

GT 8 ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Livrable de la phase 1

Novembre 2024

©Manuel Bouquet / Terra

Avec le soutien de :

PREAMBULE

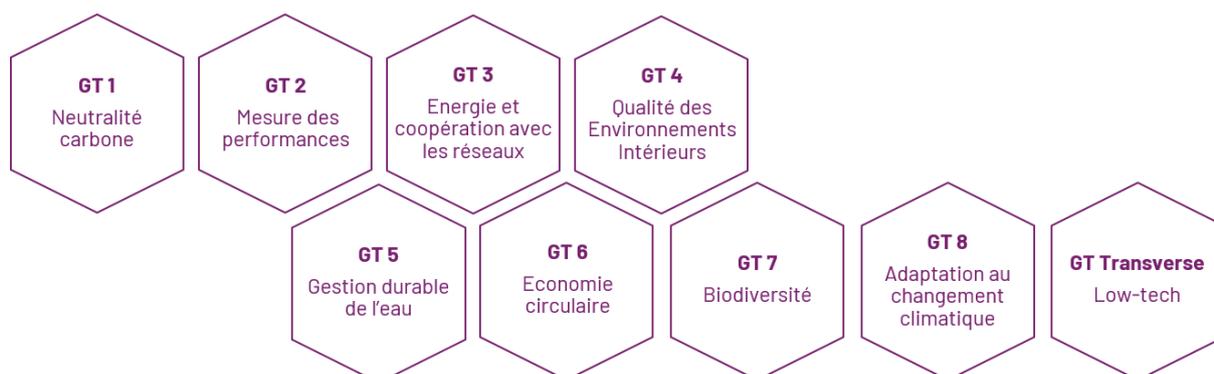
La nouvelle réglementation environnementale des bâtiments neufs (RE2020), entrée en vigueur au 1er janvier 2022, dessine une trajectoire ambitieuse en faveur de la performance environnementale des bâtiments. Elle fixe un cap clair et une trajectoire progressive donnant la priorité à la sobriété énergétique, à la décarbonation de l'énergie et à la réduction de l'impact sur le climat de la construction des bâtiments tout en garantissant le confort des occupants.

A l'image des travaux de préfiguration ayant inspiré les réglementations thermiques successives, le Ministère a affirmé sa volonté d'**impulser une nouvelle dynamique collective vertueuse et inciter les acteurs volontaires à aller au-delà de la RE2020**, en cohérence avec les objectifs nationaux à moyen et long terme et ainsi élargir, dans un cadre volontaire, l'actuel champ réglementaire de la RE2020 à d'autres aspects environnementaux, éclairant une voie de progrès que tous, Etat, collectivités et acteurs de la filière, souhaitent poursuivre pour les bâtiments de demain et d'après-demain.

A la suite de la vaste concertation menée en 2021 par le Plan Bâtiment Durable, l'Etat, par une lettre de mission signée le 28 avril 2023 par la Directrice Générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature, a confié le soin à **trois associations**, l'Alliance HQE-GBC, le Collectif Effinergie et le Collectif des Démarches Quartiers Bâtiments Durables - regroupés au sein du Groupement d'Intérêt Ecologique (GIE) - de **conduire le projet CAP2030** afin de proposer un cadre commun de référence permettant d'aller au-delà de la RE2020. Le projet est mené avec l'appui scientifique et technique du CSTB et l'accompagnement du Plan Bâtiment Durable, et avec le soutien financier du Ministère du Logement et de la Rénovation urbaine et de l'ADEME.

Ce projet inédit vise à **co-construire**, avec tous les **acteurs du bâtiment volontaires**, un **cadre commun de référence** qui viendrait préfigurer les futures réglementations environnementales. Celui-ci ambitionne de dépasser la RE2020 en intégrant de nouvelles thématiques telles que la mesure des performances, l'eau, la biodiversité, l'économie circulaire, la qualité de l'environnement intérieur, l'adaptation au changement climatique, la low tech, en plus du carbone et de l'énergie. L'objectif est de préparer la construction de bâtiments durables et résilients de demain et d'après-demain, en prenant en compte les enjeux écologiques, économiques et sociétaux, et d'accompagner les acteurs dans la mise en œuvre des nouvelles réglementations.

Le projet CAP2030 a démarré en octobre 2023 et a mobilisé, sur sa première phase de travail, plus de 1 000 professionnels au sein des neuf groupes de travail thématiques :



Chaque groupe de travail est piloté par le GIE, avec l'appui du CSTB. Des experts y sont ponctuellement associés. Ces groupes de travail sont ouverts à tous les acteurs volontaires souhaitant s'engager dans le projet et apporter leur expertise.

D'octobre 2023 à l'été 2024, les groupes de travail ont élaboré des propositions, qui ont été consolidées par le Conseil Scientifique et Technique, et dont le format dépend de la maturité des thématiques, des travaux de recherche existants et du retour d'expérience disponible. Ces travaux sont synthétisés dans les livrables de la phase 1 publiés pour chaque groupe de travail.

Ces premiers travaux viennent nourrir la co-construction du cadre commun de référence (CCR), objet central du projet CAP2030, dont une première version sera présentée au 1^{er} trimestre 2025.

Conforme à la RE2020, ce CCR a pour ambition d'explorer des enjeux au-delà de cette réglementation. Il proposera une grammaire commune traduite dans un outil pratique et évolutif, fondé sur des données concrètes et des retours d'expérience. Destiné à toutes les typologies de bâtiments (résidentiels et tertiaires) sur l'ensemble du territoire, le CCR veille à sa convergence avec les cadres réglementaires et normatifs nationaux et européens. Il a également pour objectif d'accompagner les acteurs dans leur montée en compétences sur les thématiques abordées par CAP2030. Il mettra en lumière l'ensemble des thématiques traitées dans CAP2030.

Une fois intégré aux outils des associations (certifications, labels, démarches BD), le CCR pourra être largement expérimenté par les maîtres d'ouvrage. Leurs retours d'expérience viendront alimenter l'Observatoire CAP2030 et permettront d'enrichir et d'ajuster le CCR mais également de faire progresser l'ensemble de la filière.

Quant aux travaux des GT, ils se poursuivront à partir de janvier 2025 pour approfondir certains indicateurs et en explorer de nouveaux.

TABLE DES MATIERES

Préambule.....	1
1. Introduction	4
2. Les Fiches « Définitions ».....	6
Les modèles climatiques & ensembles	6
Les scénarios.....	8
Les dispositifs réglementaires.....	9
Le biais des projections	10
3. Les Fiches « Aléas »	11
Les vagues de chaleurs	12
Les vagues de froid	13
Les sécheresses	14
Les fortes pluies	15
Les vents forts	16
Les orages-grêles	17
4. Les risques lors des phases d'un projet de construction.....	18
4.1. Phase de préparation	18
4.2. Phase d'exécution (chantier)	19
4.3. Phase d'exploitation	19
4.4. Les Fiches « Risques ».....	20
Surchauffe du bâti	20
Qualité de l'air.....	22
Feux de forêts	23
Inondation.....	24
Dommages tempêtes.....	26
Sécheresse	27
Submersion.....	28
Retrait d'argiles gonflantes (RGA).....	29
Mouvement de terrain	31
Manque d'eau	32
5. Perspectives.....	33

En France, dans le champ de l'urbanisme et de la construction, il apparaît que l'atténuation du changement climatique demeure la préoccupation dominante. La notion d'adaptation, pourtant évoquée dans les rapports du GIEC et retranscrite dans le Plan National d'Adaptation au Changement Climatique (PNACC), apparaît mal définie et peu prise en compte. Pourtant, l'intégration de l'adaptation au changement climatique dans ce secteur apparaît nécessaire.

Les enjeux sont importants :

- Renforcer ou, à minima, préserver le confort d'usage, la sécurité des occupants et l'intégrité des bâtiments. Dès la conception, puis dans les phases de gestion ou de réhabilitation, l'aménagement intérieur et extérieur des bâtiments deviennent alors aussi importants que leur structure.

- Anticiper les changements qui s'annoncent et se préparer aux nouvelles conditions qui s'imposeront à tous. Il ne s'agit plus uniquement de « lutter contre », mais d'apprendre à « vivre avec », en solidarité face aux aléas, en réduisant les conséquences et la gravité de leurs impacts.

Le GT8 volet risque est coanimé par Maeva SABRE du CSTB et Serge NADER de l'Alliance HQE-GBC.

1. INTRODUCTION

Ce document constitue la première initiative du GT-adaptation au changement climatique. Il s'agit d'une définition des risques climatiques. Cette démarche se situe au premier rang des priorités, car elle est essentielle pour atteindre l'objectif de rendre les bâtiments plus résilients. Elle vise à encourager, pour chaque opération de construction et de rénovation, l'évaluation et la prise en compte des principaux risques liés aux impacts des changements climatiques, présents et futurs et extrêmes, en fonction de la localisation des bâtiments.

L'analyse des risques pourrait viser deux objectifs :

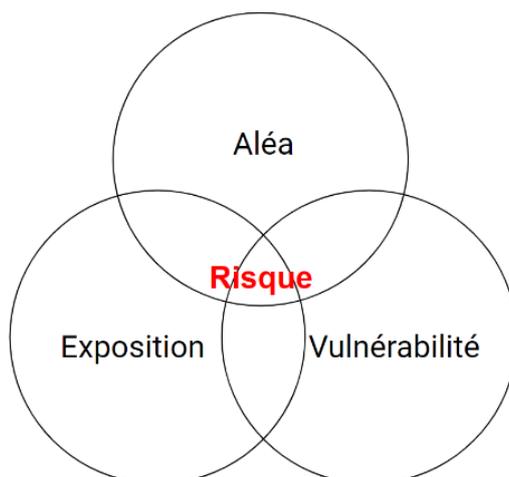
- choisir les aléas à prendre en compte dans le projet ;
- sélectionner les niveaux de risques pertinents ce qui renvoie à une réflexion sur les choix des hypothèses, des scénarios (à minima les pires ?) et des horizons temporels et notamment de la sélection d'un événement (ex. canicule ou sécheresse) selon sa probabilité d'occurrence dans le futur.

Ce document vise à déterminer ce qui serait important et incontournable pour un bâtiment durable ambitieux en termes d'adaptation selon une approche multicritère dans la limite des connaissances actuelles.

Le périmètre de réflexion concerne le périmètre associé aux bâtiments neufs auquel il convient d'ajouter la parcelle, en s'intéressant en particulier aux phases de conception, de suivi de la construction et de réception sans exclure toutefois la phase d'exploitation qui contribue à être un des leviers identifiés pour un environnement bâti résilient. Par ailleurs, les propositions développées couvriront également les territoires d'Outre-Mer où ces enjeux s'expriment de façon encore plus urgente et prégnante.

Pour rappel, le risque est défini comme étant le produit de 3 facteurs :

Risque = aléa x exposition x vulnérabilité



Le travail de ce GT a consisté à construire des fiches à destination des acteurs et décideurs autour de la construction neuve (promoteurs, propriétaires, bureaux d'études, développeurs d'outils, collectivités...).

Le livrable est donc constitué de plusieurs « fiches » selon 3 niveaux : les définitions, les aléas climatiques et les risques, en lien avec la vulnérabilité du cadre bâti face aux aléas climatiques. Ce document reprend toutes les fiches des 3 niveaux avec pour la partie risques une organisation selon les 3 grandes étapes d'un projet de construction : préparation – exécution – exploitation.

2. LES FICHES « DEFINITIONS »

Les définitions portent sur 3 groupes d'information liés : aux modèles climatiques, aux outils règlementaires et un focus sur la notion de correction de biais (qui ne sont pas des incertitudes !).

Les modèles climatiques & ensembles		
<p>GCM General circulation model / modèles de circulation générale</p>	<p>Echelle de la planète</p>	<p>Outils mathématiques et informatiques utilisés pour simuler le comportement de l'atmosphère terrestre et de l'océan à grande échelle, tels que les changements de température, les précipitations, les vents et d'autres caractéristiques du climat.</p> <p>Ils reposent sur un ensemble d'équations discrétisées, qui décrivent les principaux processus physiques qui influent sur la circulation atmosphérique et océanique.</p> <p>La partie dynamique nécessite une discrétisation de la surface du globe. Dans cette partie on calcule l'écoulement du fluide qu'est l'air autour d'un corps sphérique planétaire. Elle consiste en l'implémentation des équations primitives et calcule la circulation atmosphérique.</p> <p>La seconde, appelée « physique », rassemble tous les autres processus physiques à l'œuvre dans l'atmosphère sous forme de paramétrisation. La partie physique est une colonne verticale d'atmosphère : il s'agit d'un même modèle unidimensionnel démultiplié autant de fois qu'il existe de points dans la grille horizontale (donc dynamique) du modèle.</p>
<p>RCM Regional Climate Projection / Modèle Régional de Climat</p>	<p>Affinage des GCM au modèle échelle régional</p>	<p>Les RCM sont des versions à haute-résolution et localisées des GCM. Leur valeur ajoutée par rapport aux modèles climatiques mondiaux sous-jacents d'une plus haute résolution spatio-temporelle (turbulence, relief, trait de côte, forçages) signifie qu'ils sont plus à même de représenter les processus du système climatique et donc de mieux simuler le climat régional, y compris sa variabilité et ses tendances. Cela pourrait également signifier qu'ils sont plus à même de projeter avec précision les changements climatiques futurs.</p> <p>Des limites aux RCM : ils ajoutent un niveau de complexité supplémentaire et donc une nouvelle incertitude et dépendent des conditions aux frontières données par les GCM.</p>

Les modèles climatiques & ensembles

<p>CMIP Coupled Model Intercomparison Project/ projet d'intercomparaison des modèles couplés</p> <p>Microsoft PowerPoint - CMIP6FinalDesign_GMD_1803 21.ppt [Kompatibilitätsmodus] (wcrp-climate.org)</p>		<p>Collaboration mondiale conjointe entre modélisateurs climatiques organisée dans le cadre du WCRP (Programme mondial de recherche sur le climat) de l'OMM (Organisation météorologique mondiale). Le Project CMIP est un projet international de modélisation climatique, conçu pour mieux comprendre les changements climatiques passés, présents et futurs.</p> <p>Cependant, de nombreux processus dans notre climat se produisent à des échelles si petites que les modèles ne sont pas en mesure de les représenter exactement, et certaines simplifications sont donc nécessaires. La manière dont nous simplifions le système climatique est propre à chaque modèle. Par conséquent, comparer les simulations de différents modèles est utile pour comprendre quels résultats sont cohérents entre les modèles et quels résultats sont moins convenus. Depuis 1995, le CMIP coordonne cette comparaison de modèles au sein de la communauté scientifique du climat.</p> <p>Cette approche multi modèle permet d'évaluer les modèles climatiques, conduit à des améliorations dans les simulations des modèles et permet une meilleure compréhension des climats passés, présents et futurs. Une force supplémentaire du CMIP réside dans son infrastructure mondiale qui a rassemblé les données et donne un accès ouvert à une communauté de recherche mondiale en pleine croissance.</p> <p>CMIP6 est la phase la plus récente à publier ses données de sortie de modélisation pour un usage général, tandis que la dernière phase, CMIP7, en est à ses premières étapes organisationnelles.</p> <p>CMIP est un projet du Programme mondial des chercheurs sur le climat (WCRP), fournissant des projections climatiques pour comprendre les changements climatiques passés, présents et futurs. Il fait partie du projet principal de modélisation et d'observations du système terrestre du WCRP (ESMO), qui a été créé pour coordonner toutes les activités de modélisation, de données et d'observation au sein du WCRP et de ses principaux partenaires.</p>
<p>CORDEX Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment / Expérience régionale coordonnée de réduction du climat du WCRP Cordex – Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment</p>		<p>Objectifs : mieux comprendre les phénomènes climatiques régionaux/locaux pertinents, leur variabilité et leurs changements, grâce à une réduction d'échelle.</p> <p>Évaluer et améliorer les modèles et techniques régionaux de réduction d'échelle du climat</p> <p>Produire des ensembles coordonnés de projections régionales à échelle réduite dans le monde entier</p> <p>Favoriser la communication et l'échange de connaissances avec les utilisateurs d'informations climatiques régionales</p>

Les scénarios		
RCP	Representative Concentration Pathway	<p>Quatre scénarios de référence de l'évolution du forçage radiatif sur la période 2006-2300. Leur sélection a été effectuée par les scientifiques sur la base de 300 scénarios publiés dans la littérature. Le RCP 8.5, le plus pessimiste, n'est dépassé que par environ 10% des hypothèses envisagées, tandis que le plus favorable, le scénario RCP 2.6, ne dépasse que près de 10% d'entre elles.</p> <p>Si l'on compare les scénarios RCP aux scénarios SRES on constate que le scénario RCP 8.5 est un peu plus pessimiste que le scénario SRES A2, le RCP 6 est proche du SRES A1B, tandis que le RCP 4.5 est proche du SRES B1. Le seul scénario sans équivalent est le RCP 2.6 qui intègre les effets d'une politique de réduction des émissions susceptible de limiter le réchauffement planétaire à 2°C en 2100.</p>
SSP	"Shared Socioeconomic Pathways" / Trajectoires Socio-économiques communes	<p>Dans le cadre du sixième rapport du GIEC (IPCC AR6), illustrent différents développements socio-économiques en lien avec les différentes trajectoires des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Ces nouveaux scénarios peuvent être utilisés en complément des RCP précédemment définis pour le 5e rapport du GIEC.</p> <p>Ils décrivent différentes évolutions futures du développement socio-économique en l'absence d'interventions découlant de politiques climatiques et comprennent au total cinq descriptifs centrés sur le développement durable (SSP1), les rivalités régionales (SSP3), les inégalités (SSP4), le développement fondé sur les énergies fossiles (SSP5) et un développement intermédiaire (SSP2) (O'Neill, 2000 ; O'Neill et al., 2017 ; Riahi et al., 2017).</p>
TRACCS	TRansformer la modélisation du Climat pour les services Climatiques https://climeri-france.fr/pepr-traccs/	<p>Étendre et de conforter les domaines d'application des modèles de climat, depuis le domaine de la recherche fondamentale sur les changements climatiques jusqu'à la production de données utiles pour répondre directement aux questions sociétales; organisés en 10 PC (Projets cibles) et passant par les AAP PEPR (<i>Programme et Equipement Prioritaire de Recherche</i>)</p>

Les dispositifs réglementaires	
Plan National d'Adaptation au Changement Climatique (PNACC 3)	Sortie prévue courant 2024. Le PNACC-3 comprendra plusieurs mesures visant à l'adaptation des bâtiments et à la gestion des risques naturels : mise à jour des aléas en fonction de la TRACC ; études sur la performance des logements en matière de confort d'été.
Plans de Prévention des Risques (PPR)	Document établi par l'Etat en concertation avec les collectivités, qui réglemente l'utilisation des sols exposés à des risques naturels (PPRn) ou technologiques (PPRt); délimite les zones exposées directement ou indirectement à un risque et d'y réglementer l'utilisation des sols. Cette réglementation va de l'interdiction de construire à la possibilité de construire sous certaines conditions
Territoires à Risques importants d'Inondation (TRI)	<p>Zone où les enjeux potentiellement exposés aux inondations sont les plus importants (comparés à la situation du district hydrographique), ce qui justifie une action volontariste et à court terme de la part de l'État et des parties prenantes concernées devant aboutir à la mise en place obligatoire de stratégies locales de gestion des risques d'inondation.</p> <p>Les critères nationaux de caractérisation de l'importance du risque d'inondation fixés par l'arrêté du 27 avril 2012 sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> • les impacts potentiels sur la santé humaine ; • les impacts potentiels sur l'activité économique.
Indemnisation des catastrophes naturelles (Cat Nat)	Créé par la loi N° 82-600 du 13 juillet 1982. Il associe les assureurs et l'État à travers un dispositif de réassurance publique ; Le régime Cat Nat s'applique aux inondations, aux phénomènes liés à l'action de la mer, aux épisodes de sécheresse réhydratation des sols argileux, aux mouvements de terrain, aux avalanches, aux séismes, aux éruptions volcaniques et aux cyclones ou ouragans

Le biais des projections	
Biais possibles dans l'analyse du risque	Type de correction de biais
Scénarios de réf (passé et non présent ou futur)	La méthode DSCLim : est une combinaison d'approche par types de temps et de méthode des analogues (Pagé et al., 2009). Elle n'utilise que les caractéristiques de grande échelle des modèles et est donc applicable à une large gamme de produits, incluant les simulations du GIEC.
Echelle de risque (niveau de gravité)	La méthode CDF-t : est une méthode développée par Michelangeli et al., 2009 pour générer les fonctions de répartition d'une variable climatique locales en climat futur à partir des fonctions de répartition de cette même variable observées ou pseudo-observées dans le climat de référence.
Type d'indicateur	La méthode ADAMONT : est une consolidation de la méthode d'ajustement statistique dite « quantile-quantile » développée par Michel Déqué depuis le début des années 2000. Elle utilise l'approche quantile-quantile et prend en compte les types de temps pour l'ajustement de biais. (Verfaillie et al., 2017).
Hypothèse de vulnérabilité du bâti	La méthode quantile-quantile : consiste à élaborer une fonction de correction pour ramener la distribution statistique des données simulées à celle des valeurs observées, pour chaque variable, saison et période concomitante. Cette méthode non paramétrique revient à considérer que le modèle est capable de prédire la distribution des variables climatiques mais pas la valeur exacte de chaque quantile (Déqué et al., 2007).

La plupart des méthodes de correction et de descente d'échelle statistiques s'appuient sur l'hypothèse que la relation statistique établie lors de la construction du modèle (période historique) sera vérifiée lors de son application (scénarios futurs), c'est l'hypothèse de stationnarité.

Pour une même série observée et un même modèle, les résultats peuvent varier. La correction de biais est donc aussi une source d'incertitude à prendre en compte, en plus de celles provenant des données observées, des modèles, du scénario et du modèle d'impact.

Pour s'affranchir des variabilités des modèles il est fortement recommandé de choisir plusieurs modèles avec au moins 1 scénario, ou plusieurs scénarios pour 1 à 2 modèles.

3. LES FICHES « ALEAS »

Les définitions des aléas sont issues des échanges des membres du GT et celles du GIEC. Les aléas sont :

- Les vagues de chaleur
- Les vagues de froid
- Les sécheresses
- Les fortes pluies
- Les vents forts
- Les orages-grêle

Pour chaque aléa sont donnés : sa caractérisation, le(s) paramètre(s) climatique(s) clé(s), la dépendance au changement climatique (CC)(évolution), les facteurs aggravants, les risques induits sur le bâti, mais aussi les liens vers les textes réglementaires, vers les ressources utiles (documents et données).

Les vagues de chaleurs			
Paramètre	Température de l'air ; heat stress index;	Caractéristiques	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre de jours avec une température supérieure à 35°C - Nombre de nuits anormalement chaudes - Nombre de jours de vagues de chaleur - Degrés-jours de refroidissement - Changement dans les températures maximales (°C) - Changement dans les maximums des températures maximales (°C) - écart entre la température actuel et la température future sous différents scénarii - méthode IBM <p>Les vagues de chaleur constituent l'un des phénomènes climatiques les plus préoccupants, du fait de la vulnérabilité de nos sociétés et de l'évolution attendue de leur fréquence et leur intensité. En France, les vagues de chaleur recensées depuis 1947 à l'échelle nationale ont été deux fois plus nombreuses au cours des 34 dernières années que sur la période antérieure. De plus, on note une durée et une intensité globale plus forte ces dernières années. Les projections climatiques décrivent une augmentation des extrêmes chauds et des vagues de chaleur estivales à la fois plus fréquentes, plus longues et plus intenses. En France, on s'attend ainsi à deux fois plus de jours de vagues de chaleur, tous scénarios confondus. (Alliance HQE-GBC)</p>
Evolutions futures	Augmentation en intensité, fréquence et durée	Règlementation(s)	Souvent un seuil (de confort) à ne pas dépasser est imposé
Facteurs aggravants	<ul style="list-style-type: none"> - ICU - Niveau de bruit (soir/nuit) ventilation nocturne - Qualité de l'air 	Risques induits	Dégradation du confort thermique Augmentation de la pollution de l'air intérieur <ul style="list-style-type: none"> - Augmentation des émissions des sources de pollution intérieures telles que les matériaux de construction, le mobilier, ... (soleil qui tape dessus) - Confinement plus important de l'air car les occupants auront tendance à se confiner pour garder la température - risque pour la santé d'avoir une température trop importante dans le bâtiment
Sources documents	A disposition fiche rédigée par l'OID	Source data	https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/external/mean-temperature-oc-cmip6 https://www.drias-climat.fr/

Les vagues de froid			
Paramètre	Température de l'air	Caractéristiques	Extrême froid de température N jours anormalement froids N jours de cold spell - Nombre de jours de vague de froid - Nombre de jours de gel (Tmin<0°C) - Degrés-jours de chauffage
Evolutions futures	Baisse en fréquence et en intensité en global mais en local peut être + intense	Facteurs aggravants	?
Règlementation(s)	?	Risques induits	Fissuration du béton ; Expansion des matériaux ; Dégâts revêtements extérieurs ; Fissuration des tuiles ; Endommagement des canalisations ; Perte d'étanchéité des joints ; Altération des isolants thermiques ; Augmentation de la pollution de l'air intérieur - Augmentation des émissions des sources de pollution intérieures telles que les matériaux de construction, le mobilier, ... (ex: plancher chauffant pour les émissions du sol ou du mobilier),... - Confinement plus important de l'air car les occupants auront tendance à se confiner pour garder la température
Sources data	Portail DRIAS (corrigées), Copernicus CDS, ESGF, Meteo-France, ...	Source documents	?

En rouge => les interrogations du groupe portent sur la différence entre le signal global d'une baisse des vagues de froid mais localement elles peuvent être intenses sur de courte période et causer des dégâts majeurs. Ce qui va induire des risques mais dont la probabilité est faible à l'échelle globale et forte à l'échelle locale. Et pour l'échelle locale avoir finalement des facteurs aggravant sur les réseaux d'énergie avec des fortes demandes sur un lapse de temps très court, une baisse d'activité des stations de ski par exemple ou encore des glissements de terrain pourraient se produire par temps très froids en montagne...

Les sécheresses			
Paramètre	Absence de précipitations Compétition des demandes	Caractéristiques	Durée de retour longues L'Europe du Sud et la France sont particulièrement concernées par l'augmentation des sécheresses dont l'extension moyenne est très nette depuis les années 1990. Les projections climatiques indiquent que la France métropolitaine risque de connaître des sécheresses agricoles quasi continues et de grandes intensités, totalement inconnues dans le climat actuel. (Alliance HQE-GBC) Ratio de temps passé en sécheresse des sols. Cet indicateur représente le ratio de temps sur la période où le sol est considéré comme en sécheresses (indicateur pertinent pour étudier l'évolution du retrait et gonflement des argiles)
Evolutions futures	Augmentation du nombre de sécheresses avec des durées de retour longues (>10 ans et > 25 ans)	Facteurs aggravants	Forts taux d'argile dans les sols Taux d'activité agricole sur le territoire
Règlementation(s)	Loi Elan pour les RGA, Arrêtés CatNat, (normes incendies ?) Solutions techniques issues des Guides IFSTTAR Arrêté du 22 Juillet 2020 définissant les zones exposées au phénomène de mouvement de terrain différentiel consécutif à la sécheresse et à la réhydratation des sols argileux	Risques induits	Cf. RGA (fissures et dislocations voire effondrements), feux de forêts (incendies), diminutions de ressources en eau (impacte la construction et la gestion des espaces verts)
Sources data	Portail DRIAS (corrigées), Copernicus CDS, ESGF, Météo-France, Aqueduct, Géorisques	Source documents	Référentiels de résilience du bâti aux aléas naturels de MRN Mouvements de fondations de maisons individuelles de l'AQC

En rouge => la référence aux normes incendies pose question au groupe car elles seraient surtout sur les performances des produits de construction à l'intérieur du bâtiment mais ici ce serait avant tout les produits de l'enveloppe qui sont impactés (voir Instruction technique n° 249, Relative aux façades, de l'Arrêté du 24 mai 2010) et aussi, bien sûr, la prise en compte des feux de forêt qui est un des risques identifiés.

Les fortes pluies

Paramètre	Pluviométries dans les percentiles 90+	Caractéristiques	<ul style="list-style-type: none"> - Changement dans le maximum des précipitations quotidiennes extrêmes (%) - Ecart de précipitations quotidiennes extrêmes (mm)
Evolutions futures	Augmentation en intensité et durée	Facteurs aggravants	<ul style="list-style-type: none"> Imperméabilisation du sol Type de sol Manque de végétation
Règlementation(s)	<p>plan de prévention des risques naturels d'inondation (PPRi ou PPRNI)</p> <p>Autre : Plan de Gestion de risque inondation - Basse Seine Normandie</p>	Risques induits	<ul style="list-style-type: none"> Inondations Pénétration d'eau à travers les ouvertures en façades Remontées des nappes au niveau du dernier de sous-sol si l'ouvrage n'est pas suffisamment dimensionné pour reprendre les pressions hydrostatiques Défaillance des équipements techniques
Sources data	<ul style="list-style-type: none"> https://www.drias-climat.fr/ https://www.mrn.asso.fr https://qualiteconstruction.com 	Source documents	<ul style="list-style-type: none"> Référentiels de résilience du bâti aux aléas naturels de MRN Constructions en zones inondables de l'AQC Carte interactive des zones inondables en IDF Fascicule Plans Paris Pluie



Les vents forts

Paramètre	Vitesses des vents dans les percentiles 90+ Vitesses des vents supérieures à 100 km/h; vents supérieurs à 300 Km/h (nouvelle catégorie proposée dans la classification des ouragans)	Caractéristiques	Résulte de différences de niveau de pression et de stabilité (liée à la température de l'air) Définition selon différentes échelles de mesure : Beaufort (marin) ; Saphir-Simpson (Cyclones / ouragans) ; TORRO et FUJITA (Tornades)
Evolutions futures	En France métropolitaine, pas d'augmentations observées dans les modèles ; en Outre-Mer, augmentation en intensité et en fréquence	Facteurs aggravants	Montée du niveau de la mer => Submersions marines
Règlementation(s)	Annexe Nationale / EUROCODES 1	Risques induits	Dégradation des toitures, façades et ouvertures Soulèvement des équipements en toiture Risque de chute d'objet et de débris volant
Sources data	https://www.drias-climat.fr/ https://www.mrn.asso.fr https://qualitéconstruction.com Géorisques	Source documents	Référentiels de résilience du bâti aux aléas naturels (MRN) Etat des connaissances, des pratiques et préconisations concernant les agressions vent et neige sur les installations nucléaires de base (IRSN-CSTB...)

Les orages-grêles			
Paramètre	Vent, humidité, nuage de type cumulonimbus, particules	Caractéristiques	<p>La grêle est constituée de particules de glace de diamètre supérieur à 5 mm : les grêlons. Les épisodes de grêle se produisent en général lors d'orages violents, au sein de cumulonimbus. Moins de 10 % des cumulonimbus donnent de la grêle atteignant le sol</p> <p>Au sein des cumulonimbus, il existe de forts courants ascendants et descendants entre la base, chaude et humide, et le sommet très froid du nuage. La glace se forme dans cette « colonne d'ascendance » autour de petites particules solides appelées « noyaux glaçogènes ». Ces impuretés proviennent d'éléments soit naturels (poussière, suie volcanique...), soit artificiels (rejets des réacteurs d'avion...)</p>
Evolutions futures	Augmentation des conditions météorologiques entraînant la formation de grêlons de grande taille.	Facteurs aggravants	?
Règlementation(s)	?	Risques induits	Dégradation des toitures, éléments paysagers, façades et ouvertures. Risques aux personnes.
Sources data	https://climate-adapt.eea.europa.eu/fr/metadata/tools/climada	Source documents	?

En rouge => les points d'interrogations indiquent que l'information n'était pas disponible au sein du GT.



4. LES RISQUES LORS DES PHASES D'UN PROJET DE CONSTRUCTION

Les définitions des risques sont issues des échanges des membres du GT et celles du GIEC. Pour chaque risque, une description générale est proposée ainsi que l'impact identifié sur le bâti, l'impact sur l'occupant, la codépendance avec un autre aléa.

Pour chaque aléa, une analyse de risque est proposée via la nature du bâti exposé (vulnérable), la dépendance au CC, les facteurs aggravants, le coût de la non-adaptation mais aussi les liens vers des diagnostics existants, vers des outils d'analyse de risque existants, vers des textes réglementaires incluant la notion de risque, vers les ressources utiles, vers des bases de données (BDD) voire des cartographies.

Les notions de labels, certificats et normes n'ont pas été incluses dans cette phase de l'étude.

Les risques identifiés par le groupe sont : la surchauffe du bâti ; la qualité de l'air ; les inondations ; la submersion ; les tempêtes ; les sécheresses ; le Retrait de Gonflement des Argiles ; les mouvements de terrains ; le manque d'eau ; les feux de forêts.

Les projets de construction de nouveau bâtiment sont souvent complexes, car ils font intervenir de nombreux acteurs du bâtiment, de l'énergie, de la ville... tout en prenant en compte les différentes réglementations locales et nationales. Chacun a son vocabulaire, son timing de projet, ses objectifs et ses contraintes. Ces projets s'étendent généralement sur 1 an voire plus, selon le contexte, il faut garder le cap et la motivation dans la durée.

Les préoccupations du propriétaire, de la maîtrise d'œuvre, des architectes et bureau d'études... interviennent à différents stades d'un projet de construction. Pour cette raison nous proposons de flécher (sans prioriser pour le moment) les fiches risques pour chaque phase : préparation (conception), exécution (chantier), exploitation (suivi et maintenance) en distinguant la localisation c'est-à-dire dans les terres, sur les côtes et en outre-mer (cette dernière est souvent caractérisée par 2 périodes : cyclonique et non-cyclonique).

4.1. Phase de préparation

Il existe plusieurs étapes dans cette phase qui vont de l'étude de faisabilité du projet en passant par la conception du bâtiment, l'établissement des documents contractuels jusqu'à la préparation du chantier.

Fiches à lire si localisation continentale

La [surchauffe du bâti](#) ; la [qualité de l'air](#) ; les [inondations](#) ; les [sécheresses](#) ; le [Retrait de Gonflement des Argiles](#) ; les [mouvements de terrains](#) ; le [manque d'eau](#) ; les [feux de forêts](#).

Fiches à lire si localisation sur la côte

La [surchauffe du bâti](#) ; la [qualité de l'air](#) ; les [inondations](#) ; la [submersion](#) ; les [tempêtes](#) ; les [sécheresses](#) ; le [Retrait de Gonflement des Argiles](#) ; les [mouvements de terrains](#) ; le [manque d'eau](#) ; les [feux de forêts](#).

Fiches à lire si localisation en Outre-Mer

La [surchauffe du bâti](#) ; la [qualité de l'air](#) ; les [inondations](#) ; la [submersion](#) ; les [tempêtes](#) ; les [sécheresses](#) ; le [Retrait de Gonflement des Argiles](#) (?); les [mouvements de terrains](#).

4.2. Phase d'exécution (chantier)

Il existe plusieurs étapes dans cette phase qui sont les travaux de gros œuvre puis le second œuvre et enfin les finitions. A chacune de ses étapes, les conditions climatiques sont un déterminant pour la bonne exécution et le respect des délais.

Fiches à lire si localisation continentale

Les [inondations](#) ; les [sécheresses](#) ; le [Retrait de Gonflement des Argiles](#) ; les [mouvements de terrains](#) ; les [feux de forêts](#).

Fiches à lire si localisation sur la côte

Les [inondations](#) ; la [submersion](#) ; les [tempêtes](#) ; les [sécheresses](#) ; le [Retrait de Gonflement des Argiles](#) ; les [mouvements de terrains](#) ; les [feux de forêts](#).

Fiches à lire si localisation en Outre-Mer

Les [inondations](#) ; la [submersion](#) ; les [tempêtes](#) ; les [sécheresses](#) ; le [Retrait de Gonflement des Argiles\(?\)](#) ; les [mouvements de terrains](#).

4.3. Phase d'exploitation

Il existe deux étapes dans cette phase : exploitation et maintenance donc où il s'agit avant tout de maintenir le matériel et les équipements en bon état de fonctionnement via un ensemble d'opération et de services qui garantissent les performances attendues.

Fiches à lire si localisation continentale

La [surchauffe du bâti](#) ; la [qualité de l'air](#) ; les [mouvements de terrains](#) ; le [manque d'eau](#) ; les [feux de forêts](#).

Fiches à lire si localisation sur la côte

La [surchauffe du bâti](#) ; la [qualité de l'air](#) ; la [submersion](#) ; les [tempêtes](#) ; les [mouvements de terrains](#) ; le [manque d'eau](#) ; les [feux de forêts](#).

Fiches à lire si localisation en Outre-Mer

La [surchauffe du bâti](#) ; la [qualité de l'air](#) ; les [inondations](#) ; la [submersion](#) ; les [tempêtes](#) ; les [mouvements de terrains](#) ; le [manque d'eau](#).

4.4. Les Fiches « Risques »

Surchauffe du bâti

Description générale : Les températures moyennes augmentent, et les températures estivales augmentent différemment des températures hivernales, localement plus. La fréquence de survenue des vagues de chaleur (anomalie et température élevée sur une certaine durée) et leur sévérité augmente. La période où les vagues de chaleur peuvent survenir s'allonge (à terme mai à septembre) ; Le nombre de nuits tropicales (où la température ne descend pas en dessous de 20°) augmente, limitant le potentiel de rafraîchissement nocturne satisfaisant. Les températures maximales peuvent ponctuellement être très élevées.

Impact sur le bâti

Déformation des matériaux : Les températures élevées peuvent provoquer la dilatation des matériaux de construction. Les structures métalliques, le béton et d'autres matériaux peuvent se dilater, ce qui peut entraîner des déformations, des fissures ou des dégradations.

Dégradation des revêtements : Les matériaux utilisés pour les revêtements extérieurs, tels que les peintures, les enduits et les isolants thermiques, peuvent se dégrader plus rapidement sous l'effet de températures élevées, entraînant une détérioration prématurée de l'apparence du bâtiment.

Baisse de performance des fenêtres et des portes : Les températures élevées peuvent affecter les performances des fenêtres et des portes. Suite à dilatation problèmes d'ouverture et de fermeture, ainsi que des fuites d'air.

Risques d'incendie : augmentation du risque d'incendie, surtout si le bâtiment est exposé à des sources externes de chaleur, comme des feux de forêt. Cela peut mettre en danger la sécurité structurelle du bâtiment.

Surconsommation d'énergie : surutilisation des systèmes de climatisation et de ventilation, ce qui peut augmenter la consommation d'énergie du bâtiment

Problèmes liés à l'humidité : La surchauffe peut contribuer à des problèmes d'humidité, car elle peut causer la condensation dans les zones où l'air intérieur chaud entre en contact avec des surfaces plus froides.

Détérioration des toitures : accélération du processus de vieillissement des matériaux de toiture, tels que les membranes d'étanchéité, ce qui peut entraîner des fuites et des problèmes structurels.

Destructions des végétalisations de toitures, de façades

Mise en défaut de systèmes de climatisation

Impact sur l'occupant

Dépassement de température à l'intérieur d'un habitat

1. Inconfort thermique
2. Problèmes de sommeil
3. Problèmes de santé
 - a. Coup de chaleur (hyperthermie)
 - b. Déshydratation sévère
 - c. Aggravation de conditions médicales préexistante
4. Altération de la qualité de l'air
5. Impact sur la productivité

Codépendance aléas

Vagues de chaleur, fortes températures et canicules

Bâtiments exposés

Tout bâtiment
 Pour l'impact sur l'ambiance intérieure et les consommations : bâtiments dont la conception n'est pas adaptée (faible isolation, absence de dispositions bioclimatiques)
 Bâtiment en milieu urbain en particulier à cause de l'ICU

Surchauffe du bâti

Influence CC

Occurrence : aléa vague de chaleur, nombre de nuits tropicales, températures maximales
 Paramètre météo influent : températures moyennes, températures minimales et maximales, effet d'ICU, , degrés jours froid (DJF)
 Sensibilité au changement climatique : forte et directe

Facteur aggravants

- Orientation des bâtiments (cumul avec ensoleillement)
- absence de végétations environnante
- Absence de masques proches ou lointains
- Effet ICU : Tnocturne élevée, vent potentiellement faible
- Matériaux foncés qui augmentent l'albedo
- Niveau sonore
- Artificialisation (des sols ?)

Coût de l'inaction

Surcoût de l'adaptation des bâtiments : 2-5 % pour la construction neuve et 10 % pour la rénovation par rapport à des opérations sans adaptation (I4CE, 2024)

BDD/Cartho/Outils : MApUCE (Microclimat urbain)

Liens utiles

Outils et diagnostics du risque physique => Indicateur de risque surchauffe en cours d'évolution sur la BDNB : <https://particulier.gorenove.fr>

- RITE (Cerema - indice logement) ; Bat-ADAPT (gratuit) ; [Axa Climate](#) ; [The Climate Company](#)?

Textes et réglementations => RE2020 critère de confort (indicateur DH pour « degré heure ») à respecter en météo canicule 2003 pour la construction neuve, s'applique à une majorité de typologies. Obligations de moyen inclus dans la RE (protection vitrages ...); Indicateur smiley dans le DPE

Cet indicateur DH caractérise le nombre d'heures sur l'année au cours desquelles une température de confort est dépassée à l'intérieur du logement.)

Ressources utiles => - Repères pour les collectivités : <https://www.cerema.fr/fr/actualites/batiments-publics-prevenir-coups-chaleur-essentiel-du-cerema>

-Cour des comptes, 2023. Adaptation des logements au changement climatique : <https://www.ccomptes.fr/sites/default/files/2024-03/20240312-RPA-2024-CDVI-adaptation-logements-changement-climatique.pdf>

-I4CE, 2022. Les bâtiments face aux nouvelles vagues de chaleur : investir aujourd'hui pour limiter la facture demain : <https://www.i4ce.org/wp-content/uploads/2022/09/220915-i4ce3661-Rapport-BatimentEtVaguesChaleur-WEB.pdf>

-I4CE, 2024. L'adaptation des bâtiments aux vagues de chaleur : que sait-on ? (à paraître en juin 2024)

En rouge => le groupe se pose la question de la pertinence de mettre en référence des outils « privé » dont les hypothèses de construction ne sont pas accessibles.

Qualité de l'air

Description générale : La pollution de l'air est aujourd'hui la 4ème cause de décès mondiale, elle est la cause de 20 000 décès par an en France. Elle est donc 7 fois plus mortelle que les accidents de la route, en plus des maladies non mortelles qu'elle peut causer (infertilité, asthme (+40% en 15 ans),...).

Il existe 3 grandes catégories de polluants:

- les particules (particules fines, radon,...) qui proviennent majoritairement de la pollution extérieure,
- les polluants chimiques (COV, odeurs, solvants, produits ménagers,...) émis majoritairement par les matériaux de construction, le mobilier, et les activités humaines (ménage, lessive, cuisine,...)
- les polluants microbiologiques tels que les virus, les bactéries, et les moisissures.

Les deux premiers provenant des êtres vivants et la moisissure étant générée par l'eau (humidité ou matériau mouillé (ex: après une inondation, dégâts des eaux,...)).

Impact sur le bâti

Dommages Internes : Moisissures et champignons, Détérioration du mobilier et des appareils, Contamination de l'air extérieur par les "rejets" extérieurs (impact sur la biodiversité)

Dégâts des Installations :

Utilisation trop poussée des équipements non dimensionnés pour la problématique

Conséquences Économiques et Fonctionnelles/ Perturbations des Services et Infrastructures : impact sur les entreprises (augmentation du nombre d'arrêt maladies des employés, de leurs enfants), enseignants plus souvent malades, impact sur la productivité et l'apprentissage des enfants,...

Impact sur l'Assurance et la Valeur Immobilière : Catégorisation dans la case des bâtiments insalubres

Impact sur l'occupant

Problèmes de santé : maux de tête, fatigue, irritations oculaires, allergies, asthmes, AVC, obésité, infertilité, cancer du poumon, maladies cardiaques, ...

Impact sur la qualité du sommeil
Impact sur la productivité
Impact sur l'acquisition des connaissances

Codépendance aléas

Vagues de chaleur ;
Vagues de froid ;
Sécheresses ; Feux de forêts ; Fortes pluies

Bâtiments exposés

Tout bâtiment

Influence CC

Occurrence : Vagues de chaleur, vagues de froid, sécheresses, fortes pluies

Paramètre météo influent : Tous

Par exemple les épisodes de forte chaleur augmenteront les émissions de polluants chimiques des matériaux tandis qu'un épisode de fortes pluies pourra favoriser l'apparition de moisissures

Sensibilité au changement climatique : forte car nous allons de plus en plus nous confiner à l'intérieur

Facteur aggravants

Feu de forêt (lien avec la fiche)
Activités industrielles

Coût de l'inaction

Coûte à la France 100 milliards d'euros chaque année

BDD/Carto Airparif / ASQAA

Textes et réglementations Aucune réglementation forte

Outils et diagnostics du risque physique Octopus lab. pour modéliser et aider au choix; Mesures par prélèvement actif et passif sur cartouches absorbantes (protocoles HQE) ; Mesures par micro-capteurs (un challenge a lieu tous les 2 ans pour les évaluer)

Feux de forêts

Description générale : Phénomène naturel ou provoqué par l'homme qui implique la combustion non contrôlée de la végétation dans des zones forestières. Ces évènements peuvent être déclenchés par divers facteurs, y compris les activités humaines (comme le défrichage par le feu, les feux de camp mal éteints, ou les mégots de cigarettes) et les causes naturelles (comme la foudre). Les conditions météorologiques, telles que la sécheresse, les températures élevées, et les vents forts, exacerbent également le risque et l'intensité des feux. Les feux de forêts se propagent par la combustion de la végétation disponible. Les vents forts et le relief du terrain peuvent accélérer et orienter la propagation du feu. 50% des forêts métropolitaines seront soumises au risque d'incendie élevé des 2050 (PNACC2). En France, 80% des incendies se déclenchent à moins de 50m d'une habitation (MTE, 2021). Les activités humaines sont la principale cause de déclenchement des feux de forêts. 90% des départs de feu sont d'origine anthropique (chantiers de BTP, activités agricoles, mégots de cigarettes, barbecues, feux de camps, malveillance, etc.)

Impact sur le bâti

Dommages Structuraux: Combustion directe, Affaiblissement des matériaux, Effondrement
 Dégâts Internes : Fumée et suie, Dégâts d'eau
 Dégâts des Installations : Systèmes électriques, Tuyauterie et plomberie, autres...
 Dommages Esthétiques et de Surface : Fenêtres et portes, Peinture et finitions
 Perturbations des Services et Infrastructures : Interruption des services publics (électricité et en gaz), Accès limités
 Conséquences Économiques et Fonctionnelles : Coûts de réparation et de rénovation, Perte d'usage
 Impact sur l'Assurance et la Valeur Immobilière : Diminution de la valeur immobilière

Impact sur l'occupant

Risques pour la santé :
 Qualité de l'air intérieur,
 Matériaux toxiques
 Risques de sécurité :
 Exposition aux flammes,
 Chaleur intense, Fumées
 ...
 Evacuation et relogement

Codépendance aléas

Sécheresses combiné avec canicules (en France), absence de précipitations, Humidité relative, vent

Bâtiments exposés

Maisons Résidentielles, Immeubles Résidentiels, Bâtiments tertiaire, Bâtiments Industriels, Bâtiments Agricoles
 • Bâtiments de faible hauteur ;
 • Proximité de forêts/végétation dense ;

Influence CC

Occurrence : aléa sécheresse,
 Paramètre météo influent : précipitations, température, vent
 Sensibilité au changement climatique : forte

Facteur aggravants

Végétation dense (accumulation excessive)
 Gestion forestière inadéquate et ou monospécifique (essences)
 Modification de l'usage des terres (déforestation)
 Espèces invasives
 Incidents & malveillance humaine
 Non application des obligations de défrichage ; Habitat diffus
 Stockage de substances auto inflammable à proximité du bâtiment

Coût de l'inaction

?

BDD/Cartho/Outils : Bat-ADAPT (gratuit) ; [Axa Climate](#) ; [The Climate Company](#) ; IFM (Indice Forêt Météo) ;

Liens utiles : Rapport de la mission interministérielle : Changement climatique et extension des zones sensibles aux feux de forêts ; Note technique du 29 juillet 2015 relative à la prise en compte du risque incendie de forêt dans les documents de prévention et d'aménagement du territoire ; Norme ISO 834

En rouge => le point d'interrogation indique que l'information n'était pas disponible au sein du GT. Le groupe se pose la question de la pertinence de mettre en référence des outils « privé » dont les hypothèses de construction ne sont pas accessibles.

Inondation

Description générale : Le phénomène d'inondation se produit lorsqu'une masse d'eau importante déborde de son milieu naturel habituel envahit des zones normalement sèches. Ce débordement peut être causé par plusieurs facteurs, dont les plus courants sont les précipitations abondantes, la fonte rapide des neiges, ou l'incapacité des systèmes de drainage à gérer les volumes d'eau. L'origine du débordement peut donc être de cause naturelle ou d'origine humaine (e.g. rupture d'équipement).

Une tendance générale se dessine en faveur d'une augmentation des pluies intenses pouvant provoquer de graves inondations.

Depuis la mise en place de la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle en France en 1982, la fréquence des accidents liés aux inondations surclasse celle des autres événements. Le coût d'une crue centennale en Île-de-France pourrait s'élever à 30 milliards d'euros selon l'OCDE compte tenu notamment des coûts indirects dont ceux liés au dysfonctionnement des réseaux. (Alliance HQE-GBC)

Des causes d'inondations multiples : Plusieurs catégories : - Par débordement de cours d'eau ; - Par ruissellement; - Par remontée de nappes; - Par submersions marines

Ecoulement /ruissellement en surface (rues, thalwegs ou sous-sol ville ou bâtiments ex caves sous-sols parkings ou infrastructures. Il peut y avoir saturation des sols, débordements des réseaux assainissement, érosion des sols et coulées de boues...inondation des rues et ssols RDC...

(souvent charges polluantes et pollution des milieux aquatiques)

Impact sur le bâti

Dommages Structurels : Affaiblissement des fondations, Détérioration des matériaux, Effondrement des murs (pression de l'eau), désolidarisation entre la structure et les fondations

Dommages aux planchers et plafonds

Dommages Internes : Inondation des sous-sols, Moisissures et champignons, Détérioration du mobilier et des appareils, Contamination par des eaux usées ou des produits chimiques

Dégâts des Installations : Systèmes électriques, Tuyauterie et plomberie, Systèmes CVC, autres...

Dommages Esthétiques et de Surface : Dispersion de polluants et de déchets dans et autour du bâtiment, Altération de l'apparence extérieure (peinture, revêtements, paysages).

Perturbations des Services et Infrastructures : Interruption des services publics (approvisionnement en eau, électricité et en gaz), Accès limités

Conséquences Économiques et Fonctionnelles : Coûts de réparation, rénovation et reconstruction, Perte d'usage, Diminution de l'activité

Impact sur l'Assurance et la Valeur Immobilière : Diminution de la valeur immobilière ; La prime CAT-NAT est mutualisée entre les différents aléas (RGA, inondation, séisme, etc...) et entre les différents biens (habitations, entreprises, etc....).

OID : 4 facteurs modulent principalement l'impact des inondations : - La hauteur d'eau qui impacte l'ampleur des matériaux et équipements touchés. - La durée d'immersion de laquelle dépend l'importance de l'humidification des matériaux. - La vitesse du courant qui accentue les dégâts matériels et sur la structure des bâtiments - La turbidité et la pollution de l'eau qui affectent la possibilité de retour à la normale.

Inondation

Impact sur l'occupant

- Effondrement de la structure sur les personnes
- Electrocution en cas de réseau mal protégé
- Fuite ou rupture des canalisations de gaz + rupture réseaux électriques
- Risque sanitaire (dégorgement des égouts)
- Noyade et emportement
- Blessure par objets flottants (OID)

Codépendance aléas

- Inondations par ruissellement : Fortes précipitations + sécheresses + sols artificialisés
- Inondations par débordement des cours d'eau : Fortes précipitations
- Inondations par remontées de nappes : Fortes précipitations

Influence CC

Occurrence : aléa forte précipitations,
Paramètre météo influent :
précipitations
Sensibilité au changement climatique :
forte

Facteur aggravants

Zone inondable
Proximité d'équipement de rétention d'eau (barrage, ...)
Topographie du territoire (critère principal de vulnérabilité.)
Les sols très secs à la suite des sécheresses et qui devient de fait imperméables)
L'artificialisation et l'imperméabilisation des sols
Les politiques agricoles et d'aménagement des sols
Les politiques d'aménagement du territoire
Equipements critiques sensibles en sous-sol

Coût de l'inaction

Le coût des sinistres dus à des ruissellements représente la moitié des sinistres d'inondation indemnisés au titre de la procédure « catastrophe naturelle » sur la période 1982-2021, soit 12 Md€ (CCR, 2023).

Bâtiment exposé

Tout bâtiment

BDD/Cartho/Outils : Fascicule Plan Paris Pluie ; Bat-ADAPT (gratuit) ; **Axa Climate** ; **The Climate Company** ; <https://www.vigicrues.gouv.fr/>

PPRI ruissellement, Etude de l'aléa ruissellement de collectivités, cartes de sensibilité au ruissellement/ bassin versant, zonage pluvial, schéma directeur EP, Documents d'urbanisme, gestion parcelle, et prescriptions, solutions compensatoires/imperméabilisation

Passé: sinistres, catnat, données événements passés

Liens utiles : PLU, Directive Inondation (2007/60/CE), SDAGE, SCOT, PGRI

En rouge => Le groupe se pose la question de la pertinence de mettre en référence des outils « privé » dont les hypothèses de construction ne sont pas accessibles.

Domages tempêtes

<p>Impact sur le bâti Dégradation de toitures, façades, équipements exposés en toitures. Impacts secondaires: perturbation réseau transports, perte du fonctionnement du bâtiment</p>	<p>Impact sur l'occupant Risques de sécurité : chutes de débris Evacuation et relogement</p>	<p>Codépendance aléas Cyclone tropical / extratropical (orage d'hiver)</p> <hr/> <p>Bâtiment exposé Géographiquement la partie nord-ouest et ouest de la France.</p>
<p>Influence CC Augmentation de l'évaporation d'eau = plus d'eau en atmosphère, plus de chaleur = plus d'énergie. La combinaison de rajouter énergie et eau dans le système pourra donner à plus de tempêtes. mais à l'heure actuelle, les données fiables manquent pour connaître l'évolution de ce phénomène au regard du changement climatique en France hexagonale.</p>	<p>Facteur aggravants Bâtiments plus hauts, bâtiments concentrés en zone urbaine avec des effets localisées sur le vent.</p>	<p>Coût de l'inaction ?</p>

BDD/Cartho/Outils : Bat-ADAPT (gratuit) ; Axa Climate ; The Climate Company

Liens utiles :

NF EN 1991-1-4 (novembre 2005) ; Eurocode 1 - Actions sur les structures ; Partie 1-4 : Actions générales - Actions du vent

Article "Future changes in the extratropical storm tracks and cyclone intensity, wind speed, and structure" <https://wcd.copernicus.org/articles/3/337/2022/>

En rouge => le point d'interrogation indique que l'information n'était pas disponible au sein du GT.

Sécheresse

Description générale : Les sécheresses sont des « déficits anormaux d'au moins une composante du cycle hydrologique terrestre sur une période prolongée ». Celle qui nous intéresse est la sécheresse agricole (ou édaphique), qui concerne l'humidité des sols. En particulier, on parle de « sécheresse géotechnique » dans le contexte particulier des sols argileux sensibles aux retraits gonflements. La sécheresse des sols, qui nous intéresse ici, n'arrive pas seulement en cas de fortes chaleurs. (Définition OID)

<p>Impact sur le bâti</p> <p>Dommages Structurels ; Dommages internes Dégâts des Installations : cf risque RGA Dommages Esthétiques et de Surface : interruption de l'arrosage des structures végétalisées et des espaces d'agrément Perturbations des Services et Infrastructures : arrêt de l'alimentation en eau des piscines Conséquences Économiques et Fonctionnelles : perte de fonctions accessoires Impact sur l'Assurance et la Valeur Immobilière : Diminution de la valeur immobilière</p>	<p>Impact sur l'occupant</p> <p>Atteintes au cadre de vie</p>	<p>Codépendance aléas</p> <p>Absence de précipitations (+ Température)</p> <hr/> <p>Bâtiment exposé</p> <p>Bâtiments sur sols argileux</p>
<p>Influence CC</p> <p>?</p>	<p>Facteur aggravants</p> <p>?</p>	<p>Coût de l'inaction</p> <p>?</p>

BDD/Cartho/Outils :

L'indice standardisé d'évapotranspiration des précipitations est un indice de sécheresse multiscalair basé sur des données climatiques. <https://spei.csic.es/>

Liens utiles : DRIAS ; Aqueduct – WRI

Loi Elan pour les RGA, Arrêtés CatNat, normes incendies ; Solutions techniques issues des Guides IFSTTAR

Arrêté du 22 Juillet 2020 définissant les zones exposées au phénomène de mouvement de terrain différentiel consécutif à la sécheresse et à la réhydratation des sols argileux

En rouge => le point d'interrogation indique que l'information n'était pas disponible au sein du GT.

Submersion

Description générale : La submersion marine est un phénomène naturel qui se produit lorsqu'une étendue d'eau, habituellement la mer ou l'océan, recouvre temporairement ou de manière permanente une zone de terre qui est normalement au-dessus du niveau de l'eau. Tempêtes & ouragans peuvent entraîner une élévation temporaire du niveau de la mer due aux vents violents et à la pression atmosphérique basse. Cela peut causer des inondations côtières importantes. La submersion marine peut avoir des impacts significatifs sur les zones côtières, affectant les écosystèmes, les infrastructures, les habitations et la vie humaine. La gestion de ce risque implique une planification côtière adaptée, la construction d'ouvrages de protection, et des systèmes d'alerte efficaces pour minimiser les dommages et protéger les populations.

La France, avec ses quelques 7000 km de façades maritimes, est également vulnérable aux phénomènes de submersion marine et d'érosion côtière.

Impact sur le bâti

Dommages Structuraux : Affaiblissement des fondations, Détérioration des matériaux, Effondrement des murs (pression de l'eau), Dommages aux planchers et plafonds

Dommages Internes : Inondation des sous-sols, Moisissures et champignons, Détérioration du mobilier et des appareils, Contamination par des eaux usées ou des produits chimiques

Dégâts des Installations : Systèmes électriques, Tuyauterie et plomberie, Systèmes CVC, autres...

Dommages Esthétiques et de Surface : Dispersion de polluants et de déchets dans et autour du bâtiment, Altération de l'apparence extérieure (peinture, revêtements, paysages).

Perturbations des Services et Infrastructures : Interruption des services publics (approvisionnement en eau, électricité et en gaz), Accès limités

Conséquences Économiques et Fonctionnelles : Coûts de réparation, rénovation et reconstruction, Perte d'usage, Diminution de l'activité

Impact sur l'Assurance et la Valeur Immobilière : La prime CAT-NAT est mutualisée entre les différents aléas (RGA, inondation, séisme, etc...) et entre les différents biens (habitations, entreprises, etc....). Diminution de la valeur immobilière

Impact sur l'occupant

Risques pour la santé : présence d'eau contaminée et de moisissures

Risques de sécurité : chutes de débris ou des risques d'effondrement
Evacuation et relogement

Codépendance aléas

Vents forts et tempêtes
Montée du niveau des mers

Influence CC

Occurrence : aléa tempêtes,

Paramètre météo influent : précipitations, pression atmosphérique, vent

Sensibilité au changement climatique : moyenne

Facteur aggravants

Proximité côte & hauteur au-dessus du niveau de la mer

Marées

Coût de l'inaction

?

BDD/Cartho/Outils : Géolittoral ; CoastalDEM ; Axa Climate ; The Climate Company

Liens utiles : <https://sealevelrise.brgm.fr/slr/#lng=-2.95312;lat=43.89520;zoom=6;level=1.0;layer=0>

En rouge => le point d'interrogation indique que l'information n'était pas disponible au sein du GT. Le groupe se pose la question de la pertinence de mettre en référence des outils « privé » dont les hypothèses de construction ne sont pas accessibles.

Retrait d'argiles gonflantes (RGA)

Description générale

Le retrait/gonflement des sols est caractérisé par des mouvements différentiels de faible amplitude, résultant des variations de volume des sols argileux lors de changements de leur teneur en eau. Ce phénomène affecte principalement les sols argileux avec des minéraux gonflants, mais les sables et les limons sableux présentent également des cycles de retrait et de gonflement, bien que de manière moins significative. En climat tempéré, les argiles, souvent proches de leur état de saturation, montrent des mouvements importants pendant les périodes sèches, provoqués par la baisse du niveau des nappes et l'évaporation à la surface du sol. Les conséquences du retrait-gonflement peuvent être néfastes pour les infrastructures et les bâtiments construits sur ces sols. Les mouvements du sol peuvent entraîner des déformations, des fissures et des dommages structurels, ce qui nécessite souvent des mesures d'ingénierie spécifiques pour minimiser ces effets. Les professionnels du génie civil et de la construction doivent prendre en compte le retrait-gonflement des argiles lors de la conception et de la construction pour assurer la durabilité des ouvrages et éviter les problèmes potentiels liés à ce phénomène géotechnique.

Définition OID : Les argiles sont des matériaux avec une grande capacité de rétention. Si cette caractéristique peut être valorisée dans certaines situations, elle peut aussi être un danger pour les constructions. En effet, en fonction de la teneur en eau, les sols argileux se gonflent (quand il y a plus d'humidité) ou se rétractent (avec moins d'humidité).

Les sols argileux présentent des variations de volume parfois importantes lorsque leur teneur en eau varie, en fonction des conditions climatiques et de la végétation. Ces variations de volume affectent les fondations et les constructions en contact avec le sol et sont la cause de dommages particulièrement importants dans les périodes de sécheresse. Dans les climats tempérés, les argiles sont généralement proches de leur état de saturation en eau. Lors des sécheresses a donc lieu la rétractation : verticalement (par un « tassement ») et/ou horizontalement (avec apparition de crevasses), avec des conséquences sur les constructions que ces sols soutiennent.

Influence CC

Sécheresses + précipitations

Codépendance aléas

Occurrence : aléa sécheresse,

Paramètre météo influent :
précipitations, température

Sensibilité au changement climatique :
forte

Facteur aggravants

Inhomogénéité du terrain (végétation d'un côté)

Présence de circulation d'eau, drain, fuites etc

Présence d'une source de chaleur en sous-sol

hors la localisation en zone de risque fort, c'est la typologie (MI), l'absence d'étude de sol, et une réalisation défailante sur le plan des fondations et chainages

Impact sur le bâti

- Dommages Structurels : Fissures structurelles, Déformations du bâtiment, Dommages aux infrastructures souterraines
- Dégâts Internes : -
- Dégâts des Installations : Tuyauterie et plomberie
- Dommages Esthétiques et de Surface : Endommagement des revêtements, Problèmes d'isolation
- Perturbations des Services et Infrastructures : Interruption des services publics (électricité et en gaz), Accès limités
- Conséquences Économiques et Fonctionnelles : Coûts de réparation et de rénovation élevés
- Impact sur l'Assurance et la Valeur Immobilière : Diminution de la valeur immobilière

La prime CAT-NAT est mutualisée entre les différents aléas (RGA, inondation, séisme, etc...) et entre les différents biens (habitations, entreprises, etc...).

Pour couvrir le risque climatique et pour pallier aux angles morts du dispositif, certaines entreprises souscrivent des assurances complémentaires. Dans ce cadre, il est possible d'observer une augmentation des primes.
L'exposition générale du parc va également conduire à une baisse des indemnités reçues.

Impact sur l'occupant <u>Risques pour la santé</u> : inconfort thermique et perméabilité des parois <u>Risques de sécurité</u> : chutes de débris ou des risques d'effondrement <u>Evacuation et relogement</u>	Bâtiments exposés Maisons individuelles, petits bâtiments <ul style="list-style-type: none"> • Maçonnerie avec une faible résistance (non renforcée, absence de chaînages, etc.); • Faible profondeur d'assise de fondation ; • Faible rigidité du système de fondation ; • Efficacité limitée du système de contreventement. 	Coût de l'inaction La part du coût lié au RGA dans le régime d'indemnisation des catastrophes naturelles a presque doublé, passant de 42 % (1982-2021) à 70 % depuis 2018 (soit environ 1,5 Md€ par an). La Caisse centrale de réassurance (CCR) évalue que la sinistralité moyenne annuelle liée au RGA à horizon 2050, par rapport au climat 2023, pourrait augmenter de 44 % en prenant en compte un scénario proche de la TRACC.
--	---	---

BDD/Cartho/Outils

Géorisques; BRGM; DRIAS: Bat-ADAPT (gratuit) ; [Axa Climate](#) ; [The Climate Company](#)

Loi ELAN de 2018 : dispositions visant à prévenir les risques liés au RGA

Attestation à l'achèvement des travaux (arrêté du 21 décembre 2023)

Liens utiles

Hossein Nowamooz. [Retrait/gonflement des sols argileux compactés et naturels](#). Sciences de l'ingénieur. Institut National Polytechnique de Lorraine - INPL, 2007. Français. NNT: 2007INPL107N. tel-01752833v2)

Application au bâtiment : « Expertiser et prévenir les mouvements des sols sensibles Maisons individuelles et bâtiments assimilés /Guide Pathologies des bâtiments/CSTB/août 2021 »

Retrait et gonflement des argiles – Caractériser un site pour la construction

Retrait et gonflement des argiles – Protéger sa maison de la sécheresse : conseils aux constructeurs de maisons neuves

Retrait et gonflement des argiles – Analyse et traitement des désordres créés par la sécheresse

[Construire en terrain argileux](#) (Nov 2021)

Ledoux, 2024. [RGA - N'attendons pas que ce soit la cata !](#) Mission du député Vincent Ledoux

[Fiche Sécheresses et RGA](#), OID

<https://www.ccr.fr/documents/35794/1255983/CCR+Etude+climat+BAG+23102023+page+22mo.pdf/68b95f6e-8238-4dcc-6c56-025fa410257b?t=1698161402128>

Mouvement de terrain

Description générale

Les mouvements de terrain témoignent d'un déplacement de masses de roche, de sols ou de débris. Il en survient chaque année en France, d'importance et de type très divers. Glissements de terrain, éboulements, effondrements, coulées de boue, affaissements sont les principaux types de mouvements terrains.

Impact sur le bâti

La prime CAT-NAT est mutualisée entre les différents aléas (RGA, inondation, séisme, etc...) et entre les différents biens (habitations, entreprises, etc....).

Impact sur l'occupant

?

Codépendance aléas

?

Bâtiments concernés

?

Influence CC

Fortes précipitations, sécheresses, Vagues de chaleur (fonte des sols glacés = déstabilisation des sols + avalanche)

Facteur aggravants

?

Cout de l'inaction

?

BDD/Carth/Outils

Géorisques ; NASA Landslide Susceptibility ; Global Earthquake Model
 Bat-ADAPT (gratuit) ; Axa Climate ; The Climate Company

Liens utiles

PPrN, PLU

En rouge => le point d'interrogation indique que l'information n'était pas disponible au sein du GT. Le groupe se pose la question sur cette fiche, considérant que le mouvement de terrain est plutôt une conséquence des risques cités ci-dessus (sécheresse et RGA).

Manque d'eau		
Description générale Stress hydrique		
Impact sur le bâti Pénurie d'eau Changements de la pression d'eau	Impact sur l'occupant Inconfort	Codépendance aléas ?
Influence CC Sécheresses Demande d'eau à partir de sources non-renouvelables d'eau de surface et d'eau souterraine	Facteur aggravants ?	Cout de l'inaction ?
BDD/Carto/Outils Aqueduct - WRI WWF HydroBASINS		
Liens utiles : ?		

En rouge => le point d'interrogation indique que l'information n'était pas disponible au sein du GT. Le groupe se pose la question sur cette fiche, considérant que le manque d'eau est plutôt une conséquence des risques cités ci-dessus (sécheresse et RGA).

Les conclusions d'une analyse de risques doivent permettre d'identifier les aménagements à réaliser pour assurer la sécurité, le confort d'usage et l'intégrité des bâtiments sur toute sa durée de vie dans un contexte de changement climatique, selon une approche multicritère dans la limite des connaissances actuelles.

5. PERSPECTIVES

La première phase de notre travail a porté sur une première version de définition des aléas et risques à prendre en compte dans les opérations de construction et de rénovation des bâtiments.

Pour la phase 2, nous proposons :

1/ d'élaborer une grille d'Analyse des Risques

La première étape de la phase 2 consistera à développer la grille d'analyse des risques pour savoir prioriser les actions en fonction des risques, du type de bâtiment et de sa localisation.

Cela inclura :

Un benchmark des outils existants pour une analyse comparative des niveaux de risque, des aléas et des types de vulnérabilité considérés.

Une réflexion sur les scénarios climatiques les plus pertinents pour la conception des bâtiments, y compris pour les territoires d'Outre-Mer, en se basant sur les scénarios RCP du GIEC ou ceux issus de TRACCS.

2/ d'établir un Diagnostic de Vulnérabilité

Cette étape impliquera un diagnostic de vulnérabilité, basé sur les retours d'expérience (Rex) et des opérations témoins. Cette analyse permettra de mieux comprendre les impacts des aléas climatiques sur les bâtiments et d'identifier les meilleures pratiques pour améliorer leur résilience.

Les parties « confort d'été et impact sanitaire » et « objectivation de l'effet d'ICU » restent d'actualité pour un meilleur focus sur les citoyens.