

ECOTRACC

EXPOSITION AU CHANGEMENT
CLIMATIQUE - VOLET BÂTIMENTS

MARS 2024

ÉDITO



**Cristhian Andres
MOLINA CALDERON**
OJD

L'année 2023 est devenue la plus chaude jamais enregistrée depuis le début de l'ère préindustrielle, avec une anomalie de la température globale moyenne de l'atmosphère de +1,45 °C. Ce chiffre, dans un contexte où l'Accord de Paris fixe comme objectif de limiter à +2 °C l'augmentation de la température pour la fin du siècle, est un indicateur clair de l'échec de la politique globale de lutte contre le changement climatique et un appel à une action urgente en matière d'adaptation.

L'Europe, et en particulier la France, se réchauffent à un rythme plus rapide que la moyenne mondiale. Le GIEC et Météo France estiment que, tandis que la planète se dirige vers une augmentation de +3 °C à la fin du siècle, la France pourrait atteindre les +4 °C. Cette trajectoire révèle un besoin absolu et intemporel d'efforts pour réduire les vulnérabilités et adapter le pays au changement climatique.

Dans une France à +4 °C, le secteur du bâtiment est particulièrement à risque ; exacerbées par le phénomène d'îlots de chaleur, l'intensité et la fréquence des vagues de chaleur seront plus importantes. **Les bâtiments deviendront inconfortables, voire inhabitables.** Les périodes de sécheresse seront plus longues, récurrentes et intenses et s'étendront sur tout le territoire français. Cela affectera non seulement la disponibilité de l'eau, mais aussi le cycle de l'eau dans son ensemble. Le manque d'humidité du sol alterné avec des pluies intenses est propice à l'apparition du phénomène de retrait-gonflement des argiles [RGA]. Le RGA compromet lentement la structure des bâtiments, principalement les maisons individuelles, provoquant à long terme l'effondrement du bâtiment.

La sécheresse de l'atmosphère et les longues périodes de sécheresse modifieront les forêts en zones sèches plus susceptibles de propager le feu, un danger latent dans les zones suburbaines. Les précipitations seront moins fréquentes mais également plus intenses. L'accumulation de ces épisodes provoquera des inondations de plus en plus importantes pouvant aller jusqu'à la perte du bâtiment, en particulier dans les zones fortement imperméabilisées.

Dans ce contexte critique, **la planification et la gestion à long terme sont impératives pour le secteur du bâtiment.** C'est pourquoi l'Observatoire de l'immobilier durable [OID] participe en collaboration avec l'Institut de l'Économie pour le Climat [I4CE] à une étude visant à objectiver les implications économiques de la mise en œuvre de trajectoires d'adaptation pour le secteur du bâtiment.

Cette étude est cruciale pour comprendre le niveau d'exposition auquel les bâtiments seront confrontés. Elle s'appuie sur les scénarios de réchauffement proposés pour la définition de la trajectoire de référence d'adaptation au changement climatique [TRACC] et permet d'apporter des premiers éléments de réponse à la question : Comment la France doit-elle s'adapter dans une trajectoire à +4°C à la fin du siècle?

Ces éléments sont également essentiels pour renseigner les mesures immédiates qui pourraient être mises en œuvre dans le cadre du **troisième Plan national d'adaptation au changement climatique [PNACC-3]**.

QUELLES CONSÉQUENCES D'UN RÉCHAUFFEMENT DE + 4°C EN FRANCE , POUR LES BÂTIMENTS ?

RÉSUMÉ POUR DÉCIDEURS



Vagues de chaleur et îlots de chaleur urbains

- La quasi-totalité du territoire sera fortement ou très fortement exposée à l'aléa vague de chaleur à l'exception des zones de hautes montagnes, et de l'extrême nord-ouest.
- Même les villes majoritairement faiblement à moyennement exposées à +2°C, deviendront très fortement exposées (Caen, Le Havre, Calais, Dunkerque...).



Sécheresse et retrait-gonflement des argiles (RGA)

- Il sera observé une intensification majeure du phénomène de RGA, une très forte exposition concernera les 2/3 du territoire (comparé à 12% pour un réchauffement à +2°C). Il s'agit de l'aléa dont l'exposition est la plus sensible au réchauffement avec de fortes disparités observées.
- L'exposition à cet aléa présentera une forte disparité géographique. Moins de la moitié de la Bretagne sera très fortement exposée.



Feux de forêt

- Autrefois concentrée dans le sud de la France (80% des zones méditerranéennes sont classées à une exposition très forte ou exceptionnelle) , une exposition supérieure à moyenne aux feux de forêts concernera près de la moitié du territoire.
- Les zones rurales et suburbaines seront particulièrement concernées avec 63 % des bâtiments ruraux exposés à des niveaux supérieurs à moyens.



Inondation par évènements extrêmes de pluie

- Le nord de la France (Normandie et Hauts-de-France) et l'est (Grand-Est) seront les plus fortement exposées à cet aléa avec respectivement 52 et 56% des surfaces concernées par une exposition très forte. Une forte disparité géographique pourra être observée puisque ce niveau d'exposition ne concernera que 31% de la Bretagne.
- En milieu urbain, plus de la moitié des surfaces seront très fortement exposées.



* Dans ce résumé, les niveaux d'exposition aux feux de forêt très fort et exceptionnels sont évalués conjointement.

Niveau d'exposition du parc immobilier français à +4°C



Très faible



Faible



Moyen



Fort



Très fort

SOMMAIRE



| | |
|---|-----------|
| ÉDITO | 2 |
| RÉSUMÉ POUR DÉCIDEURS..... | 3 |
| SOMMAIRE | 4 |
| INTRODUCTION..... | 5 |
| Changement climatique : | |
| L'inaction impensable, l'atténuation et l'adaptation incontournables..... | 5 |
| Contexte de l'étude : | |
| Evaluation économique des trajectoires de réchauffement de référence | |
| EcoTRACC..... | 6 |
| Evaluation de l'exposition aux aléas climatiques du parc de bâtiments en | |
| France hexagonale..... | 6 |
| MÉTHODOLOGIE..... | 7 |
| EXPOSITION DU PARC IMMOBILIER AUX ALÉAS CLIMATIQUES..... | 8 |
| Vagues de chaleur et îlots de chaleur urbains..... | 8 |
| Bilan de l'exposition face aux vagues de chaleur et ICU | |
| Sécheresse et retrait et gonflement des argiles (RGA)..... | 10 |
| Bilan de l'exposition à l'aléa face au sécheresse et retrait-gonflement des argiles | |
| Feux de forêt..... | 11 |
| Bilan de l'exposition à l'aléa feux de forêt | |
| Inondations par événements extrêmes de pluie..... | 13 |
| Bilan de l'exposition à l'aléa inondation par événements extrêmes de pluie | |
| CONCLUSION | 16 |
| LIMITES ET PERSPECTIVES | 16 |
| BIBLIOGRAPHIE | 17 |
| REMERCIEMENTS..... | 17 |
| À PROPOS | 18 |
| MEMBRES..... | 18 |
| PARTENAIRES | 18 |

INTRODUCTION

CHANGEMENT CLIMATIQUE : L'INACTION IMPENSABLE, L'ATTENUATION ET L'ADAPTATION INCONTOURNABLES

L'année 2023 sonne une fois de plus l'alarme, **l'inaction face au changement climatique est devenue impensable**. Avec une température moyenne mondiale de $+1,45 \pm 0,12^\circ\text{C}$ par rapport à l'ère préindustrielle, 2023 s'est hissée au rang d'année la plus chaude jamais enregistrée selon l'Organisation météorologique mondiale [OMM] et l'agence européenne Copernicus (WMO, 2024).

Des vagues de chaleur records en Europe et en Australie, des incendies dévastateurs au Canada et en Grèce, des inondations impitoyables au Pakistan et en Libye, des ouragans d'une puissance inouïe au Mexique et des sécheresses extrêmes en Amazonie ont marqué le paysage de l'année écoulée. **Le changement climatique s'intensifie, provoquant des événements extrêmes plus fréquents et intenses.**

Selon le Ministère de la Transition écologique (2023), le constat est clair : les effets du changement climatique se font déjà sentir, d'où la nécessité de renforcer l'adaptation. De nombreux secteurs seront touchés, certains gravement comme le bâtiment.

Face à ces événements catastrophiques, l'inaction n'est plus une option. **En France, le coût de l'inaction représentera 7 points de PIB annuels à la fin du siècle** (ADEME, 2023).

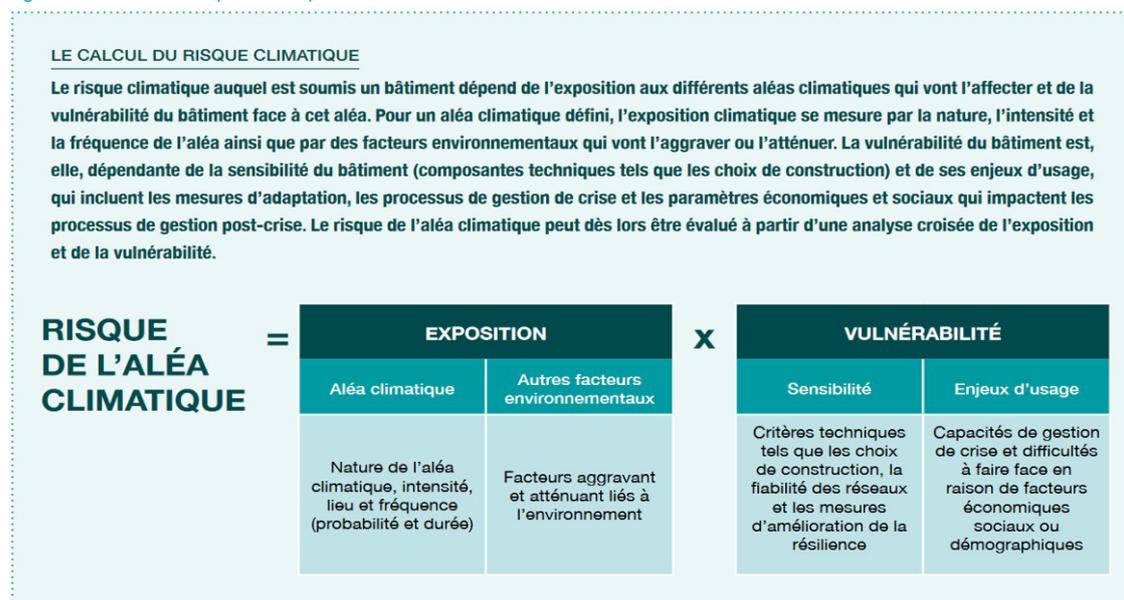
Le secteur immobilier est déjà très impacté et les bâtiments devraient subir plus de dégâts : le montant moyen des sinistres liés aux catastrophes naturelles de 2,4 milliards d'euros

par an sur la période 1989-2019 pourrait passer à 4,6 milliards d'euros par an entre 2020 et 2050 (FranceStrategie, 2023).

Devant l'urgence climatique, la mobilisation s'intensifie. L'Accord de Paris de 2015 vise à limiter le réchauffement climatique mondial moyen bien en dessous de $+2^\circ\text{C}$. A cet effet, la France s'est engagée à atteindre la neutralité carbone d'ici 2050. Sa Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) constitue la feuille de route pour une transition vers une économie bas carbone. Cependant, le rapport du GIEC de 2023 montre une augmentation continue des émissions entre 2010 et 2019, avec une reprise en 2021 et 2022. Le Haut Conseil pour le Climat, dans son premier rapport publié en 2019, conclut que **la France n'est pas sur une trajectoire d'émissions de gaz à effet de serre compatible avec ses engagements internationaux**. Malgré une réduction record des émissions de gaz à effet de serre, ($-9,6\%$ depuis 2017), les efforts sont insuffisants pour atteindre les objectifs fixés.

Parallèlement à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, les actions pour réduire la vulnérabilité face au changement climatique sont cruciales. **Il s'agit de se préparer et d'anticiper les risques pour minimiser leurs impacts**. L'atténuation et l'adaptation au changement climatique doivent être impérativement intégrée de manière conjointes dans chaque décision prise au sein du secteur du bâtiment.

Fig n° 1. Le calcul du risque climatique



CONTEXTE DE L'ETUDE : ÉVALUATION ECONOMIQUE DES TRAJECTOIRES DE RECHAUFFEMENT DE REFERENCE - ECOTRACC

Le Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires a annoncé fin janvier 2023 la nécessité de se doter d'une **trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique [TRACC]**.

Définie à partir de scénarios optimistes et pessimistes, elle servira de référence à toutes les actions d'adaptation au changement climatique menées en France. Elle permettra de calibrer et d'harmoniser l'ampleur de ces dispositifs et de les décliner localement.

Le présent rapport s'inscrit dans le cadre du projet « *Évaluation économique des trajectoires de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique – [EcoTRACC]* », mené par l'institut de l'économie pour le climat [I4CE] dont l'objectif est d'apporter des éléments de compréhension, tant aux discussions ministérielles qu'au débat public, sur les conséquences économiques et en termes de finances publiques des impacts du changement climatique et des besoins d'adaptation de la France selon différents scénarios de réchauffement TRACC.

Ce travail permettra de contribuer à enrichir les discussions autour du PNACC-3 qui devra comporter des actions concrètes découlant de la TRACC. L'étude se focalise sur

DEUX TRAJECTOIRES ONT ÉTÉ DÉFINIES, S'APPUYANT SUR LES TRAVAUX DU GIEC

Scénario 1 (optimiste):

+1,5°C GWL en 2100 soit +2°C en France hexagonale.

Aligné sur l'Accord de Paris, ce scénario correspond au respect au niveau mondial de l'objectif de réduction des émissions le plus ambitieux.

Scénario 2 (pessimiste):

+3°C GWL en 2100 soit +4°C en France hexagonale.

Reflétant la tendance, ce scénario correspond à la poursuite des politiques actuelles sans mesures supplémentaires.

les secteurs de l'agriculture, les infrastructures de transport terrestre et du bâtiment. Dans chaque secteur, des analyses conjointes sont réalisées avec des partenaires techniques sous la coordination de l'I4CE. L'OID est responsable **d'évaluer l'exposition sur le volet bâtiment**. Le présent rapport présente la synthèse des résultats de cette évaluation.

Un premier rapport I4CE issu de ces travaux sera publié fin mars 2024.

EVALUATION DE L'EXPOSITION AUX ALEAS CLIMATIQUES DU PARC DE BATIMENTS EN FRANCE HEXAGONALE

L'étude porte spécifiquement sur les aléas suivants :

1. Vague de chaleur et îlots de chaleur urbains



2. Sécheresses et retrait gonflement des argiles



3. Feux de forêt



4. Inondations par événements extrêmes de pluie



Cette étude détermine la surface (*exprimé en m² d'emprise au sol*) de bâtiments exposé à un ou plusieurs aléas climatiques à l'échelle de la France hexagonale pour la trajectoire de réchauffement de référence (TRACC) à **+2° C (en 2030), +2,7° C (en 2050) et +4° C (en 2100)**.

Son objectif est double : modéliser le niveau d'exposition aux aléas sur le territoire et répartir le parc des bâtiments par expositions pour la France hexagonale selon les scénarios TRACC.

Note: La dynamique côtière n'est pas évaluée en raison du manque d'informations disponibles pour la France hexagonale et de l'absence de modèles prospectifs liés à la TRACC ou aux scénarios RCP ou SSPS du GIEC.

METHODOLOGIE

PHASE 1 : MODÉLISATION DES NIVEAUX D'EXPOSITION À L'AIDE DES PROJECTIONS CLIMATIQUES ET DONNÉES TERRITORIALES EXISTANTES.

L'outil Bat-ADAPT de l'Observatoire de l'Immobilier Durable (OID) est utilisé pour analyser l'exposition du parc immobilier de la France hexagonale aux quatre aléas mentionnés.

Il utilise des données de localisation et des projections climatiques régionalisées. Les analyses d'exposition aux aléas climatiques sont basées sur la spécificité de chaque phénomène.

Les niveaux d'exposition correspondent à des croisements entre des **indicateurs climatiques prospectifs** (*projection du risque climatique pour différents niveaux de réchauffement*) et des **indicateurs territoriaux non prospectifs** (*existence connue de certains paramètres du contexte territorial relatifs au risque étudié, à date*) en fonction de la localisation.

Dans cette analyse, est évaluée la surface construite (en m²) soumise aux différents niveaux d'exposition, en fonction de la typologie des bâtiments : logements collectifs, maisons individuelles, petits tertiaires et grands tertiaires.

PHASE 2. ANALYSE D'EXPOSITION AUX ALÉAS CLIMATIQUES DU PARC IMMOBILIER POUR LES NIVEAUX DE RÉCHAUFFEMENT DE LA FRANCE +2°C, +2,7°C ET +4°C.

CORRESPONDANCE ENTRE LES SCÉNARIOS RCP ET LA TRACC

Ce projet ayant été réalisé avant la mise à disposition des données sur le niveau de réchauffement sur le portail DRIAS, a réalisé un travail en concertation avec Météo France afin de rapprocher les scénarios de forçage radiatif (RCP) des niveaux de réchauffement à l'échelle mondiale (GWL) et en France (FWL). Cf. Tableau 1.

| Scenario GIEC | Horizon | Monde - GWL | France - FWL | France DRIAS 2020 |
|---------------------|-------------|-------------|--------------|-------------------|
| RCP 8.5 - proche | 2021 - 2050 | + 1,5°C | + 2° C | + 2,1° C |
| RCP 8.5 - moyen | 2041 - 2070 | + 2°C | + 2,7° C | + 2,7° C |
| RCP 8.5 - lointaine | 2071 - 2100 | + 3°C | + 4° C | + 4,5° C |

Tableau 1. Correspondance scenarios GIEC et FWL

I. EXPOSITION DU PARC IMMOBILIER AUX ALÉAS CLIMATIQUES

1. VAGUES DE CHALEUR ET ÎLOTS DE CHALEUR URBAINS



Les vagues de chaleur correspondent à des températures diurnes et nocturnes exceptionnellement élevées pendant plusieurs jours consécutifs par rapport aux moyennes saisonnières. Météo-France (2023)

les identifie à partir de l'indicateur thermique national supérieur ou égal à 25,3°C pendant au moins un jour et supérieur ou égal à 23,4°C pendant au moins trois jours.

Les vagues de chaleur diminuent le confort thermique et augmentent le risque de maladies liées à la chaleur, en particulier chez les populations vulnérables (OMS, 2023). La qualité de l'air se dégrade avec la formation d'ozone troposphérique, ce qui aggrave les problèmes respiratoires (EEA, 2023). La mortalité et la morbidité liées aux maladies cardio-respiratoires augmentent, ainsi que le risque de déshydratation (Santé Publique, 2020).

Ces effets s'accroissent en présence du phénomène d'îlot de chaleur urbain (ICU), qui désigne des zones urbaines où les températures sont plus élevées que celles des zones rurales environnantes. Cet écart a pour origine la concentration de bâtiments, les revêtements de sol imperméables, le manque de végétation et l'émission de chaleur par les activités humaines. Ces éléments contribuent à l'accumulation et à la rétention

de chaleur, créant des microclimats urbains plus chauds.

Le Projet MAPUCE, coordonné par le CNRM, met en évidence l'impact significatif des îlots de chaleur urbains (ICU) sur la performance des bâtiments urbains. **Il met à disposition des cartes et des simulations relatives aux variations de température en tenant compte des îlots de chaleur urbains dans 43 villes françaises.** Une climatisation plus intensive augmente la demande énergétique et les coûts opérationnels. Ces conditions peuvent accélérer la dégradation des matériaux, réduire l'efficacité énergétique des systèmes, et augmenter le risque de pannes électriques.

Dans ce contexte, l'exposition du parc immobilier à l'aléa vague de chaleur a été calculée grâce aux deux indicateurs :

- **Indicateur prospectif** : Le degré-jour de climatisation (NORCDD) – DRIAS, qui prend en compte l'intensité de la chaleur dans le bâtiment grâce à son évaluation du cumul de dépassement du seuil de 18°C de la température médiane, permet, sur la période d'analyse, le calcul des besoins de climatisation d'un bâtiment.
- **Indicateur non prospectif** : Le nombre de degrés additionnels dus à l'effet de l'ICU provenant du projet MAPUCE.

Les seuils par niveau d'intensité et le couplage entre ces informations ont été effectués selon la matrice suivante :

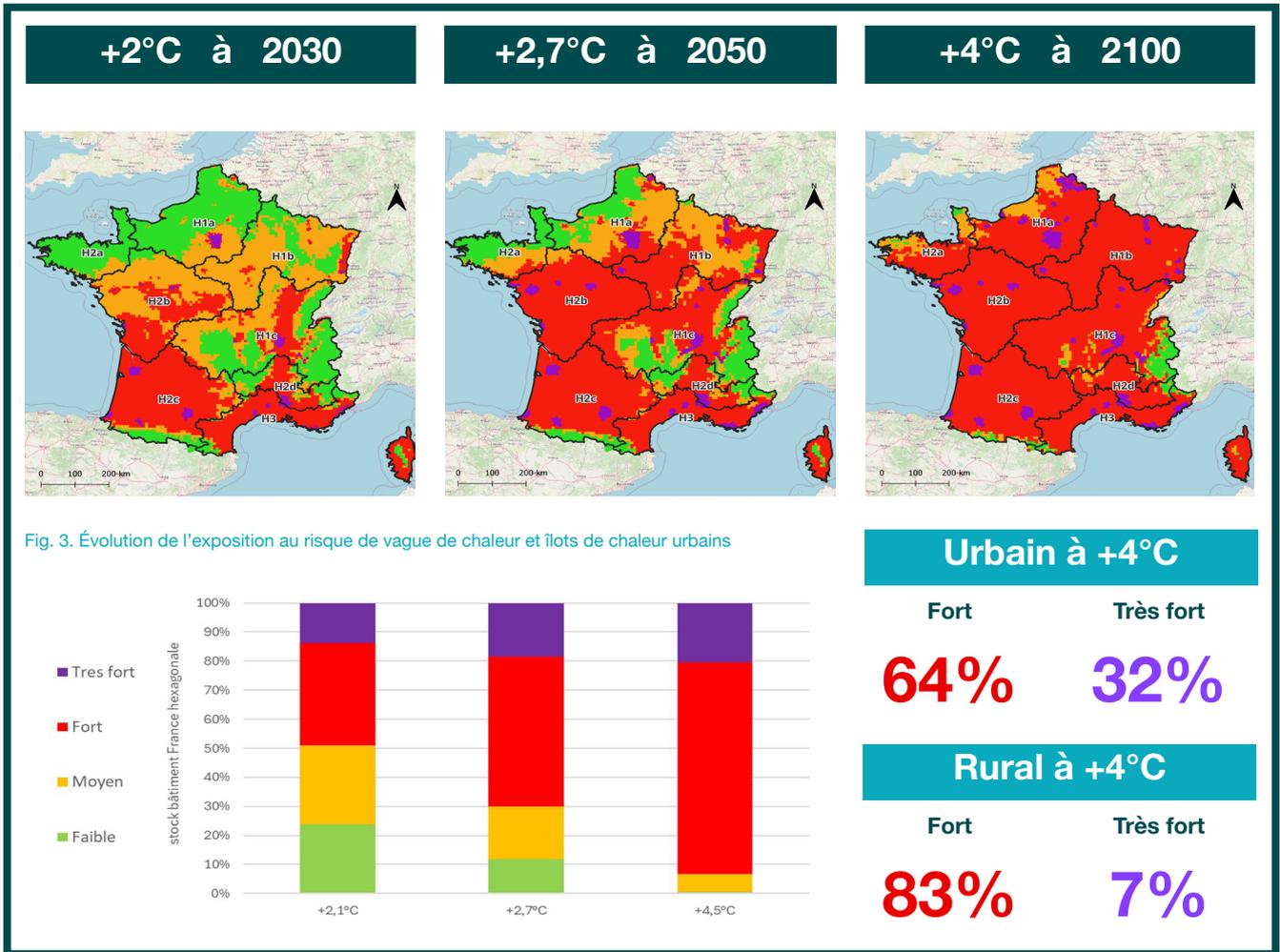
| | ICU - faible Inexistante ou non data | ICU - moyen 0°C à 2°C | ICU - fort > 2°C |
|----------------------------|---|--------------------------|---------------------|
| CDD - [0 ;199] Faible | Faible | Moyen | Fort |
| CDD -]199 ; 308] Moyen | Moyen | Fort | Très fort |
| CDD - >308 Fort | Fort | Très fort | Très fort |

Tableau 2. Matrice d'exposition vague de chaleur et îlots de chaleur urbains EcoTRACC.

Les surfaces de bâtiments en France hexagonale ont été réparties selon leur emplacement et région climatique, dans 4 niveaux d'exposition de la matrice ci-dessus.

Les figures 2 et 3 montrent l'évolution de l'exposition à l'aléa vague de chaleur et ICU pour le parc bâti en France hexagonale pour +2°C, +2,7°C et +4°C .

Fig n° 2. Évolution du niveau d'exposition au risque de vague de chaleur et îlots de chaleur urbains.



© OID 2024

Bilan de l'exposition face aux vagues de chaleur et ICU

L'exposition aux vagues de chaleur augmente sur l'ensemble du territoire hexagonal français quelque soit le niveau de réchauffement considéré, à l'exception des zones de haute montagne qui demeurent faiblement exposées aux vagues de chaleur. **Dans un scénario de +4°C, une exposition forte à très forte concerne près de 90% de l'hexagone.** L'exposition très forte est principalement concentrée dans les zones urbaines denses, en raison de l'effet cumulatif de la chaleur et des effets des îlots de chaleur urbain.

À mesure que la température augmente, la proportion de bâtiments à exposition forte et très forte devient bien plus importante. Alors que dans le scénario de +2°C, près de la moitié du parc immobilier est considérée à exposition forte ou très forte, cette proportion atteint les trois quarts du parc à +2,7°C (70%) et presque la totalité (93%) à +4°C. En revanche, la proportion de surfaces dans la catégorie «exposition faible» ne dépasse pas 1% pour ce niveau de réchauffement.

Le volume du parc immobilier est plus important dans les zones urbaines en raison de la concentration des activités dans les villes, ce qui expose davantage de bâtiments. Ces zones urbaines sont beaucoup plus vulnérables aux effets des températures élevées et des îlots de chaleur urbains (ICU). **Pour une trajectoire dépassant les 4°C, 96% du parc urbain est exposé à des niveaux fort ou très fort.**

Les effets de la chaleur ne sont pas non plus négligeables en milieu rural, 83% des bâtiments ruraux seront exposés à un niveau élevé pour un réchauffement de +4°C.

2. SÉCHERESSE ET RETRAIT ET GONFLEMENT DES ARGILES (RGA)



Le GIEC (2014) définit la **sécheresse** comme des périodes prolongées de déficits d'eau, entraînant une baisse du niveau des eaux souterraines, des rivières et des lacs, ainsi qu'une réduction de l'humidité du

sol. Le BRGM en 2020 signale que **le risque de sécheresse pour le bâtiment réside dans le fait d'être soumis au phénomène de retrait et gonflement des argiles [RGA]**. Les RGA sont dû à l'alternance entre des périodes de sécheresse importantes et des épisodes pluvieux.

Les sécheresses qui causent une augmentation des risques RGA pour le bâtiment ne sont pas celles qui sont de nature météorologique mais celles relatives à la **variation de l'humidité des sols**. Elles ont pour conséquence la contraction des argiles pendant les périodes de sécheresse, suivi de leur expansion lors des épisodes pluvieux. Ce phénomène affaiblit la structure et les fondations des bâtiments.

Afin de calculer l'évolution de l'exposition du parc immobilier

à l'aléa sécheresse et RGA, les deux indicateurs choisis sont :

- **Indicateur prospectif** : Le ratio de temps passé en sécheresse des sols (NORTPSSWI) – DRIAS, met en évidence la durée et l'intensité de la sécheresse des sols, en fonction de l'indicateur d'humidité du sol SWI. Le sol est considéré en condition de sécheresse lorsque l'indicateur SWI est inférieur à -1,28, seuil correspondant à une durée de retour de sécheresse de 10 ans.
- **Indicateur non prospectif** : Risque de retrait et gonflement des argiles (RGA) – BRGM, disponible sur la plateforme Géorisques, correspond à la cartographie de l'exposition du sol au phénomène de RGA. Il permet de préciser les zones sujettes à un risque de retrait et gonflement des argiles en indiquant le niveau de risque (fort, moyen, faible, nul, non connu) auquel est soumise une zone, en prenant en compte le substrat géologique et l'historique des sinistres.

Les seuils par niveau d'intensité et le couplage entre ces informations ont été effectués selon la matrice suivante :

| | RGA - non connu | RGA - nul | RGA - faible | RGA - moyen | RGA - fort |
|---|-----------------|-------------|--------------|-------------|------------|
| SSWI - [0 ; 0,1[Très faible | Très faible | Très faible | Faible | Moyen | Fort |
| SSWI - [0, 1 ; 0,13[Faible | Faible | Faible | Moyen | Moyen | Fort |
| SSWI - [0,13 ; 0,16[Moyen | Moyen | Faible | Moyen | Fort | Très Fort |
| SSWI - [0,16 ; 0,23 [Fort | Fort | Moyen | Fort | Très Fort | Très Fort |
| SSWI - [0,23 ; 1] Très fort | Fort | Moyen | Très Fort | Très Fort | Très Fort |

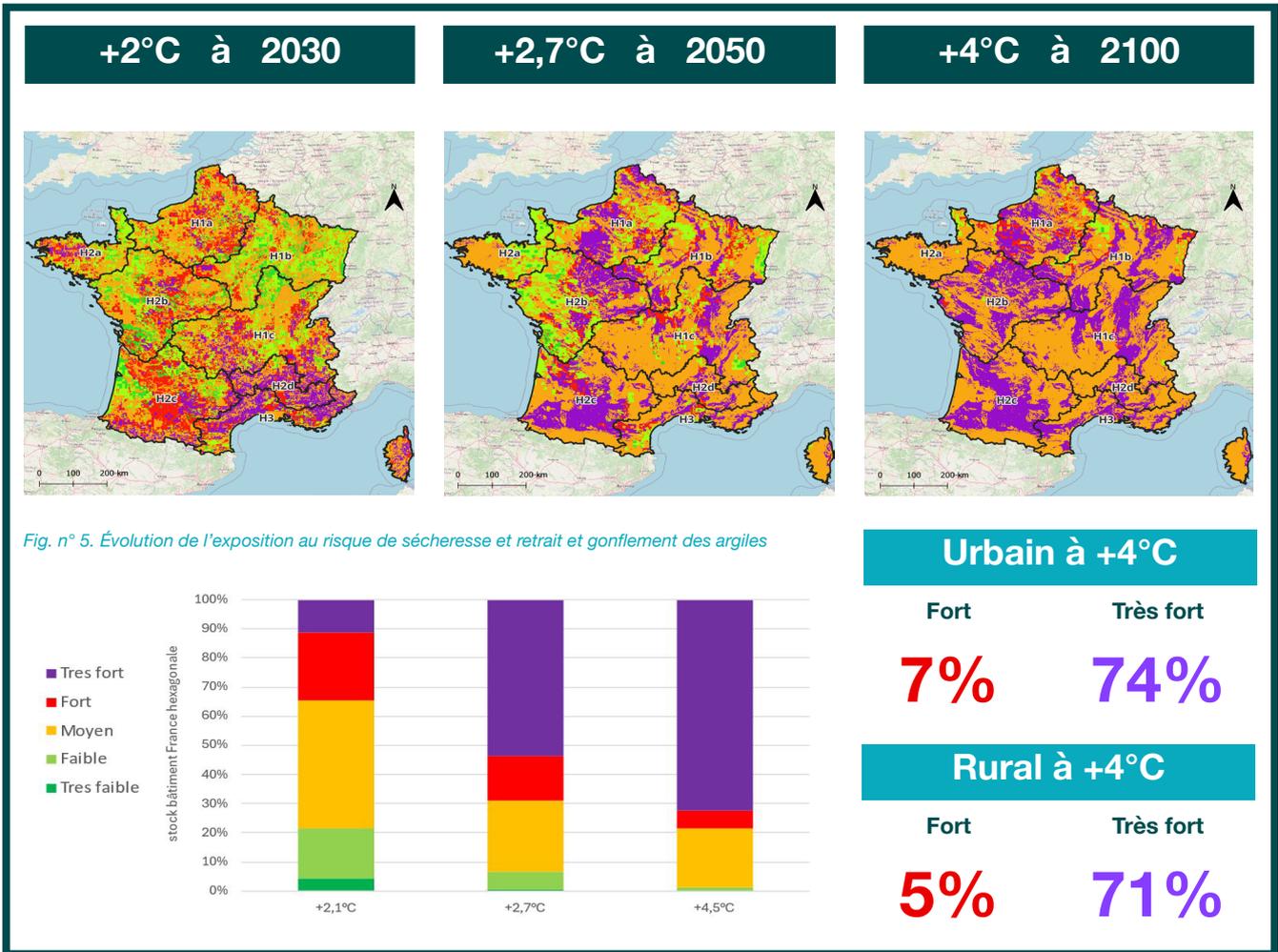
Tableau 3. Matrice d'exposition sécheresse et RGA EcoTRACC.

Cette matrice souligne l'influence renforcée du phénomène de sécheresse sur celui du RGA. Ainsi, en l'absence de risque RGA, une sécheresse forte ou très forte peut entraîner un risque moyen au minimum pour le bâtiment. Le principe de précaution est considéré comme un élément déterminant du niveau de risque dans les zones dépourvues de données ou où le niveau de risque RGA est inconnu (Paris).

Les surfaces de bâtiments en France hexagonale ont été réparties selon leur emplacement et région climatique, dans 5 niveaux d'exposition de la matrice ci-dessus.

La figure 4 et 5 montrent l'évolution de l'exposition à l'aléa sécheresse et retrait et gonflement des argiles pour le parc bâti en France hexagonale pour +2°C, +2,7°C et +4°C.

Fig n° 4. Évolution du niveau d'exposition au risque de sécheresse et retrait et gonflement des argiles



© OID 2024

Bilan de l'exposition à l'aléa face aux sécheresses et RGA

La sécheresse et le retrait-gonflement des argiles sont des phénomènes en augmentation sur l'ensemble de l'hexagone, corrélés à l'augmentation de la température et donc à la diminution de l'humidité dans le sol ainsi qu'à des périodes de sécheresse plus fréquentes et intenses. Cela se traduit par une nette progression des surfaces exposées. A +2°C les zones considérées à exposition très forte représentent 12% du territoire, contre 66% à +4°C.

La proportion du parc concernée par une exposition très forte varie de manière significative entre les niveaux de réchauffement de +2°C (11%) et +2,7°C (54%), **soit une multiplication par 5**. La proportion du parc à exposition faible et très faible pour +2°C avoisine les 22%, mais avec l'augmentation de la température, cette proportion diminue drastiquement pour atteindre moins de 1% pour les réchauffements de +2,7°C et +4°C.

L'exposition à l'aléa sécheresse et de retrait-gonflement des argiles est beaucoup plus importante dans les maisons individuelles, notamment en milieu rural. C'est pourquoi, pour une trajectoire à +4,5°C, le parc immobilier rural concerné par une **exposition très forte dépasse les 70%**. De même, les nouvelles zones suburbaines périphériques des agglomérations augmentent l'exposition très forte des zones urbaines, atteignant 74% pour cette trajectoire.

3. FEUX DE FORÊT



Le feu forêt fait référence aux incendies de végétation qui peuvent se propager rapidement et causer des dégâts importants aux écosystèmes, aux infrastructures et aux communautés (Jolly et al., 2015).

L'aléa n'est pas un phénomène purement climatique, cependant, l'augmentation des températures et des périodes de sécheresse constituent un facteur d'aggravation.

Les feux de végétation peuvent être déclenchés par des facteurs tels que les températures élevées, les vents forts et **principalement les activités humaines**, et leur gravité peut être amplifiée par les conditions climatiques extrêmes (Vilain, 2016). En effet, pour qu'un feu se produise il est nécessaire que les trois éléments suivants soient présents et puissent se combiner :

- Un combustible soit un matériau inflammable comme la biomasse.
- Un comburant qui va permettre la combustion, souvent l'oxygène.
- Une source de chaleur qui est l'énergie d'activation à l'origine de l'inflammation.

La source de chaleur n'étant que rarement d'origine climatique et/ou naturelle, le feu est principalement un aléa anthropique. Le feu est le résultat visible d'une combinaison dynamique, d'une part des phénomènes climatiques tels que la sécheresse ou les températures élevées (les conditions propices aux départs de feux) et de l'action anthropique. **Le départ de feu dû à une cause humaine**

représente 9 cas sur 10. En effet, les seuls cas de feux déclenchés sans intervention humaine sont causés par la foudre et la conjonction des trois éléments déjà mentionnés, occasionnant une ignition strictement naturelle qui représente 5 à 10% des feux de forêt à l'échelle de la planète

Afin d'évaluer l'exposition à l'aléa feux de forêt, les deux indicateurs choisis sont :

- **Indicateur prospectif** : l'indice Feu Météo maximum (NORIFMQ80) – DRIAS, qui permet d'observer l'évolution du nombre de jours marqués par des conditions météorologiques propices aux départs, combustion et propagation de feux de forêt. Par ailleurs, le choix du quantile 80 en lieu et place de la moyenne tient au décalage des résultats prospectifs avec la sinistralité historique. En effet, l'IFM moyen tendait à sous-estimer des zones historiquement très concernées par le phénomène comme la forêt des Landes.
- **Indicateur non prospectif** : Potentiel de départ de feu évalué par l'indicateur Wildland Urban Interface – WUI qui reprend la terminologie anglo-saxonne pour caractériser les interfaces habitat-forêt. Le potentiel de départ de feu du WUI est construit en effectuant des zones tampons pour déterminer un zonage selon la proximité entre la végétation combustible et les espaces anthropisés, facteur d'ignition principal. En effet, les bâtiments et les infrastructures humaines, étroitement imbriqués, accroissent le niveau de risque de feux de forêt. (Bouillon et al., 2015).

Les seuils par niveau d'intensité et le couplage entre ces informations ont été effectués selon la matrice suivante :

| | WUI - Urbain Très faible | WUI - Agricole Faible | WUI - 200m Forêt Moyen | WUI - Forêt Fort | WUI - Forêt/urbain Très fort |
|------------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------------|
| IFM - [1 ; 5[Très faible | Très faible | Très faible | Faible | Moyen | Fort |
| IFM - [5 ; 10[Faible | Très faible | Faible | Moyen | Moyen | Fort |
| IFM - [10 ; 15[Moyen | Faible | Moyen | Moyen | Fort | Très fort |
| IFM - [15 ; 30 [Fort | Moyen | Fort | Fort | Très fort | Très fort |
| IFM - [30 ; 45[Très fort | Moyen | Fort | Très fort | Très fort | Exceptionnel |

Tableau 4. Matrice d'exposition sécheresse et RGA EcoTRACC.

Comparée aux autres aléas, l'exposition aux feux de forêt comporte un niveau supplémentaire appelé exceptionnel. Celui-ci correspond aux zones à exposition très forte et qui présentent une proximité significative avec les zones d'activité humaine ou « déclencheurs », les zones à IFM élevée ou zones comburantes et la biomasse ou zones de combustibles. Ces zones sont considérées comme des priorités immédiates pour la mise en œuvre d'actions visant à prévenir les feux de forêt.

Les surfaces de bâtiments en France hexagonale ont été réparties selon leur emplacement et région climatique, dans 6 niveaux d'exposition de la matrice ci-dessus.

Les figures 6 et 7 montrent l'évolution de l'exposition à l'aléa feux de forêt pour le parc bâti en France hexagonale pour +2°C, +2,7°C et +4°C.

Fig n° 6. Évolution du niveau d'exposition au risque de feux forêt

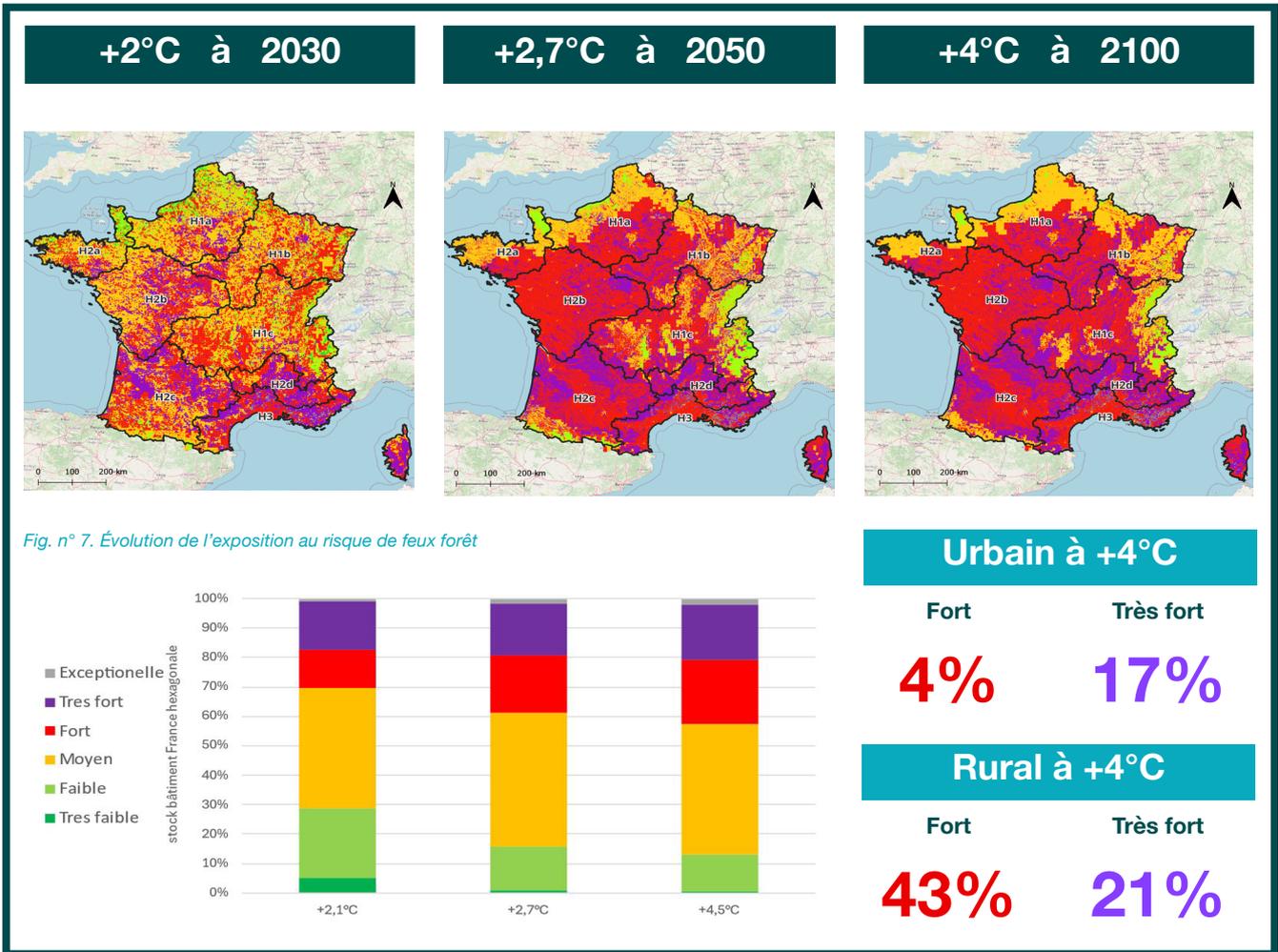


Fig. n° 7. Évolution de l'exposition au risque de feux forêt

© OID 2024

Bilan de l'exposition à l'aléa feux de forêt

Historiquement, la majorité des feux se concentrent dans la région méditerranéenne, où pour une augmentation de +2°C, environ 80 % des zones sont classées à exposition très forte voire exceptionnel.

Avec l'augmentation exceptionnel de la température, les conditions favorables à la propagation du feu augmentent également. La présence de forêts et de cultures dans des zones de plus en plus sèches, ainsi que l'extension des zones urbaines agissent comme déclencheurs du feu.

Cela se traduit par une augmentation progressive de la proportion du parc concernée par des expositions supérieures à moyennes, passant de 30 % à +2°C à 39 % à +2,7°C et 43 % à +4°C.

Les zones agricoles et forestières moyennement exposées à l'aléa feux de forêt représentent une part constante du parc, s'élevant respectivement à 41 %, 46 % et 44 % pour les trois niveaux de réchauffement mentionnés.

Moins de 30 % du parc est exposé à un niveau très faible ou faible

pour une température de +2°C, et cette proportion diminue jusqu'à atteindre 13 %, faisant disparaître l'exposition très faible à +4°C.

Les feux de forêt sont plus présents en zone rurale qu'en zone urbaine, en particulier à leurs limites et zones de transition. Ainsi, pour une trajectoire de température de +4°C, 63 % des bâtiments ruraux sont exposés à des niveaux supérieurs à moyens, tandis que les bâtiments urbains ne dépassent pas les 20 %

4. INONDATION PAR ÉVÈNEMENTS EXTRÊMES DE PLUIE



Une inondation désigne un ou plusieurs événements où les niveaux d'eau d'un cours d'eau, d'un lac d'une rivière ou d'une nappe phréatique dépassent leur capacité normale et débordent (Meresa, 2022). Le dépassement normal des niveaux d'eaux et leur expansion dans les espaces environnants constituent l'inondation et peuvent impacter considérablement les zones riveraines anthropisées.

Les inondations sont causées par divers facteurs climatiques tels que les fortes précipitations, la fonte des neiges et la montée des eaux souterraines. **La géomorphologie du territoire et les dynamiques du sol sont les facteurs qui permettent de faciliter le parcours de l'eau ou sa stagnation par période.**

Les inondations peuvent endommager les fondations des bâtiments, entraîner des infiltrations d'eau, la pourriture du bois, la corrosion des structures métalliques et la détérioration des matériaux de construction (Marvi, 2020).

Les systèmes électriques, les équipements de ventilation et de climatisation, les systèmes de plomberie et les installa-

tions de traitement des eaux usées peuvent être gravement affectés avec seulement 30 cm d'eau (Provers et al, 2017).

Les changements climatiques actuels accroissent le risque d'inondations en intensifiant les précipitations extrêmes, entraînant des dommages accumulés et des difficultés de réparation (Pachauri et al, 2014).

Afin d'évaluer l'exposition à l'aléa inondation par événements extrêmes de pluie, les deux indicateurs choisis sont donc :

- **Indicateur prospectif** : Ecart des précipitations quotidiennes extrêmes (RRq99ANOM) – DRIAS, qui permet d'observer la variation des précipitations extrêmes par rapport la période de référence. Cet indicateur est le seul présent, à ce jour, dans l'étude de déclinaison des indicateurs selon la TRACC de Météo-France.
- **Indicateur non prospectif** : Sensibilité historique aux inondations (SHI), qui repose sur les travaux menés en 2022 par l'OID dans le cadre du projet [IncliBâti](#).

Les seuils par niveau d'intensité et le couplage entre ces informations ont été effectués selon la matrice suivante :

| | SHI - Très faible | SHI - Faible | SHI - Moyen | SHI - Fort | SHI - Très fort |
|---|-------------------|--------------|-------------|------------|-----------------|
| RRq - [0 ; 0,16[Très faible | Très faible | Faible | Moyen | Fort | Très Fort |
| RRq - 0,16 ; 0,18[Faible | Très faible | Moyen | Fort | Très Fort | Très Fort |
| RRq - [0,18 ; 0,2[Moyen | Faible | Fort | Très Fort | Très Fort | Très Fort |
| RRq - [0,2 ; 0,23 [Fort | Faible | Très Fort | Très Fort | Très Fort | Très Fort |
| RRq - >0,23] Très fort | Moyen | Très Fort | Très Fort | Très Fort | Très Fort |

Tableau 5. Matrice d'exposition Inondation par événements extrêmes de pluie EcoTRACC.

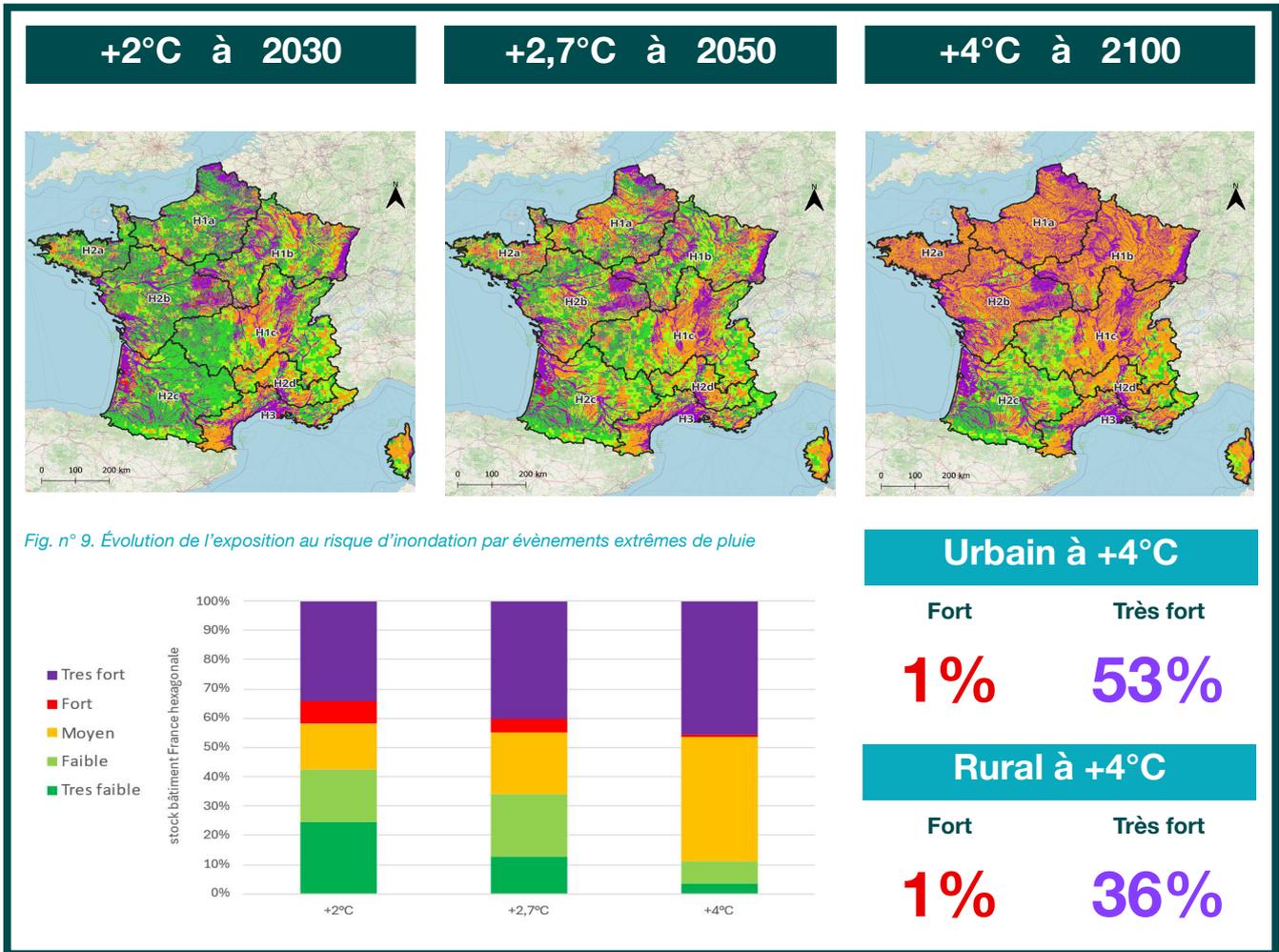
© OID 2024

Les inondations par fortes pluies résultent de divers facteurs, notamment l'intensité des précipitations, la saturation des sols et des cours d'eau et le ruissellement. La méthodologie employée simplifie et priorise la saturation des sols et des cours d'eau, les zones préalablement définies comme susceptibles d'être inondées, couplés à l'accumulation des événements de pluie extrême.

Les surfaces de bâtiments en France hexagonale ont été réparties selon leur emplacement et région climatique, dans 5 niveaux d'exposition de la matrice ci-dessus.

Les figures 8 et 9 montrent l'évolution de l'exposition à l'aléa l'aléa inondation pour le parc bâti en France hexagonale pour +2°C, +2,7°C et +4°C .

Fig n° 8. Évolution du niveau d'exposition au risque d'inondation par évènements extrêmes de pluie



© OID 2024

Bilan de l'exposition à l'aléa inondation par évènements extrêmes de pluie

L'indicateur de sensibilité historique aux inondations (SHI) retenu pour cette étude limite l'extension des zones à exposition forte, qui représentent moins de 10 % de l'hexagone.

Comme le montre la matrice d'exposition, la plupart des combinaisons d'indicateurs conduisent à déterminer des niveaux moyens et très élevés.

C'est pourquoi, il existe une faible progression des zones concernées par une exposition très forte, passant de 24% à +2°C à 37% à +4°C.

Parallèlement, les zones moyennes augmentent considérablement compte tenu que de fortes pluies de plus en plus fréquentes saturer le sol, passant de 21% à +2°C à 69% à +4°C.

La proportion des bâtiments exposés à une exposition forte et très forte représente 50% du parc à +4°C, augmentant de 10 % par rapport à +2°C.

La proportion du parc à exposition moyenne varie considérablement de 16% à +2°C, à 42% à +4°C.

En revanche, la proportion de surfaces exposées à une exposition inférieure à moyenne est divisée par trois entre un réchauffement de +2°C et de +4°C.

Les inondations sont récurrentes en France, affectant principalement le lit majeur des cours d'eau et les zones urbanisées le long de ces derniers.

Dans une trajectoire à +4°C, le parc immobilier urbain exposé très fortement atteint 53 %, tandis que pour les zones rurales la surface exposée très fortement représente 36 %.

CONCLUSION

Intensification de l'exposition aux aléas climatiques

L'année 2023 a marqué un tournant, mettant en lumière l'urgence croissante du changement climatique. **Il est de plus en plus probable que le niveau de réchauffement à l'échelle mondiale dépasse les +2°C d'ici la fin du siècle.** Les impacts sont manifestes, et la France n'échappe pas à cette réalité.

Les résultats de cette étude révèlent une **intensification claire de l'exposition des bâtiments aux aléas climatiques sur l'ensemble du territoire français hexagonale à mesure que la température augmente.** Les aléas étudiés deviennent plus prononcés, affectant à la fois les zones urbaines denses et les régions rurales. Cette intensification se traduit par une augmentation significative de la proportion de bâtiments considérés à exposition forte ou très forte, en particulier à +4°C.

S'adapter à ces niveaux de réchauffement devient donc un impératif, sans pour autant que cela nous amène à négliger les efforts d'atténuation toujours nécessaires pour limiter ces conséquences.

Disparités régionales et urbaines - rurales

Face à cette réalité, **il est essentiel de reconnaître les disparités régionales et urbaines dans l'exposition aux aléas climatiques.** Bien que la répartition des zones à risque à +4°C soit relativement homogène dans l'hexagone, certaines régions sont plus ou moins exposées aux aléas climatiques.

Les zones urbaines, en particulier celles densément peuplées, montrent une plus grande vulnérabilité en raison des effets des îlots de chaleur urbains, des inondations et de la concentration des bâtiments.

Cependant, les zones rurales sont également confrontées à des expositions significatives, notamment en ce qui concerne la sécheresse et le retrait-gonflement des argiles pour les maisons individuelles, ainsi que les incendies de forêt dans les zones suburbaines. **Cette disparité souligne la nécessité de mettre en place des approches adaptatives différenciées en fonction de la géographie et des caractéristiques locales afin de renforcer la résilience du secteur immobilier.**

LIMITES ET PERSPECTIVES

Limitations de la Modélisation Climatique

La modélisation des niveaux d'exposition repose sur des projections climatiques régionalisées, ce qui peut introduire des incertitudes liées à la précision des modèles utilisés. Les projections climatiques sont basées sur des scénarios de forçage radiatif du GIEC, ce qui implique des hypothèses sur les émissions futures de gaz à effet de serre et d'autres facteurs, pouvant influencer les résultats de l'étude.

Simplification des interactions climat-territoire

Les niveaux d'expositions sont déterminés en croisant des indicateurs climatiques prospectifs avec des indicateurs territoriaux non prospectifs, ce qui pourrait simplifier les interactions complexes entre le climat et le territoire. Cette approche pourrait ne pas prendre en compte pleinement les dynamiques spatiales et temporelles des aléas climatiques, limitant ainsi la précision des résultats.

Échelles de résolution des données

L'analyse utilise des données à des échelles spatiales et temporelles diverses, ce qui peut entraîner des problèmes

de résolution et de cohérence. Des échelles de données inadaptées pourraient conduire à une sous-estimation ou une surestimation des expositions climatiques dans certaines régions ou à certains moments, affectant la fiabilité des conclusions de l'étude.

Exposition sans évaluation de la vulnérabilité

L'étude examine les degrés d'exposition des bâtiments aux divers risques climatiques, mais omet d'évaluer leur vulnérabilité respective à ces phénomènes. Cette distinction est fondamentale car la simple exposition ne suffit pas à appréhender la réalité du risque encouru par les structures.

En conclusion, malgré les efforts déployés pour évaluer l'exposition aux aléas climatiques, cette étude présente des limites inhérentes qui doivent être prises en compte lors de l'interprétation des résultats et de l'élaboration de stratégies d'adaptation et d'atténuation. **Une approche holistique et intégrée, tenant compte de ces limitations, est nécessaire pour une évaluation plus complète et robuste de la vulnérabilité du secteur immobilier aux changements climatiques**

BIBLIOGRAPHIE

ADEME (F. Jacquetin, G. Callonnec, H. Gouédard, A. Devillers). *Risques climatiques et leurs coûts pour la France: Une évaluation macroéconomique.* (p. 45), 2023

Bouillon, C., Fernandez Ramiro, M.M., Sirca, C., Fierro Garcia, B., Casula, F., Vila, B., ... Derudas, A. *Un outil pour cartographier les interfaces rurales-urbaines à différentes échelles,* 2015

EEA (Agence européenne de l'environnement). *Les vagues de chaleur et autres phénomènes climatiques extrêmes représentent un danger pour la santé, notamment celle des personnes les plus vulnérables.* Récupéré de <https://www.eea.europa.eu/fr/signaux/signaux-2023/articles/les-vagues-de-chaleur-et>, 2023

FranceStrategies (A. Delahais, A. Robinet). *Coût de l'inaction face au changement climatique en France: que sait-on?* (p. 13), 2023

France Nation Verte. *La trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique (TRACC).* 2023

Jolly, W. M., et al. *Variations induites par le climat dans le danger mondial des incendies de forêt de 1979 à 2013.* *Nature Communications*, 6(1), 1-12, 2015

Météo-France. *Canicule, vague ou pic de chaleur?.* Récupéré de <https://meteofrance.com/actualites-et-dossiers/comprendre-la-meteo/temperature/comment-les-climatologues-evaluent-vagues-chaleur-canicules>, 2023

Meresa, H., Tischbein, B., & Mekonnen, T. *Impact du changement climatique sur les précipitations extrêmes et la magnitude et la fréquence des crues maximales : observations à partir de CMIP6 et de modèles hydrologiques.* *Nat Hazards*, 111, 2649–2679. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-05152-3>, 2022

Marvi, M.T. *Une revue de l'analyse des dommages dus aux inondations pour une structure et des contenus de bâtiments.* *Nat Hazards*, 102, 967–995. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-03941-w>, 2020

OMS (Organisation mondiale de la Santé). *Vagues de chaleur et santé.* Récupéré de <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/heatwaves>, 2023

Pascal, M., Gorla, S., Wagner, V., Guillet, A., Sabastia, M., Cordeau, E., et al. *Influence de caractéristiques urbaines sur la relation entre température et mortalité en Île-de-France.* *Santé publique France.* Récupéré de <https://www.santepubliquefrance.fr/view/content/286723/full/1/343680>, 2020

S. Pen Point, M. Moullie, M. Andrieux, OID, ADEME. *Les enjeux de l'adaptation au changement climatique du secteur immobilier dans les scénarios Transition(s) 2050.* *Rapport technique*, 2022

Proverbs, D., & Lamond, J. *Construction résiliente aux inondations et adaptation des bâtiments.* Récupéré de <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389407.013.111>, 2011

Vie publique *Premier rapport annuel du haut conseil pour le climat.* Recupere de : <https://www.vie-publique.fr/rapport/38343-premier-rapport-annuel-du-haut-conseil-pour-le-climat>, 2019

P. Vilain-Carlotti. *La construction sociale du risque d'incendie de forêt en Corse: de l'approche globale par l'aléa à une approche locale des vulnérabilités socio-spatiales.* *Dans Espaces, populations, sociétés*, 2016

WMO. *Communiqué de presse.* Récupéré de <https://wmo.int/fr/news/media-centre/lomm-confirme-que-2023-bat-le-record-mondial-de-temperatures>, 2024

REMERCIEMENTS

Cette étude a été rédigée par **Cristhian Molina**, chef de projets - *OID*, sous la supervision de **Sakina Pen Point**, Responsable du programme adaptation - *OID* et en collaboration avec **Morgane Moullie**, Cheffe de projets - *OID*, **Pauline Vilain** Cheffe de projets - *OID* et **Marie Andrieux** Cheffe de projets - *OID*. Ces travaux ont été menés sous la direction de **Loïs Moulas**, directeur général - *OID*.

L'OID remercie **Guillaume Dolques** et **Vivian Dépoues** de l'Institut de l'Économie pour le Climat - **I4CE** pour leur contribution à cette étude.

L'Observatoire de l'Immobilier Durable – OID – est l'espace d'échange indépendant du secteur immobilier sur le développement durable et l'innovation. Penser l'immobilier responsable est la raison d'être de l'OID qui rassemble plus de quatre-vingts membres et partenaires parmi lesquels les leaders de l'immobilier tertiaire en France sur toute sa chaîne de valeur. L'OID est une association qui participe activement à la montée en puissance des thématiques ESG en France et à l'international.

MEMBRES



PARTENAIRES





NOUS CONTACTER

Observatoire de
l'Immobilier Durable
12 rue Vivienne
75002 Paris
Tél +33 (0)7 69 78 01 10

contact@o-immobilierdurable.fr

**o-immobilierdurable.fr
www.taloen.fr**

