



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

ADEME



AGENCE DE LA  
TRANSITION  
ÉCOLOGIQUE



PACT<sup>2</sup>e

Résultats PACT<sup>2</sup>e



**8 projets de R&D ont été sélectionnés** sur 28 déposés sur cette première édition de l'APR PACT<sup>2</sup>e portée par la Direction Aménagement, Adaptation, Trajectoires Bas Carbone (DAAT) de l'Ademe.

2 projets (Cassandra et Paendra 2) ont été sélectionnés sur l'**axe 1 : Réduire les impacts des aléas climatiques extrêmes aux échelles urbaines et territoriales** et 6 projets sur l'axe 2 : **Planification dynamique des territoires et trajectoires au sein des documents de planification.**

Ces projets reflètent la diversité des territoires français avec des ancrages territoriaux en région Sud (Trajectoires 4A), Auvergne Rhône-Alpes (Age2SCoT, Cassandra, Maltose), Grand-Est (Age2SCoT), Hauts de France (MAP 2050), Nouvelle Aquitaine (Paendra 2), Ile-De-France (Freshway), Occitanie (Freshway). Le projet Q-Adapt est à l'échelle nationale.

# Projets sélectionnés en septembre 2021

## **CASSANDRE 1<sup>er</sup>, Porteur : Sandra Rome, Université Grenoble Alpes**

Instructeur Ademe : Elodie Briche, PAVT

**Résumé** : Le projet de recherche action CASSANDRE vise à caractériser les extrêmes de chaleur (îlot de chaleur urbain, vagues de chaleur, canicules) aux échelles spatio-temporelles fines, et leurs impacts sanitaires associés, en particulier sur les populations vulnérables et/ou sensibles, à l'échelle du territoire grenoblois, en partenariat direct pour répondre aux besoins d'adaptation des collectivités de Grenoble et d'Echirolles. Ce projet interdisciplinaire s'appuie sur des chercheurs provenant de plusieurs unités de recherche du site universitaire, spécialisées en sciences du climat, en épidémiologie, en sciences de la donnée et en géogouvernance. Le premier objectif consiste à améliorer l'état des connaissances météo-climatiques sur ces extrêmes de chaleur (fréquence, occurrence, intensité, extensions spatiales et temporelles, variabilité jour-nuit). Il s'agit notamment de caractériser les îlots de chaleur urbain (ICU) et micro-îlots de chaleur urbain (MICU) en tenant compte de l'intensification des canicules et des vagues de chaleur, aujourd'hui mais aussi pour la période future. La prise en compte des occurrences des extrêmes thermiques selon les types de temps sera également analysée. Les formes et occupations du sol seront intégrées à la chaîne d'expertise, en s'appuyant sur la typologie urbaine dite des LCZ (Local Climate Zone) mais en la raffinant et avec un usage plus adapté que les typologies automatisées disponibles. Ce cas d'étude situé en marge des Alpes cherchera à être un démonstrateur pour les contextes urbains à topographie complexe et contrastée. Les analyses climatologiques et spatiales selon une approche multi-scalaire s'appuient sur un nouveau réseau de capteurs météorologiques intra-urbains déployé dès 2019 par les deux collectivités, auxquelles s'ajoutent toutes les données climatiques disponibles provenant d'autres sources complémentaires plus habituelles. En s'appuyant sur ces résultats, le second objectif, à l'interface de l'épidémiologie environnementale et sociale, consiste à déterminer localement l'usage, la qualité et la représentativité des nombreux indicateurs bioclimatiques et sanitaires disponibles. Une attention particulière portera sur l'impact des extrêmes de chaleur sur la santé des personnes vulnérables ciblées par les deux collectivités, notamment la petite enfance ; les analyses bénéficieront d'une base de données originale en néo-natalité, développée localement. Le troisième objectif, porté par les collectivités, consiste d'une part, à compléter l'interprétation de la chaîne d'alerte canicule, pour en avoir une lecture infra-communale tenant compte des contrastes socio-démographiques et, d'autre part, à apporter des éléments d'aide à la décision, de formation et de communication pour définir des actions de protection des populations (publics sensibles, agents et usagers des collectivités, habitants), dans une perspective d'adaptation, de services climatiques et de diagnostics sanitaires.

## PAENDORA 2, 2<sup>ème</sup>, Porteur : Julia Hidalgo, Université de Toulouse

Instructeur Ademe : Ariane Rozo, PAVT

**Résumé** : Le présent projet est porté par cinq laboratoires de recherche publiques (LISST, CNRM, Lab-STTIC, LMDC, LRA) et deux acteurs institutionnels (FNAU, Toulouse Métropole). Il se positionne sur l’Axe 1. de l’appel à projets ADEME-PACT2e concernant les objectifs de réduction des impacts des aléas climatiques extrêmes aux échelles urbaines. En particulier les objectifs en lien avec la gestion du stress thermique en milieu urbain pour lesquels, sur la base de projets de recherche antérieurs (ANR-MapUCE, ADEMEPAENDORA), plusieurs ensembles de données (urbaines et climatiques) sont disponibles pour une cinquantaine de villes en France.

Ce projet permettra d’apporter des **éléments méthodologiques et des données d’une part pour contribuer au sous axe 1.b Concevoir des formes urbaines durables et d’une autre part, de contribuer au sous axe 1.a Rafraîchir la ville de manière pérenne avec les solutions d’adaptation fondées sur la nature.** Plusieurs actions sont prévues : La mise à jour et à disposition en Open Access des outils **GeoClimate** (pour produire des données de morphologie urbaine et d’occupation du sol) et **Danube** (qui est une base de données sur la matérialité et les techniques constructives) ; la **confrontation terrain** de données urbaines, architecturales et climatiques à l’échelle de l’îlot pour un ensemble de **5 cas d’étude** (Dijon, Nancy, Paris, Redon et Toulouse) ; **accompagner Toulouse Métropole sur son projet 100 000 arbres** en particulier sur la phase de diagnostic et **priorisation d’actions de verdissement et désimperméabilisation des cours d’école** de la commune de Toulouse.

**Le projet se donne également pour ambition de travailler sur le volet valorisation sur toute sa durée.** En plus des actions de communication et valorisation classiques d’un projet de recherche, il est prévu d’une part, **la mise en place de balades microclimatiques urbaines en collaboration avec les équipes locales des cas d’étude.**

Ces balades seront conçues comme un dispositif pédagogique à destination des chefs de projet des collectivités concernées, mais elles pourront être mobilisées plus largement dans d’autres cadres, comme la formation universitaire ou sur des événements grand public. D’une autre part, il est également prévu des **séances de formation à destination des agences d’urbanisme autour de l’outil GeoClimate.**

## Q-ADAPT, 3<sup>ème</sup>, Porteur : Vivian Depoues, I4CE

Instructeur Ademe : Aude Bodiguel, Pôle Adaptation

**Résumé** : D'innombrables études économiques démontrent l'intérêt d'anticiper les effets du changement climatique et de s'y adapter (Global Commission on Adaptation 2019; COACCH 2018). Pourtant, l'argument selon lequel les coûts de l'inaction dépassent largement les coûts de l'action ne suffit pas à déclencher cette dernière (I4CE et Ramboll 2021). En effet, les évaluations globales informent peu sur la répartition des coûts et des bénéfices de l'adaptation entre acteurs et dans le temps qui permettrait à chaque acteur d'identifier les bénéfices de son action.

En France, la délégation à la prospective du Sénat décrivait en 2019 une situation de « flou sur le niveau des besoins » pour le financement de l'adaptation au changement climatique. Et en effet, en l'absence d'informations suffisamment claires et consolidées pour établir un plan de financement dédié<sup>1</sup>, il reste très difficile de faire avancer les discussions et les engagements pour mobiliser les moyens humains et financiers nécessaires à une bonne intégration de cette préoccupation dans les projets et démarches d'aménagement et de développement économique des territoires.

Des éléments de coûts existent néanmoins de manière dispersée. Des expériences sont entreprises et partiellement documentées dans différents secteurs et sur différents territoires. **L'objectif de la proposition décrite ici est de mener un travail de consolidation des éléments de coûts disponibles et d'estimation des éléments manquants sur la base des connaissances et expériences pertinentes. Il s'agirait de structurer un « observatoire de tous les coûts de l'adaptation » sur lequel s'appuyer pour chiffrer les coûts de différentes trajectoires d'adaptation et objectiver ainsi les besoins de financement associés à des feuilles de routes ou stratégies, par exemple régionales et infrarégionales.**

Cet observatoire donnerait des informations quantitatives (quels sont les montants à mobiliser) et qualitatives (pour quels types de dépenses, sur quels horizons, par quels types d'acteurs, etc.). Il nous semble pouvoir devenir un outil appropriable par une grande diversité d'acteurs territoriaux pour organiser leur propre engagement d'une part – notamment lors des programmations et débats budgétaires – et dans le cadre de leurs discussions et négociations avec leurs partenaires – notamment nationaux – d'autre part.

Cet observatoire intégrerait les besoins d'investissement mais aussi les besoins amonts<sup>2</sup> pour établir un environnement propice à la prise en compte des évolutions du climat et permettre de déployer des démarches d'adaptation des projets territoriaux structurants. Pour y parvenir la démarche proposée consiste, en procédant par grand chantiers de l'adaptation, à d'abord consolider l'ensemble des retours d'expérience existant puis, à les mettre en perspective des recommandations de la littérature et des feuilles de route sectorielles pour formuler des hypothèses de généralisation à l'échelle des besoins français totaux. Il s'agira de travailler par brique élémentaire de coût – chaque brique correspondant à un type d'actions d'adaptation ou un ensemble cohérent d'actions – et de proposer une démarche formelle de composition et d'articulation de ces briques pour chiffrer le coût de différentes trajectoires d'adaptation.

# Projets sélectionnés en janvier 2022

## Trajectoires 4A, 1<sup>er</sup>, Porteur : Christine Voiron, Université Nice Côte d'Azur

Instructeur Ademe : Elodie Briche, PAVT

Résumé : Le projet « Trajectoire 4A » est une recherche action sur la trajectoire territoriale d'adaptation des collectivités, qui s'attaque à trois problématiques : (i) la mise en trajectoire des actions de la politique climatique et de la planification territoriale, et l'articulation des différents horizons de temps et d'espaces ; (ii) la dynamique évolutive de l'adaptation, induite par divers types de changements opérant en continu ; (iii) les réajustements de la trajectoire d'adaptation et les conditions de mise en oeuvre d'une planification dynamique et flexible. Trajectoire 4A propose une démarche reproductible, construite autour des processus d'adaptation, d'anticipation, d'articulation et d'ajustement. Nous postulons que le cheminement évolutif vers l'objectif assigné par la stratégie d'adaptation résulte de leur combinatoire. L'adaptation est considérée non seulement comme un moyen d'action contre les effets du CC, mais également comme l'aptitude des acteurs locaux à réagir, à inventer des solutions pour faire face aux changements probables ou incertains, dans une posture de résilience. Qu'il s'agisse de la détection des vulnérabilités à venir, de la mesure des impacts à long terme des actions programmées, ou encore de l'identification de ce qu'il est urgent d'entreprendre et de ce qui peut être remis à plus tard, l'approche anticipative s'avère indispensable, et pourtant force est de constater qu'elle est encore peu pratiquée. L'articulation s'impose entre les actions relevant de l'atténuation et de l'adaptation, entre les documents d'urbanisme et les plans-climat, entre les différentes échelles d'action. En outre, pour chaque enjeu – climatique, environnemental, économique, social, etc. -, il est nécessaire d'articuler les contraintes et les opportunités de long terme avec celles d'aujourd'hui. L'approche évolutive de la stratégie d'adaptation qui sous-tend ce projet, met la flexibilité au centre de la démarche. Dès lors, le réajustement/ajustement des actions programmées, de la stratégie et de la planification s'impose à la fois comme fondement même de l'adaptation, et comme mode opératoire approprié au maintien du cap dans un contexte en continu changement. La finalité du projet est double, d'une part, aider les collectivités territoriales à intégrer la dimension dynamique des phénomènes - tant globaux que locaux – dans leur politique locale, et notamment à articuler les urgences à court terme, les plans à moyen terme et l'action à très long terme dans leur planification stratégique d'adaptation au changement climatique, et d'autre part, les guider dans les réajustements de leur stratégie et des actions programmées, par des outils d'aide à la décision novateurs. Le consortium qui conduit le projet est composé d'une équipe pluridisciplinaire composée de scientifiques - géographe, climatologue, économiste, informaticien – travaillant en étroite collaboration avec l'équipe Climate Adaptation Consulting / Greenselipar, spécialisée dans l'accompagnement et l'expertise opérationnelle des politiques publiques de transition écologique, et d'une collectivité partenaire, la Communauté d'Agglomération du Pays de Grasse.

Le projet, d'une durée de 36 mois, est organisé en trois volets : (i) un état des lieux des trajectoires d'adaptation dans les documents de planification, au niveau national et sur le territoire d'étude, la CA du Pays de Grasse ; (ii), une modélisation géoprospective modulaire conçue comme un outil d'aide à la décision, qui permet d'anticiper le fonctionnement du territoire sur le temps long (horizon 2050), en intégrant les orientations et actions planifiées, de co-construire avec la collectivité des simulations à différentes échelles spatiales, et d'intégrer les résultats des simulations et leurs effets mesurés sur un certain nombre d'indicateurs dans un tableau de bord dynamique ; (iii), l'expérimentation avec la collectivité d'un mode opératoire pour promouvoir une planification dynamique adaptative, et estimer sa faisabilité au regard des obstacles et des leviers propres à son contexte territorial. L'originalité du projet tient à la démarche géoprospective, dont l'équipe scientifique est spécialiste, qui sous-tend toute la recherche et interrelie les trois volets, à la démarche bottom-up conçue en interaction avec la collectivité partenaire, à l'élaboration d'outils d'aide à la décision opérationnels à différentes échelles d'espace et de temps, et à la répliquabilité des protocoles mis en place sur le Pays de Grasse, à d'autres territoires et collectivités via la production de guides.

## Freshway, 2<sup>ème</sup>, Porteur : Bruno Barroca, Lab'Urba

Instructeur Ademe : Elodie Briche, PAVT

**Résumé** : Notre projet vise à produire des connaissances nouvelles, et s'insère pleinement dans l'objectif de l'appel en interrogeant "l'aménagement et la planification des territoires dans un contexte de changement climatique". A ce titre il se centre sur l'adaptation au changement climatique dans un objectif de planification "reposant sur l'évolution des documents de planification territoriale". La dernière tâche menée dans le projet Freshway est notamment relative à produire une généralisation des résultats dans l'objectif d'apporter des connaissances pour orienter les politiques publiques relatives à la planification de l'adaptation. En étudiant les planifications et les mises en œuvre de solutions rafraîchissantes sur 8 collectivités de tailles et de climats différents, le projet Freshway s'intéresse à l'adaptation des territoires urbains face aux impacts en termes de chaleur et de canicule dû au changement climatique. Il propose trois apports majeurs : Freshway construit un cadre d'analyse de la performance de la planification de l'adaptation à partir d'une approche empirique (1) Freshway analyse la performance des planifications pour faire émerger des actions d'adaptation (2). Freshway cherche à caractériser l'efficacité de la planification en évaluant l'écart entre les objectifs et les réalisations (3). Au niveau scientifique, le projet Freshway participe à la construction des connaissances en planification urbaine et environnementale au regard de la recherche empirique menée sur l'analyse des trajectoires et veut proposer des indicateurs et une modélisation permettant de caractériser, de visualisation et de comparer les trajectoires des villes pour mettre en œuvre des solutions permettant de lutter contre la chaleur urbaine. Au niveau opérationnel, au-delà de l'apport local, Freshway généralise dans une phase prospective les connaissances issues des études menées pour proposer un positionnement scientifique visant à orienter la mise en œuvre opérationnelle de la planification pour en accroître la performance (au sens de la capacité à inciter des actions efficaces).

## MAP 2050 - 3<sup>ème</sup> – Matthew Wendeln, Efficacity

Instructeur Ademe : Gerald Lalevee, Pôle Trajectoires

**Résumé :** Le projet MAP 2050 vise à expérimenter un ensemble cohérent d'outils d'aide à l'élaboration et au suivi de trajectoires territoriales bas carbone aux horizons 2030-2050, en lien avec les exercices de planification (SCoT, PLUi, PCAET). Pour infléchir leurs trajectoires d'émissions par les ordres de grandeur prévus par la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC), les territoires doivent en effet pouvoir disposer d'outils de modélisation et d'analyse prospective facilitant la construction de stratégies de transition multisectorielles à moyen et long terme. Or, si plusieurs outils existent, aucun ne répond pleinement à ce besoin et leur utilisation combinée en situation opérationnelle reste difficile. En réponse, le projet MAP 2050 poursuit trois objectifs principaux : l'articulation d'outils sectoriels existants afin de mieux évaluer et prioriser les principaux leviers de décarbonation des territoires en lien avec la planification territoriale (notamment énergie, bâtiment, mobilités, usage du sol) ; la simulation dynamique de scénarios énergétiques et de décarbonation du bâtiment à l'échelle territoriale ; la simulation d'évolutions à moyen et long terme de l'usage du sol, de la démographie et de la localisation de la population à l'aide de modèles probabilistes (dits « land use »). L'approche défendue se veut pragmatique et progressive. Ainsi, le projet vise d'une part à mettre au point un « bouquet » de méthodes et outils utilisables rapidement à partir de l'adaptation d'outils existants, et d'autre part à caractériser les besoins de nouveaux outils ou modules spécifiques à développer par la suite. Seront notamment mobilisés les actifs et expertises complémentaires de l'Institut pour la transition énergétique Efficacity (simulations énergétiques à l'échelle de quartiers - notamment le logiciel PowerDIS) ; de l'Université Gustave Eiffel et de l'École des Ponts ParisTech via le Laboratoire Ville Mobilité Transport (modélisations mobilités/usage du sol) ; de Mines ParisTech et Armines via le Centre Efficacité énergétique des Systèmes (simulations bâtiment/énergie - notamment l'outil Smart-E) ; et du Cerema (ensemble de bases de données et d'outils multisectoriels d'aide à la planification bas carbone). La bonne adéquation entre le besoin utilisateur et les fonctionnalités offertes par le bouquet d'outils ainsi réunis sera expérimentée avec la Communauté urbaine de Dunkerque (CUD), pour simuler des trajectoires énergie-carbone de l'agglomération aux horizons 2030-2050 dans le cadre de la révision de son PCAET, en lien avec son PLUi-HD, le SCoT Flandre-Dunkerque et le grand projet de décarbonation du pôle industrialo-portuaire, « Dunkerque Energie Créative ». Enfin, Efficacity veillera à l'articulation du projet MAP 2050 avec les trajectoires bas carbones nationales et régionales, notamment l'élaboration des scénarios « Prospective énergies ressources 2050 » et le chantier d'articulation des objectifs de la SNBC avec ceux des SRADDET et PCAET.

## Maltose, 4<sup>ème</sup>, Porteur : Edouard Patault, Altereo

Instructeur Ademe : Anne Lefranc, PAVT

Résumé : Le projet MALTOSE est un projet innovant et pluridisciplinaire porté par un consortium (Altereo, Cerema, ThéMA, SCOT Grand Rovaltain) qui vise à apporter une solution opérationnelle aux collectivités pour diagnostiquer et modéliser des trajectoires de planification territoriales adaptatives et respectueuses des enjeux de réduction de l’artificialisation et de prise en compte des services écosystémiques rendus par les sols. Le projet s’articule ainsi autour de l’élaboration de deux outils complémentaires : (i) un modèle d’auto-diagnostic de l’artificialisation et de la multifonctionnalité des sols, et (ii) une chaîne de modélisation constituée d’un modèle d’intelligence artificielle distribuée (automate cellulaire) et d’un algorithme d’optimisation multi-objectif. Les outils ont vocation à être appliqués sur un territoire démonstrateur (le territoire du SCOT du Grand Rovaltain) afin d’évaluer les impacts socio-environnementaux de différentes trajectoires de planification territoriales dans un contexte de changement climatique. Enfin, outre la part du projet liée au développement méthodologique, le projet vise à intégrer des méthodologies issues des sciences comportementales pour questionner la perception des principes et des enjeux de l’artificialisation auprès d’un groupe d’élus et d’évaluer l’acceptabilité des trajectoires de planification territoriales simulées. A terme, le projet vise ainsi à permettre la traduction de trajectoires de planification territoriales optimisées en orientations dans les stratégies locales et les documents d’urbanisme.

## Age2SCoT, 5<sup>ème</sup>, Porteur : Benoît Dugua, Université de Reims

Instructeur Ademe : Emmanuel Thibier, PAVT

**Résumé :** Le projet Âge2SCoT s'inscrit dans une démarche de recherche-action innovante visant l'apport de connaissances nouvelles. Structuré autour d'un consortium pluridisciplinaire associant étroitement des chercheurs et des partenaires institutionnels, il porte sur l'adaptation des outils de planification en France, plus particulièrement des Schémas de cohérence territoriale (SCoT), aux enjeux climatiques et environnementaux. L'objectif est d'investir de manière empirique et opérationnelle la proposition d'un « âge 2 des SCoT » fondée sur trois principes directeurs : « Au-delà de la responsabilité réglementaire : le Scot, articulateur de projets » ; « Par-delà la contention : le SCoT assembleur-opérateur de ressources » ; « Au-dessus des cohérences souveraines : le SCoT organisateur d'interterritorialités ». La proposition rejoint l'idée d'une planification dynamique et adaptative, formulée dans l'axe 2 de l'APR PACT2e, en capacité de formaliser des trajectoires territoriales d'atténuation et d'adaptation. Le projet Âge2SCoT propose ainsi d'explorer l'hypothèse d'une planification collaborative et gestionnaire de ressources territorialisées par le prisme spécifique de l'agroécologie et donc du triptyque : sol, écologie et paysage. Particulièrement vulnérable, le couple ville et agriculture constitue tout à la fois une cause et une solution au problème climatique mondial à l'interface entre les objectifs d'atténuation et d'adaptation. La reconfiguration des relations entre les villes et les campagnes constitue à ce titre un défi majeur du 21<sup>ème</sup> siècle. Les enjeux de transition agroécologique, et donc la gestion raisonnée et partagée des ressources agricoles et foncières, sont à ce titre porteurs d'un renouvellement des méthodes d'urbanisme. Sur une durée de trois ans (2022-2025), l'enquête porte sur deux territoires de SCoT en France où convergent des enjeux agricoles et urbains. Un territoire (dit « innovant ») ayant mené récemment des démarches stimulantes au croisement entre politiques climatiques, agroécologie, paysage et gouvernance alimentaire : le Scot de l'agglomération lyonnaise ; et un territoire (dit « apprenant ») où le projet Âge2SCoT sera l'occasion d'initier une démarche exploratoire et novatrice de « plan de paysage agro-climatique » : le SCoT de la Région Rémoise. La singularité et la plus-value scientifique du projet Âge2SCoT repose sur (1) la mise en relation disciplinaire entre urbanisme, agroécologie et paysage ; (2) la caractérisation locale de trajectoires d'adaptation/atténuation à partir de l'interface ville-campagne ; et enfin, (3) l'acquisition de connaissances nouvelles sur l'évolution de la planification en France.