



**PRÉFET
DE LA RÉGION
OCCITANIE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Direction régionale de l'environnement,
de l'aménagement et du logement



Adaptation au changement climatique en Occitanie

Livret n° 3 : les risques





AVANT-PROPOS

En cohérence avec l'Accord de Paris qui vise à renforcer les efforts nationaux en matière d'adaptation, la France a adopté en 2018 son deuxième Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC-2). Le PNACC-2 donne un cadre pour une adaptation effective des territoires dès le milieu du XXI^e siècle à une hausse des températures de +1,5 à 2°C au niveau mondial par rapport au XIX^e siècle.

Ce plan national d'adaptation devient ainsi le complément essentiel de la politique nationale d'atténuation du changement climatique qui vise à atteindre la neutralité carbone en 2050.

Des évolutions importantes sont proposées à travers ce deuxième Plan. Elles concernent notamment un meilleur traitement du lien entre les différentes échelles territoriales, le renforcement de l'articulation avec l'international et le transfrontalier et la promotion des solutions fondées sur la nature.

Le présent livret traite de la thématique des risques. Il a pour ambition de faciliter la compréhension des enjeux régionaux de l'adaptation au changement climatique et propose en ce sens un état des connaissances et un premier recensement de bonnes pratiques qui participent à l'adaptation du territoire d'Occitanie.

Le livret «Risques» traite des risques d'inondation, de retrait-gonflement des sols argileux, et de canicule (à travers la problématique d'îlot de chaleur urbain). Le risque feux de forêt est traité dans le livret « Forêt », les risques côtiers dans le livret « Mer & Littoral » et le risque avalanches dans le livret « Montagne ».

Ce livret fait partie d'une collection composée de 7 livrets :

- livret n° 1 : l'eau
- livret n° 2 : la biodiversité
- livret n° 3 : les risques : inondation, retrait gonflement des argiles, canicule (îlot de chaleur urbain)
- livret n° 4 : l'agriculture
- livret n° 5 : la forêt
- livret n° 6 : la montagne
- livret n° 7 : la mer et le littoral

Les informations rassemblées dans ces livrets ne prétendent pas à l'exhaustivité.

Pour en savoir plus sur le deuxième Plan National Adaptation au Changement Climatique :

<https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/adaptation-france-au-changement-climatique>



SOMMAIRE



Extraits du Plan National d'Adaptation au Changement Climatique (PNACC) 2	6
Ce qu'il faut retenir.....	7
Le contexte : Pourquoi mon territoire est-il concerné?.....	9
Les enjeux : Pourquoi une stratégie d'adaptation est indispensable et bénéfique?.....	21
Le cadre de référence : Quels sont les leviers prioritaires à mobiliser?	27
Mémo : Ressources pour élaborer une stratégie d'adaptation sur mon territoire	45

Extraits du Plan National d'Adaptation au Changement Climatique (PNAACC) 2 :

Domaine d'action « Prévention et résilience » : protéger les Français des risques liés aux catastrophes dépendant des conditions climatiques

Outil de prévention des risques naturels

« Le bâti sera progressivement adapté au changement climatique pour favoriser la résilience aux risques tant naturels que sanitaires dans un urbanisme intégrant ce changement, notamment en utilisant les labels existants voire des moyens réglementaires. » (**Action P&R 3**).

« Le ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES), le ministère des Solidarités et de la Santé (MSS), l'Observatoire national sur les risques naturels (ONRN), l'Institut français des formateurs risques majeurs et protection de l'environnement (IFFO-RME) et les associations renforceront l'information préventive, l'éducation et la formation en vue d'accroître la culture du risque par l'implication des citoyens, des entreprises et des élus. L'amélioration de l'observation et de la prévision des phénomènes, de l'information sur la vigilance et l'alerte des populations et de la sensibilisation aux enjeux d'adaptation sera poursuivie également » (**Action P&R 4**).

Vie et transformation des territoires

« Les services de l'État développeront, en collaboration avec les collectivités territoriales et leurs établissements publics, des stratégies foncières équilibrées de moyen et long termes tenant compte de l'ensemble des enjeux socio-économiques, environnementaux et culturels aux moyens de :

- la limitation de la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers pour atteindre l'objectif de zéro artificialisation nette du Plan biodiversité ;
- l'infiltration des précipitations avec l'ambition de réimperméabiliser à terme ;
- techniques alternatives, notamment la restauration écologique. » (**Action P&R-6**);

« Le MTES veillera à ce que tous ses appels à projets actuels et futurs, pour lesquels cela a un sens, aient une composante adaptation au changement climatique afin d'enclencher une dynamique de projet de territoires pilotes pour l'expérimentation d'actions d'adaptation. Cette dynamique s'inspirera des démarches de type éco-quartier résilient, atelier des territoires, traitant des problématiques les plus importantes localement pour la protection des personnes et des biens à moyen et long termes et des territoires plus résilients en mobilisant les Fonds européens structurels et d'investissement. Seront en particulier soutenus les projets visant notamment (...) la lutte contre les îlots de chaleur urbains et le renforcement du confort du bâti en s'appuyant sur des solutions urbanistiques, écologiques et architecturales innovantes, et des solutions techniques performantes. » (**Action P&R 8**)

CE QU'IL FAUT RETENIR :

Avec le changement climatique, les territoires d'Occitanie seront exposés de manière plus fréquente et plus intense aux aléas naturels.

En Occitanie, les données météorologiques passées montrent des tendances peu significatives concernant les pluies intenses hormis pour les épisodes cévenols qui semblent s'aggraver. La région est en revanche particulièrement confrontée à l'élévation des températures qui se traduit notamment par une augmentation des journées de forte chaleur et des sécheresses. En termes de projections, les données Météo-France montrent, à horizon 2021-2050, une augmentation du nombre de journées estivales et de nuits tropicales par rapport à la référence climatique sur la période passée (1976-2005). Le littoral et l'arrière-pays méditerranéen ainsi que la zone remontant le long du canal du midi seraient particulièrement touchés. Les projections prévoient aussi une augmentation des années anormalement sèches.



Le nombre de jours chauds (Tmax supérieure à 25°C), est en nette augmentation sur la période 1961-2012. Les tendances vont de +5 à +7 jours tous les 10 ans.

A l'horizon 2021-2050, l'ensemble du littoral méditerranéen connaîtrait plus de 82 journées chaudes et plus de 19 nuits tropicales par an pour le scénario pessimiste du GIEC (RCP 8.5). [Source : Météo-France]

Face à des aléas naturels plus fréquents et plus intenses, les collectivités ont intérêt à agir sans attendre afin de protéger leur territoire et ses habitants d'éventuelles catastrophes.

Bâtir une stratégie d'adaptation du territoire au changement climatique permettra de répondre à de multiples enjeux :

- **Anticiper les coûts pour la collectivité.** Les épisodes d'inondations représentent un coût de 520 M€ par an. Avec le changement climatique, ce coût pourrait atteindre 11,5 Mds€ par an en 2100 ;
- **Anticiper et limiter les effets des changements climatiques sur la santé humaine.** La multiplication des événements extrêmes fait subir des dégâts matériels importants avec des risques de mortalité et des conséquences psychologiques non négligeables sur les individus. Les épisodes de canicules ont quant à eux des conséquences directes sur l'état de santé de la population, particulièrement les plus fragiles ;
- **Préserver l'attractivité de son territoire.** Un territoire fortement exposé aux risques naturels peut perdre en attractivité : perte de valeur des biens immobiliers, coût plus important des assurances, perte de productivité des entreprises, cadre de vie de moins en moins agréable pour les habitants (par exemple en cas de canicules à répétition) ;
- **Préserver l'environnement.** En favorisant les solutions fondées sur la nature pour se prémunir des risques naturels, on contribue également à préserver la biodiversité.

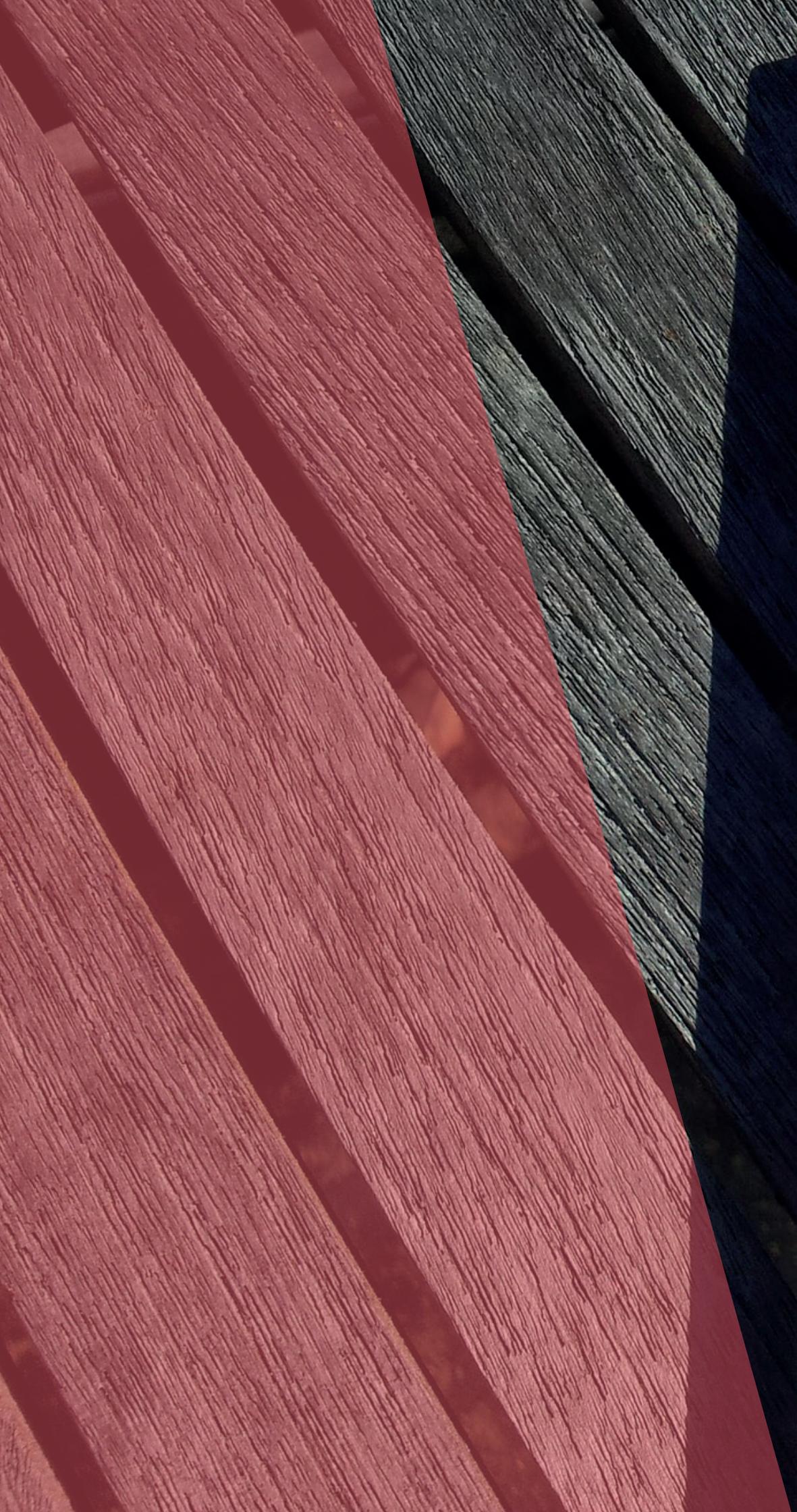


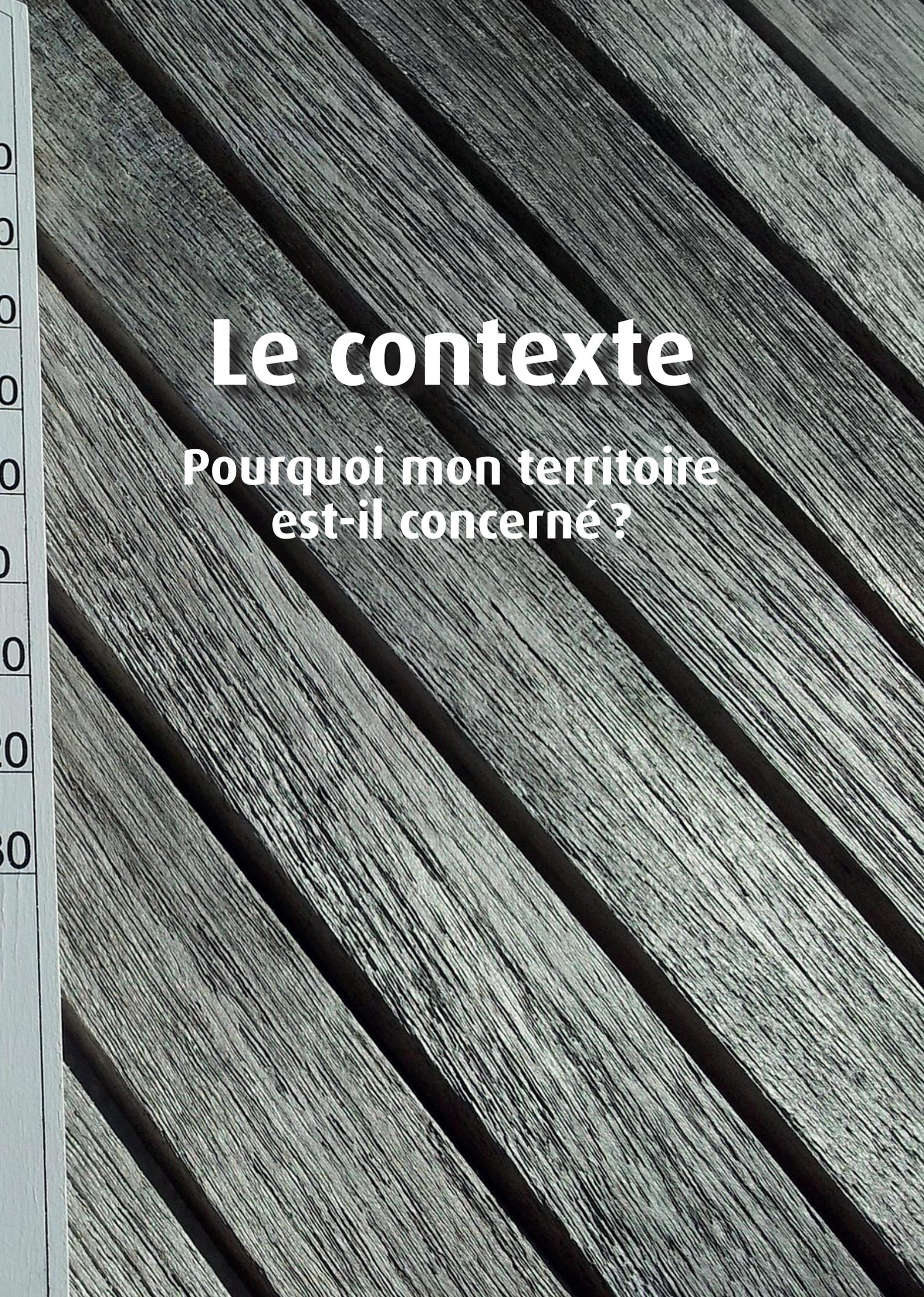
Environ 1,4 million de personnes sont exposées au risque inondations sur la partie est de l'Occitanie (ex Languedoc Roussillon).

[Source : Observatoire des Risques Naturels Occitanie, 2012]

Pour favoriser l'adaptation aux risques naturels sur son territoire, plusieurs leviers d'action sont mobilisables :

- Développer la culture du risque : connaître et informer ([p. 28](#))
- Maîtriser l'urbanisation dans les zones à risque ([p. 30](#))
- Réduire la vulnérabilité du territoire et de la population en s'appuyant le plus souvent possible sur les solutions fondées sur la nature ([p. 34](#))
- Réduire la vulnérabilité de la population et des biens en adaptant le bâti ([p. 39](#))





Le contexte

Pourquoi mon territoire
est-il concerné ?

LES RISQUES INONDATION, CANICULE ET RETRAIT GONFLEMENT DES ARGILES FACE AU DÉFI DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le rapport spécial du GIEC d'octobre 2018 analyse la différence des impacts entre un réchauffement climatique à +1,5 °C et à +2 °C. Le constat est sans appel : un demi-degré d'augmentation de la température aggrave les conséquences des risques naturels, avec par exemple une augmentation de 66 % du nombre de personnes exposées aux vagues de chaleur dans le monde (soit 3,9 milliards de personnes à +1,5°C contre 5,9 milliards à +2°C).

On répertorie huit risques naturels majeurs sur le territoire français: inondations, mouvements de terrains, feux de forêts, séismes, avalanches, éruptions volcaniques, cyclones et tempêtes. Leur intensité et leur récurrence varient en fonction de l'exposition et de la sensibilité du territoire. Or, le réchauffement du système climatique influence certains de ces risques ce qui peut aggraver la vulnérabilité des territoires concernés.

Cette fiche traite des **risques d'inondation**, de **retrait-gonflement des sols argileux**, et de **canicule** (à travers la problématique d'îlot de chaleur urbain). Le risque Feux de forêt est traité dans le livret n°4 « Forêt », les risques côtiers dans le livret n°5 « Mer & Littoral » et le risque avalanches dans le livret n°6 « Montagne ».

Quelques définitions au préalable...

L'**aléa** est un événement plus ou moins prévisible et généralement hors de contrôle. On décrit un aléa par sa nature, sa localisation, sa fréquence et son intensité.

La **vulnérabilité** correspond à la fragilité d'un enjeu (population, activité et/ou construction humaines) face à un aléa.

Le **risque** est le croisement entre l'aléa et la vulnérabilité.

L'**adaptation** est la diminution de la vulnérabilité par diminution de l'exposition à l'aléa et de ses effets potentiels.



Figure 1: Le risque d'inondation : aléa, enjeu, risque - © Agence française pour la biodiversité / Réalisation Matthieu Nivresse (d'après OIEau), 2018 - LO-OL

Pour le Ministère de la Transition Ecologique, la notion de **risque naturel** recouvre l'ensemble des menaces que les phénomènes et aléas naturels font peser sur les populations, les ouvrages et les équipements.

La prévention des risques naturels consiste à s'adapter à ces phénomènes pour réduire, autant que possible leurs conséquences prévisibles et les dommages potentiels. Elle complète la politique de protection civile (qui permet de gérer la crise lorsqu'elle survient) et la politique d'indemnisation des dommages.

Impacts du changement climatique sur l'évolution des risques naturels

Un certain nombre de risques naturels sont liés aux conditions climatiques. C'est notamment le cas pour les risques inondations, canicules et retrait-gonflement des argiles.

Dès 2007, le rapport du GIEC a mis en lumière les principaux effets du changement climatique sur les risques naturels, à savoir :

- la modification des régimes de précipitations avec des épisodes de pluie intenses pouvant accentuer les épisodes d'inondations « éclairs » ;
- l'augmentation des températures moyennes et des vagues de chaleur, entraînant des épisodes de sécheresse plus sévères et accentuant l'effet d'îlot de chaleur urbain en zone urbaine ;
- la hausse du niveau de la mer pouvant accentuer les phénomènes de submersion.

Ces impacts sont résumés dans la carte présentée ci-contre.



Figure 2: Carte des impacts du changement climatique - Source Onerc

S'adapter dans un contexte d'incertitudes

Si des phénomènes climatiques sont aujourd'hui sans équivoque, les incertitudes liées aux modèles climatiques sont toujours présentes. Comme le précise Hervé Le Treut*, « Ce n'est pas parce qu'ils [les modèles] prédisent en moyenne plus de sécheresse dans une région qu'il ne faudra y semer que des plantes résistantes à la sécheresse. Les prévisions ne se traduisent pas par des Risques permanents. Des pluies pourraient aussi augmenter localement, et les plantes trop spécialisées n'y résisteraient pas ». Le risque climatique est bel et bien réel et l'incertitude ne doit pas empêcher de prendre

des mesures d'adaptation. « Nous ne savons pas prédire où et quand un tremblement de terre va survenir, mais nous connaissons les zones à risque et nous y construisons des bâtiments résistants. Nier le changement climatique serait donc un peu comme dire que, puisque nous ne savons pas les prévoir, les tremblements de terre n'existent pas. »

Source : <https://lejournel.cnr.fr/articles/changement-climatique-evidences-et-incertitudes>

*Hervé Le Treut est un climatologue français, spécialiste de la simulation numérique du climat, membre de l'Académie des sciences et directeur de l'institut Pierre-Simon-Laplace

Le changement climatique impacte le risque « INONDATION »

« L'inondation est une submersion temporaire, par l'eau, de terres qui ne sont pas submergées en temps normal, quelle qu'en soit l'origine. L'expression recouvre les inondations dues aux crues des rivières, des torrents de montagne et des cours d'eau intermittents méditerranéens, aux remontées de nappe, aux ruissellements urbains et agricoles ainsi que les submersions marines au-delà des limites du rivage de la mer. » Source : gouvernement.fr/risques/inondation



Inondation dans le Gard © DDTM30

Dans un contexte de changement climatique, les scénarios prévoient d'ici 2050 une intensification des phénomènes d'inondations du fait, notamment, de pluies intenses plus fréquentes apportant des volumes d'eaux importants sur des durées courtes. On observe déjà, au niveau national, une tendance sur les 40/50 dernières années à une augmentation de l'intensité des pluies à certaines périodes (au début de l'automne).

En Occitanie, on n'observe pas de tendance significative à l'échelle régionale sur les pluies intenses pour la période 1961-2012¹ (fig.2). Toutefois, plusieurs études montrent que les pluies extrêmes dans les Cévennes ont connu une augmentation d'intensité de 20% environ en 60 ans, et que cela est directement attribuable au changement climatique (Vautard et al, 2015).

L'Occitanie est déjà sujette aux inondations avec trois grands types de phénomènes² :

- les inondations de plaine qui touchent le cours aval des grands cours d'eau régionaux (ex: le Rhône, la Garonne) ;
- les crues torrentielles ou à montée rapide, qui touchent notamment les petits fleuves côtiers intermittents et les affluents des grands cours d'eau ;
- les inondations par ruissellement pluvial urbain qui trouvent leur origine dans les orages violents en zones urbanisées (ex: Nîmes).

En bordure littorale, on peut assister à la concomitance d'une crue et d'une élévation du niveau marin (dépression, vent de mer, etc.). Ce niveau marin élevé gêne d'autant plus l'évacuation des crues vers la mer et accentue ainsi les débordements des cours d'eau (cf. Livret n°5 « Mer et Littoral).

Outre les phénomènes climatiques locaux tels que les épisodes cévenols, plusieurs facteurs d'origine anthropique peuvent aggraver les risques :

- l'artificialisation et l'imperméabilisation des sols ;
- la diminution, voire la suppression, des zones naturelles d'expansion des crues ;
- l'aménagement des cours d'eau du type endiguements, recalibrages ;
- l'évolution des pratiques agricoles telles que le déboisement ou le remembrement des terres (ayant entraîné la disparition des haies) qui favorisent le ruissellement des eaux de pluies. On peut citer également les sols nus en hiver qui contribuent à l'érosion des sols

L'Occitanie, qui connaît une forte croissance de population notamment dans les zones littorales et

1 Source Météo-France. L'indicateur retenu est le nombre de jours de fortes précipitations (supérieures à 20 mm). https://www.laregion.fr/IMG/pdf/etude_meteofrance_climat_occitanie.pdf

2 Source : Observatoire des Risques naturels en Languedoc-Roussillon <http://www.laregion-risquesnaturels.fr/212-risques-en-lr.htm>

urbaines, est particulièrement concernée par les phénomènes d'artificialisation et d'imperméabilisation des sols ainsi que par la multiplication d'infrastructures, de réseaux et d'activités économiques en zones inondables.

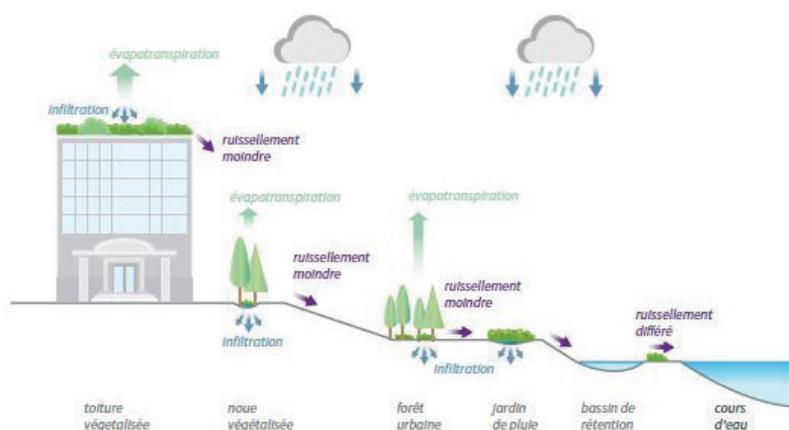
Au regard de l'ensemble de ces éléments on peut penser que le risque inondation sera très probablement amplifié dans la région dans les années futures sous l'effet conjugué du changement climatique et d'une augmentation de la vulnérabilité du territoire.



Zoom sur « Le phénomène d'imperméabilisation des sols »

Un sol est dit imperméabilisé ou minéralisé lorsqu'il est recouvert d'un matériau imperméable à l'eau et l'air, tel que l'asphalte ou le béton (routes, voies ferrées, parkings, constructions...) de manière irréversible.

Un sol artificialisé (pelouse, gravillons, chantiers, chemin...) perd tout ou partie de ses fonctions écologiques mais de manière réversible.



L'apport des différents éléments végétalisés urbains à la gestion des eaux de ruissellement urbaines. Source : Isabelle Feix

En milieu urbain, l'imperméabilisation des sols augmente le ruissellement et diminue fortement les possibilités d'infiltration et la part évaporée et/ou évapotranspirée.

Au contraire, les sols et la végétation contribuent à limiter les inondations des villes et leurs conséquences, grâce à leur action sur les eaux ruisselées :

- ils réduisent les volumes ruisselés (par Infiltration ou évapotranspiration de l'eau) ;
- ils retardent l'arrivée des eaux ruisselées dans le cours d'eau (par rétention temporaire de l'eau et en freinant l'écoulement) ;
- ils réduisent le débit de rejet des eaux ruisselées (ratio « volume d'eau / unité de temps »), ce qui a pour effet d'écarter la crue (abaisser le débit de pointe de la crue).

Au niveau national, entre 2006 et 2014, ce sont **490 000 hectares de sol** qui **ont été artificialisés**.

Les **sols artificialisés** constituent **9,3 %** du **territoire métropolitain**.

La région **Occitanie** connaît un **rythme d'artificialisation plus élevé** que la **moyenne nationale** avec **60 000 ha artificialisés entre 2006 et 2015**.

Depuis 1955, la surface urbanisée a augmenté plus vite que la population dans les départements de l'ex- Languedoc-Roussillon où les surfaces urbanisées ont triplé pendant que la population a doublé.

Le changement climatique augmente le risque « CANICULE » et ses impacts sur l'effet d'îlot de chaleur urbain



©A.Bouissou-Terra (droits d'utilisation accordés au Cerema)

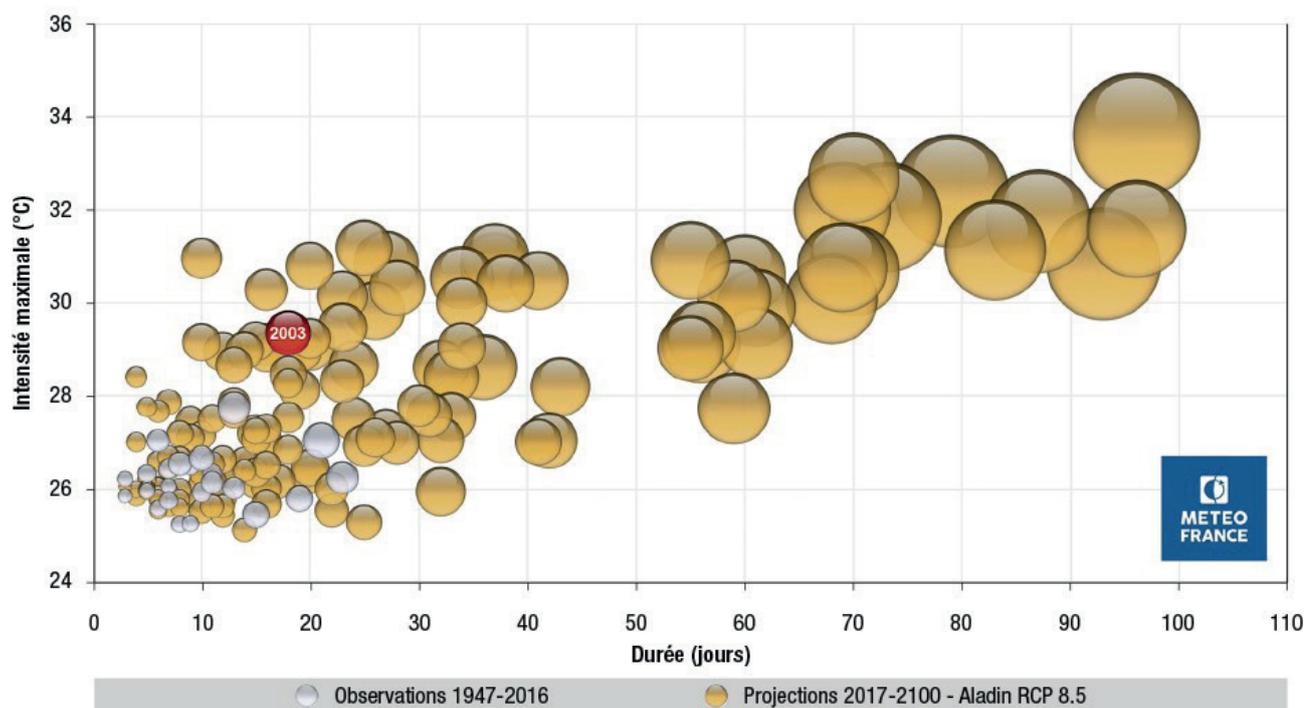
Les données de Météo-France montrent **que la fréquence et l'intensité des vagues de chaleur ont augmenté au cours de ces trente dernières années**. La canicule d'août 2003 fait toujours référence car c'est l'événement le plus intense que la France ait connu depuis au moins 1947 en termes de vague de chaleur.

Les projections les plus pessimistes du GIEC (RCP8.5) prévoient une poursuite de l'intensification des épisodes de canicule et une augmentation de leur fréquence, de telle sorte que la canicule de 2003 sera reléguée d'ici la fin du siècle à un événement moyen (fig. 4).

On parle de vague de chaleur lorsqu'on observe des températures anormalement élevées pendant plusieurs jours consécutifs. Il n'existe pas de définition universelle du phénomène : les niveaux de température et la durée de l'épisode qui permettent de le caractériser varient, selon les régions du monde notamment.

La canicule se définit comme un niveau de très fortes chaleurs le jour et la nuit pendant au moins trois jours consécutifs.

Source : Météo-France et www.gouvernement.fr/risques/



Source : Météo-France.

Figure 4: Projections des vagues de chaleur selon le RCP 8.5. Les sphères en grisées représentent la durée et l'intensité des événements passés. La sphère rouge est l'année 2003 qui fait aujourd'hui référence en termes de vague de chaleur. Les sphères en jaune représentent les événements à venir selon le modèle Météo-France Aladin et le scénario RCP8.5, scénario dit pessimiste. D'après ces projections, les événements de canicule seront de plus en plus longs et de plus en plus intenses. À horizon 2100, les modèles prévoient des vagues de chaleur pouvant atteindre 90 à 100 jours d'affilées (contre 15 en 2003) et d'une intensité moyenne allant jusqu'à 34 °C.

L'Occitanie est particulièrement confrontée à une hausse des températures liée au changement climatique. L'évolution des températures annuelles montre un net réchauffement sur la période 1961-2012. Les ordres de grandeur de l'évolution se situent entre +0,25°C et +0,35°C par décennie. Le nombre de jours chauds (Tmax supérieure à 25°C), influencé par la hausse des températures estivales, est en nette augmentation sur la période 1961-2012. Les tendances vont de +5 à +7 jours tous les 10 ans. L'essentiel de l'augmentation se situe en toute logique entre les mois de juin et octobre³.

En termes de projections, une étude conduite par l'Insee sur la base des données Météo-France⁴ montre, à horizon 2021-2050, une augmentation du nombre de journées estivales et de nuits tropicales par rapport à la référence climatique sur la période passée (1976-2005) sur l'ensemble de la région. Le littoral et l'arrière-pays méditerranéen ainsi que la zone remontant le long du canal du midi seraient particulièrement touchés. L'illustration ci-dessous montre que l'ensemble du littoral méditerranéen connaîtrait plus de 82 journées estivales et plus de 19 nuits tropicales par an à l'horizon 2021-2050 pour le scénario pessimiste RCP 8,5.

3 Extraits de l'étude réalisée par Météo-France, Changement climatique et ressource en eau en région Occitanie, 80 p, 2016, https://www.laregion.fr/IMG/pdf/etude_meteofrance_climat_occitanie.pdf

4 Les indicateurs retenus dans l'étude sont le nombre de journées estivales (température maximale supérieure à 25°C) et le nombre de nuits tropicales (température minimale supérieure à 20°C.). Si ces journées et nuits de fortes chaleurs ne constituent pas en elles-mêmes des phénomènes à risque, leur multiplication et leur succession sont un indice de la survenue d'épisodes critiques tels que les canicules. Source : INSEE, <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4299803>

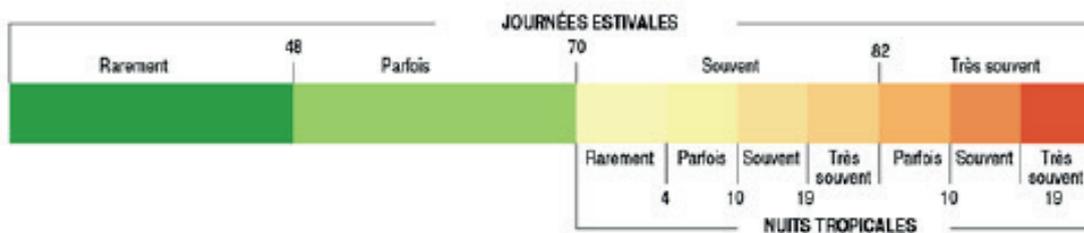
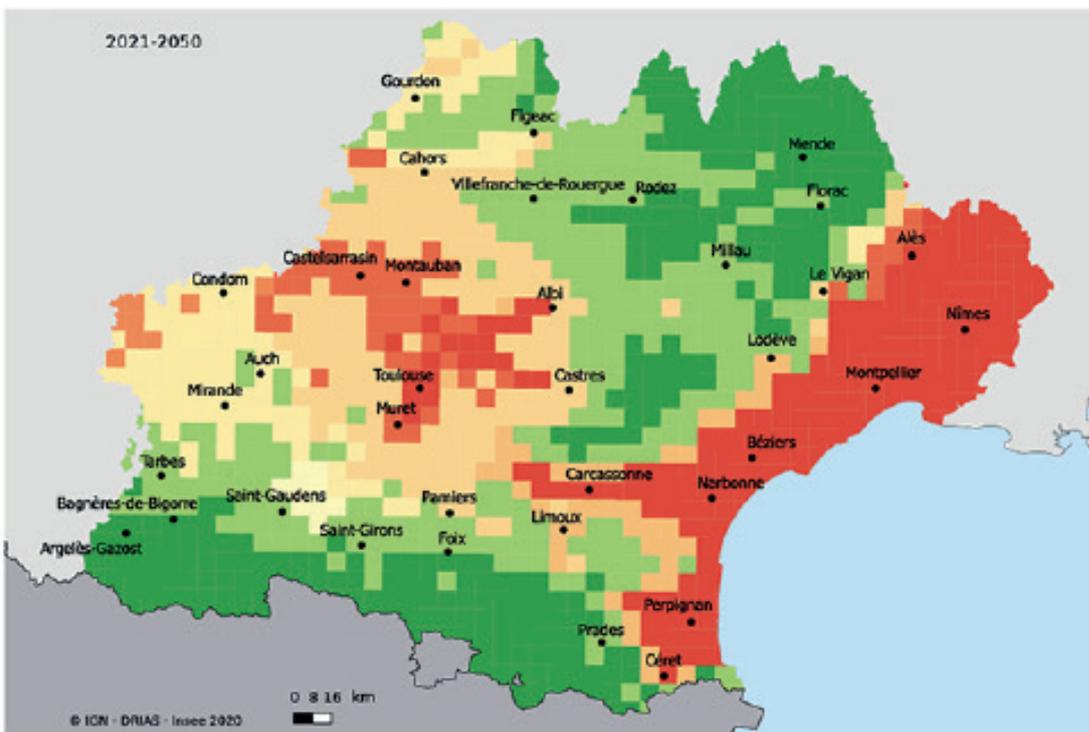
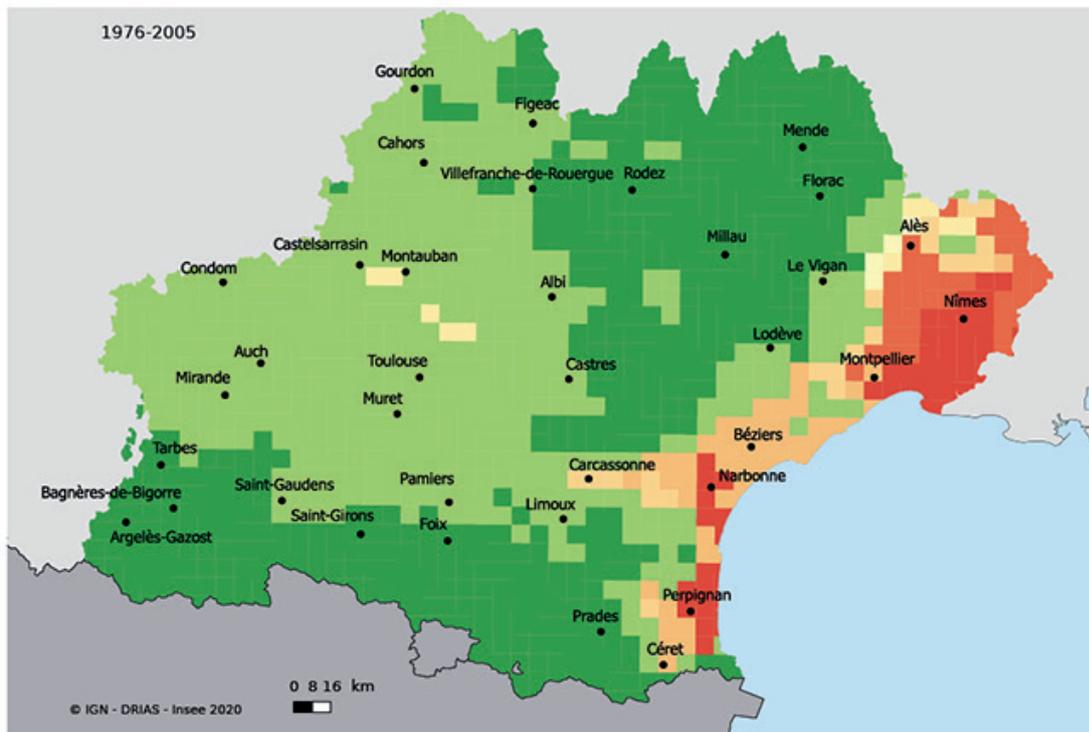


Figure 5: Zones de fréquences des fortes chaleurs en Occitanie pour les périodes 1976-2005 et 2021-2050 (Source : Insee sur la base du Service climatique DRIAS, Météo-France, simulations Euro-Cordex, RCP 8.5, fréquences médianes)

Ainsi certaines zones géographiques pourraient se trouver beaucoup plus fortement exposées qu'auparavant : c'est le cas par exemple des territoires de montagne pour lesquels la fréquence des fortes chaleurs progresserait, passant de 17 journées estivales par an jusqu'en 2005, à 29 dans les décennies à venir. En moyenne montagne, les hauteurs au-dessus de Millau, Villefranche-de-Rouergue, Saint-Girons ou Saint-Gaudens connaîtraient entre 48 et 70 journées estivales par an.

Dans ce contexte, le phénomène d'îlot de chaleur urbain (ICU) devrait augmenter en fréquence et en intensité. Ce phénomène se caractérise par des températures plus élevées dans les zones urbanisées par rapport aux milieux naturels ou environnants, avec un effet plus particulièrement marqué la nuit.

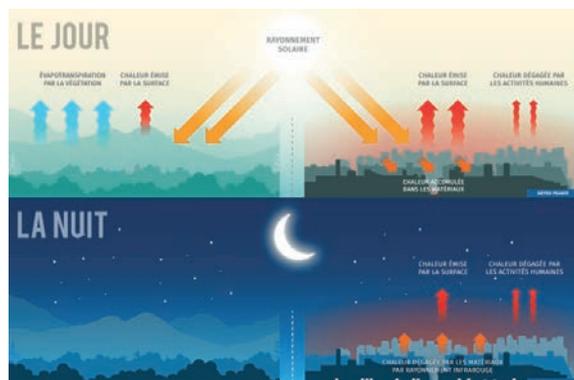


Figure 6: Echanges thermiques en zones urbaine et rurale (Source : Météo-France)

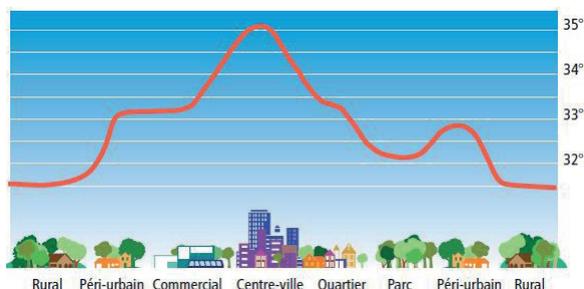


Figure 7: Profil thermique d'un îlot de chaleur (Source : USEPA)

Les écarts de température entre le centre-ville et les zones rurales dépendent des caractéristiques architecturales de la ville (comme son étendue, la densité et la hauteur des bâtiments), des éléments composant l'espace urbain (matériaux, surfaces imperméabilisées, surfaces en eau) et des sources de chaleur d'origine anthropique (circulation, climatisation, chauffage).

Les surfaces minéralisées de la ville absorbent la chaleur pendant la journée pour la redistribuer dans l'atmosphère durant la nuit en fonction de leur albédo⁵. Cela contribue à augmenter la température. L'eau, quant à elle, ne peut pénétrer à l'intérieur de ces matériaux imperméables. Elle est alors rapidement dirigée vers des écoulements artificiels comme les réseaux de collecte et n'a donc pas le temps de s'évaporer. Or, l'évaporation contribue à rafraîchir l'air pendant la journée (cf. figure 6).

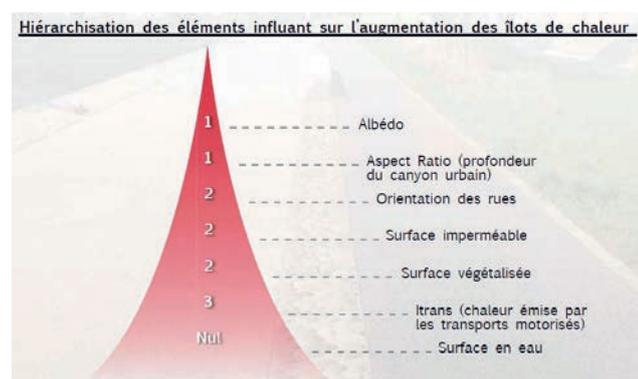


Figure 8: Selon ce graphique, l'albédo est le facteur qui influence le plus sur l'effet d'îlot de chaleur. A l'opposé une surface en eau est considérée comme provoquant à sa verticale un ICU d'intensité nulle. (Source : Grand Lyon, communauté urbaine)



Figure 9: Valeur de l'albédo de différentes surfaces (Source : NASA). Plus l'albédo est bas, plus la surface absorbe les rayons et donc emmagasine la chaleur.

⁵ Albédo : Fraction de l'énergie de rayonnement incidente qui est réfléchi ou diffusée par un corps, une surface ou un milieu. Plus l'albédo est bas, plus la surface absorbe les rayons. (Source : Larousse).

Les choix en matière d'aménagement et d'urbanisme auront donc un rôle prépondérant dans la lutte contre l'effet d'ICU et pour améliorer le confort climatique des habitants et usagers (zones de stationnement, espaces publics, cours d'école, etc.)

Le changement climatique impacte le risque « RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES »

Le retrait-gonflement des argiles (RGA) se caractérise par une phase de retrait par assèchement des sols argileux lors d'une sécheresse prononcée et/ou durable qui produit des déformations de la surface des sols (tassements différentiels). Elle est suivie de phénomènes de gonflement au fur et à mesure du rétablissement des conditions hydrogéologiques initiales des sols. (Source : GEORISQUES)

Le RGA est largement lié à la nature du sol et aux conditions hydrogéologiques locales (présence de nappe souterraine par exemple). Néanmoins, les phénomènes climatiques exceptionnels sont le principal facteur de déclenchement, notamment la succession d'une période fortement arrosée et d'une période de sécheresse.

Les études réalisées au niveau national pour évaluer les impacts du changement climatique sur le RGA indiquent que le phénomène va probablement s'aggraver dans les années futures avec une augmentation de la fréquence et de l'intensité des vagues de chaleur et des sécheresses⁶.

En Occitanie, les données passées montrent, au pas de temps annuel, une diminution de l'humidité moyenne du sol entre la période 1961-1990 et la période 1981-2010 en toute saison, à l'exception de l'automne. Les sécheresses agricoles, caractérisant le déficit d'humidité moyenne du sol, présentent une tendance marquée à l'augmentation au cours des 55 dernières années. Les années de plus forte sécheresse ont toutes été observées après 1989.

À l'horizon «milieu de siècle» avec un scénario de type médian, les modèles climatiques montrent une augmentation des fréquences d'années anormalement sèches que ce soit du point de vue de la sécheresse météorologique (due aux précipitations) ou de celui de la sécheresse agricole où cette augmentation est encore plus importante.

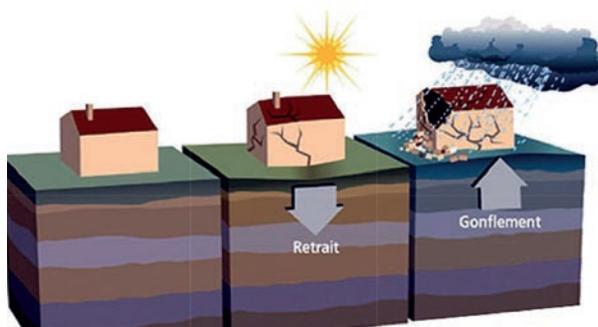


Figure 10: Impacts sur un bâtiment de la déformation d'un sol argileux (Source: MTES)

⁶ Références au projet ClimSec de Météo-France, source : Sébastien Gourdier, Emmanuel Plat (BRGM), Impact du changement climatique sur la sinistralité due au retrait-gonflement des argiles, Journées Nationales de Géotechnique et de Géologie de l'Ingénieur, Champs sur marne, 2018.





Les enjeux

**Pourquoi une stratégie
d'adaptation est indispensable
et bénéfique ?**

DÉFINIR UNE STRATÉGIE POUR UN TERRITOIRE RÉSILIENT FACE AUX RISQUES CLIMATIQUES

Quand un aléa naturel survient sur un territoire, les répercussions sont très souvent multiples. La sécurité des habitants, la vie économique, le bon fonctionnement des services publics et des réseaux ainsi que l'environnement peuvent être atteints. Il est donc nécessaire d'anticiper et d'agir pour éviter ces conséquences.

Face au changement climatique et à des aléas naturels plus fréquents et plus intenses, ce besoin d'anticipation est renforcé et doit se traduire par l'élaboration d'une stratégie d'adaptation territoriale. Le défi est grand, car les solutions sont à construire dans un contexte de double incertitude : celle du climat futur et celle de la vulnérabilité à venir du territoire.

Les collectivités ont cependant intérêt à agir sans attendre afin de limiter les coûts que pourraient représenter les futures catastrophes tant en termes économiques que de vies humaines. De plus, la résilience du territoire face au changement climatique sera probablement à l'avenir un facteur d'attractivité pour ceux ayant mis en place des solutions au service de leurs habitants.

Pour les décideurs, adopter une stratégie d'adaptation de leur territoire en matière de risques naturels, c'est aussi :

● Anticiper et limiter les effets des changements climatiques sur la santé humaine

La multiplication des événements extrêmes comme les inondations fait subir des dégâts matériels importants avec des risques de mortalité et des conséquences psychologiques non négligeables sur les individus.

Les inondations survenues dans l'Aude en octobre 2018 ont provoqué le décès de 15 personnes. 99 autres ont été blessées.

Les épisodes de canicules ont quant à eux des conséquences directes sur l'état de santé de l'ensemble de la population. Ils peuvent entraîner chez les personnes les plus fragiles (les nourrissons, les femmes enceintes, les personnes âgées et celles atteintes d'une maladie chronique) une déshydratation, l'aggravation de certaines maladies chroniques ou encore un coup de chaleur, pouvant aller jusqu'au décès.

Certaines professions sont également davantage exposées aux risques naturels. C'est le cas, en période de canicules, pour les professions du bâtiment, des travaux publics et des travaux agricoles.

En dehors de l'âge et de la profession, le niveau de vie peut aussi accentuer la vulnérabilité des personnes face aux risques naturels. Par exemple, les personnes pauvres pourront plus difficilement réaliser les travaux permettant d'adapter leur logement (isolation, fondations, achats d'équipements, etc.).

La canicule d'août 2003 qui a entraîné le décès d'environ 15 000 personnes en France métropolitaine, a particulièrement pesé sur les plus âgés (86 % des personnes décédées avaient plus de 70 ans).

● Anticiper les coûts pour la collectivité

Les dommages causés par les aléas naturels peuvent représenter un coût direct pour la collectivité en charge de la reconstruction des voiries, des bâtiments publics, des ouvrages, etc.

En termes d'indemnisations, le risque inondation est le plus important au niveau national, devant le retrait-gonflement des argiles. Les inondations représentent 56 % des dommages indemnisés et assurés au titre de catastrophes naturelles avec un coût annuel moyen de 520 millions d'euros⁷.

Le coût total du retrait-gonflement des argiles depuis 1990 dépasse les 8,5 milliards d'euros (Caisse Centrale de Réassurance - CCR, 2015).

Suite aux inondations de 2018, 257 communes ont été reconnues en catastrophe naturelle (204 dans l'Aude, 29 dans l'Hérault et 24 dans Le Tarn). Le coût estimé des dégâts s'élève à 320 M€.

À Sallèles-d'Aude, 5 M€ d'investissement dans des ouvrages hydrauliques de protection ont permis d'éviter 3 M€ de dégâts lors de cette crue (estimation SMMAR).



Figure 11: Les impacts économiques de la canicule de 2003 (Source : Carbone 4)

Les vagues de chaleur peuvent aussi avoir des répercussions économiques. Ainsi le Sénat a évalué le coût de la canicule de 2003 entre 15 et 30 milliards d'euros.

Avec le changement climatique, le coût des dommages sur les logements liés à l'aléa retrait-gonflement des sols argileux pourrait être multiplié, selon les scénarios, par un facteur compris entre 3 et 6 d'ici 2100 et dépasser 1 milliard d'euros.⁸

S'agissant du coût moyen annuel des inondations fluviales, il pourrait atteindre 11,5 milliards d'euros en France d'ici 2100 (CEPRI).

Une étude réalisée par la London School of Economics a par ailleurs estimé qu'une canicule en 2100 pourrait coûter quasiment 2 milliards d'euros à la ville de Londres, en prenant en compte la baisse de productivité du travail⁹.

● Préserver l'attractivité de son territoire

Un territoire fortement exposé aux risques naturels peut perdre en attractivité : perte de valeur des biens immobiliers, coût plus important des assurances, perte de productivité des entreprises, cadre de vie de moins en moins agréable pour les habitants (par exemple en cas de canicules à répétition).

Ce déficit d'attractivité peut se traduire par des arbitrages défavorables de la part des individus ou des acteurs économiques qui pourront par exemple quitter un territoire soumis régulièrement à des épisodes d'inondations, préférer passer leurs vacances ou installer leur activité dans une zone protégée des risques naturels.

L'adaptation des territoires aux risques, qui passe par l'anticipation et la mise en oeuvre de solutions locales, est donc un **facteur important d'attractivité** dont l'importance sera croissante avec le changement climatique.

7 MTES/CGDD, L'évaluation socio-économique des projets de prévention des inondations en France, juin 2019.

8 Sénat, Rapport d'information sur la gestion des risques climatiques et l'évolution de nos régimes d'indemnisation, juillet 2019.

9 <http://www.carbone4.com/canicules-de-vrais-risques-economiques-sociaux-cas-de-non-adaptation/>

● Préserver l'environnement

Les solutions d'adaptation au phénomène d'ICU ou aux inondations peuvent contribuer à préserver l'environnement.

Par exemple une meilleure isolation des bâtiments permet de réduire les consommations d'énergie générées par l'augmentation des besoins en climatisation.

La réhabilitation des cours d'eau et des zones d'expansion des crues contribue à restaurer les habitats naturels et les réservoirs de biodiversité.

D'une manière générale, utiliser des **solutions fondées sur la nature** pour s'adapter aux risques naturels permettra de répondre à de multiples enjeux environnementaux, souvent à moindre coût par rapport à de l'ingénierie grise.

Les solutions fondées sur la Nature sont définies comme « les actions visant à protéger, gérer de manière durable et restaurer des écosystèmes naturels ou modifiés pour relever directement les défis de société de manière efficace et adaptative tout en assurant le bien-être humain et en produisant des bénéfices pour la biodiversité. » (UICN)

Chiffres clés

● Les inondations

- Sur le bassin Adour Garonne, 1,4 million de personnes sont potentiellement exposées aux risques inondation, soit 20 % de la population totale du bassin (données 2016). Pour l'ancienne région Languedoc-Roussillon, la population habitant en zone inondable est estimée à environ 1 million d'habitants (en 2012).
- 1 132 communes du Languedoc-Roussillon, soit près des trois quarts des communes de ce territoire sont soumises au risque d'inondation sur au moins une partie de leur territoire dont : la totalité des communes du Gard, 85% des communes de l'Hérault, 82% des communes des Pyrénées-Orientales
- Sur le territoire du Languedoc-Roussillon, 1 474 communes ont été concernées au moins 1 fois, par un arrêté de catastrophe naturelle au titre des inondations, soit 95% des communes de la région durant la période 1985-2015.

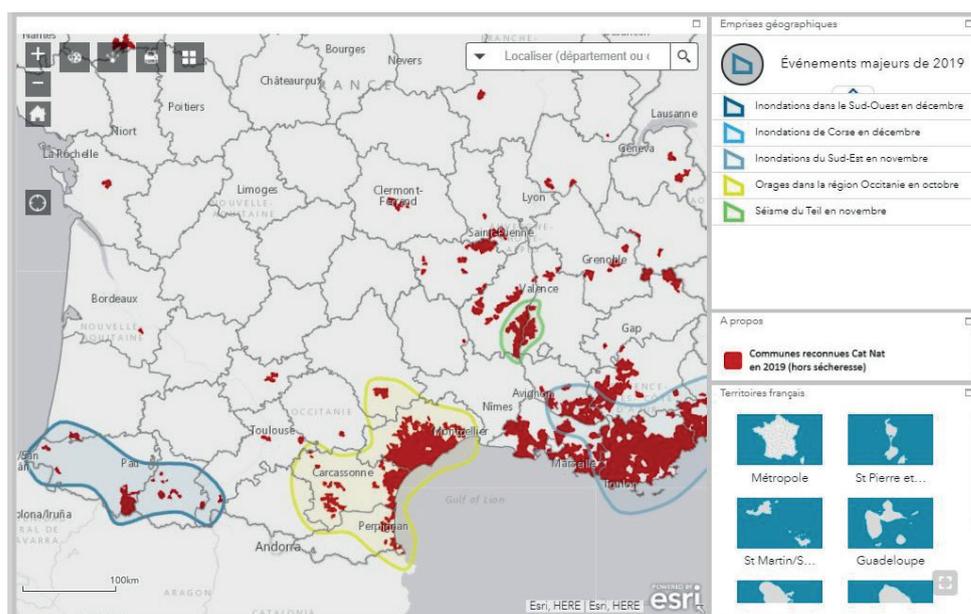


Figure 12: Événements notables en 2019 et communes reconnues en Cat Nat (hors sécheresses)
- Source: CCR

● Les canicules

- Aujourd'hui en Occitanie, une personne âgée sur six (75 ans ou plus) et un jeune enfant sur six (moins de six ans) résident dans des zones déjà soumises à de fortes chaleurs à répétition, soit 94 000 personnes âgées et 59 000 jeunes enfants ;
- 517 000 personnes vulnérables au regard de leur âge (303 000 personnes âgées et 214 000 enfants) résident actuellement dans un territoire où, selon les modélisations du climat futur, les épisodes de fortes chaleurs vont devenir réguliers en Occitanie. Soit 364 000 personnes supplémentaires par rapport à aujourd'hui ;
- Au regard de la période actuelle, 19 % des personnes pauvres vivant en Occitanie (soit 174 000) résident dans un territoire à risque. Avec la modélisation du climat à venir, cette part pourrait tripler : 60 % des personnes pauvres (soit 564 000) habitent dans des zones qui seront soumises demain à de fortes chaleurs très fréquentes ;
- L'Occitanie est la deuxième région française pour le nombre d'emplois agricoles (plus de 80 000 fin 2016) et la quatrième région pour le nombre d'emplois dans la construction (148 000), des métiers particulièrement exposés aux fortes chaleurs.

● Le retrait-gonflement des argiles

- Une grande partie du Territoire d'Occitanie est en zones d'exposition forte, comme l'indique la carte du BRGM 2020 ;
- 40 000 maisons individuelles sont situées en zone d'aléa fort au niveau national.

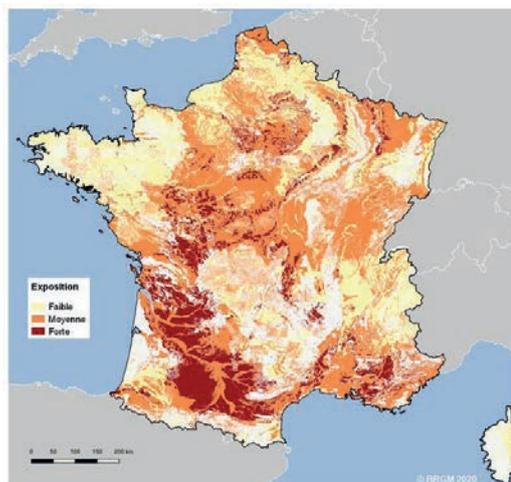


Figure 13: Cartographie des zones exposées au phénomène de RGA - Source BRGM, août 2020

LES PRINCIPAUX ÉVÉNEMENTS SURVENUS EN 2018 ET EN 2019

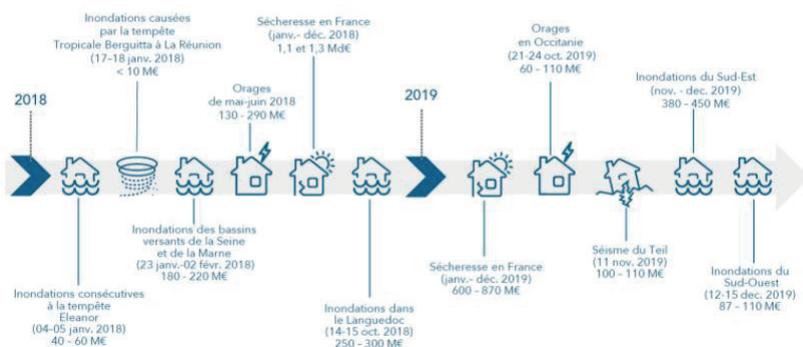


Figure 14: Principaux événements survenus en 2018-2019 - Source: geoportail.ccr.fr

Période 1988 – 2013

48,3 Md€ d'indemnités cumulées versées par les assureurs au titre des événements naturels

431 000 sinistres par an en moyenne

1,9 Md€ d'indemnités versées par an en moyenne par les assureurs au titre des événements naturels

Période 2014 – 2039

92 Md€ d'indemnités cumulées versées par les assureurs au titre des événements naturels

+ 36 % d'augmentation de coût cumulé des tempêtes sur la période ;

+ 114 % d'augmentation de coût cumulé des inondations sur la période ;

+ 162 % d'augmentation de coût cumulé en sécheresse sur la période

Figure 15: Impact du changement climatique sur l'assurance à l'horizon 2040 - Source: FFA, 2015



The background of the image is a close-up, top-down view of parched, cracked earth. The soil is dark brown and grey, with numerous irregular, polygonal cracks forming a mosaic pattern. Several small, smooth, light-colored stones are scattered across the surface. Sparse green grass blades are visible, some growing through the cracks and others lying flat on the surface. The overall scene conveys a sense of drought and environmental stress.

Le cadre de référence

Quels sont les leviers
prioritaires à mobiliser ?

RÉDUIRE LA VULNÉRABILITÉ DU TERRITOIRE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE EN S'APPUYANT SUR LES GRANDS PRINCIPES DE LA PRÉVENTION DES RISQUES NATURELS

La vulnérabilité d'un territoire et de ses composantes dépend de différents facteurs parmi lesquels la connaissance préalable des caractéristiques de l'aléa (intensité, rapidité, étendue ...), la manière de réagir en période de crise ainsi que les conditions d'exposition à cet aléa.

S'adapter consiste à diminuer la vulnérabilité en agissant sur ces différents facteurs avec pour objectif de diminuer les impacts effectifs du changement climatique et d'améliorer les capacités de réponse aux aléas.

Au niveau territorial, les stratégies d'adaptation aux risques naturels vont s'articuler étroitement avec les dispositifs mis en place dans le cadre des politiques de prévention des risques naturels. Elles font appel, le plus souvent possible, aux solutions fondées sur la nature.

Les leviers d'action explicités dans ce chapitre développent donc certains des grands piliers de la prévention des risques (cf. encart) sous l'angle de l'adaptation au changement climatique.

Les 7 piliers de la prévention des risques (MTES)

- 1/ La connaissance des aléas et des risques
- 2/ La surveillance
- 3/ L'information des citoyens
- 4/ La maîtrise de l'urbanisation
- 5/ La réduction de la vulnérabilité (aménagement individuels ou collectifs permettant de réduire le risque)
- 6/ La préparation aux situations d'urgence
- 7/ Le retour d'expérience

1/ Développer la culture du risque : connaître et informer

Pour qu'une stratégie d'adaptation soit réalisable et acceptée par la population, l'implication de l'ensemble des acteurs (citoyens, élus, professionnels, etc.) est indispensable. Ce processus collectif d'acceptabilité est utile aussi bien en temps de crise (solidarité spontanée, bonne coordination) que sur le long terme (co-construction des projets).

En matière d'adaptation, la mémoire du risque est essentielle pour faciliter cette acceptabilité. Elle permet aux institutions, aux services de secours, aux habitants d'anticiper les risques et d'adapter leurs comportements en cas de crise. En outre, l'information du citoyen face aux différents risques est un droit codifié, notamment dans le code de l'Environnement (articles L125-2, L125-5 et L563-3). Le citoyen est en droit de connaître les dangers auxquels il est exposé, les dommages prévisibles et les mesures préventives qu'il peut mettre en œuvre pour réduire sa vulnérabilité face au risque encouru. Il est également en droit de connaître les moyens de protection et de secours mis en œuvre par les pouvoirs publics.

Pour renforcer la culture du risque sur leur territoire les collectivités peuvent notamment :

- Améliorer la connaissance sur la vulnérabilité du territoire aux aléas climatiques, notamment en s'appuyant sur le diagnostic de vulnérabilité établi dans le cadre des plans climat air énergie territoriaux (PCAET) ;
- Informer et faire connaître les risques à partir de cartographies : zones inondables et hauteur d'eau, îlots de chaleur urbains, zones exposées au risque RGA ;
- S'appuyer sur l'expertise des acteurs du territoire ou des organismes spécialisés pour favoriser l'acculturation de la population ;
- Intégrer la culture du risque dans les plans stratégies, de façon marquée et systématique ;
- Conduire des actions de sensibilisation aux gestes de premiers secours ou aux bons réflexes, par exemple en cas de canicule ou d'inondation.

Informer et sensibiliser au risque inondation : exemple de la ville de Montpellier (Hérault)

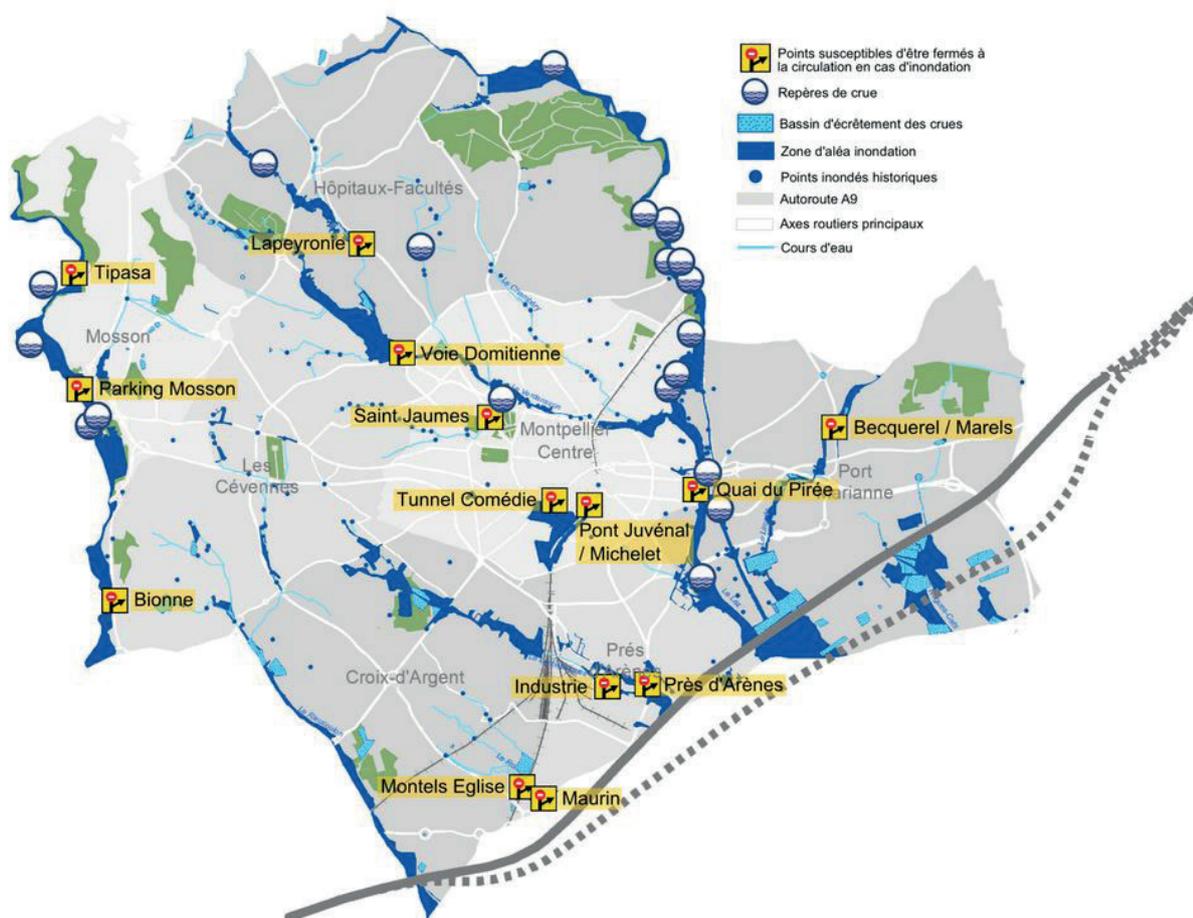


Figure 16 : Carte du risque d'inondation sur Montpellier (août 2016) – Source : Ville de Montpellier <https://www.montpellier.fr/4060-inondations-et-risques-naturels-a-montpellier.htm>

La ville de Montpellier propose des cartes du risque d'inondation sur sa ville avec des liens utiles, les mesures de prévention et de protection à mettre en place, les actions de police et de sauvegarde ainsi qu'une liste de bons réflexes à avoir avant et pendant une inondation.

<https://www.montpellier.fr/4060-inondations-et-risques-naturels-a-montpellier.htm>

Améliorer les connaissances sur l'effet d'îlot de chaleur urbain : l'exemple du projet MAPUCE (Modélisation Appliquée et droit de l'Urbanisme : Climat urbain et Énergie) à Toulouse (Haute-Garonne)

Le projet « Mapuce » est un projet financé par l'Agence Nationale de la recherche et coordonné par le Centre National de Recherches Météorologique. Ce projet a débuté en mars 2014 pour une durée de 4 ans avec 2 objectifs distincts :

1/ construire une base de données urbaines et architecturale s'appliquant à n'importe quelle ville de France, et ce, jusqu'à l'échelle des quartiers. Ces données sont ensuite utilisées dans une stratégie de modélisation pour réaliser des simulations qui concernent le microclimat urbain et la consommation énergétique liée aux bâtiments ;

2/ définir une méthodologie pour intégrer ces données dans les documents juridiques les plus pertinents, ainsi que dans les politiques urbaines.

Une cartographie de l'ICU à partir de relevés de température de l'air a été élaborée ce qui a permis d'alimenter le diagnostic du PLUi-H de Toulouse Métropole.. La prise en compte de ces enjeux s'est ensuite traduite dans les différentes pièces du document, notamment les Orientations d'Aménagement et de Programmation.

PARTIE TEXTE OAP : Une rubrique confort climatique dédiée.....

Le confort climatique

- ▶ Dans le cadre d'une conception bioclimatique des constructions dans les opérations d'ensemble, les morphologies du bâtiment créant des espaces d'aération et de fraîcheur seront privilégiées et les cœurs d'îlots seront végétalisés pour limiter l'effet d'îlot de chaleur urbain. La végétalisation des pieds de façades et des matériaux de revêtement de couleur claire seront également recherchés pour éviter l'accumulation de chaleur.
- ▶ Pour assurer la protection des bâtiments contre les rayonnements solaires, il est également recommandé de prévoir des ombrières, soit naturelle avec arbres à feuilles caduques, soit avec des protections incluses sur la façade du bâtiment, verticales à l'est et à l'ouest et horizontales au sud.
- ▶ Enfin, le développement d'une conception bioclimatique des bâtiments nécessite de favoriser leur ventilation naturelle en privilégiant les logements traversants ainsi que l'orientation Nord/Sud.

Traitement du confort climatique à travers la protection de la TVB et des îlots de fraîcheur urbain



Figure 17: OAP du PLUiH de Toulouse Métropole - Source: Colloque de fin de projet MAPUCE, 22-01-2019, IAU, Paris

Pour en savoir plus : <https://mapuce.orbisgis.org/>

Améliorer les déplacements en période de canicule grâce à des itinéraires fraîcheurs : l'exemple de la ville de Lyon (Rhône)

La ville de Lyon connaît chaque année des épisodes de canicule. C'est pourquoi, en 2017, la municipalité a engagé un recensement des lieux frais accessibles gratuitement sur son territoire pour en faire une carte interactive avec plus de 600 points sélectionnés pour leur fraîcheur et qui sont autant de refuges dans la ville en temps de canicule. Ces itinéraires sont aussi l'occasion de (re)découvrir le patrimoine végétal et historique de la cité. <http://cartes.lyon.fr/adws/app/6f9b75c7-54cc-11e7-b18b-69f829fb2e01/index.html>

2/ Maîtriser l'urbanisation dans les zones à risque

L'un des leviers majeurs en matière de prévention des risques consiste à maîtriser l'urbanisation dans les zones à risque. Pour ce faire il existe deux principaux dispositifs : les Plans de Prévention des Risques Naturels (PPRN) et les documents d'urbanisme (SCoT et PLU-i).

Bien que l'élaboration des PPRN relève de la compétence de l'État, la prévention des risques repose sur un partenariat étroit entre l'État et les collectivités locales.

• Prendre en compte le changement climatique dans les PPRN

Créés par la loi du 2 février 1995, les PPRN constituent aujourd'hui l'un des instruments essentiels de l'action de l'Etat en matière de prévention des risques naturels, afin de réduire la vulnérabilité des personnes et des biens. Ils permettent, sur un territoire donné et en concertation avec les communes concernées, de prendre en compte l'ensemble des risques comme les inondations ou le RGA à partir de la détermination d'un aléa de référence.

Ils ont pour objectif de maîtriser les constructions dans les zones exposées à un ou plusieurs risques ainsi que dans les zones qui ne sont pas directement exposées mais où des aménagements pourraient les aggraver. Les PPRN réglementent donc l'utilisation des sols à l'échelle communale en fonction des risques auxquels ils sont soumis en s'appuyant sur des cartes de zonage réglementaire.

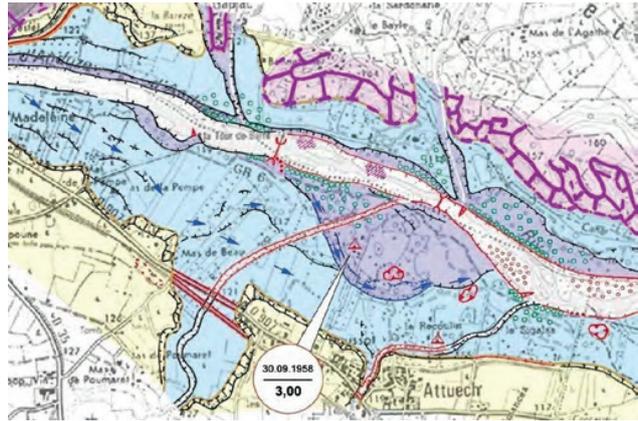


Figure 18: Carte d'inondabilité du Gardon d'Anduze (Gard) - Atlas des zones inondables - Source : <https://www.actua-environnement.com/media/pdf/guide-pprn.pdf>

La réglementation va de l'interdiction de construire à la possibilité de construire sous certaines conditions en passant par l'imposition d'aménagements sur les constructions existantes.

Par exemple, un **PPR inondations** peut imposer des dispositions constructives (ex : cote de plancher à respecter au-dessus du niveau des plus hautes eaux) ou encore des dispositions d'usage (ex : l'amarrage des citernes ou le stockage des flottants).

Un **PPR argiles** peut contenir des règles telles que :

- l'interdiction de création de puits à moins de 10 m d'un bâtiment ;
- l'obligation de recourir à des raccords souples en cas de remplacement des canalisations ;
- l'obligation de réaliser une étude géotechnique pour les travaux de déblais ou de remblais modifiant la profondeur d'encastrement des fondations d'un bâtiment.

Seuls les PPRN soumis à un aléa submersion marine sont explicitement tenus de prendre en compte le changement climatique (cf. livret n°5 « Mer et littoral »).

• Prendre en compte l'augmentation des risques naturels liés au changement climatique dans la planification territoriale

La législation en matière d'urbanisme impose aux collectivités de prendre en compte les risques naturels ainsi que l'adaptation au changement climatique (L.101-2 du code de l'urbanisme).

Les documents d'urbanisme obéissent par ailleurs à des règles de mise en cohérence avec des documents de rang supérieurs susceptibles de contenir des orientations et/ou des objectifs en matière de prévention des risques (L.131-1 et suivants du code de l'urbanisme). Les SCoT par exemple doivent être compatibles avec les objectifs de gestion des risques d'inondation définis par les Plans de Gestion des Risques d'Inondations. Enfin les SCoT et les PLU-i doivent prendre en compte les PPRN approuvés sur leur périmètre.

Ces grands principes étant posés, les élus conservent une marge de manoeuvre importante dans le choix des moyens pour les mettre en pratique. Ainsi le SCOT fixera les grandes orientations en matière de gestion des risques en prenant en compte l'ensemble des contraintes locales et avec pour objectif de concilier des enjeux parfois contradictoires (par exemple les objectifs de densification et la lutte contre les ICU). Le PLU-i interviendra à une échelle plus fine pour décliner ces grandes orientations en principes d'aménagement et en règles d'occupation du sol.

Le tableau ci-dessous recense les principaux leviers d'action mobilisables par les SCoT et les PLUi pour prendre en compte les risques naturels dans un contexte de changement climatique (extraits de l'outil Clim'Urba)

Leviers d'action du SCoT	Déclinaisons action PLUi
<p>Adapter la conception de la ville au risque canicule : renforcer la présence de la nature en ville, multiplier les points d'eau, réduire les revêtements participant à l'îlot de chaleur</p>	<p>Indiquer les principes retenus pour optimiser les atouts de l'environnement et minimiser les contraintes au regard du risque canicule : formes urbaines adaptées (orientations, circulation d'air), maintien ou création des végétaux et des points d'eau, principes de construction, etc.).</p>
	<p>Prendre en compte les phénomènes microclimatiques dans le choix de localisation des zones à urbaniser.</p>
	<p>Favoriser les formes urbaines et les aménagements préservant la circulation de l'air et limitant l'effet « canyon » des rues.</p>
	<p>Favoriser les revêtements (sols, bâtiments), les surfaces (albédo élevé), les matériaux mieux adaptés dans les opérations d'aménagement.</p>
	<p>Prescrire la végétalisation des espaces libres et de stationnement : fixer un % de la surface du terrain à maintenir ou aménager en espaces verts de pleine terre, fixer un seuil de végétalisation dans les opérations d'ensemble ou par unité foncière, réglementer le nombre d'arbres devant être plantés ou conservé par surface de pleine terre.</p>
	<p>Prescrire la végétalisation des façades, pieds de façades, toitures et dalles, en mobilisant notamment le coefficient de biotope. Prendre en compte les besoins en eau liés à cette végétalisation.</p> <p>Si des essences locales devaient être recommandés, indiquer les essences à privilégier en fonction de leur résistance au contexte climatique local, de leur capacité de rafraîchissement (ombre portée), de leur adaptation au sol (limitation de la consommation d'eau), de leur capacité à capter les polluants.</p>
<p>Intégrer dans les documents d'urbanisme, en sus de la prise en compte des risques naturels actuels, leurs évolutions résultant des changements climatiques, notamment pour le risque inondation, de submersion marine et RGA.</p>	<p>Encadrer l'urbanisation des zones à risque en maîtrisant l'occupation du sol pour limiter ou interdire le développement dans des zones à risque élevé.</p>
	<p>Prévoir des règles justifiées relatives à la construction dans les zones soumises à un risque élevé.</p>
	<p>Maîtriser le ruissellement et plus généralement le risque inondation, en intégrant des mesures au règlement : protection des éléments limitant le ruissellement, obligation de mise à la côte des constructions par rapport à la voirie, profils en travers type, débit de pointe à ne pas dépasser, exigence de recul par rapport aux cours d'eau, majoration de la hauteur totale des constructions dès qu'une côte de seuil est imposée, emplacements réservés pour des ouvrages.</p>
<p>Maîtriser le risque RGA en intégrant des mesures au règlement : interdiction des sous-sols partiels, obligation de mise en place de dispositifs de récupération des eaux de ruissellement, rejets des eaux pluviales et usées dans le réseau collectif lorsque cela est possible (sinon prévoir une évacuation la plus éloignée possible de la construction), éloigner les arbres ou arbustes avides d'eau des constructions.</p>	

Limiter l'impact des vagues de chaleur dans le SCoT du Grand Albigeois (Tarn)

Le Projet d'Aménagement et de Développement Durable (PADD) du SCoT fixe pour ambition de « limiter la vulnérabilité du territoire, par une adaptation au changement climatique ». L'augmentation attendue du nombre et de l'intensité des vagues de chaleur, la récurrence des phénomènes d'îlots de chaleur urbain nécessite d'agir en faveur d'une amélioration réelle et rapide du confort thermique dans l'espace public et au sein des bâtiments.

Le Document d'Orientations et d'Objectifs vient préciser que les collectivités territoriales et les documents d'urbanisme locaux veillent à :

- préserver et développer les plantations d'arbres, les espaces verts et la végétalisation au sein des espaces urbains ;
- limiter l'imperméabilisation des sols ;
- préserver et développer la présence de l'eau au sein des espaces urbains ;
- favoriser le recours aux matériaux et aménagements favorables au renvoi de la chaleur et à la réduction des émissions de chaleur nocturne, dans le respect du patrimoine environnant ;
- prendre en compte l'objectif de confort thermique en amont de tout aménagement.

Pour aller plus loin : <https://www.grand-albigeois.fr/1367-le-scot-entre-en-revision.htm>

Définir un zonage « pluvial » contribuant à limiter le ruissellement des eaux pluviales et à terme modérer le risque d'inondation : l'exemple d'Angers Loire Métropole

La communauté urbaine d'Angers Loire Métropole a réalisé un zonage pluvial et l'a annexé à son PLUi. Celui-ci privilégie l'infiltration à la parcelle. Dans les secteurs urbains et à urbaniser, il définit, des mesures pour la gestion des eaux pluviales à mettre en place pour toute nouvelle surface imperméabilisée créée. Ces mesures sont d'ordre quantitatif, elles sont définies en fonction de l'analyse capacitaire des bassins-versants et varient selon la taille du projet (volumes de stockage, débits de fuites...). Ces mesures sont également d'ordre qualitatif en cas de modification de l'occupation du sol et en fonction de la superficie imperméabilisée (décantation, rétention des macros-déchets...). Le règlement du PLUi fait référence au zonage pluvial.

Pour aller plus loin sur le PLUi et la Gemapi : <https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/plui-gemapi-approche-integree-eau-planification> et le zonage pluvial : <https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/zonage-pluvial>

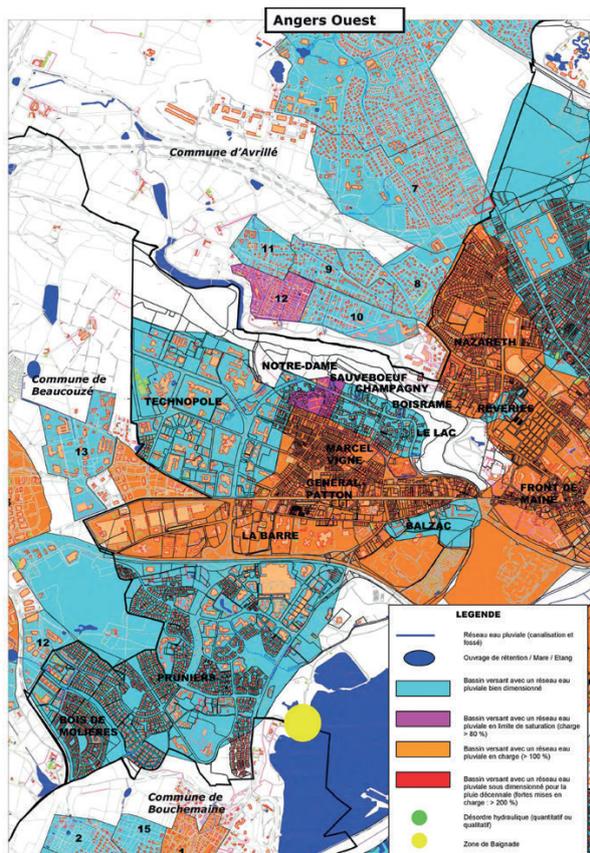


Figure 19: Cartographie du zonage pluvial d'Angers Loire Métropole (Source : Egis eau)

3/ Réduire la vulnérabilité du territoire et de la population en s'appuyant le plus souvent possible sur les solutions fondées sur la nature

En matière de prévention des risques naturels, et à la différence des risques technologiques, il est difficile d'empêcher les événements de se produire. Cela est d'autant plus vrai dans un contexte de changement climatique car l'inertie du système climatique implique que même si nous arrêtons totalement d'émettre des émissions de gaz à effet de serre aujourd'hui, le réchauffement se poursuivra encore pendant des décennies. Il est donc nécessaire de mettre en œuvre dès aujourd'hui des mesures de protection destinées à réduire les dommages associés aux risques naturels. Ces mesures peuvent s'inscrire dans le cadre de programmes d'actions institutionnalisés qui bénéficient d'aides financières, notamment dans le cadre de la gestion des risques inondations.

Mais même pour les autres risques et en l'absence de dispositifs réglementaires, les collectivités peuvent s'appuyer sur leurs compétences en matière d'aménagement pour agir et notamment déployer, le plus souvent possible, des solutions fondées sur la nature. Celles-ci constituent en effet des moyens efficaces de s'adapter au changement climatique tout en contribuant à la préservation de la biodiversité.

• Mieux concilier aménagement et prise en compte du risque d'inondation

Depuis le 1er janvier 2018, la compétence gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations (GEMAPI) est confiée aux établissements publics de coopération intercommunale, également en charge de l'urbanisme. La réforme concentre ainsi à l'échelle intercommunale des compétences précédemment morcelées.

A ce titre et en s'appuyant sur le dispositif des « programmes d'action pour la prévention des inondations » (PAPI)¹⁰, les collectivités peuvent concilier urbanisme et prévention des inondations par une meilleure intégration du risque d'inondation dans l'aménagement du territoire, notamment à travers les documents d'urbanisme et par la gestion des ouvrages de protection. Elles peuvent aussi mieux concilier urbanisme et gestion des milieux aquatiques en facilitant l'écoulement des eaux et en gérant des zones d'expansion des crues.

Cette nouvelle compétence vient compléter le dispositif de prévention du risque d'inondation existant à l'échelle des bassins et des bassins versants (voir figure 20).

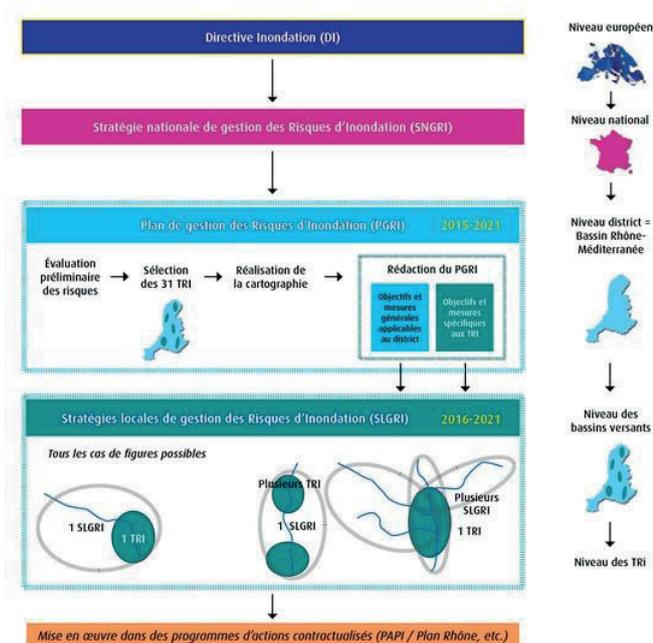


Figure 20: Dispositifs de gestion du risque inondations - illustration pour le bassin Rhône-Méditerranée. Les TRI sont des Territoires à risques importants d'inondation. <http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/gestion/inondations/contexteDI.php>

¹⁰ Outil de contractualisation entre l'État et les collectivités, le dispositif Papi permet la mise en oeuvre d'une politique globale des inondations, pensée à l'échelle du bassin de risque. Ces programmes labellisés ouvrent droit à une aide du fonds de prévention des risques naturels majeurs (aussi appelé fonds Barnier). Il est alimenté par un prélèvement sur les cotisations d'assurance habitation et d'assurance automobile. Le fonds a été mobilisé à hauteur de quelques 200 millions d'euros par an ces dernières années. Pour aller plus loin : https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Cahier-des-charges_PAPI-3.pdf

La compétence GEMAPI recouvre plus précisément :

- l'aménagement d'un bassin ou d'une fraction de bassin hydrographique (rétention, ralentissement, ressuyage de crues, restauration de champs d'expansion des crues, faucardage¹¹) ;
- l'entretien et l'aménagement d'un cours d'eau, lac ou plan d'eau, y compris les accès (entretien des berges, vidanges régulières et entretien des ouvrages hydrauliques du plan d'eau) ;
- la défense contre les inondations et contre la mer (entretien, gestion et surveillance des ouvrages de protection, études et travaux neufs sur l'implantation de nouveaux ouvrages, définition et régularisation administrative des systèmes d'endiguement) ;
- la protection et la restauration des sites, des écosystèmes aquatiques et des zones humides ainsi que des formations boisées riveraines (plan de gestion des milieux aquatiques, entretien, opération de renaturation, restauration des zones humides, continuité écologique, gestion du transport sédimentaire).

QUE RECOUVRE LA GEMAPI ?

Les missions relevant de la compétence Gemapi sont définies au 1^{er}, 2^e, 5^e, 8^e du I de l'article L. 211-7 du code de l'environnement.

Aménager un bassin hydrographique ou une fraction de bassin hydrographique, notamment les dispositifs de stockage dans les lacs réservoirs.



Entretien et aménagement un cours d'eau, canal, lac ou plan d'eau, y compris ses accès, pour des motifs d'intérêt général ou d'urgence, notamment en cas de carence généralisée des propriétaires riverains quant à leurs obligations d'entretien courant.

Assurer la défense contre les inondations et contre la mer, notamment par la construction et la gestion des digues.



Protéger et restaurer des sites, des écosystèmes aquatiques et des zones humides ainsi que des formations boisées riveraines, comprenant le rétablissement des continuités écologiques aquatiques.

Le volet prévention des inondations de la Gemapi s'appuie en particulier sur des actions de type aménagement de bassins versants et bien sûr défense contre les inondations et contre la mer et peut également mobiliser les autres types actions. Ainsi, le bon entretien des cours d'eau contribue à ce que les conséquences d'une crue ne soient pas aggravées par la présence d'embâcles.

Figure 21: Les missions relevant de la GEMAPI selon l'article L.211-7 du code de l'environnement. (Source : MTEs, <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/PLAQUETTE%20GEMAPI.pdf>)

Par ailleurs, dans le cadre de leurs compétences en matière d'aménagement et de gestion des eaux pluviales, les collectivités peuvent aussi mettre en œuvre des mesures pour :

- **Limiter l'imperméabilisation ou favoriser la (re)perméabilisation des sols en particulier en zone urbaine** lorsque des solutions et usages alternatifs le permettent et en ayant davantage recours aux Solutions fondées sur la Nature : privilégier l'utilisation de revêtements perméables, (recherche et développement sur sols drainants / projets pilotes démonstrateurs...), mise en place de végétal ;
- **Améliorer la gestion des eaux pluviales par des noues, des tranchées d'infiltration, des bassins de rétention, ou encore des zones tampons qui sont des alternatives au « tout tuyau ».** Ces techniques permettent de résorber les phénomènes d'inondation mais ont également un rôle de filtration des eaux polluées. Les solutions végétalisées ou semi-végétalisées peuvent, en outre, favoriser une certaine biodiversité. La mise en place de « zones tampons » comme les fossés, par exemple, permettent de minimiser les risques liés aux inondations.

Limiter le ruissellement par la plantation de haies - PAPI de la Lèze (31)

Au sud de Toulouse, la vallée de la Lèze est constituée de coteaux exploités en agriculture intensive. Sur ce bassin versant de 350 km², 300 km de haies ont été arrachés en 30 ans. Les versants sont exposés à des phénomènes récurrents d'inondation par coulées de boue dont le plus important a eu lieu en mai et juin 2007.

¹¹Faucardage : couper les herbes, roseaux qui poussent dans les fossés

Ce territoire est désormais couvert par le PAPI de la Lèze. Ce PAPI s'organise autour de 2 grands axes :

- 1) Informer et sensibiliser pour maintenir la culture du risque et mieux se préparer en cas de crue
 - site internet, bulletins d'informations, expositions, plaquettes, et autres actions de communication ;
 - pose de repères de crues pour conserver les niveaux atteints en 2000 ;
 - conduite à tenir face au risque ...
- 2) Aménager la vallée pour limiter le risque d'inondation
 - gestion de la végétation de la rivière ;
 - plantation de haies ;
 - zones de ralentissement dynamiques des crues ...

En s'appuyant sur ce dispositif, la commune de Saint-Sulpice-sur-Lèze a opté pour une classification de ses haies utiles en les identifiant en éléments de paysage à conserver. La commune avait perdu 2 200 mètres de haies entre 1980 et 2008. Elle a pu à la suite de la révision de son PPR commencer une politique de replantation. Fin 2010, 1 600 mètres de linéaires ont été mis en place limitant le phénomène de ruissellement.

Transformer une sablière en « jardin de pluie » pour améliorer la gestion des eaux pluviales à Bram (Aude)

Le village de Bram, localisé en plaine alluviale, est régulièrement soumis à des orages estivaux violents ou à de longues périodes de pluie à l'automne ou au printemps. Pour éviter de futures inondations, la collectivité s'est lancée dans un projet de construction de jardins de pluie.

La création de jardins de pluie est une approche « douce » de la gestion des eaux pluviales. Elle demande un niveau d'investissement accessible à la plupart des collectivités. Dans le cas présent, le coût du projet a été de 40 000 €.



*Construction du jardin de pluie à Bram dans l'Aude © Ademe -
Source : Valoriser les eaux pluviales en jardin de pluie*

En plus de leur fonction de jardin, les jardins de pluie ont pour fonction la gestion quantitative (stockage et infiltration) et qualitative des eaux pluviales qui repose sur le principe de bio-rétention. La bio-rétention s'appuie sur les processus naturels du cycle de l'eau en utilisant les propriétés physiques et biochimiques des plantes, des bactéries et des micro-organismes des sols.

Pour en savoir plus : <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/ademe-fiche-bram-print-web.pdf>

Aménagement de berges du fleuve Aude et de la rivière de l'Orbiel (Aude)

Crue de l'Aude, ruissellements, ou encore montée de la rivière Orbiel font de Trèbes une ville vulnérable au risque d'inondation. La ville a été particulièrement touchée par les inondations d'octobre 2018. Suite à ces événements, la ville a lancé plusieurs chantiers destinés à protéger ses habitants.

Des travaux ont été réalisés en partenariat avec VNF sur les berges de l'Orbiel. Ils ont permis la réouverture de l'ensemble des arches du pont canal afin de garantir la stabilité de l'ouvrage et un meilleur écoulement des eaux. Un curage des berges de la rivière pour faciliter son extension lors des épisodes de crues a également été effectué.

Les berges de l'Aude doivent également être réaménagées avec notamment la démolition de l'ancienne piscine municipale.

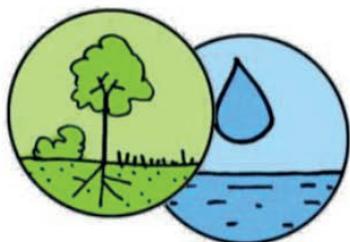


Travaux permettant la ré-ouverture de l'ensemble des arches du pont canal - © Ville de Trèbes

• Réduire la vulnérabilité au risque canicule à travers la lutte contre les îlots de chaleur urbain (ICU)

Les principales sources de rafraîchissement urbain sont les:

Solutions vertes (et bleues)



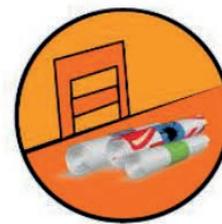
Services écosystémiques, nature en ville (végétal, eau)

Solutions grises



Infrastructures urbaines : revêtements, mobilier urbain, bâtiment, bâti

Solutions douces



Gestion et usages de la ville : services, mobilités, modes de vie...

Figure 22: Les différentes solutions de rafraîchissement urbain (Source : Ademe - https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/annexe3_fasicule.pdf) ©Bruno Daversin - PNC

Les solutions vertes et bleues : Favoriser la végétation et la place de l'eau dans les solutions d'aménagement

Plusieurs solutions de végétalisation sont possibles (sur bâti, toiture, arbustive, basse, etc.). Elles auront chacune des impacts différents en matière de rafraîchissement. Les arbres, par exemple, permettent de créer des zones de protection contre la chaleur par leur ombrage mais surtout ils contribuent au rafraîchissement grâce à l'évapotranspiration. Un arbre mature au sein d'une plantation d'arbres peut évaporer jusqu'à 450 litres d'eau par jour, ce qui rafraîchit autant que cinq climatiseurs fonctionnant 20 heures par jours. Selon les principes du bio-climatisme, il faudra veiller à choisir des espèces à feuillage caduque qui laisseront passer le rayonnement du soleil en hiver et protégeront de ce même rayonnement en été. Il faut aussi veiller à choisir les bonnes espèces végétales en fonction du contexte local.¹²

¹²Pour en savoir plus sur le rôle de l'arbre sur le climat urbain, voir Ademe Hauts-de-France, région Hauts-de-France, L'arbre en milieu urbain, acteur du climat en région Hauts-de-France, janvier 2018, <https://www.ademe.fr/larbre-milieu-urbain-acteur-climat-region-hauts-france-et-loutil-Arboclimat> <http://www.arbre-en-ville.fr/arboclimat/>

Voir aussi les résultats du projet Sésame réalisé par le Cerema avec la ville de Metz <https://www.cerema.fr/fr/actualites/sesame-projet-innovant-arbres-arbustes-urbains-adaptation-au>

Les bassins, plan d'eau ou certains aménagements urbains comme les noues peuvent également constituer des solutions intéressantes pour lutter contre l'ICU. Cependant plusieurs études ont montré que des surfaces en eau de petite taille ont tendance à stocker la chaleur pour réchauffer l'air pendant la nuit. Comme pour les solutions végétales, il faut donc être prudent dans les solutions proposées dont l'impact s'étudie au cas par cas.

Les solutions grises : Concevoir les infrastructures urbaines en anticipant l'effet d'ICU

Il s'agira de choisir le mobilier urbain, les matériaux et les revêtements les plus adaptés mais également de travailler à l'optimisation des formes urbaines. Par exemple, l'orientation des bâtiments en fonction du temps d'exposition au soleil, de la ventilation, du rafraîchissement naturel doit être réfléchi lors de la conception d'un quartier. Limiter les longueurs de façades, les hauteurs des bâtiments, peut permettre au vent de circuler en fonction des emplacements des bâtiments.

Les solutions douces : Modifier les usages et pratiques pour s'adapter aux canicules

On vise ici les modifications de pratiques individuelles ou collectives qui contribuent à réduire la vulnérabilité des habitants et usagers d'une ville (habillement, bons réflexes, modification des horaires d'ouverture des parcs, modification des horaires de travail) et lutter contre l'ICU (réduction du trafic en privilégiant les mobilités douces, meilleure gestion de la climatisation).

Concevoir un îlot de fraîcheur à travers un projet de parc urbain à Nîmes (Gard)

La reclassification des 14,5 hectares des anciennes Pépinières Pichon, situés au Sud de la ville de Nîmes, en parc urbain devrait débuter en 2020 et s'achever en 2022. Ce parc s'étendra du périphérique jusqu'à la gare ferroviaire en centre-ville. Composé de jardins, d'espaces récréatifs et d'une partie boisée, il sera complété par l'aménagement d'une diagonale verte permettant notamment les mobilités actives. Ce parc constituera un puits de fraîcheur pour les habitants de la ville et un lieu propice à la préservation de la biodiversité.

Les « cours d'école résilientes », l'exemple de la transformation des cours d'école en oasis ou îlots de fraîcheur à Paris (75)

La ville de Paris s'est lancée dans le programme « cours Oasis » depuis la rentrée scolaire 2018. Cette opération consiste à transformer les cours d'écoles et de collèges en oasis ou îlots de fraîcheur. Une trentaine de « cours Oasis » ont été réalisées en 2018-2019 et l'objectif est d'atteindre 100 % des 760 cours parisiennes à horizon 2040.

Pour chaque réaménagement, un cahier des charges minimal doit intégrer les solutions suivantes:

- remplacement des surfaces asphaltées par des matériaux innovants, perméables et adaptés aux fortes chaleurs, ainsi que des zones de pleine terre ;
- renforcement de la végétalisation : arbres, murs et toits végétalisés, jardins et potagers pédagogiques ;
- création de zones ombragées, végétales ou artificielles ;
- installation de fontaines et jeux d'eau.

Aujourd'hui, cette démarche se généralise auprès des collectivités avec la notion de « cours d'école résilientes ».

Végétation, plantation, pleine terre



Revêtements perméables, à fort albédo



Mobilier favorisant l'ombrage



Fontaine

Gestion des eaux pluviales



Mobilier urbain utilisés dans la mise en œuvre de cours d'école résilientes © Cerema

Pour en savoir plus : <https://www.cerema.fr/fr/actualites/cours-ecoles-resilientes-serie-webinaires-partager>

4/ Réduire la vulnérabilité de la population et des biens en adaptant le bâti

Les ouvrages de protection collectifs (comme les digues) ou bien les mesures d'aménagement prises pour limiter les impacts des risques naturels n'offrent pas une protection absolue aux citoyens. Si l'État et les communes ont des responsabilités pour réduire la vulnérabilité du territoire, des biens et des personnes au changement climatique, chacun doit prendre conscience que, à son niveau en tant que propriétaire, locataire, il peut contribuer à se protéger efficacement et diminuer sa propre vulnérabilité en adaptant son logement au changement climatique. Les collectivités peuvent également agir sur leur patrimoine bâti.

• Adapter le bâti au risque d'inondation

La première des règles est l'évitement c'est-à-dire ne pas construire en zone inondable. Si toutefois, par exception, les constructions sont autorisées par les documents de prévention des risques et d'urbanisme locaux, elles le sont sous des conditions strictes (voir [p. 31](#)).

En fonction du niveau de l'aléa, les règles de construction en zone inondable doivent viser les trois objectifs stratégiques suivants :

- « **éviter** » : positionner l'habitation hors d'atteinte d'eau ;
- « **résister** » : empêcher la pénétration de l'eau dans le bâtiment ;
- « **céder** » : laisser entrer l'eau dans le bâtiment et prendre toutes les dispositions nécessaires à la limitation de l'endommagement et la réduction du délai de retour à la normale.

Pour répondre à ces objectifs, différents dispositifs techniques sont mobilisables. Le batardeau, par exemple, est une cloison amovible équipée de joints étanches que l'on place devant les portes et fenêtres et qui protège des infiltrations d'eau (inondations de faible hauteur, ruissellements urbains). On peut également mettre en place un clapet anti-retour sur les canalisations.

Quelle que soit la stratégie choisie, il est également important de prévoir la mise en sécurité du bâtiment durant l'événement et un dispositif d'évacuation adapté.

Pour en savoir plus :

- le guide du CEPRI « Le bâtiment face à l'inondation » (https://www.cepri.net/tl_files/pdf/guidevulnerabilite.pdf)

- le site de géorisques : <https://www.georisques.gouv.fr/articles/preserver-son-habitation-de-linondation>

Construire un établissement de santé en zone inondable : l'oncopole à Toulouse (Haute-Garonne)

L'oncopole est un pôle de recherche sur le cancer de 565 000 m², situé sur le site de l'ex-usine AZF dont l'explosion est survenue en 2001.

La ZAC s'étend sur 170 hectares dont plus de 100 sont en zone verte inconstructible, zone qui contribue au stockage des eaux débordantes provenant des crues de la Garonne.

Pour la construction, une étude spécifique hydraulique a été menée. L'implantation des bâtiments suit le sens d'écoulement des eaux. Les bâtiments et accès sont hors d'eau ce qui est indispensable pour pouvoir évacuer le personnel et les malades en cas de crue.

L'institut universitaire est posé sur pilotis et toutes les parties techniques ont été positionnées au niveau le plus élevé afin d'assurer son fonctionnement même en temps de crue.



Vue aérienne de l'Oncopole et de la centrale solaire de l'Oncopole - © Haute-garonne.gouv.fr

• Améliorer le confort climatique dans les bâtiments

Pour limiter les effets des ICU dans les bâtiments, il convient de :

- **Appliquer les principes de l'architecture bioclimatique** : implantation du bâtiment en analysant la course du soleil, le bâti environnant, la végétation, les vents dominants et la topographie afin de favoriser l'apport de soleil en hiver et la fraîcheur en été ;
- **Choisir des matériaux adaptés** : matériaux à faible inertie thermique et de couleurs claires, et à albédo élevé ;
- **Mettre en place une ventilation naturelle, soit transversale, soit par tirage naturel ou sur-ventilation naturelle**. Pour connaître quel type de ventilation il est opportun de mettre en place, une étude aéraulique pourra être effectuée ;
- **Favoriser les toitures et murs végétalisés qui stockent l'énergie du soleil sans participer au réchauffement de l'atmosphère et du bâtiment**.

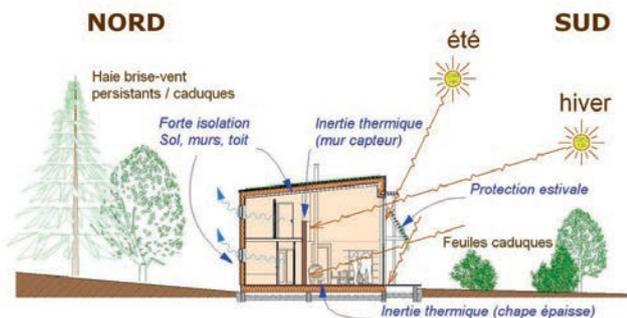


Figure 23: Architecture solaire et bioclimatique - Ecole spéciale d'Architecture à Paris - © Cours de Marc Vaye

Cool roofs : des peintures écologiques sur les toits pour lutter contre l'îlot de chaleur urbain

Le principe des « Cool Roffs » consiste à peindre les toits des bâtiments avec une peinture réfléchive afin de diminuer l'effet de chaleur en été et de réduire les déperditions thermiques en hiver. Cette technique est déjà utilisée dans plusieurs pays du monde dont les Etats-Unis où elle est obligatoire dans 20 Etats pour les toitures de plus de 1 000 m².



Toit à la peinture réfléchive et écologique © Flickr / Walmart Corporate

Toit à la peinture réfléchive et écologique ©Flickr / Walmart Corporate

En France des expérimentations ont été conduites à plusieurs endroits avec des résultats significatifs :

- Le E. Leclerc de Quimper : 175 tonnes de CO₂ économisées par an, 20 000€ d'économies de consommation électrique par an, 5 000 € d'économies de maintenance par an, pour un coût faible (moins de 20 €/m²), apportant une forte rentabilité ;
- Le gymnase Berlemont à Paris : +2°C en hiver dans le bâtiment et -2°C en été, améliorant le confort des usagers de manière significative.

Adapter un bâti existant à la chaleur : l'exemple du Muséum de Toulouse (Haute-Garonne)

La végétalisation, l'introduction de l'eau, l'isolation et la ventilation intérieure et extérieure sont les solutions mises en place par le Muséum de Toulouse pour lutter contre les îlots de chaleur. Le choix des matériaux et des couleurs a aussi permis d'augmenter l'albédo du lieu.

<https://www.museum.toulouse.fr/-/amenager-les-villes-pour-les-adapter-aux-hausses-de-temperatures>



Ombrière des Jardins du Muséum, Toulouse 2008 CC BY-SA Frédéric Ripoll, Muséum de Toulouse

Ombrière des Jardins du Muséum, Toulouse 2008 CC BY-SA ©Frédéric Ripoll, Muséum de Toulouse

Concevoir un bâtiment bioclimatique : École passive, à énergie positive à Saint-Antonin-Noble-Val (Tarn-et-Garonne)

L'école de Saint-Antonin-Noble-Val, implantée sur une surface de 1 251 m², se compose de deux bâtiments et de deux préaux.

Ces bâtiments bioclimatiques atteignent les performances de bâtiment à énergie positive (BEPOS).

Pour assurer une bonne inertie thermique, notamment face aux fortes chaleurs, certains murs intérieurs sont réalisés en béton de terre, et les bâtiments sont isolés avec de la ouate de cellulose et du métisse (coton recyclé). Des ouvrants sur toutes les façades permettent de créer des courants d'air et de rafraîchir le bâtiment la nuit en le mettant en dépression. Enfin, des protections solaires (stores et avancées de toit) complètent ce dispositif.

Ce projet a bénéficié de subventions TEPCv.

• Adapter le bâti au risque de retrait-gonflement des argiles

La construction sur des sols sensibles au phénomène de retrait-gonflement nécessite des méthodes et techniques spécifiques. Lors d'une construction neuve, la première étape consiste à réaliser une étude des sols pour identifier la nature et le type géologique du sous-sol afin de dimensionner et d'adapter le système de fondation de la construction future. Pour les sols présentant de l'argile, des essais en laboratoire permettront d'identifier précisément la sensibilité de ce dernier face au phénomène de retrait/gonflement.

La pratique de mesures simples lors de la construction initiale permet d'éviter de futurs sinistres et n'entraîne qu'un surcoût modéré, de 3 à 8 % du coût de la construction¹³.

¹³Géosciences n° 3 ; Vincent (2006)

Sur les sols argileux, en cas d'impacts avérés sur le bâti, il sera possible d'agir :

- sur les fondations : reprise en sous-œuvre pour approfondir le niveau de fondation par des micropieux, injections sous fondations, travaux spécifiques aux dallages, etc. ;
- sur la structure de l'habitation : renforcement par chaînage, rigidification de la structure, réalisation de joints de rupture, réparation des fissures ;
- sur l'environnement proche de l'habitation :
 - retirer, élaguer des arbres, couper les racines, poser des barrières anti-racines ;
 - collecter et évacuer les eaux de toiture, vérifier l'étanchéité des réseaux ;
 - poser un écran horizontal imperméable en périphérie des murs extérieurs ;
 - réaliser un drainage périphérique.

Effets de la sécheresse sur les maisons individuelles et solutions de remédiation et d'adaptation au changement climatique : La solution MACH (maison confortée par humidification)

MACH est une expérimentation grandeur nature lancée par le Cerema, depuis fin 2016, pour développer une solution innovante et écologique pour le confortement des maisons individuelles affectées par la sécheresse.

Le principe de cette solution est de réaliser des humidifications contrôlées du sol de fondation pendant la période de sécheresse avec les eaux de pluie, récupérées et stockées en amont.

L'objectif est d'essayer de maîtriser la propagation des fissures existantes et d'empêcher l'amorce et la propagation de nouvelles fissures.

Source :

<https://www.adaptation-changement-climatique.fr/centre-ressources/projet-mach-maison-confortee-humidification>



*Mise en oeuvre de la solution MACH sur pavillon individuelle
- Credit Photo: Ighil Ameur - Cerema 2020*





Mémo

Ressources pour élaborer
une stratégie d'adaptation
sur mon territoire

Acteurs

Les services déconcentrés de l'État (DREAL, DDT), le RDI (Référént départemental Inondation).

Les acteurs de l'eau, les Établissements Publics Territoriaux de bassin (EPTB), les Établissements Publics d'Aménagement et de Gestion des Eaux (EPAGE), les Agences de l'eau.

Les chambres consulaires : chambre du commerce et de l'industrie, chambre d'agriculture, chambre d'artisanat.

Les opérateurs et les gestionnaires de réseau, réseau de télécommunication ; les réseaux électriques, les systèmes de transport, les infrastructures de gestion des eaux usées et de l'eau potable.

Les organismes techniques : BRGM, IFSTTAR, Cerema.

Pour aller plus loin Inondation

UICN, Les Solutions fondées sur la Nature pour les risques liés à l'eau en France, décembre 2019, 35 p.

<https://uicn.fr/les-solutions-fondees-sur-la-nature-risques-eau/>

Cerema, Réduire la vulnérabilité des territoires aux inondations, Premiers exemples de réalisation, 2018, 56 p.

<https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/reduire-vulnerabilite-territoires-aux-inondations>

Aua/T, Le développement d'une gestion alternative des eaux pluviales, Un atout pour la ville, 2016

<https://www.aua-toulouse.org/le-developpement-dune-gestion-alternative-des-eaux-pluviales-un-atout-pour-la-ville/>

Comité de Bassin Rhône Méditerranée, Guide technique du SDAGE, Vers la ville perméable – Comment désimpermeabiliser les sols ?, mars 2017, 64 p.

<https://www.eaurmc.fr/upload/docs/application/pdf/2017-05/2017-guide-ville-permeable.pdf>

CEPRI, Guide technique sur l'intégration du risque inondations dans les PLU, avril 2019, 37 p.

<http://www.cepri.net/actualites/items/un-nouveau-guide-du-cepri-sur-lintegration-du-risque-dinondation-dans-les-plui.html>

Cerema/AdCF, Guide PLU et GEMAPI, Vers une approche intégrée de l'eau dans la planification, mars 2020, 92 p.

<https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/plui-gemapi-approche-integree-eau-planification>

Observatoire des risques naturels Occitanie

<http://www.laregion-risquesnaturels.fr/212-risques-en-lr.htm>

Pour aller plus loin RGA

ADEME, Étude prospective sur les impacts du changement climatique pour le bâtiment à l'horizon 2030 à 2050, janvier 2015, 110 p.

https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/prospectiveimpacts_changement_climatiquebatiment.pdf

Mission Risques Naturels, Sécheresse Géotechnique - De la connaissance de l'aléa à l'analyse de l'endommagement du bâti, décembre 2018, 36 p.

https://www.mrn.asso.fr/wp-content/uploads/2019/01/21-01-2018_rapport-mrn_secheresse-2018.pdf

S.GOURDIER et E.PLAT (BRGM), Impact du changement climatique sur la sinistralité due au retrait-gonflement des argiles, 2018, 9 p.

<https://hal-brgm.archives-ouvertes.fr/hal-01768395/document>

IFSTTAR, Retrait et gonflement des argiles – Analyse et traitement des désordres créés par la sécheresse Guide 3, 2017, 61 p.

https://www.ifsttar.fr/fileadmin/user_upload/editions/ifsttar/guidetechnique/2017-GTI4.3-guidetechnique-ifsttar.pdf

Pour aller plus loin ICU,

Aua/T, Perspectives Villes, Quels leviers pour réduire l'îlot de chaleur urbain, 2017, 8 p.

<http://www.aua-toulouse.org/sites/www.aua-toulouse.org/IMG/pdf/pv8p-icu-v2light.pdf>

Les îlots de chaleur sous surveillance, oct. 2019, 2 p.

ADEME, Aménager avec la nature en ville, 2018, 100 p.

<https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/amenager-avec-la-nature-en-ville-010658.pdf>

Guide Réduire l'îlot de chaleur urbain, 2012, 69 p.

<https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide-lutte-effet-ilot-chaleur-urbain.pdf>

Solutions de rafraîchissement urbain, journée technique, 27 juin 2017

https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/annexe3_fascicule.pdf

Cerema, Dossier de presse Canicule : îlots de chaleur, nature en ville, planification de l'aménagement urbain, 2019, 16 p.

<https://www.cerema.fr/system/files/documents/2019/07/dpclimat-1.pdf>

AGAM, Chaud dehors ! De la fraîcheur face aux îlots de chaleur urbains, 2018, 12 p.

<https://www.agam.org/chaud-dehors-de-la-fraicheur-face-aux-ilots-de-chaleur-urbains/>

Références réglementaires

Pour en savoir plus sur la réglementation et la gestion des risques naturels en France :

<https://www.georisques.gouv.fr/>

<https://www.gouvernement.fr/risques/risques-naturels>

<http://www.occitanie.developpement-durable.gouv.fr/risques-naturels-r7831.html>

Pour en savoir plus sur la GEMAPI :

<https://www.ecologie.gouv.fr/gestion-des-milieux-aquatiques-et-prevention-des-inondations-gemapi>

Directeur de publication : Patrick BERG

Rédacteurs CEREMA : Géraldine BUR, Pierre LAINÉ

Coordinateurs DREAL : Anne DUCRUEZET, Myriam DUCASSE

Contributeurs DDT (M) : Alexis MARTIN et Marie-Hélène VAN-MIEGHEM (DDT Ariège),
Sophie GELLE (DDTM Aude), Gilbert PORTAL et Carine RUDELLE (DDT Aveyron),
Laurent MANN (DDT Haute-Garonne), Claire PORTET (DDT Tarn-et-Garonne).

Conception graphique : Cerema

Crédits photos : Cam James, Florian Giorgio de Unsplash, Pixabay

Édition : juillet 2021

Nous tenons à remercier l'ensemble des contributeurs des Directions départementales des territoires et de la mer, ainsi que pour leur expertise technique et leurs relectures les services métier de la Direction de l'agriculture, de l'alimentation et de la forêt d'Occitanie, de la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement d'Occitanie et du Cerema.

Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement d'Occitanie

1, rue de la cité administrative - Bât G - CS 80 002

31074 Toulouse cedex 9

Tél. : 05 61 58 50 00 - Fax : 05 61 58 54 48

www.occitanie.developpement-durable.gouv.fr/