

Risque de retrait-gonflement des argiles, régime Cat Nat : vers un meilleur partage du risque

Estelle de l'Eprevier



Fallou Niakh



Ismaël Tahri Hassani



Thomas Kermorvant

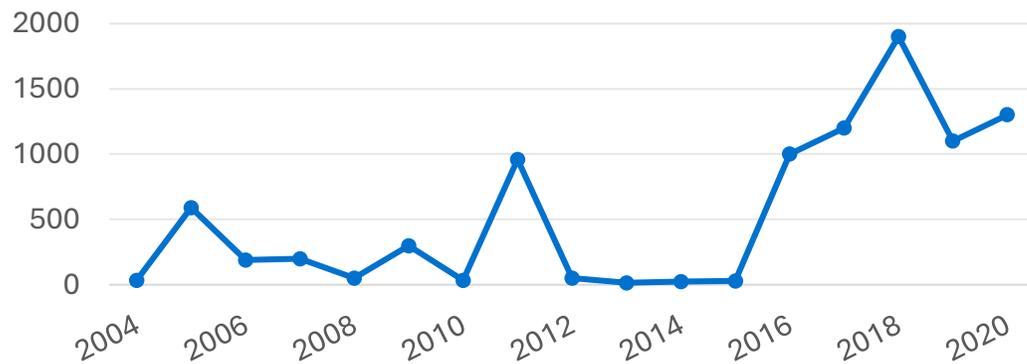


Contexte et motivation

Un péril sécheresse en pleine croissance

Une accélération des sinistres

- 6 des 9 années les plus sinistrées sont **post-2015**
- 400 M d'euros par an en moyenne sur la période 1989-2015
- **1 Md d'euros par an en moyenne sur la période 2016-2020**



Source : France Assureurs, CCR

Une sécheresse record

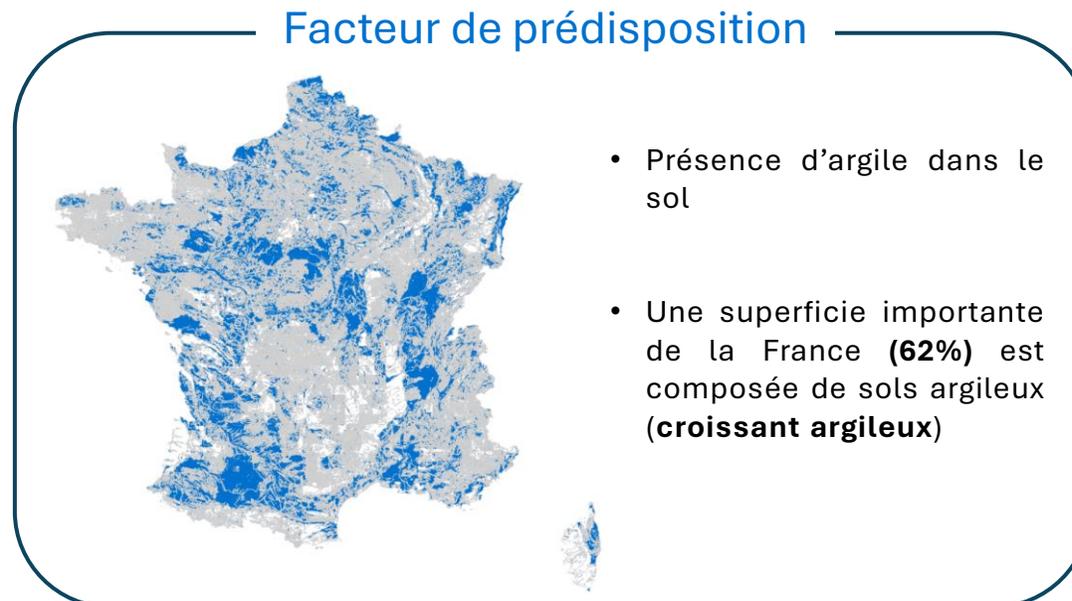
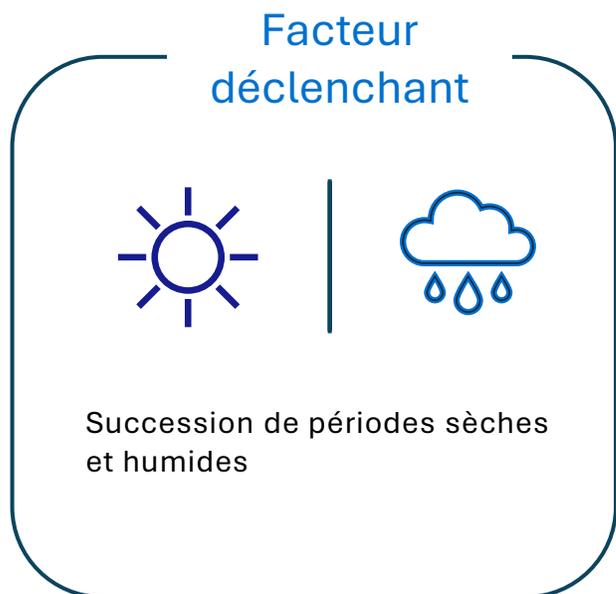
- L'année **2022** explose le précédent **record** (2003) au regard du coût engendré, atteignant 3 500M euros
- Le risque sécheresse représente une **part croissante de la sinistralité Cat Nat** : **60 %** sur la période 2016-2022 contre **37%** sur la période 1989-2015

Etudes actuarielles

- *France Assureurs (2021)*, la *CCR (2015, 2018, 2023)*, l'*ACPR (2021)* et *COVEA (2022)* se sont penchés sur les conséquences du changement climatique sur le coût des catastrophes naturelles
- Selon les hypothèses retenues pour l'étude, le **montant des dommages** en lien avec la sécheresse augmenterait d'entre **44%** et **162%**
- *La CCR (2023)* qualifie le péril sécheresse de « **péril le plus préoccupant à horizon futur** »

Contexte et motivation

Présentation du phénomène RGA



Retrait-Gonflement des Argiles (RGA)

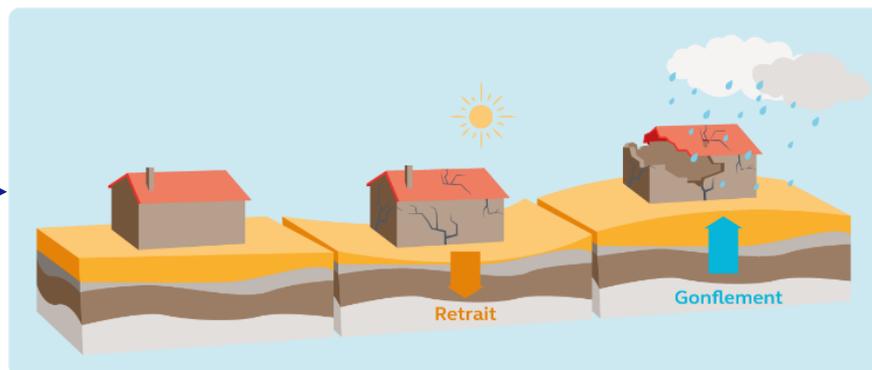


Illustration du phénomène RGA
Source : Cour des comptes (2022)

Un premier constat de l'ACPR

- L'ACPR réalise un premier exercice pilote climatique en 2021
- A rentabilité constante, la croissance des sinistres climatiques conduirait à une **augmentation des primes** d'assurance entre **130% et 200%** à horizon 2050

La question de soutenabilité de la prime

- **Les primes peuvent devenir inabordables** pour un certain nombre de ménages
- Dans son deuxième exercice de 2023, l'ACPR intègre dans ses projections **le comportement des assurés face à une augmentation significative de la prime**

Objectifs

- **Étudier l'augmentation de la sinistralité RGA à horizon 2050 et évaluer sa soutenabilité**
- **Identifier des méthodes de partage du risque pour rendre la prime plus soutenable dans ce contexte**

Contexte et motivation

Qui est concerné par l'enjeu de l'assurabilité ?

Les superviseurs

- **Protection des territoires abandonnés** : Les superviseurs doivent veiller à ce que les territoires à risque ne soient pas laissés sans couverture d'assurance
- **Régulation et surveillance** : Ils assurent que les assureurs respectent les obligations de couverture et les normes de mutualisation

Les assureurs

- **Approche commerciale** : Les assureurs ne se désengagent pas facilement des territoires car ils vendent des lots de produits (MRH, auto, etc.)
- **Responsabilité territoriale** : Certains assureurs se considèrent comme responsables de la couverture d'un territoire spécifique, influencés par la mutualisation et la concurrence sur le marché

Les assurés

- **Accès à l'assurance** : Les habitants et entreprises des territoires à risque doivent pouvoir accéder à des produits d'assurance adaptés
- **Confiance et sécurité** : La disponibilité de l'assurance renforce la confiance des assurés dans la protection de leurs biens et activités

Partie I - Modélisation du risque sécheresse

Modélisation du risque sécheresse

Modélisation de la fréquence CAT NAT sécheresse

Processus de reconnaissance Cat Nat

Demande de reconnaissance

Lorsqu'un événement naturel d'une **gravité exceptionnelle** a lieu, le maire de la commune touchée adresse **une demande de reconnaissance Cat Nat** à la **préfecture**



Analyse administrative

La préfecture coordonne l'analyse technique avec des organismes experts pour **évaluer le caractère anormal du phénomène**



Avis de reconnaissance

Une commission interministérielle **rend un avis favorable ou non** à la demande de reconnaissance Cat Nat. Les décisions sont publiées **au Journal Officiel**



Versement de l'indemnisation

Les sinistrés de la commune concernée sont **indemnisés** (partage du coût entre l'assureur et la CCR)



Critères* de reconnaissance Cat Nat pour la sécheresse géotechnique

- **Un critère météorologique** : le niveau d'humidité des sols superficiels (SWI uniforme) de la commune présente **une période de retour supérieure ou égale à 10 ans**
- **Un critère géotechnique** : la surface de la commune couverte par des sols susceptibles au phénomène RGA est **supérieure ou égale à 3%**

* Ces critères sont applicables pour l'exercice 2024 (Circulaire du 6 mai 2024)

Modélisation du risque sécheresse

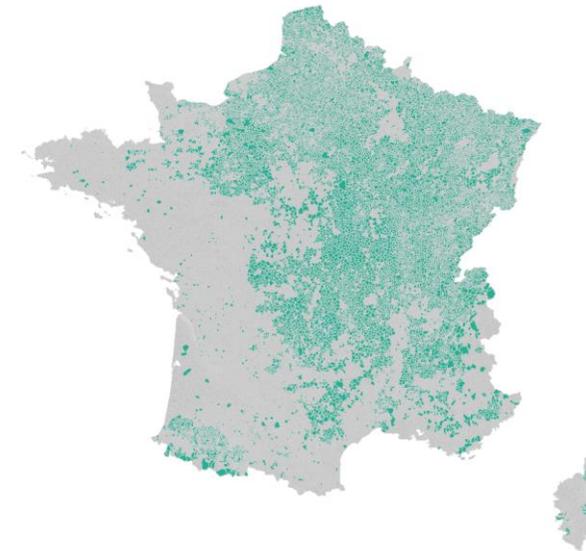
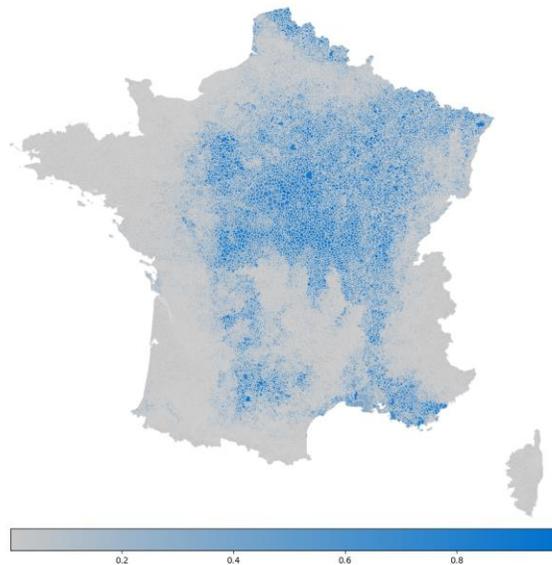
Modélisation de la fréquence CAT NAT sécheresse



Conséquences sur la modélisation

- Objectif du modèle : estimer la **probabilité annuelle de reconnaissance Cat Nat de la commune i** , notée $P_{r,i}^n$
- La probabilité s'obtient en **appliquant les critères de reconnaissance à la probabilité de demande Cat Nat** :

$$P_{r,i}^n = (\text{Probabilité de demande Cat Nat}_i^n) \times \mathbb{1}_{(\text{Critères vérifiés pour la commune } i \text{ et l'année } n)}$$



Modélisation du risque sécheresse

Données utilisées



**METEO
FRANCE**

Données climatiques

- Températures
- Précipitations
- Evapotranspiration
- Indice d'humidité des sols (SWI)



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET DE LA COHÉSION
DES TERRITOIRES
*Liberté
Égalité
Fraternité*



Données sur les logements

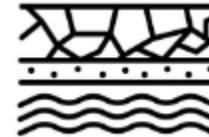
- Nature des biens
(appartements/ maisons)
- Logements à risque RGA



Géosciences pour une Terre durable
brgm

Données géologiques

- Présence d'argile dans le sol
- Niveau de risque RGA



Données de sinistralité

- Historique des demandes
d'arrêtés Cat Nat



Modélisation du risque sécheresse

Modèle et méthodes employées pour la sinistralité

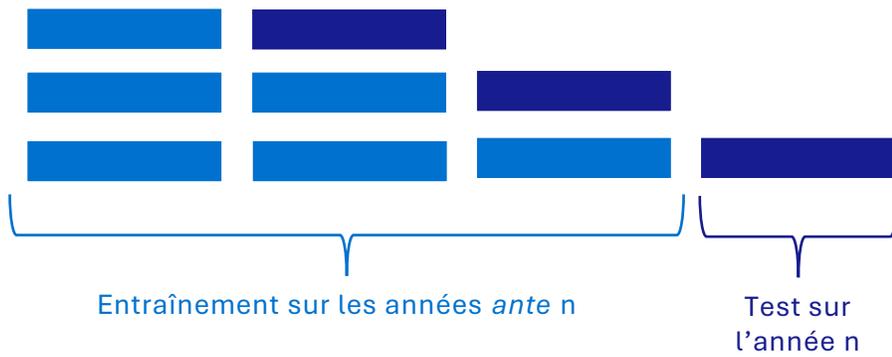
Cadre de modélisation

- **Objectif** : Estimer la **probabilité de demande Cat Nat annuelle par commune**, à l'aide de variables explicatives telles que les données climatiques (indices de sécheresse) et les données d'exposition (logements à risque RGA, type de logement).
- **Algorithme retenu** : Catboost Classifier
- **Période d'entraînement** : 1989 – 2019
- **Période test** : 2020 - 2023

Optimisation du modèle

- **Une variable cible déséquilibrée** : 96.77% des observations ne présentent **pas de demande d'arrêtés Cat Nat**
- **Pénalisation de la fonction de perte** :

$$\text{Logloss}(w) = \frac{\sum_{i=1}^n [(y_i \log(p_i) + (1-y_i) \log(1-p_i)) w_i]}{\sum_{i=1}^n w_i}$$



Validation croisée
temporelle et **spatiale**



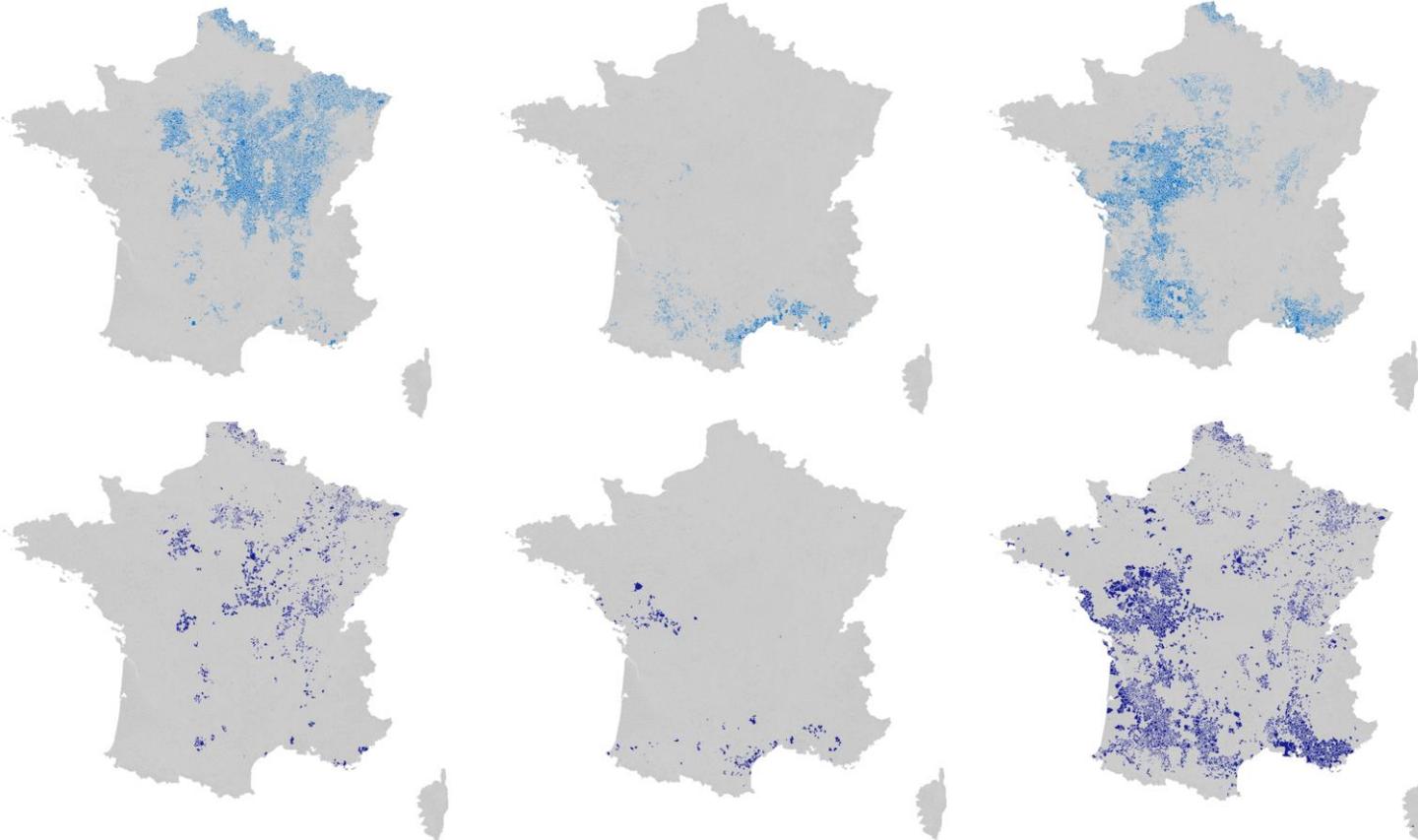
Modélisation du risque sécheresse

Résultats du modèle optimisé

2020

Analyse spatiale
2021

2022



Comparaison spatiale des reconnaissances Cat Nat observées (en bas) et prédites (en haut)

Résultats de l'optimisation

- L'optimisation conduit à une **amélioration des métriques** par rapport au modèle de référence
- Amélioration de la détection du nombre de demandes Cat Nat (augmentation du *recall*) : **plus de 70% des demandes Cat Nat détectées**
- **Surestimation du nombre de demande Cat Nat** (baisse de la précision) dans certaines zones

Modèle	AUC	F1 Score
Référence	0.75	0.79
Optimisé	0.84	0.86

Comparaison des métriques entre le modèle de référence et le modèle optimisé

Partie II – Projection du risque

Projection du risque

Projection des variables climatiques et des enjeux assurés

Projection climatique

Projection des variables climatiques brutes (**températures, précipitations, SWI, ...**) et construction des indices de sécheresse selon le scénario **RCP 4.5** défini par le **GIEC**

Projection démographique

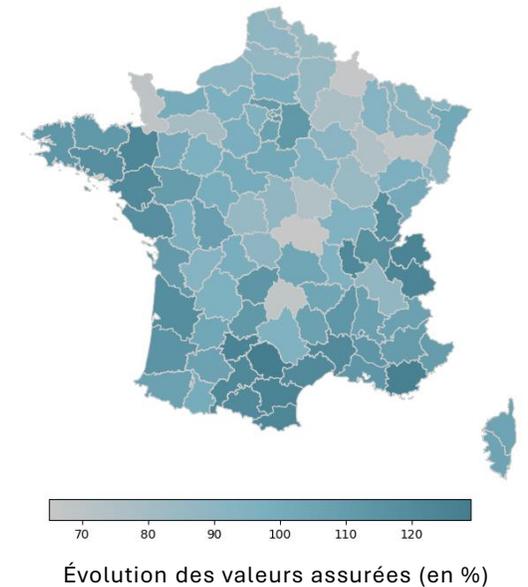
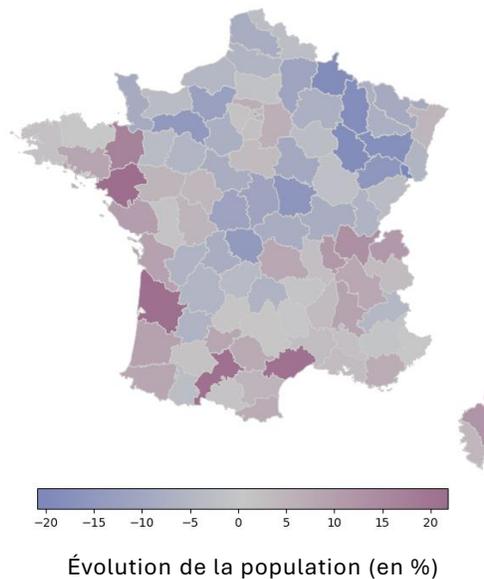
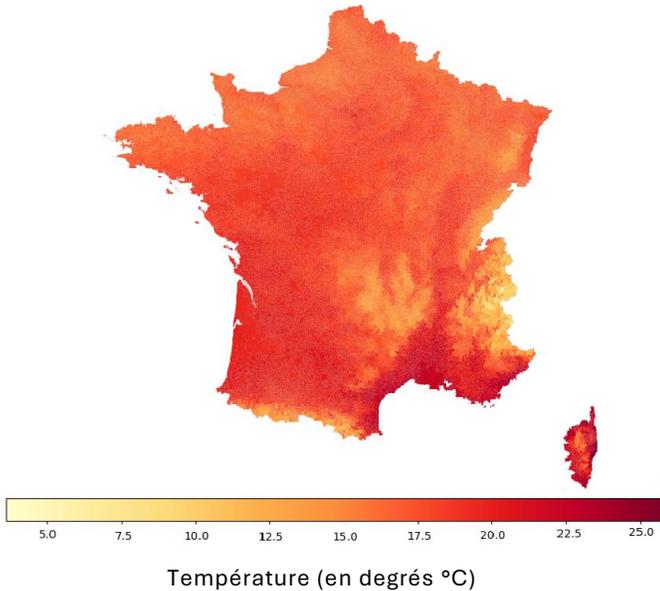
Scénario de projection démographique **central** de l'**INSEE** (modèle Omphale)

- Application de taux d'émigration, de fécondité et de mortalité à l'échelle départementale

Projection valeurs assurées

Projection selon deux éléments d'inflation :

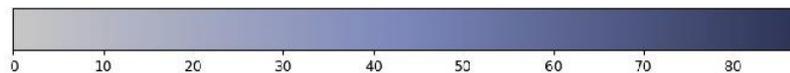
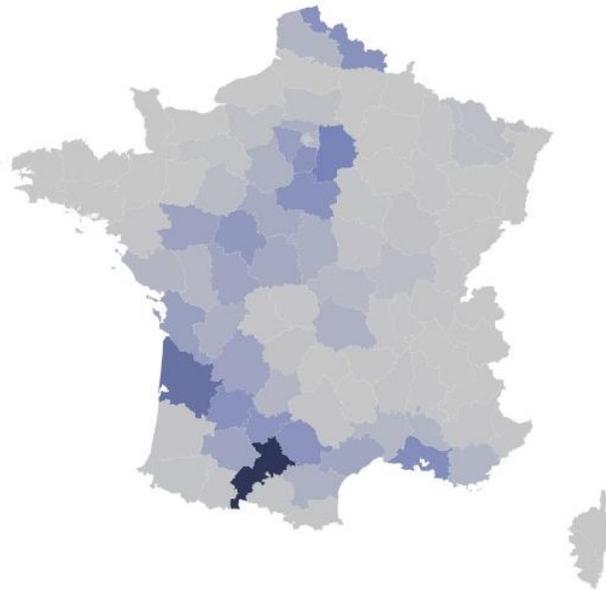
- L'**indice du coût de la construction (ICC)**
- Un **indice d'enrichissement** spécifique à chaque département



Projection du risque : Projection de la sinistralité

Calcul de la charge sinistre annuelle

$$Charge_n = \sum_{communes} \text{Probabilité de reconnaissance Cat Nat}_{commune}^n \times \text{Charge moyenne par arrêtés}_{commune}$$



Montant de la charge sinistre annuelle moyenne à horizon 2050 (en M euros)

	Charge sinistre (en milliards d'euros*)	Période de retour - Référence	Période de retour - RCP 4.5
Sécheresse 2003	2.11 M	20 ans	14 ans
Sécheresse 2018	1.90 M	15 ans	6 ans
Sécheresse 2011	0.96 M	4 ans	2 ans

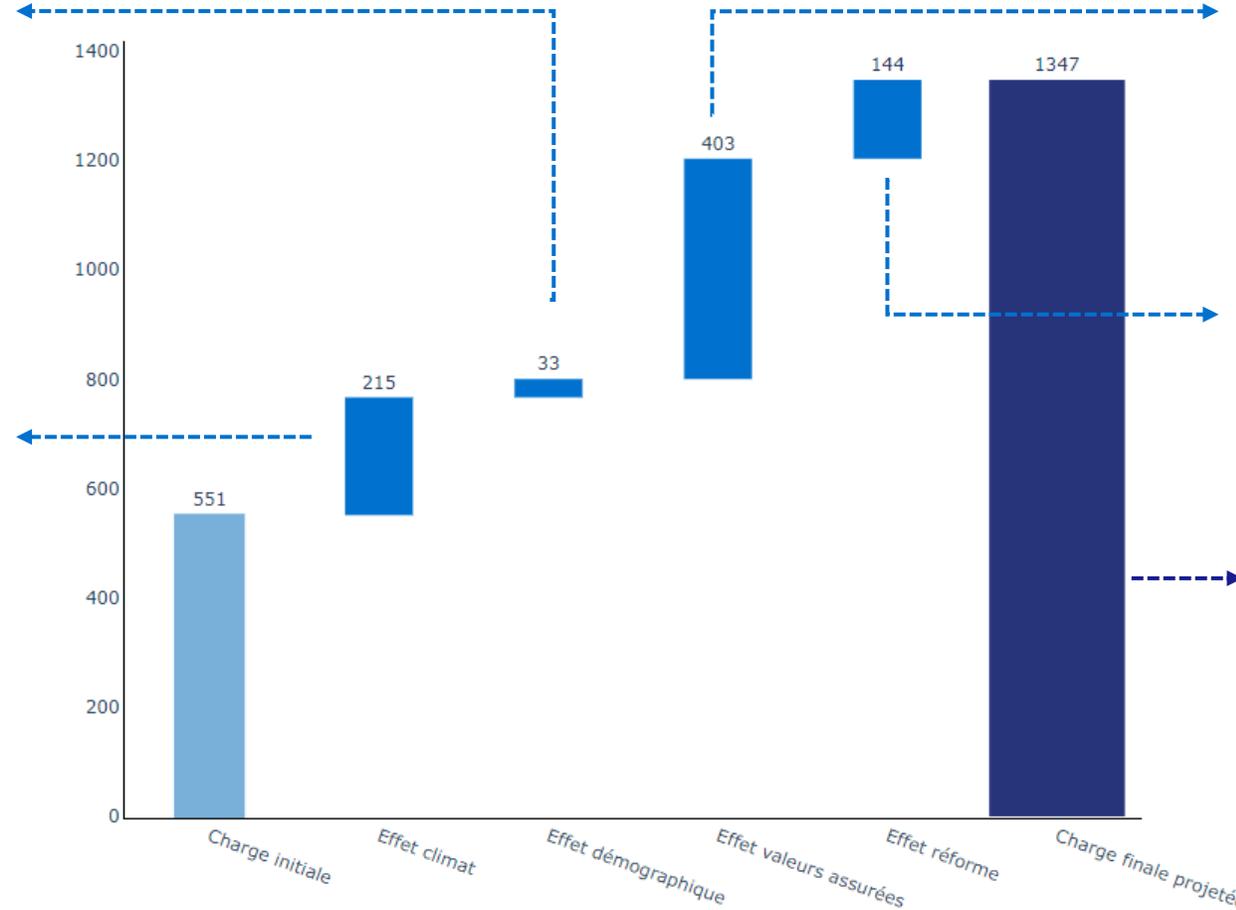
* euros constants 2022

- Sous le scénario RCP 4.5, les **périodes de retour** des événements de sécheresse extrême diminuent fortement à **horizon 2050**.
- La Haute-Garonne, la Gironde, le Nord, les Bouches-du-Rhône et la Seine-et-Marne regroupent **24% de la charge sinistre future**
- Le changement climatique cause une augmentation de **39%** de la perte moyenne annuelle à horizon 2050 sous scénario RCP 4.5

Projection du risque : Décomposition de la charge

L'effet démographique a un impact relativement modéré avec une hausse de seulement **4%**

L'effet du changement climatique arrive en deuxième position avec une augmentation de **39%**



L'augmentation de la valeur des biens assurés représente le premier facteur inflationniste (> 50%)

L'effet réforme des critères d'éligibilité au régime CatNat provoque une hausse de **12%** de la charge initiale

La charge finale projetée correspond à une **augmentation de 142%** de la charge initiale

Décomposition de la charge sinistre annuelle moyenne pour la période 2040-2050

Partie III – Étude de soutenabilité et partage de risque

Étude de soutenabilité

Tarification de la prime MRH avec solidarité paramétrique

Principe : Paramétrer la prime hiérarchique selon différents niveaux de solidarité afin d'identifier la susceptibilité de certains départements au risque d'insoutenabilité.

Hypothèses de tarification

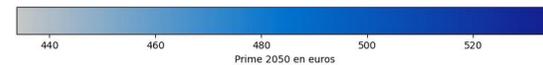
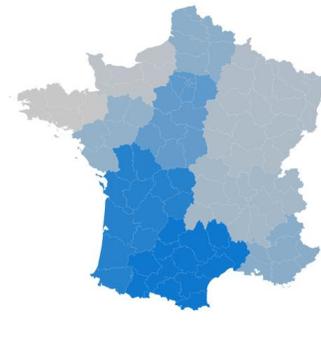
- Modèle hiérarchique avec introduction des paramètres $(\alpha, \beta) \in [0,1]^2$, qui correspondent au niveau de solidarité respectivement à l'échelle nationale et à l'échelle régionale :

$$\pi_{2050}(\alpha, \beta) = \underbrace{(1 - \alpha)\pi_{N,2050}}_{\text{Part de solidarité nationale}} + \alpha \left[\underbrace{(1 - \beta)\pi_{R,2050} + \beta\pi_{D,2050}}_{\text{Part de solidarité régionale}} \right]$$

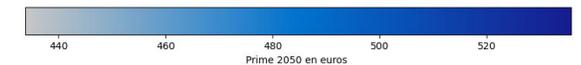
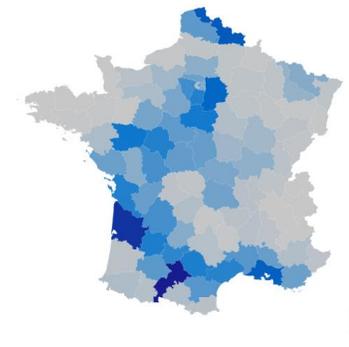
avec $\pi_{N,2050}$ la prime collective du portefeuille, $\pi_{R,2050}$ la prime régionale, $\pi_{D,2050}$ la prime départementale

- La tarification est **basée sur la solidarité**

Cas solidarité maximale : $\beta = 0$



Cas pathologique : $\beta = 1$



- L'absence de solidarité conduit à une **explosion des primes (> + 130% dans certains départements)**
- Un **risque d'insoutenabilité** est identifié pour de nombreux départements le long du croissant argileux si la tarification suit de près le risque

Étude de soutenabilité

Optimisation de la mutualisation : les objectifs

Rappel : La mutualisation des risques entraîne des bénéfices multiples

- Pour l'assureur, une réduction de la volatilité des coûts, les sinistres ne touchant pas tous les départements simultanément
- Pour les assurés, une réduction de la prime globale, rendant plus abordable la couverture dans les départements les plus exposés aux risques

Objectif : Optimiser la répartition de la réduction des tarifs liée à la mutualisation afin d'intégrer, en plus des différences de répartition du risque entre les départements, les différences de revenus entre ces derniers

Écart-type de la charge sinistre projetée (m€)



Revenu médian par département (€)



Contexte

On considère la charge sinistre (et la prime pure associée) agrégée à une maille géographique donnée et on s'intéresse à la charge RGA projetée à horizon 2050 pour l'ensemble du territoire

Avantages de l'approche

- Approche nécessitant peu de données
- Cohérente, par exemple, avec la perspective du superviseur ou de la puissance publique
- Flexibilité de la maille géographique, avec la possibilité de travailler à une maille plus fine (communale, infra-communale)

Inconvénients de l'approche

- Perte de la caractérisation fine du risque sur la base des informations disponibles sur les biens assurés

Améliorations possibles

- Sous réserve de disposer des données d'exposition projetées à horizon 2050 d'une compagnie d'assurance, il serait possible de travailler avec sa charge projetée sur l'ensemble du territoire plutôt qu'avec une sinistralité globale

- Soit X_d la charge projetée pour le département d (agrégation des charges à la maille de la commune)
- Agrégation à la maille nationale : $S_N = \sum_{d=1}^D X_d$
- Effet de mutualisation : $E[S_N] = \sum_{d=1}^D E[X_d]$ et $\sigma[S_N] = \sqrt{\sum_{d=1}^D Var[X_d] + 2 \sum_{d < d'} Cov[X_d, X_{d'}]}$
- Prime pure nationale : $\pi_N = E[S_N] + \alpha \cdot \sigma[S_N] + \beta \cdot E[S_N]$

Étude de soutenabilité

Formalisation du problème d'optimisation (2/2)

Objectif : Déterminer un vecteur $(\pi_{d,N})_{1 \leq d \leq D}$ qui vérifie $\sum_{d=1}^D \pi_{d,N} = \pi_N$

tel que :

$$\min_{(\pi_{d,N})_{1 \leq d \leq D}} Z$$

$$(1) \sum_{d=1}^D \pi_{d,N} = \pi_N$$

$$(2) E[X_d] \leq \pi_{d,N} \leq E[X_d] + (\theta_{Risque} \cdot \sigma[X_d] + \theta_{Revenu} \cdot Revenu_d) \cdot Z$$

$$(3) \theta_{Risque} + \theta_{Revenu} = 1$$

$$(4) Z \geq 0$$

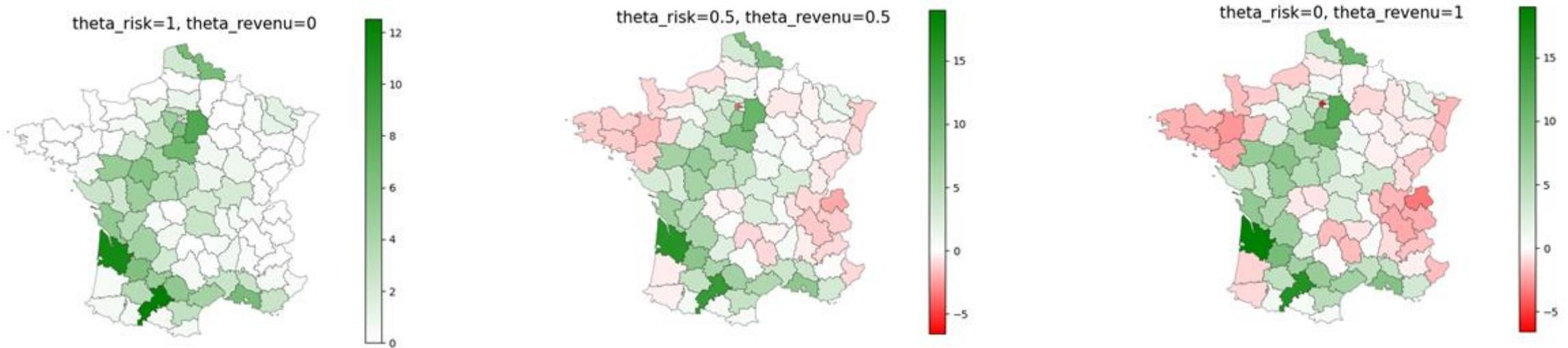
$$(5) \pi_{d,N} \geq 0$$

- La contrainte (1) permet de couvrir la sinistralité de l'ensemble du territoire
- La contrainte (2) permet de répartir le gain de mutualisation entre niveau de risque ($\sigma[X_d]$) et niveau de revenu ($Revenu_d$) du département
- Le choix de la pondération entre risque et revenu est paramétré par θ_{Risque}
- Il est possible d'étendre le modèle en intégrant des paramètres supplémentaires, par exemple pour prendre en compte les inégalités de revenus au sein d'un département.

Étude de soutenabilité

Visualisation des résultats

Contexte : On définit la prime départementale sans mutualisation par $\pi_d = E[X_d] + \alpha \cdot \sigma[X_d] + \beta \cdot E[X_d]$ et on calcule l'impact de notre algorithme de mutualisation $Gain_d = \pi_d - \pi_{d,N}$



Impact de l'allocation des primes départementales selon plusieurs valeurs des paramètres θ_{Risque} et θ_{Revenu}

Résultats : Comme attendu, la mutualisation entraîne un gain net pour l'ensemble du territoire, particulièrement marqué pour les territoires les plus exposés. L'introduction du paramètre de revenu entraîne une légère perte pour les territoires les moins risqués et les plus riches.

Étude de soutenabilité

Impact sur la prime moyenne MRH

Hypothèses concernant la projection des primes

- La charge sinistre « hors sécheresse » évolue au **taux annuel de l'indice du cout de la construction (ICC)**
- La charge sinistre « sécheresse » en 2050 est **estimée à partir du modèle sécheresse**
- La prime départementale projetée est obtenue en faisant **l'hypothèse d'un S/P constant à horizon 2050**

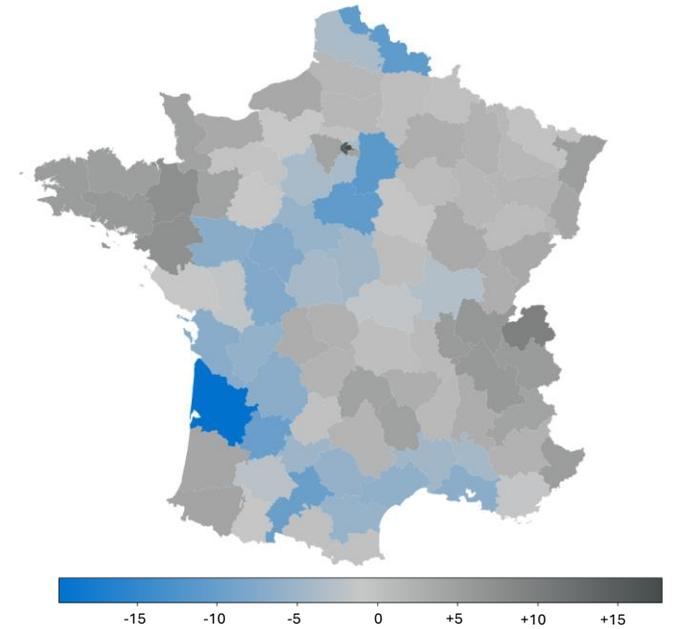
- Les résultats de l'algorithme d'optimisation sont traduits au niveau de la **prime moyenne MRH** en reportant les effets de l'allocation (gain/perte) **sur la part de la prime destinée à couvrir le risque sécheresse.**

Scénario de référence

Département	$\theta_{Risque} = 1, \theta_{Revenu} = 0$	$\theta_{Risque} = 0.5, \theta_{Revenu} = 0.5$	$\theta_{Risque} = 0, \theta_{Revenu} = 1$
33	521	505 (-16)	496 (-25)
75	454	467 (+13)	474 (+20)

Impact de l'allocation sur les primes moyennes MRH selon plusieurs valeurs des paramètres θ_{Risque} et θ_{Revenu} sur la Gironde et Paris

- L'application de l'algorithme conduit à un **échange de prime** entre des **départements complémentaires** tels que **Paris** et la **Gironde** qui présentent **des profils de risque sécheresse très différents** et **des écarts concernant le niveau de revenu**



Variation de la prime moyenne MRH suite à l'intégration du revenu ($\theta_{Revenu} = 0 \rightarrow \theta_{Revenu} = 1$)

Étude de soutenabilité

Éléments d'explications

Corrélation positive entre la variance des charges et les revenus

- Dans les départements à risque, une corrélation positive (0.28) entre la variance des charges et les revenus est observée
- Les départements risqués associés à des niveaux de revenus élevés ne bénéficient que d'une légère subvention des départements non risqués

Distribution plus dispersée de la variance des charges par rapport aux revenus

- La variance des charges a un coefficient de variation de 225% contre 10% pour les revenus
- La variabilité du revenu n'est pas assez suffisante pour proposer une allocation plus soutenable

Peu de départements complémentaires

- Peu de départements avec un risque haut et un revenu bas ou un risque faible et un revenu haut.
- Cela limite les échanges entre ces catégories de département et donc possibilité de lutter contre la soutenabilité.

Mesurer et prévenir le risque d'inassurabilité

- **L'intégration des revenus** à l'échelle du département à l'algorithme de partage du risque présenté **ne permet pas d'aboutir à une réduction significative de la prime moyenne MRH** dans les départements où elle augmente le plus à horizon 2050.
- La définition même d'une **métrique associée à la notion d'inassurabilité est complexe**.
- Dans son stress-test de 2023, l'ACPR propose des **seuils sur un ratio entre valeur du bien et montant de la prime**.
- Une piste de réflexion pourrait également être un **ratio entre montant de la prime et revenu disponible**. Le calibrage d'un seuil sur ce ratio est néanmoins **difficile en pratique** et nécessiterait des études plus détaillées sur le comportement différencié des assurés face à une augmentation de la prime.

Pistes de réflexions

- **Des mesures incitatives** visant à promouvoir des **dispositifs de prévention des risques** (présence de végétation à proximité des bâtiments, amélioration du bâti avec le projet « Initiative sécheresse »), avec la difficulté associée **aux ordres de grandeur des prix de ces mesures par rapport au niveau des primes**
- La mise en place de **mécanisme de subventions publiques** visant à réduire la charge de la prime pour les assurés, nécessitant une **évaluation minutieuse** du rapport entre le coût pour la société de cette subvention et le coût d'une sinistralité en hausse dans un environnement de couverture assurantielle réduite

Merci pour votre attention !

Q&A

Annexes

Modélisation du risque sécheresse

Construction des indices de sécheresses

Indice SPEI-3

- **Données utilisées** : **Température et précipitations (Météo France)**. L'indice dépend uniquement de la **température**, de la **durée d'ensoleillement** et des **précipitations**.
- **Principe de calcul** : Calcul de l'**évapotranspiration ETP**. Calibration d'une loi log-logistique sur les **précipitations nettes** : $D = P - ETP$. **Normalisation** de la distribution et calcul du SPEI (*Vicente-Serrano et al, 2010*).

Indice magnitude SWI

- **Données utilisées** : **SWI uniforme (Météo France)**. L'indice dépend uniquement du **niveau d'humidité des sols**.

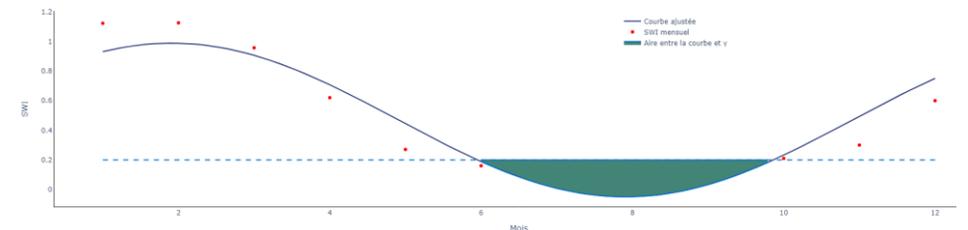
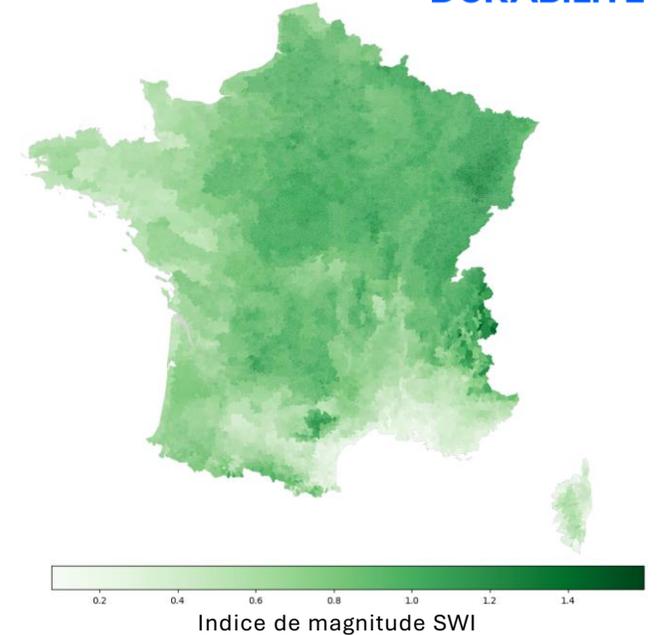
- **Principe de calcul**

Ajustement d'une courbe sinusoïdale sur les SWI mensuels

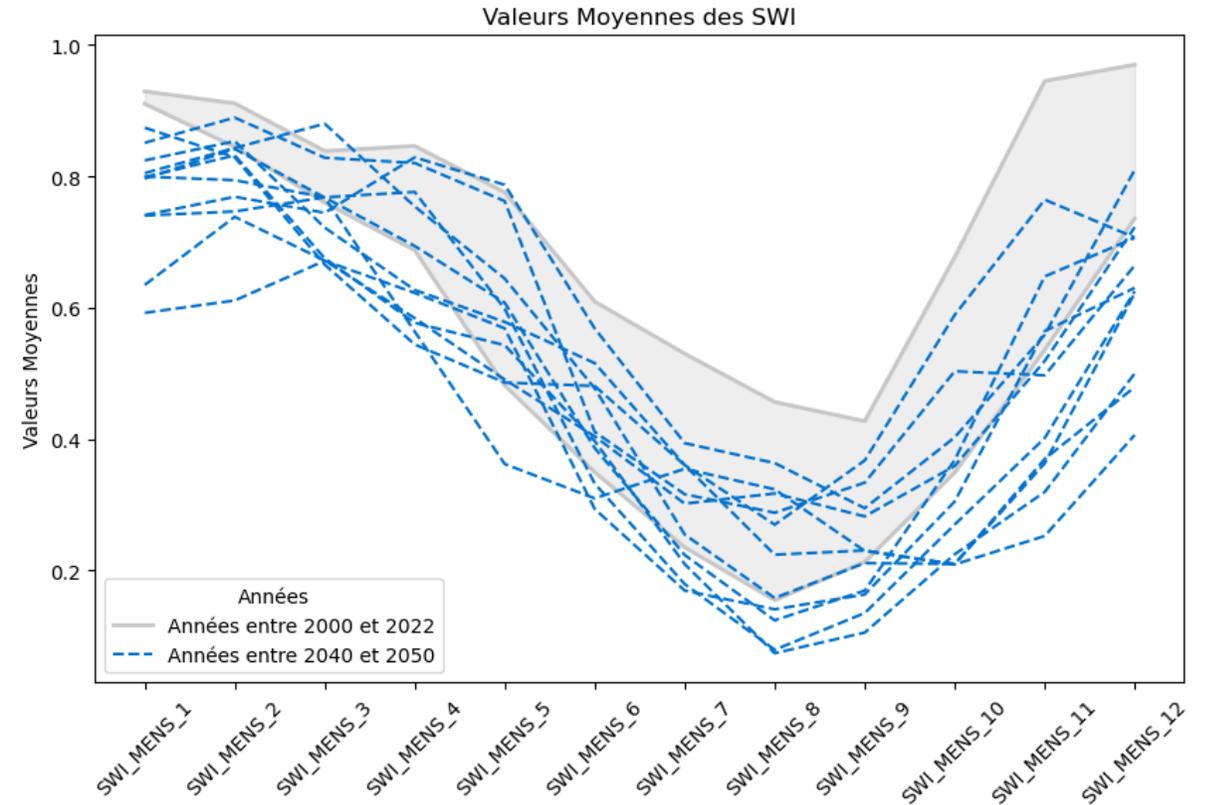
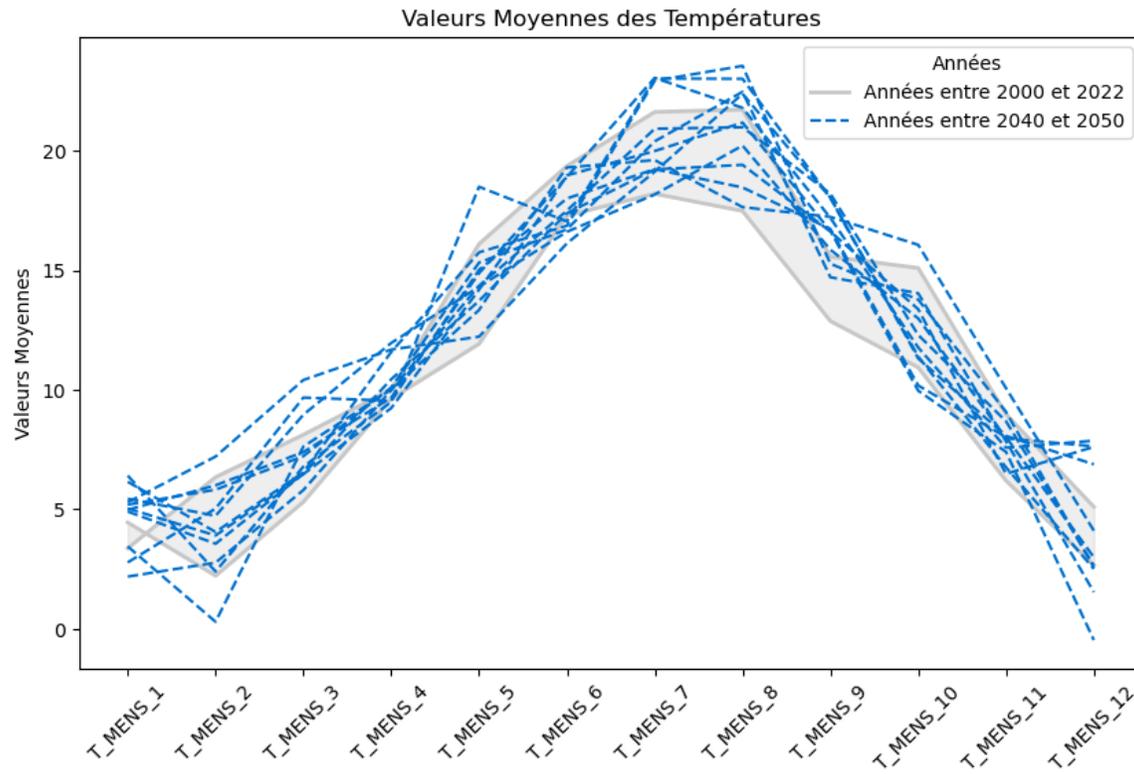
$$\min_{\theta} \sum_{i=1}^{12} (SWI - f_{\theta}(x))^2.$$

Définition du seuil γ et calcul de l'intégrale sous cette valeur seuil :

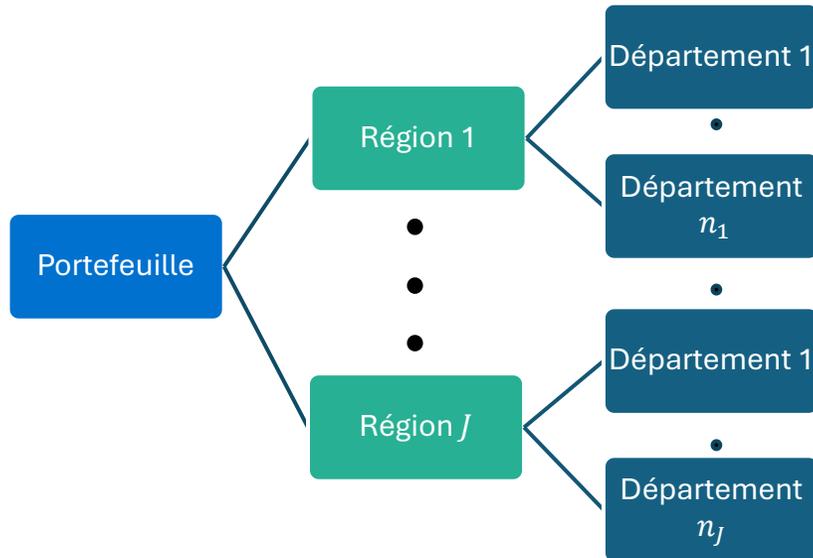
$$SWI(\gamma) = \int \max(0, \gamma - f_{\theta}(x)) dx$$



Etude du domaine de définition : Données d'entraînement vs données de projection



Modèle hiérarchique: Structure du modèle à deux niveaux



Segmentation du portefeuille en plusieurs niveaux

Expérience du département

Prime de crédibilité départementale — $\hat{\pi}_{ij}^H = z_{ij}Y_{ijw} + (1 - z_{ij})\hat{\pi}_i^H$

Prime de crédibilité régionale — $\hat{\pi}_i^H = z_i Y_{izw} + (1 - z_i)m$

Expérience de la région

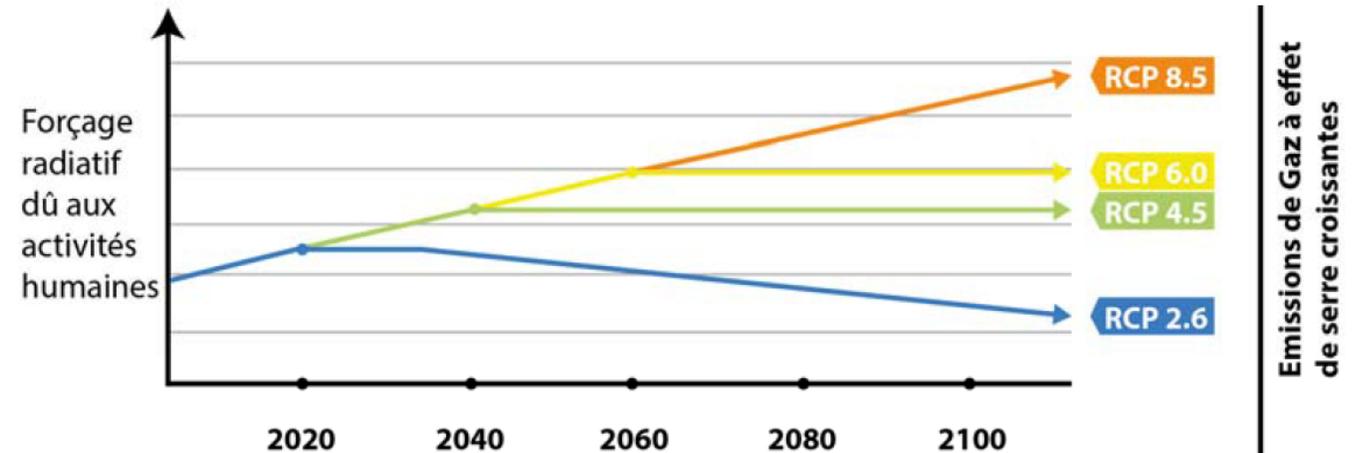
Expérience du portefeuille

Projection du risque

Projection des variables climatiques

Scénarios RCP

- Les **scénarios RCP** (Representative Concentration Pathways) correspondent à des scénarios socio-économiques associée à **des trajectoires de forçage radiatif** s'étendant de 2006 à 2300.
- **4 trajectoires** ont été définies par le GIEC :
 - **RCP 2.6** : Scénario le plus optimiste avec diminution des émissions.
 - **RCP 4.5 et 6.0** : Scénarios intermédiaires avec stabilisation des émissions.
 - **RCP 8.5** : Scénario le plus pessimiste avec augmentation des émissions au rythme actuel (« *Business as usual* »).



Choix de la trajectoire 4.5

- **Remise en question** de la pertinence du **scénario RCP 8.5**.
- Pas de différence majeure avec le scénario RCP 8.5 pour l'horizon considéré.
- Permet d'être cohérent avec les hypothèses du nouvel exercice de l'ACPR.

Modélisation du risque sécheresse

Modélisation de la probabilité de demande CAT NAT

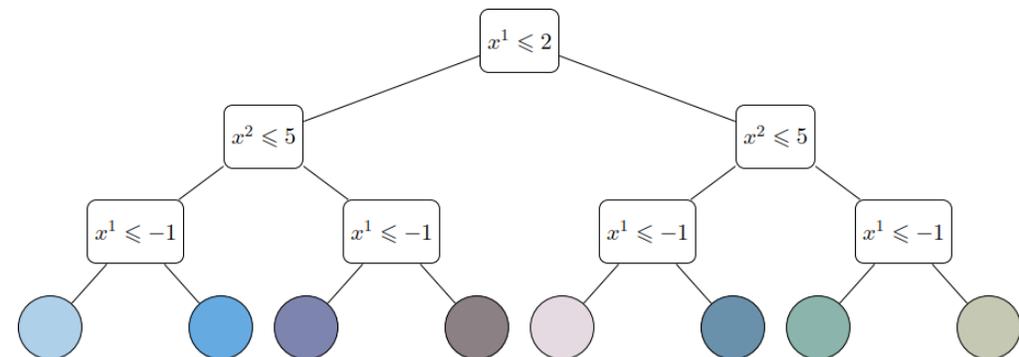
Objectif : Estimer la **probabilité de demande Cat Nat annuelle par commune**, notée Y , à l'aide de variables explicatives telles que les données climatiques (indices de sécheresse) et les données d'exposition (logements à risque RGA, type de logement).

Méthode d'apprentissage supervisé : Soit (x_i, y_i) une suite d'observations avec x_i le vecteur des variables explicatives et y_i la réalisation de la variable cible Y . A partir de ces **observations** et d'une **fonction de perte l** , l'objectif est de construire la **fonction de prédiction f** qui minimise le risque empirique (l'erreur du modèle)

$$R_n(f) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n l(y_i, f(x_i)).$$

Méthode de *Gradient Tree Boosting*

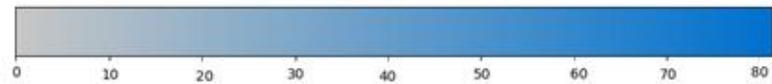
Pour approcher la fonction f^* qui minimise le risque empirique, l'algorithme de **boosting Catboost (2018)** a été utilisé. Ce dernier repose sur les **arbres de décision** et exploite le principe de **descente de gradient**.



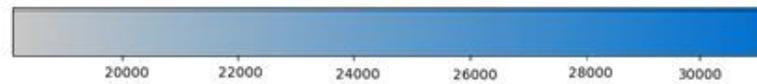
Arbres symétriques employés par l'algorithme *Catboost*

Prise en compte de la variance du revenu

Écart-type de la charge sinistre projetée (m€)



Revenu médian par département (€)

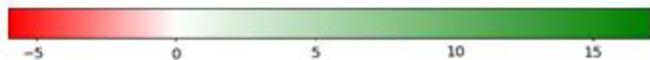
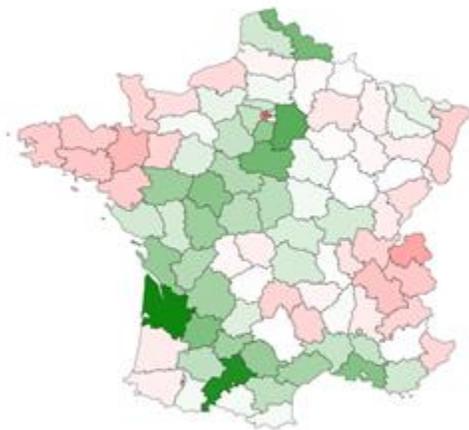


Variance du revenu médian par département

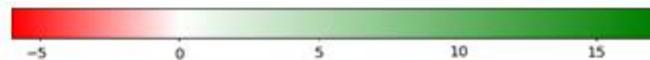
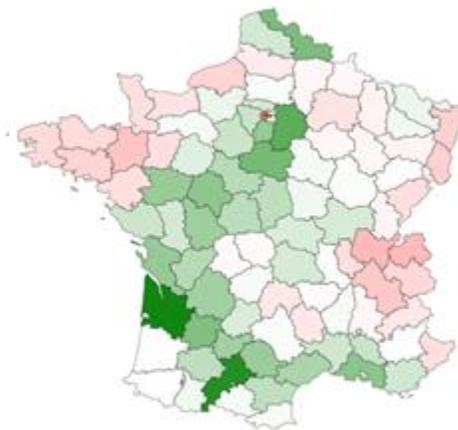


Prise en compte de la variance du revenu

$\theta_{\text{risk}}=0.5, \theta_{\text{revenu}}=0.5, \theta_{\text{h}}=0$



$\theta_{\text{risk}}=0.5, \theta_{\text{revenu}}=0.25, \theta_{\text{h}}=0.25$



$\theta_{\text{risk}}=1/3, \theta_{\text{revenu}}=1/3, \theta_{\text{h}}=1/3$

