

Vers une nouvelle génération de données pour les services climatiques à Météo-France

Projets Socle Métropole et Outre Mer

Webinaire TRACCS, 27 septembre 2024

Aurélien Ribes¹, Ali Bel Madani^{1,3}, Aude Champouillon^{2,4}
Jean-Michel Soubeyrou², Agathe Drouin²

¹ CNRM, Météo-France

² Direction Climatologie et Services Climatiques, Météo-France

³ École Nationale de la Météorologie

⁴ IGE

1. Contexte & motivations

2. Les projets Socle de projections climatiques

Généralités

Spécificités Outre-Mer

3. Enquête auprès des utilisateurs et utilisatrices des services climatiques

Portails

- DRIAS : *les futurs du climat*
données de référence sur CC futur en France
information et accompagnement pour études d'impact
- DRIAS *les futurs de l'eau*
- Climat HD
information et graphiques clé sur CC passé et futur

Aide à la décision

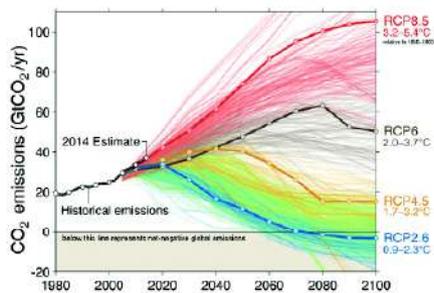
- Climadiag commune / entreprise
information ciblée sur une commune / interco
croisement avec vulnérabilités
- Climsnow

Consultance



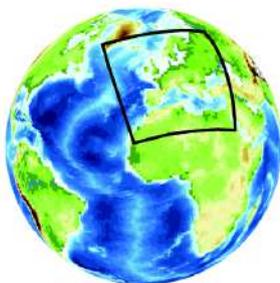
Chaîne de production de données projections climatiques

SCÉNARIOS D'ÉMISSIONS

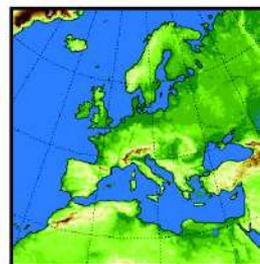


Data: CDIAC/GCP/IPCC/Fuss et al. 2014

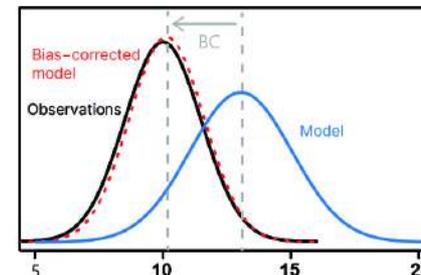
MODÈLE CLIMATIQUE GLOBAL



MODÈLE CLIMATIQUE RÉGIONAL



CORRECTION DE BIAIS



Descente d'échelle dynamique

Descente d'échelle statistique

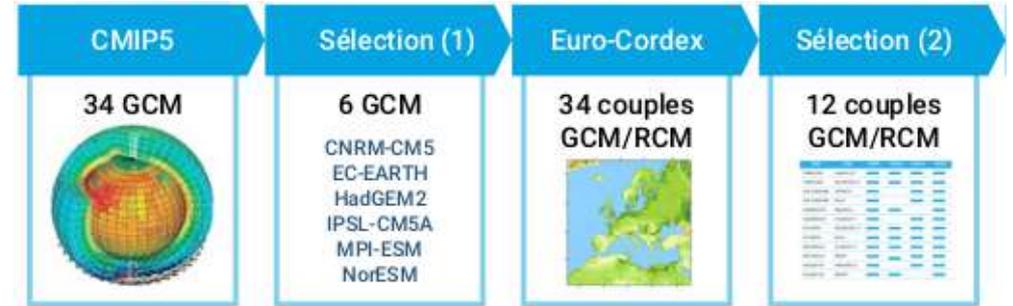


Données DRIAS 2020

Objectif : haute résolution, couvrir les incertitudes

Elaboration :

- Sous-ensemble EURO-CORDEX-CMIP5,
- Sélection 12 couples GCM/RCM,
- 3 scénarios : RCP2.6, 4.5, 8.5,
- Données quotidiennes, 8km, corrigées,
- cf Soubeyroux et al., 2020.



Autres données parfois utilisées pour certaines études

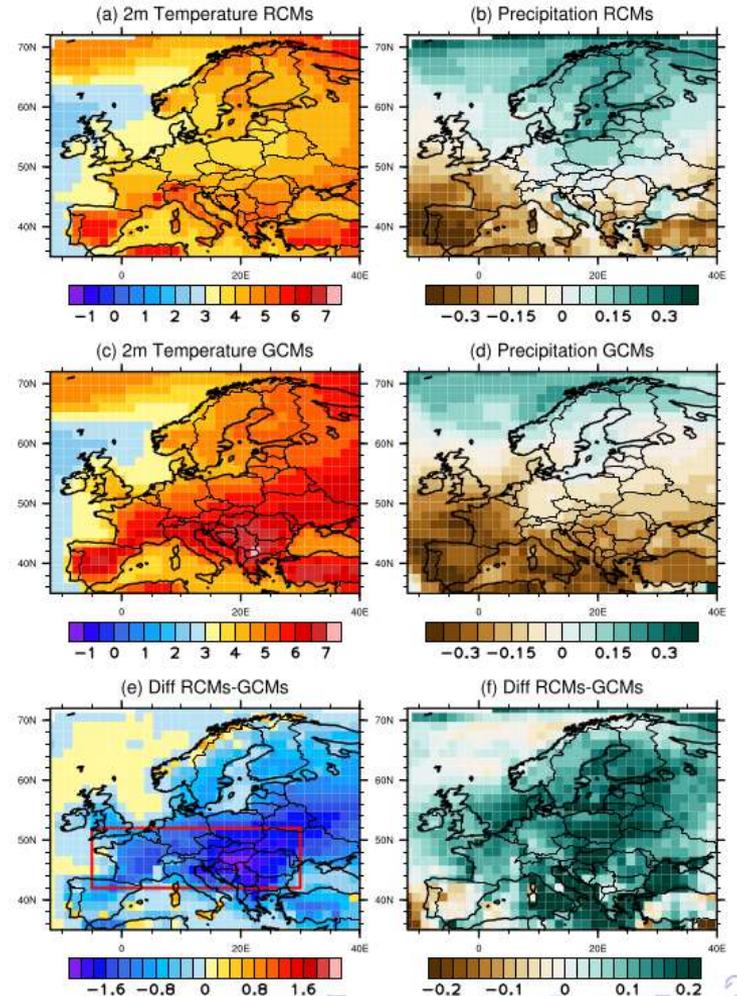
Données CMIP6

Nouveaux scénarios, modèles, résultats

Questions de cohérence GCM / RCM

- Prise de conscience récente
Boé et al. (2020), Gutiérrez et al. (2020), etc
- Causes : défauts des RCM (e.g., forçage aérosol mal représenté, incohérences physiques), vs possible valeur ajoutée (haute résolution).
- *Taranu et al. (2022)* suggère que “ce n’est pas de la valeur ajoutée”.

Figure : Changement climatique en été simulé par les GCM vs RCM de CORDEX (Boé et al., 2020)



Données CMIP6

Nouveaux scénarios, modèles, résultats

Questions de cohérence GCM / RCM

Arrivée de contraintes observationnelles

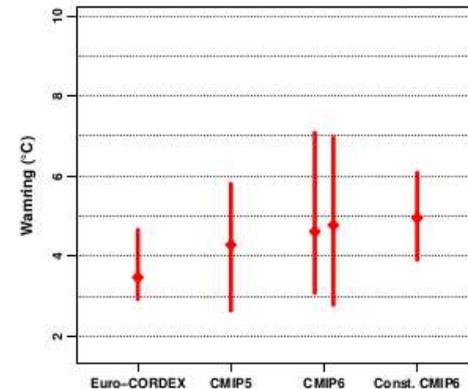
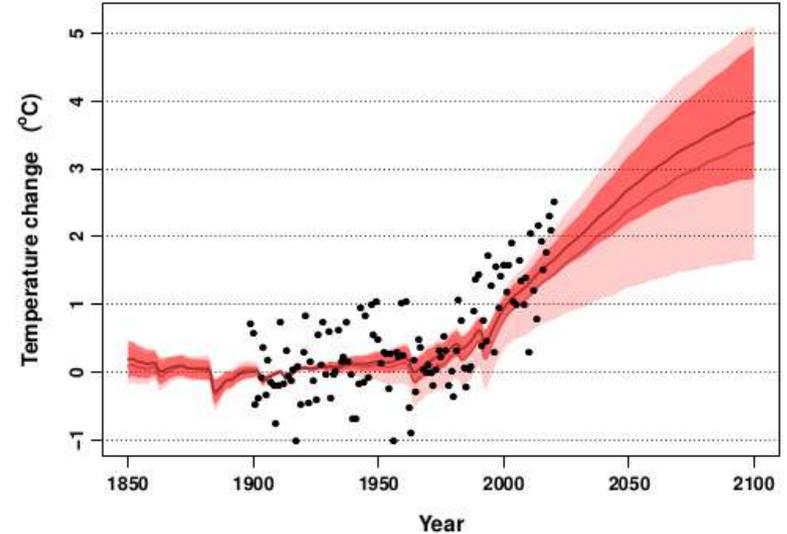
Principe : combiner modèles et observations

→ meilleures projections climatiques

Application France métropolitaine (*Ribes et al., 2022*)

Révision à la hausse du réchauffement attendu,

Certains modèles semblent irréconciliables avec les obs.



Données CMIP6

Nouveaux scénarios, modèles, résultats

Questions de cohérence GCM / RCM

Arrivée de **contraintes observationnelles**

Données plus parcellaires OM

1. Contexte & motivations

2. Les projets Socle de projections climatiques

Généralités

Spécificités Outre-Mer

3. Enquêtes auprès des utilisateurs et utilisatrices des services climatiques

Défis scientifiques :

1. Données : Produire un jeu de données / simulations pour couvrir différents besoins (échantillonnage, incertitudes, HR, impacts), et assurer une cohérence des messages / diagnostics sur le CC.

- *Futures données DRIAS (+ autres utilisations)*
- *Enjeu : couvrir VI et incertitude modèle + génération CMIP6*

2. Synthèse : synthétiser les différentes sources d'information (diverses et parfois contradictoires)

GCM, RCM, CP-RCM ; émulateur IA ; observations (contraintes obs., correction de biais).

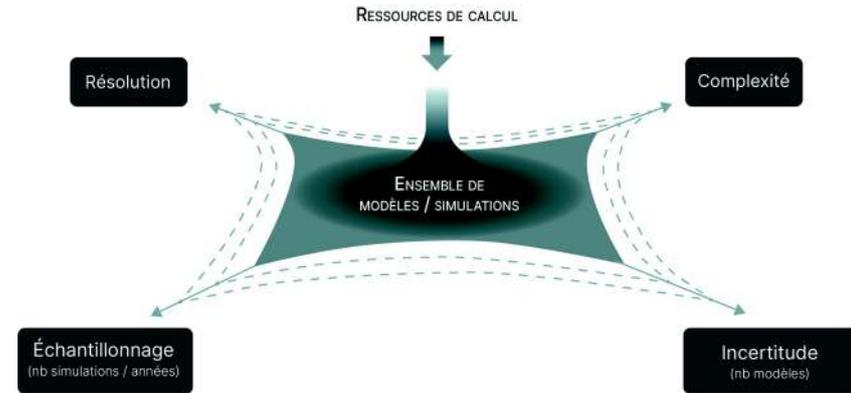
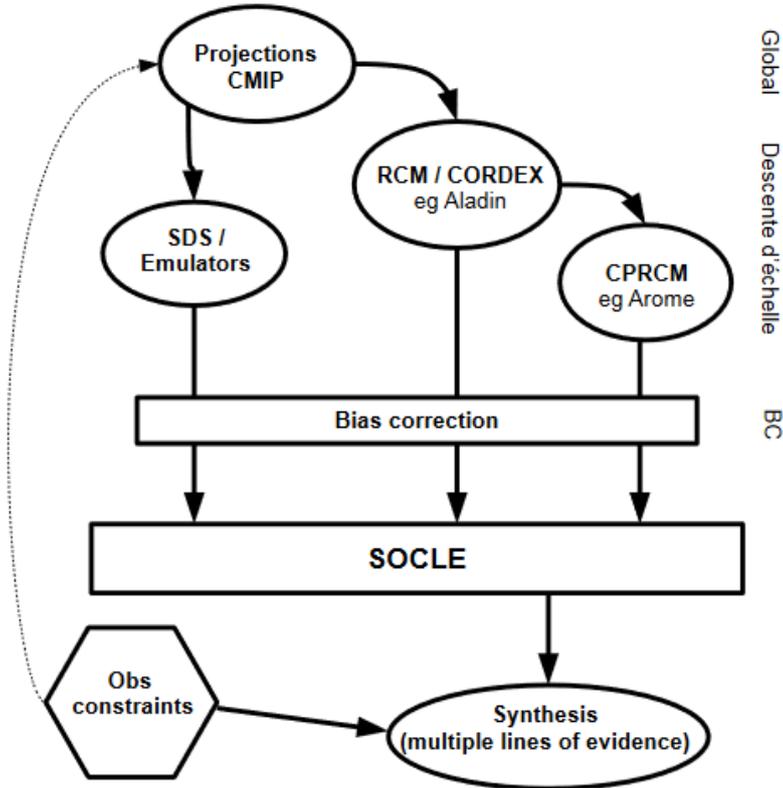


Schéma de production des données



Principes généraux :

- Modèles globaux, descente d'échelle, correction de biais
- Ensemble(s) CORDEX

Nouveautés :

- descente d'échelle statistique (émulateurs IA),
- CPRCM type Arome,
- contraintes observationnelles et synthèse.

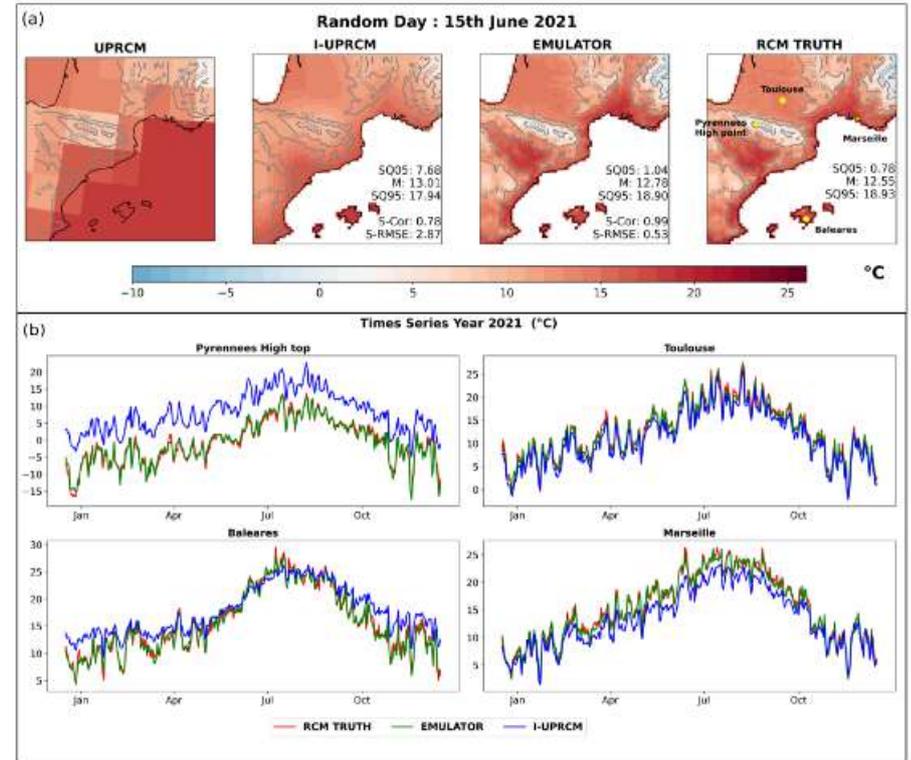
Une innovation majeure: l'utilisation d'émulateurs de RCM

Principe : Descente d'échelle statistique via l'émulation par IA d'un modèle régional de climat (Doury et al., 2022 ; Figure)

Plus-value : Inclure de nombreux modèles CMIP / membres, à un faible coût (calcul).

Limites :

- Variables : T, Pr seulement ;
- Méthode récente, recul encore limité.



- Utilisation de nombreux modèles **CMIP6**, dont plusieurs grands ensembles (ie, nombreuses simulations pour un même scénario, permettant un bon échantillonnage).
- Utilisation des travaux de la communauté **Euro-Cordex** (2024-2025)
- Réalisation de plusieurs runs Aladin spécifiques pour compléter l'ensemble

Le futur ensemble Euro-Cordex (résolution 12km)

- 22 simulations (ie, couple GCM-RCM), réparties de façon équilibrée afin de couvrir 6 GCM x 7 RCM. Simulations couvrant 1850-2100, 2 scénarios au moins (SSP126 et SSP370) ; disponibilité : certains runs déjà finis, fin 2024 (une majorité) à fin 2025
- parmi elles (réalisation CNRM), simulations Aladin forcées par 3 GCM (CNRM-ESM2, NorESM, CMCC), mais dispo seulement fin 2025 pour les deux derniers modèles forceurs,

Première prise en compte de CP-RCM (~3km res)

- CP-RCM : modèles régionaux à haute résolution 2-5 km, permettant une convection atmosphérique explicite
- La production du socle s'appuie aussi sur les travaux de la communauté FPS-Convection
- Réalisation de plusieurs runs Arome spécifiques pour le socle

Simulations prévues de modèles de climat à échelle kilométrique couvrant le France : (réalisées notamment dans le cadre du projet européen IMPETUS4CHANGE

<https://impetus4change.eu/>

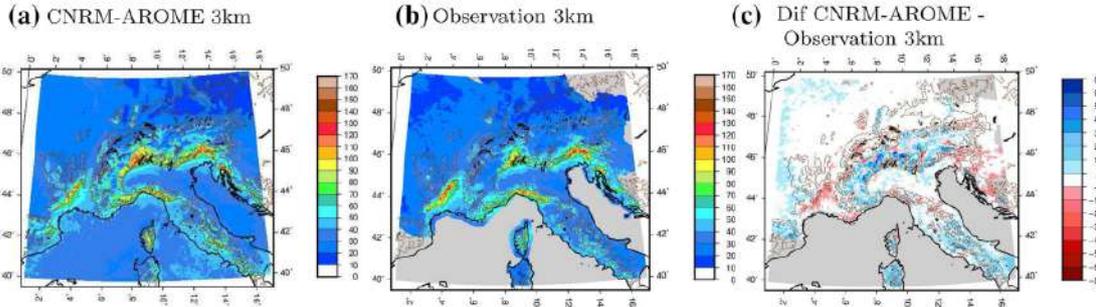
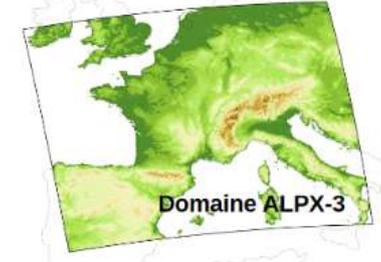
Forçage GCM CMIP6 scénario SSP3-7.0 avec RCM (12km) intermédiaire

Périodes de 20 ans

Modèle	Résolution	Domaine	GCM	Evaluation ERA5	Historique	Scénario
CNRM-AROME	2.5km	ALPX-3	CNRM-ESM2-1, r1i1p1f2	1959-2023 (65 ans)	1990-2099 (simulation continue) (110 ans)	
ICTP-RegCM	3km	~REU-3 pan-européen	EC-Earth3-Veg, r1i1p1f1	min 2000-2009	1995-2014 (20 ans)	Suivant GWL
GERICS-REMO	3km	~ALPX-3	MPI-ESM1-2-HR, r1i1p1f1	min 2000-2009	1995-2014 (20 ans)	Suivant GWL
CSIC-WRF	3km	~ALPX-3	NorESM2-MM, r1i1p1f1	min 2000-2009	1995-2014 (20 ans)	Suivant GWL

Les périodes des simulations scénario dépendent des niveaux de réchauffement globaux (GWL) des GCMs.

Priorité	Global Warming Level
1	GWL3
2	Période de référence (1995-2014)
3	GWL1.5
4	GWL2
5	GWL1
6	GWL4



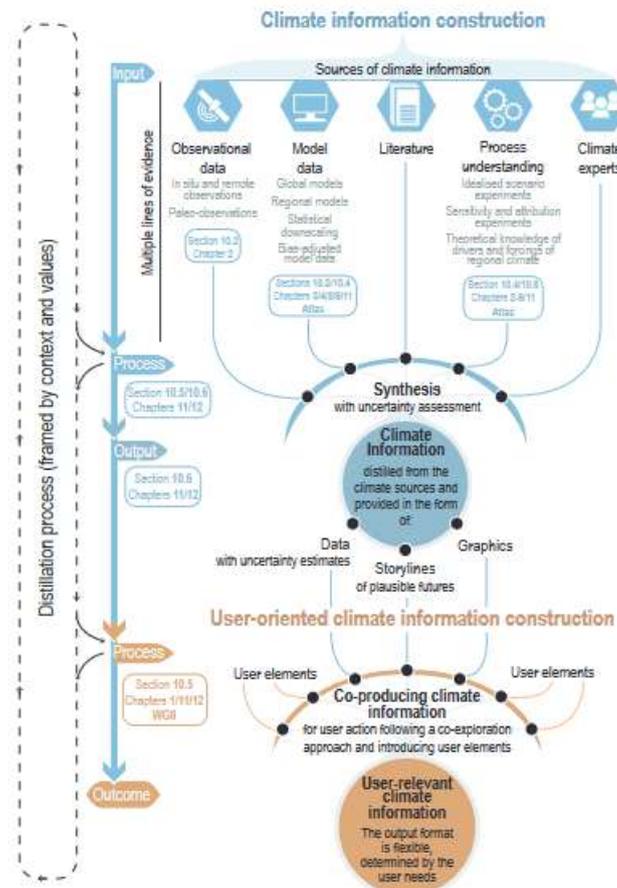
Enjeu :

Synthétiser des sources d'information parfois contradictoires,
eg GCM, RCM, observations.

Des questions scientifiques ouvertes...

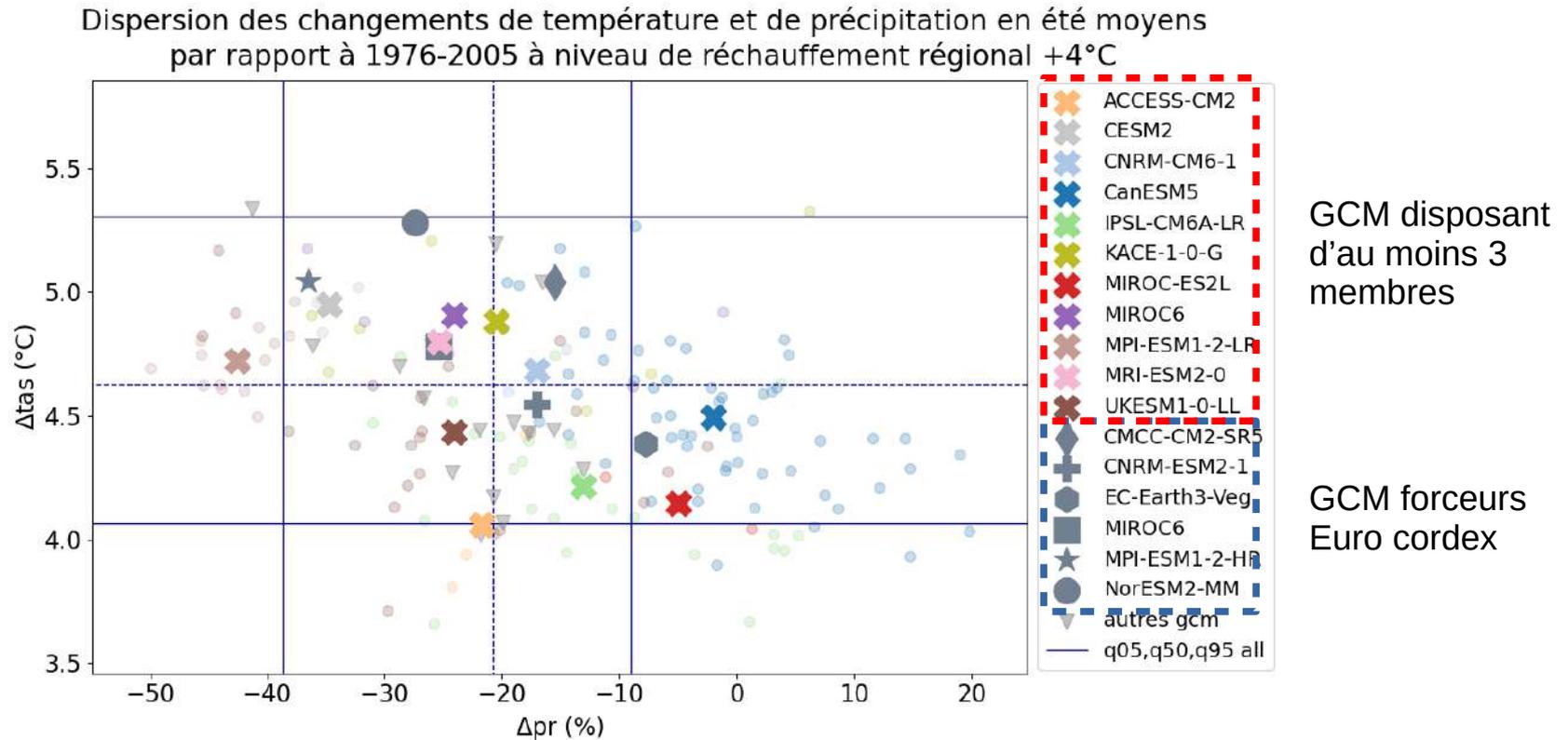
Distillation :

- quel(s) produit(s) pour quel(s) besoin(s) / utilisateur(s) ?
- comment garantir la cohérence ?
- quelle description des incertitudes ?



Le défi de la synthèse (stage Aude Champouillon)

- Représentation des changements en T et P sur la France en niveau RWL +4°C pour l'ensemble des simulations CMIP6 (membres individuels)



Projections & services climatiques : l'Hexagone et les Outre-Mers



LANGAGE

Climat^{HD}

Depuis plusieurs décennies, le changement climatique est en marche. Il va encore s'accroître au cours du XXI^e siècle.

Climat HD propose une vision intégrée de l'évolution du climat passé et futur, aux plans national et régional.

Climat HD synthétise les derniers travaux des climatologues : des messages clés et des graphiques pour mieux appréhender le changement climatique et ses impacts.

FRANCE (HISTORIQUE/FAV)

LA RÉUNION (BRIO)

ANTILLES (C3AF)

DRIAS2020 BRIO C3AF

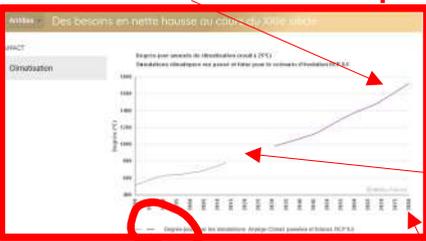
<https://météofrance.com/climathd>

ensemble multimodèle ✓



3 scénarios d'émissions ✓

GCM HR unique x



scénario d'émissions unique x

gap entre historique et futur x

jusqu'en 2080 x

combinaison GCM-RCM unique x



3 scénarios d'émissions ✓

À VOS CÔTÉS, DANS UN CLIMAT QUI CHANGE.

Expert public de la météo et du climat, Météo-France est à vos côtés pour contribuer à votre sécurité au quotidien et vous aider à prendre les meilleures décisions, dans un climat qui change.

Antilles

C3AF

Guyana
GuyaClimat

Miquelon

BRIO

Mayotte
+EUCP

Réunion

BRIO

St-Pierre & T. Adélie

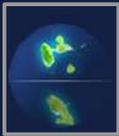
Wallis & Futuna

CLIPSSA

Nouvelle-Calédonie française

C3AF Guyane
BRIO +EUCP
CLIPSSA

Projections & services climatiques : les Outre-Mers couverts par le projet



Antilles



Guyane



Mayotte

Réunion



Nouvelle-Calédonie



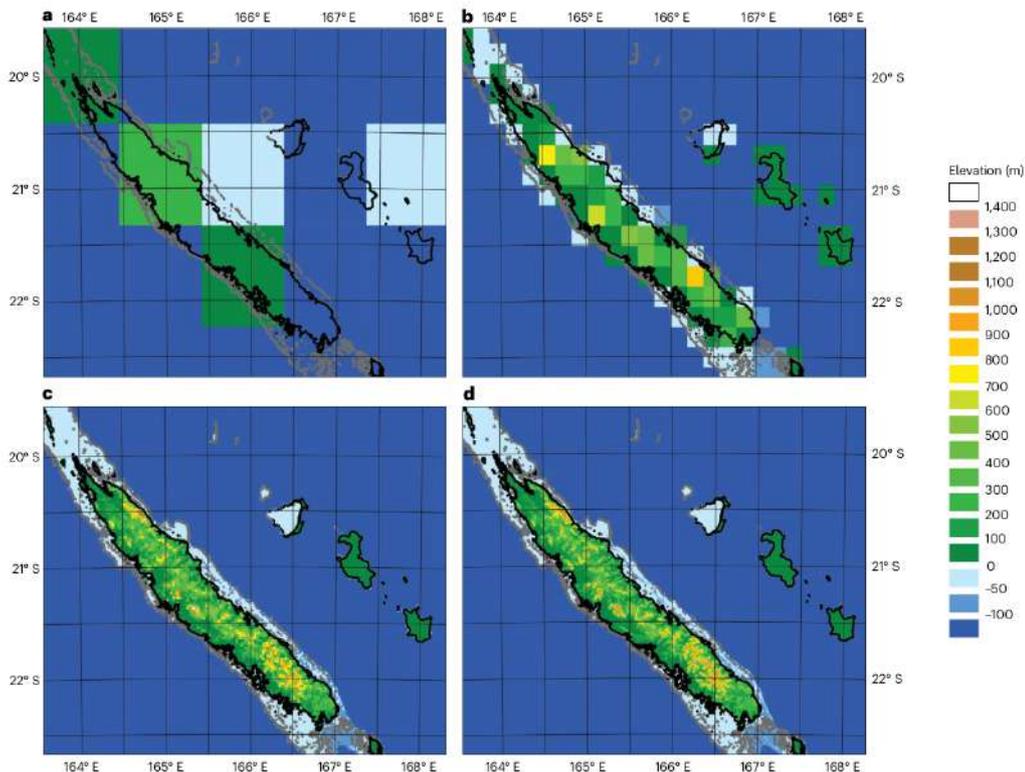
Polynésie française

Objectifs :

- construire des jeux de données équivalents à ceux de la métropole
- évaluation et analyse des simulations
- calcul d'indicateurs d'impact du CC
- développer les services / portails

Difficultés

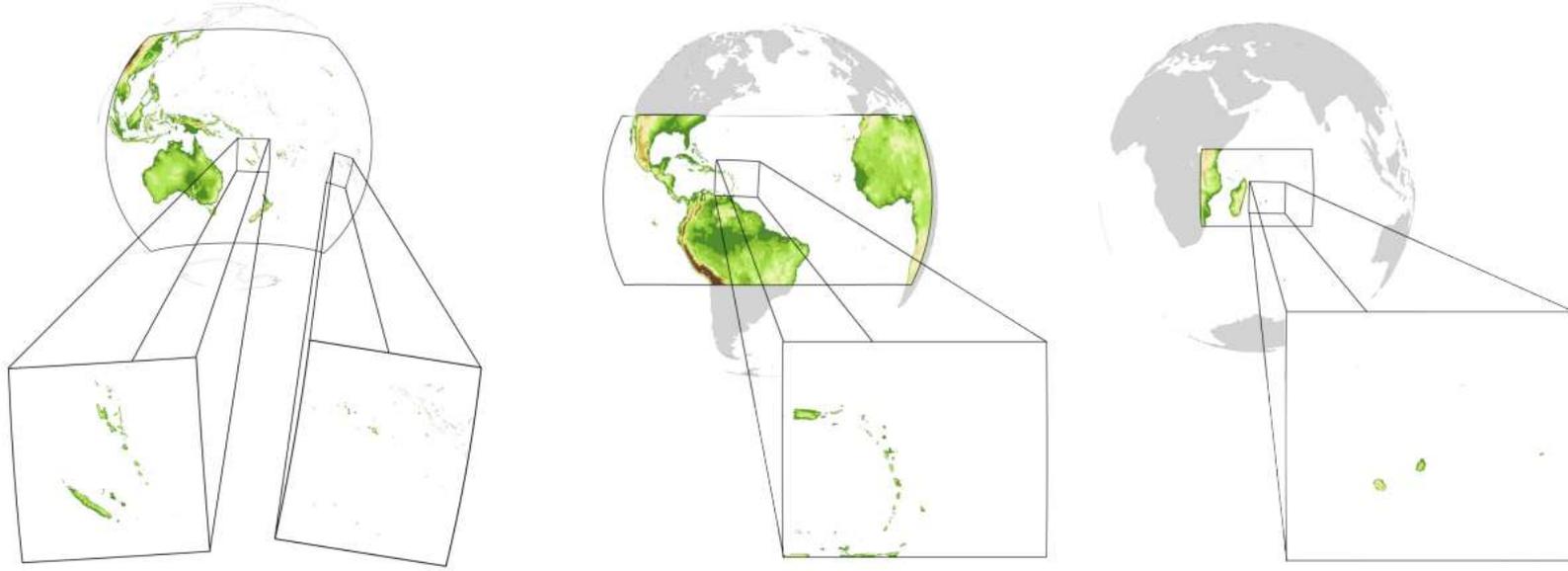
- moindre littérature / données multi-modèles HR dispo
- petites îles : besoin de résolution, représentation par les GCMs limitée.



Topography as a function of resolution. Taken from Evans et al, NCC, 2024

Nouveaux domaines Outre-Mer

Courtesy S. Somot, CNRM



ALADIN	Pacifique	Atlantique	Indien
Domaine	PAC20	CAM20	SWIO12
Résolution	20 km	20 km	12 km
Nb de pts	518 000	311 000	108 000

AROME	N ^{lle} Calédonie	Polynésie Française	Antilles	Réunion
Domaine	NCV3	PFR3	ANT3	REU25
Résolution	2,5 km	2,5 km	2,5 km	2,5 km
Nb de pts	410 000	360 000	415 000	346 000

Enquête auprès des utilisateurs et utilisatrices des services climatiques

Une enquête sous forme de questionnaire diffusé au printemps 2024

Cible du questionnaire : utilisateurs et utilisatrices « expert.e.s » de données issues de projections climatiques.

Structure du questionnaire

- 3 parties
 - Profil du/de la participant(e)
 - Utilisation actuelle des données
 - Besoins présents et futurs en matière de données
- 24 questions

Diffusion

- Portail DRIAS
- Réseau TRACCS
- Réseau Explore2
- LinkedIn
- DIR OM de Météo-France
- Conseil Supérieur de la Météorologie

Une enquête sous forme de questionnaire diffusé au printemps 2024

Cible du questionnaire : utilisateurs et utilisatrices « expert.e.s » de données issues de projections climatiques.

Format des questions et traitement des réponses

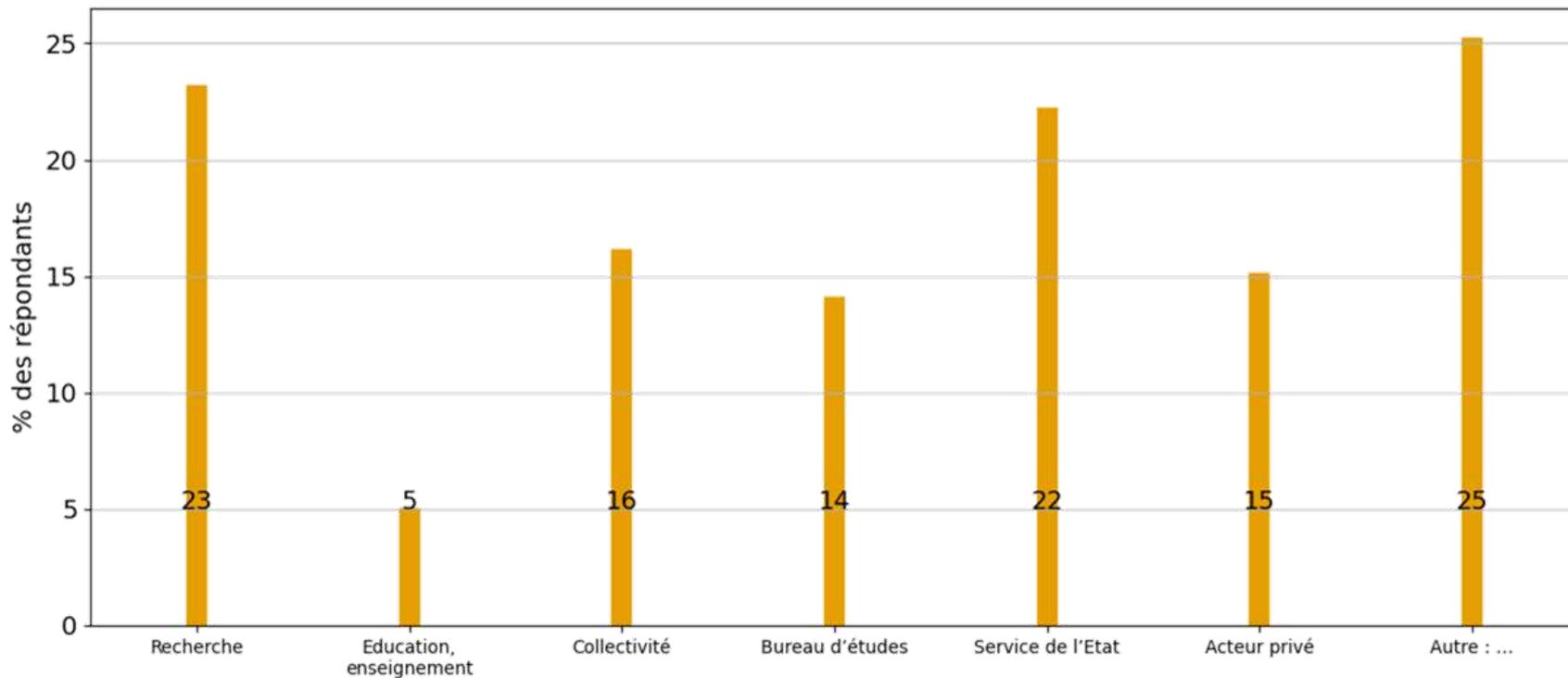
- Types de question :
 - Question à choix multiples, une seule réponse possible → *Traitement « quantitatif », avec éventuellement filtre*
 - Question à choix multiples, plusieurs réponses possibles → *Traitement « quantitatif », avec éventuellement filtre*
 - Question ouverte → *Traitement « qualitatif », avec tentative de regrouper les réponses*
- Pour chaque question à choix multiples, l'utilisateur.ice était invité.e à préciser / expliquer sa réponse
→ *Traitement « qualitatif »*

99 réponses entre le 22/05 et le 19/07

Résultats

Quel utilisateur êtes-vous ? (tout utilisateur : n = 99)

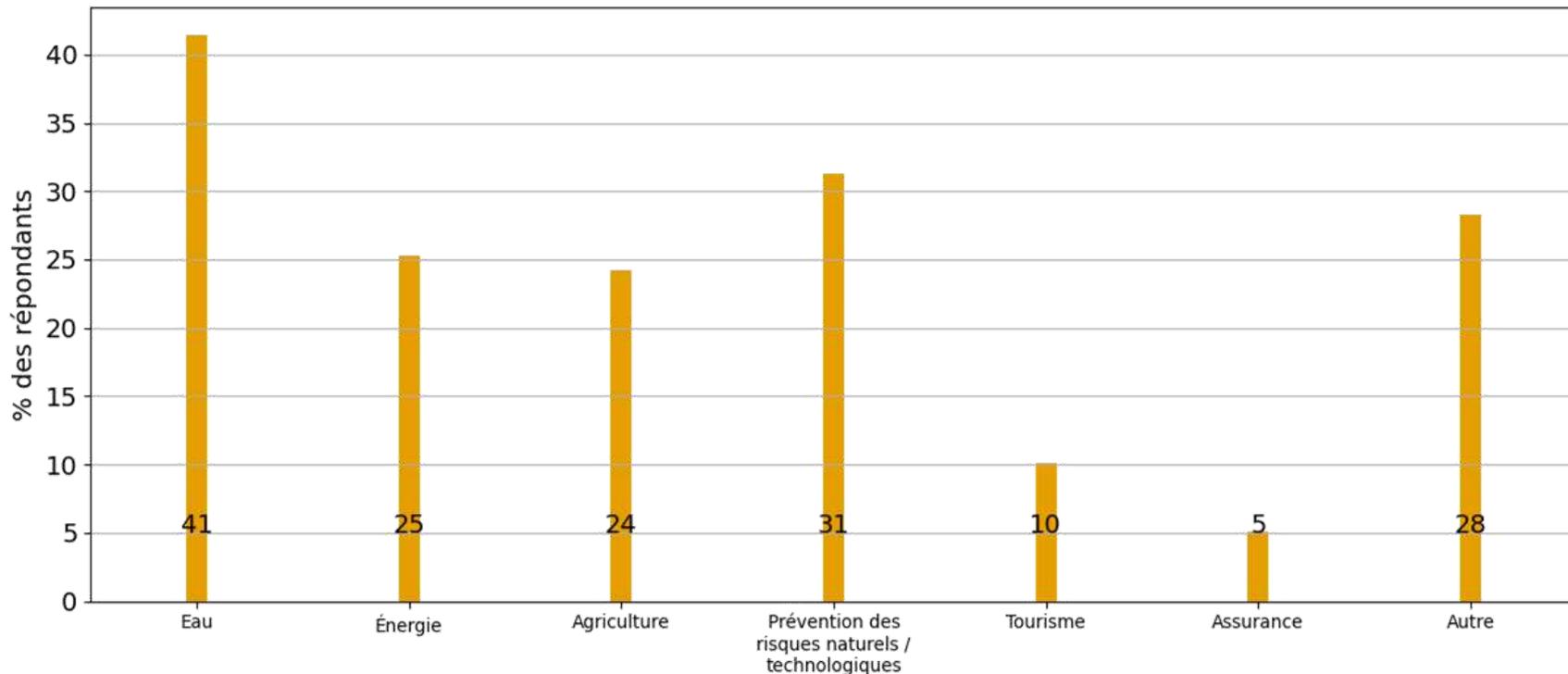
Plusieurs réponses possibles, question obligatoire



Résultats

Dans quel secteur / domaine utilisez-vous les données climatiques ?

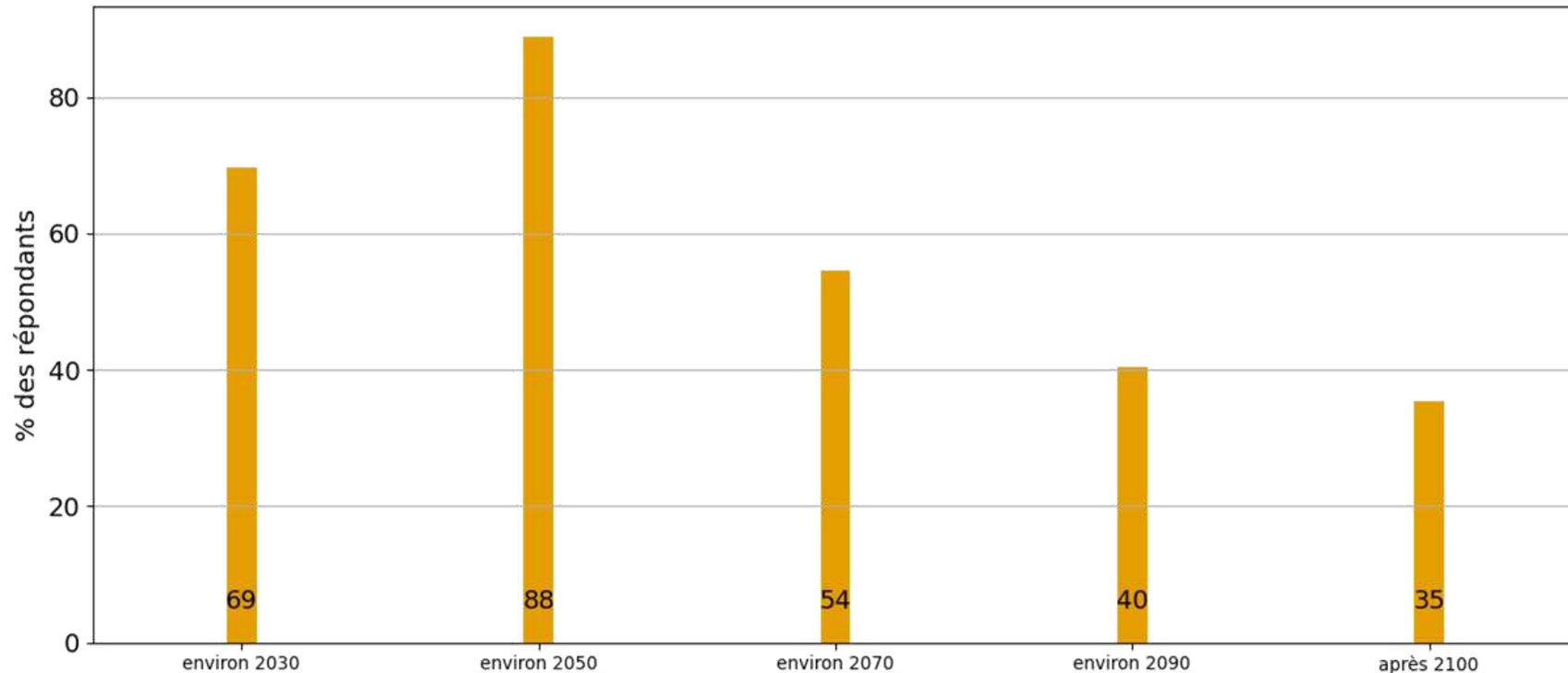
(tout utilisateur : n = 99), plusieurs réponses possibles, question obligatoire



Résultats

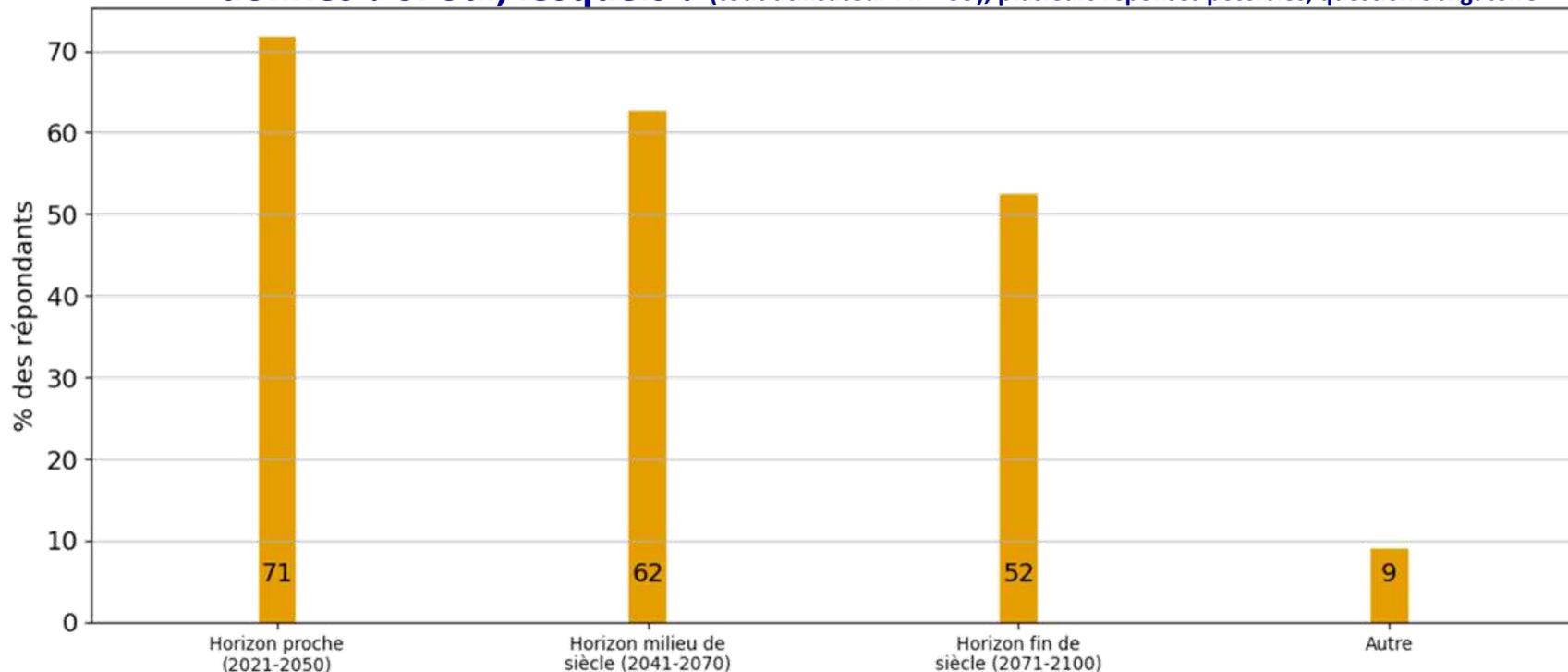
Par quelle(s) échéances temporelles votre activité est-elle concernée ?

(tout utilisateur : n = 99), plusieurs réponses possibles, question obligatoire



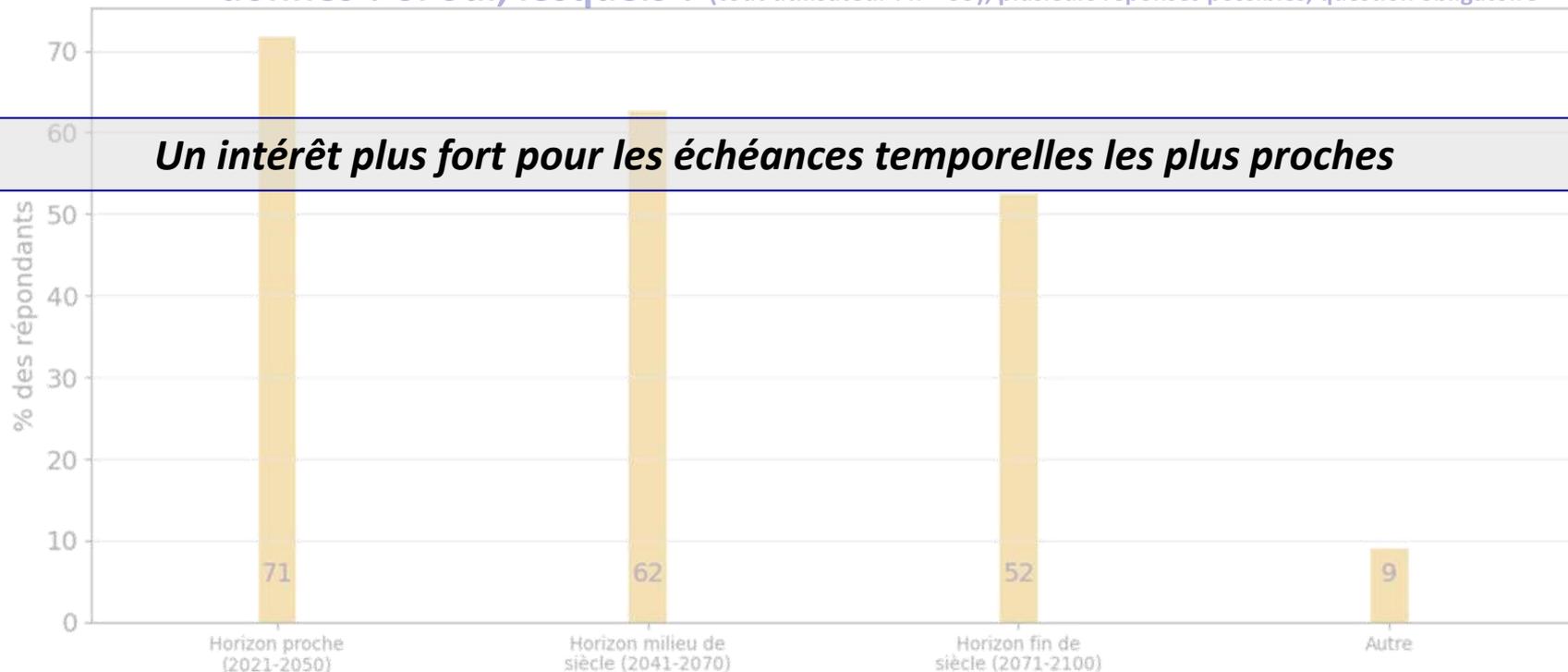
Résultats

Avez-vous besoin d'information en moyenne à des horizons temporels donnés ? Si oui, lesquels ? (tout utilisateur : n = 99), plusieurs réponses possibles, question obligatoire



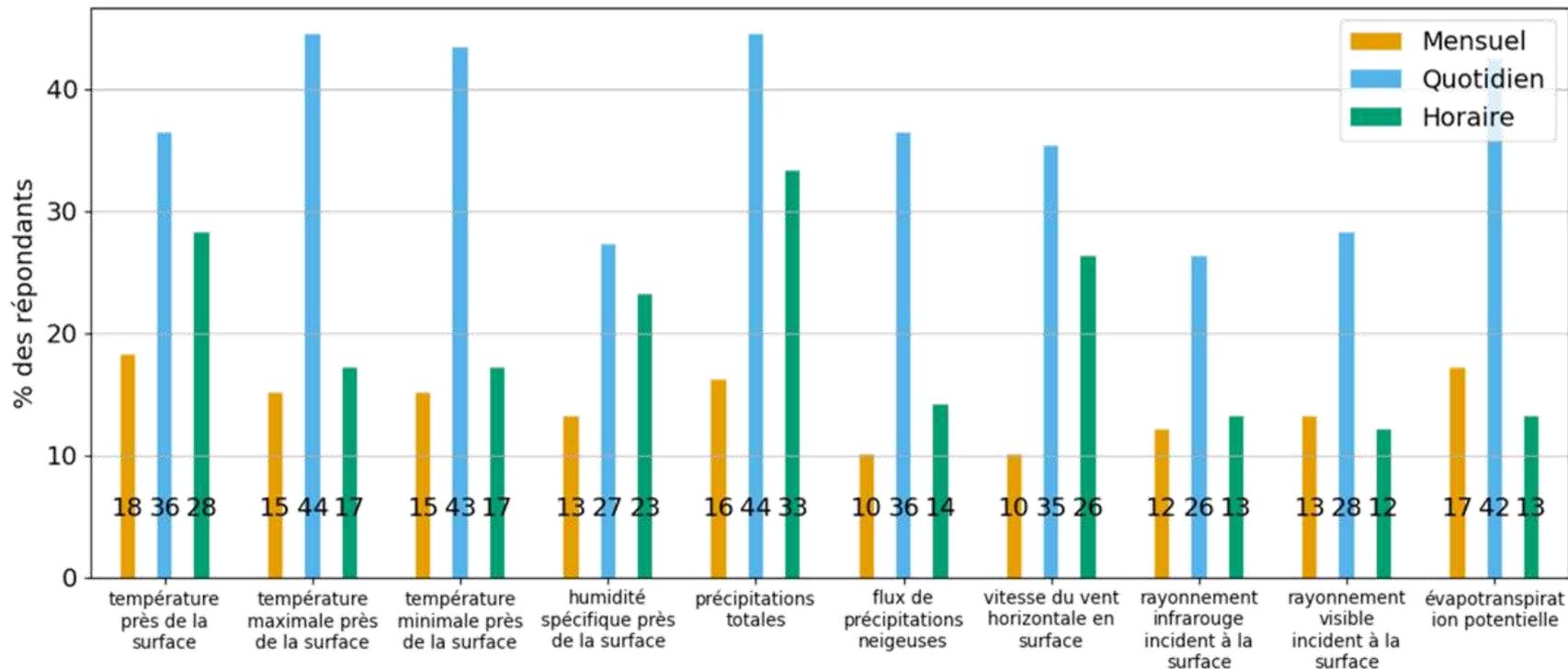
Résultats

Avez-vous besoin d'information en moyenne à des horizons temporels donnés ? Si oui, lesquels ? (tout utilisateur : n = 99), plusieurs réponses possibles, question obligatoire



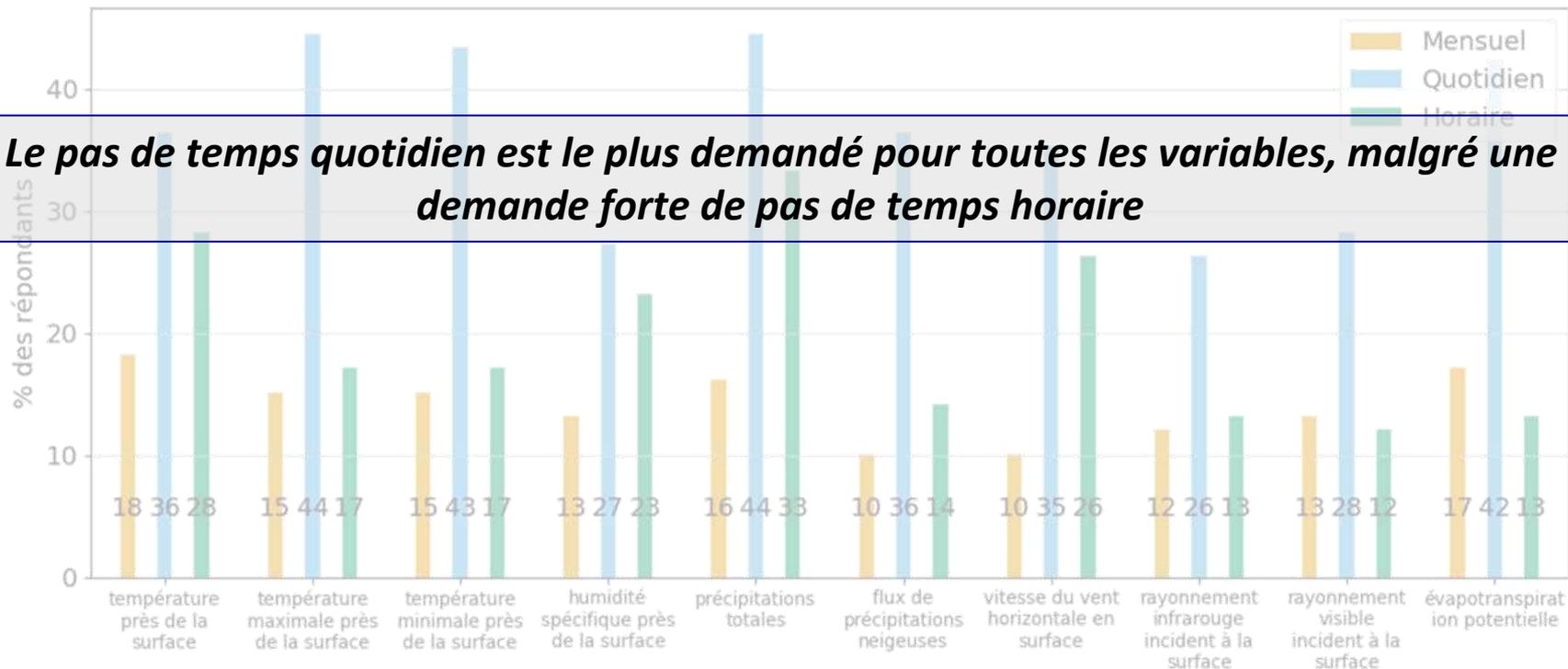
Résultats

De quelle(s) variable(s) avez-vous besoin ? Indiquez, pour chacune de ces variables, à quel pas de temps vous en avez besoin. (tout utilisateur : n = 99), un seul pas de temps possible par variable.



Résultats

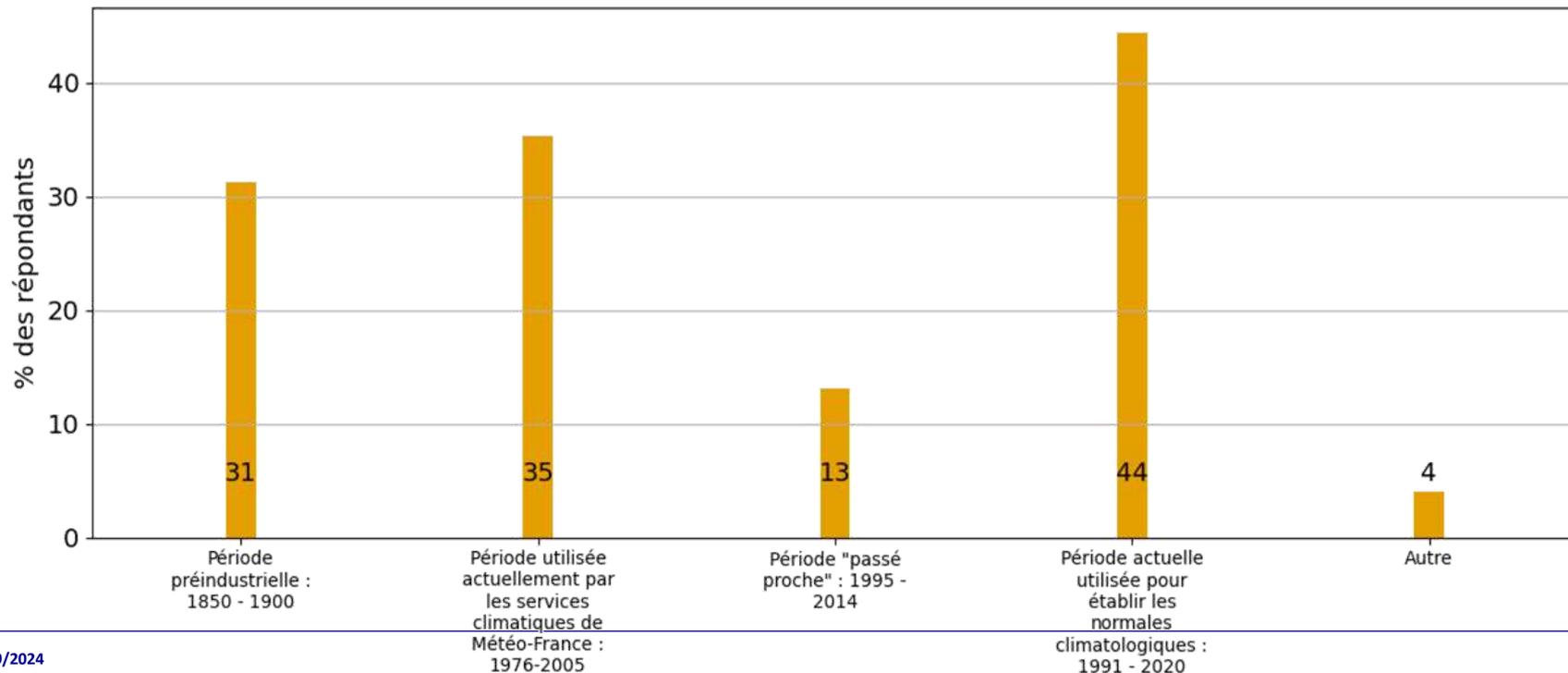
De quelle(s) variables avez-vous besoin ? Indiquez, pour chacune de ces variables, à quel pas de temps vous en avez besoin. (tout utilisateur : n = 99), un seul pas de temps possible par variable.



Résultats

Selon vous, comment la période de référence servant à calculer (exprimer) les évolutions du climat futur doit-elle être choisie ?

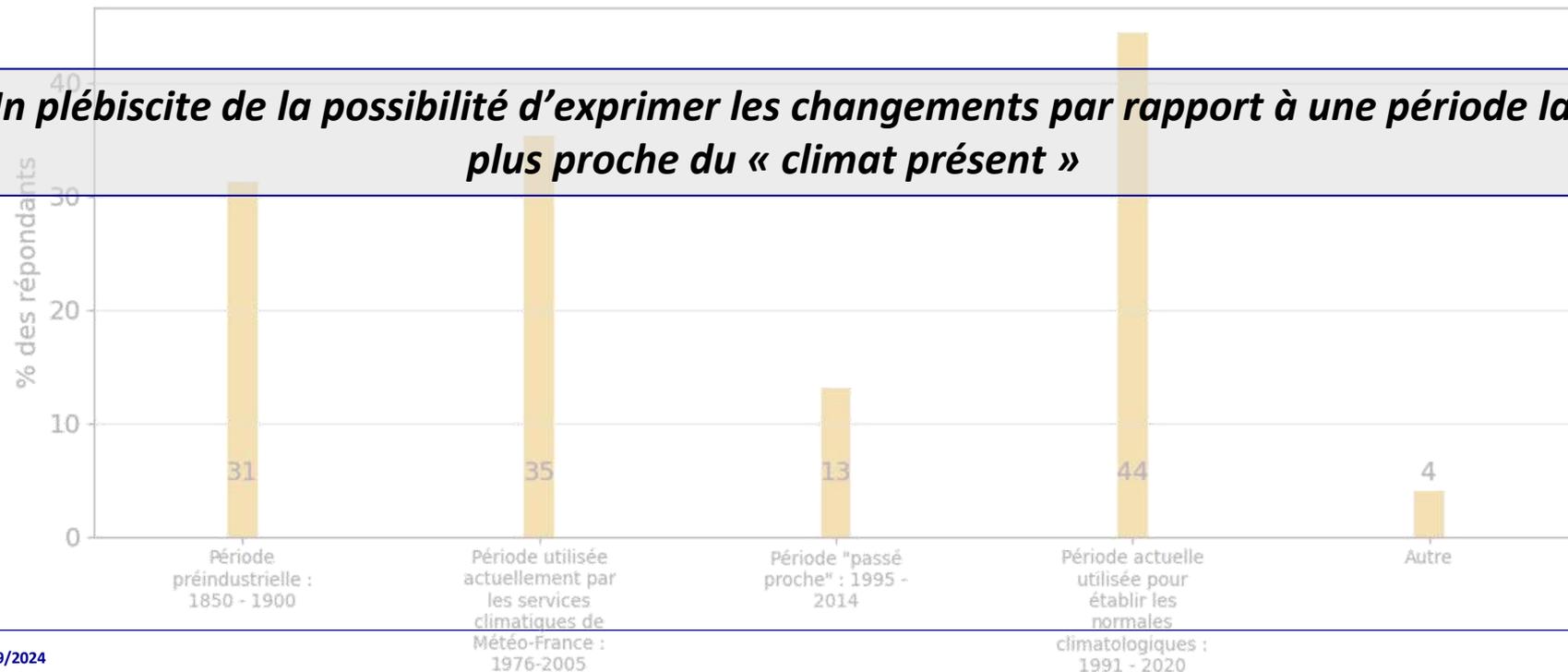
(tout utilisateur : n = 99), plusieurs réponses possibles, question obligatoire



Résultats

Selon vous, comment la période de référence servant à calculer (exprimer) les évolutions du climat futur doit-elle être choisie ?

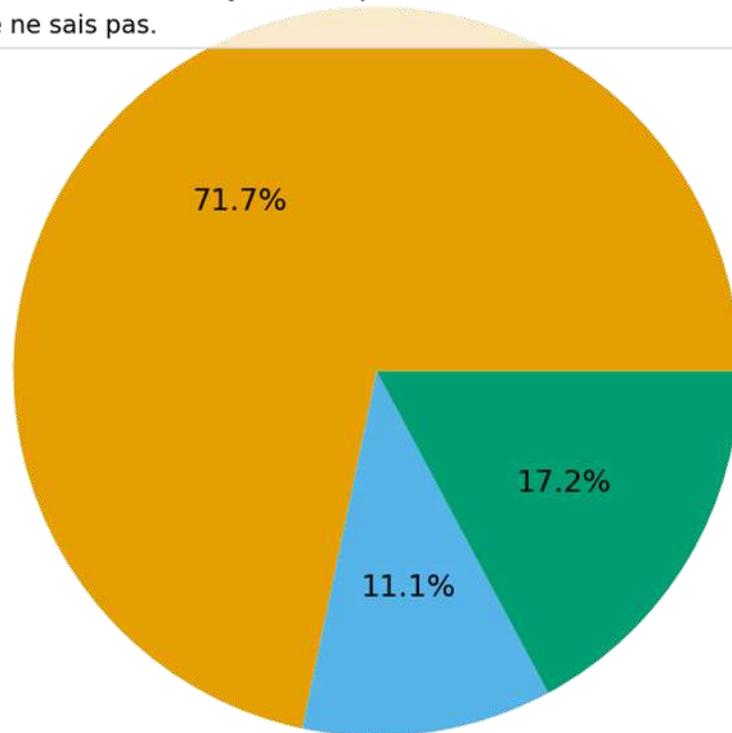
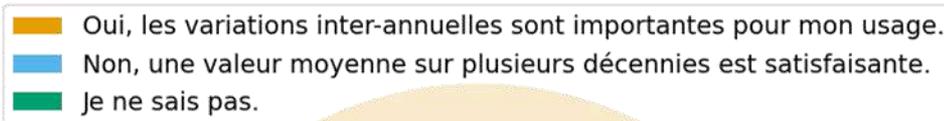
(tout utilisateur : n = 99), plusieurs réponses possibles, question obligatoire



Résultats

Avez-vous besoin de connaître l'amplitude des variations du climat d'une année à l'autre ?

(tout utilisateur : n = 99), une seule réponse possible, question obligatoire



Résultats

Avez-vous besoin de connaître l'amplitude des variations du climat d'une année à l'autre ?

(tout utilisateur : n = 99), une seule réponse possible, question obligatoire

La variabilité inter-annuelle du climat : une composante à ne pas négliger



En conclusion ...

Que faire de ces résultats ?

- Guider des choix méthodologiques de production et de synthèse
- Adapter l'offre

Comment aller plus loin ?

- Approfondir cet état des lieux
- Renforcer les liens avec les utilisateurs et utilisatrices



PROGRAMME
DE RECHERCHE
CLIMAT



Et abonnez-vous à la newsletter
pour recevoir toute l'actualité TRACCS !

contacts-traccs@listes.ipsl.fr