



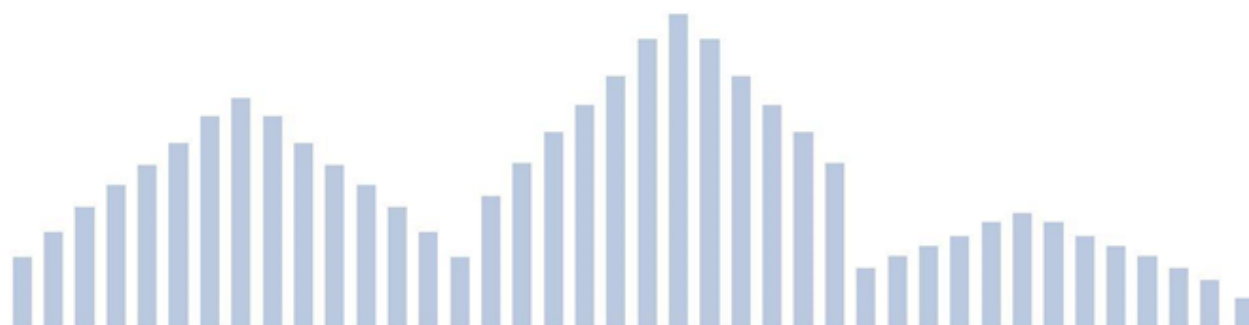
Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Lignes directrices pour l'élaboration de profils climatiques locaux



La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Introduction	3
Section d'introduction	3
Section concernant la tendance temporelle de la variabilité climatique observée	4
Section relative aux scénarios climatiques locaux disponibles	5
Glossaire	6
Bibliographie	7
Méthodologie	7
Indications pour la rédaction de la section sur la variabilité climatique observée	7
Indications pour la rédaction de la section sur la variabilité climatique future	10
Analyse territoriale pour la caractérisation de la vulnérabilité	13
Bibliographie	17
Liens vers des sites internet	19

Introduction

Le but principal de ce document est d'identifier, sur la base d'un examen de l'état de l'art et des projets / activités existantes et le contexte acquise par qui, dans une série de lignes directrices pour le développement de profils climatiques locaux de de certains partenaires du projet ADAPT. Les rédacteurs en chef d'un profil de climat local a comme principal objectif de fournir une connaissance des conditions météorologiques actuelles et futures du territoire pour les prochaines décennies, fondamentales pour l'analyse ultérieure de sa vulnérabilité aux changements climatiques.

Ces lignes directrices doivent identifier :

- une structure à adopter pour la documentation que les experts scientifiques sélectionnés devront présenter en ce qui concerne la présentation des profils climatiques locaux
- une méthodologie à utiliser pour la préparation des analyses contenues dans cette documentation. ils doivent notamment indiquer les sources principales de constatation des données climatiques qui peuvent être utilisés dans la préparation du profil climatique local, tant en termes de données observées en tant que modèle, y compris leurs caractéristiques, les fenêtres temporelles et spatiales à analyser, les méthodologies applicables pour la définition des indicateurs moyens et extrêmes.

Divers exemples de traçage de profils climatiques peuvent être trouvés dans la littérature spécialisée. Ils citent comme exemple celui fabriqué en Italie pour la ville de Bologne dans le cadre du projet BLUEAP (*Bologna Adaptation Plan for a resilient city*) [K].

Structure du document "Profil climatique local"

Les sections suivantes sont les sections principales qu'un document de profil climatique local doit contenir, afin de fournir une compréhension des conditions climatiques actuelles et futures du territoire.

Section d'introduction

Dans la partie introductive, il est nécessaire de définir les caractéristiques de base du climat observé et du changement climatique attendu dans la zone d'appartenance (zone régionale, macro-région de référence utilisée dans le document PNACC, échelle nationale) afin d'identifier clairement un contexte de référence. Ce contexte doit être précisé en se référant au moins aux tendances des valeurs moyennes et extrêmes de température et de précipitations, observées sur

une échelle annuelle. Pour certains indicateurs qui ont des dépendances marquées dans la tendance sur une échelle saisonnière, l'étude sur cette échelle de temps est également suggérée.

Parmi les documents en italien à utiliser pour rappeler les connaissances sur l'état du climat actuel observé et futur, nous citons, à titre d'exemple, les rapports suivants:

- la documentation établie par ISPRA [A];
- les rapports préparés par les autorités régionales et mis à jour périodiquement (si disponibles), par exemple ceux préparés par la province autonome de Trente [B] ou la région Emilia Romagna [C], de la région du Piémont [D]);
- SNACC [E];
- PNACC [G].

Au lieu de cela, pour un aperçu général du problème, nous pouvons nous référer à la documentation produite par le GIEC [F].

Section concernant la tendance temporelle de la variabilité climatique observée

L'exhaustivité de cette section détermine la qualité du document de profil climatique de manière fondamentale. En effet, les tendances observées de certains indicateurs (moyens et / ou extrêmes) sont fondamentales pour la connaissance des caractéristiques du climat local et pour avoir des preuves de la présence de changements climatiques déjà en cours. Dans la section «Méthodologie» de ce document, les caractéristiques que doivent avoir les séries temporelles d'observations utilisées pour rédiger cette section sont détaillées. Afin de fournir un profil climatique complet du climat observé, la section doit inclure des graphiques et des tableaux qui ont pour objet l'analyse de la variabilité temporelle et spatiale du climat dans le contexte local d'intérêt. Cette analyse doit représenter la synthèse de ce qui a été observé sur le territoire, en soulignant les comportements communs aux différents sites d'observation mais aussi la présence de comportements singuliers possibles.

Il doit contenir à la fois l'analyse des tendances moyennes (principalement les tendances annuelles et / ou saisonnières de la température et des précipitations) et l'analyse des valeurs extrêmes. Les événements extrêmes sont définis comme des événements qui diffèrent, dans leurs caractéristiques, de la moyenne climatologique de la zone. Ils peuvent être analysés à travers un ensemble d'indicateurs définis dans la littérature, par exemple ceux mis à disposition par ETCCDI¹ [J]. Ces indicateurs décrivent principalement l'intensité et la fréquence des événements extrêmes en termes de précipitations et de températures, et sont certainement très utiles pour les études sectorielles ultérieures visant à évaluer les principaux impacts locaux du changement climatique sur lesquels sont basées les stratégies d'adaptation. Cependant, afin de bien prendre en compte les particularités de la zone, il est suggéré d'organiser des réunions avec les opérateurs locaux, afin d'évaluer quels événements atmosphériques ont le plus d'impact sur

¹ Ces indicateurs estiment les caractéristiques des événements identifiés comme "*moderately rare weather events*", et incluent la fréquence, l'intensité et la persistance d'une condition atmosphérique; ils sont largement utilisés pour évaluer la variation de ce type d'événements dans le contexte du changement climatique



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



la zone, afin de parvenir à une définition commune, parmi les experts scientifiques et les opérateurs locaux, des indicateurs spécifiques prenant en compte les caractéristiques du territoire (qui peuvent également concerner d'autres variables telles que le vent, la neige, l'humidité). Pour une discussion plus approfondie sur cette question au niveau national, référez-vous au travail d'ISPRA [P].

Section relative aux scénarios climatiques locaux disponibles

Contrairement à la section concernant la tendance climatique observée au niveau local, qui est basé sur des observations, cette section devrait être basée principalement sur les projections des changements climatiques à l'échelle locale obtenue à partir d'un modèle climatique global (Winkler et al., 2011) [Q]. Ces modèles sont basés sur des scénarios de gaz à effet de serre produites par les concentrations du GIEC (Van Vuuren et al., 2011). Il suggère une brève introduction en ce qui concerne la définition et la signification des scénarios du GIEC, qui seront utilisés dans l'analyse de la présente section, et des informations générales sur les caractéristiques de base des modèles climatiques mondiaux, ainsi que les techniques de *downscaling* ou régionalisation (Maraun et al., 2018). Ce sont les instruments de l'art état de fournir des conseils sur les scénarios de changements climatiques à l'échelle locale et d'évaluer les impacts des changements climatiques sur la même échelle.

En ce qui concerne les techniques de *downscaling* à utiliser pour caractériser les scénarios climatiques locaux, il est possible d'utiliser à la fois les dynamiques et les statistiques. Il convient également de souligner que ces instruments présentent une incertitude pouvant avoir une entité différente en fonction des caractéristiques climatiques qu'ils représentent. Pour plus de détails sur les principales causes d'incertitude dans les modèles climatiques, se référer aux travaux de Collins (Collins et al., 2007).

Les techniques statistiques reposent sur l'utilisation de relations statistiques entre les prédictors synoptiques (à grande échelle) et les variables locales, ces dernières étant disponibles grâce à de longues séries d'observations utiles pour dériver et valider les rapports statistiques. Les techniques de *downscaling* statistique ont l'avantage de vous permettre d'atteindre le point/la station.

D'un autre côté, les techniques de réduction d'échelle dynamique utilisent des modèles climatiques régionaux. Étant fondées sur des lois physiques, elles parviennent généralement à fournir une bonne représentation du climat local; ils sont cependant sujets à des erreurs, notamment en raison de la résolution inadéquate (pour représenter certains phénomènes) et des paramétrisations adoptées. Pour cette raison, il est suggéré de rapporter dans cette section une évaluation de la capacité réelle du modèle à représenter, sur une période de trente ans, la tendance de la variable atmosphérique ou l'indicateur climatique d'intérêt sur la zone, à travers les coefficients de compétences (par exemple BIAS, MAE, corrélation). Veuillez-vous référer à la section méthodologique pour plus de détails.



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Afin d'utiliser les résultats produits par les modèles climatiques régionaux pour des analyses d'impact ultérieures, plusieurs études documentaires suggèrent l'utilisation de techniques de *bias correction* qui sont utiles pour éliminer l'erreur systématique présente dans ces modèles. La méthodologie de *bias correction* plus largement utilisée est celle de la *quantile mapping* (Gudmundsson et al., 2012). Cependant, il existe plusieurs algorithmes de cartographie des *quantile mapping* dans la littérature; la sélection de celle qui convient le mieux à l'élimination du biais pour l'analyse d'impact ultérieure nécessite des études détaillées qui vont au-delà de la compilation d'un profil climatique local.

Les modèles climatiques régionaux les plus utilisés incluent l'ensemble (ou ensemble) de ceux disponibles dans le cadre du programme EURO-CORDEX², et en particulier l'utilisation de ceux avec la plus haute résolution spatiale (actuellement est suggérée autour de 11-13 km). En outre, il est également possible d'utiliser le modèle climatique régional dans l'espace de plus haute résolution (environ 8 km) optimisé sur la région italienne par la Fondation CMCC (Bucchignani et al., 2015) (Zollo et al., 2015). Il est utilisé dans de nombreux travaux scientifiques concernant le climat et les impacts du changement climatique sur la région italienne.

En ce qui concerne le programme EURO-CORDEX, différentes configurations de modèle sont disponibles sur la base du scénario IPC RCP4.5 et à peu près la même sur la base du scénario IPC RCP8.5, tandis qu'un plus petit nombre est disponible pour le scénario RCP2.6.

L'utilisation de tous les modèles disponibles dans le programme EURO-CORDEX, bien que plus coûteux d'un point de vue méthodologique et calculatoire, permet d'estimer l'incertitude à associer au scénario de variation de la variable ou indicateur climatique d'intérêt. Veuillez-vous référer à la littérature pertinente pour plus de détails concernant ce problème.

Dans cette section, après le choix de la technique de régionalisation effectuée, les tendances des anomalies des variables atmosphériques et des indicateurs climatiques d'intérêt, par rapport à une période de référence, seront détaillées, ainsi que des indications quantitatives de leurs tendances saisonnières et annuel. Afin de clarifier ce qui est mis en évidence par l'analyse, il est suggéré de fournir à la section des graphiques et des tableaux, en l'enrichissant d'évaluations qui indiquent les caractéristiques des tendances. Enfin, il est suggéré de conclure cette section en résumant les principaux résultats de l'analyse réalisée afin de fournir des indications utiles pour les analyses ultérieures d'impact et de variabilité.

Glossaire

Il est recommandé de rédiger une section glossaire dans le document, afin d'avoir une évaluation commune de la terminologie utilisée. Il est également recommandé d'utiliser des terminologies liées à la documentation scientifique publiée. En particulier, la terminologie utilisée par le GIEC

² EURO-CORDEX c'est la branche européenne de l'initiative internationale CORDEX, parrainée par le Programme mondial de recherche sur le climat (WRC), afin de coordonner la production des meilleures projections de changement climatique à l'échelle régionale pour toutes les régions terrestres du monde. Pour plus d'informations, consultez le site internet <http://www.euro-cordex.net/>

[H] est suggérée, dont les traductions en italien sont également disponibles pour les termes de base [I].

Bibliographie

Enfin, il est nécessaire d'établir une section bibliographique identifiant les ouvrages scientifiques de référence utilisés.

Méthodologie

Cette section de ce document vise à suggérer les méthodes à utiliser pour la préparation des analyses contenues. Il s'agit seulement d'un résumé des principales méthodes utilisées dans la lettre pour l'analyse de base à réaliser pour élaborer un profil climatique local. Pour une discussion plus large, référez-vous à la littérature abondante disponible [O].

Indications pour la rédaction de la section sur la variabilité climatique observée

Cette section fournit des indications sur la méthodologie à utiliser pour évaluer la variabilité climatique de référence observée dans la zone d'intérêt spécifique, à la fois en termes de valeurs moyennes et extrêmes.

À cette fin, sur la base de la zone d'intérêt, il est possible d'utiliser différentes sources de données :

- *Dataset in situ*: observations ponctuelles fournies par les autorités locales, régionales ou nationales. Plus précisément, les archives de données météorologiques relatives aux réseaux de surveillance sont utilisées. Ces données sont disponibles dans différents formats, en fonction du corps d'origine. A titre d'exemple, au niveau national, les principaux organismes fournisseurs sont le Centre Opérationnel de Météorologie (COMET), le Conseil de Recherche et d'Expérimentation en Agriculture - Unité de Recherche en Climatologie et Météorologie appliquée à l'Agriculture (CRA) CMA, anciennement UCEA), l'Institut Supérieur de Recherche et de Protection de l'Environnement (ISPRA), qui fournit l'ensemble de données SCIA [M] et le réseau d'observation ENAV. Au niveau régional, les données fournies par les agences régionales pour la protection de l'environnement (ARPA), par les services agrométéorologiques régionaux, par les centres régionaux de protection civile et par les institutions de recherche ou les universités (CNR) sont disponibles.
- *Dataset de grille*: observations disponibles sur une grille de points pour une zone géographique spécifique. Ces données sont caractérisées par une résolution spatiale attribuée, exprimée en degrés ou en km, et sont obtenues par des techniques d'interpolation ad hoc basées sur les données observées présentes dans la zone. Pour l'Italie, par exemple, les jeux de données E-OBS (Haylock et al., 2008), EURO4M (Isotta



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



et al, 2014), NWIOI (Ronchi et al., 2008) sont disponibles. En outre, l'ensemble de données ARCIS est en cours de diffusion pour le centre et le nord de l'Italie [N].

- *Dataset grigliati*: osservazioni disponibili su una griglia di punti per una specifica area geografica. Questi dati sono caratterizzati da una assegnata risoluzione spaziale, espressa in gradi o km, e sono ottenuti mediante tecniche di interpolazione *ad hoc* sulla base dei dati osservati presenti sull'area. Per l'Italia, ad esempio, sono disponibili i dataset E-OBS (Haylock et al. 2008), EURO4M (Isotta et al, 2014), NWIOI (Ronchi et al., 2008). Inoltre, per l'Italia centrale e Settentrionale è in via di rilascio il dataset ARCIS [N].

Chaque donnée est caractérisée par sa couverture temporelle et géographique spécifique et une résolution temporelle spécifique; dans le cas des points de station (in situ), les observations représentent les caractéristiques ponctuelles des variables observées, alors que dans le cas des ensembles de données de la grille, la donnée est représentative d'une zone moyenne dont l'extension est liée à la résolution de la grille elle-même.

Pour effectuer des analyses climatiques locales, il est suggéré d'utiliser des données in situ pour les données grillées car, à quelques exceptions près, la résolution qui caractérise ces jeux de données n'est généralement pas suffisante pour délimiter les caractéristiques détaillées du climat; ce type de jeu de données est généralement plus adapté à l'analyse climatique au niveau macro.

Il convient de noter que l'étude du climat, par définition, nécessite l'utilisation de séries de données à long terme. En particulier, le *World Meteorological Organization* (WMO, 2007) considère une période de 30 ans comme une période standard pour effectuer des analyses statistiques qui peuvent être considérées comme représentatives du climat.

De plus, avant d'effectuer des analyses climatiques à l'aide des jeux de données sélectionnés, les jeux de données disponibles doivent être vérifiés. Parmi les conditions préalables les plus importantes pour effectuer une analyse climatique rigoureuse sont:

- vérifier la continuité et l'exhaustivité de la série,
- le contrôle et la gestion de la présence éventuelle de valeurs aberrantes (c'est-à-dire des données très éloignées de la plupart des valeurs de la série),
- contrôle de l'homogénéité de la série, utile pour que les variations présentes soient exclusivement attribuables aux facteurs climatiques (Conrad et al 1950). Cette dernière vérification concerne essentiellement l'identification de tous les points de rupture qui représentent l'instant temporel dans lequel la série commence à montrer une perturbation (ce qui implique une variation sur la valeur moyenne de la série). La disponibilité de l'information (métadonnées) qui documente l'historique des stations de détection facilite l'étude des inhomogénéités d'une série.

Pour évaluer correctement tous ces problèmes, différentes méthodologies ont été développées, principalement de nature statistique. Pour plus d'informations sur ces derniers, se référer aux documents (ISPRA, 2012), (ISPRA, 2013).



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Une fois ces contrôles effectués, il est possible d'appliquer différentes méthodes statistiques de reconnaissance et d'estimation des tendances et de caractérisation de la variabilité climatique observée. Les plus utilisés sont:

- calcul de la moyenne mensuelle, sur la période de référence, de la variable d'intérêt (cycle saisonnier ou même cycle annuel) avec la dispersion par rapport à la valeur minimale ou maximale ou aux 5e et 95e centile³ de la distribution mensuelle;
- calcul des valeurs moyennes, sur la période de référence, des variables d'intérêt sur une base annuelle;
- calcul des valeurs moyennes, sur la période de référence, des variables d'intérêt sur une échelle saisonnière;
- calcul de la série chronologique des valeurs annuelles de la variable d'intérêt, avec tendance et calcul de la signification statistique⁴;
- calcul de la série chronologique des valeurs saisonnières de la variable d'intérêt, avec tendance et calcul de la signification statistique ;
- calcul des percentiles à partir de la distribution journalière de la variable d'intérêt; par exemple, calcul des 95e et 99e percentiles des précipitations quotidiennes et de la température quotidienne maximale et calcul des 1er et 5e centiles de la température quotidienne minimale;
- calcul de la série temporelle de l'anomalie annuelle moyenne de la variable d'intérêt par rapport à une période de référence (période d'au moins 30 ans);
- calcul de la série temporelle de l'anomalie saisonnière moyenne de la variable d'intérêt par rapport à une période de référence (période d'au moins 30 ans).

Bien que les valeurs moyennes soient fondamentales pour la définition des caractéristiques climatiques d'une zone, les valeurs extrêmes sont importantes pour fournir des informations sur les principaux enjeux critiques sur le territoire, surtout en fonction du contexte géomorphologique et bâti. En effet, il est possible de calculer, sur une base saisonnière et annuelle, différents indicateurs climatiques extrêmes qui décrivent à la fois l'intensité et la fréquence des événements extrêmes liés à des variables d'intérêt spécifiques et permettent d'obtenir un cadre général d'étude de la variabilité climatique. Dans ce contexte, ETCCDI [J] a défini un ensemble d'indicateurs synthétiques, principalement basés sur les valeurs de température et de précipitations, représentatifs des principaux impacts climatiques. Le tableau ci-dessous présente certains des principaux indicateurs de l'ETCCDI, largement utilisés pour décrire la variabilité climatique d'une zone géographique:

³ Le centile est une valeur, sur une échelle de 0 à 100, qui indique la probabilité qu'un élément de l'ensemble de données analysé ait des valeurs inférieures ou égales à celui-ci. Le percentile est souvent utilisé pour estimer les extrêmes de la distribution. Par exemple, le 95e (5e) percentile peut être utilisé comme référence de seuil pour les valeurs les plus élevées (basses).

⁴ La tendance est calculée et la signification statistique est nécessaire pour l'identification d'une tendance significative de croissance / décroissance. Une excellente thèse, l'une des méthodes utilisées est le test de Mann-Kend (Hirsch, 1982; Kendall, 1975; Mann, 1945).



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Acronyme	Indicateur
HW/HD	(hot wave o warm days) nombre de jours par an avec une température quotidienne maximale supérieure à di 35°C
SU	(summer days) nombre de jours par an avec une température quotidienne maximale supérieure à 25°C
TR/TN	(tropical nights) nombre de jours par an avec une température minimale supérieure à 20°C
ID	(ice days) nombre de jours par an avec la température quotidienne maximale de 0°C
FD	(frost days) le nombre de jours de gel défini comme le nombre de jours par an avec une température quotidienne minimale de moins de 0°C
R10	nombre de jours par année avec des précipitations supérieures ou égales à 10 mm
R20	nombre de jours par année avec des précipitations supérieures ou égales à 20 mm
PRCPTOT	cumulatif (somme) des précipitations annuelles pour les jours où les précipitations sont supérieures ou égales à 1 mm
SDII	précipitations journalières moyennes dans les jours de précipitations supérieures ou égales à 1 mm
CDD	nombre maximal de jours consécutifs par année avec des précipitations inférieures à 1 mm
CWD	nombre maximal de jours consécutifs par année avec des précipitations supérieures ou égales à 1 mm
RX1DAY	valeur maximale des précipitations sur 24 heures sur une base annuelle
RX5DAY	précipitations maximales sur 5 jours consécutifs sur une base annuelle

Tableau 1: Liste des indicateurs empruntés à la liste fournie par ETCCDI (J).

Aussi pour ces indicateurs, ainsi que pour les valeurs moyennes annuelles et saisonnières sur la période de référence, il est approprié de calculer la tendance et la signification statistique afin d'évaluer correctement ce qui est trouvé.

Indications pour la rédaction de la section sur la variabilité climatique future

Cette section fournit la méthodologie à utiliser pour évaluer les variations climatiques futures dans un profil climatique local, à la fois en termes de valeurs moyennes et extrêmes.

En ce qui concerne les ensembles de données à utiliser pour les analyses couvertes par cette section, il est suggéré de toujours se référer aux données publiées dans des revues scientifiques (voir la section relative aux scénarios climatiques locaux disponibles dans ce document).

Pour évaluer les variations climatiques futures, il est possible de suivre deux types d'approche:

- approche par *single model*: les résultats obtenus à l'aide d'un modèle spécifique (obtenu par *downscaling* dynamique ou statistique) sont analysés.

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



- approche *multi-model*: les résultats obtenus à partir de différents modèles sont analysés. Cette méthode est principalement utilisée en référence à l'utilisation de modèles climatiques régionaux tels que ceux disponibles dans le cadre du programme EURO-CORDEX (Kotlarski, et al., 2015) (Jacob et al., 2014); cette approche⁵, comparée à la précédente, permet d'évaluer l'incertitude et la robustesse du changement attendu par les différents modèles.

La première étape nécessaire, avant de procéder à l'étude de la variabilité climatique future, est de vérifier si le modèle choisi (approche *single model*) ou les différents modèles (approche *multi-model*) sont capables de représenter le climat actuel sur la zone géographique d'intérêt en ce qui concerne les variables / indicateurs d'intérêt. A cette fin, il est nécessaire de comparer le résultat du modèle / modèle avec les observations disponibles sur une période de référence d'au moins 30 ans. A titre d'exemple, il est possible d'effectuer différents types d'analyses: calcul de BIAS (erreur systématique), erreur absolue moyenne (MAE), erreur quadratique moyenne (RMSE) et coefficient de corrélation (R). Par exemple, le BIAS du modèle par rapport à une certaine variable ou indicateur climatique représente la distorsion moyenne entre la valeur obtenue du modèle et celle observée dans un intervalle de temps. Un biais positif indique une tendance systématique du modèle à surestimer la variable / l'indicateur alors qu'un biais négatif est une tendance systématique du modèle de sous-estimation.

Pour plus de détails et de détails, reportez-vous à la documentation appropriée.

Suite à cette vérification des performances du modèle, il est possible d'effectuer différentes analyses pour évaluer la variation (anomalie) de la condition climatique sur une période future par rapport à une période de référence, toutes deux de 30 ans. Ces anomalies peuvent être évaluées en termes de valeurs moyennes et extrêmes pour les variables d'intérêt, pour chaque scénario IPCC sélectionné. Plus précisément, dans le cas où l'approche à modèle unique est sélectionnée, parmi les analyses qui peuvent être effectuées pour chaque variable ou indicateur sont:

- les anomalies saisonnières et annuelles pour les différentes périodes futures et pour les différents scénarios du GIEC sélectionnés avec le calcul de la signification statistique de l'anomalie⁶;
- le calcul de la tendance (sur une base saisonnière et / ou annuelle) et sa signification statistique pour les différents scénarios du GIEC.

D'autre part, dans le cas de l'approche multi-modèles, il est possible d'effectuer différents types d'analyses pour les variables ou les indicateurs d'intérêt, qui prennent également en compte l'évaluation de l'incertitude; parmi ceux-ci sont:

⁵ L'hypothèse selon laquelle les modèles considérés dans l'approche multimodèle sont indépendants et distribués autour de la vraie valeur climatique implique que l'incertitude dans la projection diminue avec le nombre croissant de modèles (Knutti et al., 2010)

⁶ L'une des méthodes les plus utilisées dans la littérature pour calculer la signification statistique des anomalies climatiques est le test de Wilcoxon-Mann-Whitney (DePuy et al., 2014)



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



- moyenne (obtenue à partir des différents modèles disponibles) d'anomalies saisonnières et annuelles sur la période future (au moins trente ans) sélectionnée et pour chaque scénario du GIEC;
- dispersion autour de la valeur moyenne. L'amplitude de la dispersion peut être obtenue soit en utilisant la valeur minimale et maximale obtenue à partir de l'ensemble des modèles utilisés, soit en utilisant des percentiles;
- la robustesse du signal climatique. Il mesure l'accord entre les différents modèles de l'ensemble pour identifier la signification et le signe du changement climatique (Tebaldi et al., 2011).

Dans le cas du profil climatique local, il est très important d'évaluer de façon préliminaire le nombre de points du modèle à utiliser pour représenter le climat et sa variation relative. En général, lorsque l'analyse doit être effectuée à un point unique de la station, l'une des techniques les plus couramment utilisées consiste à utiliser le point, ce qui peut cependant conduire à des erreurs significatives. Un autre choix est l'utilisation de points milieux du modèle qui se rapprochent du point de vue de l'étude (un bon compromis peut être considéré comme une boîte de 9 points du modèle centré sur le point d'intérêt. Dans tous les cas, il est suggéré d'effectuer une analyse préliminaire pour la sélection du meilleur critère basé sur l'étude de cas spécifique). Dans le cas contraire où l'analyse doit être effectuée sur une zone, il est nécessaire d'évaluer le nombre de points modèles à prendre en compte pour la représentation du climat sur l'extension de la base, ses caractéristiques et la résolution du modèle climatique utilisé. En ce qui concerne le choix des périodes habituellement utilisées pour l'étude des variations climatiques, celui qui est largement utilisé dans la littérature est le suivant:

- - 2011-2040 (à court terme)
- - 2041-2070 (moyen terme)
- - 2071-2100 (à long terme)

En revanche, en ce qui concerne la période de référence (ou contrôle), la période la plus utilisée est la période 1981-2010.

Analyse territoriale pour la caractérisation de la vulnérabilité

L'analyse et l'identification des stratégies d'adaptation pour faire face aux impacts du changement climatique comprend, en plus de la caractérisation climatique (présente et future) du territoire, l'analyse des caractéristiques territoriales afin d'évaluer la vulnérabilité et le risque du territoire pour le secteur spécifique en question, avec pour objectif final de fonder sur celles-ci le choix des stratégies d'adaptation les plus appropriées.

Les concepts de vulnérabilité et de risque sont souvent utilisés avec des interprétations et des significations différentes et, au fil du temps, ont évolué comme indiqué dans les divers rapports du *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). Dans le dernier rapport du IPCC (2014), les trois composantes fondamentales pour l'évaluation et la gestion des risques liés au changement climatique sont: danger (*hazard*), exposition (*exposure*) et vulnérabilité (*vulnerability*). Dans la composante vulnérabilité, la sensibilité, c'est-à-dire la «susceptibilité» aux dommages, et l'adaptabilité sont incluses comme facteurs déterminants. Les définitions suivantes figurent dans le dernier rapport du IPCC (2014)

Danger: tout événement causé par une activité humaine ou naturelle pouvant entraîner la mort ou avoir des répercussions sur la santé, les dommages et la perte de biens, d'infrastructures, de services et de ressources environnementales. Les changements climatiques peuvent influencer différents types de risques (par exemple les inondations, les tempêtes, les vagues de chaleur, les glissements de terrain, les sécheresses) avec des variations conséquentes de la fréquence, de la distribution spatiale ou de l'intensité.

Exposition: présence de personnes, de moyens de subsistance, d'espèces ou d'écosystèmes, de fonctions environnementales, de services et de ressources, d'infrastructures ou de ressources économiques, sociales ou culturelles dans des lieux et conditions susceptibles d'être influencés par des impacts négatifs.

Vulnérabilité: propension ou prédisposition d'un système à être affecté. Il comprend une variété de concepts et d'éléments tels que la sensibilité aux dommages et l'incapacité de traiter et de s'adapter à un phénomène.

Sensibilité: le degré auquel un système est affecté négativement ou positivement par la variabilité et le changement climatique. L'effet peut être direct (par exemple, un changement dans le rendement des cultures en réponse à un changement de température) ou indirect (par exemple, les dommages causés par une augmentation de la fréquence des inondations côtières due à l'élévation du niveau de la mer).

Capacité d'adaptation: la capacité des systèmes, des institutions humaines et d'autres organisations à évoluer en réponse aux dommages potentiels, de manière à exploiter les opportunités et à réduire les altérations négatives.

Des stratégies efficaces de réduction et d'adaptation des risques doivent donc être basées sur l'identification et l'estimation des dangers et sur l'évaluation des conditions d'exposition et de vulnérabilité des systèmes naturels et humains, en tenant compte de leurs interactions.

Afin de déterminer la vulnérabilité d'un territoire pour un risque donné, il est donc essentiel de caractériser le contexte environnemental et socio-économique du territoire dans lequel un changement climatique donné, et donc certaines conditions dangereuses, affecteront, en soulignant à la fois les menaces que les opportunités et le changement climatique vont déterminer dans les années à venir.

L'analyse du contexte environnemental et socio-économique vise à définir l'exposition, la sensibilité et l'adaptabilité d'un territoire, qui se reflètent ensuite dans ses caractéristiques en termes d'impact et de résilience à un stress exogène donné, et représente la base fondamentale pour l'évaluation et la définition ultérieures de la vulnérabilité et du risque. Cette analyse du contexte environnemental et socio-économique est donc un outil fondamental pour mettre en évidence les aspects critiques d'un territoire et les interrelations entre la composante environnementale au sens strict, les activités économiques et les caractéristiques sociales.

L'analyse territoriale doit donc fournir, en plus de la caractérisation climatique présente et future décrite dans les paragraphes précédents, la collecte d'une série d'informations au plus haut niveau de détail disponible et pour le contexte territorial municipal.

Les principales informations que chaque municipalité doit collecter, nécessaires pour la population d'indicateurs pertinents d'exposition, de sensibilité et de capacité d'adaptation, de manière compatible avec la disponibilité des données et des ressources, sont divisées par catégorie et résumées dans le tableau suivant:

Environnemental	<ul style="list-style-type: none"> - Modèles numériques d'élévation - Géomorphologie et hydrologie - Structure hydrogéologique, zones à risque d'inondation et d'inondation, zones de glissement de terrain - Capacité d'imperméabilisation et de drainage du sol - Système d'eau de surface - Capacité d'étanchéité et de drainage - Qualité des masses d'eau de surface
------------------------	--



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



	<ul style="list-style-type: none">- Statut qualitatif et quantitatif des eaux souterraines- Utilisation du sol- Zones soumises à protection- Répartition des espaces verts urbains et des réseaux écologiques locaux- Territoire urbanisé et à urbaniser- Nouvelles zones de transformation et / ou de peuplement
Socio-économique	<ul style="list-style-type: none">- Population et densité territoriale- Catégories de la population plus vulnérable- Niveau d'éducation- Économie (revenu par habitant, secteurs productifs)
Infrastructurel	<ul style="list-style-type: none">- Canaux artificiels- Réseaux de transport- Réseaux d'énergie- Système d'égout- Aqueducs
Urbanistici	<ul style="list-style-type: none">- Documents techniques municipaux- Base de données géo-topographiques- Analyse de la structure urbaine
Planificateurs	<ul style="list-style-type: none">- Aménagement du paysage- Urbanisme- Plans de gestion des risques d'inondation- Plans d'utilisation côtière- Autres plans sectoriels
Autre	<ul style="list-style-type: none">- Campagnes de mesures et d'alerte

Veuillez noter que la liste précédente n'est pas exhaustive (des informations supplémentaires peuvent être ajoutées pour compléter les précédentes) ou strictement obligatoire, car certaines informations peuvent être remplacées par d'autres si elles sont en possession d'autres données similaires disponibles.

Cette information peut être utilisée pour remplir un ensemble spécifique d'indicateurs afin de soutenir l'évaluation de la vulnérabilité et du risque associé au changement climatique pour les inondations pluviales.

Indicateur désigne un paramètre à utiliser comme indicateur pour identifier les principaux facteurs et actifs exposés aux changements climatiques, pour évaluer la sensibilité aux dommages résultant des changements climatiques et la capacité de réagir et de s'adapter à ces changements.

Il n'y a pas d'ensemble prédéfini d'indicateurs, mais le choix doit être fait en fonction du contexte spécifique, en tenant compte du choix de certaines caractéristiques de base: (i) les indicateurs

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée

doivent être représentatifs du phénomène qu'ils analysent et doivent être facilement interprétés; (ii) doit être fiable d'un point de vue théorique et scientifique et (iii) doit être mesurable (GIZ, 2014).

Ces informations permettront de faire le lien entre la situation actuelle et les tendances actuelles, d'effectuer des analyses comparatives avec d'autres situations territoriales et de suivre au fil du temps l'évolution de la vulnérabilité et les effets de toute action d'adaptation mise en œuvre.

Bibliographie

1. Bucchignani, E., Montesarchio, M., Zollo, A. L., & Mercogliano, P. (2016). High-resolution climate simulations with COSMO-CLM over Italy: Performance evaluation and climate projections for the 21st century. *International Journal of Climatology*, 36(2), 735–756.
2. Collins, M., Brierley, C. M., MacVean, M., Booth, B. B. B. and Harris, G. R. (2007) "The Sensitivity of the Rate of Transient Climate Change to Ocean Physics Perturbations," *J. Clim.*, 20, 23315–2320.
3. Conrad V., Pollack C., 1950: "Methods in Climatology". Harvard University Press, 459 pp.
4. DePuy, V., Berger, V. W., & Zhou, Y. (2014). Wilcoxon-Mann-Whitney Test: Overview. Wiley StatsRef: Statistics Reference Online.
5. GIZ 2014: The Vulnerability Sourcebook. Concept and guidelines for standardised vulnerability assessments. Bonn and Eschborn: GIZ. http://www.adaptationcommunity.net/?wpfb_dl=203
6. Gudmundsson, L., Bremnes, J. B., Haugen, J. E. & Engen Skaugen, T. (2012) Technical Note: Downscaling RCM precipitation to the station scale using statistical transformations - a comparison of methods. *Hydrology and Earth System Sciences* 9, 6185-6201.
7. Haylock, M. R., Hofstra, N., Klein Tank, A. M. G., Klok, E. J., Jones, P. D., and New, M.: A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950–2006, *J. Geophys. Res.*, 113, D20119, doi:10.1029/2008JD010201, 2008
8. Hirsch, R.M., J.R. Slack, and R.A. Smith. 1982. Techniques of trend analysis for monthly water quality data, *Water Resources Research* 18(1):107-121.
9. IPCC (2014) Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
10. ISPRA, 2012. "Linee guida per l'analisi e l'elaborazione statistica di base delle serie storiche di dati idrologici – Stato dell'Ambiente 32/2012"
11. ISPRA, 2013. "Elaborazione delle serie temporali per la stima delle tendenze climatiche" – Manuali e Linee Guida 84/13
12. Isotta, Francesco A., et al. "The climate of daily precipitation in the Alps: development and analysis of a high-resolution grid dataset from pan-Alpine rain-gauge data." *International Journal of Climatology* 34.5 (2014): 1657-1675.
13. Jacob, D., et al. (2014), EURO-CORDEX: New high-resolution climate change projections for European impact research, *Reg. Environ. Change*, 14, 563–578, doi:10.1007/s10113-013-0499-2.
14. Kendall, M.G. 1975. Rank Correlation Methods, 4th edition, Charles Griffin, London.



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



15. Knutti, R., Furrer, R., Tebaldi, C., Cermak, J., & Meehl, G. A. (2010). Challenges in combining projections from multiple climate models. *Journal of Climate*, 23(10), 2739-2758.
16. Kotlarski, S., et al. (2014), Regional climate modeling on European scales: A joint standard evaluation of the EURO-CORDEX RCM ensemble, *Geosci. Model Dev.*, 7(4), 1297–1333, doi:10.5194/gmd-7-1297-2014.
17. Mann, H.B. 1945. Non-parametric tests against trend, *Econometrica* 13:163-171
18. Maraun, D. & Widmann, M. (2018). Statistical Downscaling and Bias Correction for Climate Research. 10.1017/9781107588783.
19. MATTM, 2014. Rapporto sullo stato delle conoscenze scientifiche su impatti, vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici in Italia
20. Ronchi, C., Luigi, C. D., Ciccarelli, N., and Loggisci, N.: Development of a daily gridded climatological air temperature dataset based on a optimal interpolation of ERA-40 reanalysis downscaling and a local high resolution thermometers network, in: 8th EMS Annual Meeting and 7th European Conference on Applied Climatology, Amsterdam, The Netherlands, EMS8/ECAC7 Abstracts, Vol. 5, EMS2008-A-00492, 2008.
21. Tebaldi, C., J. M. Arblaster, and R. Knutti (2011), Mapping model agreement on future climate projections, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L23701, doi:10.1029/2011GL049863
22. Van Vuuren et. al. (2011). The representative concentration pathways: an overview. *Climatic Change* 109:5–31, DOI 10.1007/s10584-011-0148-z
23. WMO, 2007: The Role of Climatological Normals in a Changing Climate. WCDMP-No. 61, WMO.TD No. 1377.
24. Winkler J et al, 2011, Climate Scenario Development and Applications for Local/Regional Climate Change Impact Assessments: An Overview for the Non- Climate Scientist, *Geography Compass*, 5(6), 275-300.
25. Zollo, A. L., Rillo, V., Bucchignani, E., Montesarchio, M., & Mercogliano, P. (2016). Extreme temperature and precipitation events over Italy: Assessment of high-resolution simulations with COSMO-CLM and future scenarios. *International Journal of Climatology*, 36(2), 987–1004



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Liens vers des sites internet

- A. <http://www.isprambiente.gov.it/it/temi/cambiamenti-climatici/indicatori-climatici>
- B. http://www.climatrentino.it/clima_trentino/ct_dati_rapporti/ct_dr_reports_climatici/
- C. https://www.arpae.it/report_ambientali_full.asp?idlivello=1563&tipo_elenco=rep_ambientale&idmateria=4
- D. <https://www.arpa.piemonte.it/rischinaturali/tematismi/clima/rapporti-di-analisi/annuale.html>
- E. http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/clima/snacc_2014_rapporto_stato_conoscenze.pdf
- F. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml,
- G. http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio_immagini/adattamenti_climatici/allegato_1_analisi_condizione_climatica_attuale_e_futura.pdf
- H. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_Glossary.pdf
- I. http://www.cmcc.it/wp-content/uploads/2014/04/IPCC_AR5_Glossario_IT.pdf
- J. <http://etccdi.pacificclimate.org/index.shtml>
- K. <http://www.blueap.eu/site/>
- L. <http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/meteorologia-e-clima>
- M. http://www.scia.isprambiente.it/home_new.asp
- N. <https://www.arcis.it/wp/>
- O. http://www.climate-service-center.de/imperia/md/content/csc/projekte/csc-report13_englisch_final-mit_umschlag.pdf
- P. http://www.isprambiente.gov.it/files2017/snpa/Delibera15_indicatoriimpatticambiamenticlimatici.pdf
- Q. <https://public.wmo.int/en/bulletin/addressing-climate-information-needs-regional-level-cordex-framework>



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



ABRÉVIATIONS, ACRONYMES

ADAPT	ADAPTation
ADURB	Adaptation URBan
ARCIS	Archivio Climatologico per l'Italia Centro-Settentrionale
ARPA	Agenzia Regionale Protezione Ambiente
BLUEAP	Bologna Adaptation Plan for a resilient city
CCI	Commission for Climatology
CMCC	Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici
COMet	Centro Operativo per la Meteorologia
CLIVAR	CLImate VARIability
CNR	Consiglio Nazionale delle Ricerche
CRA-CMA	Consiglio Ricerca Agricoltura- Climatologia Meteorologia Agricoltura
ENAV	Ente Nazionale Assistenza al Volo
E-OBS	European OBServational dataset
ETCCDI	Expert Team on Climate Change Detection and Indices
EURO4M	European Reanalysis Observation for Monitoring
GCM	Global Climate Model
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISPRA	Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



JCOMM	Joint Technical commission for Oceanography and Marine Meteorology
MATTM	Ministero Ambiente Tutela Territorio Mare
NWIOI	North West Italy Optimal Interpolation
PNACC	Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici
RCM	Regional Climate Model
SCIA	Sistema dati Climatici Interesse Ambientale
SNACC	Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici
WMO	World Meteorological Organization

Le document a été élaboré avec le soutien scientifique du Centre Euro-Méditerranéen sur le Changement Climatique (CMCC).

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée



Personnes de référence: Paola Mercogliano (paola.mercogliano@cmcc.it); Valentina Mereu (valentina.mereu@cmcc.it).