



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



26/11/2022



LES PYRENEES FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Jean-Michel SOUBEYROUX, climatologue
à Météo-France, Toulouse

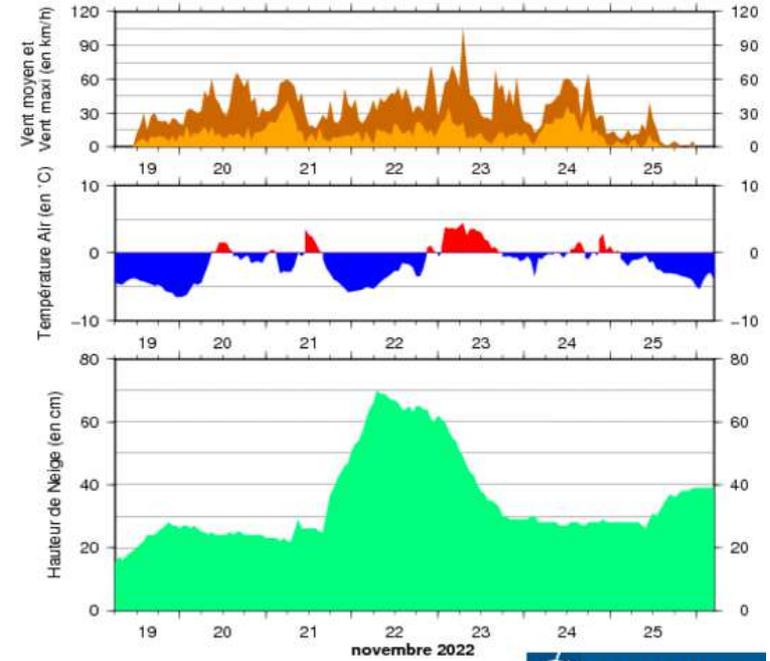


En la mémoire de Pierre Etchevers
disparu en juin 2022

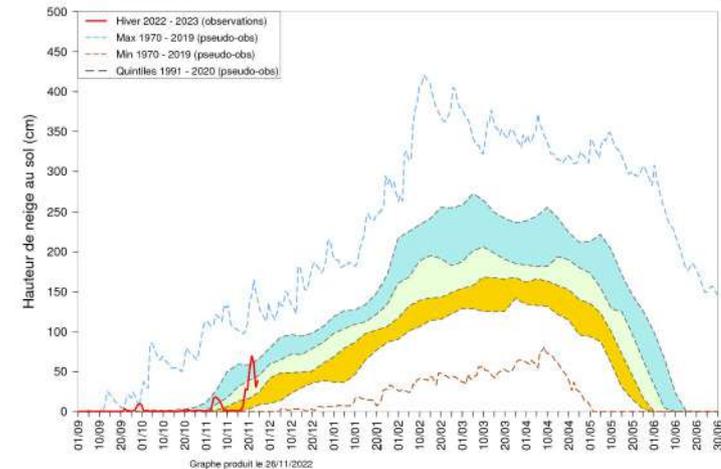
Début timide de la saison hivernale 2023



Nivose Port d'Aula
Massif:Couserans Altitude:2140m
 Mise à jour
 26/11/2022
 à 6h



Evolution de l'enneigement
PORT-AULA-NIVOSE (2140 m, début des mesures 1995)
 Hiver 2022 - 2023



Plan de la présentation

Temps 1 : Le constat du changement climatique dans les Pyrénées et les projections pour les prochaines décennies

Temps 2 : Les impacts du changement climatique sur les milieux naturels et les activités humaines

Temps 1 : le constat du changement climatique dans les Pyrénées et les projections

QUIZZ

Question 1 : Le réchauffement planétaire atteint aujourd'hui $+1,1^{\circ}\text{C}$ depuis l'ère pré-industrielle (rapport GIEC 2021).
Quelle est approximativement la part due aux activités humaines dans ce réchauffement ?

A) 50 %

B) 75 %

C) 100 %

(Source GIEC)



[Credit: NASA]

“ Les changements climatiques récents sont généralisés, rapides et s'intensifient. Ils sont sans précédent depuis des milliers d'années.

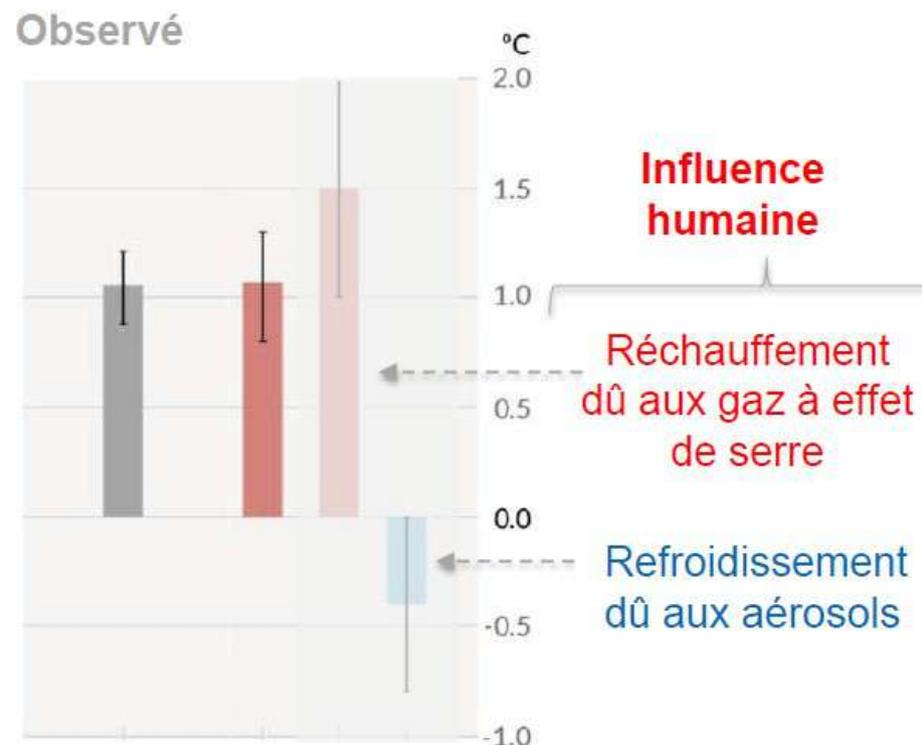
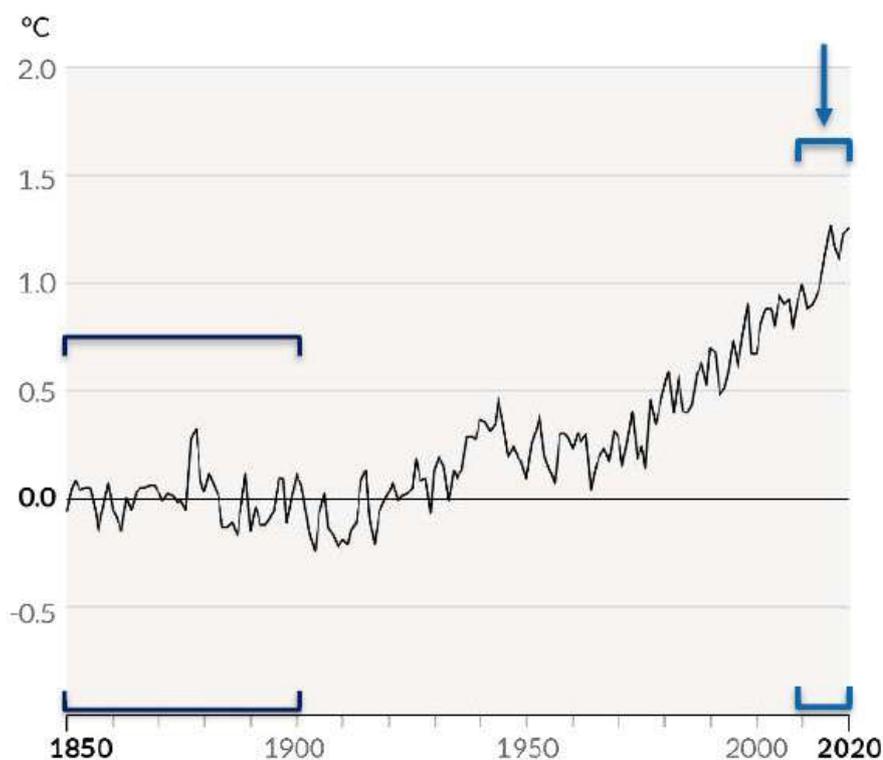
ipcc

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE



La concentration du CO₂ dans l'atmosphère dépassant aujourd'hui 410 ppm, en hausse de 50 % depuis l'ère pré-industrielle est inédite depuis au moins 800 000 ans

L'influence humaine a réchauffé le climat

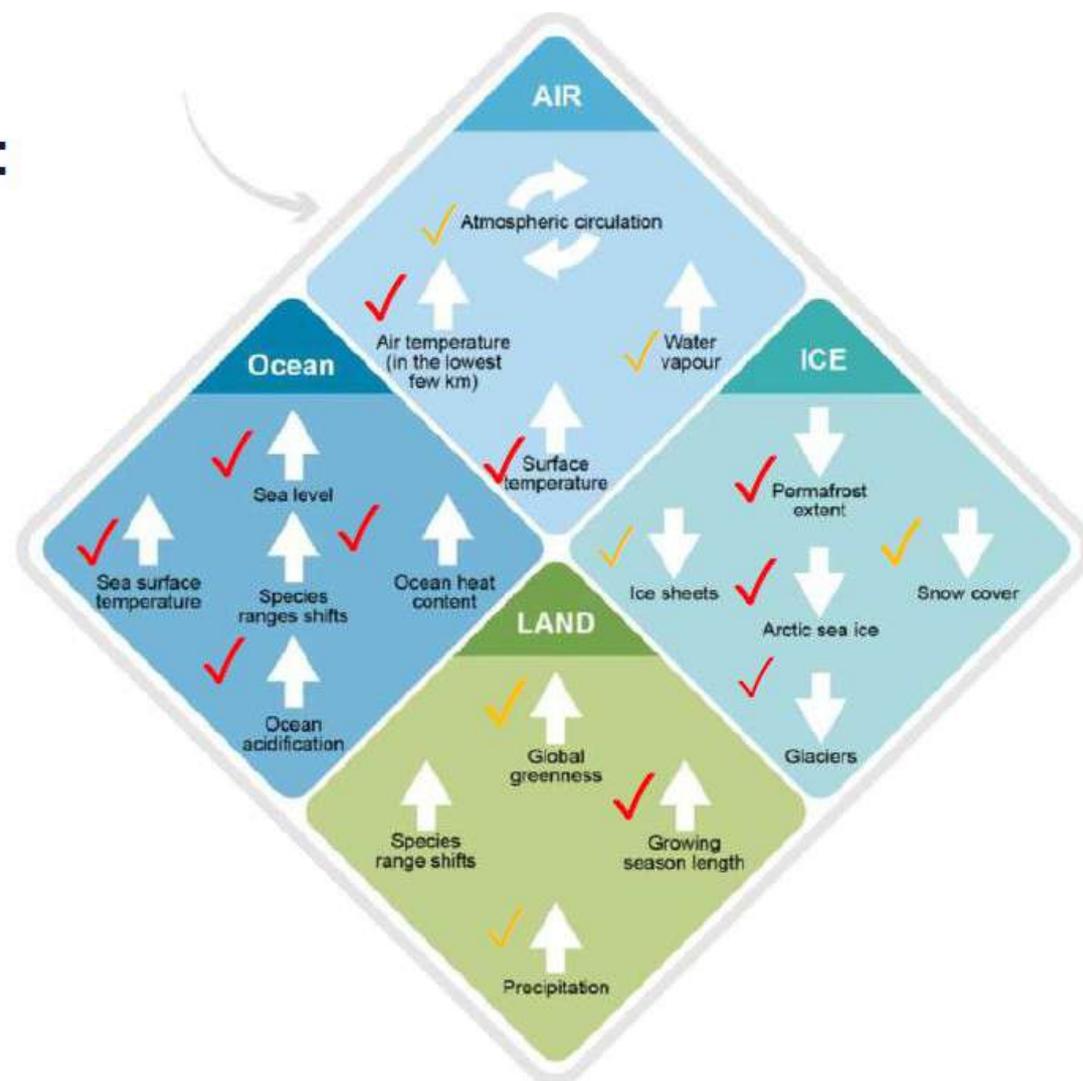


Le réchauffement climatique qui atteint $+1,1^{\circ}\text{C}$ au niveau planétaire et $+1,6^{\circ}\text{C}$ sur les continents (depuis l'ère pré-industrielle) est totalement imputable aux activités humaines

L'influence humaine sur le climat:

✓ facteur principal ...

✓ contribue à ...



Le changement climatique rend les évènements extrêmes plus fréquents et plus graves



Chaleur extrême
plus fréquente
plus intense



Fortes précipitations
plus fréquentes
plus intenses



Sécheresse
augmentation
dans certaines
régions



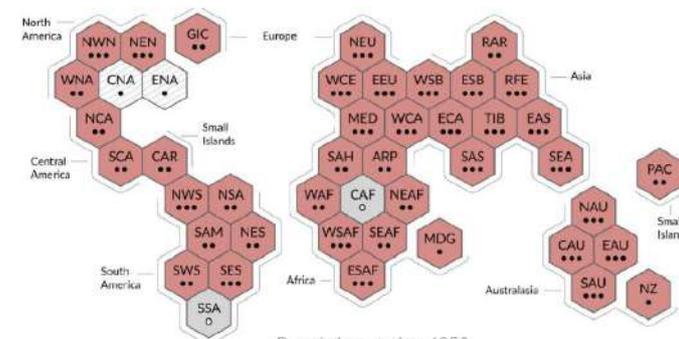
**Conditions
météorologiques
propices aux
incendies**
plus fréquentes



Océan
réchauffement
acidification
perte d'oxygène



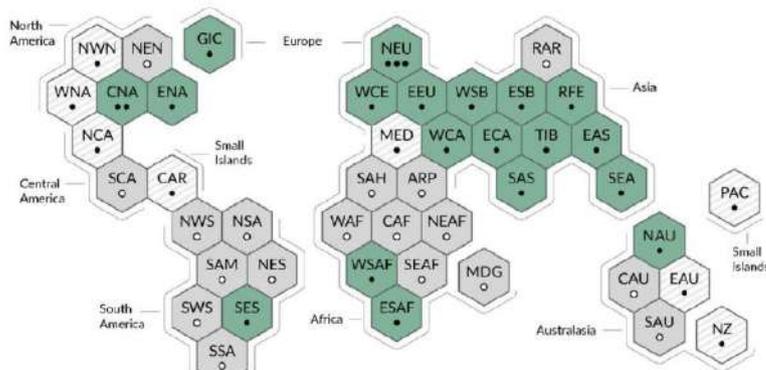
Chaleur extrême
plus fréquente
plus intense



Depuis les années 1950
Rouge : augmentation
Gris : données insuffisantes
Points : degré de confiance dans l'attribution



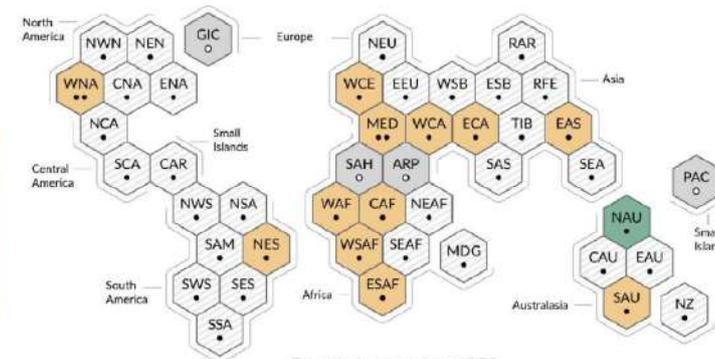
Fortes précipitations
plus fréquentes
plus intenses



Depuis les années 1950
Vert : augmentation
Gris : données insuffisantes
Points : degré de confiance dans l'attribution

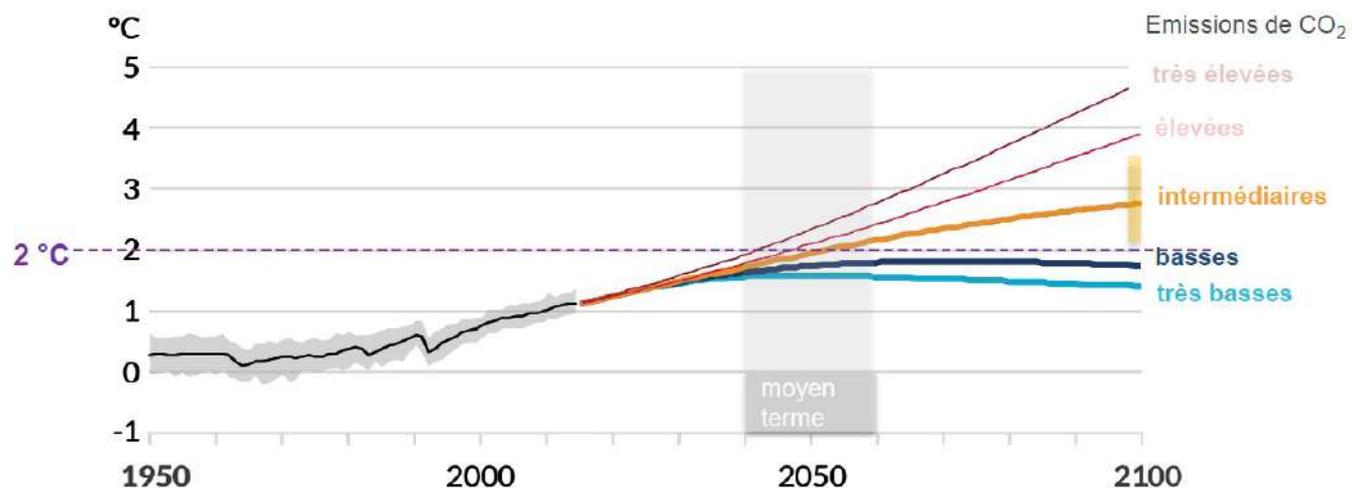


Sécheresse
augmentation
dans certaines
régions

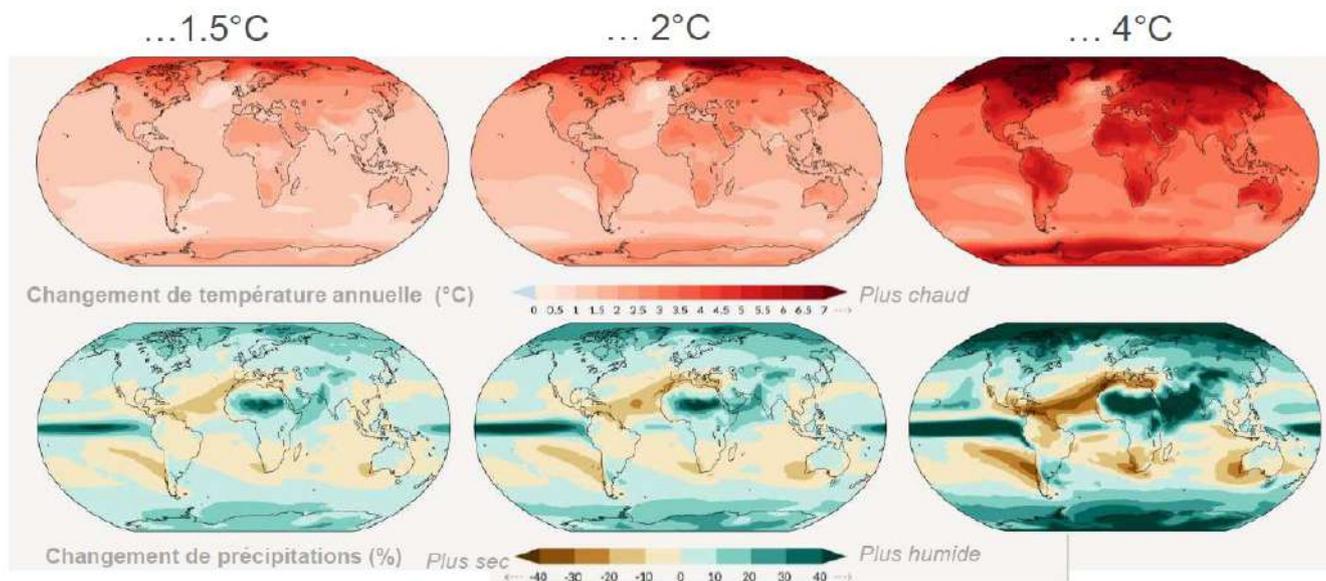


Depuis les années 1950
Jaune : augmentation
Gris : données insuffisantes
Points : degré de confiance dans l'attribution

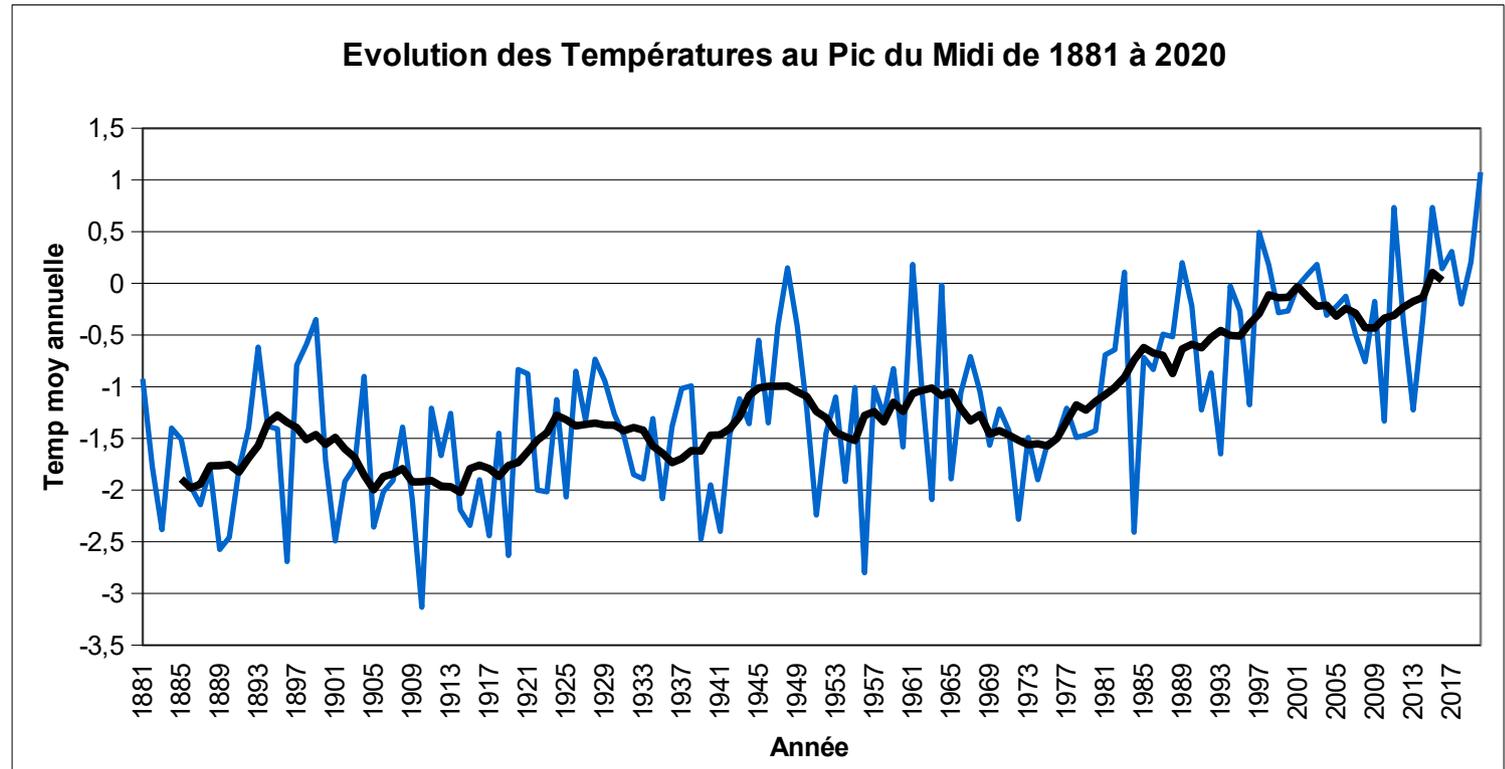
Les émissions futures entraîneront un réchauffement supplémentaire



Pour chaque fraction de réchauffement planétaire supplémentaire, les changements sont amplifiés dans chaque région



Evolution des températures dans les Pyrénées depuis 1881

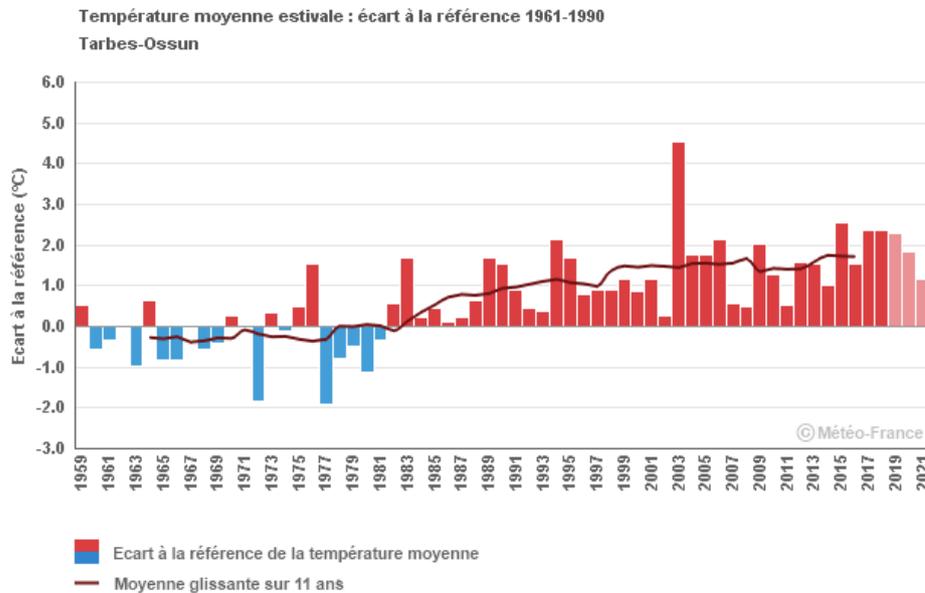


+2°C → hausse moy de l'iso 0°C de 300m

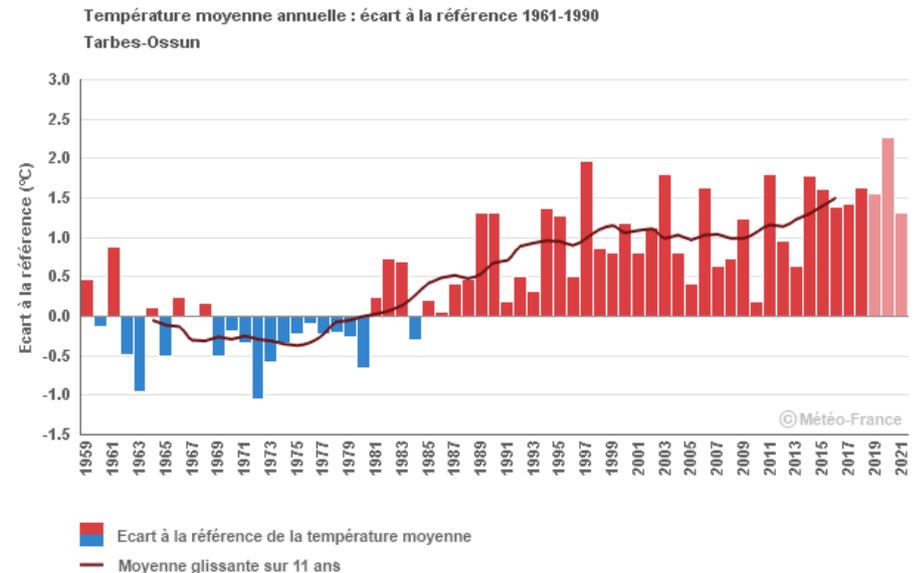
Au Pic du Midi, plus ancienne série de mesures dans les Pyrénées, la température a augmenté de +2°C de 1881 à 2020. L'année la plus chaude observée depuis 1881 est 2020 avec une valeur de +1,1°C

Hausse des températures marquée depuis les années 1970

Analyse basée sur les longues séries locales homogénéisées, ici à Tarbes



Moyenne estivale



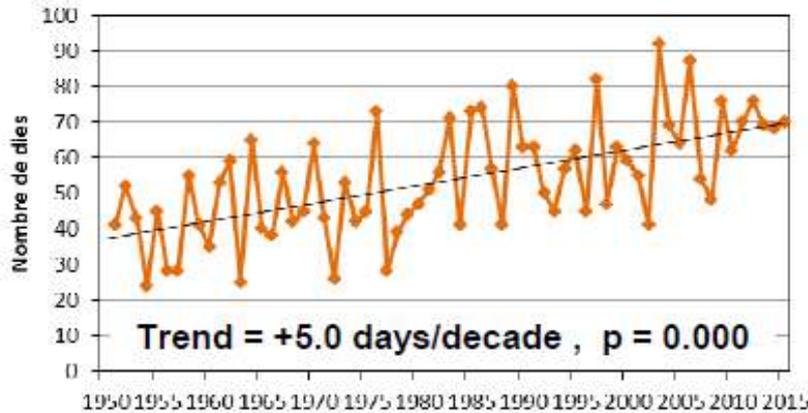
Moyenne annuelle

- A Tarbes, les températures moyennes ont augmenté de $+0,3^{\circ}\text{C}$ par décennie depuis 1951. Ainsi, la température moyenne annuelle (2011-2020) est plus chaude de $+1,5^{\circ}\text{C}$ par rapport la période 1971-1980
- Ce sont les températures estivales qui ont connu l'augmentation la plus forte : $> 0,4^{\circ}\text{C}$ par décennie

Des jours de chaleur plus fréquents, des températures extrêmes en hausse, moins de jours de gelée

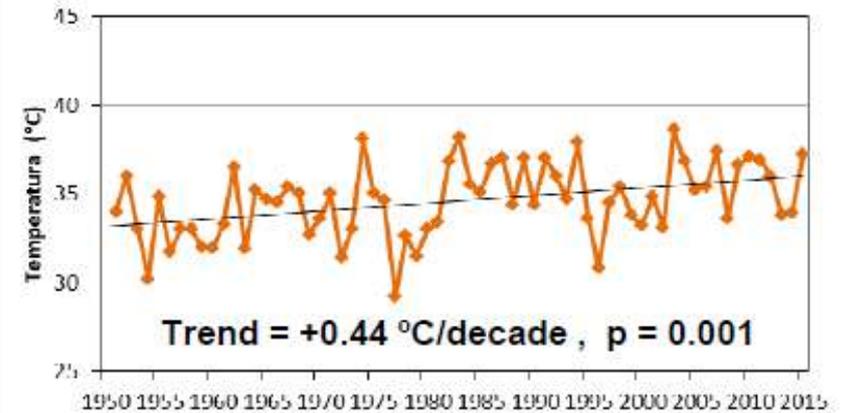
SU25: Días de verano (n. días con TX>25°C)

SU25 - Lorp-Sentaraille



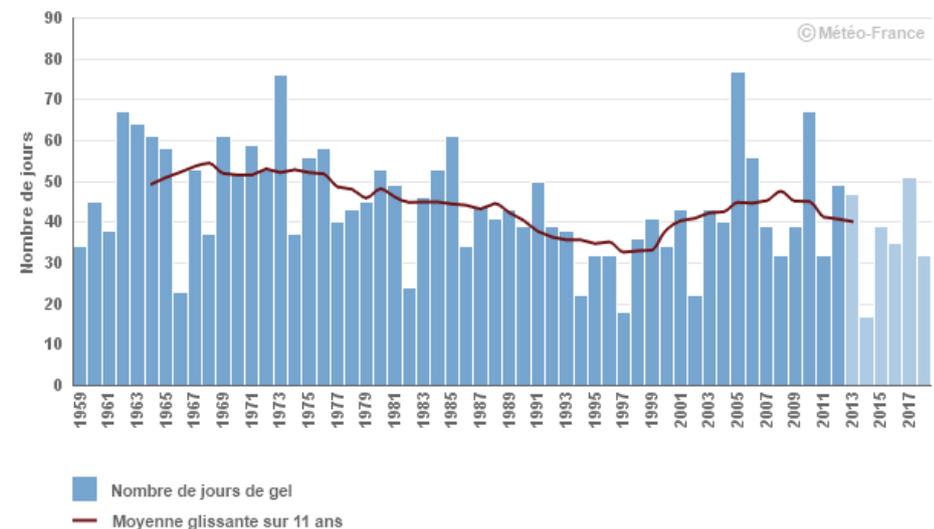
TXx: Máximo de TX (TX absoluta anual)

TXx - Lorp-Sentaraille



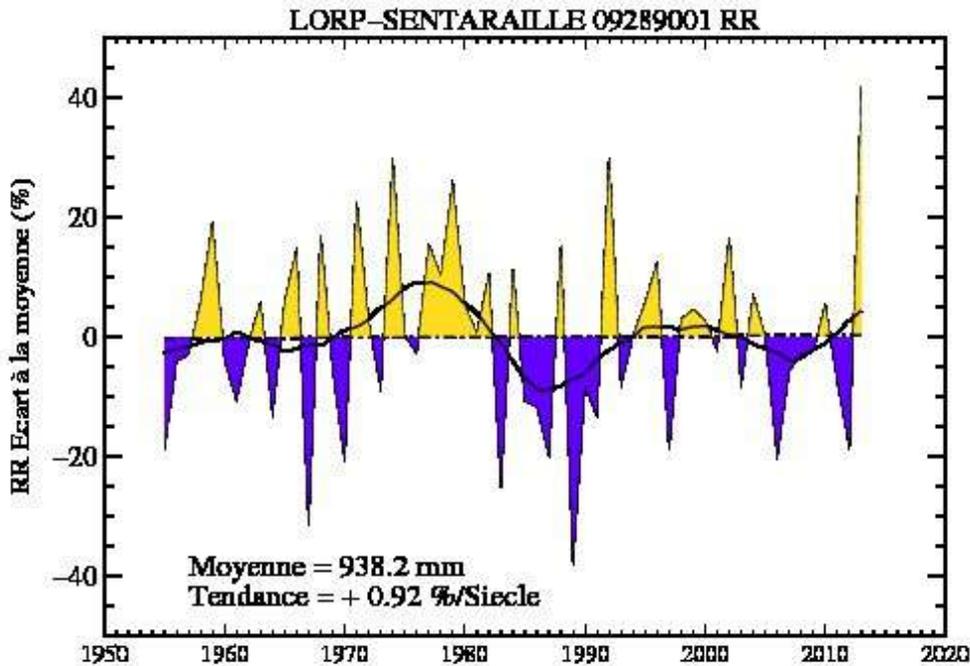
- Les extrêmes chaud de température évoluent plus vite que les températures moyennes ou froides
- A St Giron, hausse de 5j/dec des journées chaudes sur 1959-2015 mais baisse de 2j/dec des jours de gel.
- +0,44°C/dec pour les extrêmes annuels de température

**Nombre de jours de gel
Tarbes-Ossun**

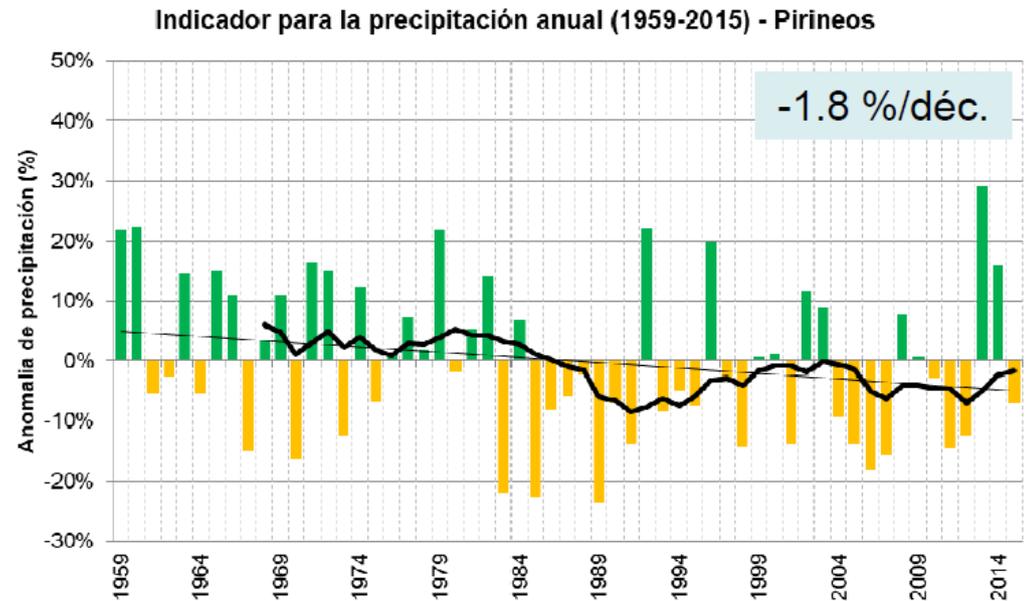


Précipitations : Forte variabilité et légère baisse

Série homogénéisée de St Giron



Indicateur Clim'Py basé sur 26 séries FR et ESP

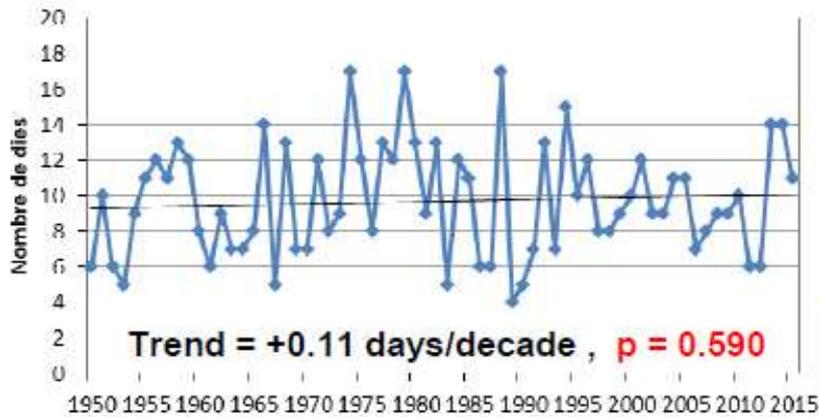


- A St Giron, forte variabilité d'une année à l'autre mais pas de tendance significative pour l'évolution des cumuls annuels depuis les années 1950
- A l'échelle des Pyrénées, une légère baisse sur 1959-2015 mais non significative

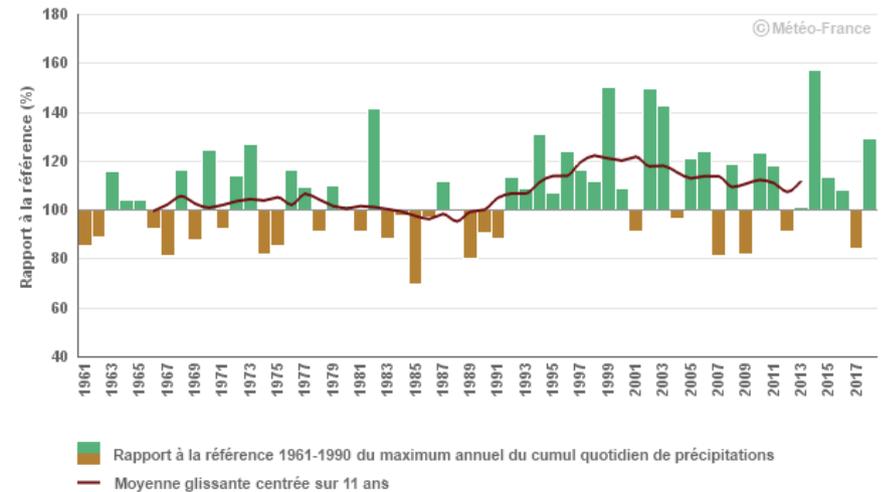
Extrêmes de précipitation et sécheresse des sols plus marquées

R20: Días de PPT abundante ($PPT \geq 20 \text{ mm}$)

R20 - Saint-Girons



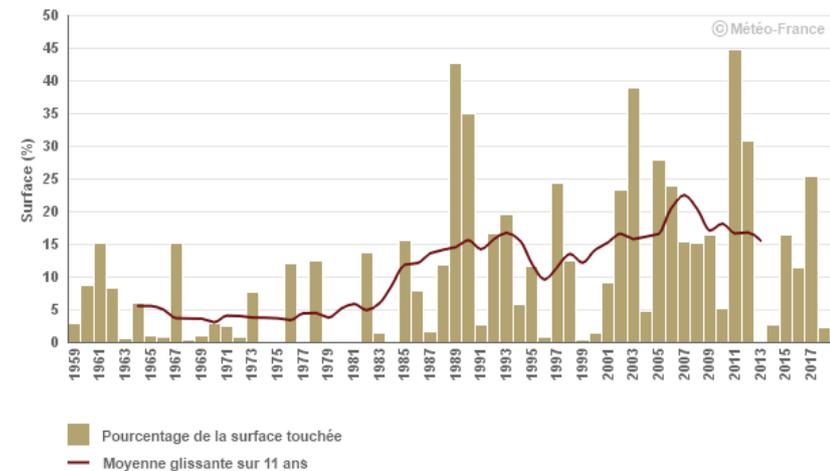
Intensité des pluies extrêmes en région méditerranéenne
Sur un réseau de référence (de 86 stations) pour le suivi des pluies extrêmes



- Augmentation des pluies intenses détectable notamment sur la partie méditerranéenne.

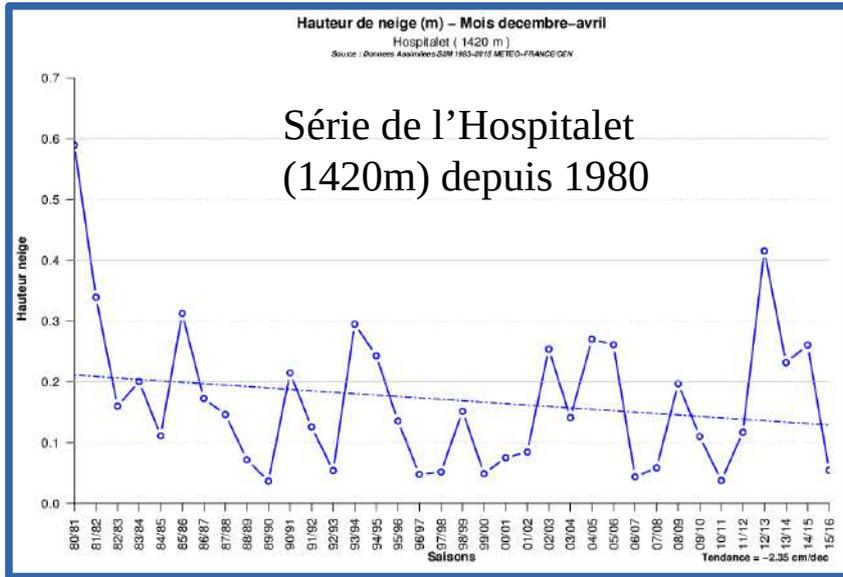
- Aggravation forte de la fréquence et intensité des sécheresses des sols (liée à la hausse de l'évaporation)

Pourcentage annuel de la surface touchée par la sécheresse
Midi-Pyrénées

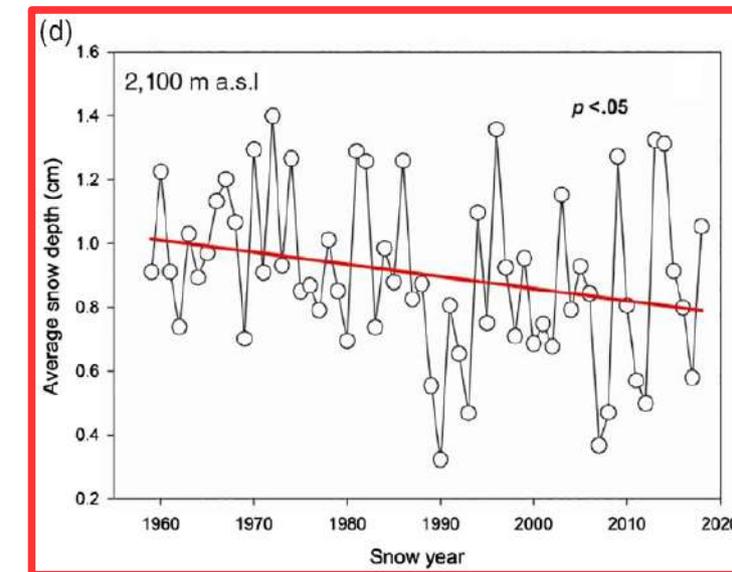
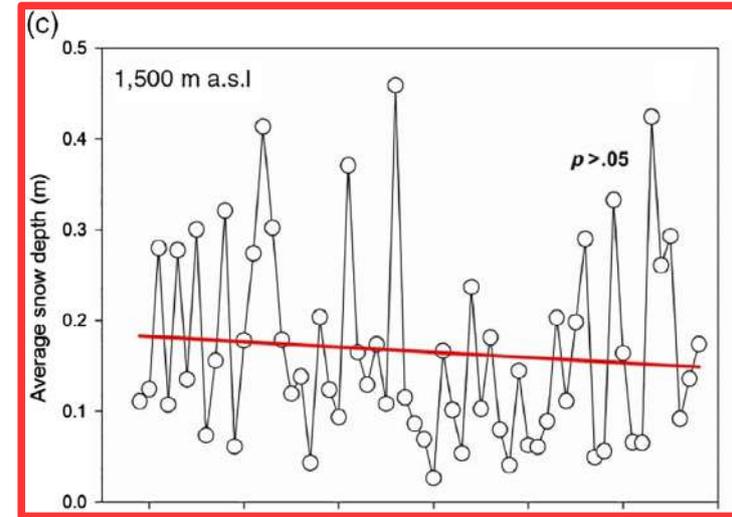


Baisse de l'enneigement en montagne

Traitement de 25 séries de neige de plus de 30 ans sur le Massif (projet Clim'Py) et mise en œuvre d'une méthode de reconstitution basée sur le modèle de neige Crocus pour remonter jusqu'en 1960 ; Analyse de la variabilité (Lopez-Moreno et al, 2019)



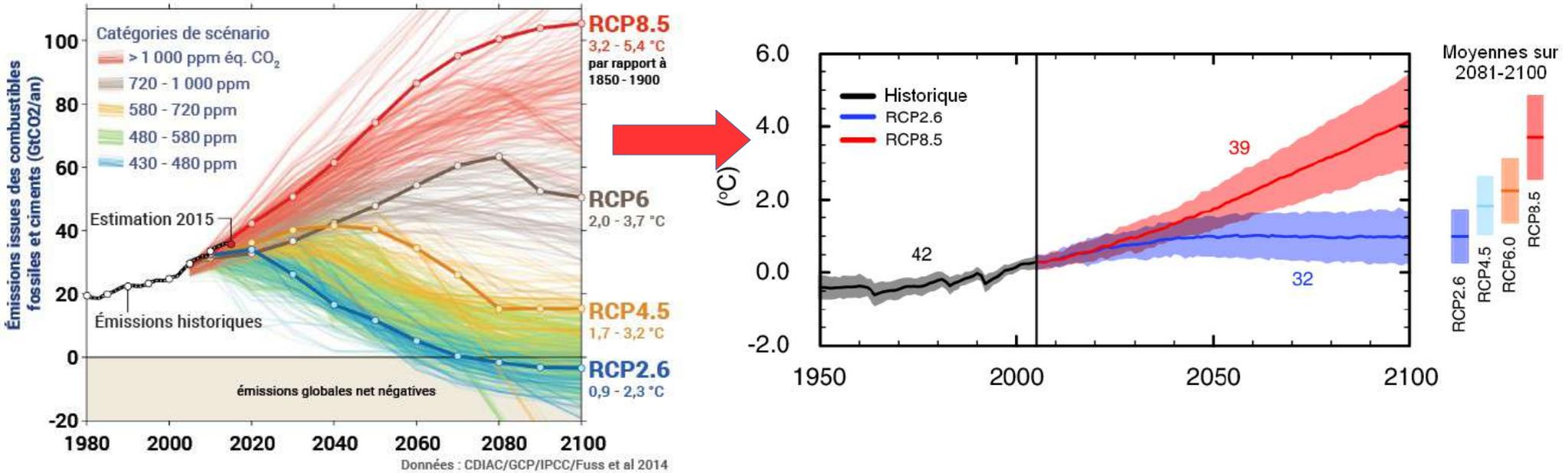
- Nécessité de longues séries pour analyser l'évolution de l'enneigement, modulé par la variabilité interannuelle et le signal des précipitations hivernales (au dessus de 1800m)
- Fonte de l'enneigement plus rapide au printemps justifiant un signal à la baisse plus robuste en altitude (2100 m) qu'en moyenne montagne



Quel(s) climat(s) demain dans les Pyrénées ?



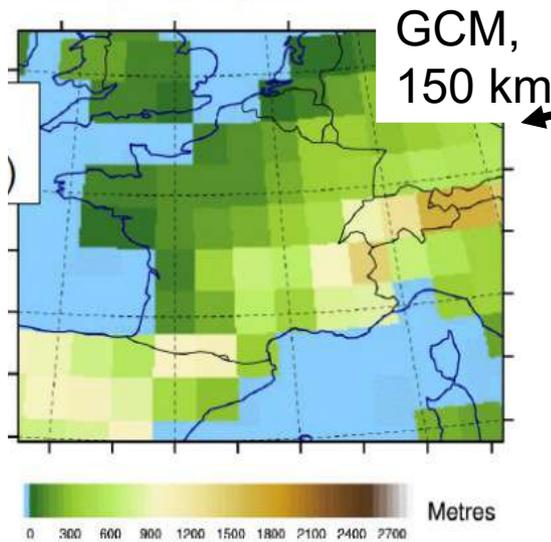
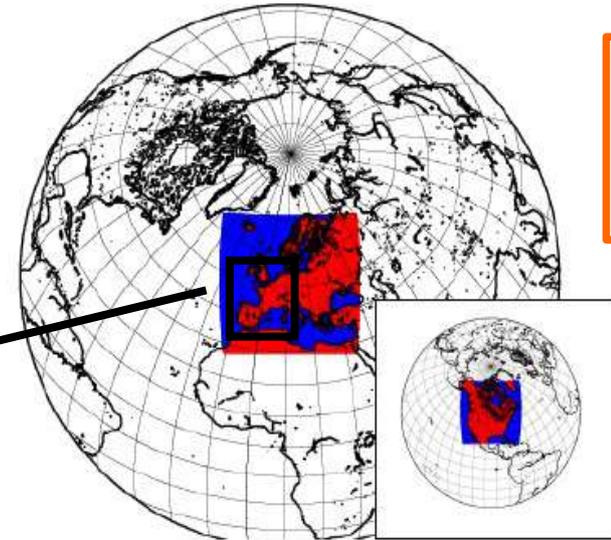
Quels scénarios climatiques pour le futur ?



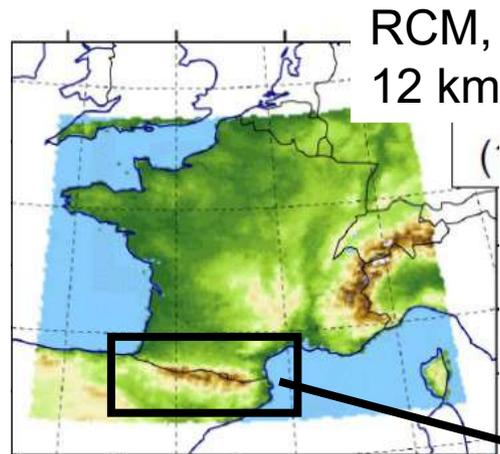
Différents scénarios climatiques d'évolution des concentrations de GES jusqu'en 2100 (RCP2.6, RCP4.5 et RCP8.5) et trajectoires induites pour l'évolution de la température globale moyenne

Projections climatiques sur les Pyrénées

- Descente d'échelle dynamique (RCM 12 km sur l'Europe)
- MOS (corrections quantile/quantile) pour affiner sur les zones de montagne (ADAMONT)



EUROCORDEX

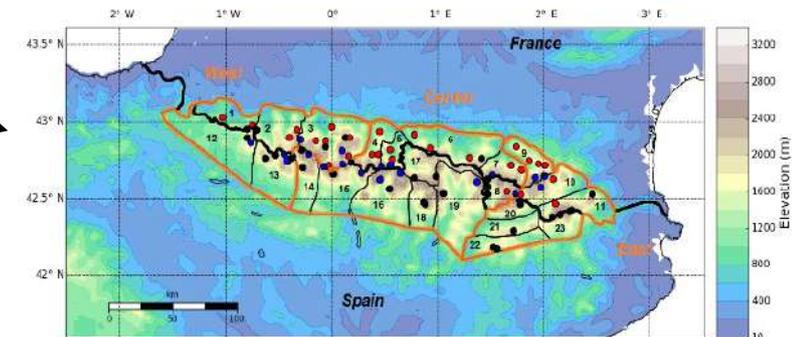


Utilisation de 13 couples GCM/RCM pour RCP4.5 et RCP8.5 (4 RCP2.6)
Période 1950 – 2100

Modèle de climat régional (RCM)

Ajustements statistiques, ADAMONT

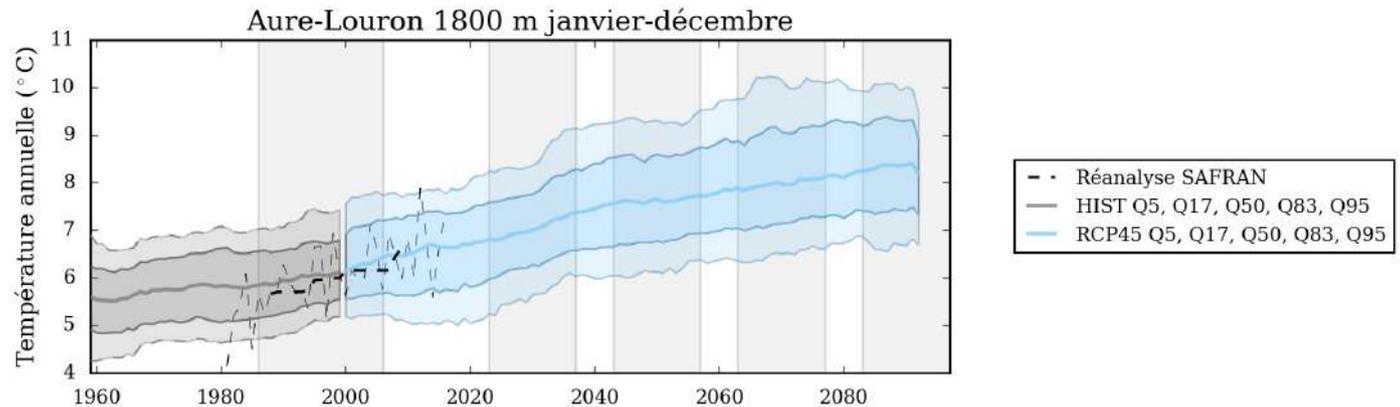
Verfaillie et al., 2017



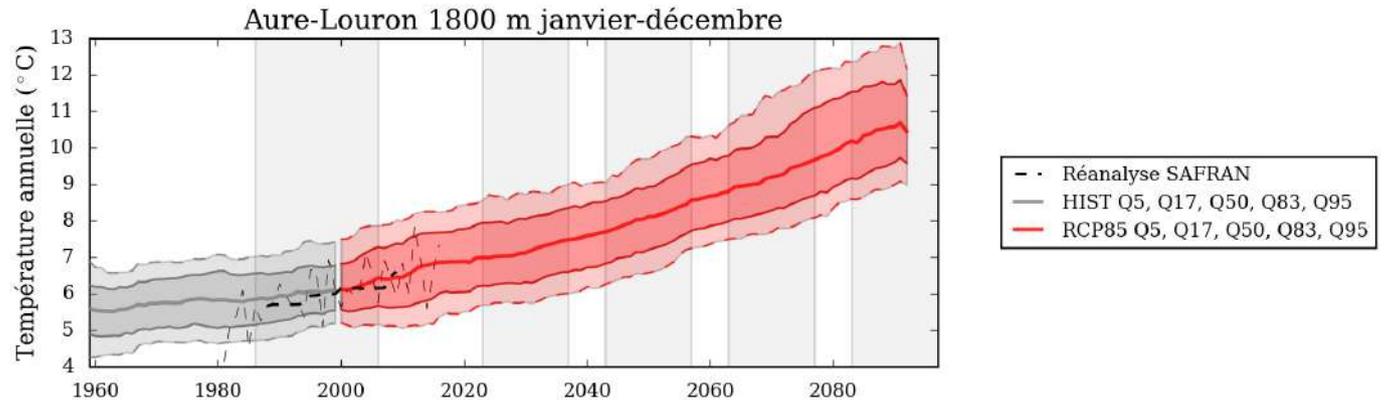
Des températures en hausse continue et possiblement très forte

Projections de température moyenne (année) sur Aure-Louron, alt 1800m (source DRIAS)

RCP4.5

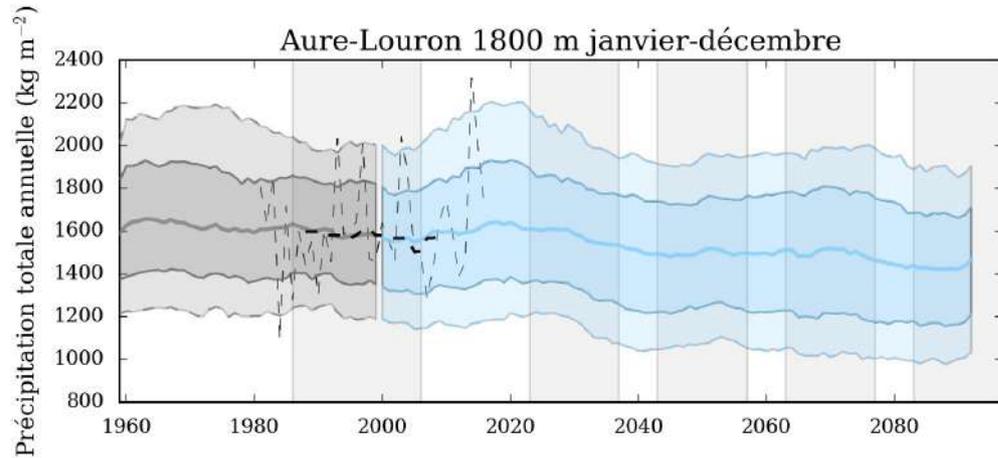


RCP8.5

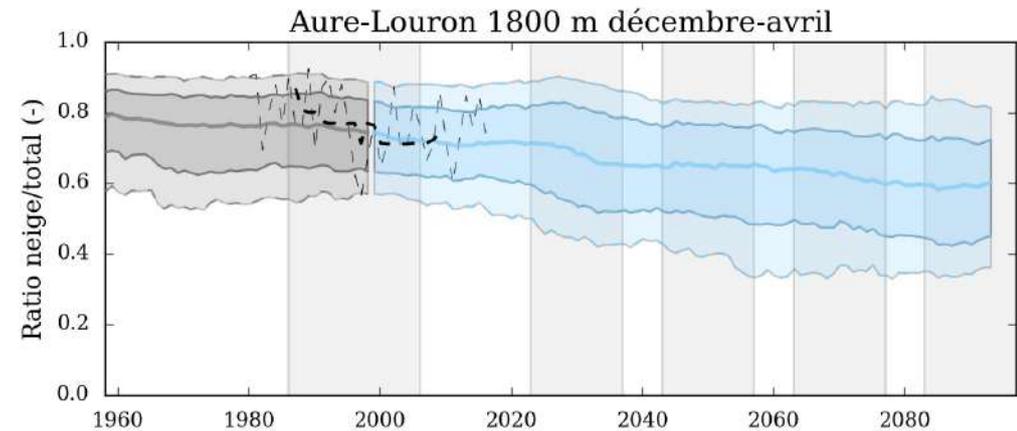
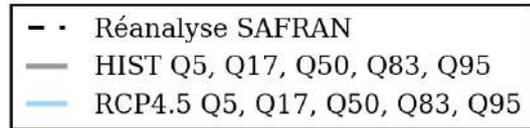


- En milieu de siècle (2050) poursuite du réchauffement, quel que soit le scénario, avec une hausse des températures annuelles de +1,5°C en RCP4.5 à +2°C en RCP8.5 voire + 3,5°C (par rapport à la référence 1976-2005)
- En fin de siècle (2090) le réchauffement pourra atteindre +2,3°C en RCP4.5 à +4,5°C en RCP8.5 (soit une translation thermique de près de 700m), voire +6,7°C
- Réchauffement encore plus fort l'été jusqu'à +4,9°C en RCP8.5 voire +8,3°C

Evolution incertaine des précipitations mais moins de neige



Cumul annuel de précipitation à 1800m (Aure-Louren)

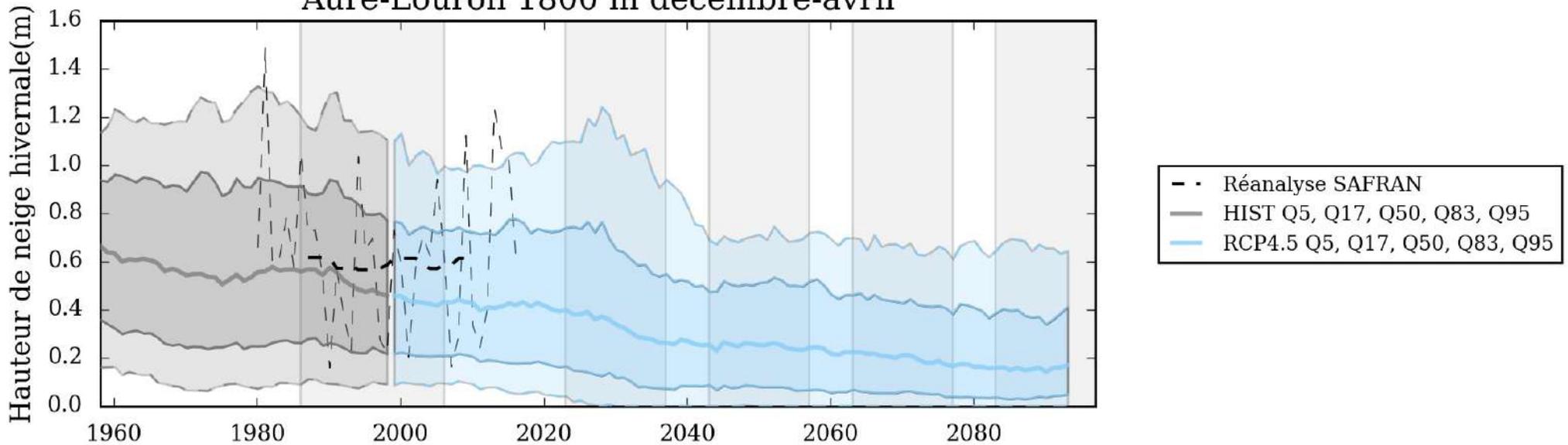


Ratio neige/précip en hiver à 1800m (Aure-Louren)

- Incertitudes importantes sur l'évolution du cumul annuel de précipitation, avec une augmentation des contrastes saisonniers : stabilité ou hausse en hiver et baisse en été
- Baisse du ratio neige/precip totale d'environ 10 % à l'horizon 2050, atteignant 20 % en fin de siècle (RCP4.5) mais 50 % en RCP 8.5.

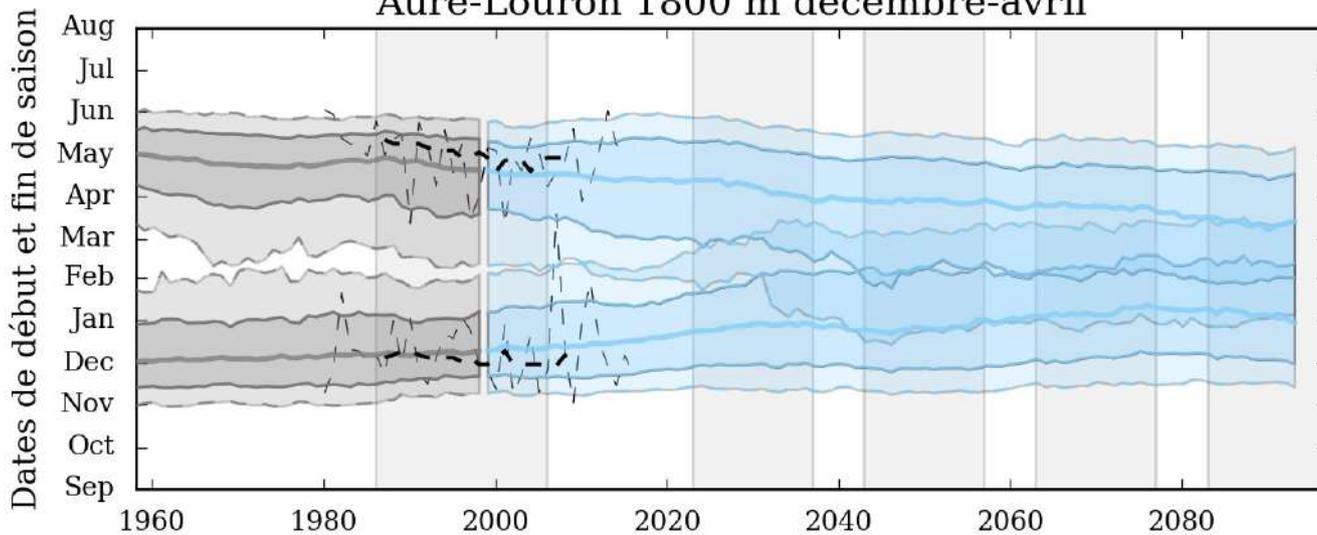
Enneigement en baisse régulière et moins durable

Aure-Louron 1800 m décembre-avril



- A l'horizon 2050 (scénario RCP 4.5), baisse sensible de la hauteur de neige moyenne (ici à 1800m) mais aussi de la durée de l'enneigement (entre 1 et 2 mois)

Aure-Louron 1800 m décembre-avril



Fin du temps 1 : le constat et les projections

Questions ?



Temps 2 : les impacts sur les écosystèmes et les activités humaines

QUIZZ

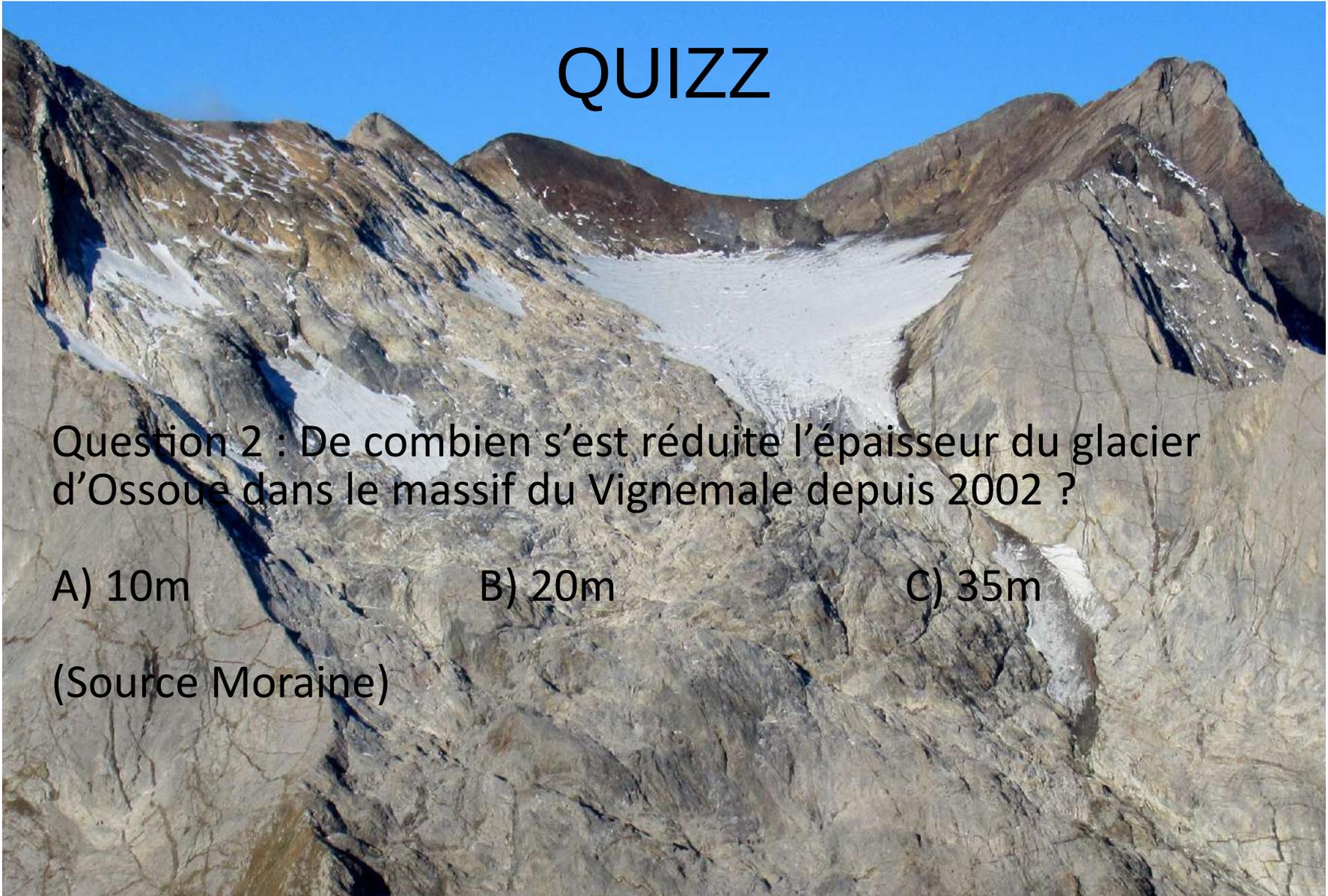
Question 2 : De combien s'est réduite l'épaisseur du glacier d'Ossoue dans le massif du Vignemale depuis 2002 ?

A) 10m

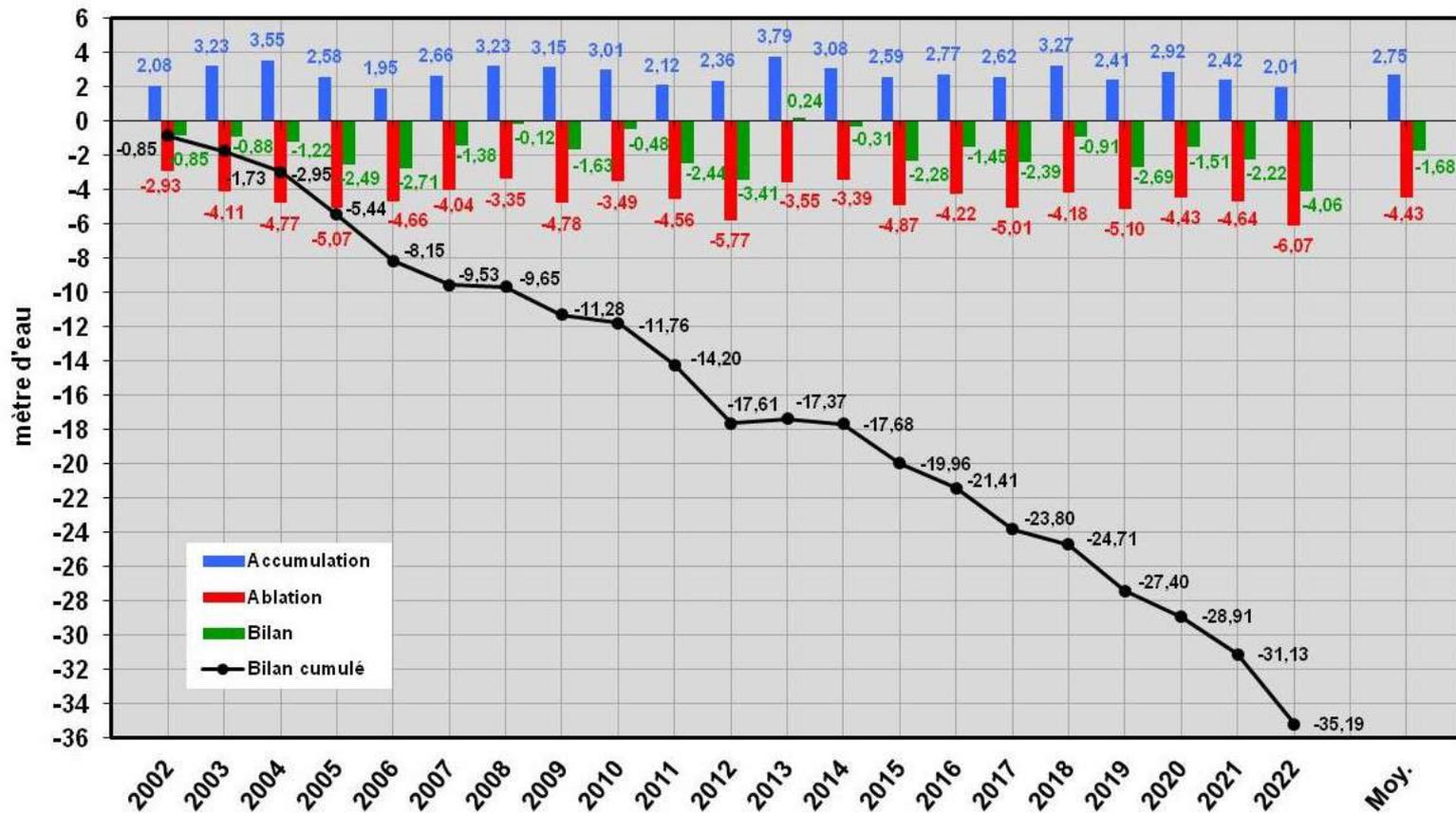
B) 20m

C) 35m

(Source Moraine)

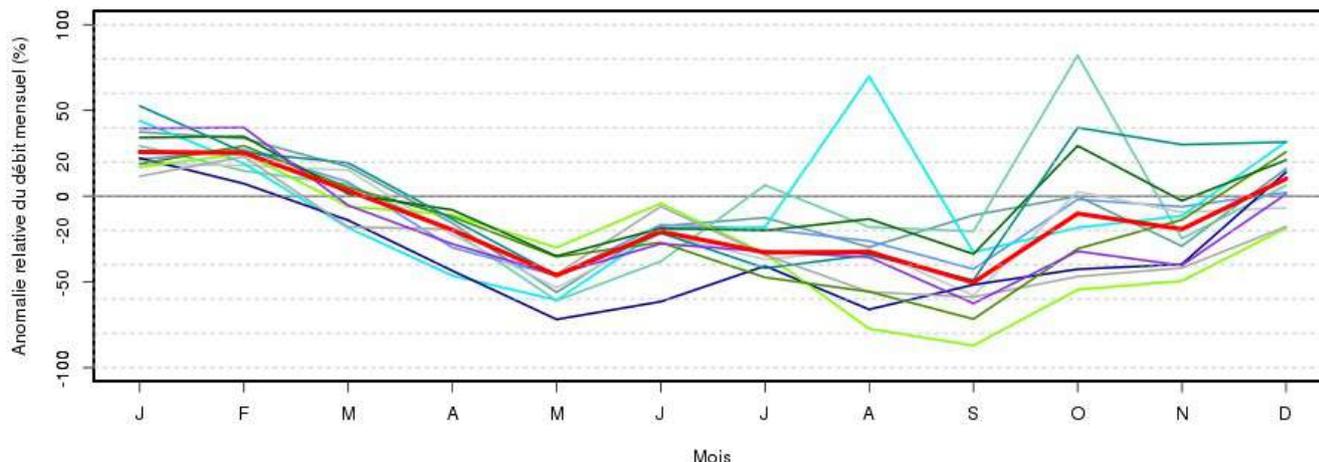


Paysages: la disparition prochaine des glaciers



Premiers diagnostics basés sur les simulations SIM2, horizon 2050

L'Ariège à Foix pour la période 2041_2070 RCP85



| | | |
|----------------------|--------------------------------|--------------------|
| ALADIN63_CNRM-CM5 | RCA4_IPSL-CM5A-MR | HIRHAM5_NorESM1-M |
| RACMO22E_CNRM-CM5 | CCLM4-8-17_HADGEM2-ES | REMO2015_NorESM1-M |
| RACMO22E_EC-EARTH | RegCM4-6_HADGEM2-ES | MEDIANE |
| RCA4_EC-EARTH | CCLM4-8-17_M-MPI-ESM-LR_CLMcom | |
| WRF381P_IPSL-CM5A-MR | REMO2009_M-MPI-ESM-LR_CLMcom | |

<http://www.drias-eau.fr/>

Les premières simulations hydrologiques basées sur le modèle SIM2 (projet Explore2) annoncent sous RCP8.5 une évolution sensible des débits annuels de l'Ariège à Foix vers 2050, avec une hausse de l'ordre de + 20 % en hiver et une baisse de -40 % au printemps et en été.

Ces évolutions, déjà observées, ont un impact fort sur la qualité des eaux de surface (températures, composition chimique)



- Impacts sur la quantité/qualité des eaux des lacs de haute montagne (apport de neige, sécheresse, température) et la biodiversité associée (communautés végétales et animales)
- Dégradation des tourbières pyrénéennes et réduction de leur superficie inondée.
- Inversion du rôle actuel des tourbières en tant que puits de carbone, en en faisant des émetteurs de CO₂

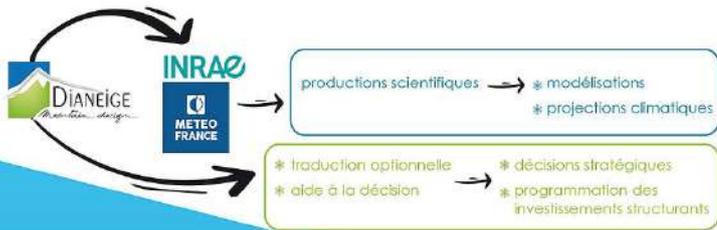


- Le réchauffement climatique altère la croissance et induit des changements de productivité de nombreuses espèces de flore et impacte en retour la productivité et de l'abondance des espèces de haute montagne (répartition)
- L'action combinée du changement climatique et de l'activité humaine est capable d'altérer la répartition et la composition de la flore ainsi que la diversité de la végétation en haute montagne
- Altérations au niveau du cycle de vie des différentes espèces et des interactions entre elles.
- Augmentation du risque de propagation de certaines espèces exotiques et d'autres espèces nocives déjà présentes
- Le mouvement d'animaux et de plantes en quête de conditions climatiques appropriées pourra avoir une influence sur la connectivité des espaces naturels pyrénéens

Impacts sur les forêts



- Le réchauffement climatique et les changements au niveau de l'utilisation des sols modifient la diversité et la répartition de nombreuses espèces forestières des Pyrénées.
- Le changement climatique a des effets sur la productivité des forêts et sur leur capacité à fixer le CO₂ dans l'atmosphère par le biais de la photosynthèse.
- Altération des conditions de santé des forêts et le potentiel déséquilibre au sein des communautés d'agents pathogènes.
- Le changement climatique pourrait augmenter le nombre et l'intensité des incendies de forêt dans les Pyrénées.



Les stations de sport d'hiver dans les Pyrénées : un secteur socio-économique météo-sensible, exposé & vulnérable au changement climatique

- Impact « visible » et « perceptible » du changement climatique sur l'enneigement en montagne
- Enjeux socio-économiques dans les régions de montagne (cf impact Covid-19) et au delà (aspects culturels, sportifs etc.).
- Sujet de clivage et de tension (local, régional et national).

Diagnostic de « skiabilité » en climat futur à partir de connaissances scientifiques et opérationnelles (service climsnow)

- Projections climatiques régionales,
- Modélisation de la neige (naturelle et gérée)
- Représentation de la topographie
- Prise en compte des caractéristiques locales (emplacement des enneigeurs...etc).

1 POUR

Votre territoire

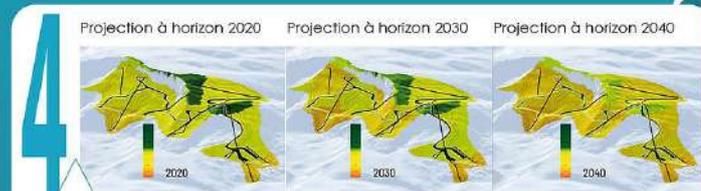
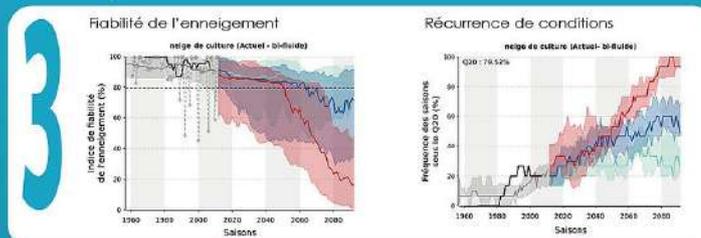
Votre station

2 EN INTÉGRANT

Neige naturelle

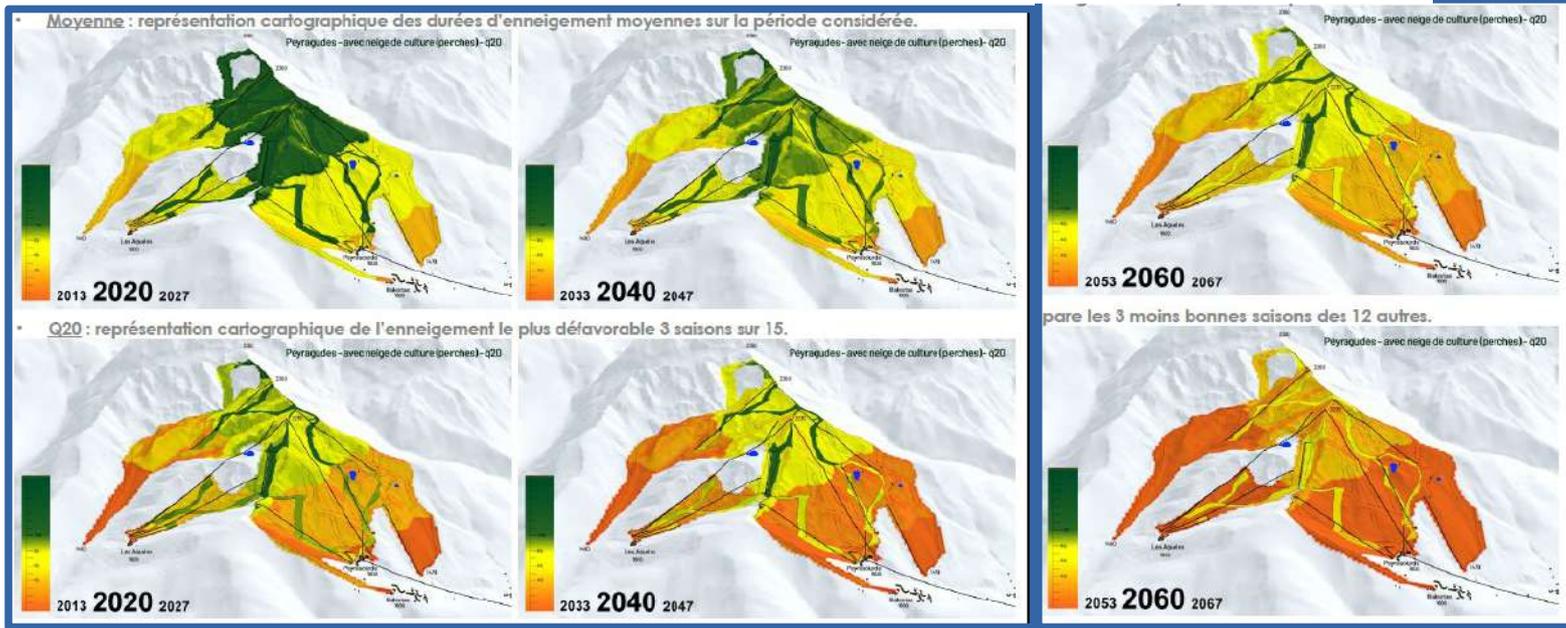
Neige naturelle et de culture damées

Selon plusieurs scénarios climatiques



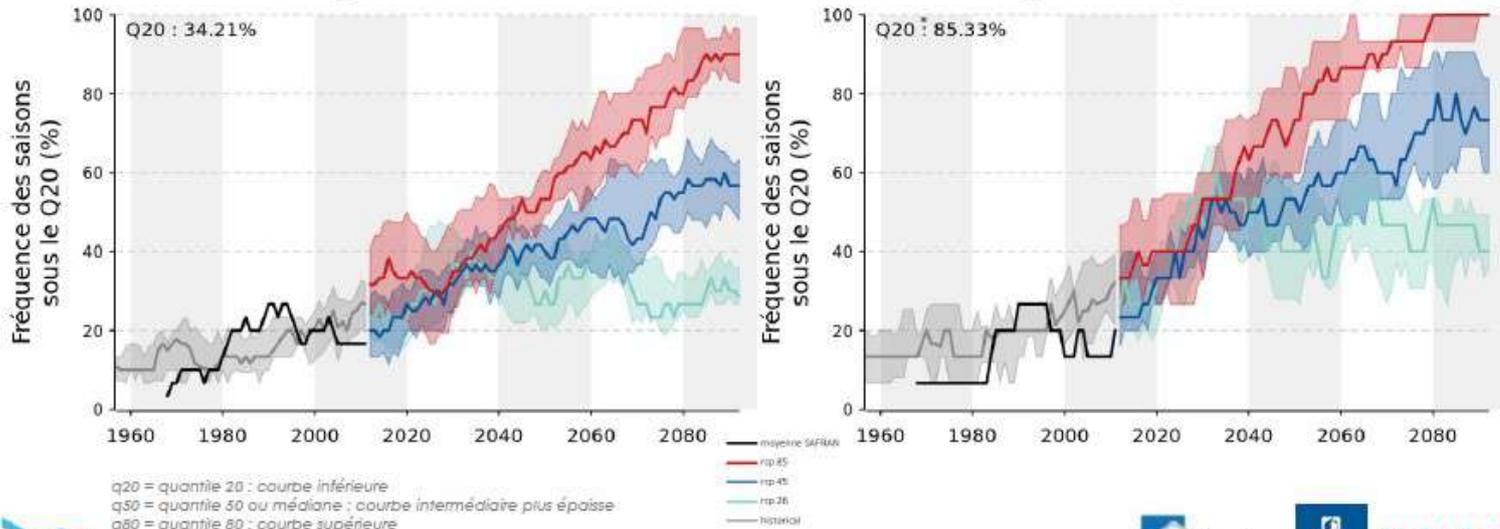
2.6

Représentation spatiale de l'évolution de la durée d'enneigement



neige naturelle damée

neige de culture (Actuel- bi-fluide)



q20 = quantile 20 : courbe inférieure
q50 = quantile 50 ou médiane : courbe intermédiaire plus épaisse
q80 = quantile 80 : courbe supérieure



- Le changement climatique peut avoir des impacts positifs comme négatifs sur le secteur agricole des Pyrénées.
- La moindre disponibilité de l'eau, les modifications du calendrier des cultures et l'augmentation du risque de dommages liés aux événements extrêmes entraînent une baisse de la productivité des cultures.
- Le changement climatique favorise la propagation de certaines vermines et de maladies des cultures mais aussi du bétail
- L'augmentation des températures moyennes et les vagues de chaleur influent directement sur l'état de santé et le bien-être des animaux.



- L'impact du changement climatique sur le cycle hydrologique affecte la capacité des centrales hydrauliques à produire de l'énergie durant certaines périodes de l'année.
- La production d'énergie solaire pourrait être favorisée à l'avenir par une hausse du taux de rayonnement solaire dans tout le massif des Pyrénées.
- Les infrastructures de production et de transport d'énergie pourraient être touchées par l'augmentation prévue des risques naturels.



- Augmentation des phénomènes météorologiques extrêmes et notamment la fréquence et l'intensité des inondations et des sécheresses
- La plus grande variabilité du climat découlant du changement climatique pourrait entraîner une plus grande fréquence de certains phénomènes de type glissements de terrain, éboulements et avalanches.

Conclusion

- Le massif des Pyrénées, confronté à un changement climatique brutal impactant l'ensemble des milieux et des activités socio-économiques
- Actions d'adaptation dans différents secteurs : gestion de l'eau, forêts, stations de ski mais aussi en termes de biodiversité (gestion des réserves naturelles)
- Au delà d'un réchauffement global de +2°C, les actions d'adaptation ne seront plus efficaces et il est essentiel de transformer au plus vite notre société pour aller vers un mode de développement décarboné

Merci de votre attention

Questions ?



Références :

- Rapport du GIEC : <https://www.ipcc.ch/>
- OPCC : <https://www.opcc-ctp.org/>
- ClimatHD : <https://meteofrance.com/climathd>
- DRIAS (les futurs du climat) et bientôt DRIAS_Eau (les futurs de l'eau)
<http://www.drias-climat.fr/> <http://www.drias-eau.fr>