



AIC TOULOUSE 2022

35^{ème} colloque annuel
de l'Association Internationale
de Climatologie

CENTRE INTERNATIONAL
DE CONFÉRENCES

6-9 JUILLET 2022
Météo-France, Toulouse, FRANCE

Le changement climatique, les risques et l'adaptation.

ACTES DU COLLOQUE TOME 1

Éditeurs scientifiques

Jean-Michel SOUBEYROUX - *Météo-France*

Dominique SERÇA - *Université Toulouse III Paul Sabatier*

AIC Toulouse 2022 : « Se retrouver ... pour le climat »

Jean-Michel SOUBEYROUX et Dominique SERÇA

Après l'annulation du 33^e colloque AIC de Rennes 2020 pour cause de COVID et l'organisation en distanciel du 34^e colloque AIC de Casablanca 2021, la 35^e édition du colloque AIC à Toulouse en 2022 est d'abord marquée par le plaisir de pouvoir se retrouver ensemble entre collègues et amis de l'association pour partager les résultats de nos travaux scientifiques mais aussi nos combats pour une meilleure prise en compte du changement climatique dans notre société.

L'organisation du 35^e colloque, lancée dès l'été 2020, a été préparée avec la volonté de rassemblement des différents laboratoires travaillant sur le climat à Toulouse autour de Météo-France (Direction de la Climatologie et des Services Climatiques) et de l'Université Toulouse 3 Paul Sabatier (Laboratoire d'Aérodynamique de l'Observatoire Midi Pyrénées). Ainsi le CESBIO a activement participé à l'organisation grâce à Lionel JARLAN que nous remercions vivement, tandis que l'Université Toulouse 2 Jean Jaurès a soutenu l'organisation du colloque et s'est impliquée dans les activités du Comité Scientifique.

Conscients de l'ampleur de la tâche d'organisation d'un tel événement et du niveau d'excellence développée au fil des années, nous avons voulu aussi nous entourer de l'expérience des membres du bureau de l'AIC en la personne de Valérie BONNARDOT et Sandra ROME qui nous ont accompagné et conseillé au quotidien. Nous les remercions très vivement.

Du point de vue logistique, le 35^e colloque de l'AIC se déroulera dans les locaux du Centre International de Conférences de la Météopole à Toulouse, gracieusement mis à disposition par Météo-France et s'appuie sur la maîtrise de l'organisation de tels événements de l'ensemble de son personnel, à commencer par Philippe CAILLE son responsable et Isabelle VARIN, sa précieuse assistante.

L'organisation du colloque a aussi bénéficié de l'appui d'importants sponsors parmi lesquels on souhaite particulièrement remercier la Mairie de Toulouse, la région Occitanie, l'Université Paul Sabatier ainsi que l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD).

L'organisation de l'excursion scientifique à l'Observatoire du Pic du Midi (berceau de l'observatoire météorologique en France dès 1881) a été facilitée par l'Observatoire Midi Pyrénées (OMP), notamment pour la possibilité de visite personnalisée avec les chercheurs présents sur le site.

Le thème principal du colloque sur le changement climatique, les risques et l'adaptation s'inscrit dans l'actualité scientifique très riche des douze derniers mois ayant vu la publication de trois rapports du GIEC, la très importante COP26 de Glasgow et de nombreux débats sur l'urgence climatique insuffisamment prise en compte par nos dirigeants. Il donne une opportunité unique de regard international sur cette question dans un contexte de multiplication d'événements extrêmes tels que canicules aujourd'hui associées aux dômes de chaleur tels que rencontrés l'été dernier au Canada ou sur le bassin Méditerranéen et leurs corollaires sous forme d'incendies dévastateurs, de pluies extrêmes

ayant causé tant de victimes et de dégâts en Europe (Allemagne et Belgique), aux Etats Unis (New York) et en Chine, les cyclones tropicaux mais aussi de démarches innovantes d'adaptation à l'échelle des territoires.

Les autres thématiques retenues pour le colloque dans le contexte notamment des différents thèmes de recherche sur le climat à Toulouse ont été l'observation et la modélisation du climat, la télédétection, le climat urbain, le climat de montagne, climat et santé, l'hydroclimatologie, l'agroclimatologie ainsi que climat, qualité de l'air et énergie.

L'appel à communication a recueilli 185 propositions provenant de 17 pays différents répartis sur 3 continents : Europe, Afrique et l'Amérique. 170 propositions ont été soumises au processus de revue piloté par un comité scientifique international de 55 membres provenant de 15 pays.

Au final, 114 communications ont été retenues pour être publiées dans les actes, ainsi que deux conférences invitées sur les thèmes principaux du colloque :

- une première par Hervé DOUVILLE, chercheur sur le climat au CNRM, sur la question de la place de l'eau dans les politiques de lutte contre le changement climatique
- une deuxième par David SALAS Y MELIA, Responsable du Laboratoire sur le climat (GMGEC) au CNRM et membre du bureau du Réseau d'Expertise sur le Changement Climatique en Occitanie (RECO), dédiée aux rôles et fonctionnement des structures interface « recherche - décision ».

Nous ne pourrons pas terminer cette présentation du 35^e colloque sans mentionner l'exigence de parité homme-femme qui nous a guidé aux différentes étapes de l'organisation et s'est traduite notamment à travers la composition du comité d'organisation et l'attribution des présidences de séance des différentes sessions.

En vous souhaitant une bonne lecture.

COMITÉ SCIENTIFIQUE

Nous remercions vivement tous les membres du comité scientifique pour leur dévouement à relire de manière attentive les textes qui leur ont été confiés et sans qui, ces actes n'auraient pas eu une aussi grande qualité scientifique.

Nathalie BARETTE	Daniel JOLY
Habib BENBOUBAKER	Pierre KASTENDEUCH
Sylvain BIGOT	Saida KERMADI
Valérie BONNARDOT	Aude LEMONSU
Élodie BRICHE	Renan LE ROUX
Pierre CAMBERLIN	Malika MADELIN
Olivier CANTAT	Panagiotis MAHERAS
Pierre CARREGA	Nicolas MARTIN
Dana Oprea CONSTANTIN	Francisco MENDONCA
Lola CORRE	Zora MHEDHBI
Salem DAHECH	Vincent MORON
Fabiana Ely DEISE	Olivier PLANCHON
Sébastien DOUTRELOUP	Hervé QUENOL
Gilles DROGUE	Yves RICHARD
Agathe DROIN	Sandra ROME
Vincent DUBREUIL	David SALAS Y MELIA
Taoufik ELMELKI	Abdelmalik SALOU
Wilfried ENLICHER	Dominique SERÇA
Joan ESTRANY	Fabien SOLMON
Pierre ETCHEVERS	Jean-Michel SOUBEYROUX
Jean-Michel FALLOT	Laurent TERRAY
Guillaume FORTIN	Myriam TRABOULSI
Mercedes FOURMENT	Albin ULLMAN
Sinda HAOUES JOUVE	Marc VANDIEPENBECK
Julia HIDALGO	Expedit VISSIN
Iulian HOLOBĂCĂ	Liliana ZAHARIA
Lionel JARLAN	

COMITÉ D'ORGANISATION

Jean-Michel **SOUBEYROUX**
Météo-France
Direction de la Climatologie et des Services
Climatiques

Dominique **SERÇA**
Université Toulouse III, Paul Sabatier
Laboratoire d'Aérodynamique

Valérie **BONNARDOT**
Université Rennes 2
UMR 6554 LETG

Lionel **JARLAN**
Institut de Recherches pour le Développement et
Centre d'Études Spatiales de la Biosphère

Philippe **CAILLE**
Météo-France
Direction de la Communication

Sandra **ROME**
Université Grenoble Alpes

Agathe **DROUIN**
Météo-France
Direction de la Climatologie et des
Services Climatiques

Isabelle **VARIN**
Météo-France
Direction de la Communication

PARTICIPANTS





RÉSUMÉS ÉTENDUS DES COMMUNICATIONS ET POSTERS

Index

Présentation d'Hervé DOUVILLE	7
Session OBSERVATION et MODÈLE	15
Session TÉLÉDÉTECTION	17
Session CLIMAT URBAIN	18
Session MONTAGNE et EAU	21
Session SANTÉ, AIR et ÉNERGIE	23
Session AGROMÉTÉOROLOGIE	25

L'EAU RESTE L'ANGLE MORT DES POLITIQUES DE LUTTE FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

WATER REMAINS A BLIND SPOT IN CLIMATE CHANGE POLICIES

Hervé DOUVILLE¹

¹ *Météo-France/CNRM/GMGEC, 42 avenue Gaspard Coriolis, 31057 Toulouse Cedex, France (herve.douville@meteo.fr)*

Résumé : Pour la première fois dans le dernier rapport en date du GIEC, l'eau a fait l'objet d'un chapitre dédié dans chacun des groupes de travail 1 (AR6 WG1 Chapter 8) et 2 (AR6 WG2 Chapter 4). Néanmoins, je suggère ici que l'eau n'a pas encore reçu toute l'attention qu'elle mérite dans les politiques de lutte face au changement climatique pour au moins quatre raisons : 1) l'accent historique mis sur les changements de température a encore été renforcé par l'utilisation de niveaux de réchauffement global, 2) les aérosols anthropiques puis l'attention croissante accordée aux phénomènes météorologiques extrêmes ont eu pour effet collatéral d'occulter des évolutions à bas bruit mais tout aussi préoccupantes sur les ressources en eau, 3) le rôle de l'eau dans les stratégies d'adaptation n'a pas encore été reconnu de manière adéquate, 4) la faisabilité et l'efficacité de certaines stratégies d'atténuation dépendent fortement de l'évolution des ressources en eau.

Mots-Clés : changement climatique, eau, adaptation, atténuation

Abstract: For the first time in the latest IPCC report, water has been given a dedicated chapter in each of the Working Groups 1 (AR6 WG1 Chapter 8) and 2 (AR6 WG2 Chapter 4). Nevertheless, I argue here that water has not yet received the attention it deserves in climate change policies for at least four reasons: 1) the historical focus on temperature change has been further reinforced by the use of global warming levels, 2) anthropogenic aerosols and the increasing attention to extreme weather events has had the collateral effect of obscuring low-key but equally worrying changes in water resources, 3) the role of water in adaptation strategies has not yet been adequately recognised, 4) the feasibility and effectiveness of some mitigation strategies is highly dependent on changes in water resources.

Keywords : climate change, water, adaptation, mitigation

Introduction

Cette contribution est largement inspirée d'un article de synthèse sollicité par la revue interdisciplinaire PLOS Water (Douville et al., 2022a) en vue de sensibiliser un peu plus les scientifiques, le GIEC et les décideurs à la complexité des questions associées aux changements du cycle de l'eau. Il n'engage pas la responsabilité de l'ensemble des auteurs du dernier rapport du GIEC et ne porte pas sur le sujet majeur de l'évolution des précipitations extrêmes (cf. Chapitre 11 de l'AR6 WG1). Contrairement à la vision dominante au sein du GIEC, la question de la sensibilité climatique n'est pas réductible à celle des changements de température et la question des changements hydrologiques ne relève pas uniquement des stratégies d'adaptation. Il est donc urgent de (re)penser les multiples dimensions et interactions du cycle de l'eau, de sorte que les politiques de lutte face au changement climatique soient plus pertinentes et plus résilientes face aux dérèglements climatiques, aussi bien sur le plan mondial qu'à l'échelle régionale.

1. La température globale ne dit pas tout

Il est important que les scientifiques s'accordent sur la meilleure manière d'informer les décideurs sur l'évolution attendue du climat et de ses manifestations les plus extrêmes à l'échelle régionale. Pour la première fois dans l'histoire du GIEC, les projections mondiales de la température moyenne globale n'ont pas été basées sur les sorties brutes des modèles, mais sur des projections

contraintes via la compréhension des processus de rétroaction, les enregistrements paléoclimatiques et/ou le réchauffement historique observé (ex : Sherwood et al., 2020). Un sous-ensemble de modèles CMIP6 a notamment été considéré comme "trop chaud" au cours des dernières décennies pour être aussi crédibles que les autres dans les scénarios du 21^{ème} siècle (ex : Ribes et al., 2021). Cette révolution silencieuse signe la fin de la "démocratie des modèles", du moins en ce qui concerne les projections du réchauffement global et l'élévation du niveau de la mer.

Face à ces avancées récentes, certains scientifiques ont appelé la communauté de recherche sur le climat à éliminer ou pondérer les projections fournies par les modèles suspectés de surestimer le réchauffement global (Hausfather et al., 2022). Ils semblent ainsi sous-estimer la complexité du problème et le fait que de nombreux changements du cycle de l'eau ne dépendent pas seulement du niveau moyen de réchauffement global, mais aussi de la répartition spatiale du réchauffement global et d'un ajustement de l'atmosphère et de la végétation à l'accroissement du CO₂ atmosphérique (ex : Douville et John, 2021 ; Fig. 1).

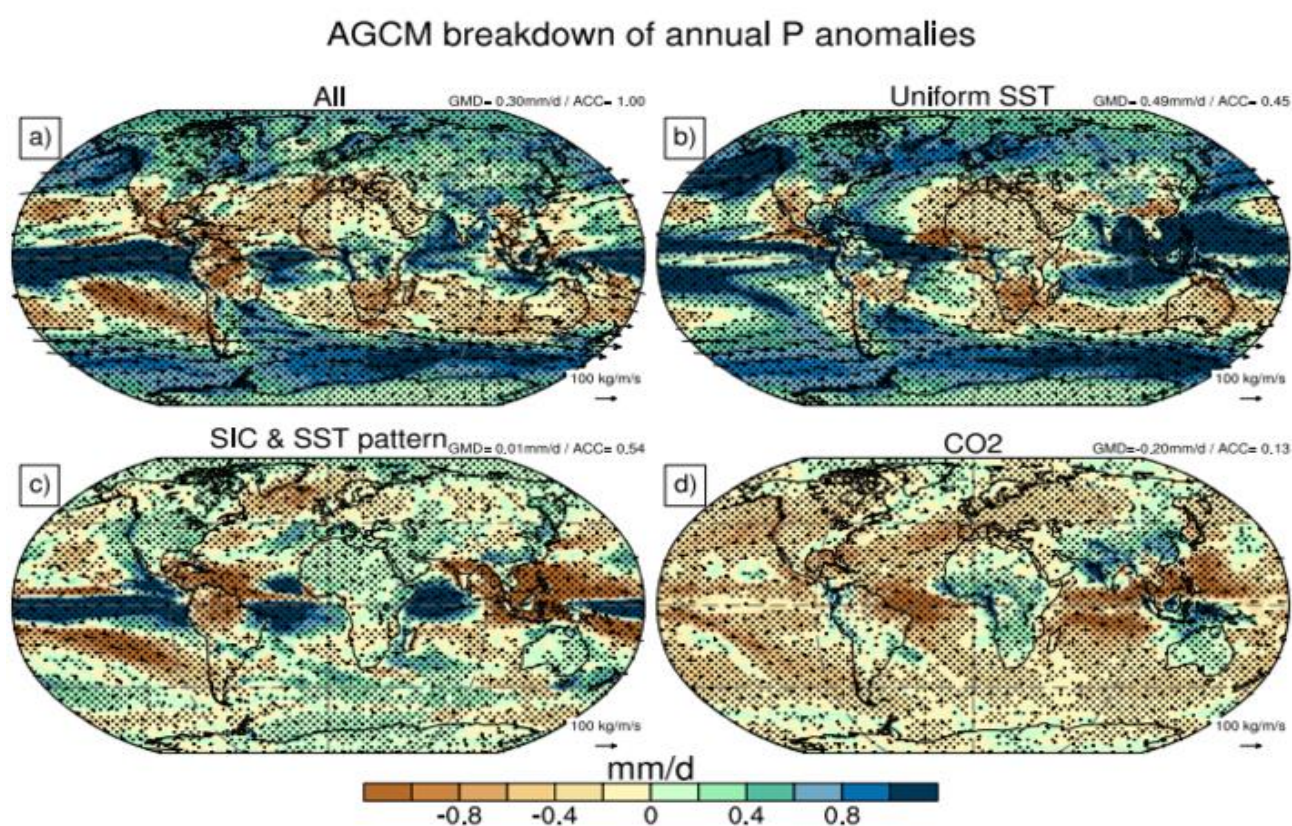


Figure 1. Ventilation de la réponse climatologique (année 111-500) de la moyenne annuelle des précipitations (mm/jour) à un quadruplement du CO₂ atmosphérique dans le modèle couplé CNRM-CM6-1 en utilisant des paires d'expériences purement atmosphériques permettant a) de reproduire la réponse du modèle couplé, puis d'isoler b) la réponse à un réchauffement uniforme de l'océan, c) la réponse à la structure spatiale des anomalies de température de surface de la mer, et d) la réponse à l'accroissement du CO₂ atmosphérique (sans modification des conditions aux limites océaniques). Les pointillés mettent en évidence les zones où les différences sont significatives (niveau 5%). Les vecteurs représentent le transport horizontal d'humidité intégré verticalement (kg/m/s). GMD désigne la valeur moyenne globale des changements de précipitation. ACC indique la corrélation spatiale avec les anomalies totales montrées dans le panneau a). *Source : Douville et John (2021)*

Hausfather et al. (2022) suggèrent par ailleurs de suivre l'exemple du sixième rapport du GIEC et de baser les analyses du changement climatique sur les anomalies correspondant à différents niveaux de réchauffement global (GWL), plutôt qu'à des scénarios d'émissions et des horizons temporels

associés. Par exemple, au lieu d'évaluer les changements dans les précipitations pour un scénario d'émissions donné d'ici à 2100, les chercheurs peuvent faire état de changements à des niveaux de réchauffement global de 1.5, 2, 3 et 4°C. Cette option reflète non seulement le discours politique dominant autour des objectifs de l'accord de Paris, mais elle constitue également un moyen de comparer les résultats des modèles indépendamment des scénarios d'émissions. Cependant, elle ne change en rien la nécessité de sélectionner ou de pondérer les modèles de climat car le choix du scénario ou celui du niveau de réchauffement global reste bien souvent anecdotique par rapport aux (autres) incertitudes de modélisation (Douville et al., 2021 ; Fig. 2).

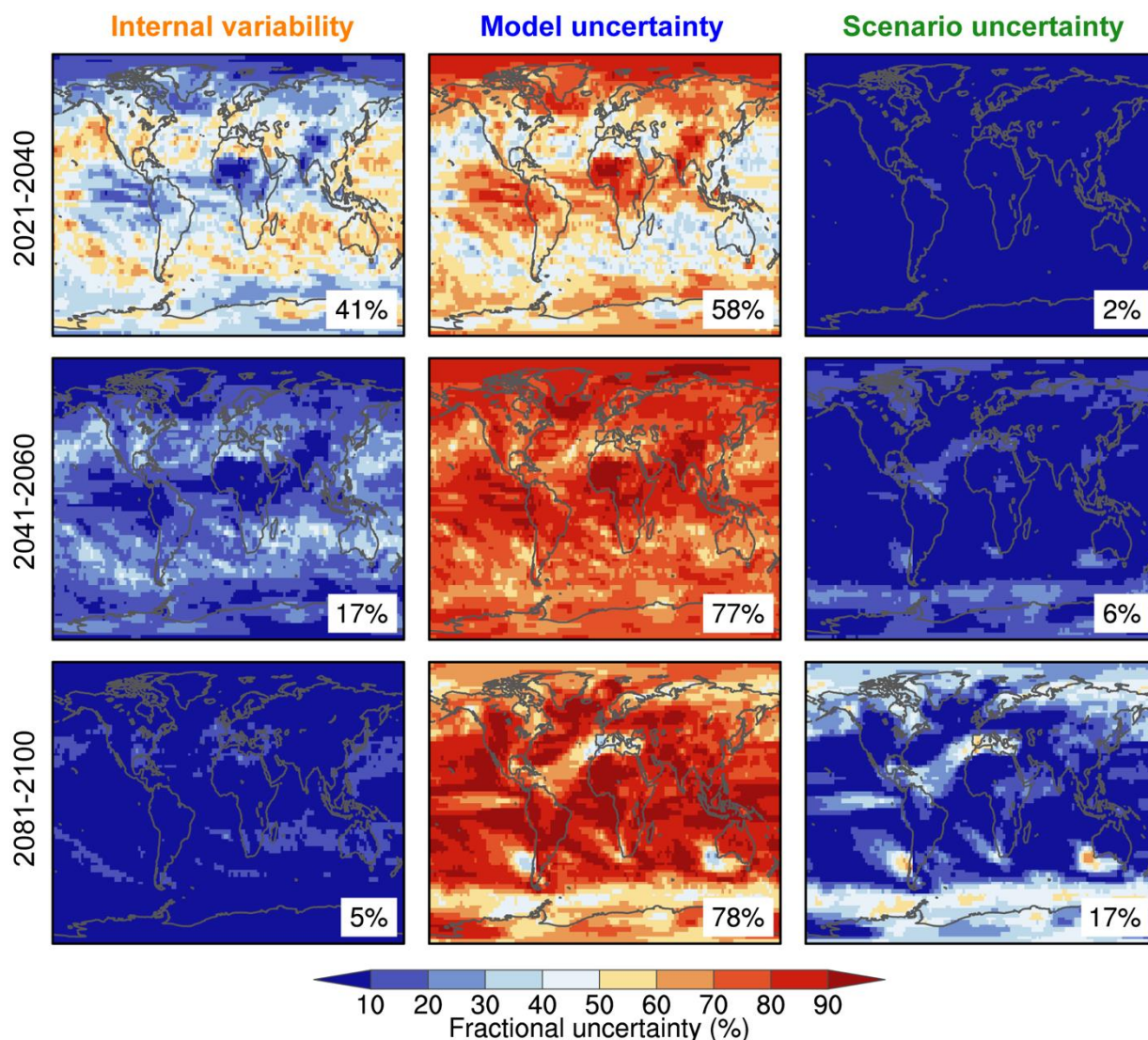


Figure 2. Distribution géographique du pourcentage de variance expliquée par les trois sources d'incertitude dans les projections CMIP6 des changements de précipitations moyennes sur 20 ans en 2021-2040 (en haut), 2041-2060 (au milieu) et 2081-2100 (en bas) par rapport à la période de référence 1995-2014 : Variabilité climatique interne (à gauche), incertitude de la réponse du modèle (au milieu) et incertitude du scénario (à droite), en considérant quatre scénarios de concentration plausibles : SSP1-2,6, SSP2-4,5, SSP3-7,0 et SSP5-8,5). Les chiffres en pourcentage indiquent la valeur moyenne globale pondérée par zone pour chaque carte. Source : Douville et al. (2021)

En d'autres termes, le fait de contraindre la sensibilité climatique et/ou les projections du réchauffement global ne contribuera pas à limiter fortement les incertitudes sur de nombreux changements hydrologiques qui ne sont pas seulement d'origine thermodynamique mais dépendent

aussi fortement de la circulation atmosphérique (ex: Elbaum et al., 2022; Herrera-Lormendez et al., 2022). Il ne s'agit pas ici de nier l'importance du progrès et des retombées (ex : Douville et al., 2022b; Ribes et al. ; 2022) liés aux contraintes observationnelles sur le réchauffement global, mais de souligner la nécessité de mettre en œuvre d'autres contraintes potentiellement plus appropriées pour affiner le diagnostic concernant l'évolution à moyen et long terme du cycle hydrologique, les fluctuations à court-terme (d'ici 2040) pouvant être par ailleurs fortement influencée par la variabilité interne du climat (cf. premier panneau de la Fig. 2).

2. Des changements à bas bruit mais à forts impacts

Selon le chapitre 8 du 1^{er} groupe de travail (WG1) du dernier rapport en date du GIEC (Douville et al., 2021), il est très probable (« very likely ») que le cycle global de l'eau se soit intensifié depuis au moins 1980, ce qui se traduit par exemple par une augmentation des flux d'humidité atmosphérique et une amplification des hétérogénéités spatiales dans le déséquilibre entre précipitation et évaporation. Ces changements de long terme, induits par les émissions anthropiques de gaz à effet de serre, ont longtemps été plus ou moins compensés par la réponse du cycle hydrologique à la pollution atmosphérique (« aérosols anthropiques »). La teneur totale en vapeur d'eau de l'atmosphère n'a ainsi augmenté fortement qu'à partir du milieu des années 1980 (Douville et al., 2022), ce qui correspond à une rétroaction fortement positive sur le réchauffement global et se traduit notamment par un accroissement de l'intensité des précipitations extrêmes dans la plupart des régions du globe (Seneviratne et al., 2021; John et al., 2022).

La question de savoir si l'accroissement d'intensité des phénomènes précipitants les plus violents (notamment infra-quotidiens) peut aller au-delà de 6-7% par °C de réchauffement (ainsi que le prévoit la relation de Clausius-Clapeyron pour le contenu maximal en vapeur d'eau) est légitime, ne serait-ce qu'en raison d'une amplification possible de la réponse thermodynamique par des phénomènes dynamiques de méso-échelle. Si elle peut justifier la mise en œuvre de modèles (régionaux voire globaux) à très haute résolution, elle ne doit pas occulter les impacts potentiels de nombreux autres changements « à bas bruit » qui apparaissent également dans les projections. Selon l'AR6 WG1, il est notamment fort probable que le réchauffement anthropique entraîne une augmentation de la demande évaporative de l'atmosphère, avec des conséquences importantes sur le nombre, le rythme et la gravité des épisodes de sécheresse hydrologique et agricole. Des périodes de sécheresse plus longues sont par ailleurs prévues dans le cadre d'une poursuite attendue du réchauffement climatique, ce qui pourrait avoir un impact négatif sur les cultures pérennes et les forêts (Wainwright et al., 2022). Le réchauffement en surface, plus important sur les continents que sur les océans, modifie la circulation atmosphérique et réduit l'humidité relative à la surface des continents, ce qui contribue fortement à l'assèchement des sols qui pourrait être sous-estimé par de nombreux modèles de climat (ex: Douville et Plazotta, 2017).

Au-delà de cet assèchement prévisible mais dont l'intensité est encore incertaine, l'AR6 WG1 souligne que l'augmentation des précipitations globales induite par le réchauffement climatique s'effectue à un rythme beaucoup plus faible que l'accroissement de la vapeur d'eau atmosphérique. Par conséquent, il n'y a pas d'accélération globale du cycle de l'eau mais une intensification, incluant plus de variabilité et plus d'événements extrêmes, ce qui conduira à une plus forte volatilité des ressources en eau (Douville et al., 2021; Swain et al., 2018). Sous les tropiques, la variabilité interannuelle des précipitations et du ruissellement sur continent devrait ainsi augmenter plus rapidement que les valeurs en moyenne saisonnière (Fig. 3). La variabilité intra-saisonnière devrait également augmenter, avec moins de jours de pluie mais une augmentation de l'intensité moyenne quotidienne des précipitations dans de nombreuses régions. Bien que le paradigme jusqu'ici largement utilisé selon lequel "*wet gets wetter and dry gets drier* » apparaisse comme trop simplifié, la conclusion selon laquelle l'eau deviendra encore plus abondante lorsqu'elle est en excès et encore plus rare lorsqu'elle est en déficit reste globalement justifiée (Douville et al., 2021).

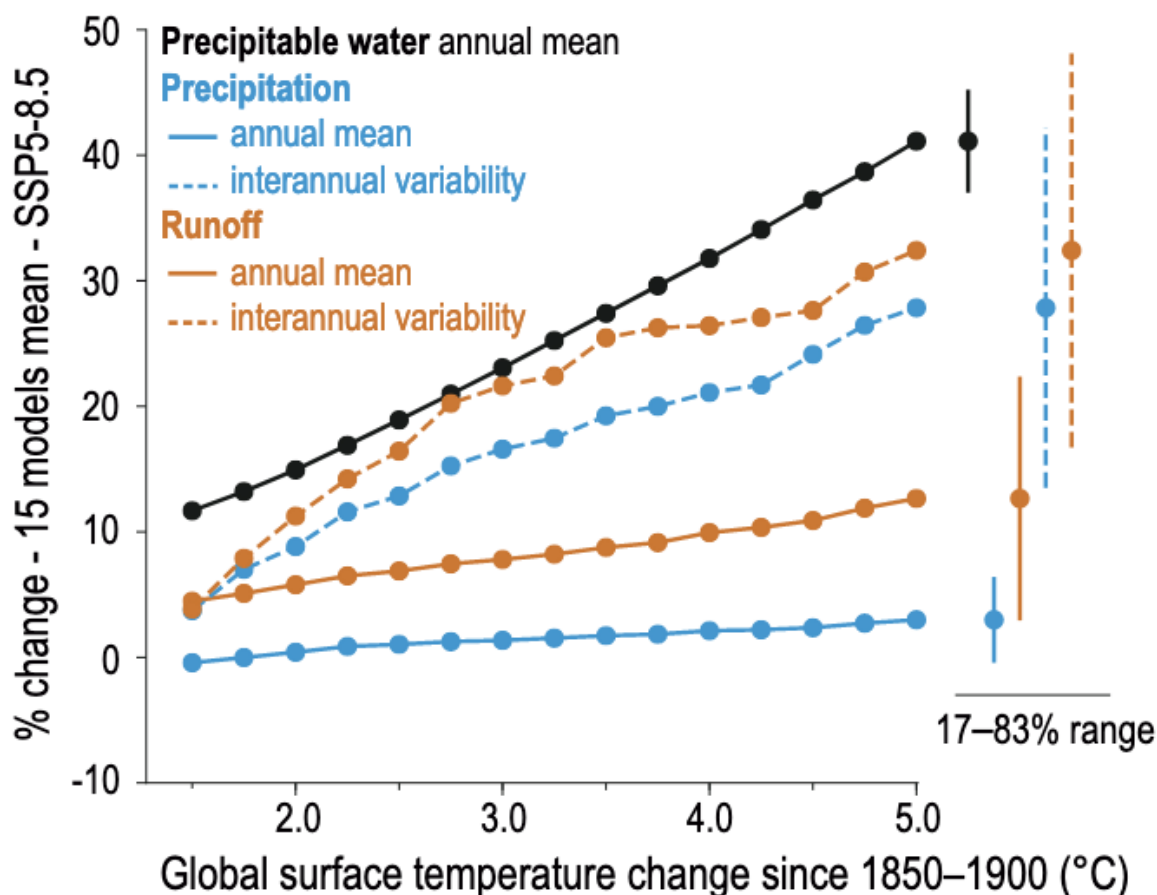


Figure 3. Synthèse des changements hydrologiques projetés sur les continents tropicaux par rapport à 1850-1900 en fonction de l'augmentation des niveaux de réchauffement global (GWL): changement relatif (%) de la moyenne annuelle de l'eau précipitable totale (en noir), des précipitations (en bleu), du ruissellement (en orange), et de l'écart type (c'est-à-dire de la variabilité) des précipitations (pointillés bleus) et du ruissellement (pointillés oranges), sur la base d'un sous-ensemble de modèles CMIP6 qui ont atteint un niveau de réchauffement de 5°C au-dessus de la moyenne 1850-1900 dans le scénario SSP5-8.5. Source : GIEC AR6 WG1 Figure TS.12.

3. Des stratégies et des études d'adaptation insuffisantes

Selon le chapitre 4 de l'AR6 WG2 (Caretta et Mukherji et al., 2022), l'augmentation prévue de la population humaine et de la demande mondiale en eau, notamment pour l'irrigation, devrait entraîner des prélèvements d'eau encore plus importants au cours des prochaines décennies. Ces conditions mettront en danger la sécurité alimentaire et énergétique étant donné que 80 % de la consommation d'eau va à l'agriculture, que 50 % de la production alimentaire mondiale est irriguée et que 19 % de la production mondiale d'électricité thermique provient de 10 % des bassins les plus stressés sur le plan hydrique (Qin et al., 2019). En outre, compte tenu de la croissance démographique prévue dans les villes, les modèles montrent que plus de 440 millions de citoyens seront confrontés à une « insécurité de l'eau » d'ici à 2050. Les villes des « pays du Sud » (global South) seront particulièrement à risque car la plupart des habitants n'ont pas accès aux infrastructures d'eau et d'assainissement. Par conséquent, l'augmentation de la demande en eau en conjonction avec l'évolution du cycle de l'eau évaluée par le WG1 posera des risques majeurs pour la sécurité de l'approvisionnement en eau d'ici le milieu du 21^{ème} siècle. L'intensification du cycle de l'eau ne sera pas nécessairement la principale menace pour les ressources en eau à l'échelle régionale (notamment en cas de forte atténuation des émissions de gaz à effet de serre), mais elle exacerbera les vulnérabilités existantes liées à l'eau et causées par d'autres facteurs socio-économiques. Parmi les autres impacts du réchauffement climatique qui tiennent à la quantité et la

qualité des ressources en eau, on peut également citer les effets sur la santé humaine, les modifications des habitats naturels, et les multiples atteintes à la biodiversité (Caretta et Mukherji et al., 2022).

Le changement climatique n'est pas ressenti de la même manière par toutes les populations. L'origine géographique, le sexe et la classe sociale sont des éléments constitutifs de la vulnérabilité au changement climatique. Dans de nombreux pays, les femmes qui sont globalement les principales pourvoyeuses d'eau domestique ont vu leur charge augmenter dans la gestion de l'eau en raison des impacts directs du changement climatique (inondations et sécheresses). Les femmes, en particulier dans les pays du Sud, ont connu une baisse de la disponibilité de l'eau, ce qui a entraîné un allongement des distances de marche jusqu'aux sources d'eau, des temps d'attente plus longs et, par conséquent, moins de temps disponible pour l'éducation et la génération de revenus.

L'adaptation joue et jouera de plus en plus un rôle crucial dans la réduction des impacts de l'insécurité hydrique induite par le changement climatique. Son importance augmentera avec chaque demi-degré de réchauffement supplémentaire. Cependant, son efficacité est limitée par les ressources financières et technologiques et par un manque de volonté politique. Les vulnérabilités différenciées au changement climatique appellent des stratégies d'adaptation qui ne sont pas uniformes, mais qui reconnaissent la complexité des conditions contextuelles, socio-économiques pour les intégrer dans la conception de l'adaptation. Pour renforcer l'adaptation et garantir son efficacité, il faut que les populations concernées participent à la conception et à la planification (Caretta et Morgan, 2022). Par ailleurs, la littérature sur l'adaptation urbaine a tendance à être sous-représentée car l'accent est souvent mis sur les zones rurales. Ce « biais » compréhensible mériterait d'être corrigé d'ici la préparation du prochain rapport spécial du GIEC qui devrait être consacré au changement climatique dans les villes et aux mesures d'adaptation associées.

4. Des stratégies d'atténuation dont le potentiel est surestimé

L'approvisionnement en eau, en quantité et qualité suffisantes, est essentiel pour atteindre les objectifs de développement durable (ODD) et les transitions nécessaires à un développement résilient au changement climatique. Pourtant, de nombreuses mesures d'atténuation ont une forte empreinte hydrique, ce qui peut compromettre certains ODD et les bienfaits de l'adaptation (Caretta et al., 2022). La politique climatique mondiale, telle qu'elle se reflète dans les négociations internationales, reste largement axée sur l'atténuation du réchauffement climatique, sans tenir compte de ses impacts hydrologiques et de leurs conséquences éventuelles sur les options d'atténuation. L'Accord de Paris conclu lors de la COP21 en 2015 a conduit à des objectifs ambitieux en matière de limitation du réchauffement climatique, qui reposent sur une décarbonation du secteur de l'énergie, mais aussi sur de fortes réductions des émissions de GES provenant du secteur agricole et d'autres formes de stockage et de gestion du carbone terrestre.

Les premier et deuxième groupes de travail du GIEC (WG1 et WG2) ne sont pas censés remettre en question la plausibilité des scénarios d'émissions illustratifs qui ont été envisagés dans leurs évaluations. Pourtant, certains considèrent désormais que le scénario des émissions de GES les plus élevées (SSP5-8.5) est incompatible avec les politiques actuelles et moins approprié pour prendre des décisions politiques. Étonnamment, la plausibilité des scénarios à forte atténuation (SSP1-1.9 et SSP1-2.6 dans le RE6) ne semble pas être aussi controversée malgré leurs hypothèses audacieuses sur notre capacité à compenser nos émissions résiduelles inévitables de GES par des émissions négatives de CO₂. En tant qu'auteur du WG1, mon objectif ici n'est pas d'évaluer la faisabilité de ces options d'atténuation (la tâche du WG3), mais de m'interroger sur leur résilience vis-à-vis des dérèglements climatiques en cours, notamment sur la base d'une contribution en tant qu'auteur contributeur au Chapitre 5 de l'AR6 WG1 (Cross-Chapter Box5.1).

Cette contribution rédigée à plusieurs mains a mis en évidence les compromis entre le carbone et l'eau découlant de l'utilisation d'options d'atténuation du changement climatique basées sur la stimulation des puits continentaux de carbone. Elle conclut avec un degré de confiance élevé que le puits net mondial de CO₂ terrestre est réduit à l'échelle interannuelle lorsque des réductions à l'échelle régionale de la disponibilité de l'eau associées à des sécheresses se produisent, en particulier dans les régions tropicales. Il est également très probable que le puits terrestre global deviendra moins efficace en raison de la limitation de l'humidité du sol et des conditions de sécheresse associées dans certaines régions dans le cadre de scénarios à fortes émissions. Ces conclusions préliminaires doivent donc nous rendre particulièrement vigilants quant à la possibilité de compenser des émissions résiduelles (ex : vols en avion) via la reforestation de régions potentiellement vulnérables aux sécheresses ou aux incendies.

L'eau est en première ligne du changement climatique non seulement parce qu'elle est le principal canal par lequel les effets du réchauffement climatique se font sentir sur les principaux moteurs de l'économie mondiale et sur de nombreux écosystèmes, mais aussi parce que des précipitations moins régulières, une évapotranspiration accrue et des ressources en eau plus volatiles exerceront une contrainte croissante sur les politiques d'atténuation. Les plans de réduction des émissions de GES du secteur de l'énergie reposent généralement sur l'hypothèse (optimiste ?) d'une disponibilité suffisante de l'eau pour une expansion massive de la capacité de production, le plus souvent sans tenir compte des contraintes géophysiques par exemple sur la production d'énergie hydraulique, mais aussi thermique et nucléaire (ex : refroidissement des centrales nucléaires en été).

On peut donc sans doute regretter que l'eau n'ait pas encore reçu une attention suffisante dans le troisième volet (WG3) du sixième rapport du GIEC, mais aussi que l'évaluation des cycles de l'énergie, de l'eau et du carbone selon trois chapitres distincts n'ait pas favorisé une vision plus intégrée au sein du WG1.

Conclusion

L'AR6 WG2 estime qu'environ la moitié des 8 milliards d'humains connaissent actuellement une grave pénurie d'eau pendant au moins un mois par an en raison de facteurs climatiques et non climatiques. Par ailleurs, l'AR6 WG1 prévoit une intensification globale du cycle de l'eau qui devrait encore accroître les risques liés à l'excès ou la pénurie d'eau, notamment chez les populations les plus vulnérables et les plus exposées. Ces populations sont rarement celles qui ont le plus contribué aux émissions de gaz à effet de serre, d'où leur demande répétée de voir les pays riches contribuer financièrement à leurs efforts d'adaptation (et pas seulement d'atténuation). Alors que les négociations internationales sur le climat sont souvent bloquées sur cette question, l'importance de l'eau dans les stratégies d'adaptation et d'atténuation reste pourtant sous-estimée. Jusqu'à présent, environ 60 % de toutes les réponses d'adaptation concernent les risques liés à l'eau. Mais seulement 20 % de toutes les études de cas documentées ont évalué les résultats de ces réponses et leur adéquation à des niveaux de réchauffement climatique accrus, au moins au cours des deux prochaines décennies. Limiter le réchauffement de la planète à 1,5 °C réduirait les risques liés à l'eau dans toutes les régions et tous les secteurs. Mais le respect de l'Accord de Paris dépend fortement de stratégies d'atténuation visant à renforcer les puits terrestres de carbone, sans que l'efficacité de ces méthodes et leur résilience aux dérèglements climatiques d'ores et déjà inévitables ne soient correctement évaluées. Il est donc essentiel de développer une approche plus intégrée de l'eau et du changement climatique, qui permettrait aux scientifiques et aux décideurs politiques de "boucler la boucle" entre les options d'atténuation, les modifications du cycle de l'eau, les impacts hydrologiques et l'adaptation. L'eau est au cœur de nombreux Objectifs du Développement Durable (ODD) et pourrait de ce fait mériter un rapport spécial du GIEC impliquant tous les groupes de travail.

Remerciements : Je tiens à remercier tous mes collègues du CNRM et du GIEC qui ont rendu cet article possible, en particulier Richard Allan, Annalisa Cherchi, Paola Arias et Stéphane Sénési (pour le WG1) ainsi que Martina Angela Caretta, Aditi Mukherji et Richard Betts (pour le WG2).

Bibliographie

Caretta, M. A., Morgan, R.A. 2021. Special Issue on Indigenous knowledge for water-related climate adaptation, *Climate and Development*, **13:9**, 761-765, <https://doi.org/10.1080/17565529.2021.1993627>

Caretta, M.A. et al. (2022) AR6 WG2 Chapter 4 on Water. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. In Press

Douville, H., and M. Plazzotta (2017). Midlatitude Summer Drying: An Underestimated Threat in CMIP5 Models? *Geophys. Res. Lett.*, **44**, 9967–9975. doi:10.1002/2017GL075353

Douville, H., K. Raghavan, J. Renwick, R.P. Allan, P.A. Arias, M. Barlow, R. Cerezo-Mota, A. Cherchi, T.Y. Gan, J. Gergis, D. Jiang, A. Khan, W. Pokam Mba, D. Rosenfeld, J. Tierney, and O. Zolina, 2021: Water Cycle Changes. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1055–1210, doi:10.1017/9781009157896.010.

Douville H. and A. John (2021) Fast adjustment versus slow SST-mediated response of daily precipitation statistics to abrupt 4xCO₂. *Clim. Dyn.*, **56**, 1083-1104, doi:10.1007/s00382-020-05522-w

Douville H., R.P. Allan, P.A. Arias, R. Betts, M.A. Caretta, A. Cherchi, A. Mukherji, K. Raghavan, J. Renwick, 2022a: Water remains a blind spot in climate change policies. *PLOS Water* (submitted)

Douville H., S. Qasmi, A. Ribes, O. Bock, 2022b: Global warming at near-constant relative humidity further supported by recent observations. *Communications Earth & Environment* (accepté)
<https://www.researchsquare.com/article/rs-1616912/v1>

Elbaum E., C.I. Garfinkel, O. Adam, E. Morin, D Rostkier-Edelstein, U. Dayan, 2022: Uncertainty in projected changes in precipitation minus evaporation: dominant role of dynamic circulation changes and weak role for thermodynamic changes. *Geophys. Res. Lett.*, doi:10.1029/2022GL097725

Ficklin, D. L., Null, S. E., Abatzoglou, J. T., Novick, K. A., & Myers, D. T. (2022). Hydrological intensification will increase the complexity of water resource management. *Earth's Future*, **10**, doi :10.1029/2021EF002487

John A., H. Douville, A. Ribes, P. Yiou (2022) CMIP6 model uncertainties in extreme precipitation projections. *Weather and Climate Extremes*. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2022.100435>

Hausfather, Z. et al. (2022) Climate simulations: recognize the 'hot model' problem, *Nature*, **605**, <https://www.nature.com/articles/d41586-022-01192-2>

Herrera-Lormendez P., A John, H. Douville, J. Matschullat (2022) Projected changes in summer precipitation linked to changes in synoptic circulations over Europe : A CMIP6 perspective (under preparation).

Qin, Y., Mueller, N. D., Siebert, S., Jackson, R. B., AghaKouchak, A., Zimmerman, J. B., ... and S. J. Davis, 2019. Flexibility and intensity of global water use, *Nature Sustainability*, **2** (6), 515-523

Ribes, A., S. Qasmi, N. Gillett, 2021: Making climate projections conditional on historical observations. *Sc. Adv.*, **7**, eabc0671.

Ribes A., J. Boé, S. Qasmi, B. Dubuisson, H. Douville, L. Terray (2022) An updated assessment of past and future warming over France based on a regional observational constraint. *Earth System Dynamics* (accepté).

Wainwright, C., Allan, R., Black, E. (2022) Consistent trends in dry spell length in recent observations and future projections, *Geophys. Res. Lett.*, doi: 10.1029/2021GL097231

SESSION OBSERVATION et MODÈLES

- **ÉVOLUTION PASSÉE ET FUTURE DES PRÉCIPITATIONS EXTRÊMES SUR LES RÉGIONS MÉDITERRANÉENNES**
Jean Michel SOUBEYROUX, Brigitte DUBUISSON, Viviane GOUGET, Raphaëlle SAMACOITS
- **ÉVOLUTION DE LA COUVERTURE NUAGEUSE BASSE DE SAISON SÈCHE SUR LA FAÇADE ATLANTIQUE DE L'AFRIQUE CENTRALE DE L'ÉCHELLE DIURNE À INTERANNUELLE**
Vincent MORON, Raffael AELLIG, Lewis BACKITA, Alexandre BERGER, Sylvain BIGOT, Pierre CAMBERLIN, Thierry CASTEL, Olivier CHAMPAGNE, Andreas FINK, Peter KNIPPERTZ, Jean Damien MALOBA MAKANGA, Armand MARRISCAL, Béatrice MOREL, Amine OUHECHOU, Julien PERGAUD, Nathalie PHILIPPON, Gaston SAMBA, Geneviève SEZE
- **LES TORNADES EN FRANCE : ÉTUDE SPATIO-TEMPORELLE D'UN PHÉNOMÈNE SOUS-ESTIMÉ**
Matthieu LACROIX, Saïda KERMADEI, Agnès TAMBURINI, Benoît THOMÉ
- **ESSAI D'ÉTUDE DES TYPES DE CIRCULATION À DIFFÉRENTES ALTITUDES : L'EXEMPLE DE BEYROUTH**
Myriam TRABOULSI, Konstantia TOLIKA, Christina ANAGNOSTOPOULOU, IOANNIS TEGOULIAS, Panagiotis MAHERAS
- **LES OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES DE DUHAMEL DU MONCEAU DE 1740 A 1780**
Daniel ROUSSEAU
- **CLIMATOLOGIE DES TROMBES EN FRANCE : CONTEXTE MÉTÉOROLOGIQUE**
François PAUL
- **PROJECTIONS CLIMATIQUES CMIP6 À L'ÉCHELLE DU SUD-OUEST DE LA COTE D'IVOIRE : ÉVOLUTION DES CONTRAINTES THERMO-PLUVIOMÉTRIQUES POUR LES PRINCIPAUX AGROSYSTÈMES ASSOCIANT CACAO, HEVEA, PALMIER À HUILE ET MANIOC**
Sylvain BIGOT, Dominique DUMAS, Télesphore Y. BROU, Dabissi D. NOUFE, Pauline DIBI, Kouadio N'DA, Stéphanie D. K. HOUPHLET, François MUNOZ, Arona DIEDHIOU, Christian CILAS
- **IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES EXTRÊMES DE TEMPÉRATURES AU MAROC**
Wahib HAMMOUDY, Rachid ILMEN, Mohamed SINAN
- **ANALYSE DES ONDES D'EST AFRICAINES ET SURVENANCE DES PLUIES DURANT LA CIRCULATION DE LA MOUSSON EN AFRIQUE DE L'OUEST**
Edgard Arcade DANNOU, Japhet KODJA, Arnaud Valéry Vidéssé HOUETO, Ernest AMOUSSOU, Constant HOUNDENOU, Expédit Wilfried VISSIN, Justin NOUKPOZOUNKOU
- **LA FIABILITÉ DES DONNÉES D'INTENSITÉ OBTENUES PAR RECONNAISSANCES AÉRIENNES DANS LES TYPHONS DES CATÉGORIES 4 ET 5 (1980-1987)**
Karl HOARAU, Mark LANDER, Freddy VINET, Chip GUARD, Roger EDSON
- **ÉVOLUTION DU NIVEAU D'EAU DANS LES PRINCIPAUX BASSINS D'EAUX SOUTERRAINS DU MONDE ET IMPACTS POTENTIELS SUR LES POPULATIONS**
Maya COSTANTINI, Jeanne COLIN, Bertrand DECHARME
- **ATTITUDE ET PERCEPTION DES COMMUNAUTÉS VOISINES DES AIRES PROTÉGÉES SUR LE CHANGEMENT CLIMATIQUE : IMPLICATION À LA CONSERVATION**
Hajaniaina RASOLOARISON, Nirhy RABIBISOA

- **EVALUATION OF CLIMATE CHANGE IMPACT ON SOIL EROSION IN ROMANIA**
Cristian PATRICHE, Rosca BOGDAN, Radu Gabriel PIRNAU, Liviu Mihai IRIMIA
- **MINIMUM AIR TEMPERATURES GOING TO EXTREMES IN BRAȘOV CITY (ROMANIA)**
Raul-Gabriel ILEA, Nicoleta IONAC, Dana-Maria CONSTANTIN (OPREA), Elena GRIGORE
- **LA SURVEILLANCE DU CLIMAT PLANÉTAIRE AVEC LE SMOC**
Régis JUVANON DU VACHAT
- **PROJECTIONS DU CONFORT THERMIQUE DURANT LE XXIEME SIÈCLE À NICE PAR DOWNSCALING STATISTIQUE**
Nicolas MARTIN
- **VARIABILITÉ DES PRÉCIPITATIONS DANS LE SUD DU BRÉSIL ET SON ASSOCIATION AVEC DIFFÉRENTS TYPES D'EL NIÑO – OSCILLATION AUSTRALE (ENSO)**
Gabriela GOUDARD, Leila LIMBERGER, Francisco MENDONÇA
- **ÉVALUATION DU MODÈLE AROME POUR APPRÉHENDER L'ÉVOLUTION PASSÉE ET FUTURE DU CLIMAT DANS LES ALPES FRANÇAISES**
Diego MONTEIRO, Cécile CAILLAUD, Raphaëlle SAMACOITS, Matthieu LAFAYSSE, Samuel MORIN
- **LA VIGNE EN BRETAGNE SOUS OBSERVATION CLIMATIQUE**
Valérie BONNARDOT, Jeanne THIBAUT, Théo PETITJEAN, Cyril TISSOT, Hervé QUENOL
- **USING KÖPPEN CLIMATE CLASSIFICATION AS A DIAGNOSTIC TOOL TO QUANTIFY CLIMATE VARIATION IN SOUTHWEST BULGARIA**
Hristo POPOV
- **QUELLE CONFIANCE ACCORDER AUX DONNÉES CMIP-6 POUR L'ESTIMATION DES PRÉCIPITATIONS ?**
Jean Claude BERGES
- **ÉVOLUTION PASSÉE ET FUTURE DES VAGUES DE CHALEUR EN FRANCE**
Michel SCHNEIDER, Lola CORRE

SESSION TÉLÉDÉTECTION

- **MAPPING THE SPATIAL-TEMPORAL VEGETATION RESPONSE TO DROUGHTS IN NORTHERN ITALY**
Alice BARONETTI, Matia MENICHINI, Antonello PROVENZALE
- **VARIABILITÉ INTERANNUELLE DU RAYONNEMENT SOLAIRE INCIDENT SUR LA FAÇADE ATLANTIQUE D'AFRIQUE CENTRALE.**
Amine OUHECHOU, Nathalie PHILIPPON, Béatrice MOREL
- **UTILISATION DE L'IMAGERIE RADAR (SENTINEL 1 ET 3) POUR LA SURVEILLANCE DU LAC D'AYAME DANS LE SUD-EST DE LA COTE D'IVOIRE**
Télesphore Y. BROU, Dabissi NOUFE, Dominique DUMAS, Sylvain BIGOT, Pauline DIBI-ANO
- **RÉSILIENCE ET ADAPTATION DES TERRITOIRES AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES EXEMPLE DE LA GESTION DU RUISSELLEMENT EN ESPACE RURAL DANS L'AUDE**
Sébastien LE CORRE, Gwendoline BLANCHET, Pauline GUNTZBURGER, Hélène DE BOISSEZON, Nancy OLIVETO ERVITI, Adrien SOLACROUP, Fabien DALLOCCHIO, Nathalie CLARENC
- **ESTIMATION DES TEMPÉRATURES DE SURFACES(LST) À SFAX (TUNISIE) EN ÉTÉ : EXEMPLES DU 26 JUILLET ET DU 11 AOÛT 2021**
Hamdi EUCHI, Salem DAHECH
- **LA MESURE DU DÉSÉQUILIBRE ÉNERGÉTIQUE PLANÉTAIRE PAR GÉODÉSIE SPATIALE POUR CONTRAINDRE LE BILAN D'ÉNERGIE GLOBAL ET ESTIMER LA SENSIBILITÉ CLIMATIQUE**
Jonathan CHENAL, Benoît MEYSSIGNAC, Alejandro BLAZQUEZ, Robin GUILLAUME-CASTEL
- **ÉVALUATION DE LA SÈCHERESSE CLIMATIQUE ET DE SON IMPACT SUR LE PLAN D'EAU DU BARRAGE HASSAN ADDAKHIL (MAROC)**
Abderrazzak SADIKI, Mohamed HANCHANE
- **A SURFACE ALBEDO PRODUCT AT HIGH SPATIAL RESOLUTION FROM A COMBINATION OF SENTINEL-2 AND SENTINEL-3 DATA: TEMPORAL MONITORING OF AGRICULTURAL ALBEDO AND CARBON FLUXES**
Jérémy AUCLAIR, Jean-Louis ROUJEAN, Eric CESCHIA, Morgan Ferlicoq, Julien Michel, Pierre MISCHLER, Jonathan LEON TAVARES
- **CARACTÉRISATION DES IMPACTS DES VARIABILITÉS CLIMATIQUES SUR LA SÈCHERESSE AGRICOLE - CAS DU BASSIN DE LA MOYENNE MOULOYA - MAROC**
Nezha LGHABI, Mohamed LAMAAMRI, Abdelkhalek GHAZI, Khaoula FARIS

SESSION CLIMAT URBAIN

- **L'ÎLOT DE FRAICHEUR URBAIN À STRASBOURG : MYTHE OU RÉALITÉ ?**
Pierre KASTENDEUCH, Naïs MASSING, Nathalia PHILIPPS, Georges NAJJAR
- **COOLPARKS : OBSERVATION DU RAFRAICHISSEMENT D'UN PARC NANTAIS AU-DELA DE SON ENCEINTE**
Jérémy BERNARD, Adrien GROS, Auline RODLER, Benjamin MORILLE, Marjorie MUSY, Pascal KERAVERE, Sihem GUERNOUZI
- **MODÉLISATION DE L'AMBIANCE CLIMATIQUE D'UNE ZONE URBAINE À DIFFÉRENTES ÉCHELLES : CAS DE LA VILLE DE STRASBOURG**
Nathalia PHILIPPS, Marine GORET, Pierre KASTENDEUCH, Georges NAJJAR
- **EXPLORATION DES VARIATIONS THERMIQUES DIURNES DANS UNE AIRE URBAINE DE MILIEU TEMPÉRÉ SEMI-COTINENTAL À L'AIDE DES DONNÉES DE TEMPÉRATURE DE SURFACE TERRESTRE ECOSTRESS**
Sébastien LEBAUT, Nassima HASSANI, Gilles DROGUE
- **MODÉLISATION STATIQUE MULTICRITÈRE DE L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN EN CONTEXTE CANICULAIRE**
N. HASSANI, D. FRANÇOIS, G. DROGUE
- **LES PRINCIPAUX RISQUES DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES AU MAROC : CAS DE LA PLAINE DU GHARB**
Mohamed FATHI, Saïda AITEL ABASS
- **ÉVALUATION DE LA CANICULE ESTIVALE 2021 DANS LES VILLES MAROCAINES : REGARDS SUR LES MODIFICATIONS STATISTIQUES DES TEMPÉRATURES**
Hind FATTAH
- **LES PREMIERS RÉSULTATS DE LA SURVEILLANCE DE L'ÎLOT DE CHALEUR À CLUJ-NAPOCA À L'AIDE DU RÉSEAU AUTOMATIQUE MICCRO (MONITORIZAREA INSULEI DE CALDURA IN CLUJ - ROMANIA)**
I.H. HOLOBĂCĂ, M. ALEXE et K. TEMERDEK-IVAN
- **THE OPERATIONAL METAMATRIX OF THERMAL COMFORT FOR EUROPEAN AREAS, A GRAPHICAL METHODOLOGY FOR APPROPRIATE SELECTION OF OUTDOOR THERMAL COMFORT INDICES: APPLICATION TO AN URBAN PLANNING STUDY-CASE**
Matteo MIGLIARI, Rémi BABUT, Camille DE GAULMYN, Loïc CHESNE, Olivier BAVEREL
- **SITUATIONS MÉTÉOROLOGIQUES EXTRÊMES AU MAROC SEPTENTRIONAL : CAS DES VAGUES DE CHALEUR SUR LA VILLE DE CASABLANCA**
Aïssam BOUAICHE, Nidal LOTFI, Mohamed Saïd KARROUK, Majda CHAIR, Mohamed YAZAMI
- **HABITER EN PÉRIODES DE FORTES CHALEURS - VÉCUS ET INÉGALITÉS SOCIO-SPATIALES DES HABITANTS DE SAINT-PIERRE**
Malou ALLAGNAT, Géraldine MOLINA

- **ÉVALUATION DU RAFRAICHISSEMENT DES PARCS URBAINS À L'AIDE DU BILAN ÉNERGÉTIQUE DE MOTIFS ÉLÉMENTAIRES DU PARC**
Adrien GROS, Auline RODLER, Jeremy BERNARD, Benjamin MORILLE, Sihem GUERNOUTI, Marjorie MUSY
- **IMPACT OF A MODERATE WATER STRESS ON THE CLIMATIC SERVICES PROVIDED BY STREET TREES: AN EXPERIMENTAL STUDY INSIDE AN OUTDOOR CANYON STREET SCALE MODEL**
Julien THIERRY, Sophie HERPIN, Loli MATURANA, Sabine DEMOTES-MAINARD, Fabrice RODRIGUEZ, Patrice CANNAVO, Pierre-Emmanuel BOURNET
- **BRISES THERMIQUES À BIZERTE : APPROCHE MULTISCALEAIRE**
Mounir SELLAMI, Salem DAHECH., Sami CHARFI.
- **CARACTÉRISTIQUES DE LA BRISE LITTORALE À DJIBOUTI : ÉTUDE PRÉLIMINAIRE**
Moumina IDRIS DAOUUD et Salem DAHECH
- **ÉTUDE DES TEMPÉRATURES SIMULÉES AVEC MÉSO-NH : SENSIBILITÉ À L'ARTIFICIALISATION DES SOLS À GRENOBLE ET À LYON**
Julita DIALLO-DUDEK, Valéry MASSON, Olivier PLANCHON, Jacques COMBY, Christine LAC, Julien PERGAUD, Nadège ALLEGRI-MARTINY, Benjamin POHL, Yves RICHARD, Aude LEMONSU
- **STRUCTURE FINE DE L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN PARISIEN À PARTIR D'UN RÉSEAU DE STATIONS NON CONVENTIONNELLES**
Malika MADELIN, Vincent DUPUIS
- **COMMENT ET POUR QUI CARTOGRAPHIER L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN (ICU) ?**
Yves RICHARD, Julien CRETAT, Julita DUDEK, Nadège MARTINY, Julien PERGAUD, Benjamin POHL, Mélissa POUPELIN, Mario REGA, Daniel JOLY, Damien ROY, Thomas THEVENIN, Justin EMERY, Ludovic GRANJON, Suzie BESSET, Oanez CODET-HACHE, Marie-Françoise DODET, David FAU, Anne VOLATIER
- **L'ADAPTATION CLIMATIQUE EN URBANISME, UNE OPPORTUNITÉ POUR LA JUSTICE ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE ?**
Geneviève BRETAGNE
- **RÉSEAU DE MESURES ET ANALYSES SPATIO-TEMPORELLES DE L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN GRENOBLOIS : L'ÉTÉ 2020**
Xavier FOISSARD, Sandra ROME, Sylvain BIGOT, Anne-Cécile FOUVET
- **IMPACTS D'UNE MEILLEURE DESCRIPTION DE LA VÉGÉTATION URBAINE SUR DES SIMULATIONS DU CLIMAT URBAIN AVEC SURFEX-TEB**
Mélissa POUPELIN, Julien PERGAUD, Damien ROY, Julita DUDEK, Ludovic GRANJON, Nadège MARTINY, Julien CRÉTAT, Mario REGA, Yves RICHARD, Thomas THEVENIN
- **BENEFITS OF WELL-WATERED TREES ON STREET MICROCLIMATE: WHAT IS THE INFLUENCE OF METEOROLOGICAL CONDITIONS?**
Sophie HERPIN, Souleymane MBALLO, Julien THIERRY, Dominique LEMESLE, Lydia BRIALIX, Fabrice ODRIGUEZ, Sabine DEMOTES-MAINARD, Pierre-Emmanuel BOURNET
- **MODÉLISATION CLIMATIQUE RÉGIONALE À HAUTE RÉOLUTION POUR L'ÉTUDE DU CLIMAT URBAIN : ÉVALUATION DU MODÈLE CNRM-AROME SUR 12 VILLES FRANÇAISES**
Yohanna MICHAU, Aude LEMONSU, Philippe LUCAS-PICHER, Cécile CAILLAUD, Antoinette ALIAS

- **INFLUENCE DE LA TAILLE DE TACHE URBAINE SUR L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN : ÉTUDE SUR DES COMMUNES D'ILLE ET VILAINE**
Charlotte BRABANT, Vincent DUBREUIL, Simon DUFOUR, Gabriel DELAUNAY, Jean NABUCET
- **UN CHANGEMENT CLIMATIQUE SOUVENT OUBLIÉ : LES ÎLOTS DE CHALEUR URBAINS EN AMAZONIE**
Vincent DUBREUIL, Damien ARVOR, Vincent NEDELEC, Jean NABUCET, Charlotte BRABANT, Carlos Antonio DA SILVA JUNIOR, Laurimar VENDRUSCULO, Bruno CARDOSO, Marco ANTONIO, Camillo de CARVALHO, Thiago RIZZI, Isabelle BONINI, Luis DE ARAUJO, Margarete AMORIM
- **CARTOGRAPHIER LE CLIMAT URBAIN POUR LA GESTION DU CONFORT D'ÉTÉ EN URBANISME : DE L'ANALYSE CLIMATIQUE ET DE LA SÉMILOGIE GRAPHIQUE AUX RECOMMANDATIONS**
Julia HIDALGO, Najla TOUATI, Sinda HAOUES-JOUVE, Laurent JEGOU, Geneviève BRETAGNE, Erwan BOCHER, Valéry MASSON, Arnaud MAYIS, Renaud JOUGLA, Gwendall PETIT, Robert SCHOETTER, Collectif GEO-VISU
- **VARIABILITÉ ET INTERCOMPARAISON DES TEMPÉRATURES DES ZONES D'ACTIVITÉS ET COMMERCIALES, SELON DIFFÉRENTES CONDITIONS CLIMATIQUES À TOULOUSE**
Guillaume DUMAS
- **CHARACTERISATION OF THE INDOOR MICROCLIMATE WITHIN THE HISTORIC ARCHIVES OF A CULTURAL INSTITUTION IN THE MEGACITY OF SÃO PAULO (BRAZIL) IN THE PERSPECTIVE OF PREVENTIVE CONSERVATION**
Andrea CAVICCHIOLI, Anna Laura CANUTO ROCHA DE ANDRADE, Vincent DUBREUIL
- **LA PLANIFICATION STRATÉGIQUE ET TERRITORIALE POUR L'INTÉGRATION DES SOLUTIONS D'ADAPTATION FONDÉES SUR LA NATURE ET LA LUTTE CONTRE L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN : LE CAS DES PCAET**
Elodie BRICHE, Baptiste SALMON, Aurélie TAILLEUR, Charlotte DA CUNHA
- **IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET STRATÉGIES D'ADAPTATION À GRAND-BASSAM (SUD-EST DE LA CÔTE D'IVOIRE)**
Kalitia Fatoumata SEKONGO, Sophie Pulchérie TAPE
- **MODÉLISATION DES GRADIENTS THERMIQUES EN MILIEU URBAIN : COMPARAISON DE TROIS RÉGRESSIONS SUR LYON**
Florent RENARD, Lucille ALONSO
- **RUISSELLEMENT PLUVIAL ET ÉROSION DES TERRES DANS L'ARRONDISSEMENT D'AKASSATO À ABOMEY-CALAVI AU BENIN**
Cyr. Gervais ETENE, Ayédèguè Biaou Philippe CHABI

SESSION MONTAGNE et EAU

- **VARIABILITÉ SPATIO-TEMPORELLE DES JOURS PROPICES AUX ÉVÈNEMENTS DE PLUIE VERGLAÇANTE/NEIGE COLLANTE EN EUROPE**
Florian RAYMOND, Philippe DROBINSKI, Nicolas ROCHE
- **LES SIMULATIONS HYDRO-CLIMATIQUES DRIAS 2020 - SIM2**
Fabienne ROUSSET, Flore TOCQUER, Jean-Michel SOUBEYROUX
- **INTERPOLATION DES TEMPÉRATURES DE L'AIR À FINE RÉOLUTION EN ZONE DE MONTAGNE**
Judith EECKMAN, Jean-Michel FALLOT
- **ESTIMATION DES SÈCHERESSES AU NOUVEAU-BRUNSWICK, CANADA (1971-2020)**
Guillaume FORTIN, Charlotte POIRIER, Vincent DUBREUIL
- **HOW ABRUPT CHANGE IN SURFACE TEMPERATURE IMPACT WATER CYCLE OVER FRANCE?**
Léa LAURENT, Albin ULLMANN, Claude PERROT, Xavier AUBOUY, Thierry CASTEL
- **ANALYSIS OF TEMPERATURE CHANGES IN VALSESIA (NORTH WESTERN OF ITALY)**
Alessandro POMPEO, Alice BARONETTI, Fiorella ACQUAOTTA,
- **CIRCULATION ATMOSPHÉRIQUE ET TEMPS NEIGEUX DANS LES ALPES DU SUD**
Guillaume GUERIN, Nicolas MARTIN
- **ÉVALUATION DE L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET DE L'ADAPTATION AVEC DES OUTILS DE MODÉLISATION HYDROLOGIQUES LIBRES**
Guillaume THIREL, David DORCHIES, Olivier DELAIGUE, Laura NUNEZ TORRES, Diyae ELMALKI
- **EXPLORING THE FUTURE IMPACTS OF CLIMATE CHANGE ON THE WATER RESOURCES OF FRANCE**
Miquel TOMAS-BURGUERA, Patrick LE MOIGNE, Aaron BOONE
- **ESTIMATION DES RÉSERVES EN EAU SOUTERRAINE RÉGULATRICES DANS LE HAUT BASSIN DE L'OUUM ER RBIA (MAROC)**
Tarik EL ORFI, Mohamed EL GHACHI, Sébastien LEBAUT, Emmanuel GILLE
- **IMPROVING THE ACCURACY OF HYDROLOGICAL MODELING USING SNOW WATER EQUIVALENT (SWE) DURING SPRING FLOODING IN THE MOROCCAN HIGH ATLAS**
Myriam BENKIRANE, Nour-Eddine LAFTOUHI, Simon GASCOIN, Laura SOURP, Said KHABBA,
- **ASSIMILATION OF THERMAL AND MICROWAVE DATA TO IMPROVE FAO-56 METHOD FOR EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATES IN SEMI-ARID REGIONS**
Abdelhakim AMAZIRH, Salah ER-RAKI, Olivier MERLIN, Abdelghani CHEHBOUNI
- **CLIMSNOW, UN SERVICE CLIMATIQUE POUR ANTICIPER L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES CONDITIONS D'ENNEIGEMENT DES STATIONS DE SPORT D'HIVER**
H. FRANÇOIS, S. MORIN, C. CARMAGNOLA, R. SAMACOÏTS, N. ANIORT, L. GUILY, J. SIMON, J.M. SOUBEYROUX, A. DROUIN

- **PROJECTIONS CLIMATIQUES ET CONDITIONS D'ENNEIGEMENT DANS LES MASSIFS MONTAGNEUX FRANÇAIS**
Raphaëlle SAMACOÏTS, Samuel MORIN, Jean-Michel SOUBEYROUX, Matthieu LAFAYSSE, Carlo CARMAGNOLA, Hugues FRANÇOIS
- **DROUGHT CHARACTERISTICS OVER TWO LARGE BASINS IN MOROCCO (TENSIFT AND SEBOU)**
Kaoutar OUKADDOUR, Younes FAKIR, Michel LE PAGE
- **LES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA RESSOURCE EN EAU EN BRETAGNE : LES RÉSULTATS DU PROGRAMME DEMOCLIM AIC 2022**
Louis AMIOT, Vincent DUBREUIL, Josette LAUNAY, Florence MASSA, Enora KEROMNES, Elodie BARDON, Franck BARAER
- **IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR L'ÉCOULEMENT DES RIVIÈRES EN ROUMANIE**
Liliana ZAHARIA, Gabriela IOANA-TOROIMAC, Gabriela Adina MOROSANU
- **ÉVOLUTION DU REGIME PLUVIOMETRIQUE SUR UN SIECLE DANS LA PROVINCE DE SETTAT, MAROC**
Abdelali SEBBA, Hassan FOUGRACH, Mohamed HSAINI, Wadi BADRI
- **ÉTUDE DES VARIATIONS CLIMATIQUES AU SUD DU MAROC ET DES DÉBITS DE PROJET, CAS DU "BASSIN D'OUED OUM LAACHAR"**
Abdelali SEBBAR, Youssef DARARI, Mostafa BADILOU
- **SIMULATION DE DÉBITS ET D'ÉVÈNEMENTS DE CRUE À PARTIR D'INFORMATIONS ATMOSPHÉRIQUES DE GRANDE ÉCHELLE : EXEMPLE DU BASSIN VERSANT DU RHÔNE AMONT (ALPES EUROPÉENNES)**
Caroline LEGRAND, Bruno WILHELM, Benoît HINGRAY
- **L'IMPACT DE LA VARIABILITÉ PLUVIOMÉTRIQUE SUR L'APPORT DES BARRAGES ET L'APPROVISIONNEMENT DES VILLES EN EAU POTABLE EN TUNISIE**
Afifa Ben HAMMOUDA, Salem SEBEI

SESSION SANTÉ, AIR et ÉNERGIE

- **ENJEUX ET OBJECTIFS DU PROJET CASSANDRE (CANICULES, SANTÉ ET DENSITÉ DE RÉSEAUX MÉTÉOROLOGIQUES SUR LE TERRITOIRE GRENOBLOIS)**
Sandra ROME, Xavier FOISSARD, Sylvain BIGOT, Anne-Cécile FOUVET, Emilie ROUSSET, Agnès QUESNE, Johanna LEPEULE, Dominique BICOUT, Nathalie DUBUS
- **PROFILS TEMPORELS ET NIVEAU GLOBAL DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE DES MÉNAGES DE LA VILLE DE ZINDER, NIGER.**
Mahamadou ZAKARI, Abdou KAILOU DJIBO, Souleymane KEITA, Fabrice PAUL NGUEMA
- **THE COPERNICUS ATMOSPHERE MONITORING SERVICE (CAMS) EMISSIONS OF GREENHOUSE GASES AND AIR POLLUTANTS**
Antonin SOULIE, Claire GRANIER, Hugo DENIER VAN DER GON, Jeoren J. P. KUENEN, Santiago ARELLANO, Sabine DARRAS, Thierno DOUMBIA, Bo GALLE, Michael GUAUSS, Marc GUEVARA, Jukka-Pekka JALKANEN, Sekou KEITA, Cathy LIOUSSE, Jana DOUBALOVA, David SIMPSON, Katerina SINDELAROVA
- **L'ÎLOT DE FRAICHEUR DU COTENTIN (NORMANDIE) : UN ELDORADO DE L'ADAPTATION AUX CANICULES ?**
Matthieu DAVID, Olivier CANTAT, Éline GÉRARD
- **RESPIRATORY DISEASES - RELATIONS TO CLIMATE PARAMETERS**
Eduarda Rebelatto BRANDALISE, Pedro MURARA.
- **VARIABILITÉ SPATIO-TEMPORELLE DES PM2. ET NO2, DANS LE XIIIEME ARRONDISSEMENT DE PARIS**
M. ABDMOULEH, S. DAHECH
- **TOPOCLIMAT DE LA RÉGION DE ZAHLE (LIBAN ORIENTAL)**
Rabih ZEIN AL DINE, Salem DAHECH.
- **LA POLLUTION DE L'AIR AU PM10 DANS L'AGGLOMÉRATION DE CERGY-PONTOISE : LIENS ENTRE ÉPISODES DE POLLUTION ET TYPES DE TEMPS**
Souad LAGMIRI et Salem DAHECH
- **ANTHROPOGENIC EMISSIONS, AEROSOL POLLUTION AND HEALTH IN WESTERN AFRICA**
LIOUSSE, V. YOBOUE, S. KEITA, T. DOUMBIA, J.F. LEON, J. ADON, S. GNAMIEN, E. N'DATCHOH TOURE, BAEZA-SQUIBAN, I. ANNESI-MAESANO, S. BECERRA, M. BELLAND, A. AKPO, J. DJOSSOU, K. KOUAME, M. OUAFO, E. ASSAMOI, J. BAHINO, A. BONNASSIEUX, H. CACHIER, M. DIAS-ALVES, M. DOUMBIA, GALY-LACAU, E. GARDRAT, C. GRANIER, G. OSSOHOU, L. ROBLOU, F. SOLMON and H. XU
- **RECENT WEATHER AND AIR POLLUTION CHANGES IN BRAZIL**
Francisco Jablinski CASTELHANO, Ana Clara Neme PEDROSO, Igor Cobelo FERREIRA, Weeberb J. REQUIA
- **INFLUENCE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LE COMPORTEMENT DU BATIMENT DANS SON ENVIRONNEMENT URBAIN : QUEL FICHER MÉTÉO FUTUR UTILISER ?**
Sihem GUERNOUTI, Auline RODLER, Jeremy BERNARD, Marjorie MUSY, Benjamin MORILLE, Adrien GROS

- **A GLOBAL ATLAS OF AIR QUALITY, BASED ON THE COPERNICUS ATMOSPHERE MONITORING SERVICE REANALYSIS**
Thierno DOUMBIA, Claire GRANIER, Sabine DARRAS, Sekou KEITA, Cathy LIOUSSE, Antonin SOULIE, Rajesh KUMAR, Gabriele PFISTER
- **THE ECCAD DATABASE: ACCESS TO A VARIETY OF INVENTORIES OF EMISSIONS FOR GREENHOUSE GASES AND AIR POLLUTANTS**
Sabine DARRAS, Claire GRANIER, Cathy LIOUSSE, Thierno DOUMBIA, Sekou KEITA, Antonin SOULIÉ
- **CITIZENS AS ADDITIONAL MOBILE SENSORS IN CASE OF NATURAL DISASTERS: A NEW EMERGENCY DECISION SUPPORT SYSTEM FOR ITALY AND CROATIA**
Antonio CARDILLO, Valentina DI TALIA, Giacomo ANTONIONI
- **CLIMATE AND COVID-19 IN THE STATE OF PARANÁ (BRAZIL)**
Francisco MENDONÇA, Pedro Augusto Breda FONTÃO, Wilson Flavio Feltrim ROSEGHINI
- **CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DES AMBIANCES CONTRAIGNANTES CHAUDES LIÉES À L'HUMIDITÉ DE L'AIR EN TUNISIE**
Mustapha RIAHI
- **PERCEPTION DE LA FORTE CHALEUR DANS L'AGGLOMÉRATION DE KAIROUAN (TUNISIE)**
Mohamed CHEBLI, Sami CHARFI, Salem DAHECH
- **FICHIERS MÉTÉOROLOGIQUES DE VAGUES DE CHALEUR FUTURES POUR ÉVALUER LA RÉSILIENCE THERMIQUE DES BATIMENTS AU CHANGEMENT CLIMATIQUE**
Anaïs MACHARD, Emmanuel BOZONNET, Agnese SALVATI, Mamak POURABDOLLAHTOOKABONI, Abhishek GAUR

SESSION AGROMÉTÉOLOGIE

- **MODÉLISATION DES IMPACTS CLIMATIQUES SUR LA CROISSANCE RADIALE DU PIN MARITIME (PINUS PINASTER) POUR ÉVALUER LA VULNÉRABILITÉ DES ARBRES À LA SÈCHERESSE PENDANT LE DÉPÉRISSEMENT DES FORÊTS DE BENI DERDJINE CHLEF (ALGÉRIE)**
Malik KACI
- **IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR L'ÉVOLUTION DES CONDITIONS AGROCLIMATIQUES DU BASSIN IVOIRIEN DE LA COMOÉ**
Djibril D. NOUFÉ, Amidou DAO, Émile G. SORO, Pauline K. DIBI, Dominique DUMAS, Télesphore Y. BROU, Sylvain BIGOT, Bamory KAMAGATE, Lanciné D. GONE, Bi Tié A. GOULA, Éric SERVAT, Gil MAHE
- **VARIABILITÉ DE LA TEMPÉRATURE DE L'AIR À BISKRA (ALGÉRIE)**
Mohammed FACI, Miloud OUBADI
- **NOUVELLE INCERTITUDE LIÉE AUX OCCURRENCES DE SÉQUENCES AVEC OU SANS PLUIE : IMPACT SUR LES RENDEMENTS AGRICOLES DANS LA RÉGION SUD-EST DE LA COTE D'IVOIRE**
Dominique DUMAS, Sylvain BIGOT, Télesphore Y. BROU, Jean-Emmanuel PATUREL, Kouakou Bernard DJE, Djibril D. NOUFE, Pauline DIBI, Dané BEUGRE, Arona DIEDHIOU, Christian CILAS
- **VARIABILITÉ DE LA PRODUCTION OLÉICOLE EN FONCTION DES PARAMÈTRES CLIMATIQUES DANS LA DÉLÉGATION DE MENZEL CHAKER (SFAX, TUNISIE CENTRALE)**
M. MZOUGHJI et, M. FEKI, S. DAHECH
- **MODÉLISATION DU POTENTIEL DES VIGNOBLES LITTORAUX ET INSULAIRES DANS LE CADRE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE**
Jeanne THIBAUT, Hervé QUENOL, Cyril TISSOT
- **MESOCLIMATE IMPACT ON ALBARIÑO CV. (VITIS VINIFERA L.) BERRY COMPOSITION IN THE EMERGING ATLANTIC WINEGROWING REGION OF URUGUAY IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE**
Mercedes FOURMENT, Ramiro TACHINI, Milka FERRER, Valérie BONNARDOT
- **IMPACT DE LA SÈCHERESSE ET DE LA VAGUE DE CHALEUR ESTIVALE DE 2021 SUR L'OLIVERAIE PLUVIALE À SKHIRA (SFAX -TUNISIE CENTRALE)**
Ismail CHIAB, Salem DAHECH, Najiba CHKIR, Riadh BOUAZIZ
- **ESTIMATION DE LA VITESSE DE PROPAGATION DU FEU DANS LA FORÊT DOMANIALE DE TAKROUNA (NORD OUEST DE LA TUNISIE) PAR LE MODÈLE BEHAVE**
Salem SEBEI & Youssef AMMARI
- **APPORT D'UN NOUVEAU PROTOCOLE DE RÉGIONALISATION DYNAMIQUE DU CLIMAT POUR L'ESTIMATION DU BILAN HYDRIQUE DE DOUGLASAIES**
Valentin BLANCHET, Philippe AMIOTTE-SUCHET, Nathalie BRÉDA, Vincent BADEAU, Thierry CASTEL
- **ÉVALUATION SPATIO-TEMPORELLE DE L'EXPOSITION AU GEL EN RÉGIONS VITICOLES TRADITIONNELLE (PAYS DE LA LOIRE) ET ÉMERGENTE (BRETAGNE)**
Théo PETITJEAN, Cyril TISSOT, Jeanne THIBAUT, Mathias ROUAN, Hervé QUENOL et Valérie BONNARDOT
- **DÉTERMINATION OF WATER CONSUMPTION FOR WINTER WHEAT IN SOUTHERN ROMANIA. CASE STUDY: CARACAL PLAIN, AGRICULTURAL YEAR 2017-2018**
Dana Maria (OPREA) CONSTANTIN, Florentina Iuliana (STAN) MINCU, Adrian Amadeus TIȘCOVSCHI, Elena GRIGORE, Victor Viorel VĂȚĂMANU, Raul Gabriel ILEA