

## JRC TECHNICAL REPORTS

# Level(s) — indicateur 5. 2: risque accru de phénomènes météorologiques extrêmes

*Manuel d'utilisation: note  
d'information introductive,  
instructions et orientations  
(Version 1.1)*

Nicholas Dodd, Shane Donatello,  
Mauro Cordella (JRC, unité B.5)

Janvier 2021



Commission européenne  
Centre commun de recherche  
Direction B, Croissance et innovation  
Unité 5, Économie circulaire et leadership industriel

*Coordonnées*

Shane Donatello

Adresse: Edificio Expo. c/ Inca Garcilaso, 3 E-41092 Séville (Espagne)

Courriel: jrc-b5-levels@ec.europa.eu

<https://ec.europa.eu/jrc>

<https://susproc.jrc.ec.europa.eu/product-bureau/product-groups/412/home>

**Avis juridique**

La présente publication est un rapport technique établi par le Centre commun de recherche, le service scientifique interne de la Commission européenne. Elle a pour objectif de présenter des données scientifiques probantes à l'appui du processus d'élaboration des politiques européennes. Les résultats scientifiques présentés n'impliquent aucune prise de position politique de la part de la Commission européenne. Ni la Commission européenne ni quiconque agissant en son nom n'est responsable de l'usage qui pourrait être fait de la présente publication.

Comment citer la présente publication: Dodd, N., Donatello, S. et Cordella, M. (2021). Level(s) — indicateur 5.2: risque accru de phénomènes météorologiques extrêmes note d'information introductive, instructions et orientations (version 1.1)

**Titre**

Level(s) — indicateur 5.2: risque accru de phénomènes météorologiques extrêmes note d'information introductive, instructions et orientations (version 1.1)

**Résumé**

Conçu comme un cadre européen commun d'indicateurs clés d'évaluation de la durabilité des bâtiments de bureaux et d'habitation, Level(s) peut être mis en application dès les premières phases de conception d'un bâtiment et tout au long de la durée de vie prévue de celui-ci. En plus d'évaluer la performance environnementale des bâtiments, ce qui est son objectif principal, il permet d'évaluer également, à l'aide d'indicateurs et d'outils, d'autres aspects importants en matière de santé et de confort, de coût du cycle de vie et de risques potentiels à venir liés à la performance.

L'objectif de Level(s) est de proposer un langage commun du développement durable dans le secteur du bâtiment. Ce langage commun doit permettre de prendre des mesures au niveau du bâtiment qui contribuent de façon adaptée aux objectifs globaux de la politique environnementale européenne. Il est structuré comme suit:

1. macro-objectifs: un ensemble de six macro-objectifs principaux du cadre Level(s) qui contribuent aux objectifs stratégiques de l'UE et des États membres dans les domaines de l'énergie, de l'utilisation des matériaux, de la gestion des déchets et de la qualité de l'eau et de l'air à l'intérieur des locaux;
2. indicateurs clés: un ensemble de 16 indicateurs communs, associés à une méthode simplifiée d'analyse du cycle de vie (ACV), qui peuvent être utilisés pour mesurer la performance des bâtiments et leur contribution à chaque macro-objectif.

De plus, ce cadre vise à promouvoir la réflexion prenant en considération l'ensemble du cycle de vie. S'intéressant tout d'abord aux différents aspects de la performance environnementale des bâtiments, il cherche dans un deuxième temps à orienter les utilisateurs vers une approche plus globale en la matière, en vue de généraliser l'utilisation de l'ACV et des méthodes de calcul du coût du cycle de vie (CCCV).

## Table des matières

|  |    |
|--|----|
| Table des matières .....   | 3  |
| La structure du document Level(s).....   | 4  |
| Mode de fonctionnement du présent manuel d'utilisation des indicateurs .....   | 5  |
| Termes techniques et définitions utilisés.....   | 6  |
| Note d'information introductive .....  | 8  |
| Instructions concernant la manière d'utiliser les indicateurs à chaque niveau .....  | 12 |
| <i>Instructions pour le niveau 1</i> .....   | 12 |
| Orientations et informations supplémentaires concernant l'utilisation de l'indicateur .....  | 15 |
| <i>Pour utiliser le niveau 1</i> .....   | 15 |
| L1.2. Étape 1 & L1.4 — Principe 1 de la liste de vérification: préparer le terrain en vue de l'adaptation. ....  | 15 |
| L1.4. Principe 2 de la liste de vérification: évaluer les risques potentiels et les vulnérabilités éventuelles aux phénomènes météorologiques extrêmes dans la région et sur la parcelle à bâtir. .... | 16 |
| L1.4. Principe 3 de la liste de vérification: répertorier les actions potentielles d'adaptation. ....  | 19 |
| L1.4. Principe 4 de la liste de vérification: évaluer les coûts et les avantages des actions d'adaptation .....  | 20 |

## La structure du document Level(s)

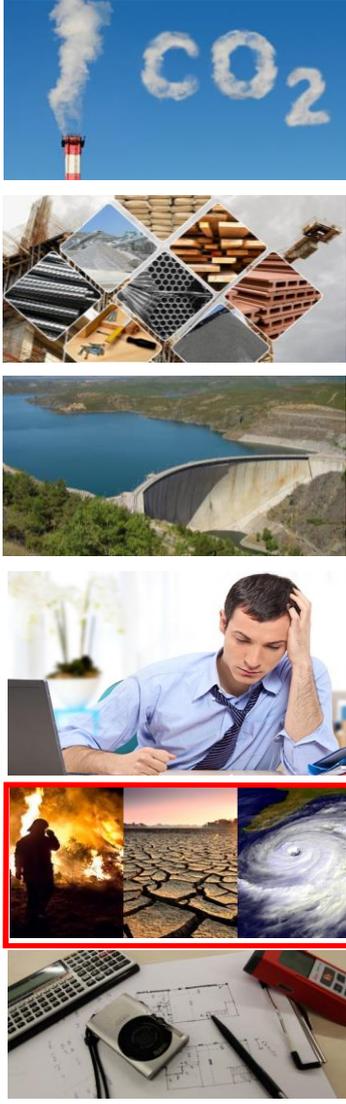
|   |  |  |
|---|--|--|
| <p>Manuel d'utilisation 1<br/><b>Introduction au cadre commun</b></p> <p>Orientations et informations à l'intention des utilisateurs potentiels de Level(s)</p>                     |   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comment utiliser Level(s)</li> <li>2. Le langage commun du développement durable</li> <li>3. Fonctionnement de Level(s)</li> </ol> <p>Notes d'information: <b>Penser la durabilité</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réflexion englobant l'ensemble du cycle de vie et la notion de circularité</li> <li>• combler l'écart de performance</li> <li>• Comment rénover de manière durable</li> <li>• Incidence de la durabilité sur la valeur</li> </ul>  |
| <p>Manuel d'utilisation 2<br/><b>Mettre en place un projet</b></p> <p>Planifiez l'utilisation de Level(s) dans le cadre de votre projet et réalisez la description du bâtiment.</p> |   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Élaborer un plan de projet</li> <li>2. Réaliser la description du bâtiment</li> </ol>  |
| <p>Manuel d'utilisation 3<br/><b>Manuels d'utilisation des indicateurs</b></p> <p>Instructions et orientations détaillées concernant l'utilisation de chaque indicateur</p>         |  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1 Performance énergétique lors de la phase d'utilisation</li> <li>1.2 Pouvoir de réchauffement global (PRG) du cycle de vie</li> <li>2.1 Devis quantitatif, nomenclature des matériaux et durées de vie</li> <li>2.2 Matériaux et déchets de construction et de démolition</li> <li>2.3 Conception axée sur l'adaptabilité et la rénovation</li> <li>2.4 Conception axée sur la déconstruction, la réutilisation et le recyclage</li> <li>3.1 Consommation d'eau lors de la phase d'utilisation</li> <li>4.1 Qualité de l'air intérieur</li> <li>4.2 Temps hors des plages de confort thermique</li> <li>4.3 Éclairage et confort visuel</li> <li>4.4 Acoustique et protection contre le bruit</li> <li>5.1 Protection de la santé et du confort thermique des occupants</li> <li>5.2 Risque accru de phénomènes météorologiques extrêmes</li> <li>5.3 Drainage durable</li> <li>6.1 Coûts du cycle de vie</li> <li>6.2 Création de valeur et exposition au risque</li> </ol> |

Figure 1. La structure du document Level(s)

## Mode de fonctionnement du présent manuel d'utilisation des indicateurs

Level(s) est un cadre d'indicateurs clés de durabilité qui peut être appliqué aux projets de construction pour décrire et améliorer leur performance. Les documents d'accompagnement ont été conçus pour être accessibles à tous les acteurs susceptibles d'être associés à ce processus.

Si vous êtes nouveau dans l'évaluation de la durabilité des bâtiments, nous vous recommandons de lire le **manuel d'utilisation 1** afin de vous familiariser avec les principes de base du cadre Level(s) et la manière dont vous pouvez l'appliquer à un projet de construction.

Si vous n'avez pas encore mis en place votre projet de construction pour utiliser Level(s), notamment si vous n'avez pas réalisé le plan de projet et la description du bâtiment, nous vous recommandons de lire le **manuel d'utilisation 2 du cadre Level(s)**.

**Le présent manuel d'utilisation des indicateurs fait partie du manuel d'utilisation 3 du cadre Level(s)**. Vous y trouverez des instructions sur la manière d'utiliser les indicateurs eux-mêmes. Il a pour objectif de vous aider à appliquer l'indicateur que vous avez choisi à un projet de construction. À cette fin, il contient les éléments suivants:

- **une note d'information introductive** — cette section donne une vue d'ensemble de l'indicateur. Elle précise notamment:
  - ✓ pourquoi il pourrait être intéressant de mesurer la performance à l'aide de cet indicateur,
  - ✓ ce que cet indicateur mesure,
  - ✓ à quels niveaux d'un projet il peut être utilisé,
  - ✓ l'unité de mesure, et
  - ✓ la méthode de calcul et les normes de référence pertinentes;
- **des instructions concernant la manière d'utiliser les indicateurs à chaque niveau** — cette section contient:
  - ✓ des instructions pas à pas pour chaque niveau,
  - ✓ des précisions quant aux éléments nécessaires pour procéder à une évaluation,
  - ✓ une liste de vérification des principes de conception (niveau 1), et
  - ✓ les modèles de compte rendu.

Les instructions font souvent référence à la section «Orientations et informations supplémentaires», qui figure après les instructions;

- **des orientations et des informations supplémentaires concernant l'utilisation de l'indicateur** — cette section fournit davantage d'informations de contexte et d'orientations pour vous aider à suivre des étapes précises des instructions, notamment les principes de conception introduits au niveau 1 et les actions concrètes pour calculer ou mesurer la performance aux niveaux 2 et 3. Elles font toutes référence à des étapes précises des instructions, que ce soit au niveau 1, 2 ou 3.

Ce manuel d'utilisation des indicateurs est structuré de façon à ce que, une fois que vous serez familiarisé avec l'utilisation d'un indicateur donné et que vous saurez comment vous en servir, vous ne deviez plus vous référer aux orientations et informations de contexte et à ce que vous puissiez travailler directement et uniquement avec les instructions au niveau de votre choix.

## Termes techniques et définitions utilisés

| Terme                            | Définition   |
|----------------------------------|--|
| Inondation côtière               | L'inondation de terres par de l'eau provenant de la mer, de l'océan ou d'un autre vaste plan d'eau libre. Ces types d'inondations sont le plus souvent liés aux marées de tempête. Les marées de tempête surviennent lorsque des vents violents (ouragans et autres tempêtes) poussent l'eau vers la terre. Le risque d'inondation côtière est le plus élevé lorsqu'une marée de tempête coïncide avec une marée haute et/ou une inondation fluviale (au delta).   |
| Sécheresse                       | De manière générale, on entend par «sécheresse» un déficit pluviométrique temporaire sur une période prolongée par rapport aux besoins du couvert végétal. Les sécheresses peuvent être classées de différentes manières selon les incidences considérées, par exemple sécheresses météorologiques, sécheresses hydrologiques, sécheresses agricoles ou sécheresses socio-économiques. Il convient de distinguer les sécheresses de l'aridité, une condition climatique permanente, et de la rareté de la ressource en eau, une situation où les besoins en eau (pour la société, l'économie et la nature) sont plus importants que les ressources hydriques disponibles (rivières, réservoirs, eaux souterraines, etc.).  |
| Phénomène météorologique extrême | D'après le groupe de travail II du cinquième rapport d'évaluation du GIEC, un phénomène météorologique extrême est un phénomène rare en un endroit et à un moment de l'année particuliers. Les définitions du mot «rare» varient, mais un phénomène météorologique extrême devrait normalement se produire aussi rarement, sinon plus, que le dixième ou le quatre-vingt-dixième centile de la fonction de densité de probabilité établie à partir des observations. Par définition, les caractéristiques de conditions météorologiques extrêmes peuvent, dans l'absolu, varier d'un lieu à un autre. Lorsque des conditions météorologiques extrêmes se prolongent pendant un certain temps, l'espace d'une saison par exemple, elles peuvent être considérées comme un phénomène climatique extrême, en particulier si elles correspondent à une moyenne ou à un total en lui-même extrême (par exemple, une sécheresse ou de fortes pluies pendant toute une saison). |
| Inondation fluviale              | Inondation provoquée par un cours d'eau. Elle se produit lorsque les excès de pluviosité et/ou la neige fondue dans le bassin versant dépassent la capacité du cours d'eau.  |
| Mesures d'adaptation vertes      | Mesures visant à renforcer la résilience ou la capacité d'adaptation d'un bâtiment, qui sont basées sur des approches inspirées par la nature (par exemple, construction de bassins de rétention des eaux pluviales).  |
| Mesures d'adaptation grises      | Mesures visant à renforcer la résilience ou la capacité d'adaptation d'un bâtiment, qui sont basées sur des solutions technologiques et d'ingénierie (par exemple, surfaces rugueuses et irrégulières autour des hauts bâtiments pour réduire les oscillations induites par les vents de travers).   |
| Chute de grêle                   | Orages qui produisent de la grêle (c'est-à-dire, boules ou morceaux de glace irréguliers $\geq 5$ mm de diamètre).   |
| Inondation pluviale              | Inondation provoquée par un épisode de précipitations extrêmes ou par le déversement soudain d'eau provenant de sources autres qu'une masse d'eau qui déborde (par exemple, une rivière). Elle se produit lorsque le système de drainage n'est pas en mesure d'évacuer l'eau du site assez rapidement.   |
| Orage de convection violent      | Phénomène météorologique intense, qui se produit généralement en été et qui est caractérisé par des vents violents, de la grêle, des pluies torrentielles et des éclairs. Communément appelé «orage», il peut aussi entraîner la formation de tornades.  |

| Terme                       | Définition   |
|-----------------------------|--|
| Mesures d'adaptation douces | Mesures visant à renforcer la résilience ou la capacité d'adaptation d'un bâtiment, qui sont basées sur des mesures politiques, juridiques, sociales, financières ou de gestion modifiant, à leur tour, les comportements humains (par exemple, possibilité de travailler à distance lorsque le bureau est inaccessible en raison d'une tempête de neige). |
| Îlot de chaleur urbain      | Zone urbaine considérablement plus chaude que les zones rurales environnantes. Plusieurs facteurs peuvent contribuer à l'effet d'îlot de chaleur urbain.   |

## Note d'information introductive

**Remarque à l'attention des utilisateurs:** cet indicateur ne comporte actuellement des instructions et des orientations que pour son utilisation au **niveau 1**. Aux utilisateurs souhaitant travailler aux **niveaux 2 et 3**, il fournit des informations initiales concernant d'éventuelles unités de calcul et de mesure ainsi que des normes de référence qui pourraient être utilisées.

### Pourquoi mesurer la performance à l'aide de cet indicateur?

Les indicateurs 5.2 et 5.3 ont un point commun, étant donné qu'ils concernent tous deux la relation entre la conception du bâtiment/de la parcelle et les épisodes/risques d'inondation. Les principales différences sont les suivantes:

- l'indicateur 5.2 porte sur la manière de rendre le bâtiment plus résilient et plus résistant aux phénomènes météorologiques extrêmes (notamment les trois principaux types d'inondations: fluviale, pluviale et côtière) **lorsque ceux-ci se produisent** ;
- l'indicateur 5.3 porte sur la manière d'utiliser la conception du bâtiment et la parcelle pour **réduire les risques** d'épisodes d'inondation pluviale dans la localité et **éviter ainsi la survenue** d'épisodes d'inondation fluviale en aval.

Cet indicateur met l'accent sur la résilience de la structure et de l'enveloppe du bâtiment par rapport aux phénomènes météorologiques extrêmes. Les principales catégories de phénomènes météorologiques extrêmes sont les suivantes: inondation pluviale, inondation fluviale, tempêtes, inondation côtière, sécheresses, vagues de chaleur, grêle et neige. Aucune mesure concrète ne peut être prise pour réduire le risque de survenue de phénomènes météorologiques extrêmes. Cependant, des mesures peuvent être prises pour concevoir les bâtiments de façon à réduire au minimum ou à éviter les dommages causés à la structure du bâtiment et à ses occupants lorsqu'un phénomène météorologique extrême se produit.

Au fil des siècles, les phénomènes climatiques ont joué un rôle important dans l'évolution des formes, structures et matériaux des bâtiments et ont contribué à influencer le choix des zones urbanisées. Les phénomènes météorologiques extrêmes sont partie intégrante du climat naturel et leur définition même est liée à ce qui est rare dans un cadre régional donné. Par exemple, un épisode neigeux n'est pas aussi extrême dans les régions septentrionales à des altitudes élevées que dans les régions méridionales au niveau de la mer. L'intensité d'un épisode pluvieux ne serait pas aussi extrême dans un climat côtier avec des montagnes aux alentours que dans un climat continental sans montagnes avoisinantes.

Bien que, au niveau mondial, l'Europe ne détienne pas la palme des phénomènes météorologiques extrêmes (citons, à titre d'exemple, l'allée des tornades dans le centre des États-Unis et les régions des moussons en Asie), la valeur exposée des bâtiments y est élevée. Les bâtiments européens sont plus exposés aux phénomènes météorologiques extrêmes pour deux raisons principales:

1. **changement climatique:** la hausse des températures maritimes et terrestres modifie les régimes de précipitations et entraîne une augmentation des phénomènes climatiques extrêmes dans de nombreuses régions d'Europe (par exemple, vagues de chaleur, précipitations abondantes et sécheresses)<sup>1</sup>;
2. **aménagement de sites présentant des risques d'exposition élevés:** la valeur immobilière est montée en flèche dans la plupart des régions d'Europe, à l'instar de la valeur des terres dans les zones entourant les lotissements urbains et suburbains. Ce phénomène a entraîné une «extension urbaine» sur de nombreux sites auparavant inexploités, situés notamment sur les berges exposées des rivières et en bord de mer.

Les phénomènes climatiques extrêmes touchent tout particulièrement les zones côtières, où les risques augmentent sous l'effet combiné d'une augmentation progressive des niveaux moyens des mers, des marées de

---

<sup>1</sup> AEE, 2016. «Climate change, impacts and vulnerability in Europe. An indicator-based report», ISSN 1977-8449.

tempêtes, des dommages causés par le vent et de l'érosion. Les vagues de chaleur extrêmes, à l'instar de l'épisode de 2003 qui, selon les estimations, aurait causé 70 000 décès prématurés en Europe (Kron et al., 2019)<sup>2</sup>, créent également des conditions de sécheresse et augmentent le risque de feux de friches. Bien que les feux de friches touchent rarement les environnements urbains, le fait que le nombre de zones brûlées en Finlande, en Suède, en Estonie, en Lituanie, en Allemagne, au Royaume-Uni et en Irlande ait été multiplié par 60 au cours de la période 2008-2017<sup>3</sup> indique un risque accru de feux de friches dans certaines zones urbanisées. Ces trois dernières années, l'Europe a été touchée en de nombreux endroits par des sécheresses historiques<sup>4</sup>. En plus des problèmes plus évidents liés à la sécheresse, si un épisode de sécheresse est suivi par des précipitations abondantes, cela peut réduire la stabilité du sol et provoquer des glissements de terrain.

Du point de vue des assurances, les événements météorologiques causant des pertes ont augmenté de manière significative à travers le monde tant en valeur qu'en nombre de pertes au cours de la période 1980-2014. D'après Hoeppe (2016)<sup>5</sup>, l'accroissement des pertes est lié aux phénomènes météorologiques extrêmes et aux valeurs croissantes des biens exposés (notamment, les bâtiments). Dans le rapport PESETA IV, le Centre commun de recherche estime que, si la température à la surface du globe augmentait de 3 °C ou plus par rapport aux niveaux de l'ère préindustrielle, les épisodes de sécheresse seraient deux fois plus nombreux dans la plupart des régions d'Europe méridionale et occidentale. Selon tous les scénarios du GIEC, le changement le plus significatif concernera probablement les phénomènes extrêmes liés à l'élévation du niveau des mers: les événements ayant une période de retour de 1 sur 100 ans (d'après les données actuelles) devraient se produire chaque année d'ici à 2100 dans la plupart des localités côtières<sup>6</sup>.

Les dommages causés par les phénomènes météorologiques extrêmes représentent une lourde charge pour les propriétaires de bâtiments, les occupants et le secteur des assurances. Les modèles de conception standards des bâtiments qui ont fonctionné de façon satisfaisante pendant des décennies pourraient être soumis à des primes d'assurance plus élevées en raison de l'incertitude quant à leur capacité à faire face à des phénomènes météorologiques plus extrêmes à l'avenir. L'intégration de mesures de protection appropriées contre les phénomènes météorologiques extrêmes devrait suffire à justifier un abaissement des primes d'assurance ou, à tout le moins, à ne pas les augmenter.

#### Que mesure-t-il?

Une procédure a été établie concernant la façon de traiter le risque accru de phénomènes météorologiques extrêmes dans la phase de conception du bâtiment (niveau 1). Lorsque les nouveaux Eurocodes seront publiés, ils serviront de base à des évaluations plus quantitatives aux niveaux 2 et 3. Jusqu'à présent, aucune approche de niveau 2 ou 3 n'a été définie pour cet indicateur.

#### À quelle étape d'un projet?

Les phases durant lesquelles une évaluation peut être réalisée reflètent les trois «niveaux». Seul le niveau 1 est actuellement disponible, mais une approche possible pour les niveaux 2 et 3 est également présentée à titre d'information:

| Niveau  | Activités liées à l'utilisation de l'indicateur 5.2  |
|---|--|
| 1. Conception (selon les principes de conception) | ✓ Des informations sont fournies pour susciter le débat et la prise de décisions concernant des aspects qui influenceront directement ou indirectement la résistance du bâtiment face aux phénomènes météorologiques extrêmes. |

<sup>2</sup> Kron, W., Low, P., Kundzewicz, ZW., 2019, «Changes in risk of extreme weather events in Europe», *Environmental Science & Policy*, 100, p. 74-83.

<sup>3</sup> JRC, 2018. «Forest fires in Europe, Middle East and North Africa».

<sup>4</sup> Voir note d'information INFO(2020) 29 et rapports récents de l'observatoire européen de la sécheresse, disponibles à l'adresse suivante: <https://edo.jrc.ec.europa.eu/edov2/php/index.php?id=1051>

<sup>5</sup> Hoeppe, P., 2016. «Trends in weather related disasters — Consequences for insurers and society», *Weather and Climate Extremes*, vol. 11, p. 70-79.

<sup>6</sup> GIEC, 2019: Résumé à l'intention des décideurs. Dans: *Rapport spécial du GIEC sur l'océan et la cryosphère dans le contexte du changement climatique* [sous la direction de Pörtner, H.-O., Roberts, D.C., Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Tignor, M., Poloczanska, E., Mintenbeck, K., Alegría, A., Nicolai, M., Okem, A., Petzold, J., Rama, B., Weyer, N.M. (éds.)]. Sous presse.

| Niveau  | Activités liées à l'utilisation de l'indicateur 5.2  |
|---|--|
| 2. Conception détaillée et construction (sur la base des calculs, des simulations et des plans)                 | ✓ Les critères de conception, les actions, les situations de conception et les états limites pertinents des Eurocodes applicables sont définis préalablement au début des travaux sur site et au cours de la phase de conception détaillée.  |
| 3. Performance du bâtiment tel qu'il est utilisé (sur la base de la mise en service, des essais et des relevés) | ✓ La structure et l'enveloppe réelles du bâtiment qui est construit doivent être comparées à la structure et à l'enveloppe de conception. Toute différence doit être expliquée si elle a une incidence (positive ou négative) sur la résilience du bâtiment par rapport à des actions pertinentes sur la structure et l'enveloppe du bâtiment. |

### Unité de mesure

Les principales situations de conception à prendre en considération au regard des effets des phénomènes météorologiques extrêmes sur les bâtiments sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1. Liens entre l'action exercée par le climat et l'application de Level(s)

| ACTION EXERCÉE PAR LE CLIMAT  | Niveau 1 — Conception   | Niveaux 2 et 3 — Phases de conception détaillée et de performance du bâtiment tel qu'il est utilisé (paramètre fictif)   |
|---|---|--|
| Exposition au feu (en raison de feux de friches dus à des conditions de sécheresse) | Disposition sur la parcelle, barrières physiques sur le périmètre du site, matériau de revêtement du sol (par exemple, végétation ou pavage dur), choix des matériaux pour l'enveloppe et la structure du bâtiment. | <p>Une fois que la structure et l'enveloppe du bâtiment sont bien définies, les éléments suivants sont pris en considération:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>valeurs de conception des actions;</li> <li>valeurs de conception des propriétés des matériaux ou des produits;</li> <li>valeurs de conception des données géométriques;</li> <li>résistance de conception;</li> <li>états limites de service et ultime (EQU, STR, GEO, FAT)<sup>7</sup>.</li> </ul> <p>La structure du bâtiment devrait être en mesure de résister à des actions dont la probabilité est définie (par exemple, 0,02, ce qui signifierait une période de retour de 50 ans).</p> |
| Charges de neige  | Pente du toit, faciliter l'accès pour balayer la neige, rugosité des matériaux de couverture.   |  |
| Actions du vent   | Choix de la forme du bâtiment et rugosité de surface de l'enveloppe du bâtiment.  |  |
| Actions thermiques (quotidiennes et saisonnières)                                   | Conception de l'enveloppe du bâtiment, matériaux de revêtement et éléments de fixation. Écart de température entre les surfaces intérieure et extérieure de l'enveloppe du bâtiment.                                |  |
| Inondation  | Position du bâtiment sur la parcelle si la surface est irrégulière. Élévation potentielle de la dalle de rez-de-chaussée. Installation de barrières contre les inondations.   |  |

### Limite du système

Pour ce qui est des limites physiques, l'amélioration de la résistance des structures et enveloppes des bâtiments aux phénomènes météorologiques extrêmes peut aller au-delà de l'enveloppe du bâtiment elle-même. Citons, à titre d'exemple, les murs de soutènement ou la stabilisation des sols pour réduire le risque de glissements de terrain, et les barrières contre les inondations.

En ce qui concerne les limites relatives aux impacts sur le cycle de vie dans le cadre de la norme EN 15978 (voir figure 4 du manuel d'utilisation 1), des impacts environnementaux supplémentaires sont à prévoir au cours des phases A1-A5 (fabrication, transport et installation du produit), dès lors que des quantités supplémentaires de

<sup>7</sup> Ces propositions initiales devront être examinées plus en détail une fois que les nouveaux Eurocodes seront disponibles. Les actions climatiques les plus évidentes sont l'exposition au feu, les charges de vent, les actions thermiques (autres que le feu), les charges de neige et l'eau (niveau de la nappe phréatique et inondation de surface). Les états limites font référence aux notions suivantes: EQU (perte d'équilibre statique de la structure ou d'une partie quelconque de celle-ci, considérée comme un corps rigide); STR (défaillance interne ou déformation excessive de la structure ou d'éléments structuraux, y compris semelles, pieux, murs de soubassement, etc., lorsque la résistance des matériaux de construction de la structure domine); GEO (défaillance ou déformation excessive du sol, lorsque les résistances du sol ou de la roche sont significatives pour la résistance); FAT (défaillance de la structure ou d'éléments structuraux due à la fatigue).

matériaux ou des matériaux plus performants sont nécessaires. Cela peut s'expliquer par la nécessité de disposer d'un même matériau plus résistant (par exemple, des colonnes structurelles plus épaisses) ou de nouvelles performances améliorées (par exemple, des systèmes de parois à faible conductivité thermique). Cependant, les avantages d'une durée de vie estimée plus longue et d'une meilleure performance des composants des bâtiments devraient avoir pour corollaire une diminution des impacts dans les phases B3 et B4 du cycle de vie définies dans la norme EN 15978 au cours de la phase d'utilisation du bâtiment.

### Champ d'application

Bien que l'indicateur mette principalement l'accent sur l'enveloppe et la structure du bâtiment, les mesures de conception réduisant le risque de dommages causés par des phénomènes météorologiques extrêmes peuvent s'étendre à des caractéristiques allant au-delà de l'enveloppe du bâtiment elle-même. Citons, à titre d'exemple, l'installation à la périphérie du site de barrières contre les inondations ou l'érosion dans le cadre d'une infrastructure de protection contre les inondations de plus grande envergure. Ces caractéristiques peuvent avoir pour objectif de protéger uniquement le bâtiment en question ou de protéger également les zones et bâtiments avoisinants.

### Méthode de calcul et normes de référence

La procédure du niveau 1 est généralement alignée sur l'initiative Climate-ADAPT de l'Agence européenne pour l'environnement<sup>8</sup>. Elle a, toutefois, été adaptée pour pouvoir être utilisée dans le cadre d'un projet de construction individuel.

*En ce qui concerne les niveaux 2 et 3, il est prévu que l'évaluation soit liée aux principes et règles d'application définis dans les normes EN 1991-1-2 (protection contre les incendies), EN 1991-1-3 (charges de neige), EN 1991-1-4 (charges de vent) et EN 1991-1-5 (actions thermiques). Au cours de la phase de construction (c'est-à-dire, avant que le bâtiment ne soit achevé), la norme EN 1991-1-6 peut être appliquée aux actions en cours d'exécution.*

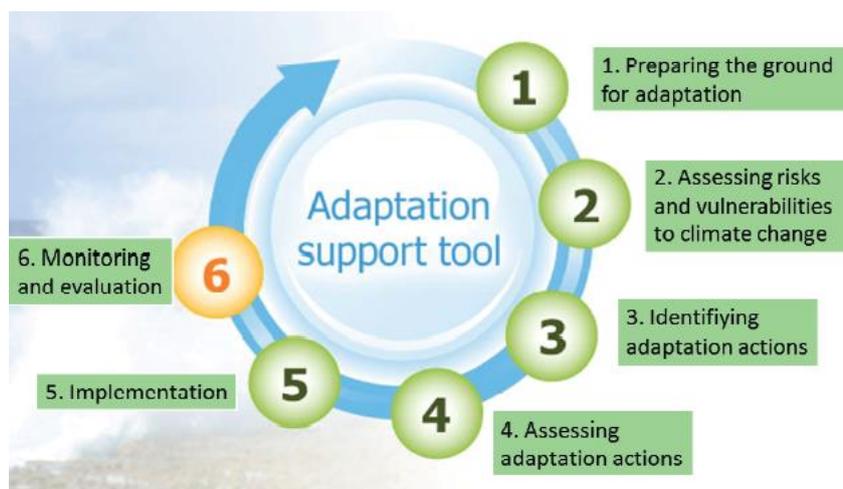


Figure 2. Le cycle stratégique d'adaptation (AEE, 2018)<sup>9</sup>

Dans l'image ci-dessus, les étapes 1 à 4 s'appliquent généralement au niveau 1 (conception), l'étape 5 au niveau 2 (conception détaillée et construction) et l'étape 6 au niveau 3 (contrôle de la performance du bâtiment tel qu'il est construit et utilisé). Il est toutefois rappelé aux utilisateurs que la présente version du manuel d'utilisation concerne uniquement le niveau 1 (c'est-à-dire, les étapes 1 à 4 dans le diagramme ci-dessus).

<sup>8</sup> Voir : <https://climate-adapt.eea.europa.eu/knowledge/tools/adaptation-support-tool>

<sup>9</sup> AEE, 2018. «National climate change vulnerability and risk assessments in Europe»; rapport 1/2018 de l'AEE.

## Instructions concernant la manière d'utiliser les indicateurs à chaque niveau

### Instructions pour le niveau 1

#### L1.1. L'objectif du niveau 1

Le niveau 1 a pour objectif de sensibiliser l'utilisateur aux mesures à prendre au cours de la phase de conception (et même avant) pour veiller à maximiser la connaissance des phénomènes météorologiques extrêmes à l'emplacement du bâtiment. Cette connaissance peut jeter les bases d'une réflexion sur la manière d'optimiser la conception du bâtiment et de toute parcelle avoisinante aux fins de leur adaptation aux phénomènes météorologiques extrêmes.

#### L1.2. Instructions étape par étape

*Il convient de lire ces instructions en combinaison avec les orientations techniques du niveau 1 et les informations à l'appui de celles-ci (voir page 13).*

1. Préparer le terrain en vue de l'adaptation; constituer une équipe pour mettre l'accent sur l'adaptation aux phénomènes météorologiques extrêmes; établir un dialogue avec les autorités de planification, notamment avec celles chargées de la planification de l'évaluation des risques (par exemple, gestion des risques d'inondation, gestion des épisodes de sécheresse, planification nationale aux fins de l'adaptation au changement climatique) et vérifier s'il existe un organisme régional, national ou européen pouvant soutenir les efforts d'adaptation.
2. Consulter la liste de vérification au point L1.4 (adaptabilité aux phénomènes météorologiques extrêmes) et lire les renseignements complémentaires dans les orientations techniques de niveau 1.
3. Au sein de l'équipe de conception, examiner et déterminer de quelle manière les actions d'adaptation visant à renforcer la résistance aux phénomènes météorologiques extrêmes peuvent être intégrées dans la construction.
4. Rendre compte des actions d'adaptation qui ont été évaluées, en expliquant pourquoi elles seront mises en œuvre ou pas.

#### L1.3. Qui devrait être associé au processus et quand?

En ce qui concerne la conception (niveau 1), les principaux acteurs sont l'architecte de conception, l'investisseur ou le propriétaire potentiels du bâtiment, les autorités de planification et un expert de l'évaluation des risques. Il est particulièrement utile de consulter des protagonistes ayant une connaissance approfondie des phénomènes climatiques locaux et régionaux et des projections en matière de changement climatique. L'expert de l'évaluation des risques peut également représenter des assureurs ou être indépendant.

#### L1.4. Liste de vérification des principes de conception pertinents

L'étude des bonnes pratiques et l'analyse bibliographique ont permis au Centre commun de recherche de recenser les principes de conception pertinents suivants.

| Principe de conception de niveau 1   | Brève description  |
|--|--|
| 1. Préparer le terrain en vue de l'adaptation et de la résistance aux phénomènes météorologiques extrêmes.     | Consulter le site web suivant, dès lors que des politiques, des stratégies et des plans nationaux d'adaptation sont disponibles:<br><a href="https://climate-adapt.eea.europa.eu/countries-regions/countries">https://climate-adapt.eea.europa.eu/countries-regions/countries</a><br>Par ailleurs, envisager de faire appel à des spécialistes ayant des compétences et de l'expérience dans le domaine de la conception et de la modélisation de l'adaptation au changement climatique. |
| 2. Évaluer les principaux risques et vulnérabilités aux phénomènes météorologiques extrêmes à l'emplacement du | Tenir compte des phénomènes météorologiques extrêmes ayant eu lieu dans la zone et consulter toute carte des risques disponible, par exemple, la carte nationale des risques d'inondation et le PGRI (plan de gestion des risques  |

| <b>Principe de conception de niveau 1</b>                       | <b>Brève description</b>  |
|---|---|
| bâtiment (maintenant et à l'avenir).                            | d'inondation), le plan de gestion pertinent des épisodes de sécheresse (si disponible) et/ou les PGBH (plans de gestion des bassins hydrographiques).<br>Pour le site donné, tenir compte de facteurs tels que l'exposition à des vents forts, l'apport excessif de chaleur par insolation, l'effet d'îlot de chaleur urbain, la proximité de régions montagneuses, la proximité de masses terrestres escarpées et la proximité de la mer ou de cours d'eau (horizontalement et verticalement).<br>Consulter les rapports publics, les bases de données météorologiques, les projections en matière de changement climatique et des experts, si nécessaire. Les analystes du secteur des assurances peuvent s'avérer particulièrement utiles. |
| 3. Répertorier les actions potentielles d'adaptation.           | En fonction des principaux risques recensés au point 2, consulter la littérature et les études de cas pertinentes concernant l'adaptation des bâtiments au changement climatique. Voir, par exemple, la base de données Climate-ADAPT: <a href="https://climate-adapt.eea.europa.eu/knowledge/tools/case-studies-climate-adapt">https://climate-adapt.eea.europa.eu/knowledge/tools/case-studies-climate-adapt</a> .  |
| 4. Évaluer les coûts et les avantages des actions d'adaptation. | Les considérations financières devraient inclure la complexité potentiellement accrue des travaux de construction, l'augmentation des coûts du capital et la hausse des coûts d'entretien (particulièrement pertinents en ce qui concerne certaines solutions fondées sur la nature).<br>Les avantages à envisager pourraient inclure des primes d'assurance potentiellement réduites ainsi qu'une réduction du risque de dommages/des coûts des dommages en cas de phénomènes météorologiques extrêmes. Lorsque les mesures d'adaptation prévoient des solutions fondées sur la nature et des formes esthétiquement agréables, les avantages pour la biodiversité et le bien-être des occupants peuvent également être pertinents.           |

### L1.5. Modèle de compte rendu

| <b>Risque de phénomène météorologique extrême (principe de conception)</b>  | <b>Traité? (oui/non)</b> | <b>Comment a-t-il été intégré au projet de construction? (brève description)</b>   |
|---|--------------------------|--|
| 1. Préparer le terrain en vue de l'adaptation et de la résistance aux phénomènes météorologiques extrêmes.  | Oui                      | <i>Le plan national d'adaptation a été consulté, mais jusqu'à présent, aucune action n'a été définie en ce qui concerne le secteur de la construction. Un consultant a examiné plusieurs plans d'autres pays de l'UE qui tiennent compte du secteur de la construction.</i>    |
| 2. Évaluer les principaux risques et vulnérabilités aux phénomènes météorologiques extrêmes à l'emplacement du bâtiment (maintenant et à l'avenir). | Oui                      | <i>Ce bâtiment de 30 étages sera situé sur la rive d'un estuaire; il sera donc potentiellement exposé à des charges de vent importantes et variables, à des inondations fluviales et à des marées de tempête.</i>  |
| 3. Répertorier les actions potentielles d'adaptation.   | Oui                      | <i>Les mesures d'adaptation prévoient notamment de placer tous les équipements électriques essentiels au-dessus du sol et non pas au sous-sol et d'introduire des plaques de sol irrégulières pour réduire au minimum les oscillations induites par les vents traversiers.</i> |

|   |     |  |
|---|-----|--|
|   |     | <i>En ce qui concerne la parcelle à bâtir (et dans le cadre d'un projet plus vaste), une zone humide étagée sera installée le long de la rive de l'estuaire pour protéger contre l'érosion progressive et pour contribuer à réintroduire la biodiversité indigène.</i> |
| 3. Évaluer les coûts et les avantages des actions d'adaptation. | Non | <i>Il est trop tôt pour comparer les coûts approximatifs, mais la conception de la plaque de sol sera personnalisée en tant que caractéristique architecturale unique du bâtiment.</i>   |

## **Orientations et informations supplémentaires concernant l'utilisation de l'indicateur**

### ***Pour utiliser le niveau 1***

Dans cette section du manuel, des orientations et des explications générales supplémentaires sont fournies pour les concepts clés abordés au niveau 1, à savoir:

- L1.2. Étape 1 et L1.4. Principe 1 de la liste de vérification: préparer le terrain en vue de l'adaptation.
- L1.4. Principe 2 de la liste de vérification: évaluer les risques potentiels et les vulnérabilités éventuelles aux phénomènes météorologiques extrêmes dans la région et sur la parcelle à bâtir.
- L1.4. Principe 3 de la liste de vérification: répertorier les actions potentielles d'adaptation.
- L1.4. Principe 4 de la liste de vérification: évaluer les coûts et les avantages des actions d'adaptation.

### **L1.2. Étape 1 & L1.4 — Principe 1 de la liste de vérification: préparer le terrain en vue de l'adaptation.**

La «stratégie de l'UE relative à l'adaptation au changement climatique»<sup>10</sup> de 2013 établit un plan pour rendre l'Europe plus résiliente au changement climatique. Au total, huit actions y sont mentionnées, répondant à trois objectifs généraux:

1. favoriser l'action au niveau des États membres;
2. favoriser une prise de décision éclairée;
3. intégrer la résilience au climat dans l'action de l'UE: promouvoir l'adaptation dans les secteurs les plus vulnérables.

L'UE adoptera une nouvelle stratégie d'adaptation au changement climatique (prévue pour la mi-2021), qui actualisera les objectifs et actions pertinents et pourrait introduire de nouveaux objectifs et de nouvelles actions.

Le site web de Climate-ADAPT se veut être un «guichet unique» pour toutes les mesures relatives à l'adaptation au changement climatique et les utilisateurs devraient commencer ici: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/about>

Sur le site web, il est possible de consulter les plans et les stratégies disponibles au:

- niveau transnational <https://climate-adapt.eea.europa.eu/countries-regions/transnational-regions>
- niveau national: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/countries-regions/countries>
- niveau municipal: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/eu-adaptation-policy/sector-policies/urban>

La Convention des maires pour le climat et l'énergie fournit une mine d'informations pertinentes au niveau municipal, notamment:

- une base de données consultable comprenant des milliers d'entrées relatives aux plans d'action, rapports d'avancement et bonnes pratiques, qui peuvent être filtrées par pays, type d'action et secteur;
- des liens vers les webinaires pertinents sur différents aspects de l'adaptation au changement climatique;

---

<sup>10</sup> CE, 2013, la stratégie de l'UE relative à l'adaptation au changement climatique, COM(2013) 216 final. Bruxelles: Union européenne. Disponible à l'adresse suivante: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2013:0216:FIN:FR:PDF>

- un guide interactif des sources de financement (voir l'aperçu de la capture d'écran ci-dessous).

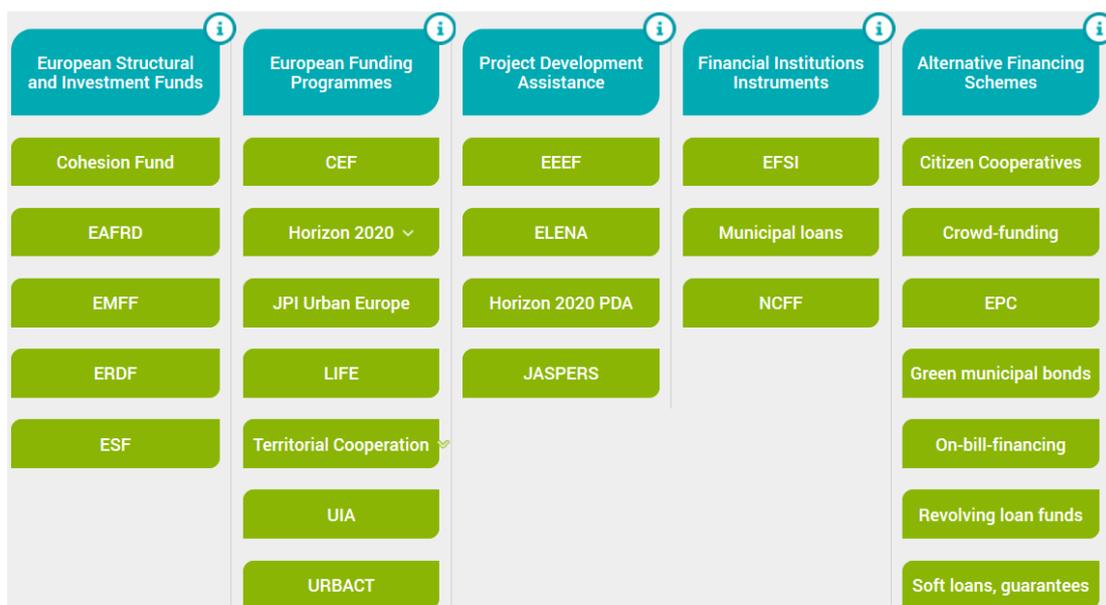


Figure 3. Vue d'ensemble des différents mécanismes de financement en faveur de l'adaptation au changement climatique (source: <https://www.eumayors.eu/support/funding.html>)

Sur les sites web de Climate-ADAPT et de la Convention des maires pour le climat et l'énergie, les utilisateurs devraient pouvoir trouver tous les contacts et organes de soutien pertinents pouvant les aider à examiner et à mettre en œuvre les mesures d'adaptation au changement climatique dans le cadre de leur projet de conception.

#### L1.4. Principe 2 de la liste de vérification: évaluer les risques potentiels et les vulnérabilités éventuelles aux phénomènes météorologiques extrêmes dans la région et sur la parcelle à bâtir.

**Remarque:** bien que la norme ISO 14091 consacrée à l'évaluation de la vulnérabilité et des risques associés au changement climatique n'ait toujours pas été finalisée en décembre 2020, les utilisateurs devraient vérifier si elle est désormais disponible. Cette norme ISO servira de base à l'évaluation de la vulnérabilité au changement climatique. De même, les utilisateurs sont invités à vérifier si les lignes directrices de l'Union européenne relatives à la protection des infrastructures contre les effets du changement climatique ont été publiées au moment où ils lisent le présent manuel d'utilisation.

Pour un tableau d'ensemble européen des modifications potentielles des phénomènes météorologiques, les utilisateurs sont invités à consulter le rapport 2016 détaillé de l'Agence européenne pour l'environnement<sup>11</sup>. Un aperçu général des principaux effets attendus en Europe est disponible ci-dessous.

<sup>11</sup> AEE, 2016. «Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report», ISSN 1977 8449.

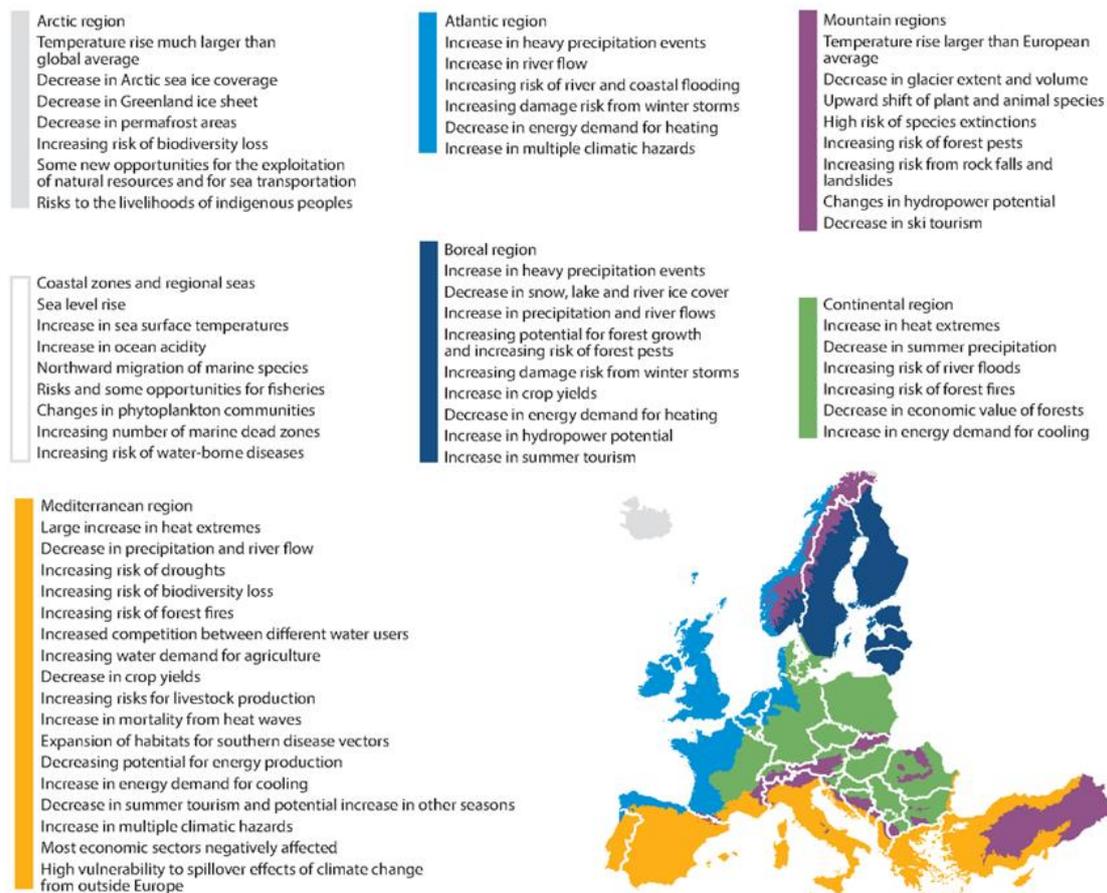


Figure 4. Effets observés et prévus du changement climatique dans les principales régions biogéographiques en Europe (source: AEE, 2016).

Le second point de référence commun que les utilisateurs sont encouragés à consulter est l'Urban Adaptation Map Viewer<sup>12</sup> de l'Agence européenne pour l'environnement. Cet outil permet de visualiser, sur des cartes à l'échelle européenne, les vulnérabilités:

- à la chaleur;
- aux inondations fluviales;
- aux inondations côtières;
- aux inondations pluviales;
- aux épisodes de sécheresse et aux feux de friches;
- à d'autres indicateurs qui ne sont pas strictement liés à l'indicateur 5.2 de Level(s) (c'est-à-dire, à la rareté de la ressource en eau, aux maladies vectorielles et à la vulnérabilité sociale).

Plusieurs exemples de cartes sont fournis ci-après.

<sup>12</sup> Voir: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/knowledge/tools/urban-adaptation>

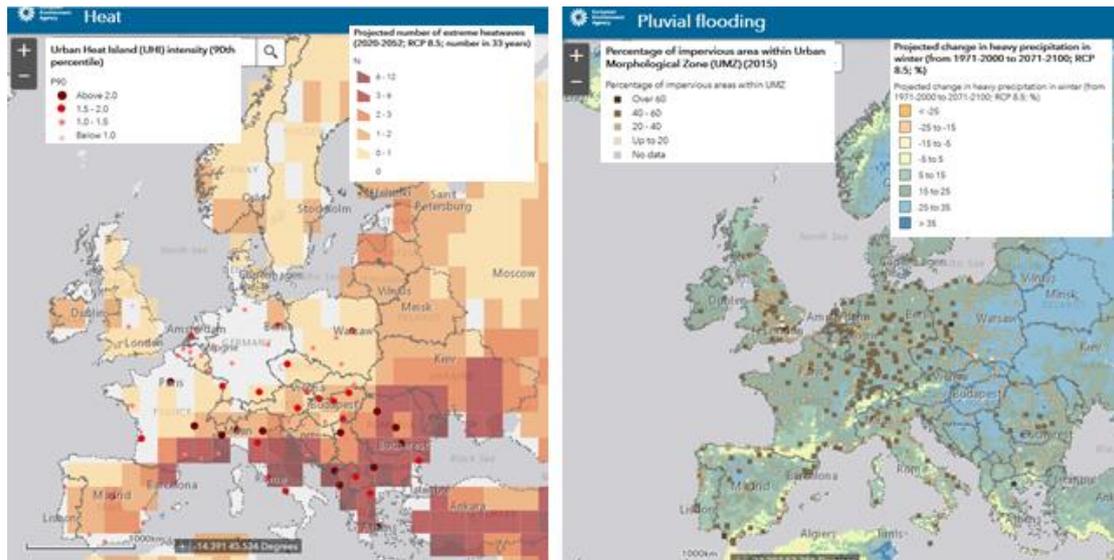


Figure 5. Exemples de cartes d'adaptation urbaine (source: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/knowledge/tools/urban-adaptation>)

Les cartes ci-dessus ne sont que quelques exemples des éléments pouvant être représentés sur les cartes.

À gauche, les points indiquent l'intensité de l'effet d'îlot de chaleur urbain dans certaines villes. Les carrés colorés représentent les vagues de chaleur extrême prévues dans des zones plus étendues au cours des trente prochaines années. Bien que plus fréquentes dans le sud de l'Europe, des vagues de chaleur extrême devraient toucher également la plupart des pays d'Europe.

À droite, les zones colorées représentent les modifications attendues de l'intensité des précipitations entre les périodes 1971-2000 et 2071-2100. Dans la plupart des régions d'Europe, les épisodes de précipitations abondantes devraient augmenter de 5 à 15 % en hiver. Le phénomène des inondations pluviales étant considérablement aggravé par l'étendue des surfaces imperméables, il est utile de tenir compte de ces données pour des villes précises (représentées par des points colorés).

Les cartes d'adaptation urbaine présentent un autre aspect intéressant: en cliquant sur l'onglet «City Factsheets» (fiches d'information par ville), il est possible de voir les indicateurs pour une ville donnée parmi le spectre de données relatives à toutes les autres villes enregistrées.

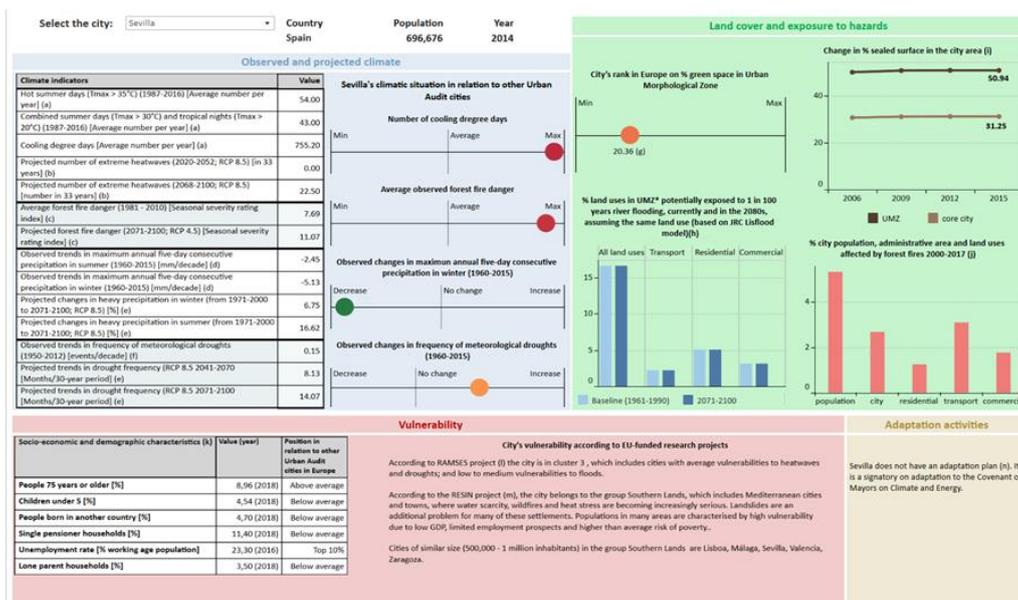


Figure 6. Capture d'écran concernant Séville dans l'onglet «City Factsheets» (fiches d'information par ville) de l'«Urban Adaptation Map Viewer».

Les informations susmentionnées permettent de conclure rapidement que les phénomènes météorologiques extrêmes à prendre en considération au niveau de la municipalité de Séville et de ses alentours sont les vagues de chaleur, les épisodes de sécheresse et les feux de forêt.

Au niveau des parcelles à bâtir individuelles, quelques suggestions de base peuvent être formulées concernant la détermination des risques pertinents:

- **vents violents:** déterminer l'exposition du site, examiner le rôle de protection pouvant être joué par les collines, les montagnes et les forêts environnantes ainsi que par l'environnement bâti qui l'entoure. Tenir compte également de la hauteur du bâtiment proposé et de l'augmentation éventuelle de la vitesse des vents au niveau du sol causée par l'effet de canalisation des vents ayant une incidence directe avec les surfaces plates sur les gros et grands bâtiments situés aux alentours;
- **risque d'inondation pluviale:** examiner la topographie du site et de la zone qui l'entoure. Où s'écoulent les eaux pluviales? Les surfaces pavées imperméables en amont et dans la zone environnante sont-elles nombreuses? Les réseaux d'évacuation des eaux pluviales sont-ils reliés aux conduites d'évacuation principales? Où s'écoulent les eaux pluviales et où sont situés les déversoirs? Y a-t-il eu récemment des épisodes d'inondation fluviale et, dans l'affirmative, comment le site a-t-il été affecté?
- **risque d'inondation fluviale et côtière:** à quelle distance la parcelle à bâtir se trouve-t-elle des cours d'eau naturels (distances verticales et horizontales)? Y a-t-il eu récemment des épisodes d'inondation et, dans l'affirmative, comment le site a-t-il été affecté?
- **feux de friches:** cette considération ne s'applique que rarement aux bâtiments situés en ville en ce qui concerne le risque direct d'incendie. Cependant, des effets plus larges associés à une mauvaise qualité de l'air peuvent s'étendre sur de longues distances et atteindre les villes. Dans les environnements exposés aux incendies, il serait souhaitable de tenir compte de la vulnérabilité de la zone environnante aux sécheresses, de l'étendue de la végétation et de tout événement récent. Dans les villes, l'accent devrait probablement être mis sur le fonctionnement des filtres d'aspiration d'air.

Des outils supplémentaires d'évaluation des risques climatiques sont en cours d'élaboration dans le cadre de différentes initiatives et les utilisateurs sont invités à consulter régulièrement des portails tels que Climate-ADAPT ou le service Copernicus concernant le changement climatique ainsi que les sites web nationaux pour cibler et utiliser les services de pointe les mieux adaptés à leurs besoins.

#### **L1.4. Principe 3 de la liste de vérification: répertoire des actions potentielles d'adaptation.**

Les utilisateurs de Level(s) sont invités à consulter la littérature pour des exemples de bonnes pratiques en la matière. Le site web de Climate-ADAPT<sup>13</sup> contient plusieurs études de cas et constitue un point de départ utile pour une recherche bibliographique élargie.

Des exemples d'actions relatives à une sélection de phénomènes météorologiques sont présentés ci-dessous<sup>14</sup>.

Concernant les épisodes d'inondation (côtière, fluviale ou pluviale):

- placer/déplacer les chaudières et autres équipements dans le bâtiment au-dessus du niveau prévu des inondations;
- prévoir de déplacer éventuellement les meubles dans des pièces situées au-dessus du niveau prévu des inondations;
- protéger les sols et les murs contre les inondations. Une approche de type «protection totale» ou «protection partielle» peut être adoptée<sup>15</sup>;

---

<sup>13</sup> Voir: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/knowledge/tools/case-studies-climate-adapt>

<sup>14</sup> Tirés du rapport de la Commission: «Insurance of weather and climate-related disaster risk: Inventory and analysis of mechanisms to support damage prevention in the EU», ISBN: 978-92-79-73173-0

<sup>15</sup> Protection partielle: ces mesures visent à réduire au minimum les dommages au sein d'un bâtiment une fois que l'eau de crue y a pénétré. Les mesures appartenant à cette catégorie auront vraisemblablement un effet faible à moyen, car elles

- dans la même optique, renforcer les murs pour qu'ils résistent à la poussée d'Archimède exercée par l'eau ou les percer délibérément pour permettre à l'eau de pénétrer dans les sous-sols et les garages afin d'empêcher l'accumulation des forces de flottabilité;
- placer des valves antiretour sur l'infrastructure de drainage pour éviter que les eaux d'égout et les eaux pluviales ne refluent sur le site ou dans le bâtiment;
- prévoir des dispositifs de protection des portes, des entrées et des fenêtres pour éviter les infiltrations d'eau;
- surélever le rez-de-chaussée en rehaussant le niveau du sol ou en plaçant les dalles de sol sur des caissons;
- construire des murs anti-inondation tout autour du site.

Concernant les orages de convection violents (fortes charges de vent):

- mettre en place des mesures d'atténuation sur la structure du bâtiment pour réduire la vulnérabilité aux vents violents;
- entretoiser les toits à deux versants;
- installer des attaches d'arrimage au toit et des attaches de fixation du toit aux murs;
- utiliser des dalles de sol en béton;
- installer des volets aux fenêtres.

#### L1.4. Principe 4 de la liste de vérification: évaluer les coûts et les avantages des actions d'adaptation

Le tableau ci-dessous présente une liste récapitulative des coûts et des avantages pouvant être recensés au stade la conception, en ce qui concerne l'utilisation de toits végétalisés en vue d'améliorer la résistance des bâtiments aux vagues de chaleur.

Tableau 2. Exemple de coûts et d'avantages d'une action d'adaptation

| Action en matière d'adaptation  | Coûts   | Avantages  |
|---|---|--|
| Toit végétalisé pour réduire le risque d'apport de chaleur excessif au cours des vagues de chaleur. | Le poids du toit peut nécessiter la présence d'une structure porteuse plus robuste.                         | Effet de refroidissement par évaporation assuré par le toit – coûts énergétiques de refroidissement moins élevés pour l'air intérieur. |
|   | Les espaces verts doivent être entretenus.  | Possibilité de zones d'agrément et de biodiversité.  |
|   | Augmentation de la consommation d'eau et pompage de l'eau vers le toit.                                     | Possibilité de réutiliser les eaux usées domestiques.  |
|   | L'équipe de conception doit compter parmi ses membres un spécialiste de la conception de toits végétalisés. | Par temps froid, le toit peut également mieux faire obstacle aux pertes thermiques par rayonnement depuis l'intérieur du bâtiment.     |

Un autre avantage des actions d'adaptation menées dans le cadre d'un projet de construction est qu'elles peuvent faire baisser les primes d'assurance.

Les utilisateurs de Level(s) qui envisagent d'établir un rapport dans le cadre du niveau 1 de l'indicateur 5.2 sont encouragés à générer un signal de marché en interrogeant les assureurs à propos

---

n'empêchent pas l'eau de pénétrer dans le bâtiment, mais visent à réduire au minimum les dommages et à éviter que le bâtiment ne s'effondre sous l'effet de la pression hydrostatique.

Protection totale: ces mesures tentent d'empêcher l'eau de pénétrer dans le bâtiment. Les mesures appartenant à cette catégorie auront vraisemblablement un effet moyen, car elles ont pour objectif d'empêcher l'eau de pénétrer dans le bâtiment. L'efficacité de ces mesures est limitée par la mesure dans laquelle le niveau de l'eau en crue dépasse la hauteur du système de protection totale.

des produits fondés sur le risque. Les informations fournies par les assureurs peuvent également contribuer à définir les contours des futures versions de l'indicateur 5.2 de Level(s).