

Consultation PNACC3 - Cahier d'acteur du CNRS-INSU

Le CNRS observe une excellente adéquation entre les principes et objectifs du PNACC3 et l'action et les moyens qu'il met en œuvre notamment via l'INSU pour une meilleure anticipation du changement climatique et de ses impacts. Dans ce cadre, il recommande d'identifier plus clairement des actions visant une meilleure quantification du changement climatique notamment à l'échelle des territoires. Le CNRS-INSU insiste également sur la nécessité de fluidifier les liens entre la recherche fondamentale et la société notamment dans le cadre de l'adaptation au changement climatique et propose des actions concrètes dans ce sens. Des recommandations spécifiques sont faites au sujet de la médiation scientifique et la formation, de l'utilisation de la TRACC, des systèmes d'alerte, des services climatiques et de l'utilisation de l'IA dans le cadre du PNACC3.

Cette contribution est portée par le CNRS-INSU, un des 10 instituts du CNRS.

Depuis près de 40 ans, l'INSU pilote et coordonne la recherche en sciences de la planète et de l'Univers en offrant à la communauté nationale avions, bateaux, réseaux d'observations continentaux et marins, grands instruments de mesure et de modélisation, infrastructures et programmes qui sont les outils de l'excellence des communautés françaises, reconnues pour leur rayonnement international. Dans le domaine du climat, les recherches pilotées et coordonnées par l'INSU, de la compréhension des mécanismes fondamentaux à l'observation du changement climatique et de ses effets ainsi qu'à la quantification des changements à venir dans une perspective d'anticiper les impacts sur les milieux, fournissent les connaissances fondamentales nécessaires pour une adaptation pertinente de la France à ce défi.

Assumant pleinement ce rôle, le CNRS-INSU soumet quelques observations et suggestions dans le cadre de la consultation publique sur le PNACC-3.

1. Axes stratégiques du CNRS-INSU en soutien au PNACC

1.1 Mieux anticiper le changement climatique et ses impacts pour permettre une adaptation pertinente

L'anticipation est le premier des grands principes stratégiques du nouveau PNACC. La trajectoire de réchauffement de référence (TRACC) sert de boussole pour le plan d'adaptation. Néanmoins, l'adoption de la TRACC ne doit pas faire oublier les apports futurs de recherche en sciences de la planète pour un éclairage pertinent de la dérive climatique réelle qui pourrait ne pas suivre la TRACC, et dans tous les cas des actions d'adaptation à venir.

Les axes stratégiques pluriannuels de recherche de l'INSU dans le domaine, issus de ses exercices de prospective réguliers, sont en excellente adéquation avec le principe stratégique

d'anticipation sur lequel est construit le PNACC. **La recherche permet de mieux guider les mesures d'adaptation les plus pertinentes de notre société aux changements environnementaux, climatiques et écologiques tout en évitant la mal-adaptation.**

Pour cela, des progrès sont nécessaires à la fois dans **l'observation long terme** (pour mieux documenter la variabilité du système Terre aux différentes échelles de temps et mieux comprendre les mécanismes mis en jeu), la **modélisation** (pour réduire les biais et les incertitudes des modèles climatiques, atteindre une résolution spatiale mieux à même d'informer directement les mesures d'adaptation à l'échelle adaptée, notamment celle des territoires) et notre **compréhension physique** du fonctionnement du système Terre (pour évaluer notre confiance dans les résultats et les projections des modèles, quantifier et attribuer la part des activités humaines dans les changements observés, et mieux évaluer le risque et les conséquences de « surprises climatiques » possibles ou déjà au cours des prochaines décennies). L'ouverture, l'utilisation et la réutilisation des **données** naturelles ou *in silico* sera également une des clefs de la définition des trajectoires d'adaptation, ce qui nécessite de développer les outils en permettant le partage.

Dans ce contexte, les nouveaux paradigmes de l'IA constituent aujourd'hui une réelle opportunité et de nouveaux enjeux scientifiques et méthodologiques pour les sciences du Système Terre et l'environnement pour l'instrumentation, l'analyse des données et la modélisation numérique. Ils modifient les pratiques de recherche et d'observation et constituent de nouveaux enjeux fondamentaux et opérationnels. Le développement et l'apprentissage de ces modèles s'appuie sur un corpus de données (simulation, observation, expérimentation) de grande qualité avec un thesaurus et une ontologie standardisée internationalement, ainsi que sur des méthodologies d'évaluation et de certification basées sur l'expertise scientifique et des données ouvertes. Ces exigences ontologiques et qualitatives élevées, portées par l'INSU, resteront pertinentes lors de l'adoption de ces techniques à plus grande échelle, notamment dans le cadre du PNACC.

Notons également qu'une adaptation pertinente nécessitera aussi le progrès des connaissances sur les ressources naturelles (e.g. eau et métaux critiques pour accompagner la transition énergétique), sur **la dynamique de la biodiversité**, axe fort du CNRS, **sur les ressources en eau** en milieu urbain pour accompagner les îlots de fraîcheur par la végétalisation et renaturation des villes, se prémunir des extrêmes hydroclimatiques (pluie, vague de chaleur sèche ou humide, sécheresse) et leurs implications pour l'aménagement du territoire. De même, la recherche fondamentale sera essentielle pour la compréhension et la simulation des trajectoires des socio-hydrosystèmes marins ou continentaux (prendre en compte le climat, les pratiques et usages des sols, les contextes socio-économiques pour aller vers des solutions durables et équitables) et pour la compréhension des liens entre événements extrêmes et évolution de la qualité des milieux.

Nous insistons également sur le rôle de la recherche fondamentale pour les enjeux « One Health », notamment les liens entre dérèglement climatique et hausse des pathologies chroniques et émergence d'agents vecteurs de maladies infectieuses, dont la compréhension fine est nécessaire pour une adaptation proactive des systèmes de santé. Notons en particulier que les villes sont centrales dans de nombreux points et mesures du PNACC et que milieu urbain a été identifié comme un chantier central de recherche interdisciplinaire au CNRS.

Le rôle des infrastructures de recherche mises en œuvre par l'INSU (e.g. IR OZCAR (zone critique), ACTRIS (physico-chimie de l'atmosphère), ICOS (gaz à effet de serre), CLIMERI (modélisation climatique), DATATERRA (données), ILICO (milieux et écosystèmes côtiers et

littoraux), ...) **est absolument critique comme soutien de ces axes de recherche**. Le maintien et le renforcement de ces infrastructures est une condition primordiale pour le succès de la recherche sur le climat et l'adaptation et en soutien des grands programmes de recherche, par exemple les PEPR TRACCS (modélisation climatique et service climatique), IRIMA (risques), Ville durable, et OneWater.

1.2 Intensifier et fluidifier les liens avec la société

Dans sa mission de recherche d'excellence dans les domaines scientifiques concernant l'habitabilité de la Terre, le CNRS-INSU mène par nature des recherches au service de la société. Depuis plusieurs années, l'institut accompagne des démarches scientifiques inter- et transdisciplinaires visant à produire des connaissances avec et pour de nombreux porteurs d'enjeux, notamment les décideurs, les collectivités et les acteurs socio-économiques.

Depuis plusieurs décennies le CNRS-INSU a créé le réseau national des Observatoires des Sciences de l'Univers (OSU), ancré en local au sein des universités chef de file, et portant entre autres cette mission d'ancrage territorial. Par exemple, certains Groupes d'experts sur le climat (GREC), structures intermédiaires entre les sphères académiques et de la décision publique, mentionnées dans la mesure 25 (Mission Adaptation), sont mis en œuvre par les OSU. Par ailleurs le CNRS a été le fer de lance de l'action de formation des 25000 fonctionnaires voulue par l'Etat, en mettant en place, en moins de 18 mois, la formation de 18000 d'entre eux au travers notamment de son réseau des OSU.

Saluant l'effort de lisibilité et de mise en cohérence de l'offre d'accompagnement des opérateurs de l'Etat auprès des collectivités (Mesure 25 - Mission Adaptation), le CNRS-INSU s'interroge sur la place des sciences et des scientifiques, notamment via l'implication des OSU, dans les six briques de l'offre. Par exemple dans la brique 2 « montée en compétence » : quels seront les contenus de cette formation et quels acteurs seront mobilisés pour assurer le court-moyen-long terme de cette formation ? Cette formation est-elle en lien avec l'action de formation de la mesure 49 (Axe 5) ? Une des missions des OSU est d'assurer la diffusion des connaissances, de la formation académique auprès des acteurs des territoires.

Le CNRS-INSU et ses laboratoires associés ont également été très actifs dans les réponses aux appels à projets du plan de relance France 2030. De nombreux chercheurs et chercheuses de l'institut sont impliqués dans la coordination ou dans la structuration de plusieurs PEPR (e.g. TRACCS, FairCarbon, TRANSFORM, OneWater, SoluBiod, Sous-sol). Ces projets permettent de renforcer les démarches transdisciplinaires nécessaires pour accompagner et éclairer les stratégies d'adaptation des acteurs socio-économiques.

Le CNRS-INSU salue la volonté du PNACC3 de « mobiliser les acteurs nationaux autour de thèmes en lien avec les conséquences du changement climatique sur les milieux et les écosystèmes » (Mesure 45 Action 6), mais invite à élargir ces ambitions aux acteurs des territoires, lieux de différenciation des impacts du changement climatique et donc lieu clef du développement des solutions d'adaptation, de façon à élaborer ensemble des « Living-Lab » où l'ensemble des questions scientifiques des différents PEPR pourraient être abordées. Il s'agit de contribuer à mener des actions inter-PEPR en cohérence avec les acteurs socio-économiques pour une meilleure synergie science - société. La mise en route du PEPR TRANSFORM devrait aider au développement de ces Living-Lab.

2. Remarques générales sur les Mesure 45 (« Mobiliser la recherche ») et l'enjeu transversal « Recherche » du PNACC

Le changement climatique, et son ampleur inédite, font entrer nos sociétés en « terre inconnue ». En ces lieux, la recherche doit guider la décision. Ainsi les apports de la recherche fondamentale doivent continuer à alimenter le PNACC (versions actuelle et futures) et les actions prises dans ce cadre tout autant que les recherches spécifiquement focalisées sur l'adaptation en tant que telle. La mesure 45 du PNACC-3 porte d'ailleurs le titre « Mobiliser la recherche et les connaissances scientifiques sur le changement climatique et les solutions pour s'y adapter », indiquant bien aussi la nécessité de renforcer la recherche sur le changement climatique proprement dit, en plus de celle sur les solutions pour s'y adapter. Par exemple, l'action 2 de cette mesure porte sur l'identification de recherches à mener sur l'adaptation et la mal-adaptation. Un des meilleurs moyens de bien cibler les mesures d'adaptation nécessaires et de limiter la mal-adaptation est une meilleure quantification de l'évolution de l'aléa (événements météorologiques et hydrologiques extrêmes, niveau des mers, etc.). Il serait souhaitable que ce fait soit reflété dans cette action. Il conviendrait également d'élargir la visée de l'action 5 de cette mesure 45 (actuellement focalisée sur la recherche sur la gestion des événements extrêmes) vers la recherche sur les fréquences et intensités futures des événements extrêmes.

Concernant l'enjeu transversal « Recherche » brièvement décrit dans le document général de présentation du PNACC, il est utile que les programmes d'envergure de France 2030 de type PEPR soient mentionnés pour mettre en lumière leur apport. Néanmoins, au-delà de sa mise en lumière, il pourrait être précisé que cet apport est fondamental pour une meilleure calibration des mesures d'adaptation. Plus largement, sans minimiser l'apport de ces programmes d'envergure, il serait souhaitable de considérer que de nombreuses autres actions de recherche portées par le CNRS-INSU et d'autres organismes de recherche, basées sur les infrastructures de recherche pertinentes et issues d'exercices de prospective larges qui ont identifié les nombreux besoins de recherche sur et pour l'adaptation, pourront fournir des éclairages précieux aux futures versions du PNACC.

3. Points spécifiques

3.1 Médiation scientifique et formation

Ces enjeux de formation et de médiation scientifique sont repris dans les mesures 22 (Mettre à disposition des collectivités les informations nécessaires pour leur adaptation au changement climatique) et 49 (Former tous les agents publics aux enjeux de l'adaptation et mobiliser les compétences de l'Etat).

Forts de expériences acquises lors de notre participation active aux actions de formations des hauts fonctionnaires et des fonctionnaires d'état qui se sont déroulées en 2023 et 2024, nous recommandons :

1. **Que les objectifs, les messages principaux et les contenus soient partagés à l'échelle nationale** de façon à transmettre des messages homogènes, certes territorialisés mais où les enjeux soient explicitement partagés ;

2. Que **les contenus soient également être co-élaborés avec les ministères et grands corps d'état afin de répondre spécifiquement aux besoins des agents publics et collectivités territoriales**. Mieux comprendre comment et où les effets du changement climatique et de la perte de biodiversité perturbent les missions/décisions de ces agents est essentiel pour construire des formations utiles, intéressantes et impliquantes. Ceci est malheureusement peu le cas actuellement ;
3. **De regrouper les élus et agents publics par types de missions portées**, ce qui serait utile pour garantir une forme « d'homogénéité » des apprenants et ainsi avoir des interactions utiles ;
4. **D'amplifier l'implication et la reconnaissance des universités et des organismes de recherche nationaux** (qui ne sont actuellement pas mentionnés dans la fiche 22) dans ces actions de sensibilisation et de formation pour assurer des propos à jour sur l'état des connaissances.

3.2 Références à la TRACC

La section 01 du document de présentation du PNACC « Le visage de la France à +4°C en 2100 » décrit des changements régionaux qui correspondent à la TRACC pour 2100. L'adoption de la TRACC comme boussole du PNACC est une approche bien justifiée. Par contre, nous nous permettons d'attirer l'attention sur le fait que les changements régionaux ont, dans ce document, tendance à être présentés comme des prédictions. Par exemple, on lit : « La région des Hauts-de-France devrait subir par exemple une évolution de ses températures moyennes annuelles de + 1,9 °C en 2030 à + 3,6 °C en 2100. » Ces chiffres, même s'ils permettent de fixer les idées, sont problématiques s'ils ne sont pas présentés systématiquement comme correspondant à un scénario spécifique, à savoir la TRACC. Sans cette précaution, le risque d'abus et surtout de citation hors contexte est élevé. On sait par exemple pertinemment que l'anomalie de température dans la région des Hauts-de-France en 2030 (une année spécifique !) a très peu de chances d'être exactement 1.9°C. Le PNACC risque, par conséquent, d'être cité comme un document contenant aujourd'hui des prévisions inadéquates et, a posteriori, des prédictions fausses. Il suffit, pour pallier à ce risque, de rajouter systématiquement des précisions comme « Dans ce scénario... ».

3.3 Systèmes d'alerte

Le suivi en temps réel et l'anticipation à l'échelle de quelques heures, jours, semaines, sont critiques pour réduire les impacts de phénomènes prévisibles à fort impact, et concourent ainsi à l'adaptation par une meilleure alerte précoce. La recherche pour la définition et le développement de systèmes d'alerte à diverses échelles de temps, allant jusqu'aux systèmes d'alerte pour la détection de bascules climatique (comme l'instabilité des calottes de glace) fait donc partie intégrante d'une adaptation proactive aux impacts du changement climatique. Le développement de systèmes d'alerte pourrait faire l'objet d'une action spécifique sous la mesure 45.

3.4 Services climatiques

La version actuelle du PNACC fait mention de services climatiques, notamment dans la mesure 22, où une action spécifique consistant à intégrer la TRACC est décrite. Nous tenons à faire remarquer que le développement de services climatiques innovants fait l'objet de nombreux travaux de recherche auxquels contribue le CNRS-INSU ou qu'il pilote. En effet, les services

climatiques sont un champ de recherche multi- et interdisciplinaire très actif aux interfaces de la recherche fondamentale sur le système climatique. En particulier, le CNRS-INSU pilote le PEPR TRACCS « Transformer la modélisation du climat pour les services climatiques ». Une association claire de ce PEPR aux actions de la mesure 22, ou au moins une référence explicite à ce PEPR en particulier à cet endroit, serait souhaitable.

3.5 IA et adaptation climatique (Mesure 50)

Obtenir le maximum de bénéfices des nouvelles méthodologies de l'IA (apprentissage et apprentissage profond, IA générative, IA distribuée, modèles de fondation multimodaux) au service de l'adaptation au changement climatique (mesure 50 du PNACC) nécessite aujourd'hui de développer des recherches plus avancées et multidisciplinaires à l'interface des mesures 45 et 50 du PNACC.

Une meilleure articulation entre ces axes stratégique pourrait apparaître dans la stratégie du PNACC à partir des enjeux suivants : i) gérer et réduire intelligemment les flux de données multi-composantes issues des grands systèmes d'observation, expérimentation et de capteurs distribués ; ii) calibrer, accélérer et améliorer la précision des modèles numériques couplées avec l'IA, améliorer leur prévision moyen et long-terme de l'évolution du climat et de ses variabilités ; iii) caractériser les événements extrêmes (fréquence, intensité) et améliorer la quantification des incertitudes ; iv) développer des modèles fondamentaux multimodaux bien spécifiés scientifiquement ; v) développer des services climatiques et des outils d'aide à la décision pour mieux guider de nouvelles stratégies d'adaptation de nos sociétés aux changements environnementaux, climatiques et écologiques.

La communauté scientifique est aujourd'hui fortement mobilisée au sein de l'INSU et au travers de plusieurs PEPR (notamment NUMPEX et TRACCS) afin de développer des méthodes d'IA explicables avec des méthodologies de validation reposant sur l'expertise (qualité, véracité) des grands jeux de données FAIR, multimodales et multi-composantes issues des infrastructures d'observation et d'expérimentation et de la simulation numérique, ainsi que des connaissances scientifiques du système Terre.