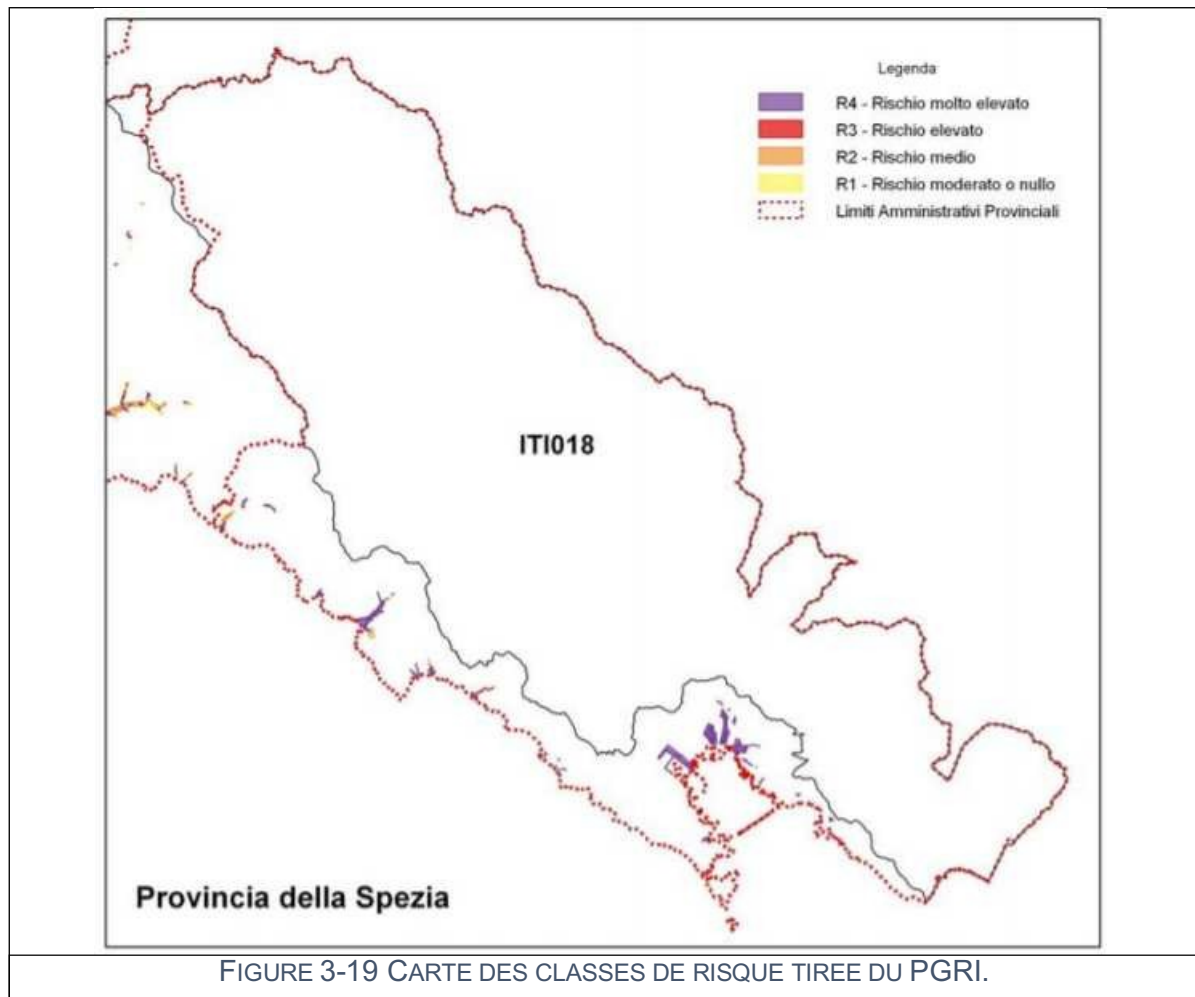
- **R4** (risque très élevé): possibilité de victimes et de lésions graves aux personnes, graves dommages aux bâtiments, aux infrastructures et au patrimoine environnemental, destruction d'activités socio-économiques ;
- **R3** (risque élevé) : possibilité de problèmes pour la sécurité des personnes, de dommages fonctionnels aux bâtiments et aux infrastructures avec risque d'inutilisation de ces derniers, d'interruption de la fonctionnalité d'activités socio-économiques et dommages au patrimoine environnemental ;
- **R2** (risque moyen) : possibilité de dommages mineurs aux bâtiments, aux infrastructures et au patrimoine environnemental qui ne mettent pas en danger la sécurité des personnes, l'utilisation des bâtiments et la fonctionnalité des activités économiques ;
- **R1** (risque modéré ou nul) : les dommages potentiels au niveau social et économique, et au patrimoine environnemental sont négligeables voire nuls.

Par conséquent, après avoir défini les 3 niveaux de dangerosité (P3, P2, P1) et les 4 classes de dommages potentiels (D4, D3, D2, D1), sont ensuite définis les quatre niveaux de risques conséquents R4, R3, R2, R1 pour passer ensuite à la création de la carte du risque.

Pour le territoire de la ville de La Spezia, deux types d'informations sont disponibles pour calculer le risque d'inondation :

- l'analyse du risque tel que définie par les PGRI pour les périmètres des PAI dans le cadre du DI1449/2010 (http://www.appenninosettentrionale.it/rep/UOM/UoM_RLi_pa_01.pdf)
- le résultat de la modélisation *Flood-SHE* qui indique la portion de territoire susceptible d'être inondée (1) ou non (0), pour trois temps de retour ($T_R = 20-50$, $T_R = 100-200$ et $T_R > 200$).

Dans les zones où il existe une analyse du risque faite dans le cadre des PGRI, les parties du territoire de la commune délimitées par les PAI résultent toutes appartenir à la classe de risque plus élevée (R4), comme le montre la figure extraite du document du PGRI pour le district Apennin septentrional (bassin régional de la Ligurie ITR071).

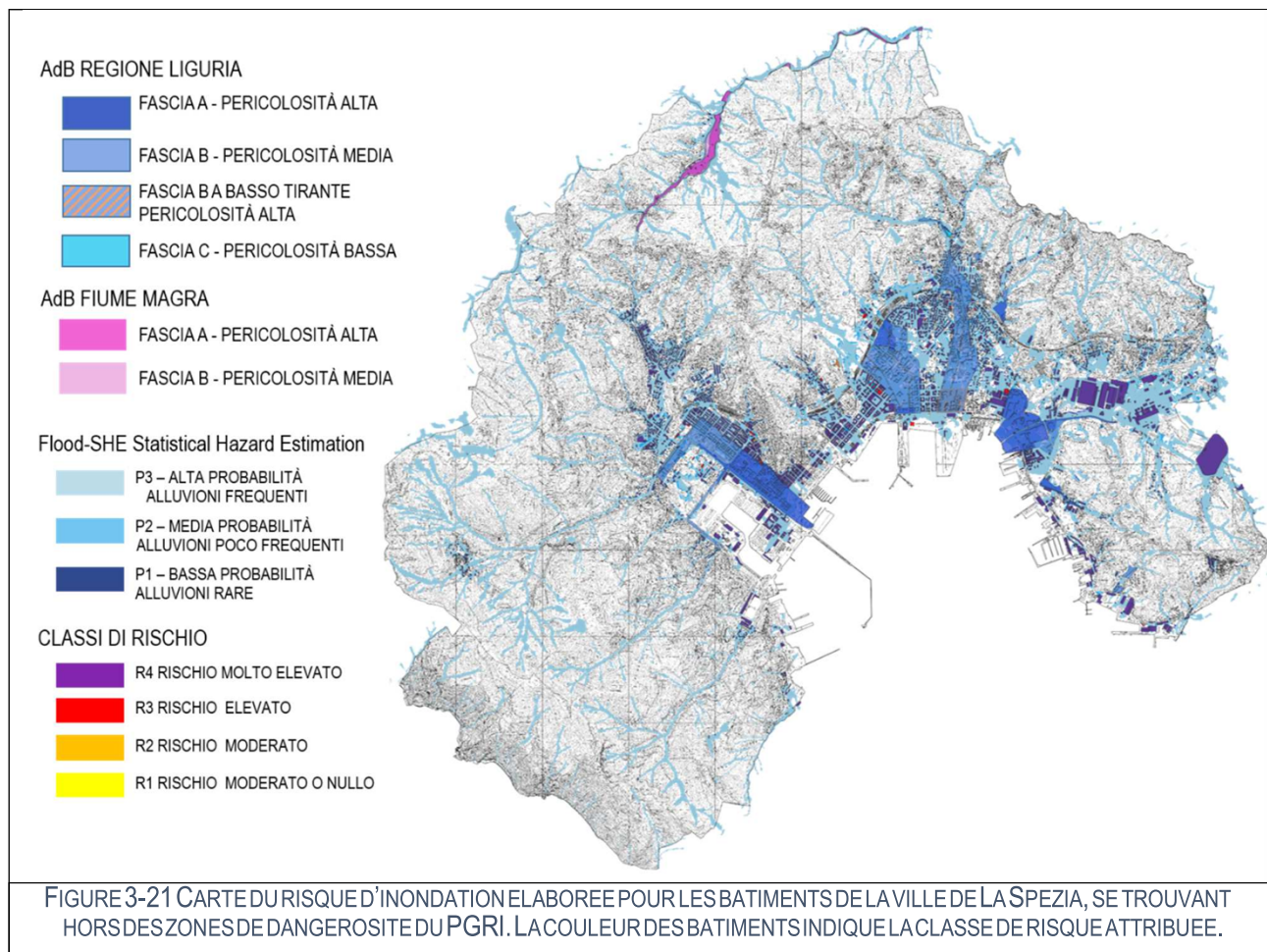


Dans les zones non délimitées par les PAI, la classe de risque a quand même pu être attribuée à chaque bâtiment en utilisant la matrice d'analyse du risque (Figure 3-20) et les valeurs de dangerosité modélisés avec *Flood-SHE*. Pour calculer le risque, on a attribué aux bâtiments la vulnérabilité 1, conformément aux dispositions du PGRI et pour la classe de dommage, on a fait référence aux valeurs classées par type d'exposition tirées du PGRI (cfr § 0).

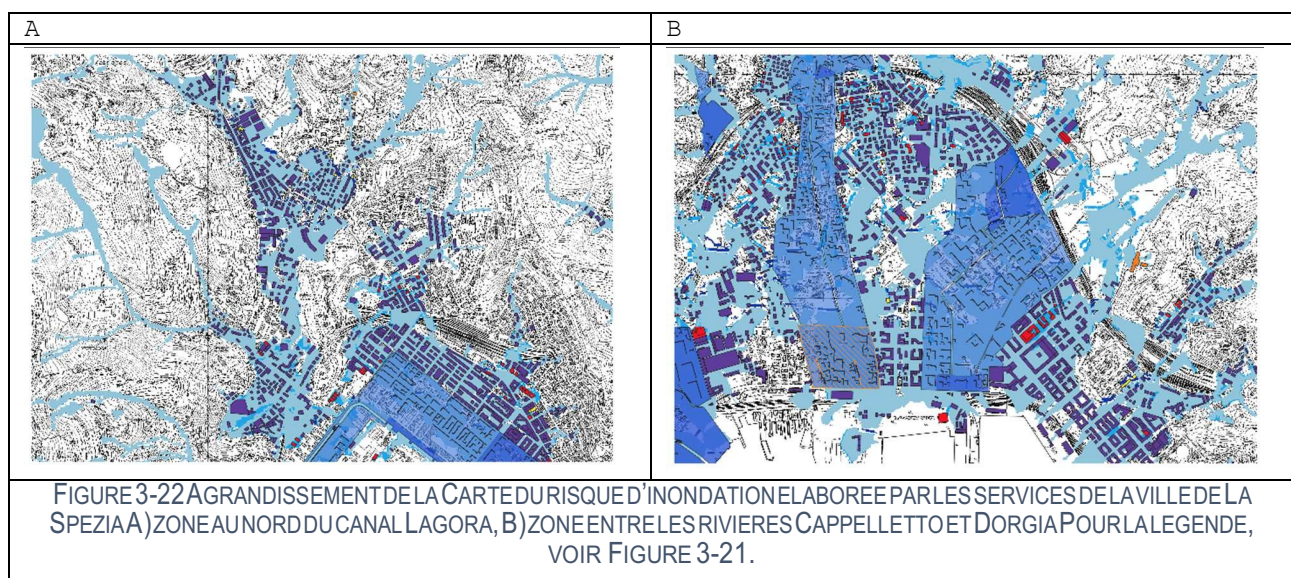
		CLASSI DI RISCHIO	CLASSI DI PERICOLOSITA'		
			P3	P2	P1
CLASSI DI DANNO	D4		R4	R4	R2
	D3		R4	R3	R2
	D2		R3	R2	R1
	D1		R1	R1	R1

FIGURE 3-20 MATRICE D'ANALYSE DU RISQUE SELON LE PGRI.

La carte obtenue est indiquée sur la Figure 3-21 où les bâtiments, en dehors des zones considérées par le PGRI, ont été classés selon les valeurs de risque calculées avec la matrice. La Figure 3-22 montre en revanche, les agrandissements de certaines zones de la commune. À souligner que des bâtiments pour lesquels un risque élevé a été attribué se trouvent également dans les zones hors des délimitations PAI.



Les informations détaillées recensées pendant le projet "Sentinelles du territoire" pour les bâtiments ne sont disponibles que pour les zones à dangerosité P3 et P2 incluses dans le PGRI. Elles pourraient être utilisées pour remodeliser le niveau de vulnérabilité attribué aux bâtiments et donc pour une remodelisation du risque. Pour une analyse du risque plus approfondie, une étude hydrique détaillée serait nécessaire mais elle n'est pas disponible à l'heure actuelle.



3.6 Calcul du risque pour les coulées de débris

Nous ne disposons pour les coulées de débris, d'aucune information sur les intervalles temporels (T) ni sur l'intensité ou magnitude (M) des événements survenus. C'est la raison pour laquelle, on suppose que la fréquence temporelle et la magnitude correspondent à la valeur de probabilité maximale et donc à la valeur 1, de sorte que la dangerosité correspond à la susceptibilité définie avec le modèle *r.randomwalk* et subdivisée en cinq classes (1, 2, 3, 4 et 5). Nous rappelons qu'en-dessous de telles valeurs, l'analyse de la dangerosité est à considérer comme extrêmement conservatrice, à savoir représentant les pires conditions. Comme cela a été fait pour les inondations, les valeurs de classe de dommage prises en compte sont celles par type d'exposition tirées du PGRI. La matrice de référence du risque ainsi élaborée est indiquée sur le Tableau 3-8. Cette matrice a été utilisée pour calculer le risque pour les constructions sur l'ensemble du territoire de la ville. La Figure 3-23 montre la carte de risque pour les coulées de débris élaborée pour l'ensemble des bâtiments de la ville et la Figure 3-24 en montre les agrandissements.

TABEAU 3-8 MATRICE D'ANALYSE DU RISQUE DE COULEE DE DEBRIS (CLASSE DE DANGEROSETE – CLASSE DE DOMMAGE)

		classe di danno			
		1	2	3	4
classe di pericolosità	(0-0,2]	0,2	0,4	0,6	0,8
	(0,2-0,4]	0,4	0,8	1,2	1,6
	(0,4-0,6]	0,6	1,2	1,8	2,4
	(0,6-0,8]	0,8	1,6	2,4	3,2
	(0,8-1]	1	2	3	4

		classe di danno			
		1	2	3	4
classe di pericolosità	1	R1	R1	R1	R2
	2	R1	R2	R2	R2
	3	R1	R2	R3	R3
	4	R2	R2	R3	R4
	5	R2	R3	R4	R4

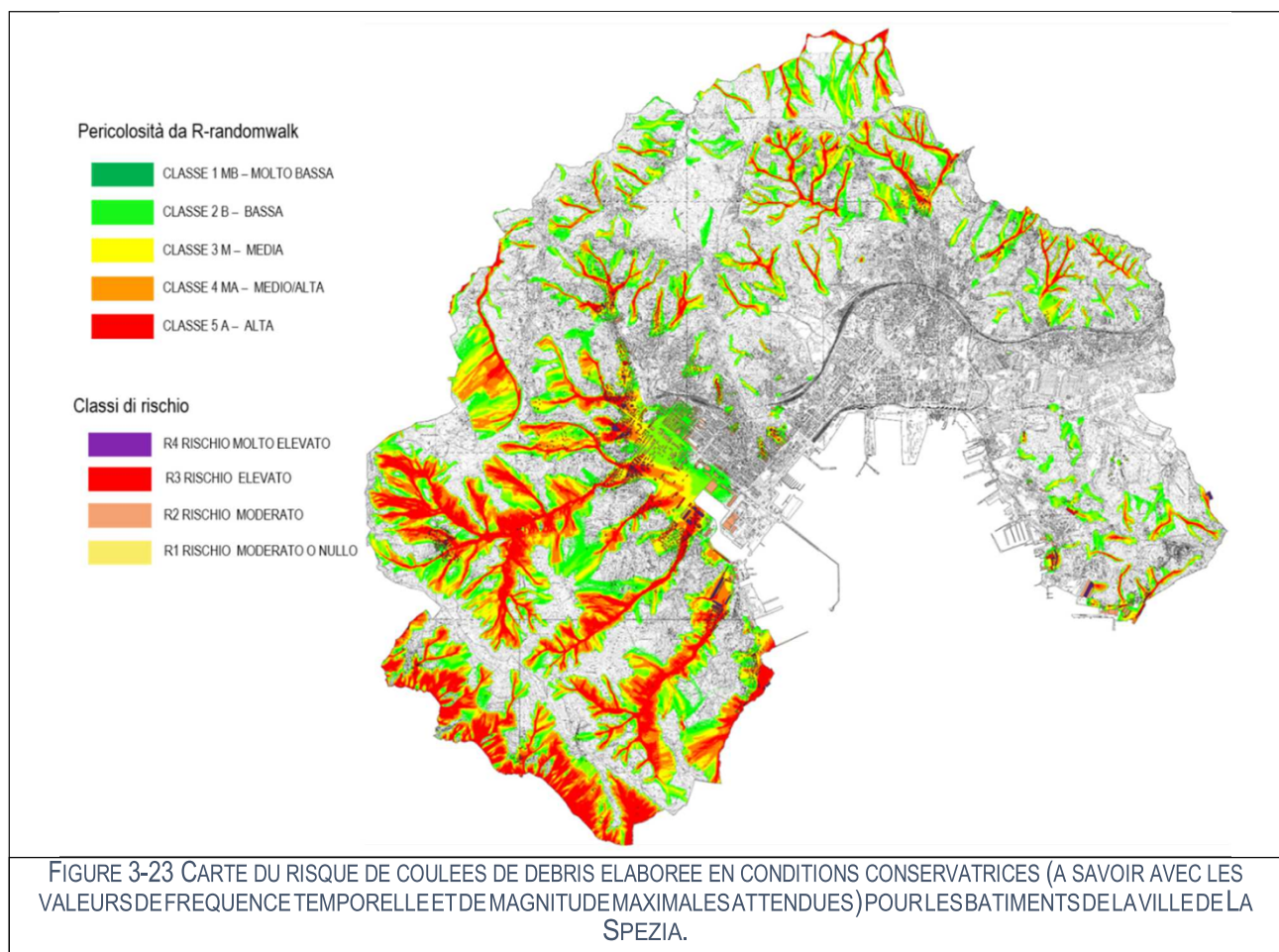


FIGURE 3-23 CARTE DU RISQUE DE COULEES DE DEBRIS ELABOREE EN CONDITIONS CONSERVATRICES (A SAVOIR AVEC LES VALEURS DE FREQUENCE TEMPORELLE ET DE MAGNITUDE MAXIMALES ATTENDUES) POUR LES BATIMENTS DE LA VILLE DE LA SPEZIA.

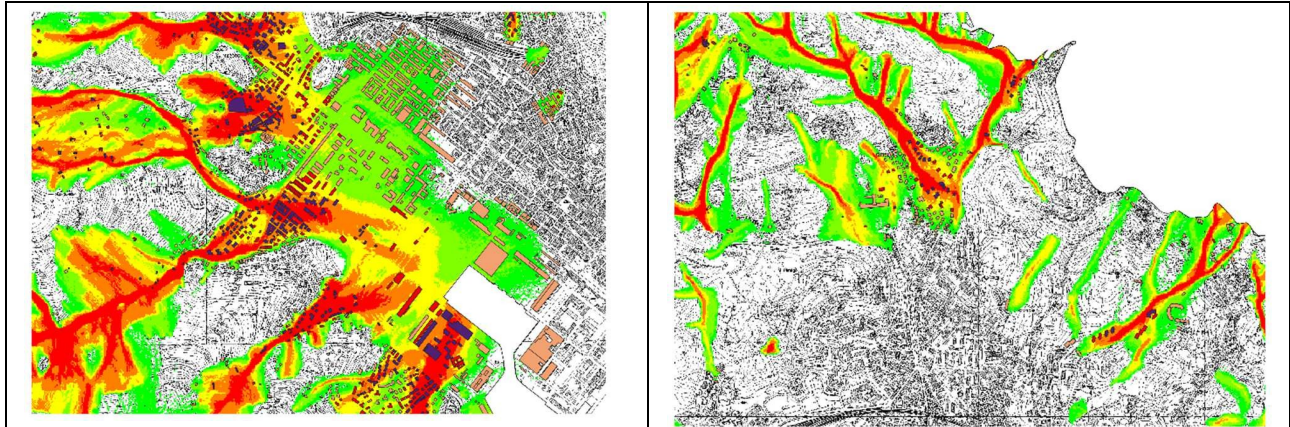


FIGURE 3-24 AGRANDISSEMENTS DE LA CARTE DU RISQUE DE COULEES DE DEBRIS ELABOREE PAR LES SERVICES DE LA VILLE DE LA SPEZIA POUR LA LEGENDE, VOIR FIGURE 3-23.

4 Synthèse du profil climatique local

Le Profil Climatique Local a été rédigé en deux temps : tout d'abord avec la rédaction du document "Profil Climatique Local" remis le 1^{er} août 2018 (Rossi et al. 2018a) puis la rédaction et présentation du document appelé "Intégration du Profil Climatique Local", rédigé pour compléter le premier document et remis le 19 décembre 2018 (Rossi et al. 2018h). Le but de ce document était notamment de décrire le profil climatique local de la ville de La Spezia, sur la base des observations et des projections climatiques disponibles à l'heure actuelle. La variabilité climatique locale observée a été déterminée et les anomalies climatiques attendues à l'avenir au niveau local suite aux changements climatiques ont été analysées. L'analyse de la variabilité climatique observée s'est faite sur la base des valeurs de température (minimale et maximale) et de précipitations de la station de mesure de La Spezia sur la période d'observation 1981-2010. La série temporelle pour la station de La Spezia a été en partie reconstruite à l'aide d'élaborations statistiques, afin d'obtenir une série complète, en utilisant les mesures de température et de précipitations enregistrées par la station de Sarzana et celles de précipitations enregistrées par la station de Levanto (FIGURE 4-1) (Région Ligurie, 2018; Faccini, 2018). Le Tableau 4-1 récapitule les informations utiles pour décrire la reconstruction de la série de données pour la station de mesure de La Spezia. Les séries statistiques reconstruites sont à considérer comme fiables bien qu'elles contiennent des valeurs reconstruites et non mesurées.

TABLEAU 4-1 INFORMATIONS SUR LES SERIES DE DONNEES DE LA STATION DE LA SPEZIA ET LEUR RECONSTRUCTION.

SÉRIE RECONSTRuite	
date_début	01/01/1981
date_fin	31/12/2010
total_jours	10957
jours_donnée_préc	10931
jours_gap_préc	26
jours_donnée_tmin	10317
jours_gap_tmin	640
jours_donnée_tmax	10319
jours_gap_tmax	638
pourc_préc	99,8 %
pourc_tmin	94,2 %
pourc_tmax	94,2 %
SÉRIE ORIGINALE	
jours_donnée_originale_préc	2888
jours_donnée_originale_tmin	2861
jours_donnée_originale_tmax	2860
pourc_donnée_originale_préc	26,4 %
pourc_donnée_originale_tmin	26,1 %
pourc_donnée_originale_tmax	26,1 %
DONNÉES RECONSTRUITES	
jours_reconstruits_préc	8043
jours_reconstruits_tmin	7456
jours_reconstruits_tmax	7459
pourc_reconstruits_préc	73,4 %
pourc_reconstruits_tmin	68 %
pourc_reconstruits_tmax	68,1 %

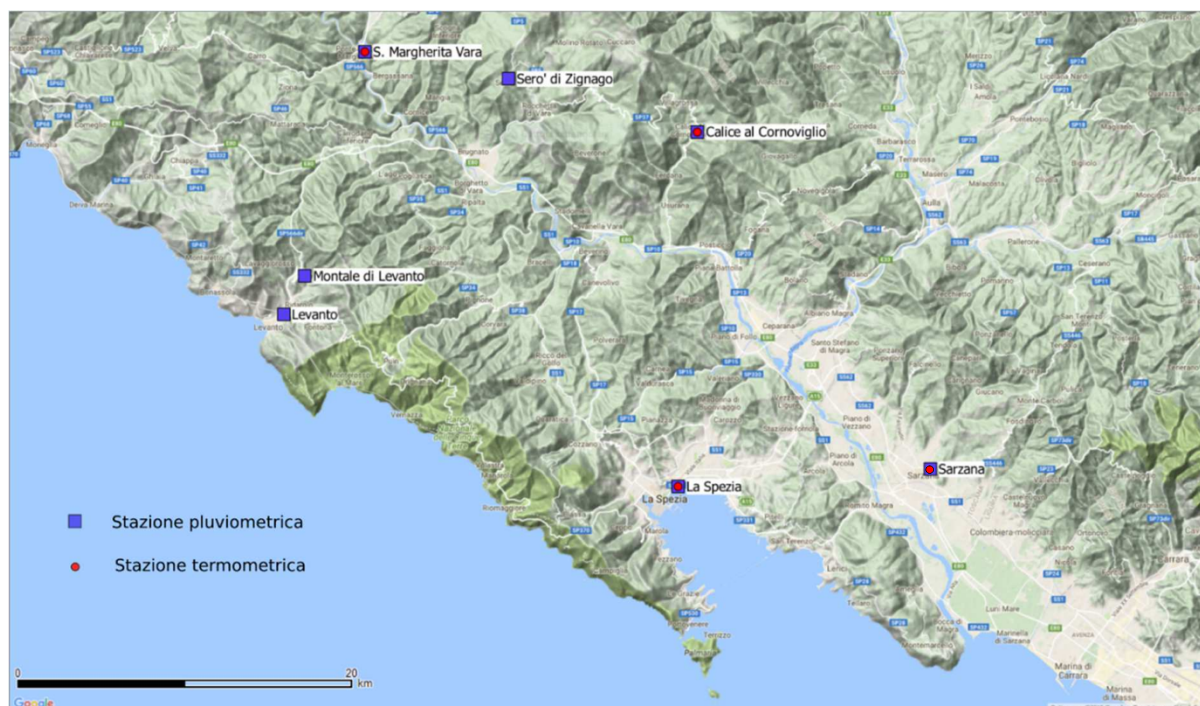


FIGURE 4-1 Localisation des stations de mesure de La Spezia, Sarzana et Levante.

Les anomalies climatiques attendues pour quelques indicateurs soigneusement sélectionnés ont été analysées, sur trois périodes de trente ans (2011-2040, 2041-2070, 2071-2100) par rapport à la période de référence 1981-2010. Les anomalies des indicateurs ont été calculées en tenant compte de deux scénarios différents RCP4.5 et RCP8.5, à partir des données simulées des modèles climatiques régionaux actuellement disponibles dans le cadre du programme EURO-CORDEX à la plus haute résolution horizontale soit environ 12 km (<http://www.euro-cordex.net>).

Les tableaux Tableau 4-2 et

Tableau 4-3 indiquent les valeurs moyennes de précipitation, température maximale et température minimale et les pourcentages relatifs (5° et 95°) respectivement au niveau saisonnier et annuel. En termes de température, on observe une température maximale moyenne de 28,6°C en été et une température minimale moyenne d'environ 5,4°C en hiver. En revanche, en termes de précipitations, l'automne se révèle être la saison la plus pluvieuse (avec 376,0 mm de pluies) tandis que l'été se caractérise par de faibles précipitations, 122,3 mm. Par ailleurs, La Spezia se distingue par des précipitations annuelles moyennes de 999,8 mm et par des précipitations moyennes en hiver d'environ 279,8 mm, au printemps de 225,3 mm et en automne de 376,0 mm ; en été, les précipitations moyennes enregistrent en revanche une valeur de 122,3 mm.

TABLEAU 4-2 VALEURS MOYENNES DE PRECIPITATIONS, TEMPERATURE MAXIMALE ET TEMPERATURE MINIMALE ET LES PERCENTILES RELATIFS (Q5= CINQUIEME PERCENTILE, Q95= QUATRE-VINGT-QUINZIEME PERCENTILE) AU NIVEAU SAISONNIER.

saison	Moyenne préc.	q5 préc.	q95 préc.	Moyenne tmin	q5 tmin	q95 tmin	Moyenne tmax	q5 tmax	q95 tmax
DJF (Déc-Janv-Fév)	279,8	120,2	499,1	5,4	3,7	6,5	12,7	11,6	13,8
MAM (Mars-Avr-Mai)	225,3	119,2	396,7	10,2	8,8	11,1	18,7	17,3	20,0
JJA (Juin-Juil-Août)	122,3	35,5	228,5	18,4	17,7	19,5	28,6	27,8	29,5

SON (Sept-Oct-Nov)	376,0	136,0	663,1	12,8	11,0	14,8	21,2	19,4	22,6
---------------------------	--------------	-------	-------	------	------	------	------	------	------

TABLEAU 4-3 VALEURS MOYENNES DE PRECIPITATIONS, TEMPERATURE MAXIMALE ET TEMPERATURE MINIMALE ET LES PERCENTILES RELATIFS (Q5= CINQUIEME PERCENTILE, Q95= QUATRE-VINGT-QUINZIEME PERCENTILE) AU NIVEAU ANNUEL.

Moyenne préc.	q5 préc.	q95 préc.	Moyenne tmin	q5 tmin	q95 tmin	Moyenne tmax	q5 tmax	q95 tmax
999.8	628.8	1394.2	11.7	10.8	12.7	20.2	18.9	21.1

L'analyse de la variabilité climatique a été également effectuée par séries temporelles annuelles de température et précipitations avec une analyse des tendances à la hausse/baisse et de leur signification statistique relative à l'aide du Test de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1962; Hirsch et al., 1982).

La série temporelle de la température minimale a été la seule pour laquelle le test de Mann-Kendall a montré un test significatif (avec un niveau de signification de 95%) sur la période analysée (Figure 4-2) avec une hausse d'environ 0,1°C tous les deux ans.

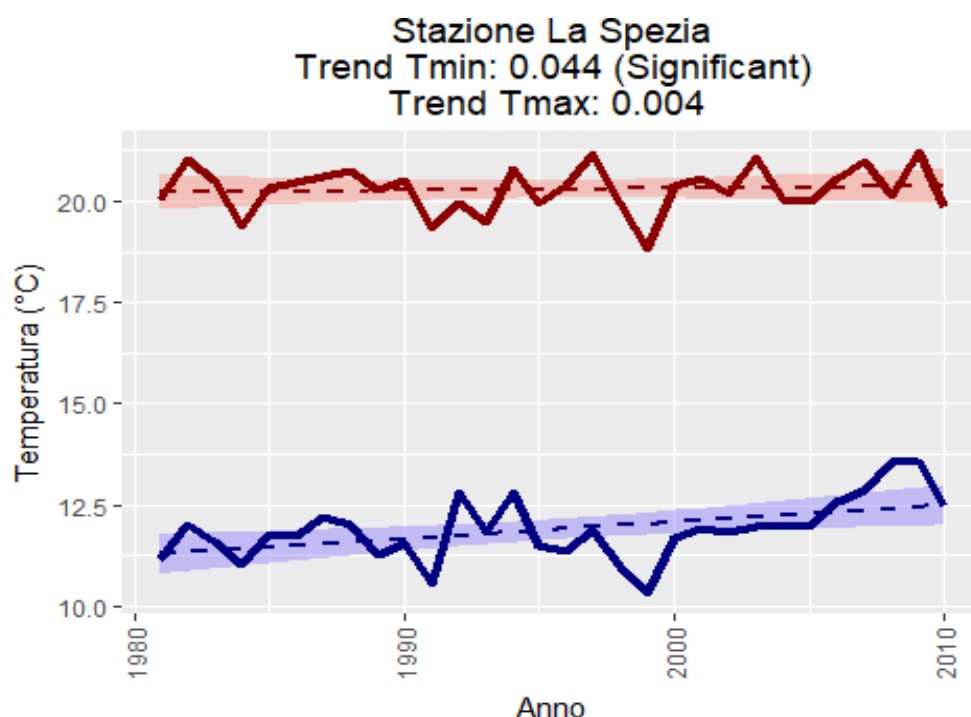


FIGURE 4-2 SERIE TEMPORELLE ANNUELLE DE LA TEMPERATURE MAXIMALE (TMAX, LIGNE ROUGE) ET DE LA TEMPERATURE MINIMALE (TMIN, LIGNE BLEUE). LA LIGNE DE L'EVOLUTION EST INDIQUEE EN POINTILLES NOIRS.

La littérature mentionne l'utilisation d'ordinaire de différents indicateurs synthétiques (moyens et/ou extrêmes) pour définir les scénarios climatiques. Ces indicateurs sont utiles pour connaître les caractéristiques du climat local et pour avoir la preuve de la présence éventuelle de changements climatiques déjà en cours. Les événements extrêmes sont définis comme des événements qui, en raison de leurs caractéristiques, diffèrent en substance de la moyenne climatologique de la zone concernée. Ils peuvent être analysés à l'aide d'un ensemble d'indicateurs définis dans la littérature, comme ceux proposés par l'ETCCDI (ETCCDI Équipe d'experts pour la détection des changements climatiques). Ces indicateurs

décrivent essentiellement l'intensité et la fréquence des événements extrêmes en termes de précipitations et de températures et sont certainement plus utiles pour les futures études de secteur visant à analyser les principaux impacts locaux du changement climatique sur lesquelles se basent les stratégies d'adaptation. Le Tableau 4-4 indique certains des indicateurs ETCCDI, sélectionnés pour décrire la variabilité climatique de la zone géographique concernée.

TABLEAU 4-4 DEFINITION DES INDICATEURS UTILISES POUR CARACTERISER LES EVENEMENTS EXTREMES.

Acronyme	Indicateur
Su	(<i>summer days</i>) nombre de jours par an avec une température maximale supérieure à 25°C
TN/TR	(<i>tropical nights</i>) nombre de jours par an avec une température minimale supérieure à 20°C
R10	nombre de jours par an avec précipitations supérieures à 10 mm
PRCPTOT	cumul (somme) des précipitations annuelles pour les jours avec des précipitations supérieures ou égales à 1 mm
PRCPTOT DJF	cumul (somme) des précipitations en hiver (décembre, janvier, février) pour les jours avec des précipitations supérieures ou égales à 1 mm
PRCPTOT SON	cumul (somme) des précipitations en automne (septembre, octobre, novembre) pour les jours avec des précipitations supérieures ou égales à 1 mm
PRCPTOT MAM	cumul (somme) des précipitations au printemps (mars, avril, mai) pour les jours avec des précipitations supérieures ou égales à 1 mm
PRCPTOT JJA	cumul (somme) des précipitations en été (juin, juillet, août) pour les jours avec des précipitations supérieures ou égales à 1 mm
RX1DAY	valeur max. de précipitations sur 24 heures sur une année
RR1	nombre de jours par an avec des précipitations supérieures ou égales à 1 mm

La station de La Spezia se caractérise par une moyenne de jours par an avec une température maximale journalière supérieure à 25°C (SU) soit 107 tandis que la moyenne des jours par an avec une température minimale journalière supérieure à 20°C (TN) est de 30 (Tableau 4-5).

TABLEAU 4-5 VALEURS MOYENNES DES INDICATEURS SELECTIONNES POUR LA PERIODE OBSERVEE 1981-2010 (JJ=JOURS).

SU jj/an	TN TR jj/an	R10 jj/an	PRCTOT mm/an	PRCTOT_DJF mm/saison	PRCTOT_MAM mm/saison	PRCTOT_JJA mm/saison	PRCTOT_SON mm/saison	RX1DAY mm/5 jours	RR1 jj/an
107	30	32	996	277	222	124	373	35	80

Le document Intégration au Profil Climatique local fournit par ailleurs une vue d'ensemble des projections climatiques futures à court terme (2011-2040), moyen terme (2041-2070) et long terme (2071-2100) en utilisant les données simulées par les différents modèles climatiques régionaux disponibles dans le cadre du programme EURO-CORDEX (<http://www.euro-cordex.net>). Les projections climatiques futures ont été obtenues en tenant compte de deux scénarios IPCC différents : RCP4.5 et RCP8.5 afin d'analyser la valeur moyenne (*ensemble mean*) des projections climatiques par rapport aux deux scénarios et l'incertitude qui lui est associée (Kotlarski et al., 2014; Jacob et al., 2014).

Ces analyses soulignent une hausse générale des températures avec une intensité croissante à long terme et plus importante si l'on tient compte du scénario RCP8.5. Si l'on considère les deux scénarios, l'augmentation la plus importante est attendue en été pour toutes les 3 périodes analysées, avec le scénario RCP8.5 sur la période la plus lointaine (2071-2100), on obtient également en moyenne une hausse des températures aux alentours de 4°C en été.

En termes de précipitations, en général la tendance affichée indique une augmentation des précipitations annuelles et saisonnières, à court terme (2011-

2040, moyen terme (2041-2070) et long terme (2071-2100) avec quelques exceptions. Pour ce qui concerne la période à court (2011-2040) et moyen (2041-2070) terme, on peut remarquer une diminution des précipitations en été si l'on considère le scénario RCP4.5. On prévoit par ailleurs une tendance à la baisse au printemps à moyen et long terme toujours en tenant compte du scénario RCP4.5. En revanche, en tenant compte du scénario RCP8.5, on prévoit à court (2011-2040), moyen (2041-2070) et long terme (2071-2100), une diminution des précipitations au printemps et à long terme en automne également.

Enfin, en termes d'extrêmes sur la commune de La Spezia, on peut s'attendre à l'avenir à une hausse évidente du nombre de jours par an avec des températures maximales supérieures à 25°C (SU) et une hausse du nombre de jours avec une température minimale supérieure à 20°C (TR).

En termes de précipitation, on prévoit en revanche une légère diminution statistiquement significative du nombre de jours avec des précipitations supérieures ou égales à 1 mm (indicateur RR1) pour le scénario RCP8.5.

À ces analyses décrites en détail dans le document Intégration au Profil Climatique Local, se sont ajoutées des analyses des courbes IDF (intensité, durée, fréquence) pour analyser les différents temps de retour, la variabilité de l'intensité des précipitations sur différentes durées. Ces analyses sont décrites en détail dans le chapitre suivant au paragraphe Analyse intensité fréquence des pluies (§5.1).

5 Analyse de l'incidence des changements climatiques sur les principales situations critiques locales

La réalisation d'un plan local d'adaptation aux changements climatiques prévoit avant tout l'analyse de la condition climatique (présente et future) du territoire. Le principal objectif du PCL rédigé dans le cadre du projet était de vérifier la présence de tendances pour les variables température et précipitation.

Pour ce qui concerne la température, les analyses réalisées montrent une hausse de cette variable (en considérant différents indices) dans les différents scénarios climatiques envisagés. L'administration municipale doit tout particulièrement tenir compte de ce résultat puisque les hausses de température prévues pourraient avoir des retombées directes sur la population (il suffit de penser aux vagues de chaleur possibles) ou par exemple des retombées économiques sur l'agriculture (manque d'eau, incendies, perte de sol agricole) ou encore au niveau du risque hydrologique (avec par exemple une augmentation possible des incendies dus aux températures plus élevées, une plus grande tendance aux éboulements pour des phénomènes géo-hydrologiques de type canalisé).

Pour ce qui concerne la pluie, les analyses réalisées n'ont pas révélé de tendances significatives étant donné également l'extrême variabilité de cette valeur et des indices dérivés dans les scénarios climatiques considérés. Pour une meilleure analyse des impacts possibles de la pluie sur les phénomènes géo-hydrologiques, outre l'élaboration du profil climatique, il a été nécessaire d'inclure des analyses des courbes Intensité-Durée-Fréquence (IDF) de la pluie. Ces analyses sont également particulièrement utiles pour la conception d'ouvrages hydrauliques particulièrement sensibles aux pluies intenses, dont la variabilité par différents temps de retour peut être calculée avec les courbes IDF. Pour une description plus approfondie de ces courbes et de la méthode utilisée pour les obtenir, se reporter au chapitre suivant.

5.1 Analyse intensité fréquence des pluies

Comme nous l'avons déjà précédemment souligné, les informations sur les précipitations sont fondamentales pour la conception des ouvrages hydrauliques - ponts, déversoirs, structures de protection contre les inondations et de nombreux autres ouvrages de génie civil pour la gestion des écoulements. Parmi ceux-ci, les ouvrages pour la gestion des eaux pluviales urbaines sont significatifs dans le cadre des principaux objectifs du projet ADAPT.

Notamment, pour dimensionner correctement ce type d'infrastructures, mais plus particulièrement pour calculer la fréquence des événements extrêmes, il est nécessaire de disposer d'une estimation de la fréquence des pluies d'une certaine intensité ou cumulées sur plusieurs durées. Ces calculs sont complexes car les précipitations extrêmes sont, par leur nature même, peu fréquentes et ne suivent pas nécessairement la même répartition que celles des pluies normales ou d'intensité cumulée. Pour calculer la fréquence, il faut avant tout commencer par analyser les données historiques (ou projetées comme dans le cas de cette étude) des précipitations avec pour principal objectif de définir les courbes Intensité-Durée-Fréquence (IDF) des pluies.

Afin d'obtenir des analyses précises, il faut avant tout disposer d'estimations fiables concernant l'intensité des précipitations. La courbe IDF associe en effet des estimations des intensités des précipitations de différente durée et des temps de retour. La première étape fondamentale pour obtenir les courbes IDF, est identifier la répartition des intensités de pluie correspondant à différentes durées. Ceci peut se faire en utilisant des fonctions (modèles) de répartition empiriques ou théoriques (citons par exemple parmi les plus communes, les répartitions Généralisée des Valeurs Extrêmes (GEV) Gumbel, Log normale, Log Pearson Type III). Dans le cadre du projet ADAPT, il a été décidé d'utiliser pour

les analyses IDF, les fonctions de répartition empiriques et notamment la fonction de répartition empirique (Empirical Cumulative répartition Function - ECDF), avec pour avantage d'analyser de façon significative la répartition des données empiriques sans passer par une modélisation qui pourrait avoir comme principale conséquence le filtrage ou le lissage de certaines fréquences pour des intensités de pluie données et rendre ainsi moins évidentes certaines différences dans les séries de pluie analysées. Avec ce qui a été précédemment décrit, soulignons que l'utilisation de fonctions de répartition empirique avec des échantillons statistiques significatifs permet d'obtenir des estimations de la fréquence des pluies comparables à celles obtenues en utilisant les modèles de répartition. En revanche, la principale limite de cette approche concerne l'estimation de la fréquence/probabilité d'évènements dont le temps de retour est supérieur à la longueur de la période de référence de l'échantillon de données de pluie utilisé (par ex, avec un échantillon de pluie de 30 ans, les estimations obtenues par répartition empirique permettent uniquement d'indiquer si une intensité donnée ou cumulée de pluie a un temps de retour supérieur à 30 ans sans indiquer exactement le nombre exact d'années correspondant. Dans le cadre des présentes analyses, ceci n'est pas une limite, car nous nous sommes limités à analyser les fréquences par temps de retour inférieurs aux longueurs des séries de données utilisées et de toute façon de 25 ans maximum (les temps de retour considérés ont été de 1, 2, 5, 10 et 25 ans).

Les courbes IDF ont été obtenues en reconstruisant en séquence les trois fonctions suivantes pour différentes durées de pluie correspondant à 1, 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168, 336 et 672 heures :

- a. fonction ECDF qui exprime la probabilité de non franchissement d'un cumul de pluie pour la durée considérée ;
- b. fonctions empiriques de la répartition de fréquence qui exprime la fréquence de non franchissement d'un cumul de pluies pour la durée considérée ;
- c. fonction empirique du temps de retour qui permet de calculer le temps de retour associé à un cumul de pluies pour la durée considérée.

Une fois toutes les fonctions visées au point c obtenues pour chaque durée de pluie considérée, il a été possible d'obtenir pour chaque temps de retour, les valeurs d'intensité de pluie associées à chaque durée. Les lignes colorées en fonction du temps de retour ont été tracées sur un graphique log-log avec les axes x et y correspondant respectivement à la durée et à l'intensité des pluies. Ce graphique récapitule les analyses IDF.

Pour les évaluations prévues dans le cadre du projet ADAPT, les courbes IDF ont été obtenues pour les séries de données projetées (modélisées) et observées, faisant déjà l'objet des analyses mentionnées dans le profil climatique, et notamment pour les séries de :

- I. Données journalières prévues par les modèles climatiques pour la période 1981-2010 (avec analyse de *hindcast*) sur la commune de La Spezia (Figure 5-1);
- II. Données journalières prévues par les modèles climatiques pour la période 2011-2100 sur la commune de La Spezia en tenant compte du scénario RCP4.5 (Figure 5-2);
- III. Données journalières prévues par les modèles climatiques pour la période 2011-2100 sur la commune de La Spezia en tenant compte du scénario RCP8.5 (Figure 5-3);
- IV. Données journalières observées pour la période 1981-2010 dans la station de La Spezia, dûment reconstruites (Figure 5-4);

Les données susmentionnées dérivées des scénarios climatiques (points I, II, III) ont été obtenues à partir des moyennes des valeurs de pluie différents pixel sur le territoire de La Spezia à partir des différents run des modèles climatiques. Étant donné que toutes les données des séries précédemment indiquées sont journalières, les courbes IDF obtenues ne permettent pas d'analyser les fréquences et les temps de retour de pluies sub-journalières. Nous estimons cependant que

d'autres analyses qui tiennent compte des périodes de pluies sub-journalières sont possibles uniquement au détriment d'une très forte incertitude.

Outre les séries précédemment mentionnées (comprises dans la caractérisation du profil climatique), une série de données horaires a également été utilisée, proposée par le réseau national intégré de relevé et suivi des paramètres hydro-météo-pluviométriques du Centro Funzionale Decentrato de la Région Ligurie (ARPAL), du réseau des centres de la protection civile. Cette série avec une couverture maximale de 15 ans pour la période 2002-2017 a permis de calculer les courbes IDF par durée de pluies sub-journalières qui a caractérisé les précipitations à La Spezia ces quinze dernières années. Vue la durée de la période d'observation de 15 ans, la courbe IDF pour le temps de retour de 25 ans n'a pas été calculée pour ces données. Les résultats de cette analyse sont indiqués sur la Figure 5-5.

Bien que les analyses des courbes IDF nous permettent de constater des différences, nous rappelons que ces différences même si visibles, peuvent rentrer dans les marges d'incertitude des scénarios climatiques considérés. Si nous tenons compte par exemple des résultats des *hindcast* pour la période 1981-2010 (Figure 5-1) et des projections pour la période 2011-2100 (figure 5.2 et figure 5.3), nous pouvons remarquer que les futures valeurs moyennes d'intensité associées aux différentes durées de pluie pour les mêmes temps de retour sont en hausse. En revanche, les courbes IDF obtenues avec les données journalières mesurées sur la période 1981-2010 (Figure 5-4) et horaires sur la période 2002-2017 (Figure 5-5) montrent pour la période la plus récente, une hausse des intensités des précipitations au moins pour ce qui concerne les durées supérieures ou égales à 24 heures. Nous rappelons toutefois que pour ces deux séries également, il est nécessaire de tenir compte des incertitudes possibles liées à la reconstruction des séries de données.

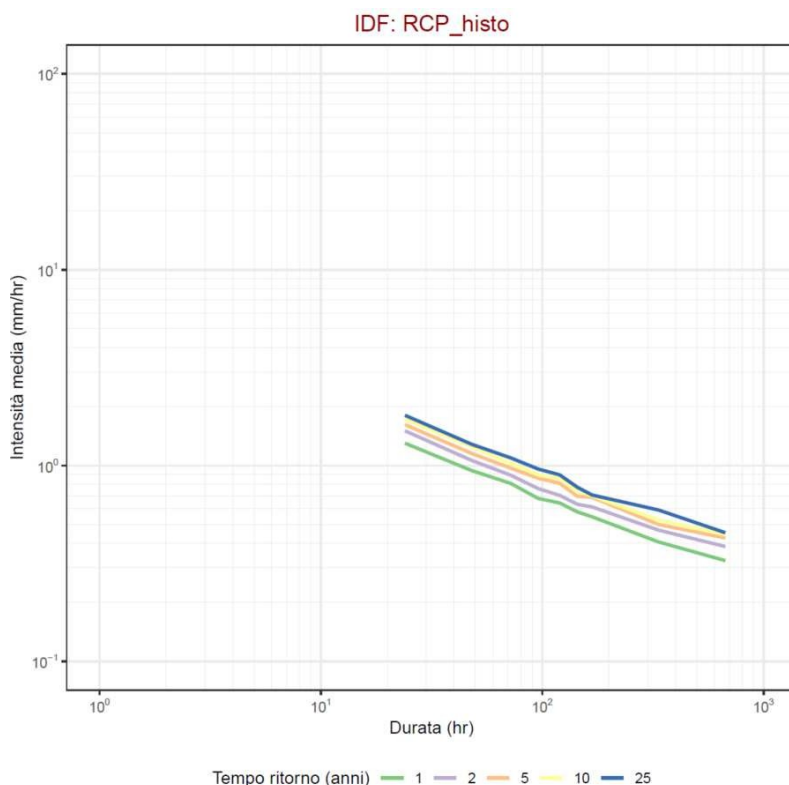


FIGURE 5-1 COURBES IDF OBTENUES POUR LA SERIE DE DONNEES JOURNALIERES PREVUES PAR LES MODELES CLIMATIQUES POUR LA PERIODE 1981-2010 (AVEC ANALYSE DE *HINDCAST*) SUR LA COMMUNE DE LA SPEZIA.

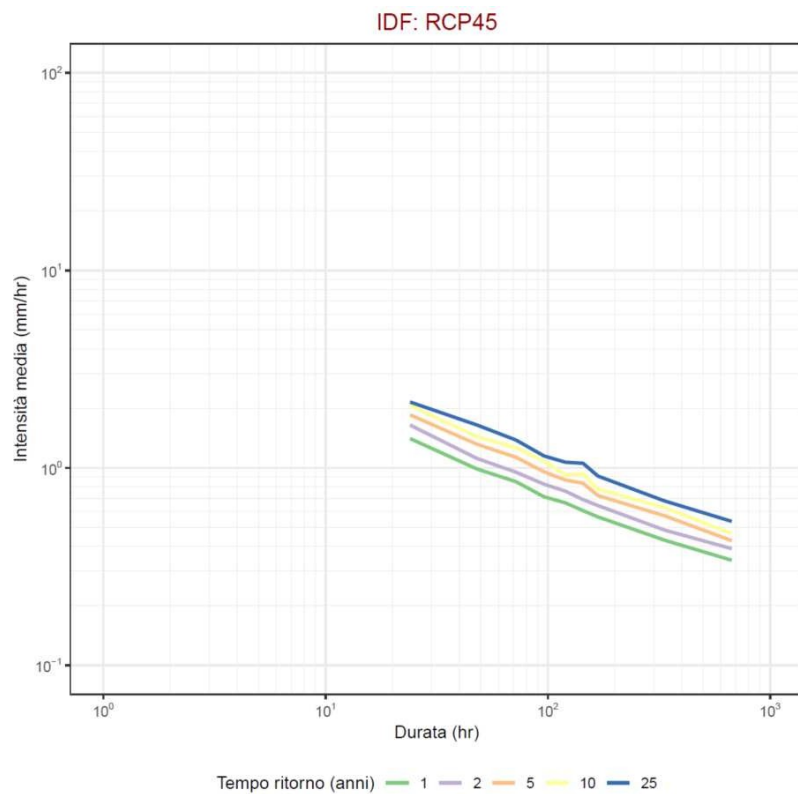


FIGURE 5-2 COURBES IDF OBTENUES POUR LA SERIE DE DONNEES JOURNALIERES PREVUES PAR LES MODELES CLIMATIQUES POUR LA PERIODE 2011-2100 SUR LA COMMUNE DE LA SPEZIA EN TENANT COMPTE DU SCENARIO RCP4.5.

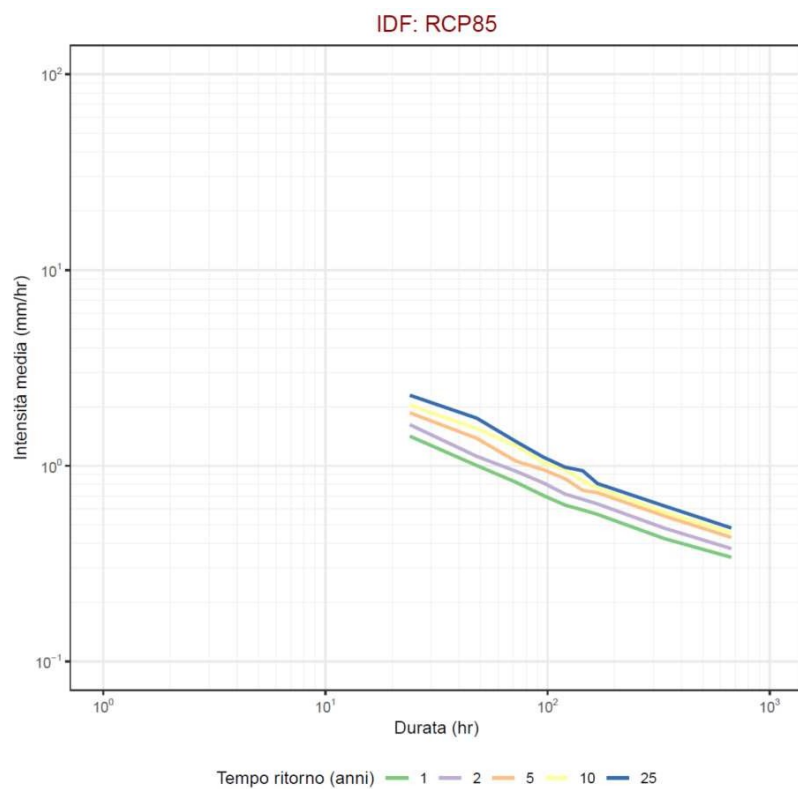


FIGURE 5-3 COURBES IDF OBTENUES POUR LA SERIE DE DONNEES JOURNALIERES PREVUES PAR LES MODELES CLIMATIQUES POUR LA PERIODE 2011-2100 SUR LA COMMUNE DE LA SPEZIA EN TENANT COMPTE DU SCENARIO RCP8.5.

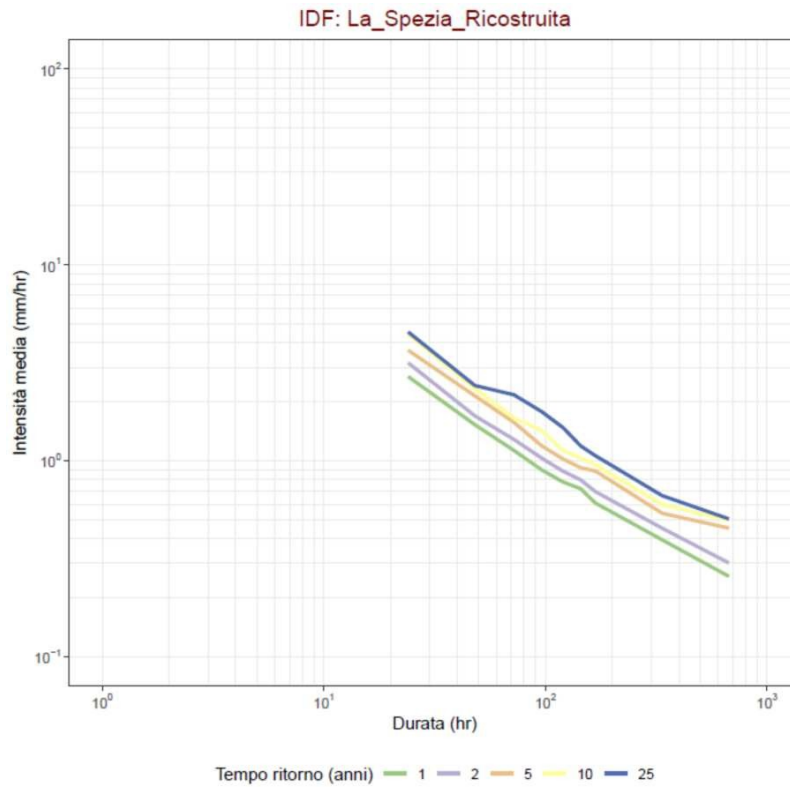


FIGURE 5-4 COURBES IDF OBTENUES POUR LA SERIE DE DONNEES JOURNALIERES OBSERVEES SUR LA PERIODE 1981-2010 DANS LA STATION LA SPEZIA DUMENT RECONSTRUITE.

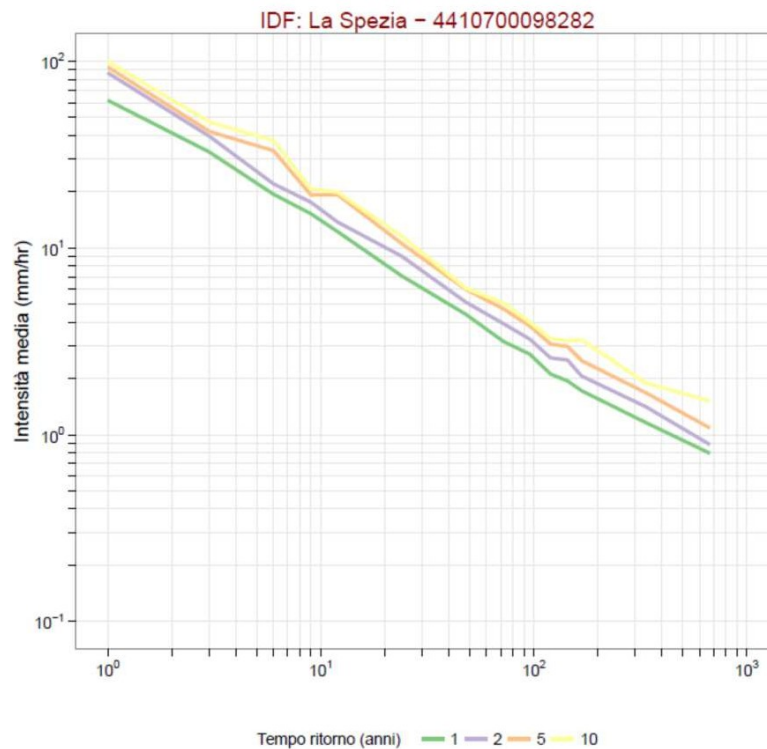


FIGURE 5-5 COURBES IDF OBTENUES POUR LA SERIE DE DONNEES HORAIRES DE LA STATION LA SPEZIA DE LA RETE FIDUCIARIA (RESEAU NATIONAL INTEGRE DE RELEVÉ ET SUIVI DES PARAMETRES HYDRO-METEO-PLUVIOMETRIQUES DES STATIONS) DE LA PROTECTION CIVILE POUR LA PERIODE 2002-2017.

5.2 Considérations sur la variation des principales situations critiques locales

Même si toutes les analyses statistiques n'ont pas toujours été significatives, surtout à cause des incertitudes au niveau de la modélisation, il en ressort néanmoins une tendance significative vers une hausse des températures et des différents indices se basant sur celles-ci, ainsi que certaines indications d'une augmentation des pluies et des pluies intenses à l'avenir.

Ces résultats imposent une attention plus élevée de la part de l'administration municipale. Les hausses de températures prévues pourraient en effet avoir des retombées directes sur la population (vagues de chaleur par exemple), sur la disponibilité des ressources hydriques (en raison de l'augmentation des périodes de sécheresse) mais aussi des retombées économiques pour l'agriculture (manque d'eau, incendies, pertes de sol agricole), ou encore des retombées possibles au niveau des risques hydrologiques en raison de la hausse à la fois des températures et des précipitations extrêmes.

Si l'on prend par exemple le scénario d'une augmentation hypothétique des incendies dus à des températures plus élevées (scénario jugé significatif dans les analyses réalisées), la tendance aux éboulements suite à des phénomènes géo-hydrologiques de type canalisé est considérée en hausse, vu que dans les zones incendiées, nous observons une augmentation importante des écoulements d'eaux de surface.

Bien entendu, si à l'avenir nous assistons à une augmentation de l'intensité des pluies sur différentes durées, la principale conséquence au sol sera celle d'une hausse des écoulements d'eaux de pluie. Une augmentation des pluies intenses pourrait entraîner notamment une hausse des phénomènes d'érosion canalisés. Sont indiqués ci-après certains impacts possibles d'une variation du régime pluviométrique.

Une augmentation de l'intensité des pluies provoque une augmentation de l'écoulement des eaux de surface avec des retombées sur le territoire comme :

- réduction du stress normal efficace ;
- moindre résistance au cisaillement du sol ;
- augmentation du filtrage et des forces d'entraînement ;
- imperméabilisation des sols due à l'impact des gouttes plus efficace ;
- formation de flaques plus importante ;
- augmentation de la vitesse d'écoulement des eaux de pluie ;
- augmentation de la force de cisaillement exercée par l'eau ;
- écoulement plus important dans les porosités secondaires (ex. *piping*).

Les effets de la température sur les phénomènes de risques hydrogéomorphologiques sont plus difficiles à quantifier, car la température peut avoir divers effets sur les différents composants du cycle hydrologique. D'un côté, les températures extrêmes peuvent modifier les sols, leur degré d'imperméabilisation mais également de fissuration (ex. fissuration des sols argileux), il est alors difficile de comprendre si de telles augmentations favorisent ou non le risque d'éboulements. D'un autre côté, il peut y avoir des retombées possibles sur la disponibilité de l'eau (par exemple, des températures plus élevées peuvent assécher le sol et réduire ainsi la possibilité de phénomènes hydrogéomorphologiques) ou la composante biologique (par exemple les effets directs sur la végétation et sur la composante d'évapotranspiration). Une analyse quantitative de ces effets sur le territoire de la commune impose des modélisations spécifiques basées sur l'utilisation de données détaillées disponibles au niveau du versant ou de petit bassin. [MR2]

6 Actions d'adaptation

6.1 Introduction

Un Plan Local d'Action identifie et décrit, pour chaque solution problématique définie par le Profil Climatique Local et l'analyse de vulnérabilité, les principales lignes d'action (d'adaptation) à travers lesquelles la ville entend "s'adapter" aux conséquences des changements climatiques et en affronter les problèmes. Les actions spécifiques et concrètes doivent répondre à des objectifs spécifiques et mesurables lesquels, à leur tour, doivent correspondre à des objectifs stratégiques plus généraux ; le principe de base des objectifs stratégiques est, d'un côté de minimiser les risques dérivant des changements climatiques et de l'autre, permettre au territoire d'exploiter les éventuelles opportunités dérivant de ces mêmes changements.

Dans le cadre du risque d'inondations, si l'on se réfère avec cette définition respectivement au thème des exondations des cours d'eau et à celui de l'inefficacité du système d'écoulement urbain des eaux pluviales, nous pouvons identifier les objectifs spécifiques d'intervention suivants :

- augmenter la résilience de la communauté locale (population, organismes, entreprises, parties prenantes, etc.);
- augmenter la résilience des biens à risque (infrastructures, patrimoine culturel, etc.);
- améliorer la réponse hydrologique et hydraulique du territoire et de la ville (projets et planifications).

Il est donc indispensable que la définition des objectifs, et donc des actions, doit être strictement centrée sur les exigences locales réelles, puisque c'est au niveau local que les impacts liés au climat sont directement et essentiellement perçus. Selon les indications de la Stratégie Locale d'adaptation aux Changements climatiques (SNAC) et du Plan National d'adaptation aux Changements climatiques (PNACC), les principales mesures d'adaptation peuvent être synthétisée comme suit (voir tableau suivant):

- *soft* ou non infrastructurelles. Il s'agit d'actions qui ne demandent pas d'interventions directes mais qui contribuent à augmenter la capacité d'adaptation d'un territoire (divulgaration de connaissances plus approfondies et développement d'un contexte organisationnel, institutionnel et législatif favorable);
- *grey* ou infrastructurelles. Il s'agit d'actions qui proposent une amélioration et/ou une adaptation des installations et infrastructures aux risques hydrauliques ou géomorphologiques;
- *green* ou basée sur une approche écosystémique. Il s'agit d'actions basées sur l'utilisation ou sur la gestion durable des "services" naturels du territoire, y compris les services écosystémiques (*Nature Based Solution*).

OBJECTIFS SPÉCIFIQUES	Actions soft	Actions grey	Action green
Résilience de la communauté	Actions dans le domaine de la formation et de l'information, de la gouvernance et de la gestion des urgences, etc.	Suivi et alerte	
Résilience des biens		Suivi et alerte, adaptation structurelle	
Réponse hydrologique et hydraulique du territoire/ville		Adaptation structurelle	Bonnes pratiques dans le domaine des espaces verts urbains et de la gestion des eaux

Plusieurs critères peuvent être utilisés pour l'analyse des actions d'adaptation comme : efficacité, efficience économique, effets secondaires, performance en présence d'incertitude, considérations pour l'implémentation des politiques. Dans le choix des actions à entreprendre, il est possible d'envisager si utiliser tous les critères ou seulement quelques-uns d'entre eux en fonction des différentes finalités définies.

Il est évident que le cadre stratégique des actions à prévoir dans le cadre du Plan d'adaptation doit avoir force obligatoire également et surtout au niveau des instruments de planification et de gouvernement du territoire ainsi qu'au niveau de la gestion des interventions, qui devront être accompagnées de nouveaux instruments, règlements et lignes directrices centrées sur la conception et la réalisation des ouvrages de défense hydraulique et infrastructurels, sur les concepts d'invariance hydraulique et hydrologique, sur la Police de l'eau et Rurale et sur les réseaux de drainage urbain (SUSD - *Sustainable Urban Drainage Systems*). Le choix des objectifs et l'identification des actions d'adaptation au niveau local, à court et à moyen-long terme, pourront se concrétiser, après avoir effectué les processus décisionnels et d'évaluation nécessaires, en instruments et dispositifs de planification et de réglementation en mesure d'orienter la Ville et la collectivité vers une gestion plus durable des eaux, de l'aménagement physique et spatial de la ville et du territoire, du paysage et de la relation homme/fleuve, en redonnant à l'eau tout l'espace dont elle a besoin, un espace qui lui a été enlevé par l'urbanisation progressive du territoire.

Les instruments de planification et de gouvernance sont en effet des instruments capables d'influencer largement et profondément le territoire et qui, s'ils sont bien orientés, pourraient inverser des tendances consolidées responsables des aspects les plus problématiques liés aux conditions des bassins hydrographiques et des cours d'eau mais aussi contribuer au bon fonctionnement des réseaux de drainage urbain. Ceci permettrait d'obtenir les résultats suivants :

- prise de conscience du lien étroit entre les choix d'un plan et les problèmes hydriques ;
- augmentation de la sensibilité de l'instrument urbanistique sur les questions du drainage urbain et sur la surveillance du fleuve ;
- application des critères et des bonnes pratiques de conception urbaine dans le but d'augmenter la sécurité hydrique ;
- insertion dans le cadre juridique en vigueur du PUC, de mesures opportunes pour renforcer les prestations écologiques ainsi que certaines règles fondamentales pour l'économie des ressources hydriques et de gestion des eaux ;
- traitement coordonné entre les différents organismes compétents sur le problème de l'eau et surmonter ainsi les barrières administratives et de fragmentation des instruments et des politiques;
- approfondissement plus important de l'analyse des risques d'inondation, des vulnérabilités, des programmes et des politiques pour la maintenance du territoire dérivant d'une gestion partagée de l'ensemble des connaissances et de ses retombées nécessaire sur la discipline du gouvernement du territoire.

Les propositions suivantes sont donc la synthèse non exhaustive des adaptations nécessaires des aspects réglementaires des instruments en vigueur afin de pouvoir mettre en place les pratiques qui, à différents niveaux, dérivent des nouveaux besoins d'adaptation aux risques ; ceci également à cause des nouveautés législatives intervenues ces 20 dernières années. S'adapter donc mais aussi et surtout rajeunir les instruments en mesure de soutenir à grande échelle et à long terme, les actions.

6.2 Interdisciplinarité

Pour compléter ce qui a été dit en introduction, il semble tout aussi évident que seul un travail de réseau et dans le cadre des compétences impliquées permettra de poursuivre les objectifs et les innovations des instruments:

L'urbanisation ne pourra que s'intégrer totalement avec les études et les analyses environnementales, géologiques, hydrologiques-hydriques et écologiques-naturelles.

6.3 Mise à jour des connaissances

Afin de pouvoir effectuer les mises à jour nécessaires des instruments règlementaires et de planification pour soutenir le choix des actions jugées prioritaires, il est indispensable d'approfondir les connaissances du territoire sous toutes ses facettes : géologiques, hydrologiques et hydriques, état actuel d'efficacité du réseau de drainage urbain, analyse du profil climatique local déjà mise en place (avec toutes les analyses sur l'influence des changements climatiques sur les situations à risque et les risques d'inondation et submersion. Il sera donc nécessaire d'intégrer et de mettre à jour l'ensemble des connaissances concernant :

- l'identification des plans, programmes et projets sur les questions environnementales (territoire, géologie, hydrologie, hydraulique, etc.) avec une attention toute particulière sur les relations au niveau supra-communal;
- l'identification synthétique et qualitative des phénomènes de dégradation et de compromission des sous-bassins sur le territoire municipal concernant des situations critiques environnementales, des risques hydrogéomorphologiques, une sous-utilisation, l'abandon et le démantèlement;
- les données sur l'utilisation du sol, en analysant et en représentant la capacité de drainage du territoire municipal afin d'identifier les différentes conditions de perméabilité superficielle à la fois en milieu urbain et extra-urbain;
- l'évolution par seuils temporels de la consommation du sol à l'aide des bases de données disponibles le cas échéant ;
- les caractéristiques et l'emplacement des zones avec des constructions abandonnées ou inutilisées pouvant être requalifiées et dé-imperméabilisées ;
- l'identification au niveau local des zones du territoire municipal présentant des problèmes hydrologiques-hydrauliques impliquant la mise en place de politiques, stratégies et règles spécifiques ;
- la délimitation des zones présentant des risques hydriques et la définition du risque et des situations problématiques du territoire municipal sur la base d'une étude hydrique détaillée intégrant le cadre des connaissances de l'instrument susmentionné;
- la cartographie du réseau de drainage urbain et de son efficacité.

Tout ceci également dans le but de mettre en place et de mettre à jour les connaissances des instruments comme par exemple ceux de l'Autorité responsable de la gestion du Bassin de l'Apennin septentrional.

6.4 Points stratégiques

En quelques mots, les points sur lesquels il semble stratégique d'intervenir pour mettre à jour et adapter les instruments en vigueur en matière de principes d'adaptation sont au moins cinq, tant du point de vue de la planification que du point de vue de la réglementation et de la gestion des interventions. Il est évident que, bien qu'ayant clairement défini les différents points, une grande partie des actions prennent une importance multiple sur différents aspects considérés, chaque intervention étant insérée dans un réseau de relations unissant les différents éléments stratégiques de façon complexe.

- a) Perméabilité des sols

Le PUC en vigueur, créé il y a maintenant une vingtaine d'années sous un profil disciplinaire, identifie des règles urbanistiques et écologiques bien précises dans le cadre de la transformation urbaine et qui méritent aujourd'hui d'être correctement articulées par rapport au plan présent. Les plans de zone et les districts de transformation sont accompagnés par les paramètres concernant les zones de cession, les espaces verts et la perméabilité des sols, ainsi que par des schémas d'aménagement environnemental qui intègrent les composantes des schémas urbains. Les paramètres de perméabilité et d'espaces verts redeviennent contraignants également dans les interventions de petite envergure, les constructions à intervention directe. En revanche, les paramètres écologiques contraignants concernant les nombreuses zones de recomposition urbaine et conventionnées qui investissent énormément sur le territoire urbanisé et moins sur les zones en bas des collines, sont encore à déterminer.

D'un point de vue "contemporain" et vu les résultats réels des réalisations - par ailleurs très limitées - de districts et plans de zone, nous pouvons affirmer sans aucun doute que les espaces verts et la perméabilité des sols sont un facteur à renforcer et dont le rôle doit être plus déterminant dans les composantes structurelles des transformations urbaines, surtout dans une perspective d'adaptation aux changements climatiques. La perméabilité des sols notamment, peut devenir un paramètre stratégique dans la gestion des interventions disciplinées de péréquation urbanistique précédemment citées. Le cas de Bologne, qui a décliné les paramètres écologiques du plan également en fonction de la répartition et de l'âge de la population, est un exemple significatif qui impose de réfléchir sérieusement sur le sujet et de reconsidérer nos instruments écologiques et urbanistiques. En d'autres termes, il est nécessaire parmi les différentes compensations prévues dans le cadre des interventions urbanistiques à renforcer, de se focaliser sur la composante concernant le taux de perméabilité, de petite et grande dimension. Plus concrètement, ce premier point pourrait, après avoir définies et autorisées les orientations politico-administratives par les autorités municipales, être mis en place à travers la définition des critères pour les plans de régénération urbaine (voir les points suivants).

b) Invariance hydrique et hydrologique

L'invariance hydrique est le principe sur la base duquel les débits maximums d'écoulement des eaux pluviales depuis les zones urbaines dans les bassins naturels ou artificiels en aval, ne sont pas plus importants que ceux qui existaient avant l'urbanisation ; l'invariance hydrologique est le principe sur la base duquel à la fois les débits et les volumes des écoulements déchargés depuis les zones urbanisées dans les bassins naturels ou artificiels ne sont pas plus importants que ceux qui existaient avant l'urbanisation.

À ce jour, le plan urbanistique est totalement dépourvu d'une analyse appropriée de la compatibilité des prévisions avec les concepts d'invariance hydrique/hydrologique liés aux transformations territoriales, visant à mieux protéger le tissu urbain et périphérique contre les risques hydrauliques et environnementaux et garantir le fonctionnement correct du réseau de drainage urbain. Nous constatons à ce propos, une lacune importante qui impose une action urgente. Nous signalons en effet un profond déséquilibre entre le PUC et le Plan de Bassin en vigueur, tant du point de vue de l'invariance hydraulique que du point de vue de la perméabilité des sols ; en effet, le cadre réglementaire du Plan de Bassin Ambito 20, visant à atténuer les effets des interventions pour une imperméabilisation des sols et améliorer le système d'évacuation des eaux de surface et en favoriser la réutilisation, définit des orientations contraignantes tant du point de vue de la planification que du point de vue de la conception de chaque intervention, des orientations qui auraient dû être transposées dans l'instrument urbanistique municipal.

La réglementation devrait donc prévoir les prérequis d'invariance hydrique/hydrologique à chaque fois qu'une intervention, qu'il s'agisse d'une

nouvelle construction, d'un agrandissement, d'une restructuration urbaine, etc., a un impact significatif sur le territoire et définir les contenus indispensables du projet venant soutenir ladite intervention (projet d'invariance hydrique/hydrologique), comme cela se fait déjà dans la ville métropolitaine de Gênes. Pour une meilleure gestion des eaux, l'instrument devrait prévoir un barème de priorités dans la gestion de l'"évacuation" des volumes dérivant de l'imperméabilisation, comme, en ordre décroissant : (1) réutilisation des volumes stockés (arrosage, lavage des sols, etc.) ; (2) infiltrations dans le sous-sol; (3) déversement dans un bassin superficiel naturel ou artificiel ; (4) déversement dans le réseau de drainage urbain (à autoriser uniquement en cas d'impossibilité de recourir aux précédentes modalités). Il est évident que les mesures d'invariance hydrique et hydrologique, appliquées pour encourager la participation de chaque proposant aux charges liées à l'impact hydrique et environnemental ainsi qu'à l'augmentation du risque hydrique suit aux interventions précédemment mentionnées, doivent être différenciées en fonction des caractéristiques de perméabilité du sol, de l'importance des interventions, des caractéristiques du réseau d'évacuation, des caractéristiques des réseaux de drainage urbain/extraurbain recevant un nouvel apport d'eaux pluviales et de la dépendance des effets de nouvel apport sur les bassins finaux en termes de capacités des tronçons soumis à une augmentation de débit.

Cette différenciation implique nécessairement, comme nous l'avons précédemment souligné, de devoir approfondir les connaissances territoriales pour ce qui concerne la perméabilité des sols des zones urbaines (surtout) et extraurbaines, les situations critiques du réseau hydrique principal et également du réseau moins important, l'efficacité des réseaux de drainage urbain, etc., sans oublier l'urgence de rédiger le plus rapidement possible une analyse hydrique détaillée concernant les zones les plus significatives du territoire municipal.

c) Réseaux écologiques et espaces verts urbains

Le principe de continuité écologique doit être entièrement revu et approfondi. Les indications fournies par le PUC actuel dans les districts de transformation concernant la formation de couloirs écologiques doivent être plus efficaces en termes de réglementation au bénéfice du réseau écologique urbain. Le projet d'un réseau vert et bleu "fort", de grande importance structurelle, capable d'intégrer la continuité du réseau écologique régional (RER) également dans l'espace urbain, pourrait se révéler particulièrement décisif pour les retombées sur l'adaptation climatique, à l'exemple des villes françaises. Les retombées climatiques et en termes d'augmentation de la résilience d'un renforcement du réseau seraient évidemment particulièrement importantes. Après avoir effectué les analyses nécessaires, le projet du réseau peut se faire dans des délais relativement courts et pourrait, à titre expérimental, faire partie des instruments définis aux points précédents.

Vu les changements climatiques et les prévisions infrastructurelles du PUC qui prévoit encore dans certains cas, la possibilité de construire des pontons pour la réalisation de routes, il est inévitable de devoir procéder, si possible, à la réouverture et à la renaturalisation de fossés et canaux de drainage pour préserver la ressource hydrique, améliorer la réponse hydraulique, en augmenter la visibilité au niveau urbain et sensibiliser les habitants.

d) Consommation du sol

Le sujet est vaste et largement affronté dans la littérature. Aujourd'hui il semblerait que l'un des objectifs communs est d'avoir éliminé une grande partie des prévisions résiduelles d'expansion dans les zones de collines, en menant à bien le projet de l'administration municipale qui au début 2018 avait proposé

e) Campagne urbaine et terres non cultivées

6.5 Instruments

55

6.6 Interventions pour l'identification des instruments de drainage urbain durables (SDUD).

La vulnérabilité d'un territoire et d'une ville ne dépend pas uniquement de l'imperméabilisation des sols mais également des modalités de gestion des eaux. Pendant des dizaines d'années, les réseaux d'évacuation ont été dimensionnés en fonction des précipitations/inondations liées à des temps de retour déterminés (qui ne sont plus adaptés aux variations climatiques présentes et surtout futures) et le réseau hydrographique mineur a été interrompu voire éliminé dans plusieurs zones. Les variations climatiques et la récente urbanisation ont mis en crise le système dans plusieurs villes ; les pluies intenses et de courte durée, les imperméabilisations et les urbanisations des zones à risque ont engendré une hausse des débits des crues et la pollution des eaux du réseau hydrographique.

Relever ces nouveaux défis demande une approche intégrée au territoire pour en réduire la vulnérabilité globale. Les réseaux de drainage urbain (SUDS) ont tendance à rééquilibrer le cycle de l'eau dans le système urbain, en réduisant l'impact du développement anthropique et la quantité d'écoulement, et en maximisant les opportunités liées à la qualité du paysage, comme l'exploitation, la biodiversité, le microclimat, etc. Les SUDS sont des interventions qui ont pour but de :

- réduire les effets hydrologiques-hydrauliques de l'imperméabilisation provoquant une accélération des écoulements en surface et une augmentation des risques d'inondation;
- améliorer la qualité des eaux, fortement altérée par les agents polluants répandus, provenant essentiellement de la circulation routière et du ravinement des routes en raison de la pollution organique provenant des réseaux d'égouts;
- intégrer le design des espaces verts dans la ville en améliorant le paysage urbain et le microclimat.

Une gestion durable correcte de l'eau, comme objectif d'une meilleure réponse hydrologique et hydrique du territoire municipal en vue d'une adaptation aux changements climatiques, peut se faire de la façon suivante : (1) vision unitaire des bassins hydrographiques ; (2) retenir le plus possible les eaux en amont; (3) augmenter la flexibilité et la multifonctionnalité des portions de bassins hydrographiques ; (4) reconnecter et requalifier le réseau hydrographique mineur ; (5) minimiser les volumes prélevés et la circulation "artificielle" de l'eau prélevée ; (6) favoriser la réutilisation de l'eau ; (7) minimiser les volumes d'eau propre dans les réseaux de drainage urbain ; (8) minimiser et compenser les superficies imperméabilisées ; (9) équiper les bâtiments d'un dispositif d'adaptation aux inondations.

Les SUDS ont plusieurs fonctions, depuis celles strictement liées à la gestion des débits d'eau (laminage, rétention et infiltration) et celles liées à l'amélioration de la qualité des eaux et du paysage. Chaque type d'ouvrage peut donc avoir une ou plusieurs fonctions prédominantes, mais une conception scrupuleuse peut insérer de multiples fonctions augmentant ainsi les prestations des interventions.

Pour mieux comprendre les différents domaines d'application des SUDS et de leurs fonctions, se reporter aux "bonnes pratiques" décrites ci-après, utilisées pour différents types d'ouvrages dont des interventions sur cours d'eau, zones inondables, infrastructures, espaces ouverts urbains, bâtiments, sols drainants, etc.

INTERVENTIONS SUR LES COURS D'EAUX RÉSEAU MINEUR OÙ Milieu fluvial, paysages en transformation POURQUOI Pour ralentir l'écoulement des eaux, augmenter l'espace fluvial et les fonctions des cours d'eau OCCASION/MOTEUR POUR Requalification du paysage Augmentation de la biodiversité Opportunités d'exploitation	QU'EST-CE-QUE C'EST ? Il s'agit d'actions visant à augmenter l'espace fluvial et sa diversification morphologique et, si possible, d'habitat À QUOI ÇA SERT ? Requalifier le paysage, atténuer le risque d'inondation, augmenter la biodiversité, améliorer la qualité de l'eau, augmenter la superficie filtrante du lit du fleuve Réalisées avec des modalités intégrées, elles peuvent : • améliorer le paysage naturel • garantir la présence de zones humides permanentes pour assurer la croissance de la végétation hygrophile et de sa faune, à travers une intervention sur les berges, • développer l'exploitation de la zone, en tout ou partie. Cette opportunité devra être analysée en fonction des besoins de non interférence avec la faune (par exemple dans les périodes de nidification) ; il sera donc nécessaire de décider si et où réaliser des structures d'accès et de rapprochement de la zone humide QUELLES SONT LEUR DIMENSION? Très variable en fonction de la place disponible. S'il est décidé d'opter également pour les fonctions dépuratives, il serait opportun de conserver une zone de végétation sur la berge d'au moins 12-15 mètres pour en garantir la fonctionnalité écologique. Plus la zone est large et en contact avec l'eau, plus les effets sur la qualité de l'eau et la biodiversité sont efficaces.
---	---

ZONES INONDABLES ET BASSINS DE RÉTENTION OÙ Milieu fluvial, milieu rural Espaces urbains et périurbains ouverts POURQUOI Pour intercepter l'eau et la laisser s'écouler progressivement OCCASION/MOTEUR POUR Requalification du paysage Augmentation de la biodiversité Opportunités d'exploitation	QU'EST-CE-QUE C'EST ? Il s'agit de bassins artificiels réalisés en exploitant la conformation du terrain ou en réalisant des excavations ou des remblais À QUOI ÇA SERT ? À intercepter, retenir et contenir - grâce également à la réalisation d'ouvrage de rétention et de régulation - les crues des cours d'eau (en retenant une quantité d'eau suffisante pour atténuer les ondes de crue et en les laissant s'écouler éventuellement avec un déphasage temporel) ou les eaux pluviales drainées des surfaces imperméables (par exemple par les infrastructures). Réalisées avec des modalités intégrées, elles peuvent : • être intégrées de façon efficace dans le paysage en exploitant les conformations naturelles du terrain comme les anses, les lits majeurs et en limitant à la fois les mouvements de terre et l'infrastructure des ouvrages de rétention et de libération • garantir également des fonctions de phyto-épuration • garantir la présence de zones humides permanentes pour assurer la croissance de la végétation hygrophile et de sa faune, à travers la différenciation des niveaux de rétention prévus sur différentes zones du bassin QUELLES SONT LEUR DIMENSION ? En fonction des besoins et de la place disponible, de petits bassins de rétention pourront être réalisés ou bien de véritables zones d'expansion, qui sont cependant plus difficiles à réaliser, à gérer et à intégrer écologiquement dans le paysage.
--	--

SYSTÈMES DE DRAINAGE URBAIN APPLIQUÉS AUX INFRASTRUCTURES	QU'EST-CE-QUE C'EST ? Il s'agit de systèmes de drainage urbain appliqués aux infrastructures dédiés à la circulation piétonne, cycliste, routière et ferroviaire. Il s'agit à la fois d'infrastructures nouvellement construites et à la fois et surtout de structures routières transformées et restructurées : par exemple les routes extraurbaines qui, après l'essor résidentiel, ont été englobées dans de nouvelles interventions de parcellisation et ont donc besoin d'être revues et équipées pour la nouvelle situation. En général, les solutions pour le drainage urbain à utiliser dans les infrastructures pourront concerner tous les éléments de la structure routière : les sols, les fossés, les accotements herbeux, les arbres, les ronds-points, les parkings, les pistes cyclables, les trottoirs et toutes les parties de l'infrastructure potentiellement responsables de l'interception et de la dispersion des eaux pluviales. À QUOI ÇA SERT ? À intercepter et évacuer les eaux pluviales et pour les concentrations non excessives d'agents polluants (eaux de deuxième pluie), pour éliminer et/ou retenir les agents polluants en restituant des eaux de qualité qui puisse être répandues et infiltrées au lieu d'être envoyées à la collecte des réseaux des eaux blanches et usées. QUELLES SONT LEUR DIMENSION ? En fonction du type d'ouvrage, du contexte, des besoins et de la place disponible.
FOSSÉS VÉGÉTAUX OÙ Milieu urbain et périurbain, Zones résidentielle et de production, parkings POURQUOI Pour intercepter l'eau, éliminer et infiltrer les eaux drainées par les infrastructures OCCASION/MOTEUR POUR Requalification, récupération et valorisation des marges Valeur esthétique et perceptive Reconstruction de l'image urbaine Réduction des canalisations (ouvrages gris) Requalifications et récupération du paysage, Augmentation de la biodiversité	QU'EST-CE-QUE C'EST ? Il s'agit de dépressions et/ou d'affaissements situés à côté des zones imperméabilisées, où l'eau n'est pas toujours présente. À QUOI ÇA SERT ? À intercepter l'eau, éliminer et infiltrer les eaux drainées par les infrastructures, en ralentissant l'écoulement et en éliminant les agents polluants. Il s'agit d'une variante du canal, avec la plantation d'espèces hygrophiles ou d'un tapis herbeux en fonction du cadre et des besoins. La dépression recueille l'eau drainée, ralentit l'écoulement et élimine au moins en partie les agents polluants. Possibilité d'utilisation : • comme élément de liais à un réseau de collecte prévu • comme lieu d'infiltration si la qualité de l'eau drainée le permet C'est une solution qui s'intègre facilement dans le contexte urbain et qui demande une maintenance réduite de la végétation, avec l'élimination régulière des déchets et la gestion d'éventuels problèmes d'écoulement ou d'obstructions qui sont facilement détectables. En Californie, ces fossés dit 'biofossés' sont utilisés pour éliminer les eaux pluviales sur les parkings et les routes en général. QUELLES SONT LEUR DIMENSION ? Elle varie en fonction des besoins (par exemple du débit hydraulique), du contexte, de la place disponible et du niveau d'intégration dans le paysage et de multifonctionnalité souhaité.

SYSTÈMES DE DRAINAGE URBAIN APPLIQUÉS AUX ESPACES URBAINS OUVERTS	QU'EST-CE-QUE C'EST ? Il s'agit de systèmes de drainage urbain appliqués aux espaces urbains ouverts, à savoir les zones non construites, se trouvant essentiellement dans le tissu résidentiel, commercial ou industriel ; ils peuvent être publics ou privés, comme les zones autour des résidences ou des superficies de grandes, moyennes et petites dimensions ou encore être résiduels. Les solutions de drainage seront déclinées pour chaque espace ouvert, avec comme objectif l'interception et la dispersion des eaux pluviales. À QUOI ÇA SERT ? À intercepter et évacuer les eaux pluviales drainées depuis les superficies imperméabilisées limitrophes, avec la réalisation de petits bassins de rétention et la présence également d'un espace vert. En fonction de la présence plus ou moins permanente de l'eau, on fait généralement une distinction entre 'rain garden' et 'pond' à savoir des étangs de rétention d'eau. QUELLES SONT LEUR DIMENSION ? Les dimensions varient en fonction du contexte, des besoins et de la place disponible.
ÉTANGS DE RÉTENTION OÙ Espaces ouverts urbains et périurbains POURQUOI Pour intercepter, retenir et libérer progressivement les eaux pluviales OCCASION/MOTEUR POUR Valeur esthétique et perceptive Reconstruction de l'image urbaine Réduction des canalisations (ouvrages gris) Requalification, récupération et valorisation des marges Augmentation de la biodiversité Opportunités d'exploitation	QU'EST-CE-QUE C'EST ? Il s'agit de bassins artificiels - plus ou moins naturels - qui interceptent les eaux pluviales drainées depuis les superficies imperméables environnantes. À QUOI ÇA SERT ? À intercepter, retenir et répandre les eaux pluviales, collectées par les superficies imperméabilisées environnantes et, à l'aide des espèces hygrophiles implantées exprès, à réaliser des processus de sédimentation et de dégradation des matières organiques et des agents polluants. En fonction de la taille, de la conformation morphologique et du contexte, ils peuvent : • garantir la retenue d'importants volumes d'eau, afin de permettre le laminage des crues en cas de pluies intenses • qualifier et diversifier l'image urbaine • interagir, dès les phases de planification et de conception, avec les nouvelles parcellisations en garantissant aux sites de transformation, une intégration parfaite dans le paysage, un aspect naturel raffiné, des fonctions récréatives et d'exploitation. S'agissant de fait de zones humides permanentes 'artificielles', ils pourraient souffrir en cas de sécheresse prolongée avec parfois la nécessité de devoir intervenir pour éviter que les espèces hygrophiles implantées souffrent. La gestion ordinaire de l'étang prévoit en revanche la nécessité d'intervenir régulièrement pour couper et contrôler la végétation herbeuse et remettre éventuellement en état le site après des événements météorologiques intenses. QUELLES SONT LEUR DIMENSION ? Elle varie en fonction du contexte, des besoins et de la place disponible. Il est possible de réaliser des petits étangs de rétention, avec un caractère par exemple plus artificiel, ou de véritables zones humides de vastes dimensions, avec un aspect nettement plus naturel.

RAIN GARDEN OÙ Espaces ouverts urbains et périurbains POURQUOI Pour intercepter, retenir et libérer progressivement les eaux pluviales OCCASION/MOTEUR POUR Valeur esthétique et perceptive Reconstruction de l'image urbaine Réduction des canalisations (ouvrages gris) Requalification, récupération et valorisation des marges Augmentation de la biodiversité Opportunités d'exploitation	QU'EST-CE-QUE C'EST ? Il s'agit d'espaces verts caractérisés par de petites dépressions, qui interceptent les eaux pluviales et en permettent l'infiltration graduelle dans le sol grâce à un substrat de sable et de graviers. Ils sont souvent réalisés dans les espaces verts dans les zones résidentielles ou dans des quartiers entiers. À QUOI ÇA SERT ? À intercepter, retenir et répandre les eaux pluviales, collectées par les surfaces imperméabilisées environnantes avec un double objectif : • hydraulique/hydrologique, permettre la rétention temporaire des eaux pluviales de première pluie • qualifier et diversifier l'image urbaine • qualitatif, épurer les eaux collectées à travers des mécanismes biologiques (phytoépuration par la végétation) et à travers l'action mécanique du substrat de sable et de graviers. S'agissant de systèmes de drainage à réaliser dans différents types d'espaces verts de tailles différentes, les solutions devront prévoir une intégration parfaite dans le paysage et le dimensionnement des rain garden (actions facilitées en cas de planification contextuelle des parcellisations). La fonction d'aménagement urbain devra également être prise en considération par exemple en cas de réalisation de platebandes ou ronds-points. Comme pour les étangs de rétention, la gestion ordinaire de l'étang prévoit en revanche la nécessité d'intervenir régulièrement pour couper et contrôler la végétation herbacée et remettre éventuellement en état le site après des événements météorologiques intenses. QUELLES SONT LEUR DIMENSION ? Elle varie en fonction du contexte, des besoins et de la place disponible. Il est possible de réaliser des petits rain garden sur le bord des routes ou à proximité des habitations, ou bien de véritables systèmes de captation et infiltration des eaux qui participent également au système des espaces verts de lots entiers.
--	--

INTERVENTIONS SUR LES BÂTIMENTS OÙ Espaces urbains et périurbains. Milieu rural. En montagne. Dans les zones résidentielles ou industrielles POURQUOI Pour intercepter, retenir et libérer progressivement les eaux pluviales OCCASION/MOTEUR POUR Réduction des canalisations Valeur esthétique et perceptive Reconstruction de l'image urbaine	QU'EST-CE-QUE C'EST ? Il s'agit d'interventions liées à la gestion des eaux pluviales appliquées aux bâtiments. À QUOI ÇA SERT ? : À protéger les bâtiments, intercepter et écouler progressivement et réutiliser les eaux pluviales. Font partie de ce type d'interventions, les toits végétalisés et les citernes. Les toits végétalisés permettent au oins en partie de rétablir le cycle naturel de l'eau : • en favorisant l'évapotranspiration et l'infiltration • en réduisant l'écoulement superficiel et d'évacuation • en écoulant progressivement les eaux pluviales captées. Par ailleurs, la présence d'un toit végétalisé améliore l'isolation du bâtiment et peut contribuer à améliorer son intégration dans le paysage. En fonction des besoins, la végétation peut être de type intensive (exploitation, possibilité d'implantation d'arbustes et d'arbres, entretien moyen-élevé) ou de type extensive (accessibilité réduite, possibilité d'implanter uniquement des espèces herbacées, entretien réduit). Les citernes en revanche permettent de gérer les eaux pluviales dans le domaine public ou privé en les stockant et en les réutilisant. QUELLES SONT LEUR DIMENSION ? Pour les toits végétalisés, les dimensions varient en fonction de la place disponibles et de la capacité des structures porteuses. Les dimensions des citernes doivent être calculées en fonction du régime pluvieux et du besoin de réutiliser sur place les eaux collectées.
--	---

SOLS DRAINANTS OÙ Espaces urbains et périurbains. Milieu rural. En montagne. Dans les zones résidentielles ou industrielles Espaces ouverts publics et privés POURQUOI Pour permettre l'infiltration des eaux pluviales OCCASION/MOTEUR POUR Réduction des canalisations Valeur esthétique et perceptive Reconstruction de l'image urbaine Requalifications paysagères environnementales	QU'EST-CE-QUE C'EST ? Il s'agit de revêtements de sols perméables. À QUOI ÇA SERT ? À permettre l'infiltration des eaux pluviales et d'alimenter les nappes phréatiques, en réduisant les superficies imperméables et donc les ouvrages d'interception, de collecte et d'élimination des eaux pluviales. Outre ces fonctions, les sols drainants peuvent être utilisés dans de multiples projets permettant de diversifier et caractériser l'image urbaine : la variété des matériaux présents sur le marché et dans la nature, permettent de travailler sur l'identité des lieux et sur la qualité des espaces ouverts imaginés. Les sols drainants incluent : • superficies de graviers, sable calcaire ou enrobé drainant • pierres naturelles ou travaillées, dalles de pierres ou autre matériau • éléments préfabriqués ou pavés autobloquants, • green-block et gazon armé en général. L'utilisation de sols drainant peut être associée à d'autres ouvrages de drainage urbain, permettant ainsi de réunir les fonctions utiles (itinéraires, parkings, aires de repos, etc.) aux fonctions hydrauliques (infiltration) et esthétiques et perceptives. QUELLES SONT LEUR DIMENSION ? Elle varie en fonction du contexte, de la place disponible et du type de matériau utilisé. Il est possible de réaliser des petites superficies drainantes - par exemple à proximité des habitations - ou bien de véritables systèmes d'infiltration des eaux dans les espaces publics ouverts ou dans les parkings.
--	---

6.7 Règlement de la Police de l'eau

Les cours d'eau sont propriétés de l'État en raison de l'évidente utilité publique des ressources, de sa sauvegarde pour en préserver la qualité et l'utilisation dans le temps, en évitant toutes interactions négatives qui puissent compromettre la disponibilité, mais également pour éviter que les crues puissent endommager les infrastructures publiques et privées ainsi que les habitations. Ce dernier objectif impose que les activités humaines interférant avec les cours d'eau aient des caractéristiques de compatibilité à même de garantir le bien public.

Aux termes de l'article 56 du décret-loi n. 152/2006 : "l'activité de programmation, planification et exécution des interventions" visant à "garantir la protection, l'assainissement du sol et du sous-sol, l'assainissement hydrogéologique du territoire à travers la prévention des phénomènes d'éboulements, la mise en sécurité des situations à risque et la lutte contre la désertification" (art. 53) doivent aller de pair avec la réalisation de différentes activités, dont notamment au point i) : "le déroulement fonctionnel des services de police de l'eau, navigation interne et la gestion des installations relatives". Le deuxième alinéa de l'article susmentionné précise que les activités en question soient effectuées conformément aux critères, aux méthodes et aux standards visant à garantir : "des conditions de sauvegarde de la vie humaine et du territoire, y compris les habitations et les biens" et des "modalités d'utilisation des ressources et des biens et de gestions des services inhérents".

Le texte de la loi n. 365 du 11 décembre 2000 "Transposition en loi par modification du décret-loi du 12 octobre 2000" n. 279 portant sur les interventions urgentes pour les zones à risque hydrologique très élevé et en matière de protection civile", à l'article 2 de l'annexe, accorde une importance particulière non seulement aux interventions de remise en état mais aussi à "... une activité extraordinaire de surveillance et de reconnaissance le long et à proximité des cours d'eau, ainsi que dans les zones appartenant à l'État, à travers des visites sur place pour identifier les situations pouvant présenter le plus de risques, imminents et potentiels, pour les personnes et les biens...". Le deuxième alinéa du même article 2 prévoit que l'activité de contrôle soit faite en accordant une attention particulière aux points suivants:

- ouvrages et habitations présents sur le lit du fleuve et à proximité ;
- rétrécissements dans les sections d'écoulement dus aux ponts ou à d'autres ouvrages existants ;
- situations empêchant l'écoulement régulier des eaux, notamment les accumulations de déchets inertes et les ouvrages de dragage relatifs ;
- situations d'éboulements, en cours ou potentiel, des berges et des rives ;
- efficacité et fonctionnalité des ouvrages hydrauliques existants et leur état de conservation ;
- tout autre élément pouvant représenter une situation à risque.

Une gestion correcte du réseau d'eau peut donc influencer de façon significative la protection et la valorisation de l'environnement et de l'équilibre hydrique avec des retombées fondamentales en termes de sécurité. Ceci est particulièrement vrai pour la Ligurie où l'activité de défense du sol est fortement conditionnée par :

- une vaste et importante anthropisation dans les plaines et les fonds de vallée, où la densité urbaine importante a progressivement rétréci les lits naturels des fleuves et éliminé peu à peu les zones de laminage naturel des crues, créant ainsi des situations critiques importantes du point de vue hydrique, aggravées par l'augmentation progressive des crues en raison de facteurs climatiques et anthropiques ;
- une altération importance des rives des fleuves ;
- une réduction progressive des ressources financières destinées à la défense du sol, compte tenu de la nécessité de réaliser d'importants ouvrages structurels de défense contre les inondations et de stabilisation des versants sujets à l'éboulement et de garantir l'efficacité dans le temps des ouvrages réalisés à travers un monitoring constant ;
- la nécessité de destiner des ressources aux ouvrages de laminage des écoulements provenant du drainage urbain (système de collecte et d'élimination des eaux pluviales) afin d'éviter une hausse ultérieure de l'importance des crues ;
- la nécessité de limiter la consommation du sol dans le but de surmonter et remédier aux altérations qui se sont vérifiées lorsque l'expansion aveugle des zones urbaines était fortement encouragée ;
- la présence de situations illégales répandues à identifier et régulariser, en récupérant les redevances relatives.

D'où le besoin urgent de travailler à la rédaction d'un règlement de Police de l'eau, à savoir d'une activité technico-administrative pour le contrôle des activités de gestion et de transformation du domaine hydrique et du sol en bordure des corps hydriques, dans le but de protéger et de préserver les cours d'eau et tout ce qui les concerne.

Pour rédiger le document, il faudra avant tout effectuer une reconnaissance de l'ensemble du réseau hydrique de surface sur le territoire municipal, en en identifiant les compétences et en collaboration étroite avec les autorités compétentes en la matière. L'activité de la Police de l'eau devra ensuite être réglementée pour le réseau hydrique identifié, en définissant les zones tampon des cours d'eau, ainsi que les activités interdites ou pour lesquelles une concession ou une autorisation hydrique est nécessaire, dans le but de : (i) améliorer la sécurité hydrique du territoire à travers le contrôle et la maintenance des ouvrages et des habitations interférant avec le lit des fleuves et les zones inondables respectives en cas de crue ; (ii) favoriser la récupération des zones fluviales dans le système régional des espaces verts et des grands couloirs écologiques ; (iii) garantir la conservation de la fonctionnalité des lits de fleuves, également à travers le déroulement correct des activités de la Police de l'eau ; (iv) dissuader les utilisations du sol incompatibles avec la sécurité hydrique et l'équilibre environnemental ; (v) encourager la délocalisation des habitations incompatibles et l'adaptation des ouvrages perturbateurs ; (vi) réaliser des interventions qui ne modifient pas négativement les objectifs de qualité environnementale, avec une attention particulière pour

la protection des zones tampon des cours d'eau dans le but de préserver les paysages, les zones humides et arrêter la perte de la biodiversité.

6.8 Lignes directrices pour la conception/réalisation des ouvrages de défense hydraulique et des infrastructures

La gestion du risque hydrologique est une question particulièrement complexe. Une chaîne de processus fortement "non linéaires", en commençant par le climat qui représente l'un des principaux agents de forçage, souvent résistants à toute forme de simplification et qui imposent, justement, d'être traités avec des instruments capables d'expliquer tout d'abord puis de gérer la complexité.

Les éboulements de terrain sont le résultat d'une chaîne d'événements que les ouvrages structurels à eux seuls ne sont pas intrinsèquement en mesure de freiner totalement, alors qu'ils furent pendant longtemps considérés comme les seuls capables de contraster ce type d'événements et les dommages provoqués par les inondations. Dans un tel contexte, une approche intégrée est donc nécessaire dans le cadre de laquelle la collaboration proactive des territoires, la multifonctionnalité des interventions, l'intégration des différentes stratégies d'atténuation du risque ne sont que quelques unes des armes qui, toutes ensemble, permettent de lutter efficacement contre les éboulements au sens le plus large. D'un autre côté, c'est justement cela l'esprit de la Directive européenne 2007/60/CE qui repose sur deux principes clés : "évaluation" et "gestion" du risque. Il est donc plus que jamais souhaitable que dans le cadre des procédures d'appels d'offre pour les services de conception et d'attribution des travaux, en l'occurrence des ouvrages de défense hydraulique et infrastructurels, des lignes directrices spécifiques soient définies afin de valoriser les aspects concernant la résilience des ouvrages face aux changements climatiques à travers l'utilisation de critères/notes pour tous ceux qui prendront en considération ce type de vision holistique.

La "gestion" du risque implique inéluctablement une approche de planification progressive qui, sur la base d'analyses quantitatives entre coûts et bénéfices, puisse permettre à la Ville d'allouer de façon réfléchie et appropriée les ressources disponibles pour les ouvrages hydrauliques et les infrastructures. Un autre élément clé est l'"analyse" du risque : l'ouvrage n'est pas un élément à part entière qui à lui seul est capable de résoudre n'importe quel problème, mais c'est un élément vivant dans un contexte spatial et temporel qui doit être connu et analysé ; le risque doit être en effet analysé dans les scénarios *ante operam* et *post operam* de façon à aider le décideur à travers l'analyse différentielle, qualitative et quantitative. Autre élément non moins important : l'évaluation d'un projet et donc de l'ouvrage qui en dérive, dans le but d'obtenir des prestations pour sollicitations en dehors de ce que l'on appelle le point de projet et de la résilience relative par rapport aux facteurs de forçage altérés en termes d'intensité et de fréquence, par la dynamique du climat désormais en cours. Le concepteur est donc ainsi appelé à privilégier une vision plus intégrée du territoire et des stratégies globales de la gestion du risque résiduel. Cette vision intégrée implique par ailleurs de traiter et de gérer les aspects environnementaux liés à la conception/réalisation d'un ouvrage. En effet, la présence d'un ouvrage sur un territoire ne peut pas ne pas tenir compte d'un contexte qui, de façon plus ou moins marquée, sera altéré.

Un autre aspect stratégique est la capacité de prévoir le comportement de l'ouvrage tout au long de sa durée de vie. Un ouvrage, depuis le chantier jusqu'à son élimination définitive, passe par différentes phases de vie au cours desquelles les scénarios de risque du territoire se modifient également de façon significative. Il s'agit des différentes configurations dues aux travaux, à la réalisation d'autres travaux, aux inévitables processus de dynamique territoriale face auxquels l'ouvrage doit faire preuve de résilience, en garantissant une "largeur de bande" (en termes de rendement par rapport aux sollicitations) suffisamment importante.

Sur la base de ce qui précède et en reprenant les éléments déjà spécifiés dans le document "Lignes Directrices pour les activités de programmation et de conception des interventions pour contraster le risque hydrologique" d' #ItaliaSicura, il sera nécessaire de définir les critères et les modalités dans le cadre de la procédure d'appels d'offre pour les services de conception et de marché de travaux (ouvrages hydrauliques et infrastructurels) qui tiennent compte en quelques mots des points suivants :

- analyse du risque et définition des critères de gestion (la programmation et la conception des interventions devraient reposer sur des critères d'analyse du risque et de sa gestion de parties de territoire qui, directement ou indirectement, pourraient souffrir des effets de l'intervention) ;
- analyse comparée des différentes options techniques à travers des méthodes, même simplifiées, d'analyse des coûts/bénéfices (évaluation des bénéfices en termes de dommages futurs évitables pendant le cycle de vie de l'ouvrage, en les comparant aux coûts de réalisation et de maintenance de l'ouvrage et de gestion du risque) ;
- cohérence de l'intervention avec la planification et la programmation en vigueur (les actions pour la gestion du risque hydrologique devraient être organiquement intégrées dans le cadre d'un contexte spécifique de planification et de programmation) ;
- analyse systémique/aspects spatiaux notamment sur les phénomènes induits et la non aggravation du risque au niveau du bassin hydrographique (la conception devrait tenir compte des dynamiques au niveau du bassin à travers une approche hiérarchique qui tienne compte de l'impact de l'intervention sur l'ensemble des phénomènes, de façon à intercepter correctement et éviter toutes conséquences et effets secondaires éventuels des interventions sur des situations voire même distantes dans le temps et l'espace) ;
- analyse systémique/aspects temporels et contrôle tout au long du cycle de vie de l'ouvrage (le projet devrait analyser les interférences et les impacts tout le long du cycle de vie de l'ouvrage, notamment depuis le premier chantier jusqu'à la fin de son exploitation) ;
- évaluations hydrologiques et hydrauliques-fluviales spécifiques (ces évaluations devraient tenir compte des caractéristiques climatiques et hydrographiques du contexte territorial aux différentes échelles spatiales et temporelles concernées) ;
- retombées de l'intervention sur la morphologie fluviale, côtière et de versant (le projet devrait prévoir des études appropriées et un programme de suivi de l'impact morphodynamique au fil du temps) ;
- retombées de l'intervention sur l'écosystème fluvial, des berges et côtier et sur la qualité des eaux (les interventions pour la gestion du risque hydrologique peuvent conditionner de façon même significative, les processus morphologiques fluviaux à différentes échelles spatiales et temporelles ; ces impacts devraient donc être considérés dans le projet en fonction de son extension et de son importance) ;
- retombées sociales et économiques de l'intervention (tant au moment de la programmation qu'au moment de la conception, il serait nécessaire de tenir compte, à différents niveaux, des complexités et impacts urbains spécifiques, et plus en général, de la gestion du territoire sur les processus sociaux et économiques en cours) ;
- considérations sur la résilience de l'intervention, également par rapport aux scénarios de changements climatiques (il faudrait analyser la réponse de l'intervention au niveau du "point du projet", en privilégiant des solutions techniques qui garantissent des prestations aussi stables que possible par rapport aux variations de fréquence correspondant à la sollicitation prévue).

Le principal objectif stratégique du Plan d'adaptation est d'élaborer une vision territoriale sur comment affronter les effets des changements climatiques (notamment ceux liés aux événements de températures et précipitations extrêmes), en définissant une série d'actions d'adaptation visant à minimiser les risques dérivant des changements climatiques, protéger la population et les biens et préserver le patrimoine naturel, améliorer la capacité d'adaptation des systèmes naturels, sociaux et économiques, en tirant profit autant que possible des opportunités qui pourraient se présenter avec les nouvelles conditions climatiques.

Bien qu'il n'existe pas de définition univoque d'"action d'adaptation optimale", il est indispensable que ces actions garantissent la réalisation des objectifs sans en même temps créer des retombées négatives sur d'autres contextes, secteurs ou groupes concernés. Après cette indispensable introduction, une action d'adaptation doit, pour être efficace, reposer sur les principes fondamentaux suivants (proposés par la SNAC - Stratégie Nationale d'Adaptation aux Changements climatiques - 205) :

le secteur hydrique et agricole où les impacts des changements climatiques sur le rendement et la qualité peuvent être significatifs, la recherche et l'innovation jouent un rôle important pour arriver à des systèmes de production résilients et flexibles;

- considérer la complémentarité de l'adaptation par rapport à l'atténuation : adaptation et atténuation ne se contredisent pas l'une avec l'autre, mais représentent deux aspects complémentaires de la politique sur les changements climatiques. Sans actions d'atténuation efficaces planifiées en temps et en heure, l'importance des conséquences sera telle que l'adaptation sera plus coûteuse voire même parfois, inefficace. L'adaptation ne devra donc pas s'opposer aux objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre, mais devra les accompagner. Il est important par exemple de garantir la cohérence des différentes politiques et les rapports nécessaires avec d'autres plans nationaux pertinents, comme ceux pour l'efficacité énergétique et sur les sources d'énergie renouvelables ;
- agir selon le principe de la précaution face aux incertitudes scientifiques : l'incertitude sur les futures émissions de gaz à effet de serre globaux et sur la connaissance du climat futur et de ses impacts n'est pas une raison valable pour ne pas intervenir de façon préventive, car les dommages dus à une inaction peuvent être plus importants que les coûts mêmes des actions, comme l'ont démontré le rapport IPCC-AR5-WGII (IPCC, 2014) et le rapport Stern (Stern, 2006) Les actions devront se baser sur les données et l'expérience pratique, en utilisant les connaissances scientifiques les plus récentes. Les lacunes dans les connaissances devront être signalées à la communauté scientifique afin d'améliorer et de consolider dans le temps la base de connaissances. Par ailleurs, les mesures d'adaptation, notamment celles de type non structurel, impliquent globalement des bénéfices environnementaux quelle que soit l'incertitude des prévisions futures, également à grande échelle, en créant d'importantes synergies avec les politiques de durabilité environnementale.
- agir avec une approche flexible : les politiques et les actions d'adaptation devront être élaborées et planifiées au cas par cas, afin de répondre de manière efficace aux différents besoins et conditions au niveau local, en évitant d'adopter une seule approche valable pour tous les contextes. Ces interventions devront tenir compte des facteurs contextuels comme les processus environnementaux, socio-économiques, technologiques, culturels et politiques. Il est nécessaire d'adopter une approche de "gestion flexible" : pouvoir adapter les projets à l'évolution des conditions extérieures, en tenant compte de l'incertitude des développements futurs et en mettant à jour les politiques d'adaptation aux informations provenant de la communauté scientifique. Cette gestion flexible peut être mise en place en intégrant différentes mesures d'adaptation : les "mesures grises ou structurelles" qui regroupent les solutions technologiques et d'ingénierie, les "mesures vertes ou écosystémiques" prévoyant une approche basée sur les écosystèmes et les "mesures soft ou légères" qui impliquent des approches juridiques, politiques et de gestion;
- agir selon le principe de la durabilité et de l'équité intergénérationnelle : toute forme d'adaptation doit tenir compte du principe de la durabilité et de l'équité intergénérationnelle face aux ressources non renouvelables limitées. Les réponses aux impacts des changements climatiques ne devront pas porter préjudice aux intérêts des futures générations ni à la capacité d'autres systèmes naturels et des secteurs sociaux et économiques de poursuivre le processus d'adaptation. Du point de vue environnemental, il faudra donc privilégier des solutions avec des retombées positives sur l'environnement et sur les services des écosystèmes et des solutions qui favorisent et utilisent les processus naturels. En termes économiques, il s'agit de privilégier les solutions avec un meilleur rapport coûts-bénéfices (et pas seulement les coûts et bénéfices de nature économique), les solutions dites "gagnant-gagnant" (solutions permettant d'obtenir des bénéfices à la

fois du point de vue de l'adaptation et dans d'autres contextes - par ex. atténuation des changements climatiques ou réduction de la pollution environnementale), les solutions "sans regret" (des solutions permettant d'obtenir des bénéfices indépendamment de l'importance des changements climatiques). Pour ce qui concerne les aspects sociaux, il faudra considérer comme prioritaires les solutions qui ne pénalisent aucun groupe social, qui garantissent des retombées positives sur la santé et le bien-être de l'homme et qui visent à encourager la cohésion sociale. Une attention toute particulière devra être accordée aux actions de mal-adaptation, soit en d'autres termes, les actions qui n'atteignent pas l'objectif de réduire la vulnérabilité mais qui au contraire l'aggravent et/ou réduisent la capacité de faire face aux impacts négatifs des changements climatiques. Bien que ces actions produisent des bénéfices à court terme, elles ont des conséquences néfastes à moyen et long terme (par ex. actions en conflit avec les objectifs d'atténuation, actions utilisant les ressources de façon non durable, actions qui répartissent les bénéfices de l'adaptation de manière non équitable dans la société, actions qui limitent la capacité d'adaptation de certains secteurs, etc.);

- adopter une approche basée sur le risque dans l'analyse de l'adaptation : les risques et les opportunités dérivant des changements climatiques devront être analysés, évalués et comparés afin de formuler des objectifs clairs et pouvoir ainsi identifier les réponses prioritaires également sur la base de critères précis et opportuns (par ex.: urgence, efficacité, efficience, flexibilité, réversibilité, durabilité, solidité, équité, etc.);
- procéder à un contrôle régulier et à l'analyse des progrès vers l'adaptation : l'efficacité des décisions et les progrès faits dans le cadre de l'adaptation devront être constamment surveillés et analysés à l'aide d'indicateurs opportunément validés qui se basent sur les processus (pour mesurer les progrès dans la mise en place des mesures) et sur les résultats (pour mesurer l'efficacité d'une intervention). L'amélioration des connaissances disponibles, les nouveaux résultats sur les changements des conditions climatiques et les risques associés, les découvertes scientifiques qui se feront au fil du temps, pourront être inclus dans le processus d'adaptation uniquement si celui-ci sera suffisamment flexible, c'est-à-dire en mesure d'être modifié dans le temps et d'être régulièrement mis à jour.

Les événements géo-hydrologiques (inondations, coulées de débris, éboulements, érosions, effondrements) qui ont récemment frappé notre pays ont attiré de nouveau l'attention du public sur la question de l'impact des changements climatiques sur la fréquence et l'intensité d'événements extrêmes hydrologiques et géomorphologiques. Il est évident que la vulnérabilité de notre pays est en train de subir de profonds changements surtout face à des événements qui se manifestent à des intervalles de temps réduits. À tout ceci participent également l'expansion urbaine qui a intéressé l'ensemble de l'Italie de façon importante depuis l'après-guerre, l'occupation de zones auparavant disponibles pour la retenue artificielle des volumes de crues et l'abandon progressif de la maintenance et du contrôle du territoire, des éléments qui s'adaptent également au contexte territoire local.

Cet ensemble d'actions implique nécessairement de devoir approfondir ultérieurement ce qui a déjà été fait dans le cadre des différents projets en cours ou déjà réalisés concernant : (1) l'identification scrupuleuse des zones particulièrement à risque, dans le but d'attribuer la priorité aux interventions structurelles plus urgentes qui nécessairement sont confrontées aux ressources disponibles limitées en tenant compte des modifications en termes de risque dues aux changements climatiques ; (2) réévaluation des critères de conception en mettant à jour les critères hydrologiques-hydrauliques utilisés par le passé, les critères de choix des matériaux de construction particulièrement sensibles au vieillissement en raison des différentes conditions climatiques ainsi que les

critères pour l'analyse des constructions existantes et pour les éventuels travaux d'adaptation et de maintenance des structures ; (3) plus grande coordination entre les actions et les politiques mises en place par les différentes organes gouvernementaux du territoire ; (4) meilleur équilibre entre les actions structurelles et non structurelles en tenant compte de la complexité et de la fragilité du territoire (parmi les actions non structurelles, il est nécessaire de prévoir la création d'un Système de Support aux Décisions en mesure d'analyser les conditions actuelles et futures de dangerosité, vulnérabilité et risque face aux éboulements et aux inondations, avec une attention toute particulière pour les changements climatiques, appliquée à la planification globale et locale ; (5) actions pour développer et améliorer l'information et l'éducation de la population, afin d'augmenter la capacité de perception du risque climatique et environnemental.

Pour résumer, les lignes prioritaires des actions entreprises dans le cadre de ce Plan d'adaptation aux changements climatiques, et notamment concernant les points "risques hydrologiques", "ressources hydriques", "centres urbains" et "infrastructures", sont les suivantes (conformément aux lignes directrices prévues par la SNAC - Stratégie Nationale d'Adaptation aux Changements climatiques, 2015) :

- A. Développement des connaissances sur la vulnérabilité du territoire dans le but d'avoir au niveau territorial, un modèle de référence pour définir les scénarios de risque;
- B. Coordination "horizontale" entre les différentes politiques (territoriales, paysagères, environnementales, de protection civile) et "verticales" entre les différents niveaux de gouvernement du territoire;
- C. Développement des activités de surveillance des zones à risque;
- D. Approfondissement des études de vulnérabilité des zones à risque élevé ;
- E. Planification des interventions structurelles selon une liste de priorités ;
- F. Actions d'éducation de la population pour faire face aux situations d'urgence.

ACTIONS SOFT

Mise à jour du Plan de Protection Civile (a)

Domaine: Règlementation et planification

Description: La mise à jour consiste à introduire les résultats du projet Sentinelles du Territoire, de l'étude hydraulique et hydrologique du réseau hydrographique significatif en cours et des modélisations sur les dangers hydrogéomorphologiques sur le territoire de la commune, proposés par le CNR-Irpi de Pérouse, le tout dans le but de mieux connaître les situations critiques sur le territoire et d'évaluer correctement les procédures de gestion du Plan et d'alerte en cas d'urgence.

Secteur compétent: Protection civile

Autres organismes concernés : sujets indiqués par la protection civile

Responsable de l'action: M. Gianluca Rinaldi (Ingénieur)

Objectifs temporels : à moyen terme (2 ans)

Faisabilité : facile

Indicateur d'efficacité : nombre de participants aux rencontres de transfert

Description: Élaboration et approbation du règlement de la police rurale qui introduit réglementations, modalités procédurales et récompenses dans le but de récupérer les friches et de définir les règles comportementales sur la maintenance ordinaire du territoire extraurbain.

Secteur compétent: Planification territoriale

Autres organismes concernés : Région Ligurie

Responsable de l'action: MM. Gianluca Rinaldi (Ingénieur), Daniele Virgilio (Architecte), Dario Campagnolo (Géomètre)

Objectifs temporels : à court terme (1 an)

Faisabilité : facile

Coût: 0

Indicateur d'avancement : Approbation par le Conseil municipal et l'Assemblée délibérante - approbation par la Région Ligurie

Indicateur d'efficacité : Augmentation des initiatives pour la récupération des friches par les particuliers

Renforcement des systèmes et des activités de surveillance

Domaine: Gestion

Description: Optimisation et renforcement du surveillance à travers l'installation d'hydromètres (observation satellitaire) au niveau des points du réseau hydrographique et du territoire jugés comme les plus significatifs. Il est notamment prévu d'augmenter le nombre de caméras de surveillance dans les passages sous-terrain pour vérifier leurs niveaux d'inondation.

Secteur compétent: Protection civile

Autres organismes concernés : Région Ligurie, INGV

Responsable de l'action: M. Ivan Vujica (Géologue)

Objectifs temporels : à moyen terme (2 ans)

Faisabilité : moyenne

Coût: €€

Indicateur d'avancement : Surveillance des principaux paramètres hydrologiques et climatiques dans le but d'une adaptation climatique

Indicateur d'efficacité : Amélioration du catalogue d'instruments de connaissance pour supporter l'adaptation.

Réalisation de cours de formation pour les catégories professionnelles en matière d'adaptation climatique

Domaine: Communication

Description: L'administration municipale prévoit d'organiser des moments de formation professionnelle pour certaines professions (ingénieurs, géologues, architectes, géomètres, agronomes, etc.) afin de renforcer les compétences techniques pour la conception durable des ouvrages.

Secteur compétent: Planification territoriale / Construction privée

Autres organismes concernés : Catégories professionnels

Responsable de l'action: M. Daniele Virgilio (Architecte)

Objectifs temporels : à court terme (1 an)

Faisabilité : moyenne

Coût: €

Indicateur d'avancement : Nombre de professionnels et de catégories professionnelles impliqués (par type d'activité ou événement)

Indicateur d'efficacité : Augmentation du nombre de techniciens formés

Transfert de la prise de conscience des risques dérivant des changements climatiques et transfert des bonnes pratiques concernant l'adaptation à la population, aux administrateurs, entreprises, organismes

Domaine: Communication

Description: Garantir la continuité d'activités de communication du risque efficaces, destinées à la population, aux entreprises, aux administrateurs et aux techniciens publics, pour réduire les impacts des événements hydrométéorologiques et divulguer la prise de conscience du "risque résiduel", en encourageant leur participation active aux actions d'adaptation et en les sensibilisant sur les mesures possibles d'atténuation du risque. Cette action prévoit également des campagnes de promotion d'instruments économiques de gestion du risque climatique comme les assurances, les fonds de placement, etc.

Secteur compétent: Protection Civile / Politiques communautaires

Autres organismes concernés : PUA, Unipol ou similaires

Responsable de l'action:

Objectifs temporels : à moyen terme (2 ans)

Faisabilité : moyenne

Coût: €

Indicateur d'avancement : Nombre et types de porteurs d'intérêt impliqués-participants (par type d'activité ou événement)

Indicateur d'efficacité : Agrandissement du réseau d'acteurs et d'organisations impliqués dans l'adaptation ; nombre d'instruments économiques de gestion du risque activés

Participation des écoles pour introduire dans le programme scolaire l'éducation environnementale sur les changements climatiques, notamment sur leurs causes et leurs effets

Domaine: Communication

Description: Organisation de rencontres de formation et de sorties pédagogiques sur le territoire pour approfondir les connaissances et développer l'apprentissage des relations environnementales à la base des risques et des processus d'adaptation. Cette action a pour but de proposer des programmes centrés sur le problème des changements climatiques en cours et sur les étroites relations entre le climat et les questions du développement durable, de l'économie, des relations internationales et de la santé.

Secteur compétent: Bureau Géologique / Bureau de l'Environnement / Bureau de la Planification

Autres organismes impliqués : districts scolaires, établissements d'enseignement supérieur, professionnels participant au projet Sentinelles, CNR, Université de Gênes

Responsable de l'action:

Objectifs temporels : à moyen terme (2 ans)

Faisabilité : moyenne

Coût: €

Indicateur d'avancement : Nombre de programmes éducatifs dans les écoles

Indicateur d'efficacité : Augmentation du nombre de programmes scolaires spécifiques dans le cadre de l'offre de formation scolaire

Réalisation d'un système d'informations territoriales sur les changements climatiques

Domaine: Gestion

Description: À travers la disponibilité dans le Système d'Informations Territoriales (SIT) d'une section thématique sur les changements climatiques, l'action a pour objectif de mettre en rapport les informations sur les données territoriales avec différents niveaux d'exposition au risque (inondations, crues, submersions, coulées rapides, etc.) et la vulnérabilité des biens et de la population (densité d'habitants, taux de vieillesse, personnes porteuses de handicap, etc.). La base de données en question sera également disponible aux administrations (Région Ligurie et organismes locaux) appelées à rédiger des instruments de planification et de programmation pour une adaptation aux changements climatiques. La base de données contiendra des informations appropriées et sera continuellement mise à jour avec les nouvelles informations provenant des approfondissements de l'administration lors de l'élaboration des études menées dans le cadre de l'adaptation aux changements climatiques. Le SIT sera également un instrument fondamental pour supporter les décisions (ex. Alerte rapide pour risques d'inondation, crues, etc.).

Secteur compétent: SIT / Protection Civile

Autres organismes concernés : Région Ligurie - Défense du Sol

Responsable de l'action: M. Fabio Azzurrini, M. Gianluca Rinaldi (Ingénieur)

Objectifs temporels : à moyen terme (2 ans)

Faisabilité : facile

Coût: €

Indicateur d'avancement : Réalisation de systèmes d'informations géographiques, applications pour smartphones et applications web pour la collecte/divulgence des informations

Indicateur d'efficacité : Amélioration du système des données, des informations et des connaissances nécessaires pour adapter les instruments de planification territoriale et de réglementation du secteur du bâtiment en vigueur.

Rédaction du Règlement de la Police de l'eau Municipale

Domaine: Réglementation et planification

Description : cette action a pour but de rédiger un règlement de la Police de l'eau, à savoir d'une activité technico-administrative pour le contrôle des activités de gestion et de transformation du domaine hydrique et du sol en bordure

des corps hydriques, dans le but de protéger et de préserver les cours d'eau et tout ce qui les concerne.

Secteur compétent: Planification territoriale

Autres organismes concernés : Région Ligurie - Défense du Sol

Responsable de l'action: M. Claudio Zanini (Ingénieur)

Objectifs temporels : à moyen terme (2 ans)

Faisabilité : moyenne

Coût: 0

Indicateur d'avancement : Approbation par le Conseil municipal et l'Assemblée délibérante - approbation par la Région Ligurie

Indicateur d'efficacité : Amélioration de la sécurité hydrique du territoire

Lignes directrices pour la conception/réalisation des ouvrages de défense hydrauliques et des infrastructures

Domaine: Réglementation et planification

Description: Cette action a pour but de définir les lignes directrices pour les activités de programmation et de conception des interventions visant à contraster les risques hydrologiques, qui devront définir les critères et les modalités dans le cadre des procédures d'appels d'offre pour l'attribution des services de conception et de marchés de travaux (ouvrages de défense hydraulique et infrastructures) tenant compte d'une série d'aspects dont les analyses du risque hydrologique/hydrique, la résilience de l'intervention par rapport aux scénarios des changements climatiques.

Secteur compétent: Travaux publics - Service des routes

Autres organismes concernés :

Responsable de l'action: M. Claudio Zanini (Ingénieur)

Objectifs temporels : à court terme (1 an)

Faisabilité : facile

Coût: 0

Indicateur d'avancement : État de réalisation des lignes directrices

Indicateur d'efficacité : Nombre d'interventions qui exécutent les lignes directrices

Réalisation de l'étude hydrique sur l'ensemble du réseau hydrographique municipal

Domaine: Recherche et connaissance

Description: Le but de cette action est d'intégrer les connaissances sur les instruments de planification municipale et du Plan de Bassin à travers une meilleure délimitation des zones présentant des risques d'inondations et du cadre réglementaire inhérent ; cet approfondissement permettra également de recenser les situations critiques du réseau fluvial, notamment pour ce qui concerne les rétrécissements et les ponceaux et d'identifier les bâtiments à risque hydrologique en définissant si possible les priorités d'intervention.

Secteur compétent: Travaux publics

Autres organismes concernés : Région Ligurie - Défense du Sol

Responsable de l'action: M. Ivan Vujica (Géologue) Claudio Zanini (Ingénieur)

Objectifs temporels : à court terme (<1 an)

Faisabilité : facile

Coût: 90 000,00 €

Indicateur d'avancement : État d'avancement de l'étude hydrique

Indicateur d'efficacité : Réduction des zones urbaines inondées

Rédaction du Règlement d'invariance hydrique/hydrologique

Domaine: Règlementation et planification

Description: Cette action a pour objectif d'élaborer un règlement pour une analyse appropriée de la compatibilité des prévisions avec les concepts d'invariance hydrique/hydrologique liés aux transformations territoriale afin de mieux protéger le tissu urbain et périphérique contre les risques hydrauliques et environnementaux et garantir le fonctionnement correct du réseau de drainage urbain.

Secteur compétent: Bureau Géologique - Planification Territoriale

Autres organismes concernés :

Responsable de l'action: M. Ivan Vujica (Géologue)

Objectifs temporels : à moyen terme (2 ans)

Faisabilité : facile

Coût: 0

Indicateur d'avancement : Approbation par le Conseil municipal et l'Assemblée délibérante - approbation par la Région Ligurie

Indicateur d'efficacité : Réduction des zones inondées

Cartographie du réseau de drainage urbain et de son efficacité

Domaine: Recherche et connaissance

Description: Cette action a pour objectif d'augmenter les connaissances sur la cartographie du réseau de drainage urbain (collecteurs d'eaux pluviales, tracés, puisards d'inspection, dimensionnement, etc.) et de ses criticités, afin de permettre une planification correcte des interventions de transformation urbaine et/ou de renforcement du réseau de drainage, tout en analysant également son efficacité actuelle d'élimination dans la perspective des changements climatiques.

Secteur compétent: Service des routes

Autres organismes concernés : IRETI - Iren

Responsable de l'action: M. Claudio Zanini (Ingénieur)

Objectifs temporels : à moyen terme (la cartographie du levant est en cours d'achèvement)

Faisabilité : moyenne

Coût: 250 000,00 €

Indicateur d'avancement : État d'avancement de la cartographie

Indicateur d'efficacité : Réduction des zones urbaines inondées

Identification des zones urbaines aux termes de la loi régionale 23 de 2018 où mettre en place les interventions de "régénération urbaine"

Domaine: Règlementation et planification

Description: Identification des portions de territoire où prévoir des interventions de régénération urbaine et en même temps de compensation en termes d'adaptation et d'atténuation de l'exposition et de la vulnérabilité. On envisage notamment d'intégrer les actes de règlementation des transformations urbaines et de gestion des bâtiments existants en définissant des solutions visant à limiter la consommation de nouveau sol et des standards climatiques sur l'utilisation de matériaux qui limitent l'absorption de la chaleur des bâtiments et l'imperméabilisation des sols, les formes de rétention et de réutilisation des eaux pluviales, ce qui augmenterait la disponibilité d'espaces verts.

Secteur compétent: Planification territoriale

Autres organismes concernés : Région Ligurie (en cas de variation du PUC)

Responsable de l'action: M. Gianluca Rinaldi (Ingénieur) M. Daniele Virgilio (Architecte), Ivan Vujica (Géologue)

Objectifs temporels : à court terme (1 an)

Faisabilité : moyenne

Coût: 0

Indicateur d'avancement : Approbation par l'Assemblée délibérante et le Conseil municipal des documents identifiant les domaines, éventuellement en modifiant le PUC.

Indicateur d'efficacité : Amélioration des prestations écologiques et environnementales de l'instrument urbanistique.

Intégration de nouvelles figures professionnelles au sein de l'administration

Domaine: Recherche et connaissance

Description: L'objectif de cette action est de former et/ou embaucher des figures professionnelles au sein de l'organisme, spécialisées dans la gestion des systèmes d'information territoriales; ces figures devront avoir une formation multidisciplinaire et notamment en électronique, informatique, géologie et ingénierie environnementale.

Secteur compétent: Planification territoriale

Autres organismes concernés : Universités ? CNR ?

Responsable de l'action: M. Fabio Azzurrini

Objectifs temporels : à moyen terme (2 ans)

Faisabilité : moyenne

Coût:

Indicateur d'avancement : Nombre de figures professionnelles formées/embauchées

Indicateur d'efficacité : Augmentation des instruments de connaissance

Poursuite du Projet Sentinelle

Domaine: Recherche et connaissance

Indicateur d'avancement : Formulation du projet et allocation des ressources dédiées

Indicateur d'efficacité : Augmentation de la densité d'arbres

Mise en place du projet pour la récupération des terres en friches en identifiant les exploitations agricoles aux termes du décret-loi 228/2001 et en utilisant les méthodes d'intervention prévues par la réglementation de la police rurale ;

Description : mise en place des dispositions visées par la réglementation de la police rurale en identifiant les acteurs (exploitations agricoles, cultivateurs directs, entrepreneurs agricoles, associations, consortiums, etc.) à inscrire dans la liste prévue par le décret-loi 228/2001. Lancement des démarches d'accord avec les propriétaires des terrains abandonnés ou des procédures de rachat en tutorat par la Commune ;

Secteur compétent: Planification territoriale

Autres organismes compétents . Inspection du travail agricole

Responsable de l'action: MM. Gianluca Rinaldi (Ingénieur) Daniele Virgilio, (Architecte) Dario Campagnolo (Géomètre)

Objectifs temporels : à moyen terme (2 ans)

Faisabilité :

Coût: 0

Indicateur d'avancement : Approbation par le Conseil municipal et l'Assemblée délibérante - après analyse par le comité d'analyse prévue par la réglementation de la police rurale - de la liste des sujets désignés pour la récupération ; nombre d'actions faites pour l'accord ou le rachat en tutorat pour la récupération de terres en friches appartenant à des particuliers.

Indicateur d'efficacité : Augmentation des initiatives pour la récupération des friches par les particuliers

8 Mise en place des actions d'adaptation, suivi et évaluation

Le système de suivi et d'évaluation de ce plan s'organise en trois parties :

- le suivi du plan,
- le suivi du risque et de la vulnérabilité,
- le suivi des actions.

Les responsables de l'action seront appelés, avec le responsable du Plan local d'action à mettre également en place un système de Suivi, Rapport et Évaluation (SRE). Ils devront donc sélectionner les indicateurs parmi ceux proposés, garantir le suivi et présenter des rapports périodiques. Le suivi constant des actions servira de base pour la mise en jour régulière du Plan local d'action.

Suivi du plan

Le plan devient un instrument opérationnel qui doit être quantifié en termes de faisabilité (coûts/ressources/temps) pour quantifier à chaque contrôle suivant le nombre d'actions prédéfinies réalisées et les objectifs à atteindre (Cible).

Les indicateurs d'évaluation du Plan sont indiqués dans le tableau suivant, avec l'indication des objectifs à atteindre et une échelle temporelle sur la situation actuelle du processus en cours (qualitatif) :

Évaluation du processus d'adaptation	Action	État
Préparer le terrain	Définir les engagements d'adaptation	
	Identifier les ressources humaines, financières et techniques	
	Désigner le responsable du Plan et du groupe de travail et définir les responsabilités	
	Analyser le cadre réglementaire	
	Définir les mécanismes de coordination horizontale	
	Définir les mécanismes de coordination verticale	
	Définir les mécanismes de participation des porteurs d'intérêt	
	Processus continu de communication avec les porteurs d'intérêt	
Analyser les risques et la vulnérabilité	Identifier les méthodes et les sources de données pour l'analyse	
	Profil climatique local	
	Analyser les risques et les vulnérabilités actuelles et futures	
	Sélectionner les secteurs avec le plus d'impact	
	Revoir ou intégrer les nouvelles connaissances	
Actions (identification et sélection)	Rédiger un catalogue d'options d'adaptation par rapport aux impacts considérés	
	Intégrer les actions d'adaptation dans d'autres documents de planification	

	Approuver les actions et sensibiliser les porteurs d'intérêt	
Actions (mise en œuvre)	Définir le cadre de mise en œuvre (désignation des responsables, définition des délais et des ressources financières)	
	Exécuter et intégrer les actions	
	Coordonner les actions d'atténuation et d'adaptation	
Suivi	Définir le cadre de suivi	
	Sélectionner les indicateurs appropriés	
	Rédiger des rapports périodiques sur les progrès aux décideurs politiques	
	Adapter et revoir le Plan	

Objectifs à surveiller	Indicateur	Unité de mesure	Valeur	Valeur objective
Gestion et mise en œuvre du Plan	n. de réunions techniques			
	n. de plans préexistants mis à jour sur la question de l'adaptation			
	valeur (en €) des ressources financières allouées par la Commune pour les actions d'adaptation			
Inclusion et communication	n. de catégories de porteurs d'intérêts représentés dans le PUA, les partenaires urbains pour l'adaptation prévus par le projet ADAPT.			
	n. de réunions du PUA			
	n. de communiqués de presse sur l'adaptation et l'avancement/résultats du projet ADAPT			
Efficacité du plan	n. de personnes vivant dans les zones inondables			
	n. de blessés et de victimes des inondations			
	valeur (en €) des dommages provoqués par les inondations			

Suivi du risque et de la vulnérabilité

Les analyses sur les situations à risque hydrologique sur le territoire ont été menées et illustrées dans ce document par le CNR Irpi et fournissent une situation des dangers et des vulnérabilités, et donc des risques qui caractérisent le territoire urbanisé. Ce suivi devra être intégré et constamment mis à jour.

Aléas climatiques

Type de risque	Niveau de danger actuel	Horizon temporel	Variations d'intensité attendues	Variations de fréquences attendues	Indicateurs de référence	Valeur indicative
Inondation					Temps de retour de l'inondation	50 ans haute
Inondation					Étendue de la zone délimitée à l'intérieur du territoire municipal	713 522 m² EPB Région Ligurie
Inondation					Temps de retour de l'inondation	200 ans moyenne
Inondation					Étendue de la zone délimitée à l'intérieur du territoire municipal	1. 855 156 m² EPB Ligurie
Inondation					Temps de retour de l'inondation	50 ans haute
					Étendue de la zone délimitée à l'intérieur du territoire municipal	100 110 m² EPB Magra
					Temps de retour de	200 ans moyenne

					l'inondatio n	
					Étendue de la zone délimitée à l'intérieur du territoire municipal	153 353 m² EPB Magra
					Temps de retour de l'inondatio n	500 ans basse
					Étendue de la zone délimitée à l'intérieur du territoire municipal	162 080 m² EPB Magra

Vulnérabilité			
Type de vulnérabilité	Description de la vulnérabilité	Indicateurs de référence	Valeur indicative
Socio-économique		N. d'habitants	93 588
		N. de bâtiments résidentiels	7 097
		N. de bâtiments stratégiques	6
		N. d'activités de production	3 685
		N. de biens culturels	237
		N. de structures réceptives	1 779
		km de routes urbaines/extraurbaines	463
		Km de lignes électriques/hydrauliques	373 km hydrique
		N. de sites de stockage	5

Physique environnemental	et	N. de sites d'intérêt environnemental/esthétique/paysager/naturel/soumis à contraintes	** 4
		Étendue des sites d'intérêt environnemental/esthétique/paysager/naturel/soumis à contraintes	33 km²

* Nuova Malco, Isola ecologica Stagnoni, Isola ecologica piramide, csl consorzio servizi logistica srl (stockage cimetière bosquets)- sepor, **sito natura 2000, parc national des Cinque terre site intérêt national. 426/98, décret-loi 42/04 art. 136-142

Impacts						
Secteur	Description impact	Horizon temporel	Probabilité impact	Risque d'impact attendu	Indicateurs de référence	Valeur indicative
Constructions					N. de bâtiments résidentiels/stratégiques/autres dans les zones P1/PP2/P3	P1 (C)=3 P2 (B)=568 P3 (A)=244
Transports					Étendue lignes routières dans les zones P1/PP2/P3	
Énergie					Étendue lignes électriques dans les zones P1/PP2/P3	
Eau					Étendue canalisations d'eau dans les zones P1/PP2/P3	
Déchets					N./étendue sites de stockage dans les zones P1/PP2/P3	
Production et commerce					N. d'activités de production/commerciales dans les zones P1/PP2/P3	

Utilisation du sol						
Agriculture et forêts					Superficies agricoles/forestières dans les zones P1/PP2/P3	sup agricoles : P1-basse 62.268 m ² ; P2-moyenne 59 442 m ² ; P3-haute 40 700 m ² ; sup boisées: P1-basse 3 035 m ² ; P2-moyenne 2 521 m ² ; P3-haute 1 029 m ² ;
Environnement et biodiversité					N./étendue sites soumis à contraintes dans les zones P1/PP2/P3	
Santé					N. hôpitaux/établissements de soins dans les zones P1/PP2/P3	
Protection civile et urgences					N. de résidents dans les zones P1/PP2/P3	
Tourisme					N./étendue sites soumis à contraintes /structures réceptives dans les zones P1/PP2/P3	

Suivi des actions

Cette activité doit être suivie également pour ce qui concerne l'utilisation des ressources économiques : certaines actions sont peu onéreuses et réalisables en peu de temps, alors que d'autres nécessitent des délais de réalisation plus longs ; par ailleurs, en cas de nouvelles actions, le plan devra être revu et corrigé. Le schéma utilisé pour le suivi sera ainsi organisé :

		Secteur	
		Titre action	
		Description	
		Responsable de l'action	
		Début	Délais de mise en œuvre
		Fin	État d'avancement
		Connexions avec des actions d'atténuation oui/non	
		Action clé oui/non	
		Porteurs d'intérêt impliqués	
		Risque/vulnérabilité auquel l'action se réfère	
		Résultat obtenu	
			Aspects financiers
		Coûts investissements	Indicateur d'avancement
		Coûts (investissements opérationnels) (ex. opérateurs)	Unité de mesure
		Valeur	
		Valeur objective	

9 BIBLIOGRAPHIE

- Cavalli, M., Crema, S., Viero, A., Marchi, L., 2015. Attività di studio sulle conoidi con sviluppo di una metodologia di raccolta dati e loro applicazione su aree test. Relazione finale + allegati.
- Cavalli, M., Marchi, L., 2006. Identificazione preliminare delle aree di pericolo legate a fenomeni torrentizi. Consiglio Naz. Delle Ric. Ist. Ric. Prot. Idrogeol. Padova-IRPI Padova.
- Degiorgis, M., Gnecco, G., Gorni, S., Roth, G., Sanguineti, M., & Taramasso, A. C., 2012. Classifiers for the detection of flood-prone areas using remote sensed elevation data. *Journal of hydrology*, 470, 302-315.
- Faccini F., 2018. Personal communication. DiSTAV - Università degli Studi di Genova, 17 Dicembre 2018.
- Hirsch, R.M., Slack, J.R., Smith R.A., 1982. Techniques of trend analysis for monthly water quality analysis. *Water Resources Research*, 18(1), 107-121.
- Jacob D, Petersen J, Eggert B, et al., 2014. EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. *Reg Environ Chang* 14:563-578. doi: 10.1007/s10113-013-0499-2
- Kendall, M.G., 1962. Rank Correlation Methods. Hafner Publishing Company, New York
- Kotlarski S, Keuler K, Christensen OB, et al., 2014. Regional climate modeling on European scales: A joint standard evaluation of the EURO-CORDEX RCM ensemble. *Geosci Model Dev* 7:1297-1333. doi: 10.5194/gmd-7-1297-2014
- Mann, H.B., 1945. Nonparametric tests against trend. *Econometrica* 13, 245-259.
- Marchesini I., Rossi M., Salvati P., Donnini M., Sterlacchini S., Guzzetti F. (2016): "Delineating flood prone areas using a statistical approach" 4th Open Source Geospatial Research and Education Symposium (OGRS). Perugia, ottobre 2016
- Mergili, M., Krenn, J., Chu, H.-J., 2015. r.randomwalk v1, a multi-functional conceptual tool for mass movement routing. *Geoscientific Model Development* 8: 4027-4043. doi:10.5194/gmd-8-4027-2015
- Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC), Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2017. 392 pp.
- Piano Urbanistico Comunale del Comune della Spezia (<http://www.comune.laspezia.it/>)
- Région Ligurie, 2018. Consultazione Dati Meteorologici. <http://www.cartografiarl.regione.liguria.it/SiraQualMeteo/script/PubAccessoDatiMeteo.asp> Ultimo accesso, 10 novembre 2018.

- Rossi, M., Donnini, M., Gariano, S.L., Camici, S., Ardizzone, F., 2018a. Profilo climatico locale. Rapporto di consegna elaborato nell'ambito del progetto ADAPT, 1 Agosto 2018, pp. 93.
- Rossi, M., Donnini, M., Gariano, S.L., Camici, S., Ardizzone, F., 2018b. Integrazione Profilo climatico locale. Rapporto di consegna elaborato nell'ambito del progetto ADAPT, 19 Dicembre 2018, pp. 50.
- OMM - Organisation Météorologique Mondiale, 2007. The Role of Climatological Normals in a Changing Climate (WMO/TD-No. 1377). Genève, Suisse