

RISQUES PHYSIQUES ET ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE DE L'INDUSTRIE



Avec la contribution du programme
LIFE de l'Union Européenne



FOCUS BÂTIMENT

MEMO

Octobre
2022



CLÉS POUR AGIR

Le changement climatique et en particulier l'augmentation des événements climatiques vont impacter les bâtiments industriels : leurs structures et les matériaux, les usagers, les équipements, les procédés, etc.

Ces impacts entraîneront des conséquences sur l'industrie, son activité et sa productivité. L'entreprise doit donc s'y préparer et anticiper.

Ce mémo a pour objectif de présenter les notions liées aux risques physiques dans le secteur de l'industrie, notamment les impacts du changement climatique sur les bâtiments industriels afin de les anticiper et de s'y adapter.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'oeuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Ce document est diffusé par l'ADEME

ADEME

20, avenue du Grésillé
BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01

Rédaction - ADEME : Stephia LATINO

Coordination technique - ADEME : Adeline PILLET

Direction/Service : Direction Entreprises et Transition Industrielle - Service Industrie

1. Contexte¹

Le monde connaît aujourd'hui un réchauffement qui dépasse déjà +1°C par rapport à la période préindustrielle (1850-1900). Les changements climatiques touchent déjà toutes les régions du monde. Les vagues de chaleur recensées à l'échelle nationale ont par exemple été deux fois plus nombreuses entre 1982 et 2018 qu'entre 1947 et 1981².

Ainsi, l'adaptation au système climatique actuel et futur est essentielle et doit être prise en compte en plus et en coordination avec les efforts d'atténuation. Tous les acteurs (acteurs privés, entreprises, territoires, gouvernements, etc.) doivent commencer à agir dès maintenant pour s'adapter.

L'augmentation des événements climatiques va modifier la structure, les matériaux, le fonctionnement des bâtiments, ainsi que leurs usages et entraîner divers impacts. Ceux-ci entraîneront des conséquences sur l'industrie, son activité et sa productivité. L'entreprise doit donc s'y préparer et anticiper.

Les **aléas climatiques** sont les événements ou tendances climatiques physiques (sécheresses, inondations, tempêtes, canicules, etc.) qui peuvent causer des dommages aux personnes (blessures ou autres répercussions sur la santé), ainsi que des dommages et des pertes aux biens, aux infrastructures, aux écosystèmes et aux ressources environnementales (GIEC, 2014). Il est nécessaire de les **anticiper et de s'y adapter** car ils **peuvent affecter les bureaux et bâtiments industriels, les réseaux rattachés et les usagers, impactant l'industrie, son activité et sa productivité**.

Le changement climatique va impacter l'ensemble de la chaîne de valeur, c'est-à-dire en amont (les fournisseurs, l'approvisionnement, les salariés, etc.) et en aval (la distribution de biens et services, les consommateurs, etc.) des bâtiments et procédés industriels. L'impact macro-économique global du changement climatique peut également affecter l'industrie. L'analyse des risques physiques sur les bâtiments industriels et leurs adaptations est donc essentielle mais elle doit être complétée par une analyse des risques physiques sur toute la chaîne de valeur.

Quels sont les types d'événements climatiques ?

On distingue généralement deux types d'événements climatiques. Les **événements climatiques graduels** correspondent à des changements de long terme des climats, qui peuvent progressivement détériorer, voire bouleverser la productivité d'un secteur ou d'une activité industrielle.

Les **événements climatiques extrêmes** sont liés à l'intensité d'événements climatiques soudains et extrêmes qui peuvent endommager ou détruire des actifs physiques et réduire l'activité économique industrielle, ou encore perturber la chaîne de valeur.

¹ WRI, basé sur une revue des rapports du GIEC (2014a, 2021, 2018, 2019a, 2019b) et adapté des travaux de l'I4CE

²<https://www.adaptation-changement-climatique.gouv.fr/adaptation/a-quoi-sadapte-t-on/acteur-economique-quoi-sadapte-t>

Les risques physiques et l'adaptation au changement climatique des bâtiments industriels est encore un sujet émergent et peu investigué. Les éléments présentés dans ce document s'appuient principalement sur ceux des bâtiments résidentiels et tertiaires qui peuvent s'appliquer au contexte industriel.

Tableau 1 : Les événements climatiques graduels et extrêmes

ÉVÉNEMENTS CLIMATIQUES GRADUELS	Inclus
 Augmentation soutenue des températures	Ilots de chaleur urbain
 Modification du régime des précipitations	
 Stress hydrique	Dégradation de la qualité de l'eau
 Changements du niveau de la mer	Erosion côtière
 Acidification des océans	

ÉVÉNEMENTS CLIMATIQUES EXTRÊMES	Inclus
 Températures extrêmes	Gel Vagues de chaleur
 Sécheresses	Etiages sévères
 Feux de forêt	
 Précipitations extrêmes	
 Grêle	
 Niveau extrême des mers (onde de tempête)	
 Inondations	Par débordement de cours d'eau Par ruissellement Par remontée de nappe Par submersion marine
 Glissements de terrains & mouvements de masses	Retrait-Gonflement des argiles
 Vents extrêmes	Tempêtes
 Tornades	
 Cyclones tropicaux	

2. Analyser l'exposition des bâtiments aux événements climatiques

2.1. La cartographie comme outil d'analyse de l'exposition

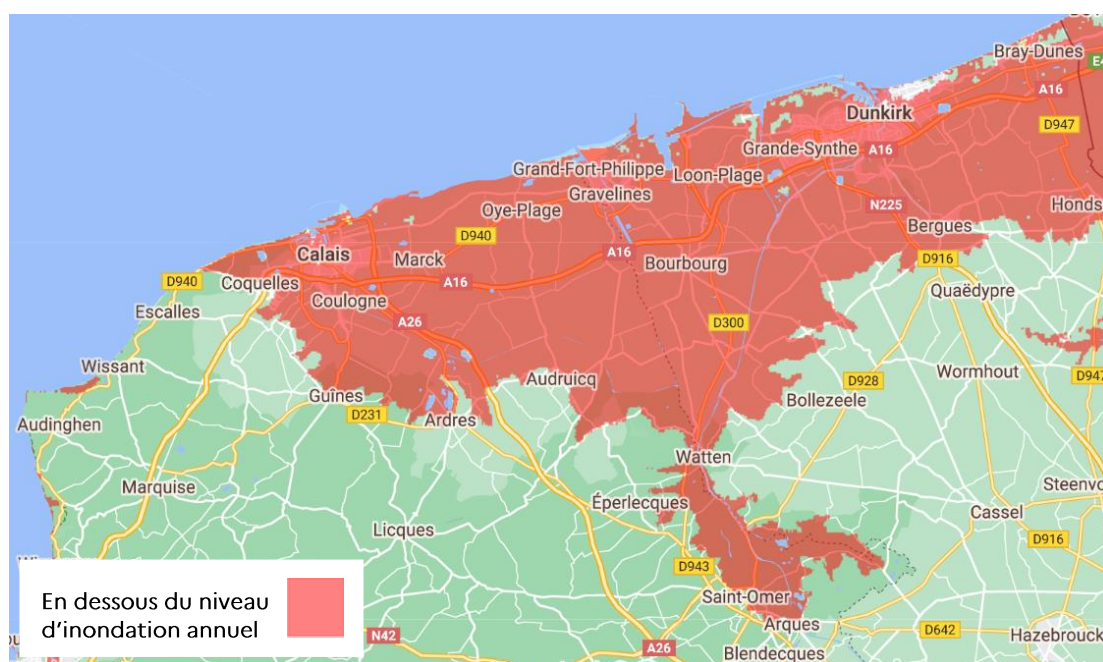
Comprendre l'**exposition** des bâtiments aux événements climatiques permet d'identifier le degré avec lequel les bâtiments et les fonctions qu'ils garantissent peuvent être affectés et donc les conséquences sur l'activité industrielle.

Comment y parvenir ?

Une méthode pour analyser son exposition est la **cartographie** géophysique pour différents événements climatiques et horizons de temps, à une échelle pertinente pour le bâtiment ou l'infrastructure industrielle. Même si ces projections comportent des incertitudes, elles permettent de comprendre l'exposition potentielle future des bâtiments industriels aux événements climatiques sur le territoire, ainsi que celle des activités industrielles qui dépendent du bon fonctionnement de ses divers bâtiments, dans le but de s'y préparer.

La carte ci-dessous est un exemple d'exposition pour un événement climatique pour le Nord de la France.

Cartographie 1: Exposition aux submersions marines (inondations annuelles couplées à l'augmentation du niveau de la mer) pour la région du Nord Pas de Calais en France issu de Coastal Risk Screening Tool de Climate Central



Légende 1

Type de projection : inondation annuelle couplée à l'augmentation du niveau de la mer

Année de la projection : 2050

Scénario d'émission de gaz à effet de serre : Les émissions mondiales continuent d'augmenter, les émissions annuelles doublant approximativement d'ici la fin du siècle, ce qui est cohérent avec les mesures climatiques opérationnelles actuelles. Cela devrait induire un réchauffement d'environ 3,6 degrés Celsius au-dessus des niveaux préindustriels d'ici 2100 (SSP3-7.0)

Source utilisée pour les projections : GIEC 2021

SOURCE : Coastal Risk Screening Tool de Climate Central

D'après la carte n°1, la côte nord de la France et une partie des terres seront soumises à un risque de submersion, en 2050 d'après un scénario de réchauffement de +3,6°C (en considérant les inondations annuelles couplées à l'augmentation du niveau de la mer). Il est donc essentiel de comprendre ce risque en l'évaluant pour s'y adapter et réduire les impacts.

La **dimension territoriale** est une composante centrale de l'analyse des risques climatiques d'une industrie. En effet, les régions ne sont pas toutes impactées de la même manière par les événements climatiques. Il est alors nécessaire de réaliser une étude territoriale spécifique en analysant les différents événements climatiques pouvant impacter plus fortement la zone, tout en prenant en compte les caractéristiques propres de l'entreprise et de son site.

Cet aléa, ainsi que d'autres, peuvent également affecter les usagers des bâtiments (problèmes de sécurité, inconfort, etc.) et les réseaux connectés (risque de fuites ou de rupture des réseaux enterrés, etc.). Il s'agit d'éléments essentiels qui peuvent impacter négativement l'activité industrielle.

Trois autres mémos réalisés par l'ADEME sont disponibles sur les **risques physiques et l'adaptation des transports, des travailleurs et des réseaux**. Ils permettent de mettre en avant et de comprendre les éléments clefs pour ces deux aspects essentiels du fonctionnement d'une industrie. Vous pouvez les retrouver sur La librairie ADEME.

2.2. Données pour évaluer l'exposition

Il existe de nombreuses données en libre accès qui permettent d'effectuer une première évaluation de l'exposition d'une zone. Certaines données sont plus accessibles et permettent de sensibiliser et d'effectuer une première évaluation de l'exposition. Pour travailler sur un plan d'action d'adaptation précis, il est important de croiser les données comportant des projections sur plusieurs scénarios, ce qui nécessite un certain **niveau d'expertise**. Les sources de données les plus accessibles en termes d'expertise et de compétences sont classées dans les premières de la liste.

- [Bat-Adapt](#) par l'Observatoire de l'Immobilier Durable, pour le bâtiment, certaines données sont avec projections climatiques et d'autres sans
- [ClimatHD](#) par Météo France, généraliste, avec projections
- [DRIAS les futurs du climat](#), généraliste, avec projections
- [Géorisques](#), généraliste et sans projections
- [R4RE](#) de l'Observatoire de l'Immobilier Durable, pour le bâtiment, avec projections
- [Coastal Risk Screening Tool](#) par Climate Central, Inc., pour les inondations côtières, avec projections
- [Climate impact Explorer](#) par Climate Analytics, généraliste, avec projections
- [Climate Change impacts in Europe](#) par l'Agence Européenne de l'Environnement, généraliste, avec projections
- [Climate 4 impact](#), généraliste, avec projections
- [Atlas.impact2c.eu](#), généraliste, avec projections
- [Copernicus](#), généraliste, avec projections
- [CLIPC](#), généraliste, avec projections
- [EUROCORDEX](#), généraliste, avec projections

Zoom sur les risques d'inondations :

Les **Atlas des Zones Inondables (AZI)** sont élaborés par les directions départementales des territoires (DDT) dans chaque département. Il s'agit d'outils cartographiques de connaissance des phénomènes d'inondations susceptibles de se produire par débordement des cours d'eau d'après des études hydro-géomorphologiques.

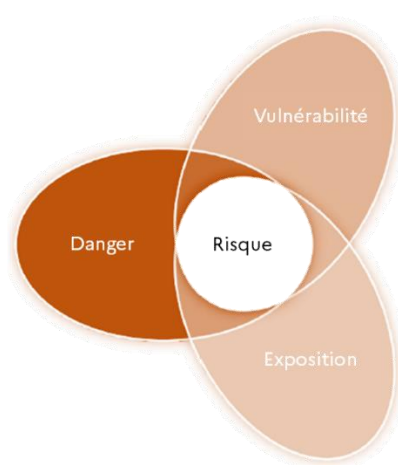
Le site **Vigicrues** du gouvernement est la référence pour obtenir les informations sur les crues à venir, qui sont souvent prévisibles. Sa consultation permet de mettre en place, en amont, des mesures de protection temporaires des bâtiments.

SOURCE : Observatoire de l'Immobilier Durable

3. Définir la vulnérabilité des bâtiments à ces événements climatiques

Identifier les événements climatiques qui peuvent impacter les bâtiments permet par la suite de déterminer leur prédisposition à subir les impacts négatifs de ces événements climatiques. Ces derniers peuvent affecter la structure, les matériaux, l'environnement et le fonctionnement des bâtiments industriels. Il s'agit donc d'une étape clé pour **déterminer les impacts climatiques potentiels sur l'industrie et son activité, afin de s'y adapter**.

Pour déterminer un risque, il faut s'intéresser à l'interaction entre un **danger** (déclenché par un aléa, un événement ou une tendance liée aux changements climatiques), **l'exposition** (personnes, biens ou écosystèmes à risque) et la **vulnérabilité** (susceptibilité de subir des dommages) (selon le GIEC, 2014).



L'analyse de la vulnérabilité des bâtiments industriels aux événements climatiques comprend 5 composantes :

- Le site et le terrain : la localisation et les caractéristiques géophysiques du territoire (nature du sol, relief, zones littorales, etc.)
- Les usages des bâtiments : équipements de production accueillis, usages, comportements des travailleurs et conditions de travail
- Les réseaux (eau, électricité, etc.) alimentant le bâtiment
- La structure et les matériaux de construction
- La réalisation ou non d'études préalables, l'entretien des bâtiments et la mise en conformité

Le tableau ci-après présente de façon non exhaustive les principales vulnérabilités des bâtiments industriels (bureaux, espaces de stockage, sites de production, etc.) et les facteurs aggravants du territoire pour cinq événements climatiques. Il s'agit de ceux qui ont un impact le plus important sur le bâtiment. Ce travail de réflexion permet d'accompagner les premiers pas d'une analyse de la vulnérabilité de son activité industrielle et de sa productivité.

Tableau 2 : Les principales vulnérabilités du bâtiment pour les cinq événements climatiques principaux³

Type d'évènement climatique	Composantes et caractéristiques induisant des vulnérabilités des bâtiments	Facteurs aggravants du territoire environnant
Retrait et Gonflement des Argiles (RGA) 	Structure et matériaux : • Âge et typologie du bâtiment • Faible profondeur des fondations • Rigidité et poids de la structure • Éléments jointifs : garages, perrons, terrasses qui favorisent la désolidarisation • Choix de conception : construction sur dalle, sous-sol partiel • Sol à forte susceptibilité de retrait-gonflement : absence d'étude préliminaire • Proximité de la végétation au cadre bâti : les arbres augmentent l'assèchement des sols	La sécheresse est le principal facteur aggravant des retraits-gonflements des argiles. La nature du sol (par exemple la profondeur et l'épaisseur de la formation argileuse) ainsi que le contexte hydrogéologique (par exemple la présence d'une nappe phréatique à faible profondeur) influent sur la vulnérabilité du territoire au RGA.
Inondations (par remontée de nappes, débordement de cours d'eau, submersion marine et ruissellement) 	Structure et matériaux : • Résistance globale de la structure aux sollicitations (pressions, chocs, etc.) et solidarité des éléments de structure (fondations, charpente légère, etc.) • Matériaux de construction sensibles à l'eau (laine de verre, plaques de plâtre, etc.) • Vide sanitaire inaccessible où de l'eau peut stagner • Irrégularité du terrain (bassins, excavations, trous, etc.) • Fissures ou perméabilité de l'enveloppe • Profondeur du ou des sous-sols Usages : • Matériels sensibles et/ou onéreux, lourds ou encombrants, en sous-sol ou rez-de-chaussée	Les sols très secs à la suite de sécheresses sont imperméabilisés, ce qui augmente le risque d'inondations. L'artificialisation et l'imperméabilisation des sols, la topographie du territoire, les dispositifs de protection mal utilisés ou mal entretenus (les digues sont susceptibles de rompre provoquant des inondations plus brusques et inattendues que s'il n'y avait pas de protections), les politiques agricoles et d'aménagement du territoire impactent aussi l'ampleur des inondations.⁵

³SOURCES : Géorisques; Observatoire de l'Immobilier Durable; Guide méthodologique pour l'Adaptation au changement climatique des Zones Industrielles, Climate Expert, Février 2017)

Vagues de chaleur 	Structure et matériaux • Typologie du bâtiment et usage du bien (vulnérabilité des occupants) • Date de construction ou de la dernière rénovation : pour approcher l'inertie des matériaux et la performance thermique • Hauteur du bâtiment, nombre d'étages, orientation du bâtiment • Bâtiment traversant ou non • Absence d'un système de refroidissement bien dimensionné et efficace • Matériaux utilisés pour la structure du bâtiment et sa capacité à garder et restituer la chaleur (couleur, perméabilité, inflammabilité) • Revêtement façade (vitre, etc.) et occultations (brise-soleil, volets, stores, etc.) • Dépendance du bâtiment à la technologie (systèmes de froid, équipements électriques, informatiques, autorégulation de la température & impossibilité d'ouvrir les fenêtres, etc.) • Niveau d'isolation du bâtiment	Les Îlots de Chaleur Urbains (ICU) se caractérisent par des températures plus élevées dans les zones urbaines denses du fait de la quantité importante d'énergie accumulée puis restituée. Les matériaux de construction, l'absence d'espaces verts et de vent, la concentration des activités sont à l'origine des ICU.
Feux de forêts 	Aménagement, utilisation de l'espace et environnement : • Absence de prise en compte de la réglementation incendie • Non mise en sécurité des ouvrages de stockage • Gestion de la végétation environnante non adaptée • Incapacité à fournir de l'eau pour les pompiers	Les risques d'incendies sont amplifiés par la sécheresse, à cause de la raréfaction de la ressource en eau, par l'assèchement de la végétation et par la surchauffe des systèmes électriques.⁴

⁴Fiche aléa inondation de l'Observatoire de l'Immobilier Durable, Bat-Adapt

Tempêtes et vents violents 	Structure et matériaux • Morphologie et orientation des bâtiments selon la topographie • Mauvaise liaison entre les différentes composantes du bâtiment • Mobilier non fixe en extérieur Gestion de la végétation environnement	La présence de réseaux électriques ou de télécommunication, notamment non enterrés, peuvent augmenter la vulnérabilité du bâtiment. Par ailleurs, de forts vents venant de la mer participent à la survenue d'inondations par débordement de cours d'eau.
---	--	--

4. Impacts sur le bâtiment, l'activité et la productivité des industries

Les risques climatiques physiques dépendent des spécificités du territoire et du bâtiment. L'exposition, la vulnérabilité et donc les impacts dépendent de nombreux paramètres, dont la localisation, l'importance du site, les fonctions et l'utilisation du bâtiment ainsi que ses caractéristiques propres.

L'analyse des impacts du changement climatique, au travers de diagnostics partagés, est nécessaire pour comprendre les effets sur le bâtiment, son fonctionnement et son utilisation, tout en considérant l'incertitude inhérente des risques climatiques. Il s'agit des premières étapes pour la prévention et la gestion de ces risques grâce à la détermination des conséquences potentielles du changement climatique sur l'activité industrielle.

Les événements climatiques peuvent entraîner des risques à différents niveaux, depuis les bâtiments et les stocks jusqu'aux processus industriels (y compris équipements et machines) ; Ce sont par exemple :

- Risques liés à l'endommagement des bâtiments industriels, par exemple, inondations, fissures provoquées par les chaleurs
- Risques liés à l'exposition des stocks de matières premières, de matériels (équipements, machines, etc.) ou de produits finis aux intempéries, par exemple, inondations ou pourrissements lors de fortes chaleurs
- Risques liés à l'endommagement des équipements et machines de production et pouvant mener à des blocages de production, par exemple, machines surchauffées ou inondées⁵



Au Maroc, en fin 2001, la zone industrielle (ZI) de Berrechid a subi des inondations qui ont causé des dégâts estimés à plus de 2 millions USD aux industriels de la ZI. D'après Climate Expert, « Des centaines d'ouvriers se sont retrouvés au chômage technique pendant plusieurs semaines. 60% des unités sinistrées ont dû arrêter leurs activités pendant plus d'une quinzaine de jours, des stocks de produits ont été perdus, l'outil de production menacé, et des contrats à l'export ont été résiliés parce que les entreprises touchées n'ont pas pu respecter les délais de livraison. Par ailleurs, face à la récurrence du phénomène dans cette zone, les assureurs ont refusé de couvrir les préjudices subis et les industriels ont menacé de quitter la ZI » (*Guide méthodologique pour l'Adaptation au changement climatique des Zones Industrielles*, Février 2017).

⁵ Guide méthodologique pour l'Adaptation au changement climatique des Zones Industrielles, Climate Expert, Février 2017)

D'après la Caisse centrale de Réassurance (CCR, 2020), depuis 1989, les inondations et le Retrait et Gonflement des Argiles (RGA) sont, parmi les périls couverts par le régime d'indemnisation des catastrophes naturelles, les postes d'indemnisation les plus élevés (respectivement 55% et 36%)⁶.

Les inondations peuvent entraîner divers dommages sur les bâtiments, leurs matériaux et la structure, ainsi que sur l'aménagement et l'environnement proche tel que :

- Destruction des stocks de matières premières et produits finis⁷
- Ouvertures arrachées ou déplacées; humidité; affouillement des fondations; modification des propriétés des matériaux par la saturation en eau; gonflement et décollement des revêtements; etc.
- Pollutions chimiques (hydrocarbures, produits phytosanitaires, etc.) ou biologiques (remontées d'égouts, etc.)⁸
- Etc.

Le Retrait et Gonflement des Argiles peut également impacter la structure et les matériaux des bâtiments :

- Apparition de fissures, principalement en façade et autour des points sensibles de la structure (angles, ouvertures, etc.) et des fondations du bâtiment.
- Décollement au niveau des éléments jointifs (garage, perrons, etc.)⁴
- Etc.

Ces impacts potentiels sur les bâtiments industriels affecteront l'activité industrielle.

5. Le processus d'adaptation au changement climatique

L'adaptation est le processus qui permet d'ajuster son activité aux impacts du changement climatique. L'adaptation vise à modérer ou éviter les préjudices pour son industrie ou bien de bénéficier d'opportunités issues des évolutions climatiques.

Des options d'adaptation existent dans tous les secteurs mais leur contexte de mise en œuvre et leur potentiel de réduction des risques liés au climat diffèrent selon les secteurs et les régions. Certaines comportent des co-bénéfices importants, des synergies et des arbitrages (GIEC 2014). **La capacité d'une entreprise à s'adapter rapidement au changement climatique peut être perçue comme un facteur de compétitivité et elle permet de réduire le risque climatique physique.**

⁶ Site notre-environnement.gouv.fr Rubrique Risques

⁷ Guide méthodologique pour l'Adaptation au changement climatique des Zones Industrielles, Climate Expert, Février 2017)

⁸ Fiche aléa inondation de l'Observatoire de l'Immobilier Durable, Bat-Adapt

5.1. Gestion de crise

La gestion de crise est un élément central de la stratégie d'adaptation au changement climatique pour le bâtiment. Elle nécessite l'implication de l'ensemble des parties prenantes pour établir une réponse rapide, adaptée et travaillée au préalable.

On peut distinguer 6 étapes de la gestion de crise qui permet d'anticiper et de prévenir les crises, ainsi que d'inculquer la culture du risque⁹ :

1. Identification et évaluation des risques auxquels l'entité est soumise. La Norme ISO 3100 fournit les principales lignes directrices.

2. Rédaction d'un plan de gestion de crise dont

- Plan continuité activité (PCA) : recense les procédures et les outils à mettre en place pour assurer le maintien des services/activités essentiels
- Plan de reprise d'activité (PRA) : permet un redémarrage des activités le plus rapide possible.

Il existe aussi des plans spécifiques en fonction des risques, comme de plan protection contre inondations (PPCI) avec la mise en place de plusieurs dispositifs

3. Mise en place d'un dispositif d'alerte et existence d'une cellule de crise opérationnelle à tout moment (cellule décisionnelle & crise opérationnelle)

4. Rédaction d'un bilan de crise et test de l'ensemble des procédures mises en place

5. Réalisation d'exercices de simulation de crise et inculcation de la culture de risque pour permettre l'agilité des organisations et la flexibilité du management. Cela peut passer par :

- Désigner un référent « risques »
- Organiser des sessions de sensibilisation/formation
- Diffuser largement les retours d'expérience issus des crises
- Réaliser une bibliothèque de crise mentionnant l'ensemble des accidents les dommages et les mesures d'adaptation et qui soit accessible à l'ensemble du personnel
- Réaliser une newsletter mensuelle
- Joindre à la fiche de paie un flyer sur un risque spécifique, etc.

6. Communication de crise rapide pour informer sur l'état de la situation et sa légitimité à gérer la crise

⁹ SOURCE : MOOC Adaptation des bâtiments au changement climatique – Observatoire de l'Immobilier Durable

5.2. Les mesures d'adaptation

Il existe trois types de mesures d'adaptation, qui se complètent et s'articulent dans le temps¹⁰ :

- Les mesures « grises » : les solutions techniques et infrastructurelles

Il s'agit de solutions à effets immédiats, avec un amortissement à moyen et/ou long terme

- Les mesures « soft » ou « douces » : les mesures de gestion et non-infrastructurelles

Elles permettent de renforcer les compétences internes et la capacité à faire face aux impacts du changement climatique

- Les mesures « vertes » : celles reposant sur les services écosystémiques

Les coûts d'investissement de ces solutions sont souvent plus faibles que les mesures « grises »

Il s'agit de **Solutions fondées sur la Nature**, des « actions visant à protéger, gérer de manière durable et restaurer des écosystèmes naturels ou modifiés pour relever directement les défis de la société de manière efficace et adaptative, tout en assurant le bien-être humain et en produisant des bénéfices pour la biodiversité »¹¹.

ATTENTION : les mesures d'adaptation proposées doivent être sélectionnées en fonction des caractéristiques, besoin et contraintes du bâtiment à protéger. Les solutions d'adaptation ne sont pas toujours compatibles ou adaptées aux mêmes circonstances.

Par exemple, la présence d'arbres et plantes résistantes à la sécheresse protège du ruissellement, aide à réduire l'assèchement du sol et permet le refroidissement de l'air. Cependant les arbres et leurs racines peuvent aggraver les impacts du Retrait et Gonflement des argiles sur les bâtiments.

Le tableau ci-après présente de façon non exhaustive des mesures d'adaptation du bâtiment grises, douces et vertes pour plusieurs événements climatiques. **Les travailleurs ne sont pas considérés ici car cela fait l'objet d'un autre Mémo disponible dans la Librairie ADEME.**

¹⁰ Guide méthodologique pour l'Adaptation au changement climatique des Zones Industrielles, Climate Expert, Février 2017)

¹¹ Les solutions fondées sur la nature pour l'adaptation aux changements climatiques, Note de cadrage Projet Life intégré ARTISAN, Juin 2021

Tableau 3 : Mesures d'adaptation du bâtiment grises, douces et vertes pour différents événements climatiques¹²

Type d'évènement climatique	Type de mesure	Mesures d'adaptation
Multi-événements climatiques	Grise	• Lors de réhabilitation, revoir le zonage de la ZI selon les activités • Porte de protection contre les inondations extérieures notamment • Isolations des bâtiments • Briques d'aération imperméables permettant l'aération du bâtiment mais empêchant l'infiltration d'eau • Systèmes anti-inondation (mobiles/fixes, automatiques/manuels) protégeant les locaux et machines des inondations • Eléments ombrageant des bâtiments pour protéger les stocks des rayons du soleil et des intempéries (pluie et sable) • Configuration du site permettant la circulation de l'air, créant des couloirs d'air ou protégeant des vents forts
	Douce	• Prévoir des financements pour la mise aux normes des infrastructures • Conserver et sauvegarder les documents importants de la ZI dans des endroits sans risques • Adapter les activités de la ZI aux événements météorologiques selon les prévisions pour éviter des dommages matériels et humains • Système d'alerte pour être informé sur les événements météorologiques, informer et réagir à temps • Dialogue sur le changement climatique avec l'ensemble des acteurs concernés • Inciter les entreprises à la gestion des stocks en développant des lieux de stockage, qui sont protégés des événements climatiques (pluie, soleil, etc.), pour ne pas être dépendant des livraisons de dernières minutes. • Contrôle régulier des fixations au sol des éléments légers ou mobiles du site (panneaux d'indication, pots de

¹² SOURCES : Guide méthodologique pour l'Adaptation au changement climatique des Zones Industrielles, Climate Expert, Février 2017); MOOC Adaptation des bâtiments au changement climatique – Observatoire de l'Immobilier Durable

		fleurs) pour se protéger des impacts des inondations, températures et précipitations extrêmes
	Verte	• La présence d'arbres et de plantes résistantes à la sécheresse aide à réduire l'assèchement du sol, protège du ruissèlement et permet le refroidissement de l'air • Les plantes présentes sur les toitures vertes consomment une partie de la pluie et isolent les bâtiments des températures extérieures
Retrait et Gonflement des Argiles 	Grise	• Eloigner le bâtiment de la zone soumise aux variations d'humidité (par des trottoirs périphériques ou une géomembrane enterrée) et améliorer les outils de maîtrise de l'infiltration (drainage, eaux pluviales) • Favoriser le stockage et le réemploi des eaux pluviales • Adapter la végétation (éviter les arbres ou placer des écrans anti-racines)
	Douce	• Effectuer une analyse géotechnique préliminaire • Densifier et mutualiser la connaissance des analyses géotechniques • Définir et dimensionner une structure cohérente et homogène
Inondations et précipitations extrêmes 	Grise	• Mur / enceinte de protection contre les inondations enfoui(e) dans le sol et qui s'érige après activation pour les terrains sensibles aux inondations • Chaussée réservoir comme canal de drainage des terrains en pente pour éviter les inondations de petites ampleurs • Eléments drainants facilitant l'infiltration des eaux de pluie (comme des graviers, pavés, du gazon) dans des zones goudronnées ou bétonnées • Surélévation des bâtiments Obturations pour les égouts et système d'évacuation des eaux usées évitant les inondations, contaminations et possibles reflux • Bassin de rétention permettant de stocker les eaux pluviales Déversoirs d'orage rattachés à un aménagement hydraulique rejetant directement l'eau excédentaire • Tranchées et puits d'infiltration capables de stocker temporairement les eaux pluviales • Barrières anti-inondations automatiques ou manuelles à tailles et hauteurs ajustables pour les entrepôts

	Douce	Planification des bâtiments, par exemple accepter certaines zones inondables dans les locaux ce qui réduit la pression sur la structure des bâtiments
	Verte	- Utilisation d'espaces libres comme retenue d'eau - Fossés herbeux, d'origine naturelle ou aménagés, qui sont des zones-tampon pour les eaux de ruissellement
Vagues de chaleur 	Grise	- Favoriser des matériaux peu émissifs, réfléchissants, hygrothermiques, à forte inertie - Limiter les surfaces vitrées inutiles à l'éclairage - Privilégier les peintures et surfaces claires - Installer des toits parasols ou surtoitures - Installer des protections solaires : volet, persiennes, stores, brises-soleil, etc. - Penser l'orientation principale en fonction du milieu environnant (ombrage des ouvrages environnants) - Limiter l'exposition des baies vitrées au rayonnement solaire - Privilégier les locaux traversants (double usage hiver/été, aération)
	Douce	- Améliorer l'isolation du réseau ECS - Limiter les usages énergétiques et informatiques lors des vagues de chaleur - Privilégier un éclairage, des appareils et équipements efficaces afin de réduire les apports thermiques internes
	Verte	- Installer des murs végétaux - Mettre en place des toits végétalisés - Créer de l'ombrage via la végétation
Feux de forêts 	Douce	Zone tampon sans végétation entre forêts et Zone Industrielle (ZI) protégeant la ZI des feux de forêts

Il est important de souligner que certaines actions visant à réduire les risques climatiques physiques peuvent être considérées comme des **mal-adaptations**, c'est-à-dire qu'elles augmentent le risque d'effets négatifs du changement climatique et la vulnérabilité ou réduisent le bien-être social.

Par exemple, « la construction de digues pour protéger les milieux littoraux peut représenter une mauvaise stratégie d'adaptation. D'abord, parce qu'elle a des conséquences délétères sur la biodiversité marine mais aussi car elle reporte l'érosion sur les côtes adjacentes et produit des inégalités spatiales. »

SOURCE : Observatoire de l'Immobilier Durable

5.3.Plans de Préventions, régimes et programmes

La puissance publique a élaboré plusieurs plans de préventions, de normes et des réglementations pour certains événements climatiques auxquels l'ensemble des acteurs du territoire doivent se conformer, y compris les industriels. Ils peuvent par ailleurs s'appuyer sur ces documents pour les aider à définir leur exposition, leur vulnérabilité et leur stratégie d'adaptation.

Il est important de noter qu'actuellement la plupart de ces plans, normes et réglementations se basent sur des données passées et n'incluent actuellement pas les projections climatiques futures dont les événements climatiques pourront être de plus grande ampleur et impact à l'avenir. Cela peut donc sous-estimer les risques physiques à venir.

Ci-dessous sont présentés les principaux plans de préventions, régimes et programmes français concernant les industries par les territoires dans lesquels elles s'inscrivent, en s'appuyant sur diverses sources reprenant leurs éléments centraux.

Régime spécial d'indemnisation des catastrophes naturelles (régime Cat Nat)

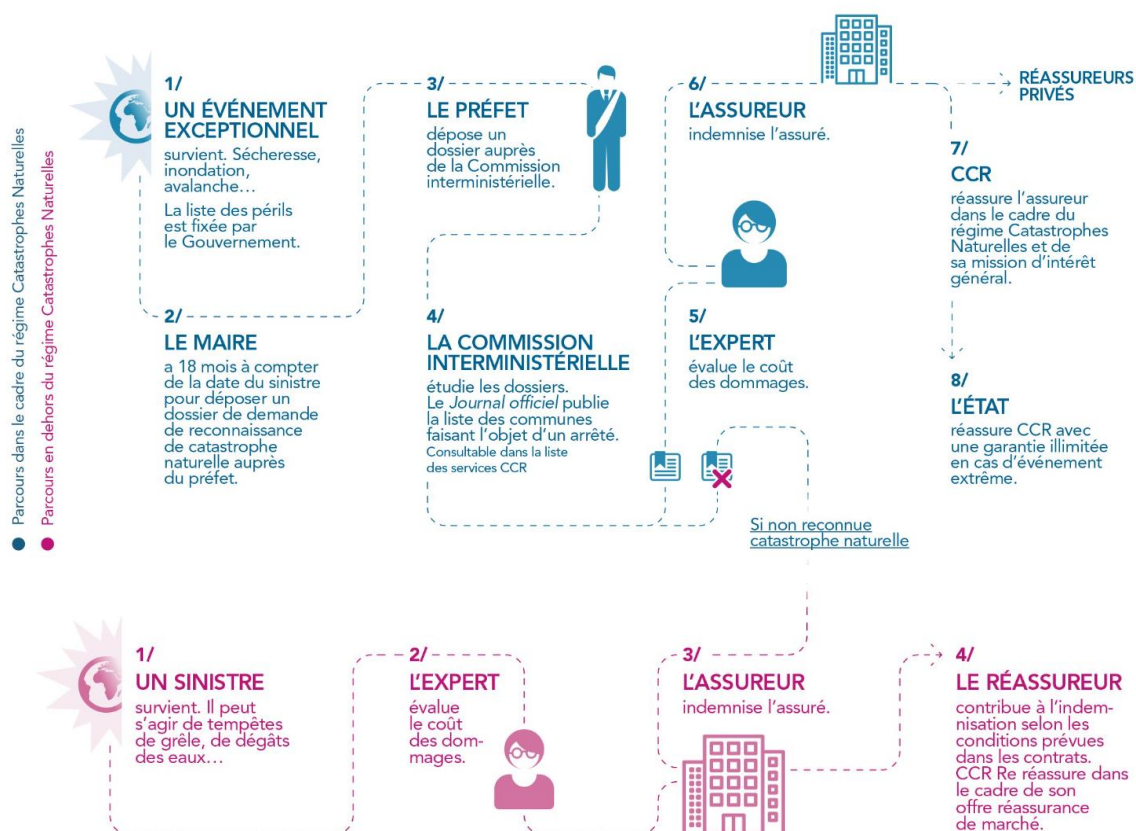
Institué en juillet 1982 par le Parlement français, ce régime a pour but de mutualiser la réparation des dommages liés à certains risques naturels réputés non assurables car une fraction du territoire y est fortement exposée. Ce régime ne couvre pas tous les événements climatiques liés au changement climatique et englobe aussi des risques naturels. Les événements climatiques concernés sont les inondations (ruissellement, débordement, remontée de nappe phréatique), les mouvements de terrain (y compris sécheresse), les raz-de-marée, les vents cycloniques de grande ampleur (supérieurs à 145 km/h en moyenne sur 10 mn ou 215 km/h en rafales).

Les autres périls qui n'ont pas pour origine le changement climatique et qui sont inclus sont : les inondations dues à ruptures de barrage causée par un phénomène naturel, les coulées de boue, les affaissements de terrain dus à des cavités souterraines et à des marnières (sauf mines), les avalanches. Compte-tenu de leur assurabilité, les périls suivants sont réputés être en dehors du périmètre de la garantie « catastrophes naturelles » : les tempêtes (sauf vents cycloniques de grande ampleur), la grêle, la neige, le gel.

Il a été créé conjointement un mécanisme d'indemnisation assorti de franchises obligatoires fixées par l'Etat pour les biens à usage d'habitation, non professionnels et pour les biens à usage professionnel, ainsi qu'un dispositif de prévention, les Plans de Prévention des Risques. Les deux conditions préalables devant être remplies pour enclencher le mécanisme d'indemnisation sont :

- Une condition d'ordre public : un arrêté de constatation de "l'état de catastrophe naturelle" doit avoir été publié au Journal Officiel.
- Une condition d'ordre privé : le bien endommagé doit être couvert par un contrat d'assurance "dommages" (incendie, vol, dégâts des eaux, etc.)¹³.

Le schéma suivant résume le parcours dans le cadre du régime Catastrophes Naturelles et celui en dehors (CCR).



Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN)

Ce plan couvre huit risques naturels dont cinq risques climatiques physiques. Les risques climatiques sont les inondations, mouvements de terrains incluant le Retrait et Gonflement des argiles, feux de forêt, cyclones et tempêtes. Les risques naturels sont les séismes, éruptions volcaniques et avalanches. Il permet d'inciter les assurés à la prévention et a pour objectif de réduire l'exposition et la vulnérabilité des biens et des personnes au risque, en s'appliquant aux futures constructions et celles existantes.

¹³ L'indemnisation des Catastrophes Naturelles en France, Principes et fonctionnement, CCR, Mars 2015

Le PPRN est élaboré sous l'autorité du préfet en associant les collectivités locales dans une démarche de concertation. Le Plan Local d'Urbanisme (PLU) a pour annexe le PPRN approuvé par le préfet après enquête publique et approbation. Même en l'absence de PPRN, le PLU peut définir les zones à risques et les règles spécifiques à respecter, on y retrouve le zonage qui détermine deux informations clés :

- Le détail des zones constructibles ou non dans une commune. C'est la partie graphique du PLU, avec des cartes de la commune.
- Les règles / droits à construire sur chaque zone (type de de bâtiment, zone urbaine mixte, zone portuaire, zone industrielle, naturelle, etc.). C'est la partie règlement du PLU, avec des schémas et explications.

Un PLU permet ainsi de refuser ou accepter sous conditions des permis de construire dans la commune.

Le Plan de Prévention des Risques Naturels est composé de trois documents :

- « Un **rapport de présentation** qui expose les études entreprises, les résultats et les justifications des délimitations des zones et réglementations inscrites dans le règlement et celles rendues obligatoires.
- Un **plan de zonage**, issu du croisement des aléas (fréquence et intensité des phénomènes) et des enjeux identifiant des zones inconstructibles, constructibles sous réserve d'aménagements particuliers ou constructibles ;
- Un **règlement** décrivant les contraintes constructives et/ou d'urbanisme à respecter dans chaque zone. Le PPRN déterminera, par exemple, la hauteur du premier plancher d'une habitation nouvelle en zone inondable par rapport au niveau des plus hautes eaux connues ou rendra obligatoire le renforcement des façades amont en cas de chutes de blocs ou d'avalanches. »¹⁴

Les Plans de Préventions des Risques définissent ainsi :

- Des zones bleues, où au regard des aléas naturels en présence, des constructions sont possibles sous réserve du respect de certaines conditions ;
- Et des zones rouges soumises à un principe d'inconstructibilité de par des aléas naturels les plus importants. Seuls sont autorisés les aménagements, constructions et installations expressément cités par le règlement du PPR.

En ce qui concerne, les constructions existantes, « quelle que soit la zone concernée, les travaux de gestion courante, d'entretien et de réparation des constructions existantes à la date du PPR restent autorisés sous conditions (non-aggravation de la vulnérabilité et respect des règles de construction). Par ailleurs, le PPR n'empêche en lui-même aucune mesure d'expropriation des biens existant même ceux situés en zone rouge. »¹⁵

¹⁴ Site du Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, & Ministère de la Transition énergétique, page « Prévention des risques naturels » (<https://www.ecologie.gouv.fr/prevention-des-risques-naturels>)

¹⁵ Site mis en œuvre par l'AGORAH agence d'urbanisme à La Réunion (<http://www.risquesnaturels.re/plan-de-prevention-des-risques-naturels/>)

Des Plans de Prévention spécifiques à chaque risque sont également développés. C'est le cas par exemple de Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRI), Plan de prévention des risques des littoraux et submersion marine (PPRL), Plan de prévention des risques de Mouvements de terrain (PPRMT), Plan de prévention risque incendie de forêt (PPRIF), Plan de prévention contre la sécheresse (PPRS – voir après)

Plan de prévention contre la sécheresse (PPRS)

Depuis juin 2021, un décret a donné un nouveau cadre au dispositif de gestion de la sécheresse en France, concernant notamment l'anticipation et l'harmonisation des mesures de restrictions des usages de l'eau. Ce décret a été complété par une instruction à destination des préfets (juillet 2021) pour optimiser l'organisation de la gestion de la crise et gérer les situations de pénurie d'eau, et d'un guide national sur la sécheresse, qui fixe un socle commun de mesures de restriction à mettre en œuvre en France.

En période de sécheresse, 4 niveaux de gravité de la sécheresse peuvent être atteints et sont déclenchés progressivement par les préfets : vigilance, alerte, alerte renforcée et crise. Ils entraînent des restrictions d'usages de l'eau graduelles et temporaires en fonction du niveau atteint. Ces restrictions sont à mettre en place dans les plus courts délais et dépendent de l'usage considéré : AEP, irrigation, refroidissement des CNPE, industries, particuliers.

En cas de sécheresses, pour économiser l'eau, les industriels sont encouragés à réduire leurs prélèvements et leur consommation d'eau en ayant recours à de nouvelles pratiques et modes opératoires tels que le recyclage de certaines eaux de nettoyage ou la mise en place de circuits fermés¹⁶.

La directive inondation, ses outils et la stratégie nationale de gestion des risques d'inondations (SNGRI)¹⁷

La « directive inondation » correspond à la directive européenne 2007/60/CE et a pour objectif de fournir un cadre aux Etats membres pour réduire les conséquences négatives des inondations sur la santé humaine, l'activité économique, l'environnement et le patrimoine culturel. Cette directive a été transposée en droit français en 2010 et 2011.

En effet, elle a impulsé la France à mobiliser d'importants moyens humains, techniques et financiers pour renforcer sa politique de gestion pour l'ensemble des risques inondations (par submersion marine, débordement de cours d'eau, remontée de nappe ou par ruissellement), en créant, à la suite d'une consultation publique, la Stratégie Nationale de Gestion des Risques d'Inondation. Il s'agit de porter une attention particulière aux secteurs les plus exposés, les territoires à risque important d'inondation (TRI – voir plus bas), ainsi qu'aux secteurs épargnés par les inondations ces dernières décennies, en garantissant la cohérence des actions menées sur le territoire.

¹⁶ Site du gouvernement, Risques : Prévention des risques majeurs, article sur la sécheresse (<https://www.gouvernement.fr/risques/secheresse>)

¹⁷ Site du Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, & Ministère de la Transition énergétique, page « Prévention des inondations » (https://www.ecologie.gouv.fr/prevention-des-inondations#scroll-nav__2)

Cette stratégie a 3 objectifs prioritaires :

- Augmenter la sécurité des populations exposées
- Stabiliser à court terme, et réduire à moyen terme, le coût des dommages liés à l'inondation
- Raccourcir fortement le délai de retour à la normale des territoires sinistrés

Par ailleurs, elle vise à rappeler que chacun a un rôle à jouer face au risque inondations : citoyens, entreprises, collectivités, État doivent adapter leurs comportements.

« Au niveau de chaque district hydrographique (14 en France incluant les départements d'outre-mer), la **directive inondation** se déroule en 3 étapes successives, renouvelables par cycle de 6 ans :

1. Evaluation préliminaire des risques inondations (EPRI), conduisant au recensement d'événements historiques marquants et à la production d'indicateurs caractérisant les enjeux à l'échelle du bassin, notamment sur la population et les emplois exposés.
2. Cartographie des surfaces inondables et des risques d'inondation sur les Territoires à Risques Importants d'Inondations (TRI) sur la base de l'EPRI. Les TRI correspondent aux communes où l'exposition aux inondations est la plus importante.
3. Plans de gestion des risques d'inondation (PGRI), en déclinaison de la stratégie nationale, sur la base de l'EPRI et des cartographies effectuées sur les TRI. Ces PGRI sont détaillés au niveau local sur chaque TRI par une stratégie locale de gestion des risques d'inondation (SLGRI). Les PGRI du premier cycle (2011-2016) ont été arrêtés par les préfets coordonnateurs de bassin en décembre 2015. La grande majorité des stratégies locales a déjà été élaborée. »

SOURCE : Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, & Ministère de la Transition énergétique

Programmes d'Actions et de Prévention des Inondations (PAPI)¹⁸

« Le dispositif « PAPI » est un appel à projet initié par l'État depuis 2002. Les « PAPI » ont pour objet de promouvoir une gestion globale des risques d'inondation à l'échelle d'un bassin de risque cohérent, en vue de réduire leurs conséquences dommageables sur la santé humaine, les biens, les activités économiques et l'environnement. Ces programmes sont portés par les collectivités territoriales ou leurs groupements et constituent le cadre d'un partenariat étroit avec l'Etat en matière de prévention des inondations.

A partir d'un diagnostic permettant de caractériser la vulnérabilité du territoire aux inondations, une stratégie globale d'intervention partagée entre acteurs de la prévention est établie à l'échelle du bassin de risque et déclinée dans un programme d'actions.

Ce programme d'actions concerne l'ensemble des axes de la gestion des risques d'inondation :

- Axe 1, amélioration de la connaissance et de la conscience du risque
- Axe 2, surveillance, prévision des crues et des inondations
- Axe 3, alerte et gestion de crise
- Axe 4, prise en compte du risque inondation dans l'urbanisme
- Axe 5, réduction de la vulnérabilité des personnes et des biens
- Axe 6, gestion des écoulements
- Axe 7, gestion des ouvrages de protection hydrauliques. »

SOURCE : Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, & Ministère de la Transition énergétique

¹⁸ Site du Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, & Ministère de la Transition énergétique, page « Prévention des inondations » (<https://www.ecologie.gouv.fr/prevention-des-inondations>)

Conclusion

L'activité et la productivité industrielle peut être impactée par le changement climatique au travers des impacts que peuvent subir les bâtiments. La structure et les matériaux peuvent être affectés, mais aussi les usagers, les équipements, l'aménagement et les réseaux reliés aux bâtiments.

Les risques climatiques sont à étudier, entre autres, en fonction de la spécificité de l'industrie et de sa localisation. Il existe donc un aspect territorial majeur dans l'étude des risques physiques et de l'adaptation.

Des mesures d'adaptation sont possibles afin de réduire l'impact sur le bâtiment et son fonctionnement. Les risques climatiques sont à intégrer dans la planification industrielle et dans la gestion de crise.

L'ADEME EN BREF

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique -, nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, économie circulaire, alimentation, mobilité, qualité de l'air, adaptation au changement climatique, sols... - nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

LES COLLECTIONS DE L'ADEME



FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.



Risques Physiques et adaptation au changement climatique des industries

Focus Bâtiment

Ce document a été réalisé dans le cadre du programme Finance ClimAct.



Avec la contribution du programme
LIFE de l'Union Européenne



Le projet Finance ClimAct contribue à la mise en œuvre de la Stratégie Nationale Bas Carbone de la France et du Plan d'action finance durable de l'Union Européenne. Il vise à développer les outils, méthodes et connaissances nouvelles permettant de

- 1 – Faciliter les décisions de placements des épargnants sur la base d'objectifs environnementaux,
- 2 – Prendre en compte le changement climatique dans le pilotage du secteur financier et sa supervision,
- 3 – Favoriser l'investissement dans l'efficacité énergétique et l'économie bas-carbone, promu par la Stratégie Nationale Bas-Carbone et le Pacte vert européen.

Le consortium coordonné par l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, comprend également le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire, l'Autorité des marchés financiers, l'Autorité de contrôle prudentiel et de résolution, 2° Investing Initiative, Institut de l'Economie pour le Climat, Finance for Tomorrow et GreenFlex.

Finance ClimAct est un programme inédit d'un budget total de 18 millions d'euros et doté de 10 millions de financement par la Commission Européenne.

Durée : 2019-2024

This Work reflects only the views of ADEME. Other members of the Finance ClimAct Consortium are not responsible for any use that may be made of the information it contains.

With the contribution of the European Union LIFE program

The European Commission is not responsible for any use that may be made of the information it contains.

