Comité d'Orientation GEMAPI de la Seine Normande
09/12/2025

Les enjeux du changement climatique sur le territoire de la Seine Normande

Laignel Benoit
Professeur, Université Rouen Normandie
Co-Président du GIEC normand
Président du GIEC de la métropole de Rouen Normandie
Délégué du Ministère de l'ESRE au GIEC
Haut Fonctionnaire Développement Durable de l'ESRE
benoit.laignel@univ-rouen.fr

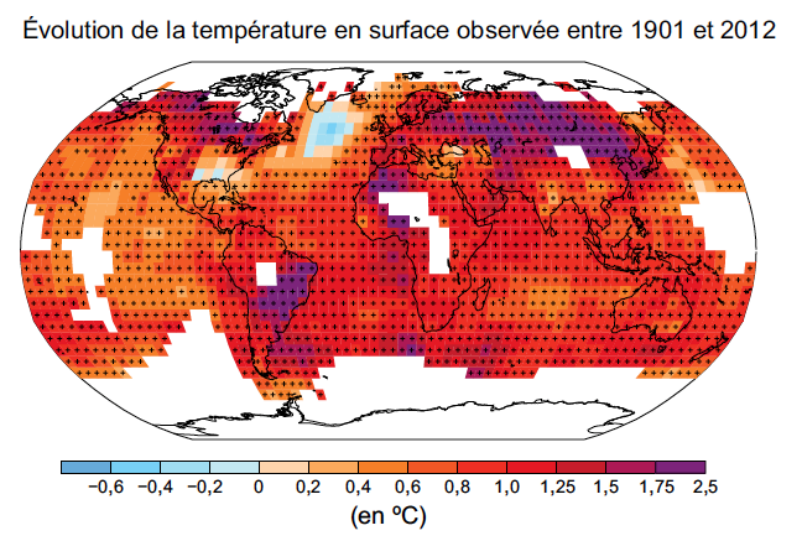
Augmentation de température à l'échelle du globe

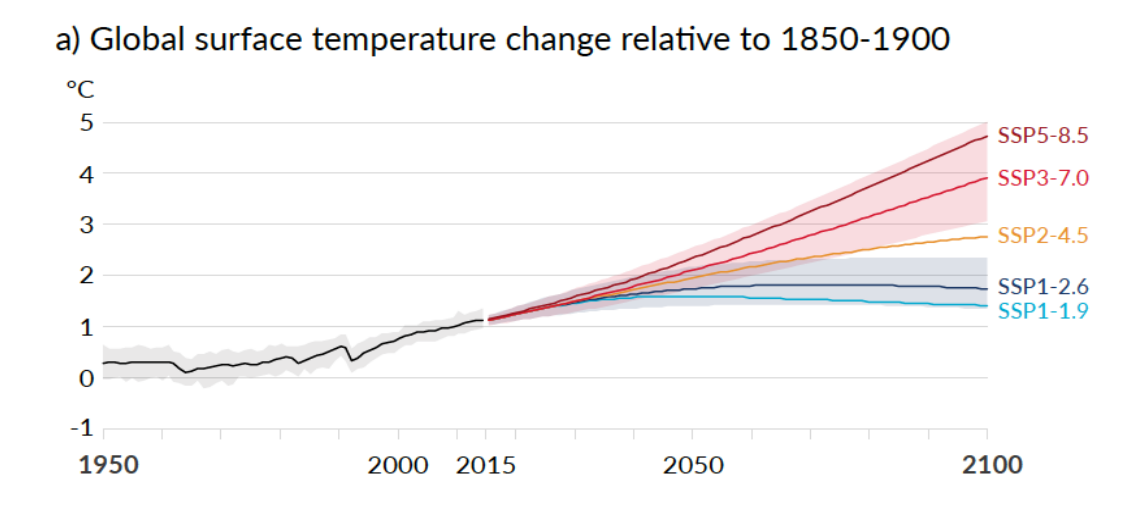
Elévation température moyenne du globe

(combinant terres émergées et océans)
Comparaison 2011-2020 / 1850-1900
(= période pré-industrielle)

+ 1,09 °C

Liée aux émissions de Gaz à effet de serre par les activités humaines





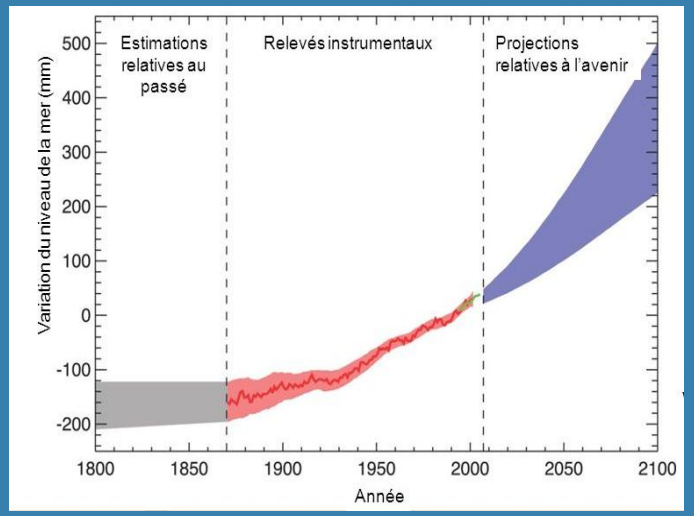
Elévation température moyenne du globe à l'horizon 2100 :

Entre + 1,4 et + 4,4 °C (Moyennes des modèles)
Entre +1 et + 5,7 °C (Modèles avec incertitudes)

Au vue des émissions de gaz à effet de serre (GES) actuelles :
Objectif de la COP 21 de limiter le réchauffement à 1,5°C ne peut pas être atteint
trajectoire + 3°C

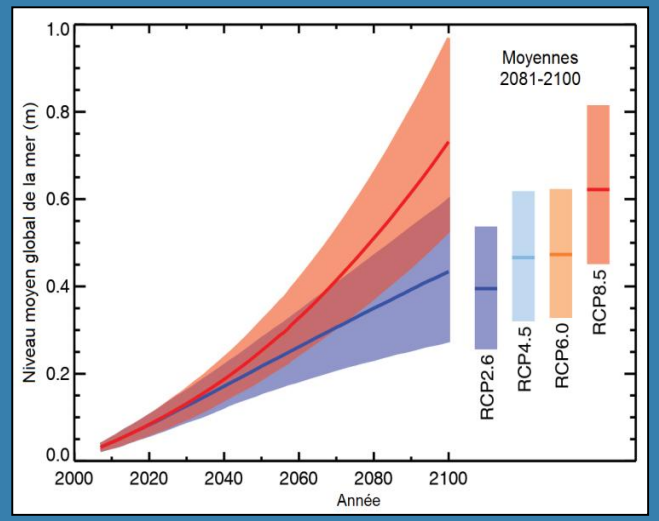
IPCC/GIEC, 2021, 2022, 2023

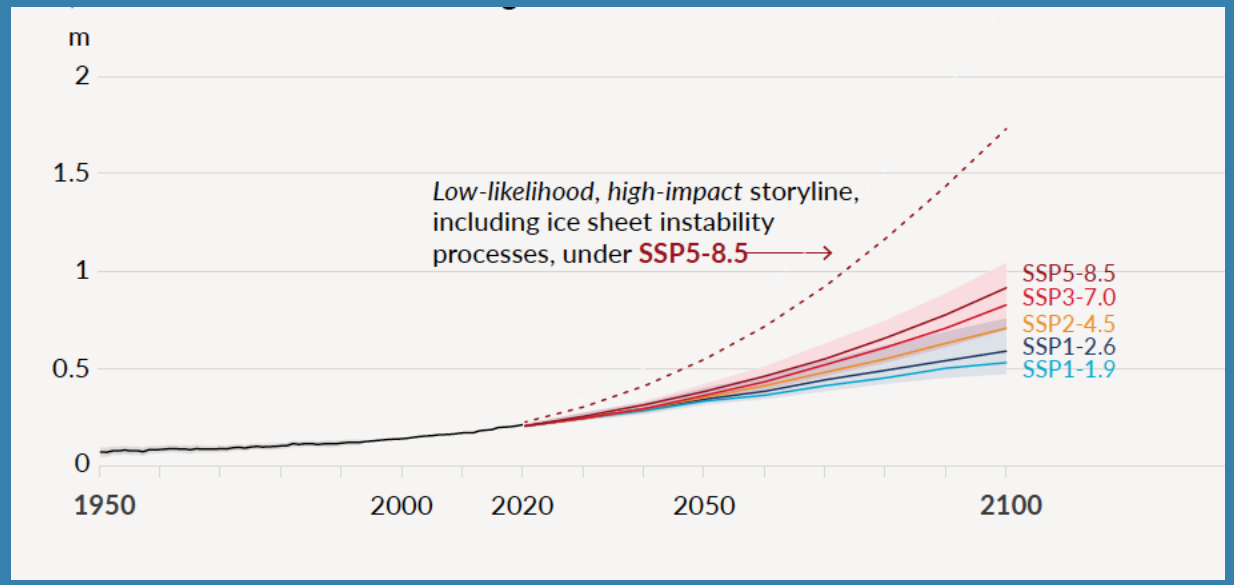
Elévation moyenne du niveau de la mer : Projections du GIEC en 2100



4ème rapport du GIEC
+ 0,18 à 0,42 m

5ème rapport du GIEC
+ 0,26 à + 0,98 m





6ème rapport du GIEC (Vol 1)
+ 0,40 à + 1,01 m
(+ 1,80 m)

IPCC/GIEC, 2021, 2022, 2023

De plus en plus d'événements extrêmes climatiques - Ex depuis octobre 2024 …

Inondation dévastatrice
Valence (29 et 30 octobre 2024)

Cyclones, Ouragans
Chido à Mayotte (14 décembre 2024)
Garance à la Réunion (28 février 2025)
Caraïbes/Jamaïque (28 octobre 2025)

Incendies
Californie (7 au 31 janvier 2025)
Canada 2214 incendies (mai-juin 2025)
Sud de L'Europe, Turquie (été 2025)
Aude (5 au 28 aout)

Effondrement d'un glacier
Village suisse de Blaten (28 mai 2025)

Tempêtes et inondations
Normandie (7 et 8 décembre, 22 et 23 décembre 2024)
Rennes et Grand Ouest (tempêtes Eowyn et Herminia, 25 au 29 janvier 2025)
Gard (tempête Monica 9 et 10 mars 2025)
France (tempête Benjamin 23 octobre 2025)

50ème et 51ème vagues de chaleur depuis 1947 en France entrecoupés par de violents orages (T° > 40°) : 19 juin au 4 juillet et 8 au 18 aout

Le changement climatique : Une réalité en Normandie

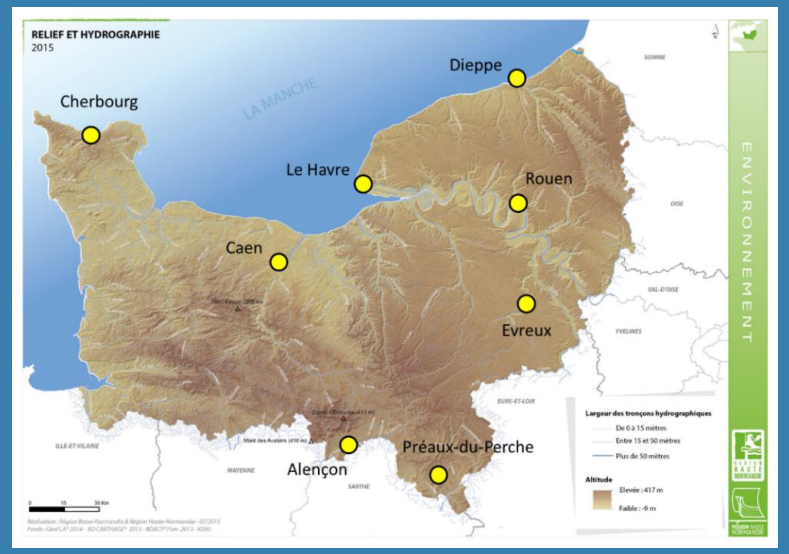
Synthèses :
GIEC normand
GIEC de la métropole de Rouen Normandie

RÉGION NORMANDIE

GIEC de la Métropole Rouen Normandie
Groupe interdisciplinaire d'experts locaux sur le climat

Réchauffement climatique : une réalité en Normandie

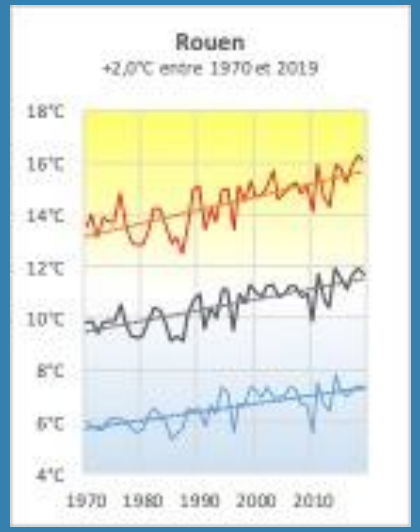
Evolution de la température
sur 8 stations normandes de référence



Anomalies de température
(Selon Méthode du GIEC)
période actuelle 1981-2010 et la précédente 1951-1980
+0,6 à +0,8°C

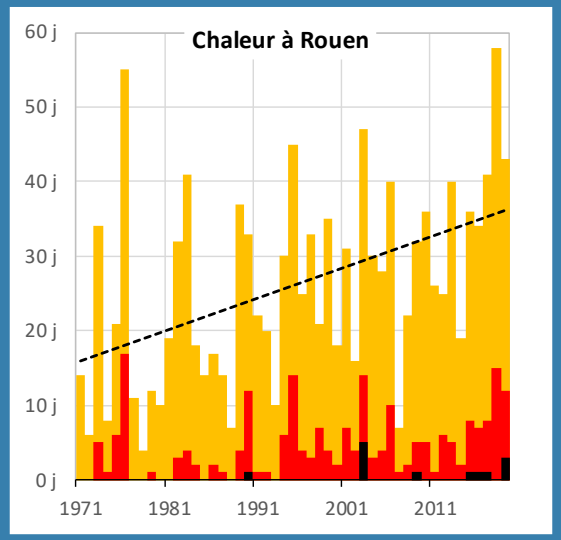
Tendance linéaire statistiquement significative à l'augmentation
+1,2 à +2°C

	Caen	Rouen	Alençon	Evreux	Cherbourg	Préaux	Dieppe	La Hève	Région
moyenne 1970-2019	11.1°C	10.5°C	11.0°C	10.7°C	10.7°C	10.7°C	11.0°C	11.4°C	10.9°C
tendance linéaire	+1.2°C	+2.0°C	+1.4°C	+1.7°C	+1.8°C	+1.6°C	+1.4°C	+1.9°C	+1.7°C



Cantat et al., 2020, GIEC normand ; Laignel et Nouaceur, 2018, GIEC local Métropole Rouen Normandie

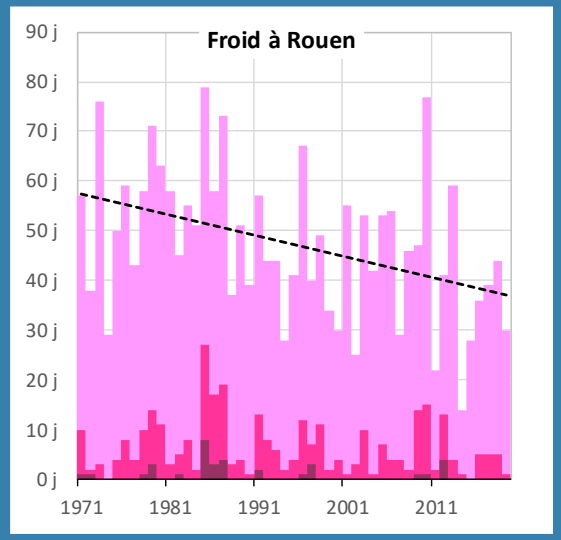
Occurrences des jours de chaleur, froid, neige et brouillard (1970 à 2019, ex : Rouen)



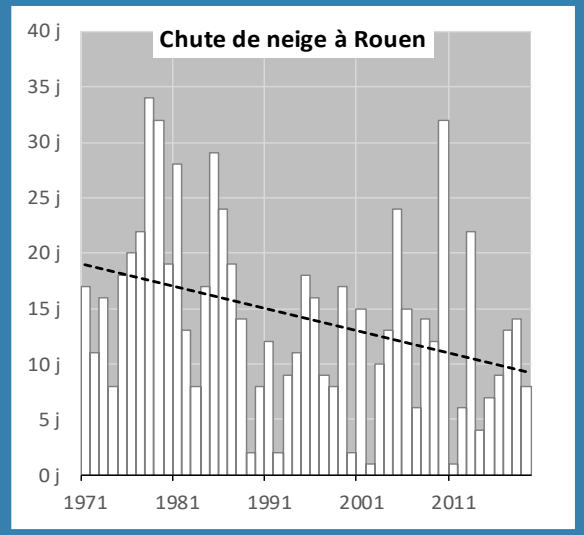
Tx ≥ 25°C

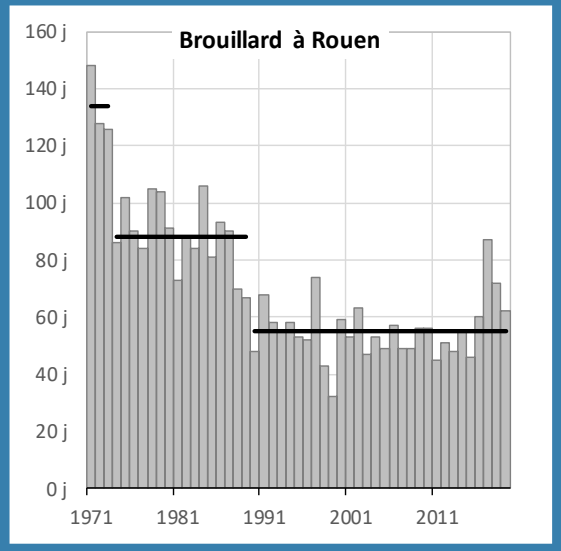
Rouen
15 à 35 jours

Tn ≤ 0°C
Rouen
58 à 38 jours



Tendance à la baisse dans le cadre d'une forte variabilité interannuelle
Ex 2010 : froid et humidité ont occasionné une année remarquablement neigeuse

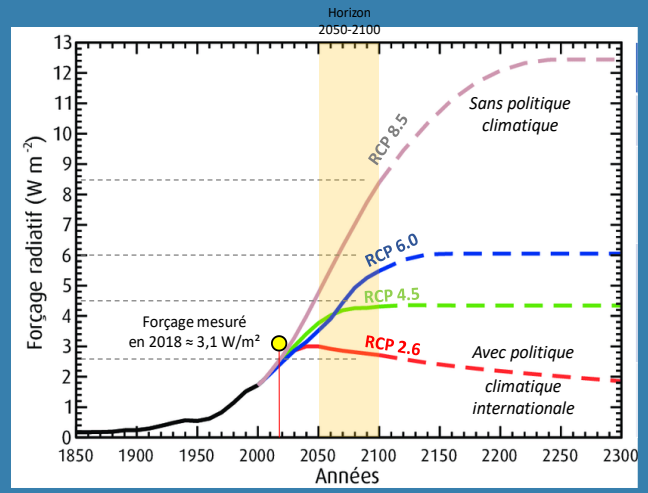




Evolution plus complexe par palier
- 3 paliers à Rouen :
120 jours, 80 jours, 55 jours

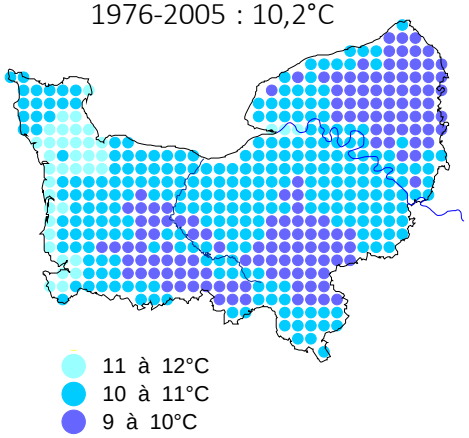
Cantat et al., 2020, GIEC normand ; InfoClimat - Maafi, Laignel, Nouaceur, Debret, 2019

Projection : Evolution des températures atmosphériques moyennes annuelles en Normandie – Horizons moyen et long terme



Ecart / T° moyenne
(valeur annuelle en °C)

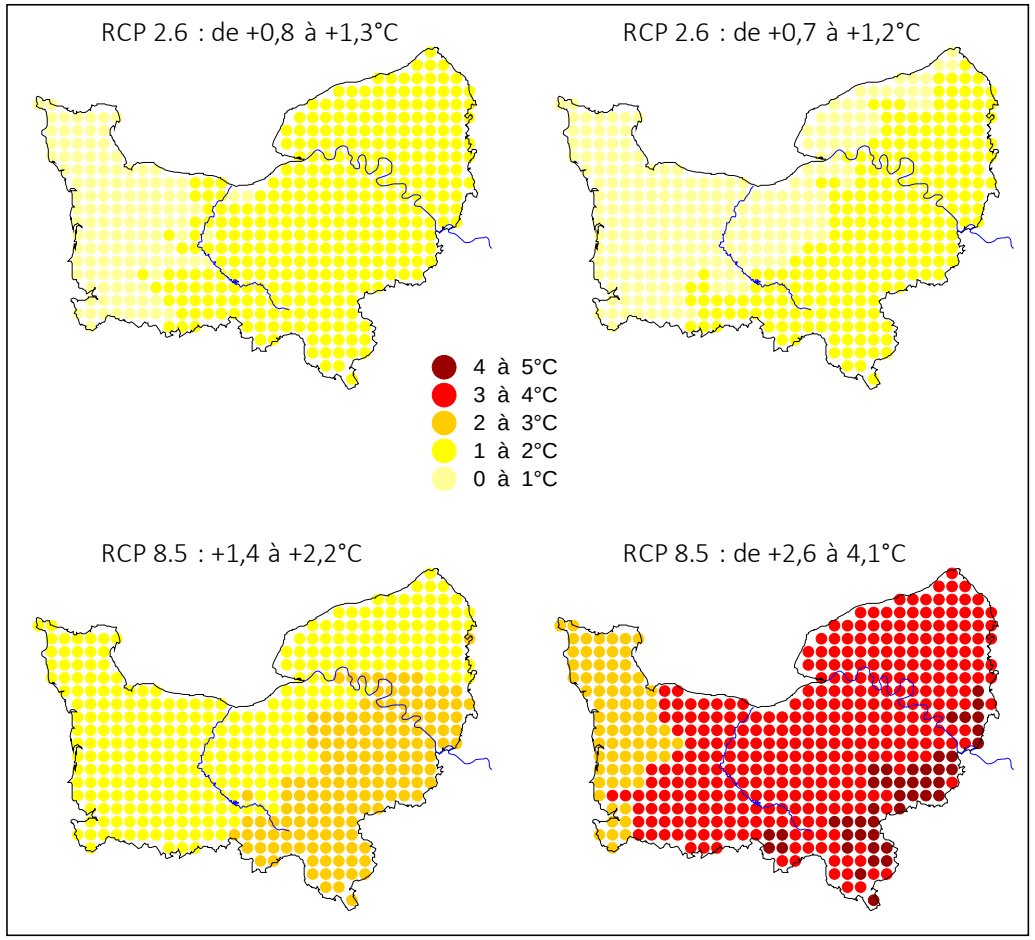
Situation de référence
1976-2005 : 10,2°C



Données Drias les futurs du climat

Réallisation O. Cantat, LETG, UNICAEN

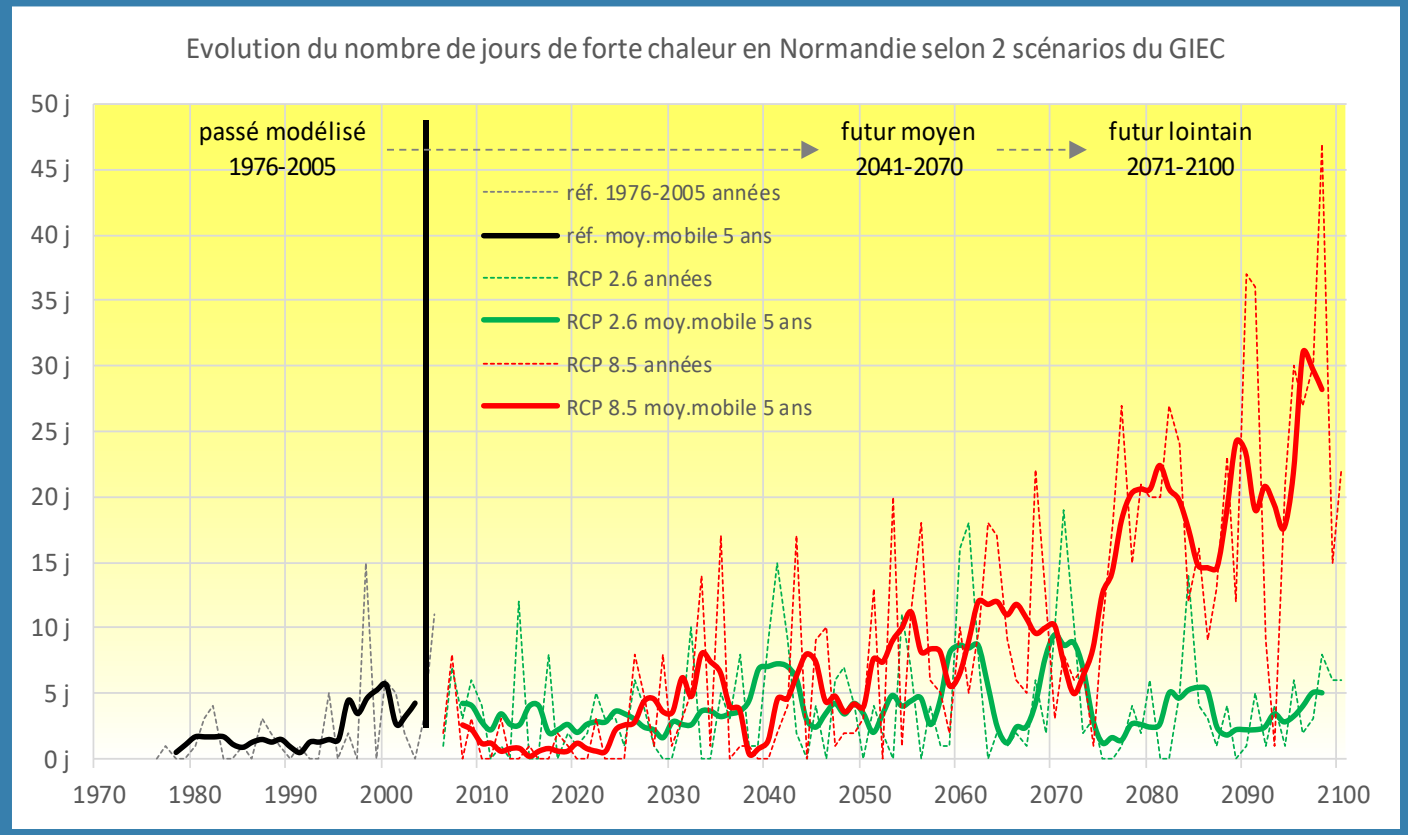
Horizon moyen 2041-2070 | Horizon lointain 2071-2100

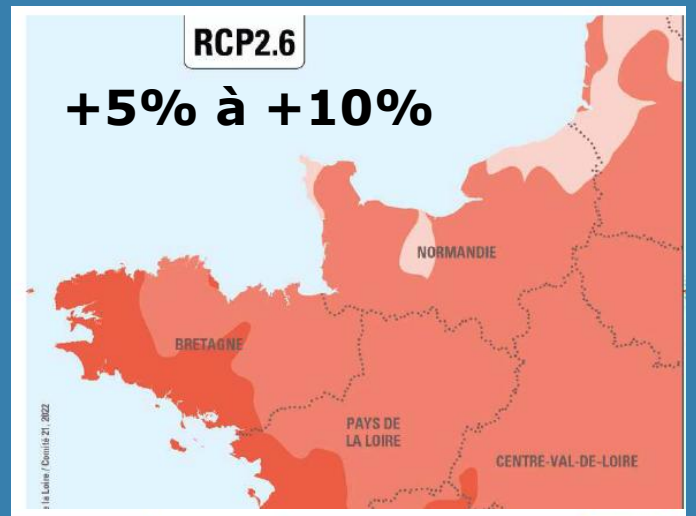


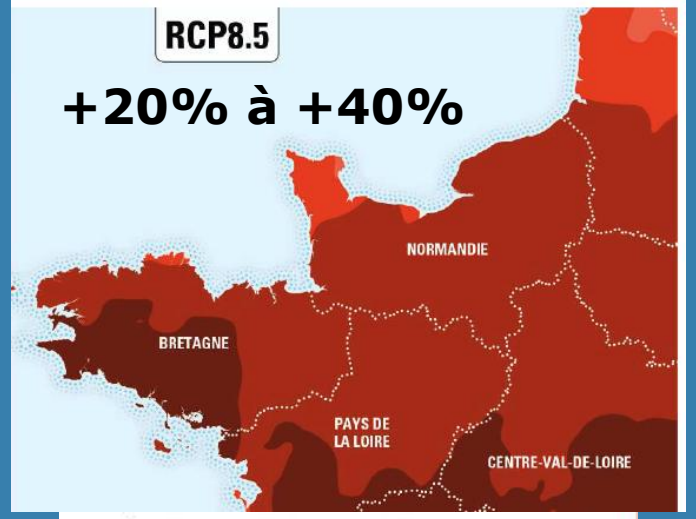
Cantat et al., 2020, GIEC normand

Evolution du nombre de jours de forte chaleurs T°>=30°C en Normandie à l'horizon 2100

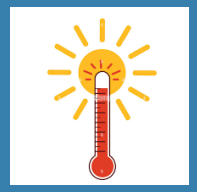
Cantat et al., 2020, GIEC normand







Ecart devrait se creuser entre l'intérieur des terres qui subiront des vagues de chaleur plus intenses et plus durables (RCP 8.5 : + 30 à 40 j) que les espaces côtiers océanisés (RCP 8.5 : +4 à +11 j)



Pics de chaleur 2071-2100
49° à Evreux (75 fois)
45° à Rouen, Caen, Alençon (30 fois)

Évolution annuelle et saisonnière de la pluviométrie en Normandie horizon lointain 2071-2100

Incertitude sur les précipitations moyennes annuelles

Scénarios 2014
Stabilité à -15% (- 160mm)

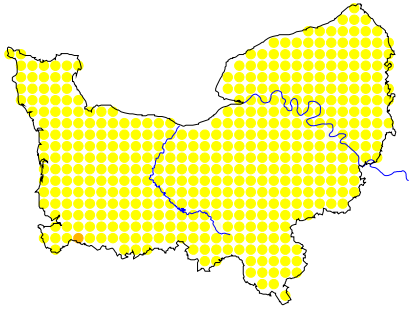
Scénarios 2020
Jusqu'à + 8%

Contraste entre les saisons Hiver/été

Augmentation des précipitations extrêmes +2 à +10%

Saisonnalité des précipitations

Evolution entre la période référence 1976-2005 et la projection 2071-2100 pour le scénario RCP 8.5.

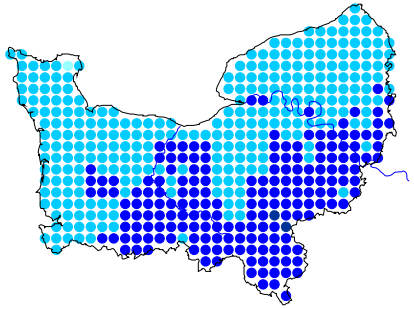


Année ≈ - 9,6 %
(entre -15,2 et -4,1 %)

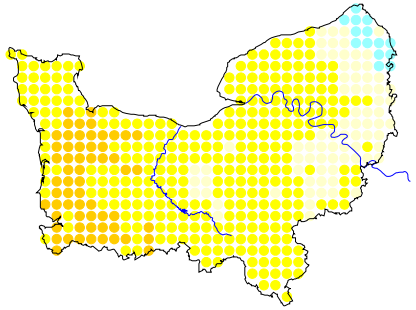
Données Drias les futurs du climat

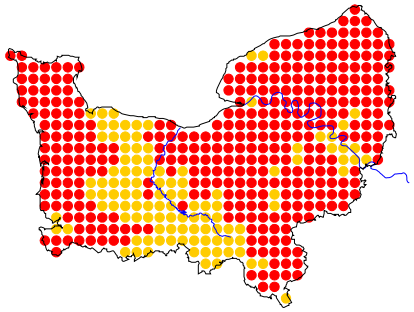
Réalisation O. Cantat, LETG, UNICAEN

Hiver ≈ +13,6 %
(entre +4,6 et +26,6 %)

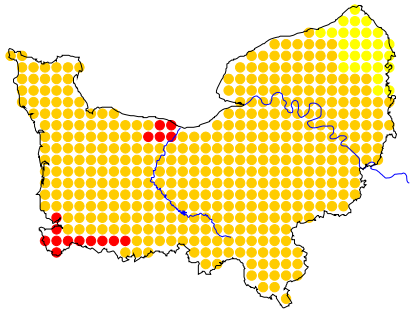


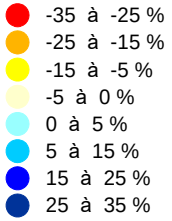
Printemps ≈ -9,1 %
(entre -21,0 et +3,9 %)





Été : ≈ -26,9 %
(entre -34,4 et -19,8 %)





Automne ≈ -20,2 %
(entre -27,3 et -17,9 %)

Cantat et al., 2020, GIEC normand

Inondation

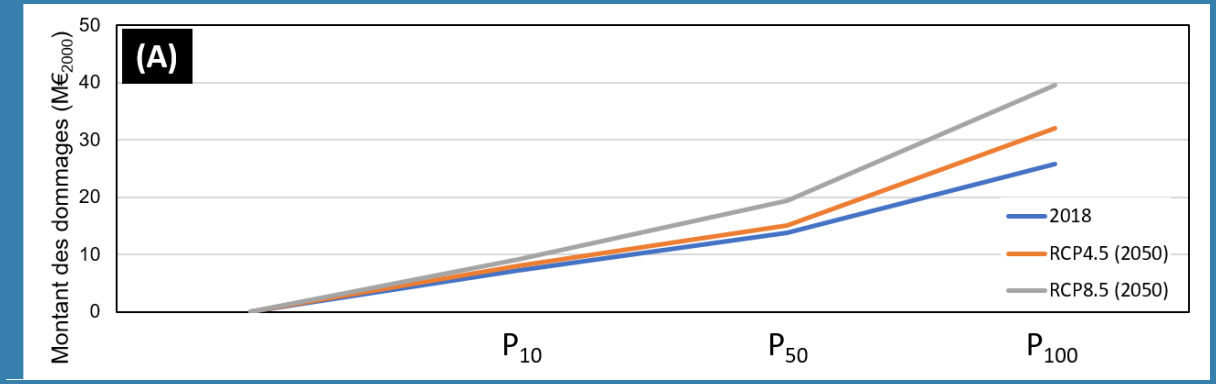
Augmentation des précipitations intenses

= Augmentation du ruissellement, des crues de rivières, des remontées de nappe

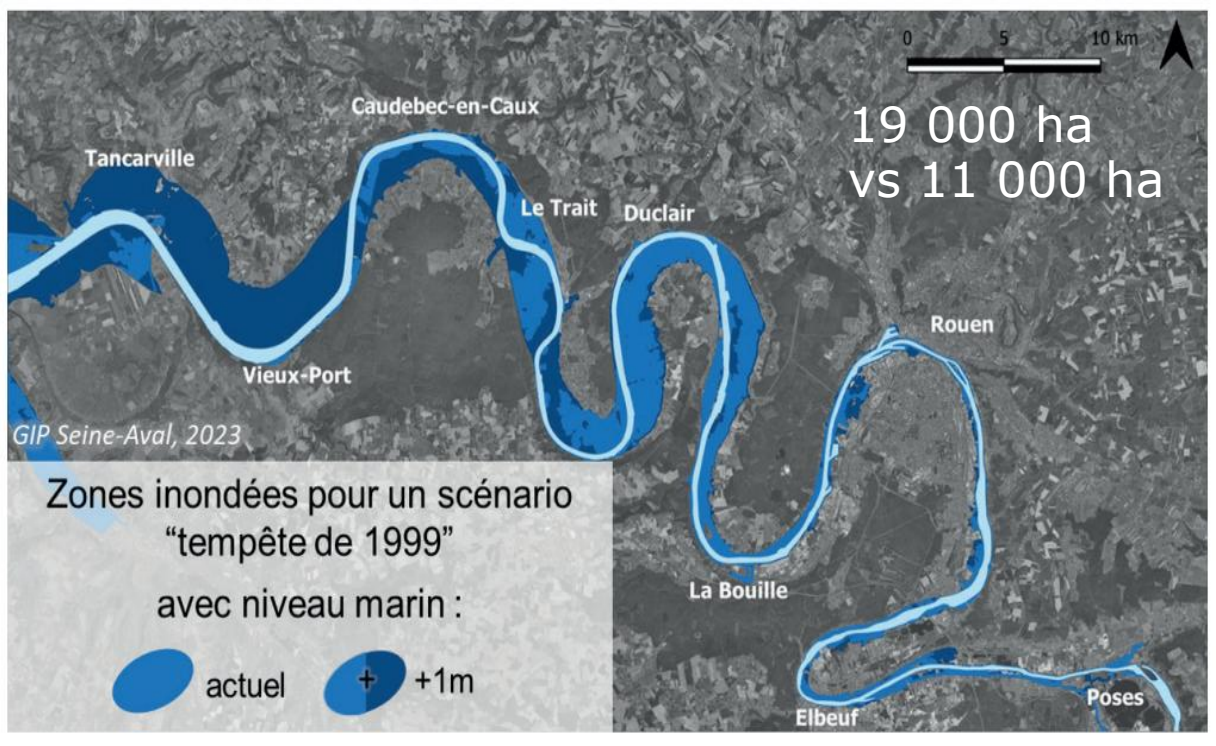
+ élévation du niveau marin (60cm à 1m) qui bloque les écoulements dans l'estuaire

=

Augmentation de la fréquence et de l'intensité des inondations, de l'érosion des sols, de la turbidité des cours d'eau, des coulées boueuses



Modélisation tempête décembre 1999
+ 1 m élévation niveau marin :
+ 8 000 ha des surfaces inondées



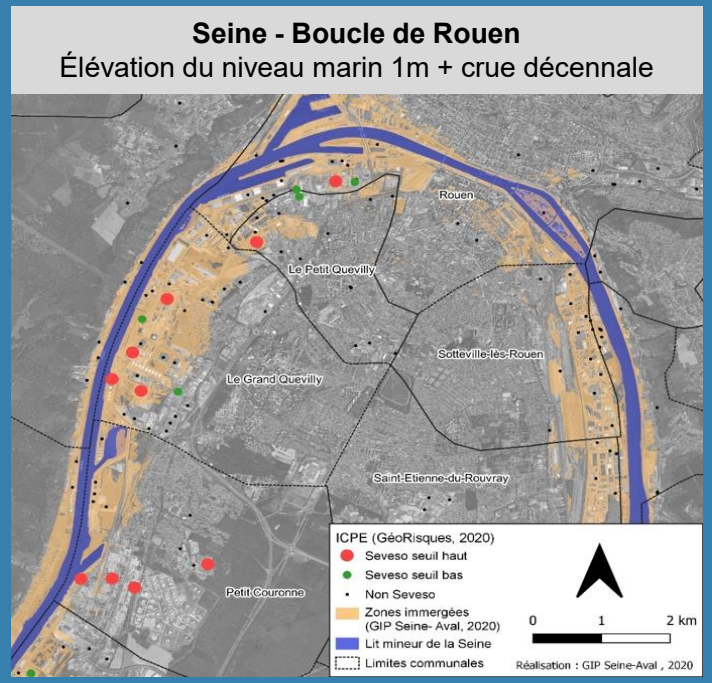
Modélisation des zones inondées lors de la tempête de 1999 avec et sans élévation du niveau marin de +1m
Source : ARTELIA/GIP Seine Aval

<u>Simulation à 2050 sur le bassin versant de la Lézarde</u> *(Patault et al., 2020)*

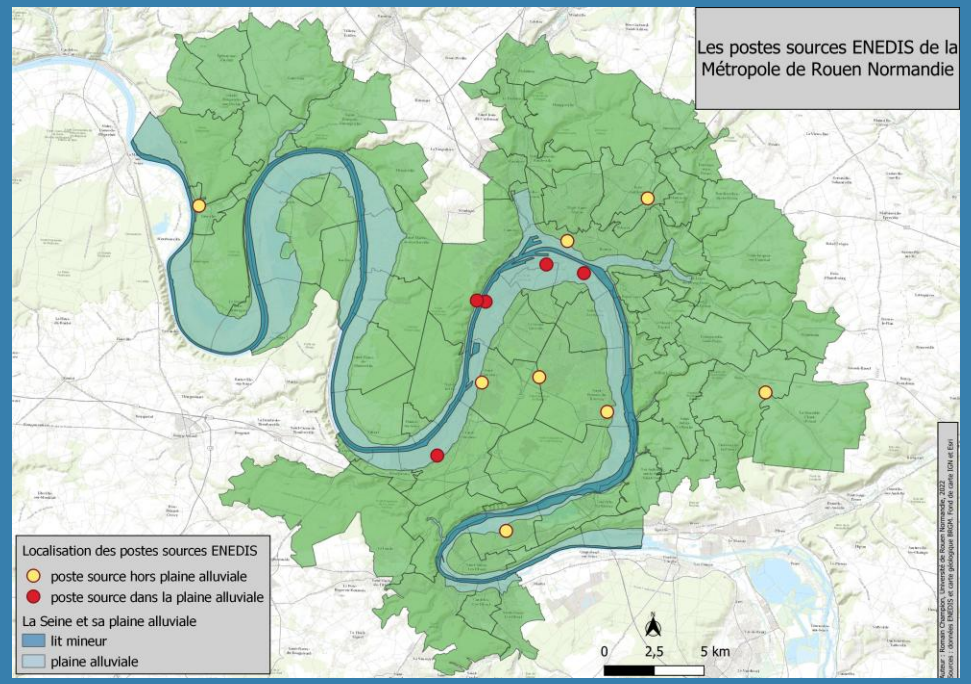
+14 à +29% de dommages liés aux inondations en 2050

Inondation et Risque industriel/technologique

↗ Risque d'inondation des cours d'eau et sur le littoral dans la cadre du changement climatique (concomitance entre élévation du niveau marin et crue…)
= ↗ Risque industriel pour les ICPE (dont SEVESO) par effet cascade



Projection ARTELIA/GIP Seine, m*odifiée avec ajout des sites SEVESO*

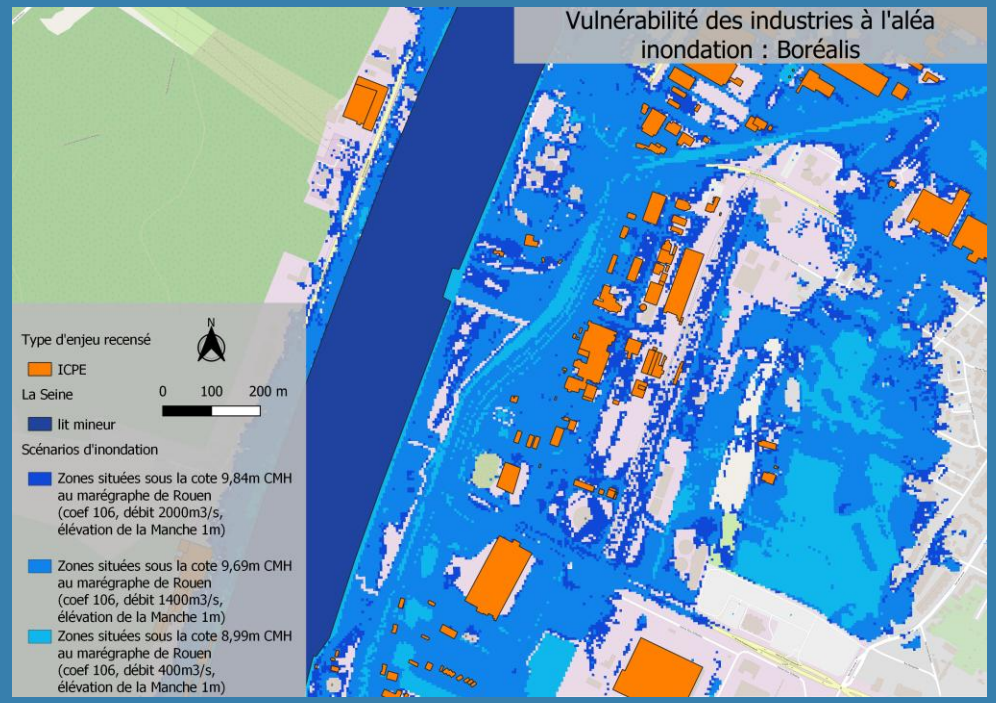


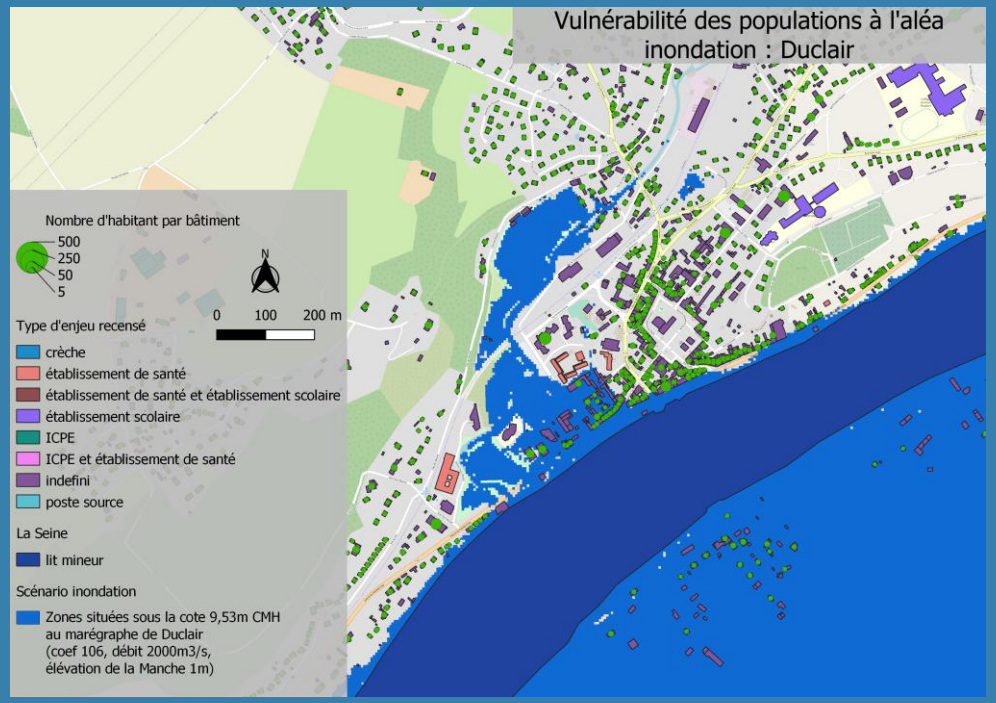
Changement climatique = Accélérateur du multi-risques
= Augmentation de l'intensité et de la fréquence des risques naturels
= Augmentation des risques industriels, sanitaires, économiques et sociétaux

Laignel et al., 2020, GIEC normand

Approche multirisques : Projets France 2030 ExcellenCES « TRANSITION »
« Plateforme numérique multirisques de la métropole de Rouen »

ANR-23-EXES-0013



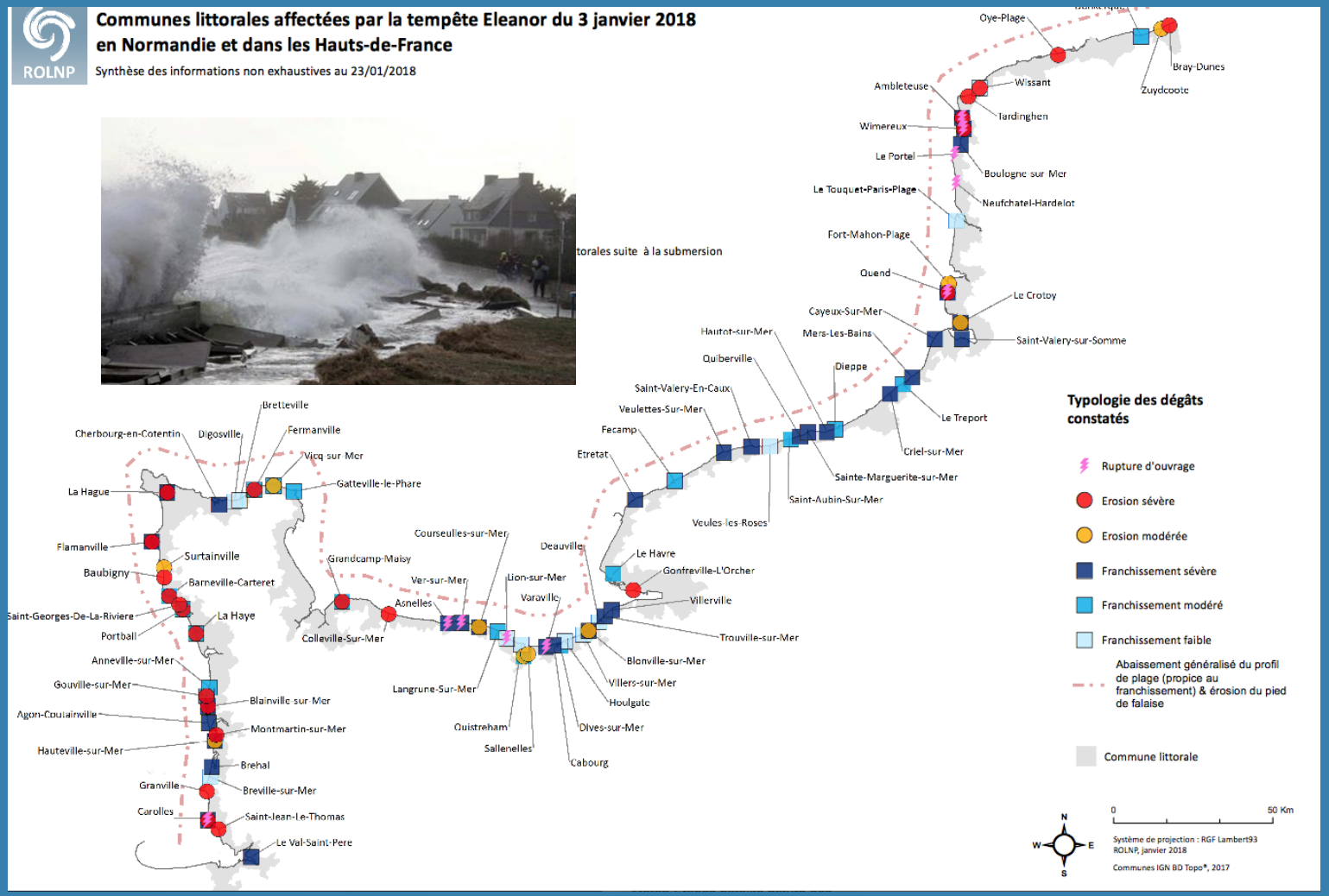


Exposition des populations et d'activités sensibles
Exposition des infrastructures et des services publics

https://multirisques.univ-rouen.fr/

Effets des tempêtes sur le littoral : recul du trait de côte/inondation

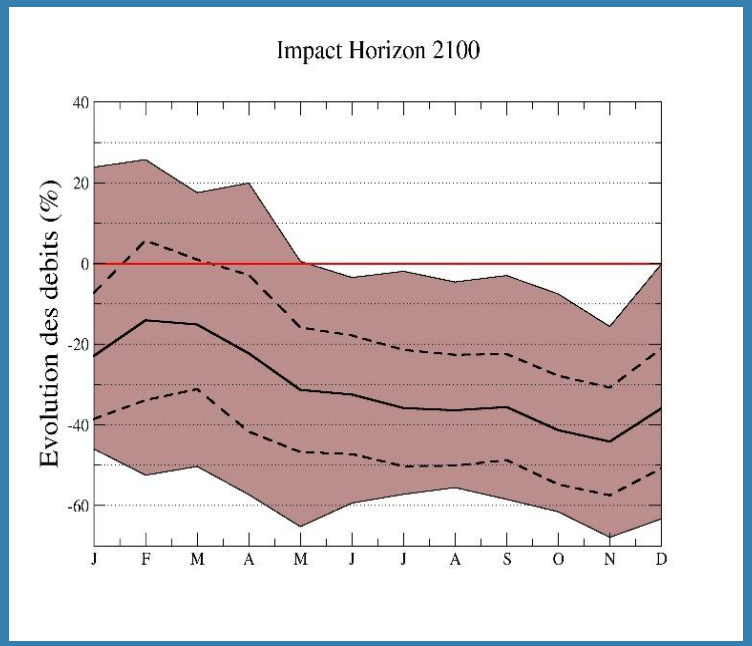
Ex : Eléanor 3 janvier 2018



Elévation du niveau marin (actuellement en moy +2,2 mm/an ; projection 0,6 à 1m)
+ Augmentation intensité des tempêtes
↓
Augmentation fréquence et intensité des submersions par franchissement/inondations

Changement climatique et ressources en eau

Evolution du débit de la Seine à Poses en 2100



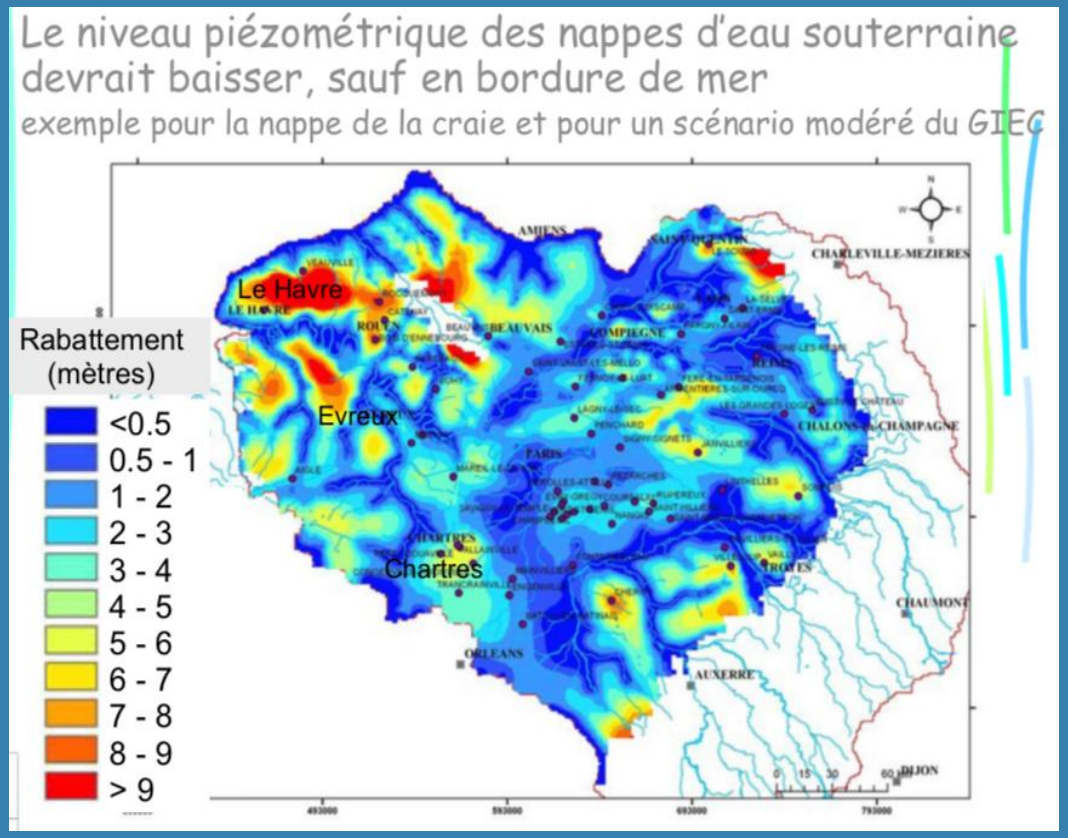
Ducharne et al., 2009
Confirmé par Flipo et al, 2020

Projet RexHySS

↘débit moyen annuel de la Seine

↘- 29% (+/- 14%)

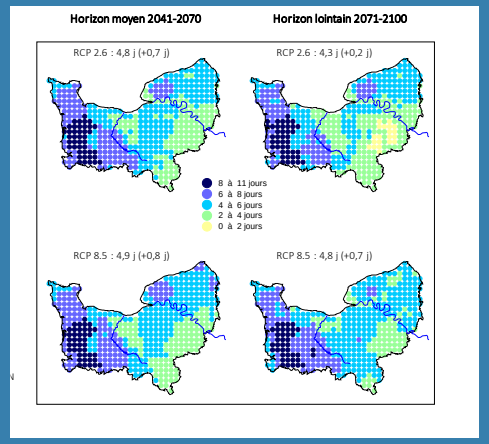
Recharge moyenne annuelle des nappes : -15 à -30%
Rabattement + de 5 m



Rabattement du niveau de la nappe de la craie du bassin de la Seine à l'horizon 2100 pour un scénario modéré du GIEC (source : Explore 2070, Modèle MODCOU BRGM, Stollsteiner, 2012).

= Problème de disponibilité à certaines périodes (principalement l'été)
= Périodes d'économie et de restrictions plus nombreuses et plus longues

Hypothèse sur l'évolution de la qualité de l'eau



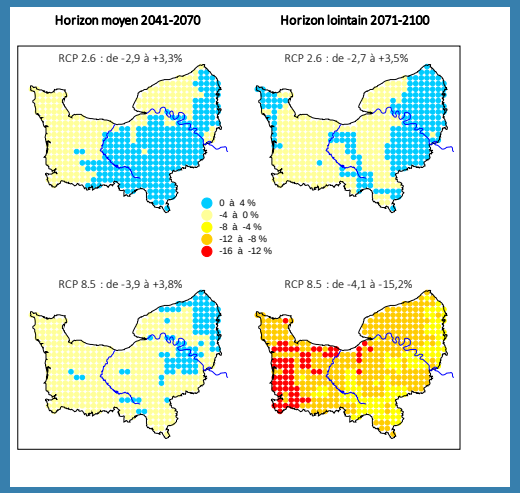
Augmentation des précipitations intenses +2 à +10%
= Augmentation du ruissellement et de l'érosion

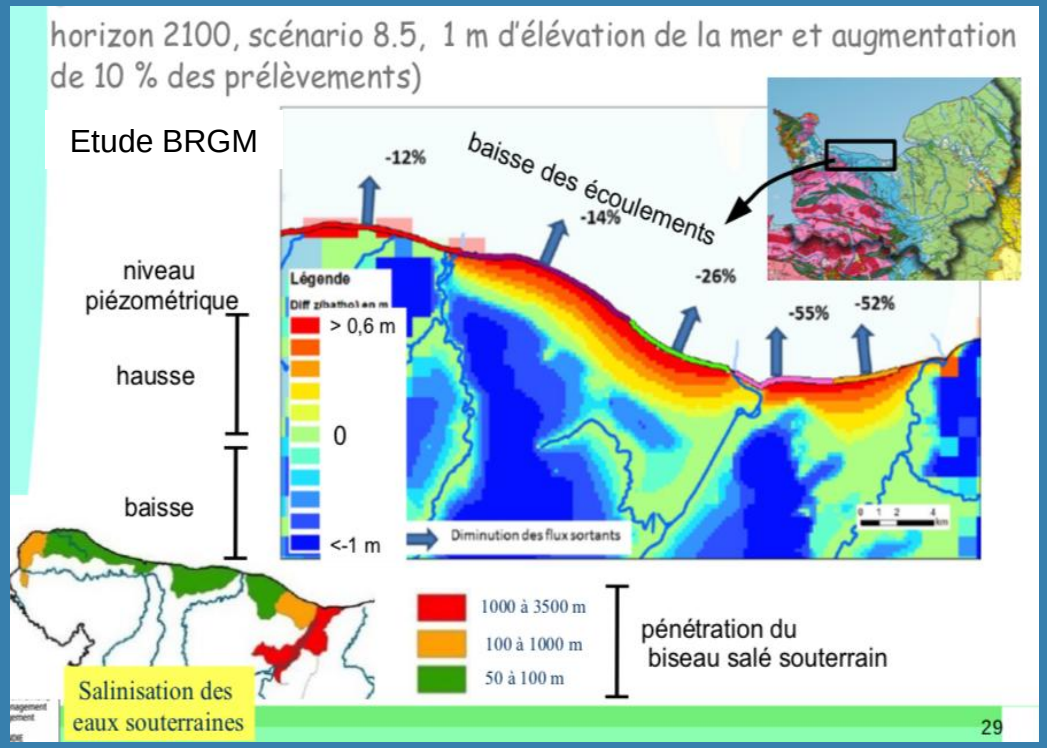
↓

- Augmentation de la turbidité des cours d'eau et de la contamination associée
- Problème de turbidité aux captages dans les zones crayeuses karstiques

Déficit des précipitations jusqu'à -15% (Sécheresse 2 à 7 jours)

= Etiage des cours d'eau sévère
= Problème d'oxygénation
+ Pollution potentielle par surconcentration d'éléments chimiques
+ Problème des rejets de stations d'épuration





Salinisation des aquifères côtiers
Forages déjà impactés :
Vallées de l'Orne, de l'Aure
Côte Ouest de la Manche

Laignel et al., 2020, GIEC normand

Principaux enjeux identifiés sur l'urbanisme, l'architecture, les mobilités, les secteurs énergétique et de l'assurance

URBANISME ARCHITECTURE

Exposition des territoires (bâti et infrastructures) aux :
- inondations
- vagues de chaleurs (ex : retrait-gonflement des argiles, îlots de chaleur, confort intérieur des logements…)

MOBILITÉS

- Vulnérabilités physiques et matérielles des infrastructures de transport et des ouvrages d'art
- Vulnérabilités fonctionnelles des mobilités liées au report modal lors d'un aléa ou de la rupture d'un axe de transport

SECTEUR ÉNERGÉTIQUE

- **Production** : Des sources en bois-énergie fragiles, un potentiel photovoltaïque fort mais tributaire de l'équilibre offre-demande et du risque inondation
- **Distribution** : Localisation de postes sources en zone inondable, vulnérabilités des câbles aériens aux aléas climatiques et risque de coupure d'électricité
- **Consommation** : Des changements dans les usages énergétiques (+ climatisation vs - chauffage) mais impacts positifs des actions de rénovation, d'efficacité énergétique et de sobriété

SECTEUR ASSURANTIEL

- Des coûts des aléas climatiques plus élevés (notamment inondation et RGA)
- Des assurances plus chères et des biens plus difficiles à assurer
- Conséquence sur l'équilibre financier du régime public-privé d'indemnisation Cat Nat
- Des politiques de prévention à renforcer

Principaux enjeux identifiés sur la biodiversité, la forêt

Impacts sur les espèces

- Pressions supplémentaires sur la flore et la faune locales ou migratrices,
- Installation d'espèces exotiques envahissantes (EEE)
- Extinction d'espèces septentrionales situées au sud de leur aire de répartition et isolées géographiquement

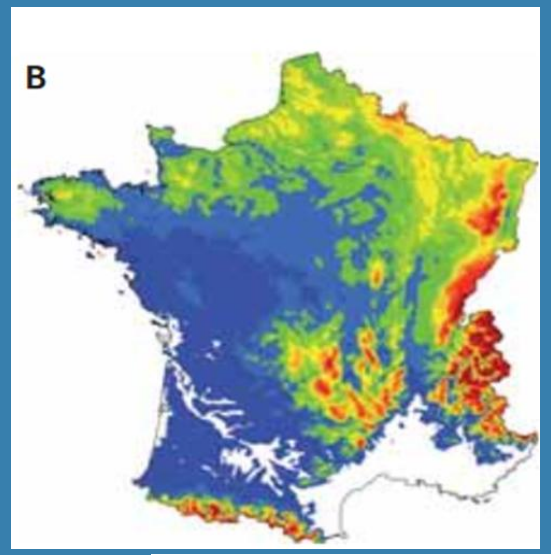
Impacts sur les milieux

- Pressions sur le patrimoine naturel et les aires protégées
- Pertes de services écosystémiques
- Dégradation des zones humides (mares, prairies) et des écosystèmes aquatiques (cours d'eau, fossés)
- Disparition de milieux (vasières et boisements alluviaux, milieux frais et humides des boisements)
- **Risque d'émissions nouvelles de GES par la dégradation des milieux naturels et des puits de carbone**

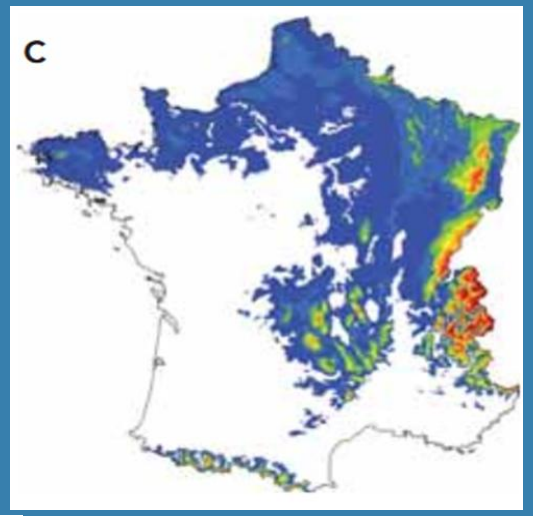
FORÊT

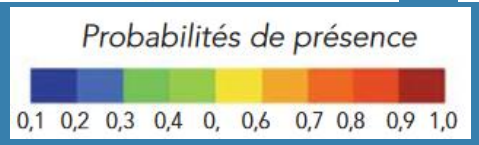
- Croissance et régénération des forêts et des espèces locales plus limitées
- Dépérissements de forêts (ravageurs, évènements extrêmes)

Modélisation de l'aire actuelle de répartition



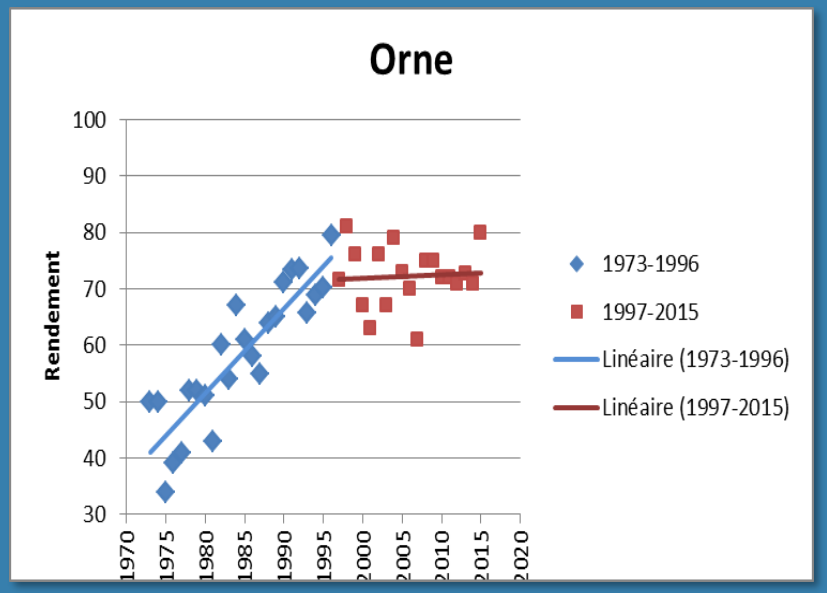
Extrapolation de l'aire de répartition en 2100





Eguin B., 2007, ONF

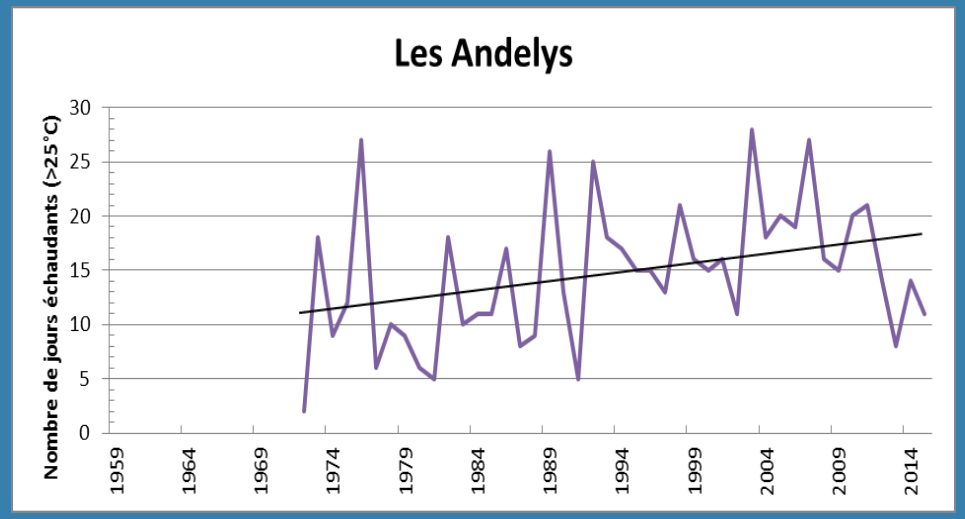
Exemples d'enjeux identifiés sur l'agriculture



Plafonnement des rendements en blé tendre dans l'Orne et dans l'Eure depuis la fin des années 1990
Rôle changement climatique = 1/2
↗ stress hydrique et thermique en fin de cycle cultural

Données : chambre régionale d'Agriculture Normandie

↗ **Nombre de jours échaudants**
= T° max journalière >= 25°C (1er Avril - 30 Juin)
↗ **Augmentation des risques d'échaudage** en phase de remplissage des grains pour les céréales
= altération de la maturation des grains, dessèchement



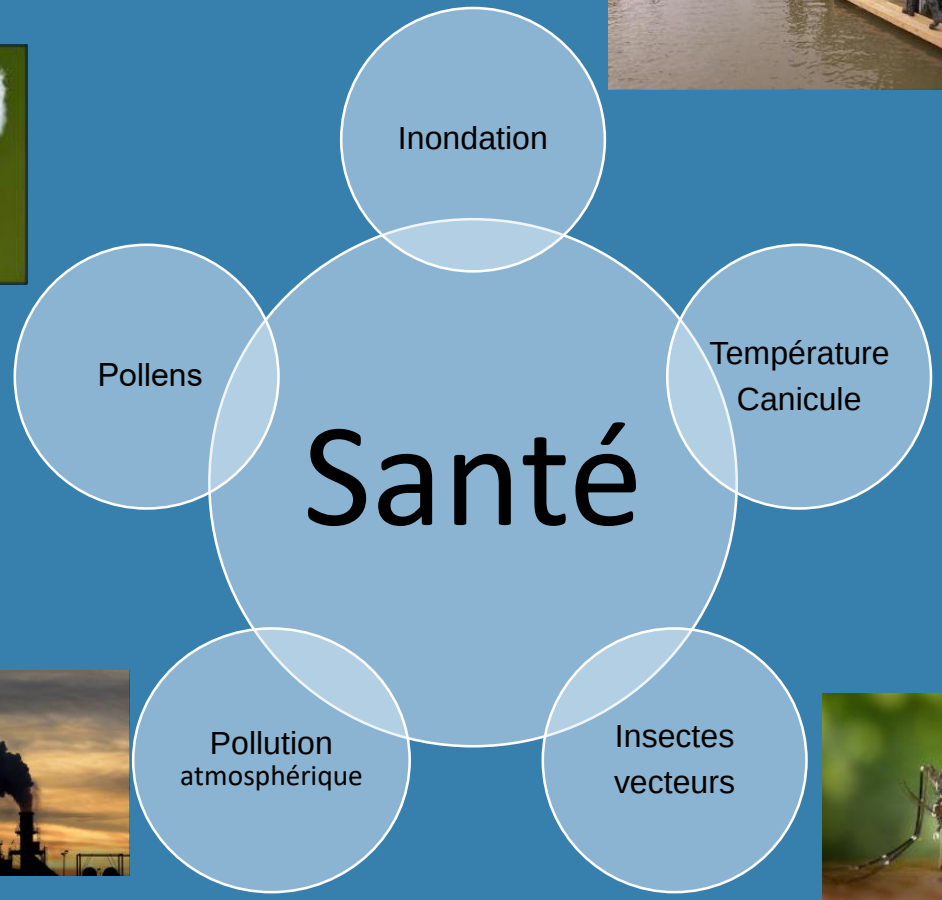
+ Le **bien-être des animaux d'élevage menacé** en été lors des vagues de chaleurs

+ ↗ Pluies intenses
= ↗ **ruissellement et érosion des sols** + **dégradation des cultures**
+ **exploitations agricoles exposées au risque inondation** : 521 installations agricoles sur la métropole de Rouen (bâtiments d'activité, serres, silos, etc.) vulnérables au débordement de cours d'eau pour un évènement d'occurrence centennale (Diagnostic PAPI RLA)

Changement climatique et Santé

- Impacts physiques (blessures, noyades)
- Impacts psychologiques post-traumatiques
- Impacts sur qualité eau

- Allergies



- Surmortalité
15 000 décès en France en 2003
surmortalité + 9.6% en Normandie en 2019
- Maladies cutanées, oculaires
+ 20% cancers cutanés

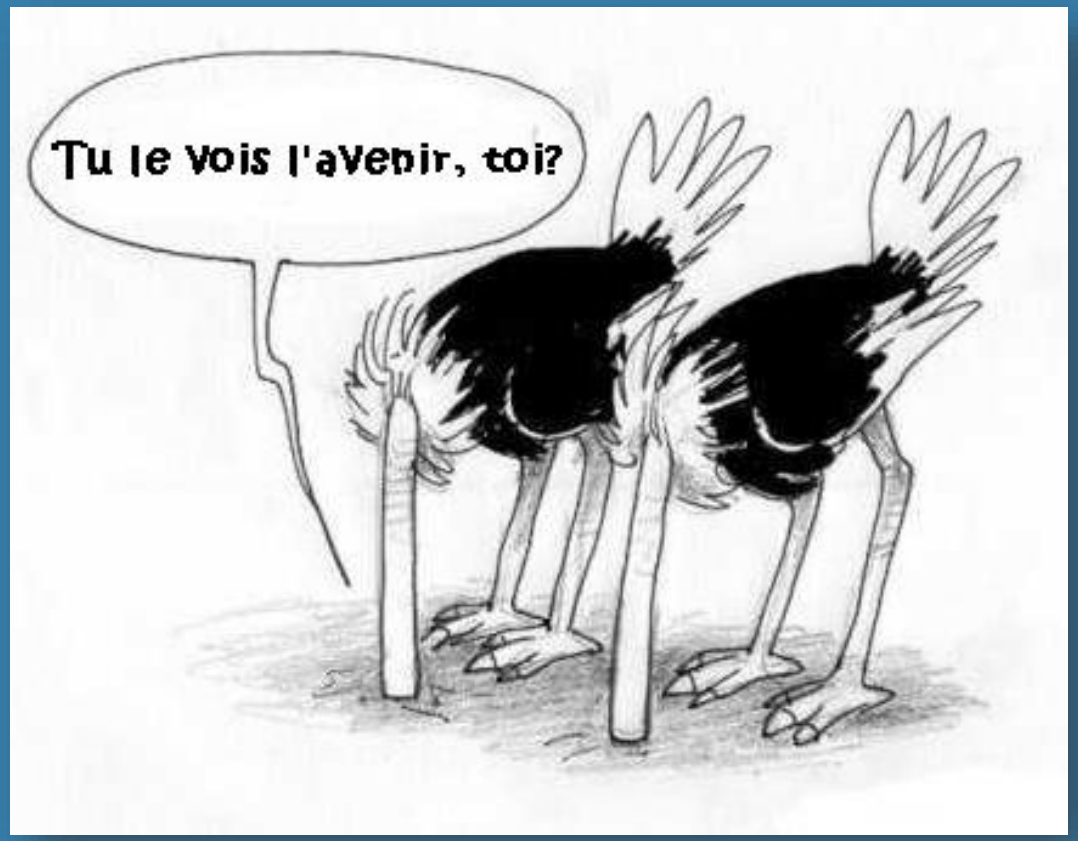
- Surmortalité
- Pathologies chroniques (maladies respiratoires, cardio-vasculaire)

- Maladies infectieuses
Ex : moustique tigre (dengue, zika, chikungunya)

Figure : Laignel, 2019

Ladner et al., 2019, GIEC local Métropole Rouen Normandie, GIEC normand

L’urgence climatique : C’est maintenant



Il nous reste très peu de temps pour agir :
Pour atteindre l’objectif de 1,5°C = émissions de GES devront cesser d’augmenter au plus tard en 2025 et être réduites de moitié d’ici 2030 et atteindre le net zéro en 2050
(limiter à 2°C : réduction 25% en 2030 et net zéro en 2070)

Que fait-on ?

↳ **Atténuation, Adaptation**

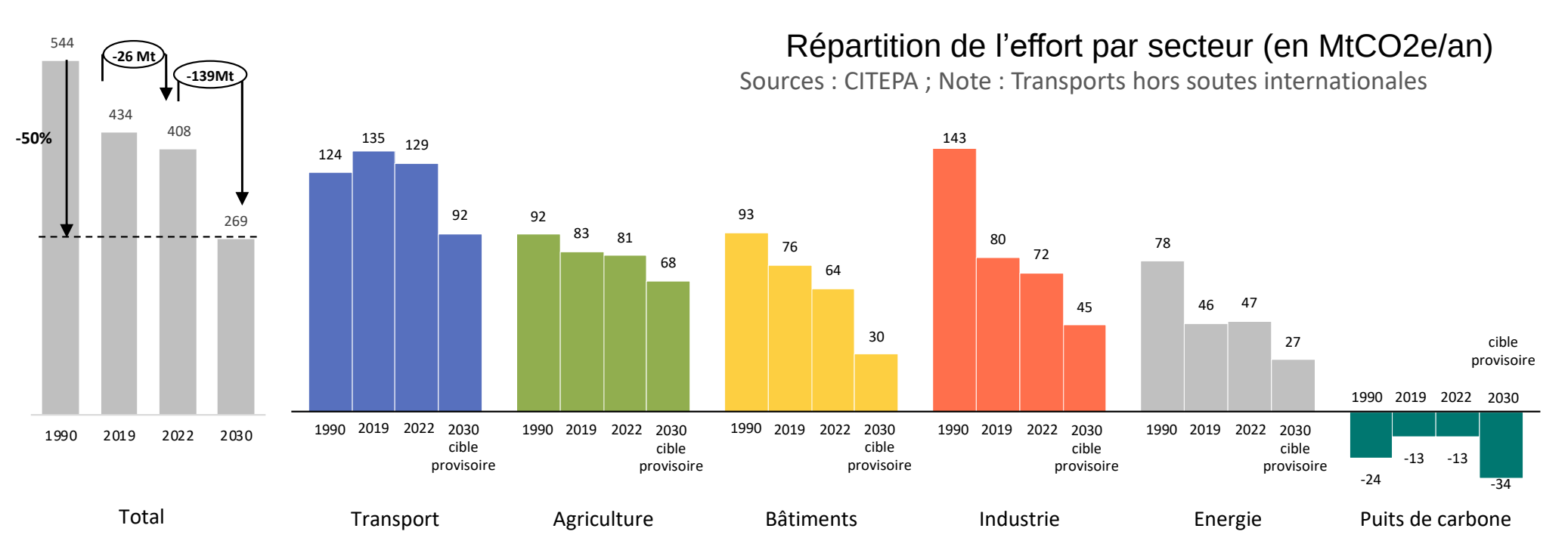
À l’échelle internationale, national, régionale, locale et du citoyen

Atténuer les effets du changement climatique en réduisant les émissions de gaz à effet de serre
= une meilleure adaptation

Changement sans précédents pour limiter le réchauffement

Engagement de la France : diminuer de 55% les émissions de GES d'ici 2030, soit -5% par an

- Fortes baisses des émissions dans tous les secteurs d'activités

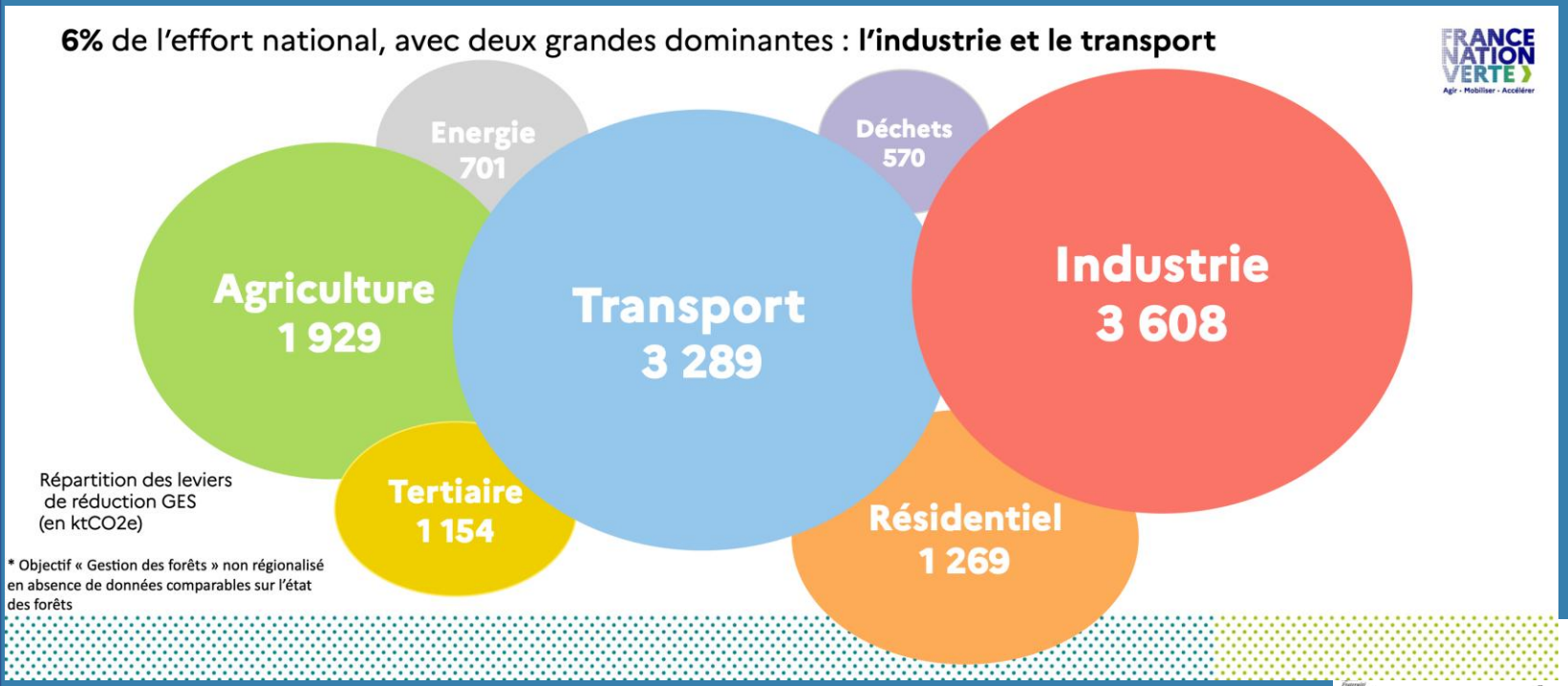


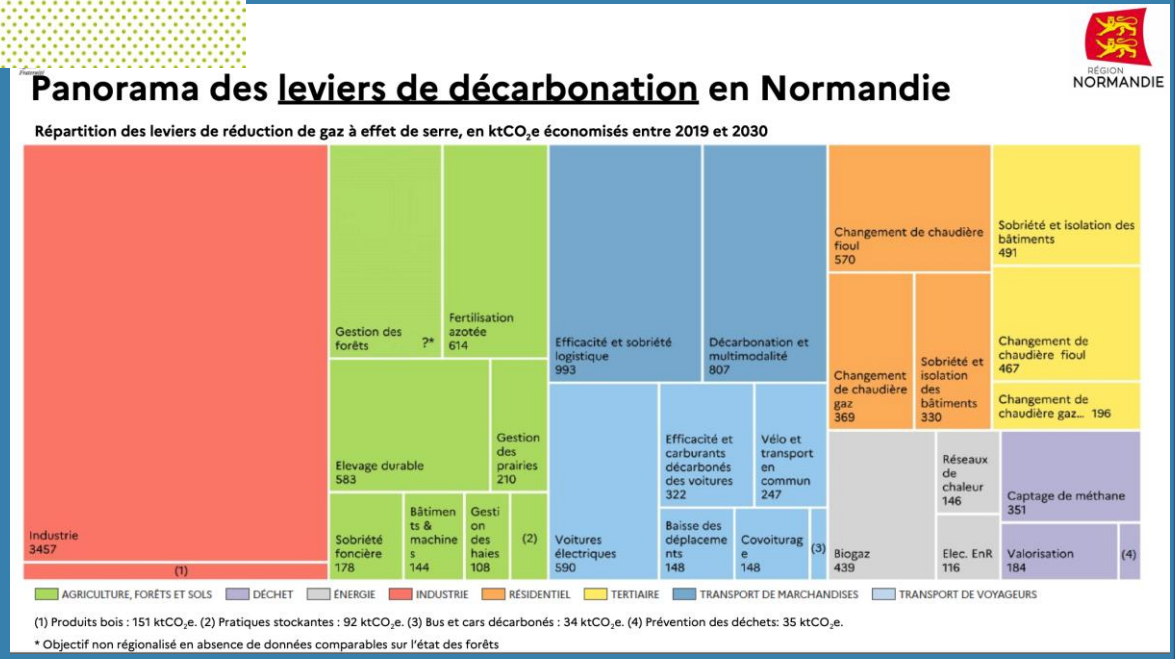
Part des émissions :	30%	19%	18%	19%	10%	3%

Plan national (SGPE) avec 52 leviers pour atteindre ces objectifs par secteur d'activité

Le plan repose majoritairement : 63% déploiement de solutions matures
18% innovation technologique
19% sobriété des ressources = changement de comportements

Plan d'actions collectif pour la Normandie pour atteindre nos objectifs 2030



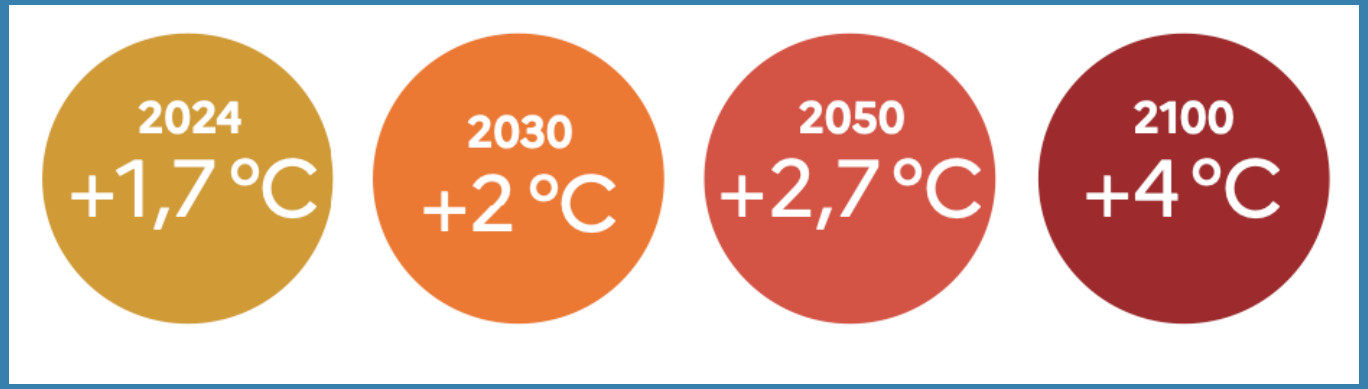


Déclinaison régionale

= COP Normandie

PNACC 3

Une trajectoire de référence pour la première fois (Base : travaux GIEC)



l'effort d'adaptation au changement climatique est national et local. Il suppose la mobilisation de tous, entreprises, collectivités, société civile, etc.

5 axes

1. **Protéger** la population
2. **Assurer** la résilience des territoires, des infrastructures et des services essentiels
3. **Adapter** les activités humaines
4. **Protéger** notre patrimoine naturel et culturel
5. **Mobiliser** les forces vives de la nation

52 mesures

200 Actions concrètes

comprend 52 mesures pour apporter des solutions concrètes aux français, aux collectivités, au monde économique et au monde du vivant.

Déclinaison régionale = COP Régionale :

1) Définir les vulnérabilités, 2) Plan d'adaptation

Infrastructures, Personnes, Plan de continuité des activités

Des solutions existent…

Exemple : les zones à risques

…. 3 solutions potentielles :

. Accepter les dommages éventuels ?
. Sur-dimensionner nos ouvrages ?
. Recul stratégique/relocalisation ?

- Face aux inondations : utiliser des portions de territoires comme zones tampons d'expansion des crues ou de submersion par la mer

Projet global de territoire intégrant les risques + la technologie actuelle + les innovations + Sobriété

Projet faisant des contraintes une opportunité de dynamisation ou redynamisation du territoire et soutenir son attractivité

Concertation et structuration entre acteurs et collectivités à l'échelle régionale

En lien avec les contextes locaux = Tenir compte des spécificités du territoire : COP régionales

Communication / Sensibilisation / Formation

Besoin d'un socle scientifique solide

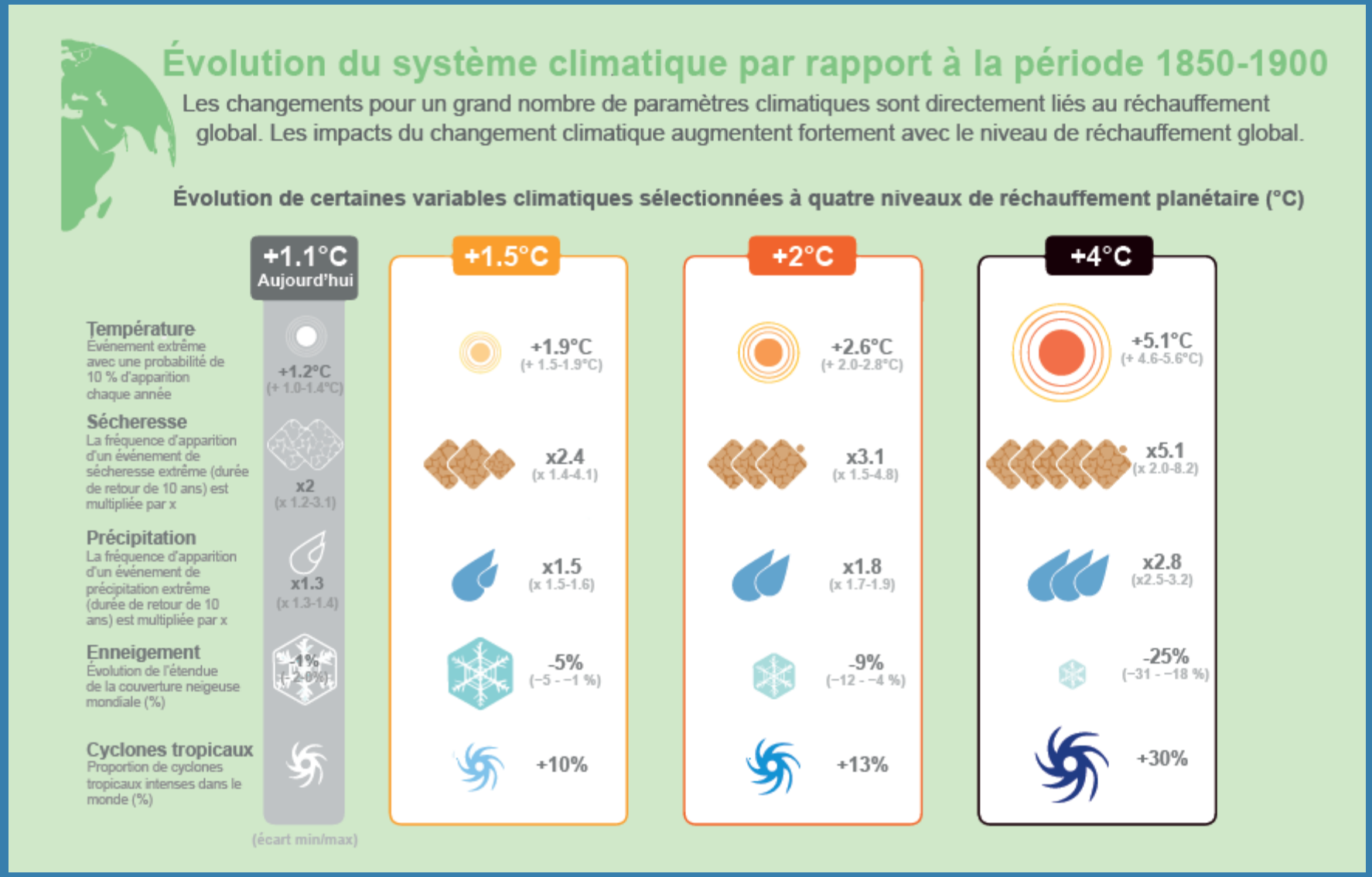
Merci de votre attention– Questions/Echanges

Synthèse des résultats
normandie.fr/giec-normand

Benoit Laignel, Professeur
Université Rouen Normandie
benoit.laignel@univ-rouen.fr

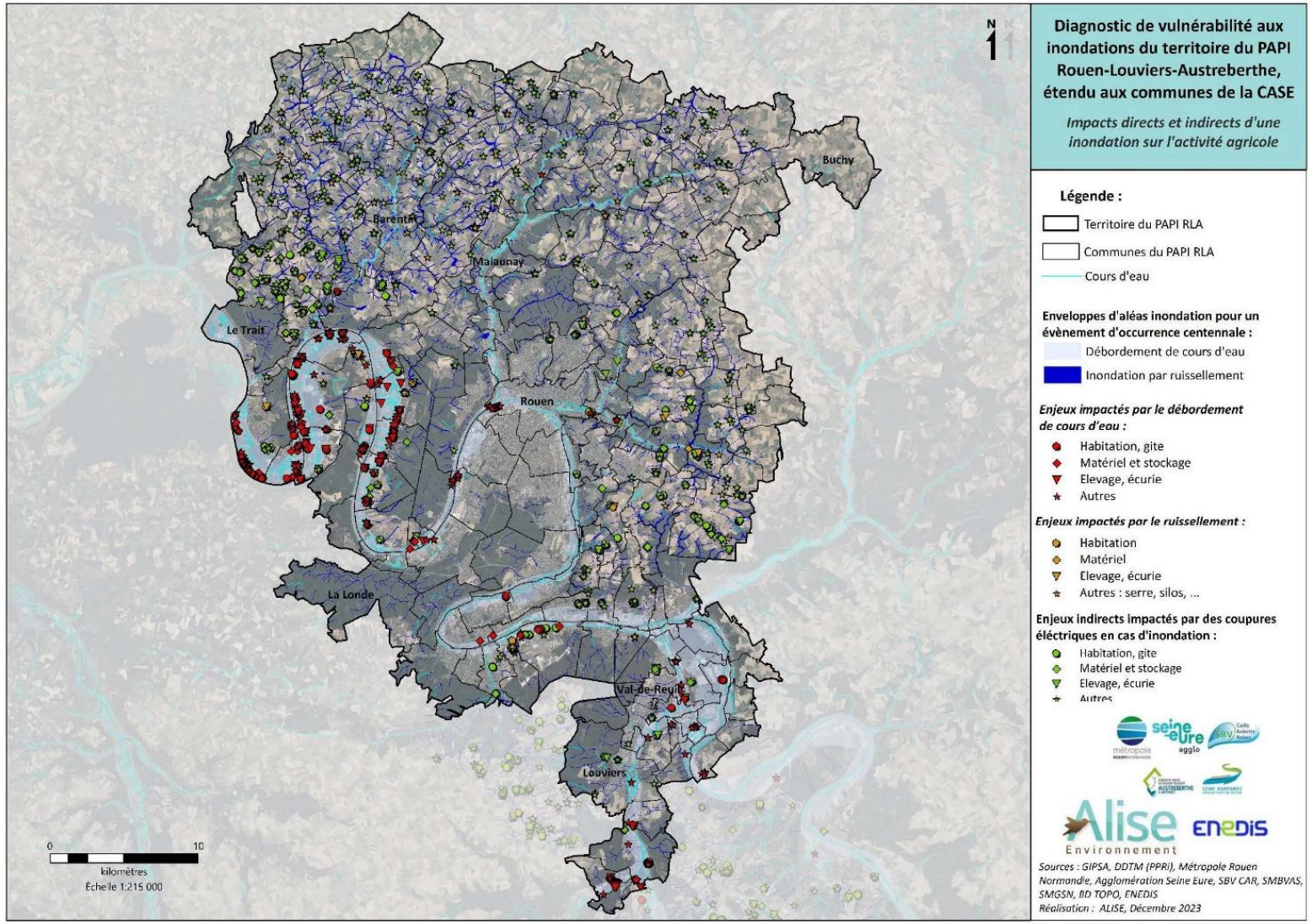
Slides supplémentaires

Résumé de l'évolution du système climatique selon 4 niveaux de réchauffement



IPCC/GIEC, 2021, 2022, 2023

Des exploitations agricoles exposées au risque inondation



Les activités agricoles exposées au risque d'inondation sur le territoire du PAPI RLA – Source : ALISE Environnement, 2023, pour le diagnostic du PAPI RLA

Diagnostic PAPI RLA:

- 521 installations agricoles (bâtiments d'activité, serres, silos, etc.) vulnérables au débordement de cours d'eau pour un évènement d'occurrence centennale

Inondations à Duclair en mai 2000 © DREAL Normandie (ex-DIREN)

Laignel et al., 2024, GIEC métropole de Rouen Normandie

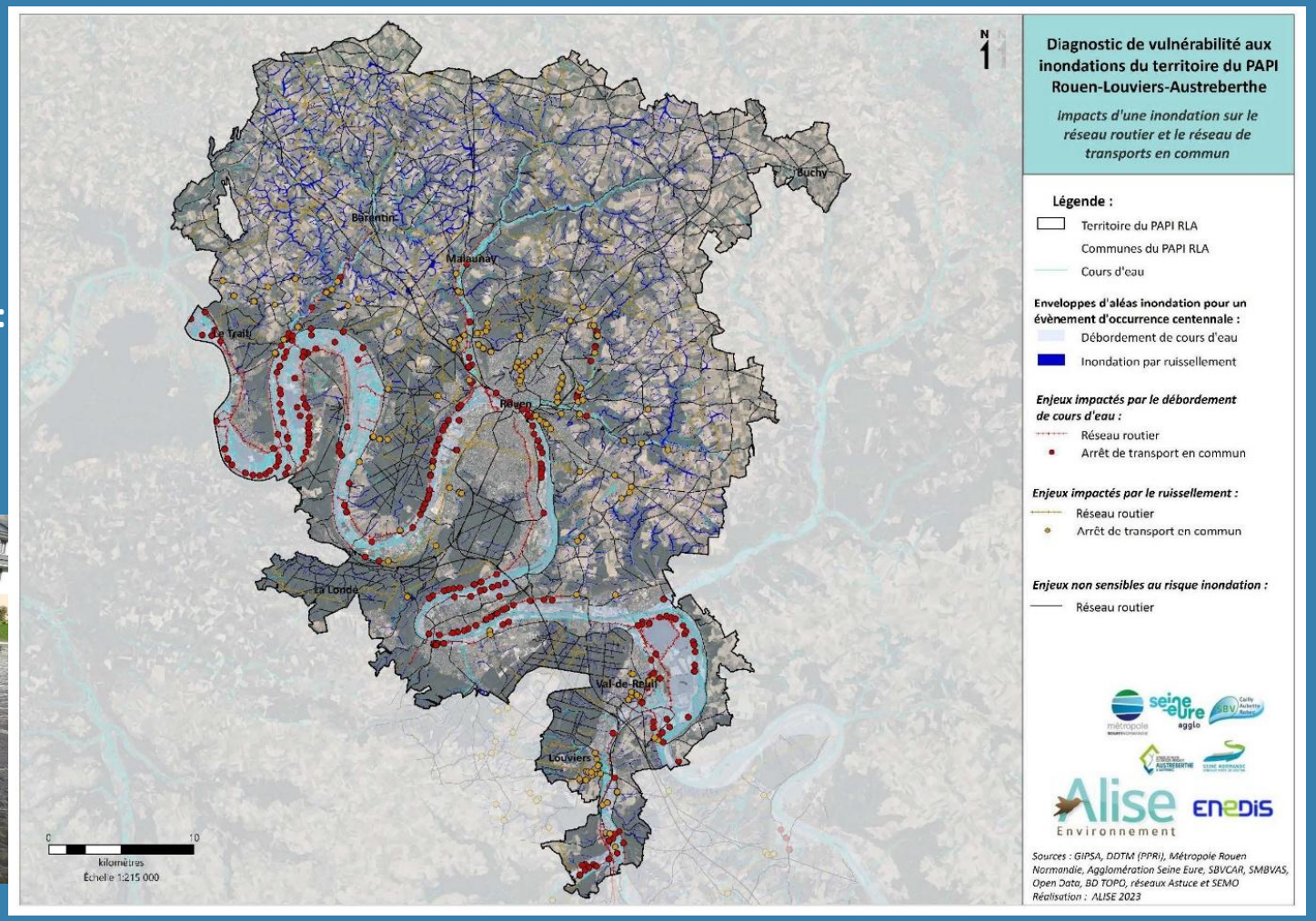
Exposition du réseau routier et de transport en commun au risque inondation

Pour un débordement de cours d'eau d'occurrence centennale :
→ 171 km de routes, 261 arrêts de bus, 66 km de voies ferrées et 2 gares seraient situés en zone inondable.

Pour un épisode de ruissellement d'occurrence centennale :
→ 224 km de routes, 147 arrêts de bus, 4 km de voies ferrées et 1 gare qui seraient aussi affectés par une inondation.

Photos : À gauche, destruction d'une route à la suite d'une coulée de boue à Saint-Paër en 2000 © Syndicat Mixte de Bassin Versant Austreberthe Saffimbec.

À droite, inondation des routes à La Bouille © Syndicat Mixte de Gestion de la Seine Normande.



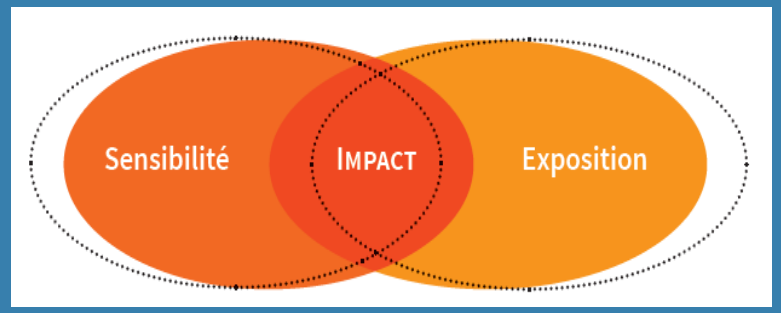
Exposition des routes et des arrêts de transport en commun au risque d'inondation – Source : ALISE Environnement, 2023, pour le diagnostic du PAPI RLA.

Méthodologie de l'élaboration du diagnostic de vulnérabilités de la métropole de Rouen

Connaissances des 13 expertises

GIEC de la Métropole Rouen Normandie
Groupe interdisciplinaire d'experts locaux sur le climat

Démarche TACCT
Diagnostiquer les impacts (ADEME)



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME
AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

Diagnostic des vulnérabilités de la Métropole au changement climatique

Principaux enjeux identifiés pour l'adaptation du territoire au changement climatique

Adaptation des infrastructures de transport et des flux de mobilités (voyageurs, marchandises) aux aléas

Renforcer la culture des risques climatiques

Limiter les impacts du changement climatique sur la santé humaine

Limiter les coûts engendrés par les catastrophes naturelles

Améliorer la qualité de l'air pour limiter les impacts sur la santé et les milieux naturels

Lutter contre les îlots de chaleur urbains

Préservation de la ressource en eau (en volumes et qualité)

Prévention du risque inondation et l'amélioration de la gestion hydraulique en ville afin de réduire les ruissellements des fortes pluies

Adaptation du bâti et de la production architecturale aux aléas (chaleur, inondation, sécheresse)

Anticiper les changements des usages énergétiques, protéger les sources d'énergies locales renouvelables et les infrastructures de distribution d'énergie

Adaptation des cultures et des exploitations agricoles, et l'accompagnement des agriculteurs dans leur adaptation

Adaptation des forêts à l'évolution des paramètres climatiques, des évènements extrêmes (canicules, sécheresses, feux de forêts et tempêtes) et aux ravageurs

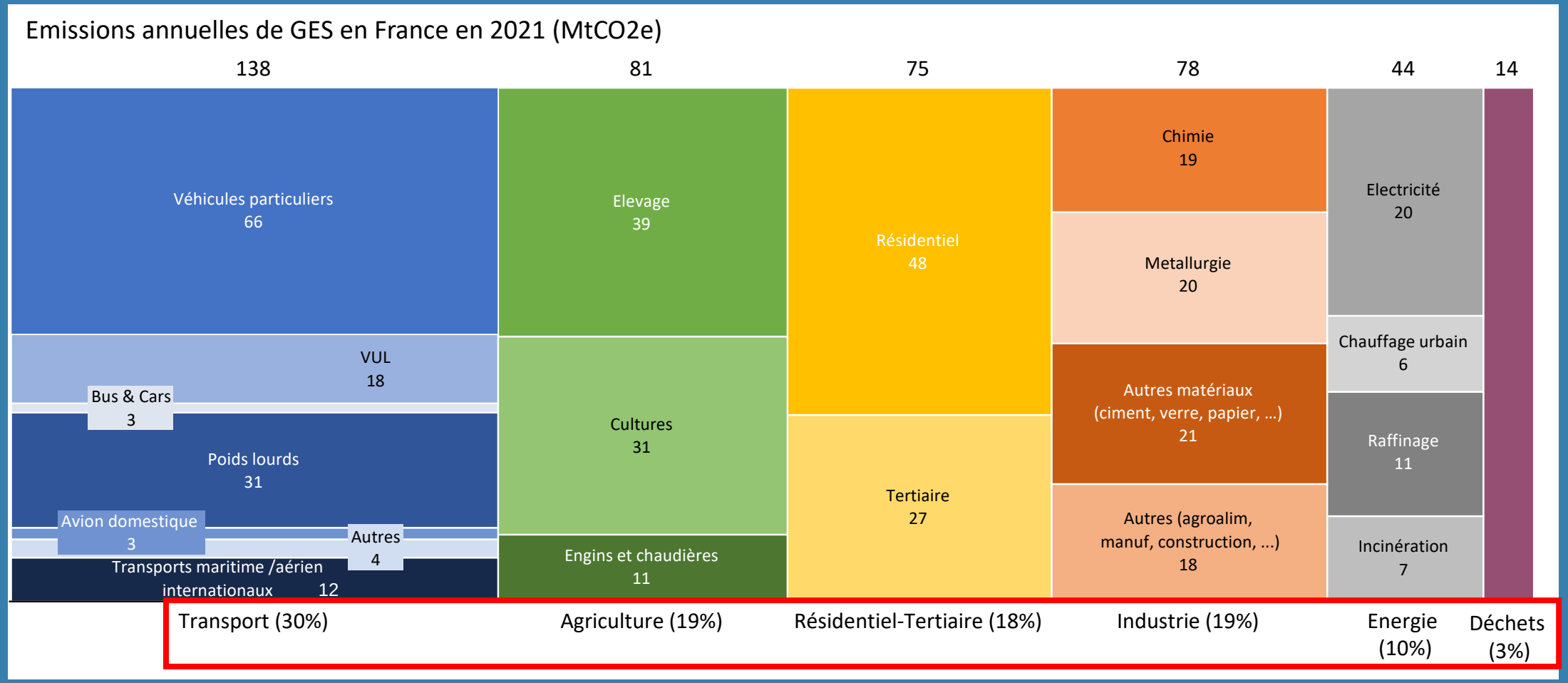
Préservation de la biodiversité, des milieux, des services écosystémiques, et la lutte contre les espèces exotiques envahissantes)

Emissions de GES / Empreinte carbone

Limiter le réchauffement planétaire à 1,5° ou 2° C demande des changements à une échelle sans précédent

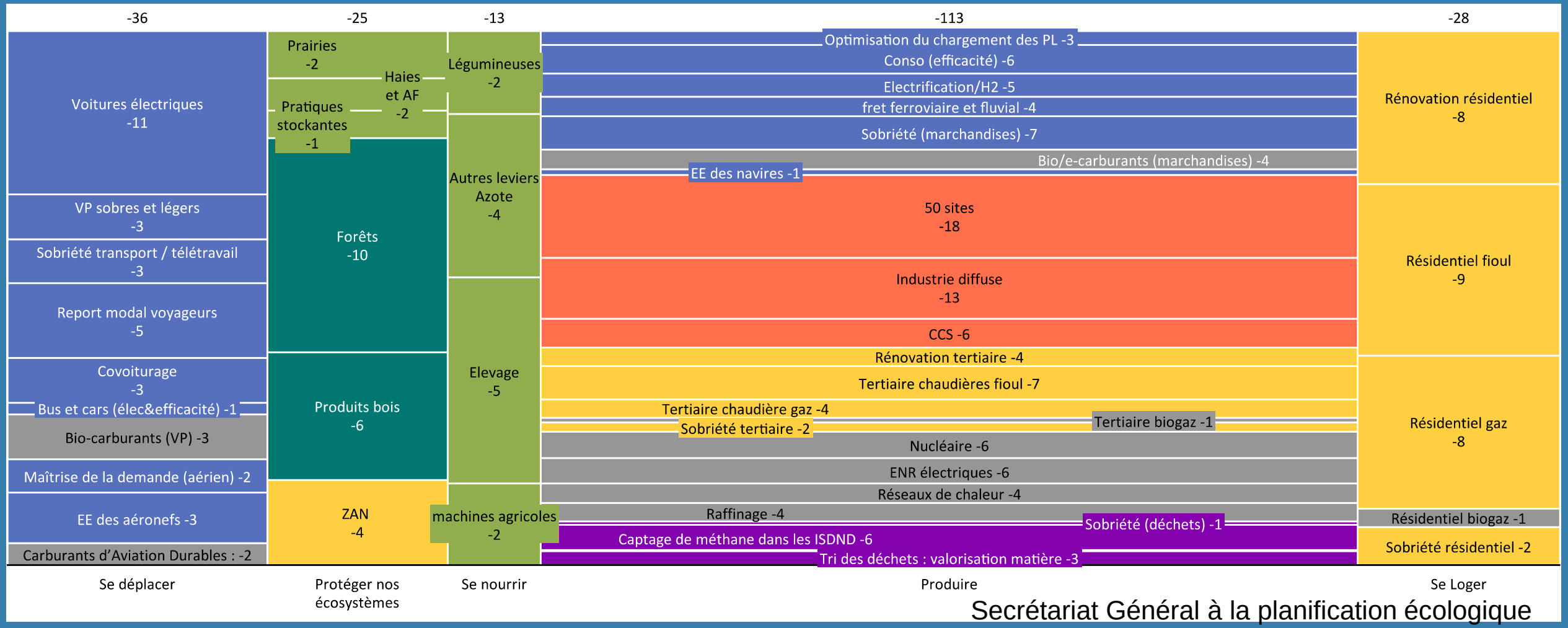
Il faudrait que chaque être humain consomme au maximum :
2 tonnes équivalent CO_2 par an dans le cas du scénario de 2 ° C

Empreinte carbone de la France 2021 :
8,9 tonnes de CO_2-éq / pers.
= Diviser empreinte C par 4,5



Source : CITEPA-SECTEN, baromètre mensuel – hors UTCATF

Plan d'actions collectif de 52 leviers pour atteindre nos objectifs 2030



Secrétariat Général à la planification écologique

Le plan repose majoritairement : 63% sur le déploiement de solutions matures
19% les changement de comportements
18% l'innovation technologique

Plan décliné à l'échelle régionale : COPs régionales