



Solutions concrètes pour s'engager dans les transitions en région Provence-Alpes-Côte d'Azur

Décembre 2021



Cette publication a été élaborée par le Groupe régional d'experts sur le climat en région Provence-Alpes-Côte d'Azur (GREC-SUD) qui est coordonné par l'Association pour l'innovation et la recherche au service du climat (AIR Climat).

Le GREC-SUD décrypte et diffuse les connaissances scientifiques sur l'évolution du climat, évalue les enjeux et les effets du changement climatique de l'échelle régionale à locale, et accompagne les acteurs régionaux pour limiter les impacts du climat sur les territoires. Il bénéficie d'un financement au titre de la Convention État - Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur - ADEME.

Financé dans le cadre du CPER



Direction de la publication : GREC-SUD
Rédacteur en chef : Philippe Rossello.
Réalisation de la maquette : Tumult.
Date de publication : décembre 2021.

Crédits photos : couverture : Saint-Véran © GeographR / page 3 : photo 1 (édito), Renaud Muselier, droits réservés © Région Sud / page 4 : photo 2 (édito), Cécile Chéry © ADEME / page 54 : croquis © Jean-Pierre Poulet, architecte / 4^{ème} de couverture : La Ciotat © GeographR.
Crédits pictogrammes : © Freepik.

Édito (1/2)



Combattre les effets du changement climatique est la priorité régionale. Chacun est touché au quotidien par cette réalité. Le temps du constat est révolu, celui de l'action venu. Face à l'urgence d'agir, j'ai lancé le 1^{er} plan climat régional, en décembre 2017. Il a servi de cadre à une série d'actions concrètes visant à préserver, valoriser et transmettre notre précieux patrimoine naturel régional. Nous y avons consacré 1,3 milliard d'euros en 3 ans, un investissement qui a permis de grandes avancées.

Le Sud est aujourd'hui la 1^{ère} région française pour l'agriculture bio et pour l'excellence environnementale de ses ports de plaisance (certification européenne « Ports propres »). Nous sommes une région leader pour l'éolien flottant et l'une des plus avancées en matière d'économie circulaire. Nous avons équipé les toits de 30 % de nos lycées en photovoltaïque et organisé des transports encore plus durables avec notamment la mise en place de la 1^{ère} ligne longue distance de cars électriques d'Europe, la création de bornes de recharge pour les véhicules électriques, notre plan hydrogène et l'opération Escale Zéro fumée dans nos 3 grands ports... Nous coopérons avec le Costa Rica, classé 5^{ème} pays le plus avancé au monde pour la préservation de la biodiversité et avons rejoint le groupe des régions mondiales les plus engagées sur l'environnement, le R20.

Une implication massive et résolue, à la hauteur des enjeux !

L'enjeu est historique, nous le savons bien. Sans doute l'un des plus importants auxquels l'humanité ait eu à se confronter. Il est vital pour notre territoire : avec 6 % de la biodiversité terrestre française, 10 % de la biodiversité marine mondiale, 9 parcs naturels régionaux, 4 parcs nationaux et 1000 km de côte, Provence-Alpes-Côte d'Azur est l'un des 34 points chauds de biodiversité de la Terre. Il nous faut agir vite et durablement, trouver des solutions pour accomplir les transitions nécessaires.

Pour massifier le changement, la Région a adopté, en avril 2021, le 2^{ème} volet du Plan climat régional « Gardons une COP d'avance ». 40 % de notre budget régional est mobilisé. C'est l'ossature de toute notre politique en faveur de l'environnement. Il intervient sur toutes nos compétences, pour faire du Sud la 1^{ère} région neutre en carbone d'Europe et autonome en gestion des déchets dès 2030. Afin de réussir cette ambition et conformément à notre compétence de chef de file en matière d'environnement, j'ai à cœur de fédérer tous les acteurs, énergies et forces vives du territoire, pour réfléchir, proposer et mettre en œuvre des solutions d'adaptation pour une région plus durable et résiliente. Notre rôle est de poser un cadre et une stratégie mais aussi de rendre possible et concret. Nous accompagnons et soutenons activement les initiatives et projets en faveur du climat. En ce sens, je salue le formidable travail de tous les contributeurs de ce document ainsi que du GREC-SUD, dont nous soutenons l'action.

Il nous incombe une immense responsabilité : redonner aux habitants de Provence-Alpes-Côte d'Azur et à notre environnement toute la place et le respect qui leur sont dus. Pour une Région Sud exemplaire et préservée, relevons le défi, ensemble.

Renaud MUSELIER

Président de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur

Président délégué de Régions de France

Édito (2/2)



Comment anticiper les crises et limiter leurs impacts sur les territoires ?

Au cours des derniers mois, marqués par une crise sanitaire sans précédent, l'enjeu de la résilience territoriale a été l'objet de nombreuses réflexions. Il s'agit d'être en capacité d'adopter des organisations, des pratiques et activités qui résistent aux crises en limitant leurs impacts négatifs en matière sociétale, économique et environnementale.

Face à la crise écologique et climatique, l'adaptation et la transformation sont des impératifs pour anticiper et minimiser les risques. Innover et créer, les territoires de Provence-Alpes-Côte d'Azur en sont capables. Ils ont su, au cours des siècles, développer des savoir-faire efficaces pour développer des bâtis, une agriculture et des activités adaptées au climat méditerranéen.

Aujourd'hui, le défi est immense car l'urgence climatique nécessite de s'adapter, se transformer pour faire face aux évolutions rapides du climat, dont les territoires subissent déjà les impacts. Comme les impacts locaux sont très spécifiques, les « solutions » à ce défi ne se résument pas à des catalogues d'actions types, identiques pour tous les territoires. Les outils et méthodes sont intéressants à mutualiser, mais les actions doivent s'inscrire dans le terreau local et dans une vision portée et partagée à l'échelle d'un territoire avec toutes ses forces vives : les citoyens, les élus, le monde associatif et les acteurs économiques. Pour faciliter ces actions ancrées localement, l'ADEME – Agence de la transition écologique – accompagne les territoires, leur apporte expertise, méthodologie et conseil, en proposant des exemples de réalisations locales.

Dans ce cahier du GREC-SUD, deux voies sont proposées : faire connaître les innovations issues de la recherche et valoriser les actions concrètes qui répondent aux enjeux sur les territoires.

Vous connaissez probablement de nombreuses actions de transition déjà en cours sur nos territoires, mais vous ferez peut-être de nouvelles découvertes à travers ce cahier : des réalisations déjà menées ou en cours, des approches de laboratoires de recherche et des initiatives en phase avec les recommandations scientifiques. Ce cahier illustre aussi que l'action concrète ne se réduit pas à des équipements, des constructions, des innovations technologiques, mais qu'il peut aussi s'agir de s'organiser autrement et de faire évoluer nos pratiques sociales. Circuits courts, nouveaux modèles économiques, participation citoyenne, changement de comportements... sont des briques essentielles de la transition des territoires.

Enfin, ce cahier, et plus largement l'action du GREC-SUD, soutenu par l'ADEME depuis son démarrage en 2015, montre que la recherche, la recherche-action et les partenariats science-société sont des terrains fertiles pour faire germer en Provence-Alpes-Côte d'Azur des pistes concrètes et aller vers des territoires plus résilients, plus sobres et tout simplement plus durables dans leur développement.

Cécile CHÉRY (Photo ci-dessus) **et Fanny VIOT**

Respectivement, directrice régionale adjointe et ex-directrice régionale adjointe de l'Agence de la transition écologique (ADEME – Direction régionale Provence-Alpes-Côte d'Azur)



Photo 3. Jardin Verger Urbain V à Avignon : ancien espace public entièrement minéral réaménagé en jardin ouvert à tous avec plantation d'arbres, fontaine sèche et prairie peu consommatrice en eau (© GeographR).

Résumé

L'urgence climatique s'accroît en raison de l'inaction des pays ou de mesures encore insuffisantes prises aux échelles globale et régionale. Les principaux émetteurs de gaz à effet de serre (GES) dans les secteurs de l'industrie, de l'agriculture, du bâtiment et du transport sont appelés à réduire drastiquement leurs émissions pour éviter l'emballement climatique et limiter la hausse de la température moyenne mondiale à 1,5 °C (ou au plus 2 °C), mais nous avons tous un rôle à jouer. Le 6^{ème} rapport du GIEC a rappelé les menaces et conséquences du changement climatique sur nos sociétés et l'environnement, mais donne aussi des motifs d'espoir à condition que nous œuvrions collectivement en faveur des transitions. La COP 26 n'a malheureusement pas été à la hauteur des enjeux, mais certains engagements s'avèrent malgré tout positifs, et des initiatives portées par des citoyens, entreprises, associations ou collectivités sont prometteuses. Il est encore temps d'agir et de renforcer les actions pour atteindre le plus vite possible la neutralité carbone, protéger les populations, préserver la santé de nos écosystèmes...

En ce sens, les acteurs de notre région Provence-Alpes-Côte d'Azur peuvent mettre en place des solutions concrètes sur leur territoire en vue de produire et consommer autrement, adopter des modes de vie plus sobres, développer une économie moins énergivore... Ce cahier thématique présente des pistes d'adaptation au changement climatique et d'atténuation des émissions de GES susceptibles d'inspirer les décideurs, gestionnaires, collectivités, entreprises, associations et citoyens. Il aborde notamment les évolutions structurelles et fonctionnelles à engager dans les domaines de l'agriculture, de la forêt, des ressources en eau, de l'énergie et du risque, et valorise des pratiques alimentaires, de mobilité, numériques, touristiques... Entre savoir-vivre, savoir-faire et comment faire, les transitions sont un vecteur de développement social et économique qui ne compromet pas l'avenir.

Les solutions sélectionnées par 85 chercheurs ou spécialistes n'ont pas vocation à répondre à tous les besoins des acteurs régionaux, mais elles ont le mérite d'ouvrir les horizons, d'alimenter les réflexions de l'échelle régionale à locale et d'encourager les démarches prospectives :

- les territoires peuvent se tourner vers la stratégie énergie-climat de la France incluant notamment la stratégie nationale bas-carbone qui définit des budgets-carbone, la programmation pluriannuelle de l'énergie qui donne des priorités et le plan national d'adaptation au changement climatique qui décline 58 actions. À l'échelle régionale, les acteurs peuvent s'appuyer sur le réseau PACA climat, le volet réglementaire (PCAET par exemple), les plateformes collaboratives dédiées, les offres d'accompagnement (assistance à maîtrise d'ouvrage, aides financières...) proposées par les services déconcentrés de l'État, de la Région Sud, des agences régionales... Les responsables politiques peuvent aussi compter sur les associations nationales et régionales (Réseau Action Climat, France Nature Environnement...) qui proposent des voies à suivre. Pour participer aux politiques locales et motiver la prise de décision, les groupes de citoyens ont la capacité de faire bouger les lignes en se mobilisant (désignation de « Référents Transition Climat » dans les communes par exemple) ;
- la formation des professionnels et futurs professionnels de la transition écologique, mêlant théorie et pratique, doit privilégier les approches interdisciplinaires. Les équipes pédagogiques, associant enseignants-chercheurs et acteurs socio-économiques, transmettent aux étudiants des savoirs et savoir-faire alimentés par les avancées scientifiques les plus récentes et les retours d'expériences vécues sur le terrain. Par ailleurs, la sensibilisation peut commencer dès le plus jeune âge pour apprendre aux enfants à mieux respecter l'environnement ;
- l'agriculture de conservation, l'agro-biodiversité fonctionnelle, l'agroforesterie, les pratiques pastorales résilientes, les démarches participatives, le stockage et la séquestration du carbone dans les sols agricoles, et la sélection de variétés culturales résistantes aux contraintes climatiques d'aujourd'hui et de demain offrent des garanties pour réduire les émissions de GES et adapter l'agriculture ;
- la sylviculture adaptative (éclaircies, élagages, choix d'essences, gestion préventive, débroussaillage...) a de multiples avantages : protéger la biodiversité, piéger du carbone, favoriser la production de bois d'œuvre, limiter les effets des sécheresses, préserver la santé des arbres, conserver les forêts anciennes, réduire le risque de méga-feux... Selon les étages, il est aujourd'hui possible de planter les essences les plus aptes à résister au changement climatique. Certains arbres et espèces végétales ont aussi la faculté de réduire la pollution de l'air ;
- pour sécuriser les ressources en eau (agriculture, eau potable, industrie...), il est essentiel de se pencher sur l'efficacité des prélèvements des ressources disponibles et le partage équitable de l'eau, de lutter contre les

gaspillages, de viser des usages plus sobres, d'investir pour moderniser et optimiser les réseaux d'irrigation, de travailler à l'échelle des sous-bassins et des masses d'eau souterraines, de mettre en place des schémas directeurs et des plans de gestion (et de les respecter), d'associer les usagers aux stratégies d'adaptation, d'identifier des ressources de substitution, de modéliser le fonctionnement des systèmes aquifères, d'utiliser les eaux usées (agriculture, arrosage, production de fertilisants ou extraction de métaux...), etc. ;

- en matière d'énergie, notre région possède tous les atouts pour assurer sa transition énergétique. Les solutions éprouvées ne manquent pas : améliorer la performance énergétique des bâtiments, privilégier l'écoconstruction, installer une chaudière au bois (selon usages et conditions), valoriser la récupération de chaleur (géothermie, thalassothermie...), développer les énergies renouvelables (centrales photovoltaïques, éolien off-shore...), multiplier les écoquartiers, décentraliser la production d'électricité (coopératives citoyennes...), etc. ;
- l'un des enjeux majeurs est aussi de réduire les risques :
 - pour lutter contre les îlots de chaleur urbains, la nature en ville, la ventilation naturelle des espaces urbains, les espaces de pleine terre, l'amélioration de la conception des bâtiments (isolation, logements traversants...), le changement des heures d'ouverture des lieux publics... sont recommandés ;
 - en montagne, l'installation de pièges à matériaux, de systèmes de captage, de drainage et d'évacuation des eaux superficielles, le reverdissement des secteurs à risque, l'instrumentation, les systèmes d'alerte, etc. offrent des garanties pour se prémunir des glissements de terrain ;
 - face à l'élévation du niveau de la mer et l'érosion du littoral, les solutions fondées sur la nature (contribution des écosystèmes côtiers à la gestion du trait de côte, respect des transports de sédiments naturels...) s'imposent. Il est également nécessaire d'informer le public désireux d'investir dans l'immobilier. Pour protéger les biens et les personnes, des mesures sont à appliquer : interdiction de nouvelles constructions dans les zones les plus exposées, démolition des biens exposés, régime de constructibilité gradué selon le pas de temps, retour à un fonctionnement naturel des zones tampon des submersions marines et de transition des plages en milieu urbain... La loi « climat et résilience », le dispositif « Trait de côte » du Plan climat de la Région Sud, les plans locaux d'urbanisme et le code de l'urbanisme sont autant de repères et d'outils à disposition ;
 - la préservation des zones humides permet de stocker l'eau en excès, d'aplatir le pic de crue, d'alimenter les nappes phréatiques, de restituer l'eau en période de sécheresses... ;
- de manière générale, les transitions passent aussi par :
 - des pratiques alimentaires plus respectueuses de l'environnement : plus de produits végétaux, moins de produits d'origine animale et transformés, aquaculture durable... Les productions et la consommation locales, la mise en place de projets alimentaires territoriaux, les jardins partagés... sont aussi des atouts indéniables ;
 - le transport étant un secteur particulièrement émetteur de GES dans notre région, la mobilité partagée, l'AutoCoPartage et les véhicules électriques (selon usages : partage des véhicules, relocalisation des chaînes de valeurs, utilisation de ressources renouvelables) sont des alternatives crédibles ;
 - comme le numérique est aussi une source d'émissions de GES, il convient de réduire son empreinte carbone en diminuant le nombre d'équipements, en prolongeant leur durée de vie, en les recyclant, en évitant des messages électroniques trop volumineux, en minimisant le nombre de requêtes sur les moteurs de recherche (certains d'entre eux, écoresponsables, sont à privilégier), en limitant le stockage de données en ligne, en participant à l'économie circulaire du secteur... ;
 - le tourisme étant énergivore, il est important d'adopter de nouvelles pratiques : développer le tourisme 4 saisons, recréer du lien entre les filières désaisonnalisées, diversifier les activités (culture, science, patrimoine), sortir définitivement du tout ski, promouvoir le « slow » tourisme, miser sur des labels ou marques rassemblant professionnels du tourisme, acteurs du territoire et visiteurs, préférer les déplacements à vélo, décaler les dates et/ou heures de sorties, proposer des services et équipements le long des itinéraires cyclables, expérimenter le tourisme scientifique (volontariat scientifique par exemple)...

La mise en œuvre de solutions concrètes dépend du facteur humain qui est le premier déclencheur. Le dialogue, l'entraide, la solidarité, les engagements communs et partagés facilitent les transitions. Les sciences humaines et sociales ont un rôle déterminant pour construire des passerelles entre les communautés et les disciplines, ne pas aggraver les inégalités sociales, changer la perception du changement climatique, améliorer l'écoute, rétablir la confiance entre les acteurs territoriaux, valoriser les co-bénéfices... Aujourd'hui, les outils et dispositifs au service des acteurs régionaux ne sont pas un frein aux transitions. Le contexte est favorable pour accélérer les transitions et lutter contre le changement climatique.

Table des matières

Double édito.....	3
Résumé.....	6
Introduction générale.....	10
1. Un engagement en faveur du climat encore fragile.....	12
1.1. Pourquoi est-il si urgent de s'engager en faveur du climat ?.....	12
1.2. Des acteurs régionaux à la recherche d'appui et de solutions pour passer à l'action.....	14
1.2.1. Regards croisés sur la notion de « solution concrète ».....	14
Zoom 1. Petit précis de vocabulaire des transitions.....	16
1.2.2. Les besoins exprimés par les acteurs territoriaux et les citoyens.....	18
Témoignage I. La société civile face aux transitions.....	20
1.3. Les leviers de mobilisation des acteurs territoriaux : un regard psychosocial.....	21
Zoom 2. Les citoyens s'emparent des enjeux climatiques en Ubaye.....	22
1.4. Des dispositifs pour s'engager dans les transitions à l'échelle nationale et régionale.....	23
Zoom 3. La prospective territoriale, un outil pour agir.....	24
1.5. La formation des futurs professionnels de la transition écologique.....	25
2. Les évolutions structurelles et fonctionnelles en faveur de l'adaptation et de l'atténuation.....	27
2.1. Les pratiques agricoles à privilégier.....	27
2.1.1. Les bienfaits de l'agriculture de conservation et l'agro-biodiversité fonctionnelle.....	28
2.1.2. Adopter l'agroforesterie en région méditerranéenne.....	29
2.1.3. Un élevage pastoral méditerranéen et montagnard en mouvement.....	30
Zoom 4. Les capacités naturelles de stockage et de séquestration du carbone.....	31
2.1.4. Quelles variétés culturales à l'avenir ?.....	32
2.2. La gestion des espaces forestiers et arborés méditerranéens.....	32
2.2.1. Expérimentations forestières et pistes pour atténuer la sécheresse.....	33
2.2.2. Quelles essences forestières planter en région Provence-Alpes-Côte d'Azur ?.....	34
2.2.3. Comment limiter les incendies ravageurs dans la région ?.....	35
2.2.4. Préserver la biodiversité de la forêt méditerranéenne.....	36
Zoom 5. La jeunesse à la découverte de la biodiversité régionale dans les serres municipales.....	38
2.2.5. Quels arbres choisir pour la ville de demain ?.....	39
2.2.6. Quelle sélection d'arbres urbains pour réduire la pollution de l'air ?.....	40
2.3. Comment sécuriser les ressources en eau ?.....	41
2.3.1. Gérer durablement la ressource en eau.....	42
Zoom 6. Les scénarios sur l'avenir de la nappe phréatique de la Crau se dévoilent.....	43
2.3.2. Optimiser les réseaux d'irrigation pour éviter la pénurie d'eau.....	44
Zoom 7. Adapter l'agriculture irriguée pour atténuer les effets des changements climatiques.....	45
2.3.3. Les eaux usées deviennent des ressources : mise en place d'un nouveau paradigme.....	46
Zoom 8. Économiser l'eau et limiter la pression anthropique sur l'eau douce.....	47
2.3.4. Le PGSSE : un outil pour garantir la sécurité sanitaire de l'eau potable distribuée.....	48
2.4. L'énergie au service des transitions.....	49
2.4.1. Augmenter la performance énergétique des bâtiments.....	49
2.4.2. L'écoconstruction n'est pas une simple norme.....	50
2.4.3. Le chauffage au bois, un choix gagnant ?.....	51
Zoom 9. La jeunesse actrice de la qualité de l'air.....	52
2.4.4. La valorisation des énergies de récupération en entreprise.....	52

2.4.5. Les énergies renouvelables pour accélérer la transition.....	53
Témoignage II. Les parcs éoliens off-shore.....	55
2.4.6. Comment décentraliser la production de l'électricité ?.....	56
2.5. Quelle adaptation pour réduire les risques ?.....	58
2.5.1. Lutter efficacement contre les îlots de chaleur urbains.....	58
2.5.2. Anticiper les glissements de terrain en montagne.....	59
2.5.3. Quelle logique pour s'adapter à l'élévation du niveau de la mer ?.....	60
Zoom 10. La labélisation bas-carbone des herbiers marins : levier de décarbonation et de protection des écosystèmes méditerranéens.....	62
2.5.4. Préserver les zones humides pour amortir les crues et les tempêtes.....	63
Zoom 11. Un système de nurserie artificielle pour poissons, crustacés et mollusques.....	64
3. Les transitions, entre savoir-vivre, savoir-faire et comment faire.....	65
3.1. Des pratiques alimentaires plus respectueuses de l'environnement.....	65
3.1.1. L'alimentation méditerranéenne pour préserver le climat et la santé.....	65
3.1.2. Vers une aquaculture durable et innovante.....	67
3.1.3. Les AMAP pour défendre l'agriculture locale et les circuits courts.....	68
Témoignage III. Les jardins partagés et l'agriculture urbaine.....	69
3.2. Vers une mobilité partagée et responsable.....	69
3.2.1. Des trajets quotidiens entre voisins pour développer la mobilité partagée.....	70
3.2.2. L'AutoCoPartage, une solution à impact positif.....	70
3.2.3. Le véhicule électrique compatible avec la transition écologique ?.....	71
3.3. Le numérique à l'épreuve du changement climatique.....	73
3.3.1. Quelles pratiques pour limiter l'empreinte carbone du numérique ?.....	73
3.3.2. L'économie circulaire du numérique.....	74
Zoom 12. L'économie circulaire pour dynamiser les territoires.....	76
3.4. Quelles stratégies pour le tourisme et les loisirs face au changement climatique ?.....	77
3.4.1. La stratégie touristique du Parc naturel régional du Queyras.....	77
3.4.2. L'évolution de la pratique du vélo et de la randonnée pédestre.....	78
Témoignage IV. Changement de pratiques des guides naturalistes.....	79
3.4.3. Le tourisme scientifique, une option pour nos territoires ?.....	79
Conclusion générale.....	81
Contributeurs.....	83



Introduction générale

Le changement climatique s'est imposé au fil des décennies comme une réalité à laquelle les sociétés ne peuvent se soustraire quels que soient leur position géographique, profil et niveau de développement. Les rapports alarmants (GIEC¹, IPBES², IUCN³...) et les conférences des parties (COP) se succèdent, et l'urgence climatique, combinée aux pressions permanentes des activités humaines (pollutions, déforestation, épuisement des ressources naturelles, érosion de la biodiversité...), s'accroît en raison de l'inaction des pays ou, du moins, des mesures encore très insuffisantes prises à l'échelle globale, régionale et locale.

Les déclarations, les promesses, la communication et les engagements non contraignants n'ont aucun effet sur le changement climatique et n'ont aucun sens si les mots et les paroles ne se traduisent pas par des mesures concrètes et efficaces. Les principaux émetteurs de gaz à effet de serre (GES), notamment dans les secteurs de l'industrie, de l'agriculture et du transport, grands bénéficiaires d'un système économique mondial aussi puissant que fragile, sont appelés à réduire drastiquement leurs émissions pour éviter l'emballement climatique qui aurait des conséquences dramatiques sur les écosystèmes naturels et humains à court, moyen et long terme. Mais, même si les pays, entreprises ou entités les plus riches sont les premiers concernés pour s'engager dans les transitions et lutter contre le changement climatique, personne ne doit se cacher. Chacun a la capacité de contribuer aux efforts de décarbonation, à son échelle et selon ses moyens. Le sixième rapport d'évaluation du GIEC, paru en août 2021, insiste sur l'influence des activités anthropiques, l'irréversibilité de certains phénomènes, comme l'élévation du niveau de la mer pendant des centaines, voire des milliers d'années, confirme la hausse des événements climatiques extrêmes (canicules, sécheresses, pluies torrentielles, inondations...) selon différents scénarios socio-économiques, souligne la gravité de la situation..., mais donne aussi des motifs d'espoir si la volonté politique, économique et sociale ne fait pas obstacle à la transformation des modes de production et de consommation, et plus globalement de nos modes de vie.

Les objectifs de réduction des émissions de GES sont fixés à l'échelle européenne : -55 % d'ici 2030 (Figure 1) par rapport à 1990 (l'objectif actuel étant de -40 % en France) et neutralité carbone en 2050. Ce défi donne le vertige et sa réussite dépend de l'engagement de tous les acteurs socio-économiques du monde entier. Malgré les résolutions prises par les pays les plus émetteurs de GES lors de la COP 26 à Glasgow, le chemin à parcourir est encore long et jalonné de trop nombreuses incertitudes. Le « Pacte de Glasgow pour le climat » conduit en effet à une hausse de la température mondiale de 2,4 °C d'ici la fin du siècle, soit près d'un degré de plus que le seuil recommandé par les scientifiques pour éviter les conséquences les plus dramatiques. La région Provence-Alpes-Côte d'Azur, émettrice de GES, a la responsabilité de s'aligner sur les objectifs les plus élevés, tout en protégeant et en améliorant la qualité de vie de ses habitants. Pour lutter le plus efficacement possible contre le changement climatique, la mission des acteurs régionaux est d'adopter d'ambitieuses pistes d'adaptation au changement climatique et d'atténuation des émissions de GES, et des solutions « sans regret » (Cf. Zoom 1) susceptibles de générer des bénéfices tout scénario futur confondu.

Mais quelles solutions concrètes mettre en œuvre à l'échelle régionale ? Les acteurs territoriaux ont besoin de modèles, de références et d'exemples pour construire leur programme d'actions en faveur des transitions énergétiques, écologiques, sociales, économiques... La tâche est d'autant plus difficile que chaque territoire a ses spécificités et son mode de fonctionnement. Heureusement, le volet réglementaire offre l'opportunité de partager et fixer des orientations (plan climat-air-énergie territorial par exemple) ; des gestionnaires (collectivités, parcs naturels régionaux...) et acteurs socio-économiques se mobilisent pour anticiper l'avenir ; des associations encouragent le

¹ Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.

² Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques.

³ Union internationale pour la conservation de la nature.

changement de pratiques et de comportements pour sortir du déni ; les jeunes refusent le fatalisme et s'engagent avec détermination... La dynamique en faveur des transitions est incontestable, mais elle doit se renforcer.

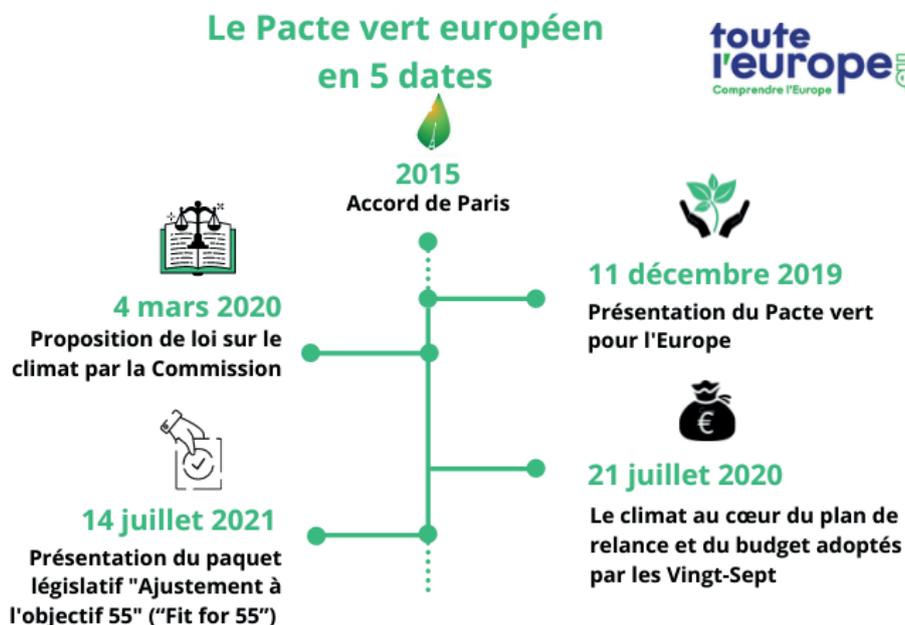


Figure 1. Le Pacte vert européen en 5 dates (source : Toute l'Europe).

De manière générale, les scientifiques, issus de toutes les disciplines, de la physique à la psychologie, en améliorant les connaissances et la compréhension des processus et mécanismes liés au changement climatique, contribuent à leur manière aux réflexions, et leurs travaux inspirent la société dans son ensemble. Leur rôle n'est toutefois pas de fixer un cap ou émettre des préconisations, car les politiques et les stratégies de développement locales doivent être définies par les décideurs, collectivités, gestionnaires, entreprises, citoyens... Mais, pour répondre aux besoins exprimés par les acteurs régionaux qui font quotidiennement appel au GREC-SUD, et accompagner les territoires dans leurs initiatives et démarches, les scientifiques du groupe ont accepté de contribuer à ce cahier thématique qui s'adresse à tous les publics. En ce sens, cette publication présente une sélection de pistes d'adaptation au changement climatique et d'atténuation des émissions de GES, qui ne représentent qu'une infime fraction des solutions susceptibles d'être appliquées dans la région. Pour enrichir les approches et ouvrir les horizons, différents spécialistes et professionnels ont également été invités à partager leurs expériences et leur regard sur les transitions. Au total, 85 contributeurs partagent leurs solutions pour participer aux efforts collectifs.



Les acteurs territoriaux ont besoin de modèles, de références et d'exemples pour construire leur programme d'actions en faveur des transitions énergétiques, écologiques, sociales, économiques...



1. Un engagement en faveur du climat encore fragile

Le changement climatique et les transitions font aujourd'hui l'objet d'une attention particulière dans les débats, la rue, les instances de pouvoir, les sphères socio-économiques, les lois, les médias... Les enjeux et les risques associés sont mis en avant, les alertes se multiplient, les incertitudes se réduisent, la liste de recommandations s'étoffe, les solutions s'affichent, la jeunesse manifeste, la colère grandit, les déclarations se multiplient, les promesses s'accumulent, la prise de décision tergiverse, les premières mesures sont mises en œuvre, les suivantes patientent, le volet réglementaire gagne du terrain, les images chocs défilent, les mots s'entremêlent, les fausses informations alimentent le scepticisme... L'urgence climatique bouscule notre société et son modèle économique, social, environnemental et politique. Communauté scientifique, État, collectivités, conseils régionaux, entreprises, associations, citoyens, etc. se mobilisent ou tentent de se mobiliser, mais les transitions peinent à s'imposer à l'échelle nationale, régionale et locale. La région Provence-Alpes-Côte d'Azur ne fait pas exception. Ce premier chapitre rappelle l'urgence d'agir, décrypte la notion de « solution concrète », identifie les leviers de mobilisation, précise les besoins des acteurs et décrit le dispositif régional au service des territoires.

1.1. Pourquoi est-il si urgent de s'engager en faveur du climat ?

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) alerte le public et les décideurs depuis plusieurs décennies. Les principaux messages de son dernier rapport publié en août 2021 sont les suivants :

- à moins d'une réduction immédiate, rapide et à grande échelle des émissions de GES, il sera impossible de limiter le réchauffement à 1,5 °C ;
- il est incontestable que les activités humaines sont à l'origine du changement climatique qui rend les phénomènes climatiques extrêmes, notamment les vagues de chaleur, les fortes pluies et les sécheresses, plus fréquents et plus graves ;
- le changement climatique affecte déjà toutes les régions de la Terre, de multiples façons. Les changements que nous subissons actuellement s'accroîtront avec la poursuite du réchauffement ;
- certains changements du système climatique sont irréversibles. Cependant, des changements pourraient être ralentis et d'autres arrêtés en limitant le réchauffement ;
- pour limiter le réchauffement de la planète, il est nécessaire de réduire fortement, rapidement et durablement les émissions de dioxyde de carbone, de méthane et d'autres gaz à effet de serre. Cela permettrait non seulement de réduire les conséquences du changement climatique, mais aussi d'améliorer la qualité de l'air ;
- les effets des réductions des émissions de GES pourraient se faire sentir d'ici 20 ans si elles sont suffisamment radicales.

Parmi les nombreux risques encourus par la région Provence-Alpes-Côte d'Azur sont identifiés la perte de biodiversité, la diminution des réserves en eau, la perte de productivité agricole, le dépérissement des forêts, l'accroissement en fréquence et intensité des événements climatiques extrêmes (canicules, tempêtes, sécheresses, feux de forêt). Le rapport *Mediterranean Assessment Report on Environmental and Climatic Change* du groupe MedECC⁴ le confirme, tout comme les rapports du GREC-SUD. Ils indiquent que le réchauffement planétaire actuel, qui dépasse déjà +1 °C, cache des écarts locaux importants. Les températures moyennes annuelles méditerranéennes sont aujourd'hui de 1,5 °C au-dessus des valeurs préindustrielles. Les valeurs estivales dépassent déjà +2 °C, avec des fréquences accrues de vagues de chaleur de plus en plus intenses. Dans les villes, avec le phénomène des îlots de chaleur urbains, la température peut s'élever de plusieurs degrés au-dessus des valeurs des campagnes environnantes, avec des nuits tropicales qui se maintiennent largement au-dessus de 20 °C, provoquant par exemple des maladies cardiovasculaires graves pour les personnes vulnérables.

Depuis la révolution industrielle, les activités humaines ont émis un cumul de 2390 + 240 Gt gigatonnes (milliards de tonnes) de dioxyde de carbone (CO₂). Sachant que le réchauffement atteindra 1,5 °C avec un cumul de 2890 Gt (Figure 2), notre « bon à émettre » est de 500 Gt (400 à 650 Gt). Si l'humanité se « contente » d'un réchauffement de 2 °C, il reste 1350 Gt (1150 à 1700 Gt) à rejeter dans l'atmosphère. Actuellement,

⁴ www.medecc.org

les émissions mondiales sont de l'ordre de 42 Gt par an (hors crise sanitaire de la Covid-19), d'où l'urgence de la situation : si ce taux annuel d'émissions ne change pas, le premier plafond sera atteint dans une dizaine

d'années. Ce chiffre est évidemment simplificateur et de nombreuses boucles de rétroactions peuvent précipiter l'évolution du climat (dégel du pergélisol, déga- zage de l'océan...).

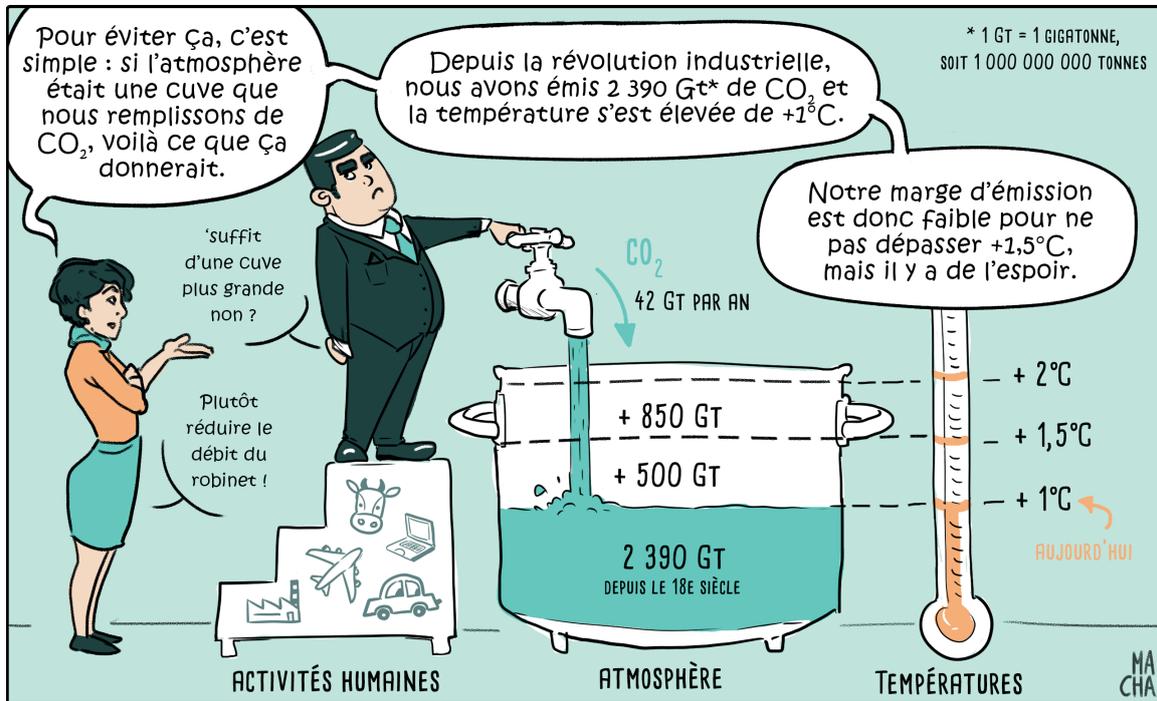


Figure 2. Attendre d'agir a des conséquences sur la hausse de la température à l'échelle planétaire (source : dessin de Marie-Charlotte Bellinghery, Institut Méditerranéen de la Transition Environnementale, Aix-Marseille Université).

L'Accord de Paris négocié par la majorité des pays en 2015, lors de la COP 21, encourage à ne pas « trop » dépasser le seuil de 1,5 °C en limitant fortement les émissions de GES. Malheureusement, depuis la signature de cet accord, les émissions de GES ont continué à augmenter. Or, il faudrait réduire les émissions de CO₂ d'au moins 45 % d'ici 2030 pour contenir la hausse des températures à 1,5 °C. Les COP suivantes (Marrakech, Bonn, Katowice, Madrid) n'ont abouti qu'à des tout petits pas. En 2020, lors de la COP 26 programmée à Glasgow, il était prévu de réévaluer à la hausse les contraintes qui s'imposent pour respecter cet accord. Suite au report de la COP pour cause de Covid-19, cette mesure a été annulée, reportant ainsi d'un an le changement de « braquet » pourtant si urgent. Les dernières simulations numériques des changements climatiques (6^{ème} rapport du groupe 1 du GIEC) sont encore plus inquiétantes que les précédentes : si les émissions de gaz à effet de serre se poursuivent au rythme actuel, il n'est pas exclu d'atteindre un réchauffement planétaire de 6 °C par rapport au niveau préindustriel. Ce serait Marrakech à Marseille.

À défaut d'accords internationaux suffisants, il est né-

cessaire de se mettre à la tâche, chacun à son niveau : nos gouvernements par des politiques publiques vigou- reuses et les citoyens par des changements radicaux de comportement. L'heure n'est plus à la procrastina- tion. Partout, des indices alarmants nous renseignent sur ce qui nous attend. L'été 2021 a été une année re- cord en catastrophes naturelles : incendies en Califor- nie, inondations en Inde, Allemagne et Chine, dôme de chaleur et incendies au Canada, et plus près de chez nous, les épisodes méditerranéens dans les Alpes-Ma- ritimes (octobre 2020) et dans le Gard (septembre 2021). Comme le rappelle le climatologue Jean Jouzel, 1000 milliards ont été trouvés pour sauver les banques. Pourquoi ne pas mobiliser autant de milliards pour sau- ver l'humanité face au changement climatique ? La Co- vid-19 a réussi à faire passer la santé devant l'écono- mie. Des financements européens et nationaux seront aussi consacrés aux transitions à l'avenir. Serait-ce un signe de changement ? La transition environnementale peut se vivre comme une transition vers un monde plus harmonieux où la compétition effrénée cède la place à la collaboration et la solidarité.

1.2. Des acteurs régionaux à la recherche d'appui et de solutions pour passer à l'action

La problématique du changement climatique est complexe pour tous, même pour les plus grands spécialistes. Les transitions énergétiques, écologiques, sociales, économiques et politiques sont interconnectées à toutes les composantes de notre société. Pour agir efficacement, les acteurs régionaux ont besoin de comprendre les principaux enjeux et risques du changement climatique, mais aussi d'être accompagnés et

soutenus dans leurs actions au quotidien. Avant d'évoquer les besoins et les attentes des acteurs régionaux en matière de transitions, qui nécessitent des réponses spécifiques, il est proposé de se pencher sur la notion de « solution concrète » dont la définition ou le sens peut différer selon les interlocuteurs, en fonction de leur métier, formation, vision ou sensibilité, afin de partager un langage et un vocabulaire communs.

1.2.1. Regards croisés sur la notion de « solution concrète »

Quelles sont les solutions concrètes pour s'engager, à tous les niveaux, dans l'adaptation au changement climatique et l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre, et plus généralement les transitions ? La question est désormais récurrente dans les discours, échanges, débats, médias... L'expression « solution concrète » est partagée par les élus, les collectivités territoriales, les gestionnaires, les entreprises, les acteurs techniques, les citoyens... De leur côté, les chercheurs privilégient le terme « piste » car « solution » peut laisser entendre un remède miracle (« une fois la solution appliquée, tout est réglé »), alors que les mécanismes en jeu dans le système climatique et ses multiples interactions avec la Terre sont complexes, et demandent souvent, comme souligné dans le rapport du GIEC « Réchauffement

planétaire de 1,5 °C »⁵ publié en 2018, des transformations systémiques. Ces dernières sont souvent insuffisamment connues, mais elles sont incontournables dans la mesure où certains déséquilibres provoqués par les pressions humaines et l'évolution climatique sont désormais irréversibles. En ce sens, la question se pose aussi pour l'expression « dérèglement climatique » qui peut aussi prêter à confusion (Cf. Zoom 1). Les termes « piste » et « solution » se défendent et suscitent parfois le débat au sein du GREC-SUD, mais, pour éviter les malentendus dans ce cahier, trois spécialistes aux profils volontairement différents répondent en toute simplicité à la question suivante : « **que revêt pour vous la notion de “solution concrète” dans un contexte de changement climatique ?** »

Johan RANSQUIN, directeur Adaptation, aménagement et trajectoires bas-carbone, directeur du site de Sophia-Antipolis, ADEME (Photo 4 ci-contre, © ADEME)

« Une solution a vocation à apporter une réponse à un problème. La première difficulté est de le qualifier en établissant un diagnostic, phase souvent négligée en matière d'adaptation au changement climatique ou de politique climatique. Établir un diagnostic de vulnérabilité aux aléas climatiques extrêmes ou aux évolutions de plus long terme est essentiel et permet de caractériser le problème, puis de définir la “solution”, c'est-à-dire les actions à conduire, organisationnelles ou physiques, pour en limiter de façon mesurable l'occurrence, l'ampleur ou les impacts. La solution doit permettre au territoire ou à l'organisation de se relever du phénomène, en conservant, voire en accroissant, sa capacité à encaisser les occurrences futures, c'est-à-dire à devenir résilient. Le terme “concret” a un caractère trompeur, laissant croire qu'il s'agit forcément d'une réduction du risque ou de ses conséquences s'appuyant sur des actions matérielles. Pourtant, il peut s'agir de mesures d'organisation ou de mise en sécurité des biens et des populations, qui apportent des résultats réels, mesurables, donc concrets, qui permettent également de réduire les impacts et de renforcer la résilience.

Une “solution concrète” ne doit pas être une simple réaction immédiate à un aléa climatique pour en réduire les conséquences. Elle doit s'inscrire dans une démarche globale, conjuguant atténuation et adaptation, et se plaçant dans une logique d'anticipation des évolutions à venir. »



⁵ www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_fr.pdf

Patricia RICARD, présidente de l'Institut océanographique Paul Ricard

(Photo 5 ci-contre, © Institut océanique Paul Ricard)



« La solution concrète est un euphémisme muet... Le terme "solution fondée sur la nature ou solution bio-inspirée ou inspirée du vivant" me paraît plus adapté pour rester dans la dynamique de la transition écologique.

La terminologie "solution fondée sur la nature" correspond déjà à une définition établie par l'Union internationale pour la conservation de la nature (IUCN) qui renvoie aux services écosystémiques (végétaliser les dunes littorales pour lutter contre l'érosion, utiliser un couvert forestier pour protéger une nappe d'eau commercialisable...).

Dans une autre approche, les solutions bio-inspirées ou le biomimétisme⁶ (ne pas confondre avec bio-sourcée⁷) utilisent l'observation des formes, principes et organisations présents dans le vivant :

- pour les formes, par exemple, les pales des éoliennes répliquant les dentelures des nageoires de baleines à bosse et toutes les formes apportant de la fonctionnalité ;
- pour les principes, la circulation d'air dans les termitières par exemple ;
- pour les organisations, les écosystèmes sont d'excellents exemples de distribution de flux de matière, d'énergie et d'informations, comme, par exemple, une ville, un complexe d'écologie industrielle, une ferme en permaculture, etc.

Pour répondre aux besoins vitaux de nos réalités urbaines et pour éclairer la nécessité de rupture de nos modèles, les "solutions inspirées du vivant" me semblent être une bonne approche. La "solution concrète" des discours politiques nous renvoie sans doute à la nécessité de transformation des productions intellectuelles, rapports, plaidoyers en réalisations concrètes. Cela soulève les difficultés d'acceptation du changement et de travailler en interdisciplinarité, avec des acteurs issus de différents secteurs, formations et cultures. La complexité des enjeux nous oblige aujourd'hui à repenser nos modes de réflexion et de collaboration. Si une nouvelle terminologie devait émerger en alternative à "solution concrète", peut-être devrait-elle induire cette perception écosystémique ou collective. Enfin, pour répondre à l'urgence de nos transitions, la notion de partage, d'accessibilité et de répliquabilité de ces solutions ou initiatives doit être perceptible. »

Joël GUIOT, directeur de recherche émérite CNRS, CEREGE, Aix-Marseille Université et co-président du GREC-SUD (Photo 6 ci-contre, © Joël Guiot)



« Le changement climatique impose à chacun d'entre nous de retrouver le sens de la vie et la valeur des choses. Une partie significative des émissions de gaz à effet de serre vient de nos consommations inutiles qu'elles soient voulues ou non. Nous avons en tête la lampe que nous n'éteignons pas, le chauffage qui marche avec les fenêtres ouvertes, le robinet qui coule, les kilomètres parcourus seul dans sa voiture juste pour gagner quelques minutes si précieuses... Les exemples sont nombreux. Ajoutons la consommation de plus en plus effrénée du numérique (streaming notamment) et le gaspillage alimentaire. Un rapport du GIEC, paru en août 2019, explique que près de 25 % de la production agricole finit à la poubelle entre le producteur et le consommateur, ce qui représente 8 à 10 % de nos émissions de gaz à effet de serre. Le gaspillage ne fait pas le bonheur, alors pourquoi ne pas le réduire ? Les nombreuses petites solutions concrètes pour atténuer le changement climatique passent par une prise de conscience individuelle, mais elles ne suffisent pas. En parallèle, il faut mettre en place des politiques publiques vigoureuses pour les accompagner : développement des transports collectifs et des pistes cyclables, relocalisation de la production, commerces de proximité, isolation des logements, réduction drastique des emballages, économie circulaire, etc. Les solutions concrètes d'atténuation du changement climatique dépendent ainsi des actions individuelles et collectives. Cela implique un changement de paradigme dans notre société qui doit être accepté par les citoyens. En faire ressortir les nombreux bénéfices pour notre qualité de vie, notre santé, nos emplois également, est une façon de rendre désirable ce changement. »

⁶ Le biomimétisme est conditionné par la durabilité, contrairement à la bionique qui ne répond pas nécessairement à ces objectifs.

⁷ Se dit d'un produit ou d'un matériau entièrement ou partiellement fabriqué à partir de matières d'origine biologique (www.notre-planete.info).

Ces trois regards montrent combien les « solutions concrètes » ne forment pas un concept monolithique. Les réponses dépendent des métiers, des missions, des spécialisations, des sphères professionnelles, des visions et perspectives, mais aussi de la sensibilité et de la perception de chacun. Quels que soient les mots utilisés et la manière de répondre, nos trois témoins insistent sur les modes de fonctionnement de nos sociétés et leur nécessaire évolution, voire transformation.

Dans ce cahier, les solutions concrètes d'adaptation au changement climatique et d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre sont les voies ou les chemins à emprunter pour s'engager résolument et positivement dans les transitions écologiques, énergétiques, sociales, économiques... Les solutions concrètes, c'est-à-dire éprouvées, matures ou susceptibles d'apporter une plus-value aux stratégies d'adaptation et d'atténuation, les solutions fondées sur la nature ou inspirées du vivant ou bio-inspirées, les diverses pistes et expérimentations sont toutes les bienvenues, sans aucune restriction, à condition de contribuer à la lutte contre le changement climatique et ses impacts qui menacent la région

Provence-Alpes-Côte d'Azur et ses habitants. Dans cette publication, ce sont les actions ancrées dans le réel, dans le sens où elles dépendent seulement de notre volonté, à toutes les échelles spatiales et temporelles, qui prennent tout leur sens, sous toutes leurs formes. Ces actions reposent sur les écosystèmes naturels ou semi-naturels ou agricoles, les énergies renouvelables, les organisations sociales, économiques et politiques, la recherche, les technologies, l'innovation... Dans leur pluralité, multiplicité et complémentarité, elles ont comme objectifs de :

- changer les pratiques quotidiennes et les modes de vie, en privilégiant la qualité de vie des citoyens et la bonne santé des êtres vivants ;
- privilégier un système économique viable et dynamique non énergivore et dévoreur de ressources naturelles, loin des logiques consuméristes qui génèrent gaspillages, pollutions, destruction des écosystèmes et inégalités sociales ;
- transformer les sociétés pour sauver ce qui peut l'être, en encourageant les approches décloisonnées, le partage et la solidarité.



Zoom 1. Petit précis de vocabulaire des transitions

Une sélection de définitions précise le sens des mots ou expressions utilisés dans le langage des transitions. Elle ne reflète évidemment pas la richesse de la sémantique partagée par les climatologues, sociologues, économistes, énergéticiens, naturalistes... Selon les sources et les disciplines, ces définitions peuvent comporter des nuances, mais le sens général converge.

Atténuation des émissions des gaz à effet de serre (définition : ADEME) : toute activité contribuant à la stabilisation ou à la réduction des concentrations de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère à un niveau empêchant toute perturbation anthropique du système climatique.

Adaptation au changement climatique (définition : ministère de la Transition écologique) : ajustement d'un système à des changements climatiques (variabilité climatique et extrêmes inclus) afin d'atténuer les dommages potentiels, de tirer parti des opportunités ou de faire face aux conséquences.

Biodiversité (définition : Office français de la biodiversité) : l'ensemble des êtres vivants et les écosystèmes dans lesquels ils vivent. Ce terme comprend également les interactions des espèces entre elles et avec leurs milieux.

Changement climatique (définition : GIEC) : variation de l'état du climat, décelée par des modifications de la moyenne et/ou de la variabilité de ses propriétés et qui persiste pendant une longue période, généralement pendant des décennies ou plus.

► **Info+ du GREC-SUD** : l'expression « **dérèglement climatique** » est souvent utilisée par les élus, les ingénieurs et techniciens des collectivités territoriales, les gestionnaires, les médias, etc., mais elle est trompeuse dans le sens où le changement climatique actuel ne s'assimile pas à un simple dérèglement du système climatique, sous-entendant un retour à l'état du climat de l'ère préindustrielle, ce qui n'est pas possible (mécanismes atmosphériques très complexes), même si les actions d'adaptation et d'atténuation peuvent limiter les effets du changement climatique, préserver la biodiversité, protéger les populations... Par ailleurs, « **réchauffement climatique** » indique simplement le phénomène de hausse de la température moyenne observée dans les océans, l'atmosphère et à la surface de la Terre. Il n'intègre pas toute la dimension du changement climatique. Enfin,

« **changement climatique** » est écrit au singulier et au pluriel. Le singulier exprime le changement dans sa globalité incluant tous les processus et le pluriel la multiplicité des modifications du système climatique (hausse de la température moyenne, augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements climatiques extrêmes...) : l'emploi du singulier et du pluriel est correct, même si, en France, le terme « changement climatique » a été entériné en 2009 par la Commission générale de terminologie et de néologie.

Co-bénéfices climatiques (définition : GREC-SUD) : de manière générale, un co-bénéfice s'apparente à un effet positif à court, moyen ou long terme qui s'additionne à un bénéfice visé par un processus, une action ou un projet. Le système climatique étant en interactions permanentes avec les milieux naturels et anthropiques, une action en faveur de l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre, par exemple, peut limiter la hausse de la température, le risque d'érosion de la biodiversité, la sévérité des événements climatiques, les impacts sanitaires, les phénomènes de submersion marine, la baisse des ressources en eau ou des rendements agricoles... En termes financiers, selon la Banque mondiale, les « co-bénéfices climatiques représentent la part des ressources dédiées à l'adaptation et l'atténuation du changement climatique dans les opérations financées par les banques. Autrement dit, les co-bénéfices correspondent aux financements qui soutiennent l'action climatique tout en poursuivant des objectifs de développement ».

Économie circulaire (définition : ADEME) : système économique d'échange et de production qui, à tous les stades du cycle de vie des produits (biens et services), vise à augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources et à diminuer l'impact sur l'environnement tout en développant le bien-être des individus. Tendre vers un modèle plus sobre réduisant les pertes et le gaspillage est l'un des principaux objectifs.

Empreinte carbone d'un pays (définition : INSEE) : la quantité de gaz à effet de serre (GES) induite par la demande finale intérieure d'un pays (consommation des ménages, des administrations publiques et des organismes à but non lucratif et les investissements), que les biens ou services consommés soient produits sur le territoire national ou importés. L'empreinte carbone est égale à la quantité de GES produite sur le territoire, plus la quantité importée.

► **Info+ du GREC-SUD** : de même, tout individu ou entité (entreprise par exemple) a une empreinte carbone.

Mal-adaptation ou maladaptation (définition : ministère de la Transition écologique) : changement opéré dans les systèmes naturels ou humains qui font face au changement climatique et qui conduit (de manière non intentionnelle) à augmenter la vulnérabilité au lieu de la réduire.

Résilience (définition : cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe 2015-2030, 3^{ème} conférence mondiale de l'ONU, 18 mars 2015) : capacité d'un système, d'une communauté, ou d'une société exposés aux aléas, de résister, d'absorber, de s'accommoder, de s'adapter, de transformer et de se remettre des effets d'un aléa, en temps opportun et d'une manière efficace, y compris en préservant et restaurant ses structures et fonctions essentielles de base à travers la gestion du risque ; (définition : ADEME) : désigne la capacité d'une organisation, d'un groupe ou d'une structure à s'adapter à un environnement changeant.

Séquestration du carbone (définition : GREC-SUD) : stockage de carbone dans les écosystèmes naturels (sols, plantes, océans...) par différents processus (photosynthèse, dissolution du carbone dans l'eau des océans...) permettant de réguler la quantité de carbone dans l'atmosphère. Dans le contexte actuel de changement climatique d'origine anthropique, favoriser la séquestration de carbone présente l'avantage de limiter les concentrations de carbone dans l'atmosphère en accroissant les flux entrants (puits = écosystèmes) qui doivent rester supérieurs aux flux sortants (sources) pour éviter un renforcement de l'effet de serre.

Solutions fondées sur la nature (définition : IUCN) : les SfN sont des actions visant à protéger, gérer de manière durable et restaurer des écosystèmes naturels ou modifiés pour relever directement les défis de société de manière efficace et adaptative, tout en assurant le bien-être humain et en produisant des bénéfices pour la biodiversité.

Solutions « sans regret » (définition : ADEME) : actions flexibles devant s'adapter à la production de nouvelles connaissances, ne pas entrer en conflit avec le principe d'atténuation du changement climatique, et présenter des bénéfices pour le territoire, quelque soit la situation future. Ces actions présentent des bénéfices quand bien même l'impact du changement climatique est inférieur à celui envisagé. Ce type d'actions participe alors à l'attractivité socio-économique du territoire et à l'amélioration du cadre de vie.

Transition écologique (définition : Rob Hopkins) : le concept regroupe un « ensemble de principes et de pratiques formés à partir des expérimentations et des observations d'individus, de groupes, de villages, villes ou communes, lorsqu'ils ont commencé à travailler sur les problématiques de résilience locale, d'économie en boucle et de réduction des émissions de dioxyde de carbone (CO₂) ».

Transition énergétique (définition : Novethic) : désigne le passage d'un système énergétique qui repose essentiellement sur l'utilisation des énergies fossiles, épuisables et émettrices de gaz à effet de serre (pétrole, charbon, gaz), vers un bouquet énergétique donnant la part belle aux énergies renouvelables (EnR) et à l'efficacité énergétique. Parmi les principales EnR : énergie solaire, énergie éolienne, énergie géothermique, énergie hydraulique...

► **Info+ du GREC-SUD** : la transition énergétique est une composante de la transition écologique.

1.2.2. Les besoins exprimés par les acteurs territoriaux et les citoyens

Les connaissances scientifiques sur le changement climatique et les risques associés sont diffusées depuis des décennies (rapports scientifiques, éducation à l'environnement, médias, etc.), mais la prise de conscience généralisée est malheureusement récente. Comme l'évolution du climat est progressive, même si elle est en réalité très rapide au regard de l'échelle des temps et ponctuée d'événements climatiques extrêmes de plus en plus fréquents (canicules, sécheresses, pluies intenses...), le temps entre l'éveil des consciences et l'action s'avère (trop) long et semé d'obstacles à la fois structurels, organisationnels, institutionnels, politiques, administratifs, financiers, psychologiques... Devant l'urgence, la répétition des messages d'alerte et la dégradation visible de l'environnement, l'État, les collectivités territoriales, la communauté scientifique, les associations, les entreprises, les citoyens, et plus particulièrement la jeunesse qui se mobilise dans tous les pays, s'engagent dans les transitions (environnementales, sociales, économiques...). Le retard, le manque de moyens et d'efficacité des actions, le non-engagement d'une transformation structurelle des modes de production et de consommation de notre société hypothèquent toutefois les chances d'éviter un emballement climatique susceptible de bouleverser la vie des hommes et les écosystèmes naturels de manière irréversible, comme le confirment les conclusions du groupe de travail I dans le sixième rapport du GIEC publié le 9 août 2021.

Avec la succession des événements climatiques extrêmes (records fréquents) et la mobilisation citoyenne ces dernières années, la prise de conscience se renforce jour après jour malgré des croyances et des convictions contraires aujourd'hui minoritaires, mais qui

conservent une forte influence. En France, selon Ipsos, 42 % des Français positionnaient le climat en première place de leurs préoccupations en 2019, devant le pouvoir d'achat, le système de santé et l'emploi, et, en avril 2021, 44 % des Français considéraient que lutter contre le changement climatique devait être au cœur du plan de relance⁸. L'environnement est même devenu la préoccupation principale en Europe. L'engagement des différentes composantes de la société est également révélateur : la réglementation de l'État progresse, les collectivités intègrent la dimension climatique et les transitions dans leurs plans-actions, les entreprises, les associations et les citoyens font évoluer leurs pratiques au quotidien, la concertation incluant la société civile grandit... De manière générale, la bonne volonté se généralise et les investissements montent en puissance. La crise sanitaire et le confinement ont marqué les esprits et mis en avant les interactions entre l'homme et la nature qui, avec l'évolution actuelle et future du climat, peuvent déboucher sur une multiplication des épidémies (paludisme, Ebola, chikungunya...). Cette crise et les crises de demain montrent la vulnérabilité de nos systèmes à toutes les échelles, questionnent sur les bouleversements climatiques à venir et des voix s'élèvent, s'insurgent tout en rêvant au « monde d'après ». Les confinements auront au moins eu le mérite de tester et dynamiser des solutions pratiques (circuits courts, télétravail, nouvelles mobilités...) qu'il est nécessaire de pérenniser et déployer à tous les niveaux.



Avril 2021 : pour 44 % des Français, lutter contre le changement climatique doit être au cœur du plan de relance.

⁸ www.ipsos.com/fr-fr/journee-mondiale-de-la-terre-la-lutte-contre-le-changement-climatique-priorite-du-plan-de-relance

La multiplicité et la diversité des acteurs régionaux (services de l'État et des collectivités, associations, entreprises...) concernés par les enjeux environnementaux de manière directe ou indirecte, et le cloisonnement partiel ou total entre ces acteurs est l'un des freins pour accélérer les transitions. Les divergences entre intérêts individuels et collectifs représentent aussi un écueil majeur. De leur côté, pour s'engager dans l'adaptation au changement climatique et l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre, les élus et décideurs demandent du pragmatisme et de l'opérationnalité. Ils sont à la recherche de preuves par l'exemple, de chiffres et de données pour justifier les investissements et leur choix. Face à la difficulté de concilier la gestion du quotidien et le temps long, les élus ont également besoin d'un cadre étatique intelligible et d'outils solides avec la possibilité d'agir, sans trop d'entraves administratives, afin de s'atteler aux priorités de leur territoire⁹.

Au sein des collectivités, les services ont besoin de leviers facilitateurs pour agir en faveur d'une transition écologique, comme un portage politique, de la transversalité entre les services, des moyens humains et financiers... Toutefois, même si ces leviers ne sont pas toujours réunis, les collectivités ont, malgré les contraintes budgétaires croissantes, appris à innover et à créer de nouvelles formes de partenariats pour faire émerger des idées, puis des projets. En d'autres termes, les acteurs territoriaux ont besoin d'un accompagnement scientifique et technique pour prendre des décisions solides et justifiées, de pistes d'adaptation et d'atténuation à la fois concrètes et réalistes en adéquation avec les spécificités de leur territoire, de construire des passerelles avec tous les acteurs pour dialoguer et encourager la concertation, de tisser des liens avec les partenaires techniques innovants et soucieux d'aider les territoires dans leurs mutations, de comprendre l'imbrication des différents dispositifs régionaux et locaux pour répondre aux enjeux du changement climatique... Le rapprochement entre scientifiques et politiques durant la gestion de la crise de la Covid-19 en est une illustration avec notamment les avis donnés par le conseil scientifique au gouvernement. Ce dispositif pourrait être reproduit à l'échelle nationale ou plus locale pour répondre aux enjeux du changement climatique. Les acteurs territoriaux ont aussi besoin de pédagogie et de simplicité car les enjeux sont complexes et les approches systémiques. La confiance entre les protagonistes régionaux et locaux est également primordiale pour tendre vers des territoires moins inégalitaires et partagés, sans

arrière-pensée. Du crédit doit encore être accordé aux maîtres d'œuvre dont les exigences augmentent pour répondre aux attentes des maîtres d'ouvrage.

Dans ce jeu d'acteurs, les citoyens sont également à associer. Rien ne se fera sans eux. La démocratie directe, même si ses formes restent à dessiner, est une option qui peut éviter les interminables consultations improductives. Il faut mobiliser des groupes de citoyens prenant en compte l'intérêt collectif et capables de penser la société de demain, en les impliquant dès l'élaboration ou le démarrage des projets. La qualité de vie, la santé, l'emploi, la préservation et l'amélioration de l'environnement, mais aussi la lutte contre la précarité, l'accès aux besoins vitaux, etc. sont tout simplement en jeu, d'où l'importance de s'écouter et de progresser ensemble. La Convention citoyenne pour le climat est une forme de démocratie participative qui a abouti sur des propositions concrètes qui ont été malgré tout majoritairement validées par le gouvernement. Reste maintenant leur mise en œuvre effective et entière.

Les mesures prises en concertation doivent être par ailleurs acceptables et acceptées socialement et économiquement (la fiscalité carbone est par exemple une question cruciale), mais, vu les enjeux, rien ne doit faire renoncer l'ensemble des acteurs à transformer les modes de vie, de production, de consommation... Enfin, les médias qui sont des relais incontournables sont bien sûr appelés à participer à cette dynamique. Les journalistes et les scientifiques doivent apprendre à dialoguer et à se comprendre. Pour sensibiliser le public, les médias représentent un puissant vecteur à condition que les informations transmises soient vérifiées et consolidées. La maîtrise des informations sur les réseaux sociaux est plus problématique, voire totalement illusoire, mais il existe très probablement des moyens de limiter les fameuses "fakes news".

En ce sens, l'interface science-société est appelée à se développer pour construire un nouveau monde, en privilégiant un langage commun et des perspectives désirables qui donnent envie à chacun de vivre autrement.



⁹ Conclusion issue du Congrès des maires, le 20 novembre 2019.



Témoignage I. La société civile face aux transitions

**Marie-Laure LAMBERT, maître de conférences en droit,
Laboratoire interdisciplinaire en environnement et urbanisme (LIEU), AMU**
(Photo 7 ci-contre, © Énergie Partagée)



Quels sont les attentes de la société civile aujourd'hui ?

L'une des demandes qui émerge de la société civile concerne le besoin de cohérence entre les politiques publiques. Il ne peut plus y avoir coexistence entre d'une part, des soutiens publics à des activités nuisibles à l'environnement et à la cohésion sociale, et d'autre part, des soutiens ponctuels et « cosmétiques » à des mesures environnementales. Par ailleurs, la crise sanitaire Covid-19 et les difficultés économiques qui en découlent ne devraient pas servir de prétexte à une remise en cause, un report, voire une régression (contraire à l'article L110-1 du code de l'environnement) des mesures en faveur de la transition écologique, énergétique et climatique.

La convention citoyenne pour le climat a, dès avril 2020, dans la présentation de ses premières demandes, demandé que « les financements mobilisés dans le cadre de la sortie de crise soient socialement acceptables, fléchés vers des solutions vertes et que les investissements se concentrent dans des secteurs d'avenir respectueux du climat ». La conditionnalité climatique, écologique et sociale devrait donc être un préalable à toutes les mesures d'aides publiques régionales, après une étude par tierce expertise des impacts environnementaux et sociaux de chaque mesure à prendre. En outre, une analyse des contradictions entre les différentes politiques publiques ou mesures de soutien économique devrait être effectuée dans le cadre du suivi du Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET) afin d'identifier les objectifs contraires qui pourraient se manifester dans les politiques régionales.

Quelles sources d'inspiration pour les responsables politiques pour s'engager dans les transitions ?

Nombre d'associations régionales ou nationales ont réfléchi, avant et après la crise de la Covid-19, à des mesures pouvant réformer nos sociétés. Tout responsable politique peut s'inspirer des mesures préconisées sur les sites suivants :

- négaWatt → www.negawatt.org
- Réseau Action Climat (RAC) → reseauactionclimat.org
Le RAC fédère les associations impliquées dans la lutte contre le changement climatique et la transition écologique, solidaire et équitable ;
- Convention citoyenne pour le climat → www.conventioncitoyennepourleclimat.fr
- Le Monde d'Après → <https://lemondeapres.org>
- The Shift Project → <https://theshiftproject.org>
- France Nature Environnement Provence-Alpes-Côte d'Azur → <https://fnepaca.fr/2020/05/07/appele-pour-construire-ensemble-un-monde-vivable/>
FNE PACA a mis en ligne en janvier 2020 un guide répertoriant les bonnes pratiques régionales → <https://fnepaca.fr/wp-content/uploads/2020/04/20200403-maquette-odd-paca.pdf>
Ce guide illustre la mise en œuvre opérationnelle des Objectifs de développement durable (ODD) en région Provence-Alpes-Côte d'Azur, par des actions concrètes issues de collaborations entre associations, collectivités et citoyens.

Comment éviter une aggravation des inégalités économiques et sociales en mettant en œuvre des mesures de transition(s) ?

Les inégalités économiques s'aggravent dans notre pays depuis les politiques néolibérales mises en place dans les années 1980. Elles sont la cause de fractures sociales et de mouvements de contestation de plus en plus étendus. Les objectifs du développement durable ne permettent pas de faire l'impasse sur cette question. Il est donc important d'identifier les inégalités environnementales qui aggravent les inégalités sociales : les populations vulnérables sont la plupart du temps davantage exposées aux pollutions (environnementales ou professionnelles), aux risques naturels ou technologiques, aux nuisances notamment sonores. Or les mesures de lutte contre le changement climatique, pour être acceptables, devront être perçues comme équitables, et ne pas peser plus lourdement sur ces populations déjà vulnérables, en proportion de leurs revenus.

Ainsi, les taxes ou tarifications devraient plutôt rechercher des formes d'incitation positive (rémunération d'un service rendu par exemple : tri des emballages, notamment sous la forme de la consigne) que des impositions supplémentaires qui pèseraient plus lourd. De même, les aides (à la reconversion des véhicules par exemple) devraient être dirigées vers les populations les plus vulnérables (en termes de revenus ou de distance au lieu de travail) et plafonnées pour éviter les achats de véhicules puissants et coûteux.

Enfin, la solidarité collective, en matière de catastrophes naturelles par exemple, devrait également être équitable et non égale, c'est-à-dire viser en priorité les foyers ou les producteurs (agriculteurs) les plus vulnérables, plutôt que d'être calculée sur la seule valeur des biens ou des dommages.

1.3. Les leviers de mobilisation des acteurs territoriaux : un regard psychosocial

Nos sociétés évoluent lentement face aux défis climatiques. Dès lors, comment mobiliser efficacement les acteurs territoriaux pour basculer plus largement dans la transition écologique ?

Réduire la distance psychologique

La distance psychologique à un évènement ou un phénomène renvoie à quatre dimensions : spatiale, temporelle, sociale et hypothétique. Pour de nombreuses personnes, le changement climatique reste psychologiquement distant d'une ou plusieurs de ces dimensions. Ainsi, il peut être perçu comme ne touchant pas directement le territoire de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur et/ou dans une temporalité relativement lointaine, sa population n'étant dès lors pas directement affectée. Sa réalité même peut également être perçue comme incertaine. Les acteurs locaux doivent donc viser la réduction de cette distance vis-à-vis de ces quatre dimensions de manière simultanée. Cela passe notamment par une information précise sur les conséquences du changement climatique à l'échelle des territoires de la région.

L'impasse du seul niveau individuel

En parallèle, il est important de transmettre des pistes d'action dont l'efficacité apparaît en adéquation avec l'intensité de la menace, sous peine de générer des effets contre-productifs (réactance¹⁰, évitement). Notre difficulté à agir à la hauteur des enjeux résulte d'une conjonction de barrières psychologiques et structurelles, mais les actions de sensibilisation institutionnelle portent majoritairement sur des actions individuelles dans la sphère privée. Sans nier leur utilité, ces comportements ne produisent généralement pas les effets « tache d'huile » escomptés, une somme de change-

ments individuels n'équivalant pas à un changement social global. Ainsi, la réduction de l'empreinte carbone liée aux changements de comportements individuels risque de stagner entre 5 et 10 % en France dans les années à venir. En outre, les objectifs de ces changements sont parfois insuffisamment discutés et en décalage avec les priorités et enjeux des populations concernées (par exemple, défendre un objectif d'économies d'énergie auprès de populations en situation de précarité énergétique). Il apparaît donc impératif de repolitiser les enjeux écologiques locaux et d'insister sur la responsabilité collective face au changement climatique. Des individus sont prêts à investir davantage financièrement dans des actions pro-environnementales quand la dimension collective (plutôt qu'individuelle) de la responsabilité face au changement climatique est mise en avant.

Des objectifs précis pour atteindre un avenir désirable et respectueux de la qualité de vie

Sur le plan opérationnel, une piste repose sur la systématisation de la fixation d'objectifs. Les programmes de réduction de consommation d'énergie les plus efficaces présentent toujours un objectif clairement spécifié, ressenti comme légitime par la population et accompagné d'un retour d'information précis permettant d'évaluer la progression par rapport à l'objectif. Les objectifs doivent également intégrer les co-bénéfices associés à une politique de lutte contre le changement climatique dans notre région afin de permettre une projection vers un avenir commun désirable. Mais il ne suffira pas de signifier que nous pouvons atteindre simultanément la soutenabilité environnementale, économique et/ou sociale et attendre des individus qu'ils l'acceptent. En effet, dans une démarche d'identification des domaines de compatibilité et de tension perçus pour atteindre les

¹⁰ Mécanisme de défense psychologique en réponse à une perception de perte de liberté d'action.

trois composantes de la soutenabilité, des individus de 12 pays ont été interrogés sur les 17 objectifs de développement durable (ODD) des Nations Unies. Dans tous les pays, la majorité d'entre eux voient davantage la soutenabilité environnementale en tension avec la soutenabilité sociale qu'avec la soutenabilité économique. Pour réduire ce conflit, il faudra indiquer clairement comment ces tensions seront traitées, en précisant comment une politique environnementale, telle

que la réduction d'activités polluantes ou la réduction de la consommation de viande bovine, sera soutenue par des initiatives sociales visant à maintenir la qualité de vie des communautés touchées.



Il apparaît impératif de repolitiser les enjeux écologiques locaux et d'insister sur la responsabilité collective.



Zoom 2. Les citoyens s'emparent des enjeux climatiques en Ubaye

En octobre 2018, des citoyens, avec l'appui de scientifiques, ont créé le groupe ECCU (Effets du Changement Climatique en Ubaye). Ses objectifs sont de :

- recueillir et diffuser les données scientifiques relatives à l'évolution du climat en montagne et ses impacts dans la vallée de l'Ubaye ;
- devenir l'interface entre les élus, les acteurs économiques, les habitants de la vallée et les scientifiques spécialistes du climat.



ECCU est composé de membres actifs, signataires d'une charte de fonctionnement, incluant des citoyens, des acteurs socio-économiques, des représentants du GREC-SUD et du pôle d'accueil universitaire Séolane.

Depuis sa création, ECCU a cherché à sensibiliser les acteurs locaux. Différentes actions ont été menées en ce sens :

- organisation de la 2nde édition du colloque CLIMALPSUD à Barcelonnette en 2019, avec le soutien de l'ADEME PACA, de Séolane et du GREC-SUD. Ce colloque, réunissant 22 scientifiques et 120 participants, a permis un état des lieux des connaissances scientifiques sur l'évolution du climat en montagne et la mise en perspective de pistes d'adaptation au changement climatique et d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre ;
- lancement de l'« Appel de l'Ubaye pour le climat » (près de 600 signatures) rappelant les objectifs de l'Accord de Paris signé en 2015 ;
- désignation de « Référénts Transition Climat » (RTC) dans les conseils municipaux de la vallée, avec l'accord des maires ;
- deux formations dispensées à Séolane destinées aux élus : (i) économies d'énergie, rénovation énergétique des bâtiments publics et privés, (ii) planification de la transition écologique territoriale ;
- organisation de cafés-sciences (psychologie de l'environnement par exemple) ;
- organisation d'une exposition tout public sur le changement climatique et l'observation de la Terre par satellite à Barcelonnette, visitée notamment par les classes des écoles de la vallée ;
- veille médias (presse) quotidienne sur le climat diffusée aux membres d'ECCU et des RTC.

Pour assurer ces différentes activités (liste non exhaustive), ECCU s'appuie sur une organisation mixte associant des bénévoles et des professionnels. Le travail de sensibilisation des acteurs locaux, déjà avancé, doit se renforcer à l'avenir pour espérer changer les pratiques et s'engager sans regret dans les transitions. Des signes positifs ponctuent le quotidien et réaffirment la détermination du groupe. Suite à la formation organisée par ECCU sur les économies d'énergie, la communauté de communes Vallée de l'Ubaye Serre-Ponçon a décidé de recruter un conseiller en énergie partagé. La communauté de communes a aussi récemment présenté à ECCU son nouveau plan d'actions en faveur des énergies renouvelables et de l'isolation thermique des bâtiments, et plus globalement de la réduction des émissions de gaz à effet de serre dans la vallée.

Pour poursuivre la dynamique et mobiliser davantage les Ubayens, ECCU prépare d'ores et déjà la 3^{ème} édition du colloque CLIMALPSUD, programmée courant 2022, et se lance à la recherche de groupes similaires dans les Alpes du Sud pour partager les expériences et créer une synergie régionale.

1.4. Des dispositifs pour s'engager dans les transitions à l'échelle nationale et régionale

La stratégie énergie-climat de la France

L'objectif de l'Accord de Paris, visant à contenir l'augmentation de la température moyenne de la planète nettement en dessous de 2 °C par rapport à la période préindustrielle et de poursuivre l'action menée pour limiter cette augmentation à 1,5 °C, implique d'atteindre la neutralité carbone au niveau mondial dans la deuxième moitié du XXI^e siècle.

La France s'est fixé pour objectif d'atteindre la neutralité carbone dès 2050. Les orientations de politiques publiques nécessaires pour atteindre cette trajectoire de long terme sont définies dans la deuxième stratégie nationale bas-carbone (SNBC-2). La SNBC-2 définit des budgets-carbone sur 3 périodes de 5 ans, c'est-à-dire la quantité de gaz à effet de serre à ne pas dépasser pour rester sur la trajectoire. Elle vise également à diminuer l'empreinte carbone des Français qui tient compte des émissions liées aux biens importés. La SNBC-2 s'appuie sur un travail de prospective quantitative de long terme qui fournit de nombreux enseignements sur les principaux enjeux et leviers à actionner : décarbonation de l'énergie, forte baisse des consommations d'énergie, forte réduction des émissions non énergétiques et augmentation du puits de carbone. Au final, la SNBC-2 trace une trajectoire très ambitieuse pour tous les secteurs, mais réaliste et positive à long terme sur le produit intérieur brut (PIB) et l'emploi, ainsi que sur la facture des ménages, sous réserve d'un accompagnement des

ménages modestes pendant la période de transition.

La programmation pluriannuelle de l'énergie fixe quant à elle les priorités d'actions pour la décennie à venir afin d'atteindre les objectifs fixés par la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte, la loi énergie-climat et la SNBC-2 dans le domaine de l'énergie. Il s'agit notamment de baisser la consommation finale d'énergie de 20 % et la consommation d'énergie fossile de 40 % d'ici 2030 par rapport à 2012 et d'atteindre 33 % de renouvelable dans la consommation finale d'énergie en 2030.

Publié en décembre 2018, le deuxième plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC-2) a pour objectif de mettre en œuvre les actions nécessaires pour préparer la France d'ici 2050 aux conséquences d'une hausse de la température moyenne de la Terre de 2 °C par rapport à l'ère préindustrielle (en cohérence avec les objectifs de long terme de l'Accord de Paris, mais à un horizon temporel plus proche de façon à ne pas exclure des scénarios de changement climatique plus pessimistes). Le PNACC-2 (Figure 3) comporte 4 priorités : la territorialisation de la politique d'adaptation, l'implication des filières économiques, le recours aux solutions fondées sur la nature et les Outre-mer. Il comprend 58 actions réparties en 6 domaines : gouvernance, prévention et résilience, nature et milieu, filières économiques, connaissance et information, et international.

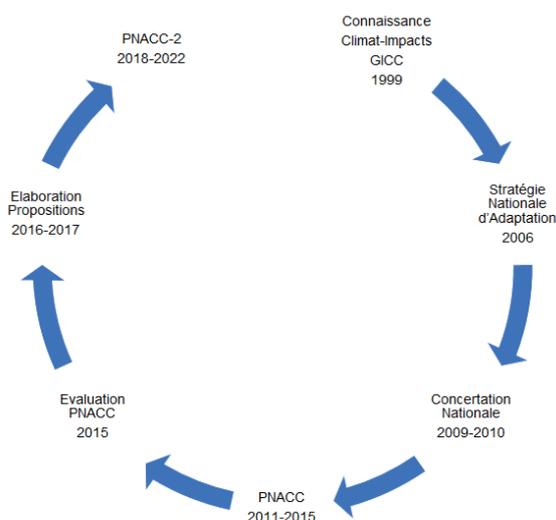


Figure 3. Politiques nationales d'adaptation au changement climatique conduisant au PNACC-2 (source : ministère de la Transition écologique).

Un dispositif régional au service des territoires de Provence-Alpes-Côte d'Azur

La transition de nos modèles nécessite une coopération, une coordination de l'ensemble des acteurs publics

régionaux afin d'accompagner au mieux les territoires et les projets qui les structurent. C'est l'ambition de la communauté régionale de travail en Provence-Alpes Côte d'Azur.

Composée des services déconcentrés de l'État, de ses

opérateurs, de la Région Sud et des agences régionales, cette communauté accompagne les acteurs des transitions dans les enjeux d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre et d'adaptation au changement climatique. Ce travail prend plusieurs formes.

La mise en réseau est un point essentiel du dispositif régional. L'idée générale est que chaque membre de la communauté soit un point d'entrée sur les thématiques dont il a la charge. Il assure ensuite la diffusion auprès des réseaux existants. En matière de climat, d'air et d'énergie, le réseau PACA Climat est un lieu de partage à destination de ses 380 membres. Ce réseau est complété par deux plateformes collaboratives dédiées spécifiquement à l'adaptation au changement climatique et à l'alimentation durable. Le relais local et opérationnel est notamment assuré par les clubs « Plan climat-air-énergie territorial » présents dans cinq des six départements régionaux. Ce quadrillage en réseau a un objectif : s'assurer que les projets de transition

soient bien identifiés au sein des membres de la communauté régionale de travail afin d'apporter un accompagnement le plus adapté possible.

La communauté régionale dispose d'offres d'accompagnement variées en matière d'atténuation et d'adaptation : financement d'études, d'assistance à maîtrise d'ouvrage, d'animation, d'installation, notamment d'énergies renouvelables et des réseaux associés, de communication. Ces offres prennent la forme d'appels à projets, d'appels à manifestation d'intérêt ou peuvent être sollicitées directement de gré à gré. Certaines opérations peuvent également bénéficier d'un double financement État-Région via le Contrat de plan État-Région (CPER).

À ces outils d'aides financières s'ajoute l'accès à l'expertise des membres de la communauté régionale ainsi que la valorisation des projets dans les événements organisés par les membres de la communauté.



Zoom 3. La prospective territoriale, un outil pour agir

S'engager dans les transitions exige de changer en profondeur nos modes de vie, de production et de consommation. Écrire une telle évidence ne suffit pas pour provoquer une bifurcation car, face à l'évolution rapide du climat, l'urgence passe par les actions concrètes, individuelles et collectives. Aujourd'hui, il n'est plus question de tergiverser, mais d'agir vite en se donnant les moyens de prendre les meilleures décisions possibles et en remportant l'adhésion des acteurs territoriaux. L'un des outils pour atteindre cet objectif, utilisé par l'État, les collectivités, les laboratoires de recherche, les bureaux d'études, etc., est la prospective environnementale et territoriale qui sert à comprendre les changements et leurs mécanismes dans toute leur complexité, ouvrir les débats citoyens, explorer les futurs en s'appuyant sur le passé et le présent, construire des stratégies et des politiques de développement soutenables. La prospective s'entend par imbrications d'échelles spatiales, de l'échelle globale à locale, privilégie le dialogue et la concertation à tous les niveaux. Elle regroupe tout un ensemble de principes et de méthodes interdisciplinaires (des sciences exactes aux sciences sociales) qui ouvrent les champs d'action, de l'adaptation au changement climatique à l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre. Elle favorise l'anticipation, la planification, l'aide à la décision, mais aussi l'innovation, la créativité et l'inventivité. Elle n'est pas magique dans le sens où elle ne prédit pas l'avenir, mais elle permet de s'y préparer en limitant les risques et les effets néfastes. Son rôle est aujourd'hui d'encourager les transitions en rassurant les acteurs locaux et en rendant les territoires de demain désirables : non, les transitions ne sont pas une régression de nos sociétés ; non, produire et consommer autrement l'énergie n'altère pas la qualité de vie et le confort ; non, la préservation de la biodiversité et des fonctions écosystémiques associées ne sont pas des freins à l'épanouissement des populations ; oui, malgré les transformations, demain peut être socialement, écologiquement et économiquement acceptable. Le changement climatique est un défi auquel toutes les composantes de la société sont confrontées. Les prospec-



tives démographiques, urbaines, sociales, énergétiques, climatiques ou encore écologiques visent une approche systémique et dessine des scénarios en fonction de nos choix stratégiques. En région Provence-Alpes-Côte d'Azur, le changement climatique menace nos territoires, du littoral à la montagne. L'intelligence collective associée à la prospective est l'une des solutions pour préparer nos espaces urbains, agricoles, forestiers et montagnards à un climat méditerranéen plus rude, ponctué d'événements climatiques extrêmes plus fréquents, tout en stimulant le dynamisme économique, la réduction des inégalités sociales, la préservation de nos paysages et de nos milieux, mais aussi l'intégration de nos territoires à la mondialisation, le tout de manière coordonnée, réaliste et raisonnée. L'exemplarité et les succès seront les ressorts pour multiplier et généraliser les bonnes pratiques, et ainsi se réinventer.

1.5. La formation des futurs professionnels de la transition écologique

Dans quelle mesure l'université peut-elle former les futurs professionnels de la transition écologique ? À partir de l'expérience d'Aix-Marseille Université sont ici présentés les formes de compétences, les transversalités disciplinaires, les spécialisations territoriales et les niveaux d'étude proposés pour la formation à la transition écologique.

Les contours des métiers et professions de la transition écologique sont encore mal connus et évolutifs. Il est de ce fait préférable de ne pas figer les formations et de privilégier des approches par compétences et outils résolument transférables. À ce titre, les ingénieries écologique et sociale sont au cœur des parcours universitaires formant les futurs professionnels de la transition. Les équipes pédagogiques associent des enseignants-chercheurs et des acteurs socio-économiques, transmettant aux étudiants des savoirs et savoir-faire alimentés par les avancées scientifiques les plus récentes et les retours d'expériences éprouvés par la réalité de terrain. Par exemple, le master Gestion des territoires et développement local, parcours « Gestion durable des territoires de montagne » (GDTM) favorise la constitution de binômes composés d'un universitaire et d'un acteur socio-économique pour plusieurs de ses enseignements, tels que « Risques naturels, aggravations anthropiques et résilience » ou « écologie appliquée à l'aménagement ».

La complexité des systèmes abordés par les sciences de l'environnement nécessite une réelle approche interdisciplinaire, voire intersectorielle, renouvelant les formations universitaires traditionnellement plus disciplinaires (sciences de la vie et de la Terre, parcours « Homme et environnement » par exemple). Dans

l'unité d'enseignement « Ingénierie écologique », discipline résolument tournée vers l'action, du master Biodiversité, écologie et évolution (BEE), les étudiants suivent sur un semestre des initiatives de fermes urbaines (agriculture sur délaissé d'infrastructure autoroutière par exemple) en réalisant un diagnostic environnemental permettant aux agriculteurs urbains d'évaluer scientifiquement l'impact environnemental de leurs changements de pratiques. Avec un savoir-faire et une réflexion plus intégratifs sur les problématiques environnementales, les étudiants formés montrent une polyvalence professionnelle adaptée à l'évolution des missions dans le domaine de l'environnement. Par exemple, le master 2 INGECO a développé des partenariats avec la ferme urbaine participative Le Talus de l'association HEKO Permaculture et les ateliers Jardinot à Marseille pour un diagnostic croisé biodiversité-pollutions urbaines-usages.

De même, les formations spécifiques à un type de territoire permettent de sortir de logiques disciplinaires et d'allier théorie et pratique¹¹ (Photo 8, page suivante). Inversement, certaines méthodologies sont transférables d'un territoire à un autre, comme la restauration écologique née dans les territoires de montagne, appliquée aux littoraux et même aux fonds marins, incluant une dimension socio-économique et implication des acteurs. La formation des futurs professionnels de la transition écologique s'appuie sur des parcours initiaux renouvelés de la licence au master, qui apportent une culture générale appropriée et des savoir-faire concrets aux étudiants. L'enjeu est aussi de former les professionnels déjà en exercice, dans une logique d'actualisation de leurs compétences, mais aussi de reconversion. À

¹¹ Master « Gestion des Territoires et Développement Local », parcours « Gestion Durable des Territoires de Montagne » (GDTM) et Master « Biodiversité, Écologie, Evolution », parcours « Ingénierie Écologique », finalité « Écologie pour la Gestion des Villes et des Territoires » (ECOGEST, AMU).

ce titre, les formations universitaires accueillent des personnes en formation continue et développent des enseignements à distance. Par exemple, les agents ministériels ou de collectivités ont accès à des dispositifs universitaires de formation continue, en auto-formation (MOOC Nature For City Life par exemple) ou via des diplômes d'établissement (DESU¹² Biodiversité, Ville et Territoires...) leur permettant de monter en compétences.

Par-delà compétences et disciplines, territoires et thématiques, un parcours universitaire formant de futurs professionnels de la transition écologique ne peut pas faire l'économie des considérations

éthiques inhérentes à un tel enjeu. Face aux incertitudes, former les futurs professionnels nécessite de rompre avec l'immobilisme, l'attente de solutions clés en main et le greenwashing. De ce point de vue, la mission de l'université est de transmettre des connaissances et savoir-faire visant l'ouverture d'esprit indispensable à l'innovation et la prise de risque.



La complexité des systèmes abordés par les sciences de l'environnement nécessite une réelle approche interdisciplinaire.



Photo 8. Les étudiants du master GDTM du pôle universitaire de Gap (Aix-Marseille Université) sur le territoire de la montagne de Céüse dans le cadre de leur formation (© Aix-Marseille Université).

Les étudiants apprennent à mettre en œuvre des outils d'ingénierie socio-environnementale dans une logique d'aide à la décision en faveur d'un développement durable et solidaire des territoires de montagne.

En 2019-2020, son école de terrain interdisciplinaire, lauréate du Fond d'Innovation Pédagogique (FIP) d'Aix-Marseille Université, a notamment porté sur l'adaptation au changement climatique d'une petite station de ski de moyenne montagne, Céüse 2000 : <https://mastergdtm.hypotheses.org>

¹² Diplôme d'études supérieures universitaires.

2. Les évolutions structurelles et fonctionnelles en faveur de l'adaptation et de l'atténuation

Comme souligné dans le chapitre précédent, les pistes en faveur de l'adaptation au changement climatique et de l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre nécessitent des actions individuelles et collectives de l'échelle régionale à territoriale. Les acteurs locaux ont le pouvoir de changer la donne, mais, pour engager les transitions et orienter les politiques de développement territorial, des évolutions structurelles et fonctionnelles sont nécessaires. Face au défi climatique, les élus, l'État, la Région, les collectivités, les gestionnaires, les acteurs économiques... doivent notamment adopter de nouvelles pratiques, parfois déconcertantes dans la mesure elles peuvent s'éloigner des usages actuels et passés, mais toutes constructives et positives, pour sécuriser l'alimentation et les ressources en eau, préserver les écosystèmes naturels, protéger la santé des humains, réduire les émissions de GES, sortir des énergies fossiles, éviter les boucles rétroactives positives¹³... La priorité est d'offrir les meilleures conditions de vie aux habitants dans un contexte climatique plus contraint. Tout doit concourir vers des aménagements, une planification territoriale, des politiques et des stratégies de développement durable en phase avec les besoins des acteurs régionaux et les ressources locales qui sont limitées, en prenant en compte le contexte économique et social. Éviter les pertes irréversibles et atteindre un équilibre dans les modes de production et de consommation afin de ne pas hypothéquer l'avenir des habitants et de leurs descendants, mais aussi d'agir solidairement avec tous les territoires en France et à l'international, sont des objectifs ambitieux, mais réalistes, si la volonté politique, économique et sociale est réelle.

2.1. Les pratiques agricoles à privilégier

L'agriculture joue un rôle fondamental en Provence-Alpes-Côte d'Azur qui est la première région française productrice de laitues, pommes, poires, riz, raisin de table, courgettes, olives, cerises... Sa variété représente l'une de nos richesses locales. Les revenus agricoles s'élevaient à près de 3,4 milliards d'euros en 2018 (dont plus de 95 % proviennent des productions végétales : vin notamment). Selon la Chambre d'agriculture régionale, « l'agriculture de la Provence-Alpes-Côte d'Azur est atypique : 78 % des exploitations ont une orientation exclusivement végétale (contre 42 % au plan national), 17 % une orientation exclusivement animale (35 % au plan national) et 5 % un profil mixte culture-élevage (23 % au plan national) », et « plus d'une exploitation sur trois (40 %) est spécialisée en viticulture et l'élevage ovin représente 9 % des exploitations » (à titre de comparaison, élevage bovin, 1,5 %). Même si la part de l'agriculture régionale dans les émissions de gaz à effet de serre est faible par rapport au transport, à l'industrie ou au résidentiel, ses activités contribuent au changement climatique : en 2018, en Provence-Alpes-Côte d'Azur, 1,06 million de tonnes CO₂-eq¹⁴ ont en effet été rejetés dans l'atmosphère (CIGALE, 2018). Cette contribution est renfor-

cée par l'importation massive de produits agricoles et alimentaires liée aux comportements et habitudes des consommateurs. L'agriculture, comme tous les secteurs économiques, doit se mettre à l'heure des transitions. Les acteurs agricoles se mobilisent déjà pour faire évoluer leurs pratiques (les surfaces en agriculture biologique en témoignent), mais le respect des objectifs de réduction des émissions de GES tout en améliorant la qualité des productions, les valeurs gustatives, les équilibres alimentaires, la préservation des systèmes agricoles productifs et vivants, les conditions de travail des exploitants et salariés, etc. nécessite la mise en place de mesures ambitieuses et leur généralisation.



Réduire les émissions de GES tout en améliorant la qualité des productions, les valeurs gustatives, la préservation des systèmes agricoles...



¹³ Réaction en chaîne provoquant un forçage radiatif positif ou négatif. La fonte du permafrost (sol gelé), par exemple, par déstockage de méthane et de dioxyde de carbone est une boucle de rétroaction dite « positive » car ce phénomène contribue à renforcer l'effet de serre et donc amplifier le réchauffement climatique.

¹⁴ Équivalent de dioxyde de carbone.

2.1.1. Les bienfaits de l'agriculture de conservation et l'agro-biodiversité fonctionnelle

La diffusion de l'agriculture en Europe a été marquée, dès le Moyen Âge, par des défrichements et des assolements qui ont appauvri les sols et contribué aux mauvaises récoltes du Petit Âge glaciaire. Alternant céréales, fourrages et prairies temporaires, et s'appuyant sur la fertilisation massive des sols, la révolution fourragère du XVIII^e siècle a permis une augmentation substantielle de la productivité. Par la suite, progrès techniques et exode rural conduisent l'agriculture, après 1950, dans une logique industrielle. Les pratiques, qualifiées de conventionnelles (mécanisation, homogénéisation du paysage, utilisation massive de fertilisants et de pesticides), favorisent la productivité à court terme, mais dégradent fortement les propriétés physico-chimiques du sol (compacité, acidification, appauvrissement) et sa biodiversité.

En 2012, le projet agroécologique du ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt de l'époque souligne la nécessité d'un changement de paradigme. Il vise une agriculture durable qui s'appuie sur l'écologie et réduit les intrants. Son fonctionnement

repose sur les synergies agriculture-biodiversité. En conservant une diversité de cultures et d'infrastructures agroécologiques¹⁵, la biodiversité *lato sensu* des agro-systèmes et des écosystèmes connexes est favorisé : habitats et communautés végétales, animales et microbiennes. Cette biodiversité améliore la qualité du sol et des eaux souterraines tout en facilitant des processus fonctionnels essentiels comme le cycle des nutriments, le contrôle des ravageurs et la pollinisation. La complexité du paysage participe au service de régulation en assurant par exemple le contrôle biologique par les insectes entomophages¹⁶. L'agriculture de conservation (Photo 9) réduit le travail du sol au profit de couverts végétaux. La concentration de carbone organique augmente dans les couches supérieures du sol et améliore sa structure, contribuant à la dynamique microbienne, à la biodiversité, au réseau trophique endogé¹⁷ et à sa fertilité. La stabilité renforcée des agrégats permet une meilleure résistance à l'érosion. La répartition optimisée entre micropores et macropores facilite l'enracinement, la circulation de l'air, l'infiltration de l'eau et sa rétention, augmentant la réserve utile.



Photo 9. Agriculture de conservation des sols (© Bio Provence).

Les sols méditerranéens, pauvres en matière organique et peu profonds, voient leur vulnérabilité renforcée par le changement climatique. L'agriculture de conservation et l'agro-biodiversité fonctionnelle sont deux pratiques qui permettent aux agroécosystèmes méditerranéens

de renforcer l'utilisation des services écologiques assurant production, protection et durabilité, combinant capacités d'adaptation et d'atténuation du changement climatique.

¹⁵ Éléments semi-naturels tels que haies, arbres isolés ou espaces boisés, bandes ou bords de champs fleuris ou enherbés.

¹⁶ Insectes qui se nourrissent d'autres insectes.

¹⁷ Ensemble des chaînes alimentaires de la macrofaune vivant dans le sol, se nourrissant de matière organique ou de racines, mortes ou vivantes.

2.1.2. Adopter l'agroforesterie en région méditerranéenne

En région méditerranéenne, de nombreux écosystèmes naturels sont arborés. Le sol forestier est à la fois riche en matière organique, vivant, souple et solide ; il active le cycle des nutriments, absorbe et retient l'eau. Conserver des arbres dans un système agricole contribue donc à l'entretien de la fertilité du sol et au maintien d'une diversité paysagère, source d'habitats pour la biodiversité fonctionnelle (auxiliaires¹⁸, pollinisateurs). Dans un système agroforestier, les cultures poussent et les animaux pâturent entre des arbres espacés. En s'appuyant sur la complémentarité agronomique entre arbre et production au sol (différentes périodes d'activité photosynthétique et zones du sol explorées par les racines), l'agroforesterie offre une utilisation optimale des ressources naturelles. Sous le climat méditerranéen, sujet aux canicules, sécheresses et pluies violentes, les arbres apportent un abri et une ombre bienvenue en été (pour les cultures et les animaux). Leur litière protège le sol de l'érosion et de l'évaporation, le nourrit, et les racines des arbres plantés au milieu des cultures cherchent eau et nutriments plus profondément. La contribution de l'arbre agroforestier à la fertilité du sol et à sa résistance à la sécheresse peut être renforcée par les symbioses mycorhiziennes¹⁹.

Les écrits romains témoignent que le mélange d'arbres, de cultures et d'animaux était caractéristique de l'agriculture méditerranéenne pendant l'Antiquité, et per-

mettait aux petites fermes une production durable et intensive. L'évolution des pratiques a peu à peu éliminé ce système, de l'avènement des grandes exploitations dans l'empire romain aux pratiques agricoles industrielles après 1950. La péninsule ibérique conserve encore de grands espaces dédiés au sylvopastoralisme²⁰. En France, des systèmes traditionnels ont longtemps perduré et subsistent parfois : vignes ou lavandes parmi les oliviers en Haute-Provence ou pré-vergers²¹ dans le Verdon, par exemple. Dès la fin du XX^e siècle, les agronomes ont étudié ces systèmes avec un nouvel intérêt : les mauvaises pratiques dégradant les sols et le changement climatique augmentant les risques liés aux fortes températures, à la sécheresse et aux pluies violentes, l'agroforesterie se révélait prometteuse dans notre région. En effet, la modification du microclimat atténue les extrêmes climatiques, la diversité des éléments est gage de multifonctionnalité (productions diverses, biodiversité fonctionnelle) et leurs interactions permettent un meilleur accès aux ressources. De fait, les systèmes mélangés sont souvent plus productifs que les systèmes disjoints (Photo 10). Ces éléments renforcent les capacités d'adaptation au changement climatique. Par ailleurs, la séquestration du carbone dans le sol et dans les arbres participe à l'atténuation du changement climatique. Encourager l'élevage au sein du système apporte aussi une fertilisation locale et naturelle.



Photo 10. Association de blé et noyers en milieu méditerranéen (© SCOP Agroroof).

¹⁸ Ennemis naturels (prédateurs ou parasites) qui régulent les ravageurs des cultures.

¹⁹ Association symbiotique entre les racines des plantes et certains champignons.

²⁰ Système associant les activités sylvicoles et pastorales (les animaux pâturent parmi les arbres).

²¹ Vergers composés d'arbres hauts et espacés dans une parcelle de prairie pâturée ou fauchée.

2.1.3. Un élevage pastoral méditerranéen et montagnard en mouvement

En région Provence-Alpes-Côte d'Azur, 850 000 hectares de surfaces « naturelles », hors pratique culturale, nourrissent ovins, caprins, bovins et équins toute l'année. La mobilité du troupeau permet de trouver les ressources végétales adaptées aux besoins des animaux : il ne s'agit pas d'apporter la ressource à l'animal comme dans l'élevage intensif, mais d'amener l'animal à la ressource, ce qui est propre à l'élevage extensif et donc à l'élevage pastoral méditerranéen et montagnard (Photo 11). L'équilibre entre les ressources végétales et l'action du troupeau caractérise des écosystèmes d'une grande biodiversité. La richesse floristique est le grand atout des terres pastorales. Elle assure typicité et saveurs aux produits, et sécurise la pérennité de l'élevage. Les pratiques pastorales sont au cœur des systèmes d'élevage des montagnes méditerranéennes. Les troupeaux se nourrissent de pelouses sèches et steppiques, d'alpages, de landes, de garrigues et de bois, mais aussi en hiver, en montagne, de foin et concentrés (céréales par exemple), pour assurer par exemple la production de lait des chèvres ou la croissance des agneaux.

L'élevage pastoral méditerranéen résilient face aux aléas climatiques

L'élevage pastoral méditerranéen est structurellement résilient aux aléas climatiques sur des surfaces non irrigables. Éleveurs et bergers, tirant leur savoir de l'observation des animaux, savent repérer les graminées « grossières », spontanément peu appréciées de l'animal, mais résistantes au sec et au froid. La capacité

du troupeau à s'en alimenter constitue une première réponse aux aléas climatiques. Lors d'un été très sec en alpage, elles apportent une ressource souvent abondante et précieuse. Cette alimentation sèche et fibreuse nécessite en contrepartie un abreuvement abondant, et donc des ressources en eau locales qui tendront probablement à baisser à l'avenir. Cependant, les apports en eau destinés aux bêtes sont moindres par rapport à l'irrigation de pâtures. En hiver, de nombreux troupeaux trouvent leur alimentation à l'extérieur grâce au climat sec qui permet à ces graminées de ne pas se décomposer avec le froid. Ainsi, la fétuque paniculée, le brachypode penné et rameux ou encore la stipe pennée représentent des « assurances climatiques » pour le troupeau. Tout repose sur la compétence de l'animal héritée de sa mère et de l'éducation de l'éleveur : les jeunes animaux font ainsi appel à une grande diversité de plantes en cas de sécheresse ou gel. Il faut toutefois être vigilant à la régression de ces graminées et cypéracées en cas de prélèvement annuel répété. Une gestion souple est nécessaire, ce qui est parfois en contradiction avec les politiques publiques. L'ombre des arbres et le feuillage accessible des arbustes et des branches basses jouent aussi un rôle essentiel à la résilience des systèmes pastoraux. Apportant un ombrage qui prolonge l'appétence de l'herbe, fournissant un feuillage qui dessèche moins en été, gardant leurs feuilles l'hiver pour les espèces méditerranéennes, ils sécurisent également la ressource alimentaire des troupeaux lors des saisons non productives et des coups durs climatiques.

Photo 11. Pastoralisme dans le Parc national des Écrins (© Parc national des Écrins).



Des outils opérationnels pour s'engager dans l'adaptation

Le réseau Alpages sentinelles développe un observatoire collaboratif pour agir dans le contexte de changement climatique et renforce la résilience de l'élevage pastoral. Véritable laboratoire de gouvernance partagée, le dispositif développe des outils opérationnels, par exemple le diagnostic pastoral « vulnérabilité climatique » en alpage basé sur :

- le profil climatique de l'alpage consultable sur une interface web dédiée, rassemblant des indicateurs agroclimatiques développés en partenariat avec Météo-France ;
- l'analyse de la sensibilité des ressources pastorales, végétation et eau, aux conditions météorologiques ;
- l'analyse de la gestion pastorale selon la méthode habituelle de diagnostic pastoral ;
- l'identification de marges de manœuvre et l'élabo-

ration de réponses conjoncturelles aux aléas météorologiques au sein de l'alpage et/ou de réponses plus structurelles, reposant sur l'investissement et les modifications de systèmes d'élevage.

D'autres outils comme la Pastothèque, référentiel des milieux pastoraux incluant la sensibilité climatique, ayant pour vocation d'établir une typologie fonctionnelle des milieux pastoraux dans le sud de la France, renforce l'engagement de la communauté pastorale régionale aux côtés de ses partenaires alpins et méditerranéens.



Zoom 4. Les capacités naturelles de stockage et de séquestration du carbone

La séquestration de carbone se définit comme la captation et le maintien de carbone en dehors de l'atmosphère. À l'échelle du globe, les écosystèmes, notamment les forêts et les océans, séquestrent déjà chaque année l'équivalent de près de la moitié des émissions de CO₂ liées à la combustion des ressources énergétiques fossiles. Les arbres et les sols (y compris les tourbières) représentent également des stocks de carbone 3 à 4 fois plus importants que celui de l'atmosphère²². En parallèle d'une réduction drastique des émissions, le maintien, voire l'accroissement de cette séquestration, est l'une des mesures envisagées pour atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050 en France, et passer en émissions négatives dans la seconde moitié du XXI^e siècle. La préservation des écosystèmes et la restauration de ceux qui sont dégradés sont donc des enjeux prioritaires pour ne pas augmenter les émissions et réduire les puits existants. Par ailleurs, une part importante de ces milieux est exploitée pour l'agriculture et la sylviculture. Des modes de gestion favorables à la séquestration de carbone sont reconnus, comme la couverture des sols et l'agroforesterie mises en avant par l'Inrae²³, ou la restauration des forêts dégradées et le balivage²⁴ déjà éligibles au Label bas-carbone du ministère de la Transition écologique²⁵. Dans les milieux urbains, il est également possible de laisser plus de place au végétal et aux surfaces non imperméabilisées. Ces gestions sont souvent accompagnées de co-bénéfices pour l'environnement (préservation de la qualité des sols, maintien et développement de la biodiversité...) et peuvent contribuer à limiter les impacts du changement climatique, en luttant par exemple contre les îlots de chaleur urbains. Néanmoins, leur mise en œuvre doit tenir compte des contraintes locales, notamment la disponibilité de la ressource en eau. Dans tous les cas, comme les écosystèmes sont sensibles aux évolutions climatiques, l'atteinte des objectifs climatiques est essentielle à la pérennisation du stockage et à la limitation des risques de rétroactions sur le climat en cas de relargage des stocks existants.

²² ADEME, 2015. *Carbone organique des sols : l'énergie de l'agroécologie, une solution pour le climat* : www.ademe.fr/carbone-organique-sols-lenergie-lagro-ecologie-solution-climat

²³ Pellerin et al. 2019. *Stocker 4 pour 1000 de carbone dans les sols : le potentiel en France* : www.inrae.fr/actualites/stocker-4-1000-carbone-sols-potentiel-france

²⁴ Projets volontaires de conversion de taillis en futaie sur souches.

²⁵ Label bas-carbone : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/label-bas-carbone>

2.1.4. Quelles variétés culturales à l'avenir ?

Face au changement climatique, plusieurs stratégies d'adaptation sont envisagées dans les différents agrosystèmes. Dans le cas de la viticulture et des céréales, l'utilisation de la diversité est l'une des recommandations. Ainsi, étant donné l'évolution des conditions climatiques futures, le cépage de la vigne ou la variété des céréales « idéal » serait assez résistant aux fortes températures, aux contraintes hydriques sévères, aux maladies, et produirait suffisamment pour garantir un rendement économique viable. Le cépage serait en outre tardif, avec une maturité au cours du mois d'août et une récolte en septembre, et présenterait un bon équilibre entre les sucres (l'alcool potentiel) et l'acidité. Pour les céréales, la variété serait assez précoce, avec une épiaison²⁶ en avril plutôt qu'en mai pour éviter les grosses chaleurs au moment du remplissage du grain), mais aussi une capacité naturelle à développer un système racinaire vigoureux pendant l'hiver et une efficacité en photosynthèse et en absorption/remobilisation de l'azote pour former les protéines du grain.

En ce sens, les travaux de recherche et les expérimentations sur le terrain s'organisent sur plusieurs axes :

- l'exploration de différents clones de cépages ou de variétés de céréales déjà cultivés localement ;
- la revalorisation de cépages et variétés autochtones anciens qui seraient bien adaptés aux nouvelles conditions climatiques ;
- l'évaluation de cépages et variétés provenant d'autres régions (y compris de l'étranger) susceptibles de s'adapter aux conditions locales ;
- la création variétale classique qui permet de sélectionner les traits d'intérêt évoqués plus haut.

Toutes ces stratégies sont coûteuses en temps (plusieurs années d'observation) et expérimentations. Il est donc important de construire des liens forts et durables entre la recherche, le développement et les producteurs, afin d'identifier au plus vite les bons cépages et les variétés de céréales du futur.

Des vignobles (Bordeaux, Corbières, Languedoc...) ont demandé la possibilité de tester différents « cépages d'intérêt à fin d'adoption » (notamment des cépages résistants aux maladies ou venant d'autres pays ou régions). Des viticulteurs sont ainsi candidats à l'évaluation de leur pertinence face au changement climatique, en consacrant jusqu'à 5 % de leur surface de production pendant 10 ans aux tests. À terme, si l'expérience s'avère satisfaisante pour certains cépages sélectionnés, ces derniers pourraient être intégrés au cahier des charges de l'appellation d'origine protégée (AOP).

2.2. La gestion des espaces forestiers et arborés méditerranéens

D'après l'Office national des forêts, les espaces forestiers méditerranéens et montagnards en région Provence-Alpes-Côte d'Azur représentent près de 9,5 % de la surface forestière nationale : 51 % sont couverts d'arbres feuillus et 49 % de résineux. La variété des écosystèmes forestiers constitue un patrimoine régional exceptionnel qui abrite une riche biodiversité que ce soit dans la partie aérienne, en surface ou dans le sol. En plus des pressions liées aux activités humaines, face au changement climatique, les forêts, et plus généralement les arbres, sont confrontés à de nouvelles contraintes (vagues de chaleur et sécheresses plus fréquentes et sévères, incendies dévastateurs...) qui pèsent sur leur état sanitaire et leurs capacités de résilience. Un écosystème forestier ou un arbre en limite d'aire de répartition ne rend pas les mêmes services à la nature et l'homme qu'un arbre évoluant dans un environnement en adéquation avec ses caractéris-

tiques : par exemple, un jeune arbre en pleine croissance jouissant de conditions locales favorables à son développement séquestre davantage de carbone qu'un arbre en souffrance ou dépérissant ; les forêts urbaines contribuent à la réduction de la pollution de l'air et au maintien de la biodiversité en ville...

Pour préserver les services rendus par les arbres et maintenir toute la vie associée, il est impératif d'adapter la gestion des espaces forestiers et arborés méditerranéens. Quelles pratiques forestières à l'avenir ? Quelle gestion pour limiter le dépérissement des arbres et le risque incendie ? Quels arbres planter demain ? Quels espaces arborés dans les villes pour réduire les îlots de chaleur urbains et les pollutions, favoriser la biodiversité ou offrir un cadre de vie plus agréable aux habitants ? Les réponses sont à adapter au contexte territorial, même si des pratiques peuvent être généralisées.

²⁶ Apparition de l'épi hors de la tige des graminées.

2.2.1. Expérimentations forestières et pistes pour atténuer la sécheresse

Les scientifiques du site d'étude de Font-Blanche, un observatoire des relations forêt-climat situé à Roquefort-la-Bédoule (Bouches-du-Rhône), associant pins d'Alep et chênes verts, étudient les composantes des cycles de l'eau et du carbone, avec une large gamme de mesures au niveau du sol, des arbres et de l'écosystème. Au titre des différents suivis, le site est intégré à des réseaux nationaux et internationaux : ICOS

(Integrated Carbon Observation System) pour les flux de carbone et d'eau, AnaEE (Analysis and Experimentation on Ecosystems) pour l'exclusion de pluie afin d'analyser les effets de sécheresses ou encore SOERE Tempo pour le suivi de la phénologie.

Les résultats accumulés depuis 2007 ont montré une forte dépendance de la séquestration annuelle de carbone au niveau de sécheresse (Figure 4).

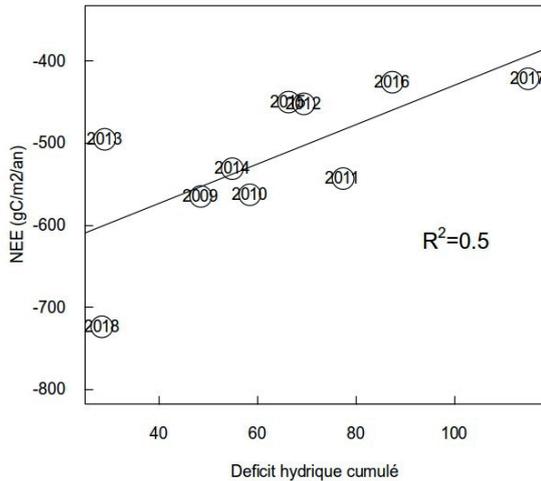
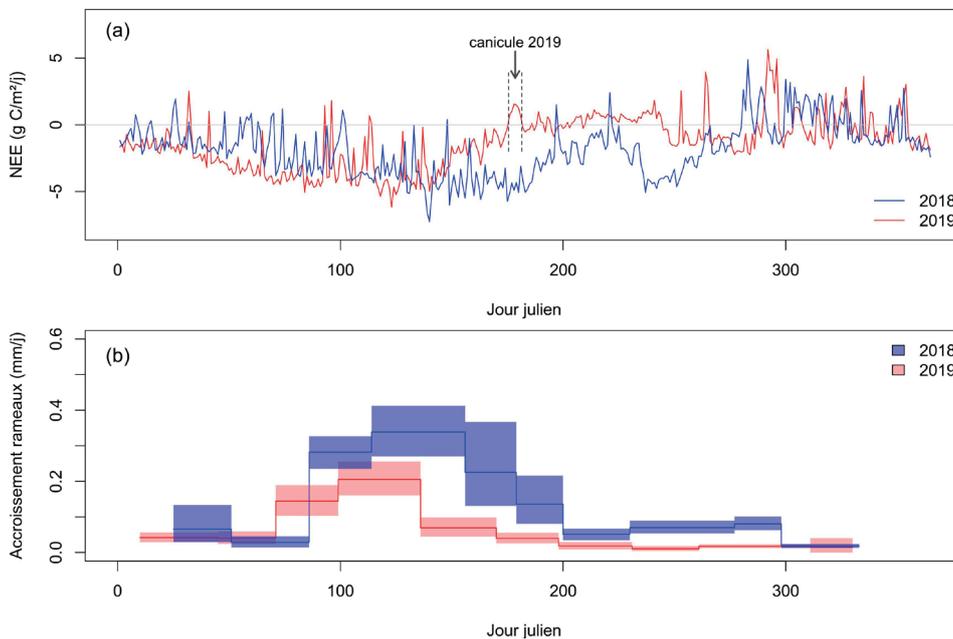


Figure 4. À Font-Blanche, relation entre séquestration de carbone (NEE) et déficit hydrique (nombre de jours de stress hydrique par an) : plus les valeurs de NEE sont négatives, plus la forêt séquestre du carbone (source : Inrae).

Les différences entre années sèches, comme 2019, et humides, comme 2018, sont très visibles durant la période estivale (Figure 5a). Les années sèches ont un fort impact sur la croissance des branches, qui est réduite et dure moins longtemps (exemple du pin d'Alep, Figure 5b), ainsi que sur le développement des graines qui peut même s'interrompre.

L'étude rétrospective des largeurs de cerne informe

sur les déterminants environnementaux de la croissance secondaire sur une plus longue période. Elle indique que la majorité des années sèches (pluviométrie annuelle de 15 à 46 % inférieure à la normale) n'ont que légèrement affecté la croissance radiale des pins d'Alep, à l'inverse des hivers froids et de la sécheresse de 1979, bien qu'aucune tendance à long terme n'émerge sur l'ensemble de la chronologie.



Figures 5a et 5b. À Font-Blanche, (a) variations saisonnières de la séquestration de carbone (NEE) pour une année humide (2018) et une année très sèche (2019). La différence de séquestration de carbone pendant l'été est flagrante : (b) rythme d'accroissement des rameaux de pin d'Alep (source : Inrae).

Éclaircir les peuplements forestiers pour atténuer la sécheresse ?

Parmi les mesures d'adaptation envisageables pour lutter contre le changement climatique, la sylviculture (éclaircies et élagages) peut :

- favoriser la production de bois d'œuvre, dont le carbone est stocké durablement dans les produits tout au long de la filière, et qui se substitue à des matériaux au bilan carbone plus défavorable (béton, métaux, plastiques) ;
- contrôler la consommation en eau du couvert forestier.

Les effets de différentes intensités d'éclaircies sur l'état hydrique des arbres, notamment le Cèdre de l'Atlas (projets REDSURF²⁷ et For-Climadapt²⁸), ont été étudiés à titre expérimental sur trois sites forestiers

situées en région Provence-Alpes-Côte d'Azur ou à proximité immédiate : forêt domaniale de Nans située à 1050 m d'altitude (commune de Saint-Vallier-de-Thieu, Alpes-Maritimes), forêt domaniale du Ventouret à 1170 m (commune de Sault, Vaucluse) et forêt communale de Valliguières (Gard) à 250 m. Sur ces sites, les plantations étaient au même stade de développement (environ 15 m de hauteur dominante), mais les temps écoulés depuis les éclaircies variaient de 2 ans à Nans à 25 ans à Valliguières. Le stress hydrique, estimé à partir du potentiel hydrique foliaire mesuré avant l'aube, était plus intense à Valliguières, confirmant des conditions stationnelles moins favorables. Plus significatif encore, les arbres des parcelles éclaircies sur les trois dispositifs présentaient moins de stress hydrique, illustrant parfaitement l'intérêt des éclaircies pour atténuer les effets de la sécheresse, et ce même longtemps après le traitement (Figure 6).

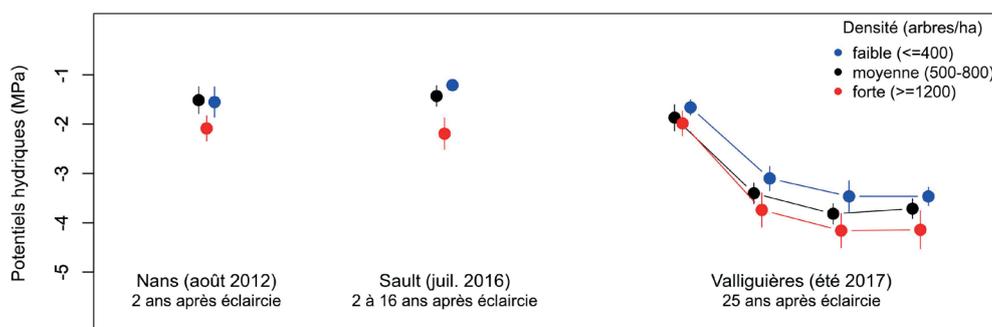


Figure 6. Potentiels hydriques mesurés sur les trois dispositifs expérimentaux. Plus les valeurs sont basses, plus le stress hydrique est important. Le stress hydrique s'intensifie au cours d'une sécheresse, comme on peut le constater à Valliguières où les mesures couvrent plusieurs dates (source : Inrae).

2.2.2. Quelles essences forestières planter en région Provence-Alpes-Côte d'Azur ?

L'ampleur des changements climatiques projetés dans la région augure un déplacement de l'aire de viabilité et de production en bois d'un certain nombre d'essences forestières qui sont économiquement et écologiquement importantes. La plantation d'essences plus résistantes à la sécheresse paraît être le premier moyen d'adaptation. S'il semble incontournable, il n'est cependant pas le seul : la sylviculture permet d'adapter la densité, de moduler le cycle de renouvellement et la composition des peuplements en place. Par ailleurs, les inconvénients d'une plantation et les précautions à prendre ne peuvent être ignorés : coût élevé, risque d'échec, risque éventuel d'invasion biologique ou d'hybridation, problème d'acceptabilité sociale.

Pour proposer des pistes d'essences à planter pour adapter nos forêts au changement climatique, il est nécessaire de s'appuyer sur les connaissances acquises par les forestiers, la communauté scientifique, le réseau des arboretums d'éliminations et les projets en cours comme MEDForFUTUR²⁹. Privilégier les qualités des essences exotiques au détriment de l'intérêt des espèces locales, dont la plantation à des altitudes supérieures est susceptible de devancer l'effet du réchauffement climatique, serait une erreur. Les introductions d'essences doivent notamment tenir compte des exigences écologiques vis-à-vis de trois risques : sécheresses, gelées, incendies. Ainsi, elles doivent d'abord être raisonnées en fonction du contexte climatique local.

²⁷ www.reseau-aforce.fr/n/redsurl/n:3411

²⁸ <https://aifm.org/fr/page/forclimadapt>

²⁹ <https://paca.cnpf.fr/n/medforfutur-adaptation-des-forets-aux-changements-climatiques/n:3000>

(Figure 7). À l'étage méditerranéen, le pin d'Alep demeure, avec le chêne vert, l'essence la plus appropriée. Les cyprès sont adaptés si l'impact paysager est acceptable. Nous ne recommandons pas l'usage d'eucalyptus (très bonne croissance, mais très inflammable). À l'étage supraméditerranéen (jusqu'à environ 700-1000 m d'altitude selon les versants), il est possible de remplacer le Pin sylvestre ou le Pin noir d'Autriche par le Pin de Salzmann (*Pinus nigra subsp. salzmannii*), voire le Pin de Calabre (*Pinus brutia* Ten.) ou le Calocèdre (*Calocedrus decurrens*). Le chêne vert pourrait éga-

lement trouver sa place au côté du chêne pubescent. À l'étage montagnard inférieur, le hêtre et le sapin peuvent être remplacés par le Cèdre de l'Atlas (*Cedrus Atlantica*) et par certains sapins méditerranéens (en faisant attention au risque de gelée tardive pour *Abies cephalonica*). Le maintien ou l'introduction de feuillus d'accompagnement, tels que les érables, doit être encouragé. Plus haut, le sapin pectiné (*Abies alba*), le Pin à crochets (*Pinus uncinata*), ainsi que le mélèze (*Larix decidua*) dans les Alpes internes, peuvent être utilisés, particulièrement suite au dépérissement de l'épicéa.

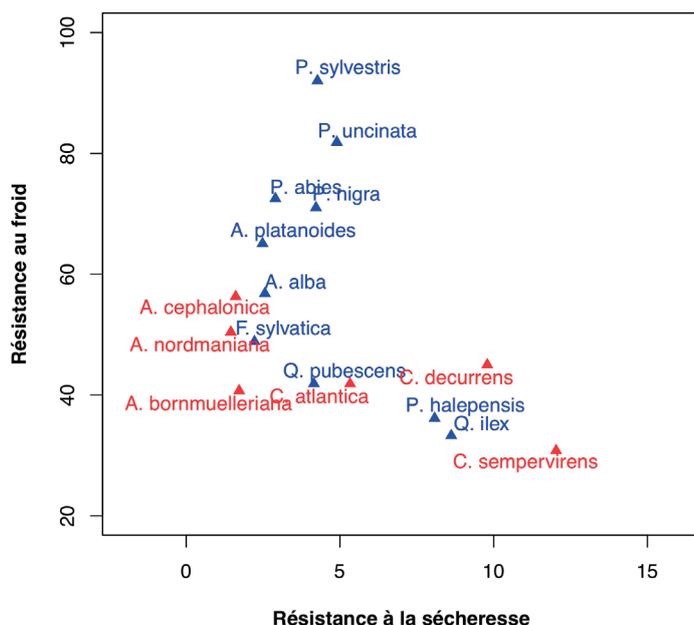


Figure 7. Indice de résistance à la sécheresse composé à partir de l'indice de Valladares et al. (basé sur la distribution des espèces), du potentiel induisant 50 % de cavitation³⁰ et de la conductance cuticulaire³¹, et indice de résistance au froid composé à partir de la moyenne des températures minimales hivernales et printanières que peuvent supporter les espèces (source : Inrae). En bleu, les espèces natives et en rouge, les exotiques. Ces indices représentés dans le graphique sont imparfaits. Ils ne prennent pas en compte le débourrement précoce qui rend *Abies cephalonica* plus sensible aux gelées tardives ou une fermeture stomatique plus précoce du pin d'Alep qui le rend plus résistant à la sécheresse.

2.2.3. Comment limiter les incendies ravageurs dans la région ?

Les incendies de forêts font partie intégrante de l'histoire des paysages méditerranéens et montagnards et sont nécessaires au maintien de la biodiversité et de certaines espèces, mais des méga-feux³² se sont multipliés au cours des dernières décennies autour du bassin méditerranéen. Ces grands feux intenses et dynamiques sont difficiles à maîtriser par les pompiers malgré l'amélioration des moyens et des techniques de lutte. Certains, comme à Rognac-Vitrolles en 2016 (Photo 12, page suivante), se propagent dans les zones urbanisées à la faveur de la végétation naturelle et/ou ornementale. Comme la suppression massive des feux ne peut pas être la seule réponse apportée à ce problème, il convient d'adopter des pratiques pour gérer

nos territoires et nos milieux naturels de manière durable.

Ces grands incendies sont liés aux changements climatiques en cours : allongement de la durée de la saison propice aux feux, augmentation des sécheresses et des températures, extension spatiale de la zone à risque vers le nord et en montagne. De plus, nos paysages se sont embroussaillés et boisés naturellement depuis des décennies, du fait de la déprise agricole et pastorale. La suppression massive des feux a aussi contribué à l'augmentation de la biomasse combustible dans le paysage. Ces phénomènes conduisent à des feux plus intenses et plus rapides.

³⁰ La sève brute circule dans le xylème en tension. Cet état, physiquement instable, génère de la cavitation définie comme la formation de bulles de vapeur d'eau et d'air qui chassent la phase liquide et peuvent entraîner la mort de l'arbre.

³¹ La conductance cuticulaire mesure le niveau d'évaporation résiduelle au niveau de la cuticule lorsque les stomates sont fermés.

³² Un méga-feu mesure plusieurs centaines ou milliers d'hectares, il est très intense et a un comportement très dynamique (développement rapide).

Les scénarios climatiques³³ pour les décennies à venir confirment l'augmentation des conditions propices aux méga-feux qui rejettent massivement du dioxyde de carbone (CO₂).

Les solutions d'adaptation et de prévention visent à rééquilibrer les politiques et les dépenses entre suppression des feux et atténuation des impacts négatifs des incendies. La gestion préventive de la végétation permet de limiter les méga-feux. Les feux dirigés, allumés par les experts hors de la saison à risque, sont une bonne solution pour diminuer la biomasse de végétation combustible et créer des coupures de végétation dans le paysage. Le débroussaillage, notamment par le pâturage, est aussi une solution efficace. Le maintien de l'agriculture et de plantations (oliveraies, vergers, vignes) à faible biomasse inflammable peut ralentir ou arrêter la propagation des feux. La gestion forestière (débroussaillage, prélèvement de biomasse, élagage, etc.) reste la meilleure prévention contre les dépôts de feux et leur propagation incontrôlée. Dans les

zones urbanisées, et notamment à proximité des habitations, le débroussaillage et l'installation de plantes peu inflammables permettent de réduire l'impact du feu sur les maisons ou les infrastructures. Chacun peut aider à son échelle : informer sur le risque et comment s'y préparer est un élément-clé.



Photo 12. Incendie à Rognac-Vitrolles en 2016 (© Thomas Curt, Inrae).

2.2.4. Préserver la biodiversité de la forêt méditerranéenne

Les superficies boisées en région méditerranéenne française sont en constante augmentation depuis le début du XX^e siècle, du fait de la déprise agricole qui a d'abord touché les territoires montagnards, puis collinaires, avant de s'étendre jusqu'aux piémonts et certaines plaines. Même si cette progression a été relativement freinée par l'extension des zones périurbaines, les surfaces boisées actuelles sont au moins équivalentes à celles du Moyen Âge, grâce notamment à l'expansion considérable des formations de pins (pin sylvestre et pin d'Alep) dans un premier temps, puis à la remontée des feuillus, particulièrement du chêne pubescent. Ces boisements récents se sont alors surajoutés aux taillis et forêts anciennes généralement exploitées pour la ressource en bois ou parcourues par les troupeaux jusqu'au début du XX^e siècle, de manière à constituer des systèmes potentiellement forestiers de plus en plus étendus, structurellement hétérogènes (résultant d'historiques différents) avec une grande variété d'habitats et donc de patrons de biodiversité.

Ainsi, la région méditerranéenne française offre aujourd'hui de grandes zones boisées avec une mosaïque de forêts plus ou moins anciennes et mûres, ces dernières constituant d'importants réservoirs de

biodiversité, notamment pour des compartiments du vivant, fondamentaux pour le bon fonctionnement des écosystèmes, mais souvent sous-considérés : faune du sol (collembes, acariens, vers de terre), micro-organismes du sol (bactéries, champignons, nématodes) et insectes (coléoptères, fourmis...). Les forêts véritablement mûres, c'est-à-dire non exploitées depuis au moins 50 ans (cas des forêts sub-naturelles), restent encore assez rares et doivent faire l'objet d'une attention toute particulière en termes de préservation et de « non-gestion », afin de favoriser le maintien d'arbres morts sur pied et au sol (Photo 13, page suivante), de trouées issues des chablis³⁴ (seule véritable garantie du renouvellement et de la pérennité de la forêt sur des pas de temps longs) et l'accumulation de la matière organique sur et dans le sol. L'ensemble de ces paramètres confère une forte résilience aux systèmes forestiers face au changement climatique.



Les forêts véritablement mûres restent encore assez rares et doivent faire l'objet d'une attention toute particulière.

³³ Tous les scénarios climatiques conduisent à une augmentation des conditions météo favorables aux méga-feux (notamment en Méditerranée).

³⁴ Arbre (ou groupe d'arbres) déraciné gisant au sol après un événement climatique (neige, tempête, foudre...), sous l'effet de l'âge, d'une chute de rochers, d'une agression biologique, etc.



Photo 13. Hêtraie sub-naturelle de la vallée du Bès (Alpes-de-Haute-Provence) : arbres morts sur pied ou au sol, à l'origine d'une biodiversité exceptionnelle (© Thierry Gauquelin).

Les bonnes pratiques en matière de gestion forestière doivent absolument intégrer les éléments de ce double contexte particulier : héritage historique (forte pression pluriséculaire sur la forêt méditerranéenne, puis progression récente des boisements dans le sud de la France) et changement climatique global.

Suivant la préoccupation principale visant à favoriser la biodiversité, les modes de gestion à préconiser peuvent se décliner différemment selon les peuplements :

- pour les pinèdes en plein développement : prévoir des itinéraires techniques qui vont favoriser, voire accélérer, le développement des feuillus sous le couvert des pins. Il s'agit de trouver un équilibre entre débroussaillage anti-incendie/éclaircie et le maintien indispensable des feuillus en sous-strate permettant à la chênaie de s'installer, ou se réinstal-

ler, car elle présente une résilience plus forte et une biodiversité plus importante, tout en ayant une pédogenèse³⁵ plus active et un sol vivant en progrès ;

- pour les vieilles forêts « mûres », intervenir le moins possible en se limitant aux aspects sécuritaires si vraiment nécessaire (chute d'arbres sur promeneurs, etc.) ;
- pour les forêts non mûres anciennes ou plus récentes : éviter tout ce qui pourrait interrompre la continuité de l'état boisé et favoriser les processus de maturation ;
- pour les taillis, des éclaircies peuvent être testées : il s'agit, par des opérations de diminution de la densité des taillis, de concilier adaptation au changement climatique et une production de bois optimisée.

³⁵ Processus de formation et de différenciation des sols dépendant d'une part de l'action des êtres vivants et de leur combinaison avec l'environnement minéral et d'autre part, des processus physico-chimiques engendrés principalement par le climat (CNRS, FRB).

Dans tous les cas, des reboisements ou même des plantations d'essences exotiques sont à bannir. On a tout intérêt à miser sur la résilience des écosystèmes forestiers indigènes et les capacités adaptatives de la biodiversité associée. Enfin, concernant les services écosystémiques autres

que biodiversité, l'augmentation des superficies correspond à une fixation de carbone. Les sols des forêts méditerranéennes ont un fort potentiel de séquestration de carbone du fait de leur pauvreté actuelle. De ce fait, préserver la forêt et favoriser sa maturation, c'est favoriser à la fois la biodiversité et la fixation de carbone.



Zoom 5. La jeunesse à la découverte de la biodiversité régionale dans les serres municipales

La commune d'Aix-en-Provence couvre un territoire de plus de 18 600 hectares composé de paysages variés (urbains, périurbains, agricoles, forestiers, ouverts...). Soucieuse de préserver la richesse de sa biodiversité qui présente un fort intérêt écologique et patrimonial, et désireuse de transmettre aux générations futures un riche patrimoine naturel, la ville d'Aix-en-Provence a déployé de nombreuses actions, dont le projet « Le bon air est dans les serres ».

Depuis octobre 2019, les classes maternelles et élémentaires sont accueillies à Puyricard où sont situées les serres municipales qui abritent une oliveraie, un vignoble, un verger, un potager, des ruches, des arbustes... Le but est de sensibiliser les enfants à leur environnement de proximité, à la vie animale et végétale, et d'expliquer l'ensemble des interactions entre les écosystèmes et tous les êtres vivants. Cette action d'éducation à l'environnement privilégie la pédagogie et la curiosité pour montrer que chacun a un rôle à jouer dans la mise en place du développement durable.

Plus de 7500 élèves par an, répartis dans 300 classes, sont appelés à participer à ces ateliers animés par le Centre permanent d'initiative à l'environnement (CPIE) du Pays d'Aix. Ces derniers, adaptés aux niveaux scolaires, proposent de multiples découvertes et/ou activités basées sur l'observation et les sens : les secrets du potager en permaculture, le cycle de vie de l'abeille et l'organisation sociale de la ruche, la fabrication d'un hôtel à insectes, la réalisation d'un compost dans le jardin ou à la maison, l'horticulture sous serres, la découverte du verger...



Photo 14. La nouvelle halle d'accueil pédagogique en bois, située à proximité des serres, est opérationnelle depuis la rentrée scolaire 2020 (© Sophie Rousselon).

Pour renforcer le succès de cette initiative, récompensée au concours départemental des « Jardins nourriciers, potagers et vergers » (Marseille Provence Gastronomie 2019), une halle d'accueil pédagogique en bois de plus de 350 m² (Photo 14), incluant une salle pédagogique et une coursive, a été construite pour assurer les activités tout au long de l'année.

Ce projet dédié à la jeunesse rend les élèves acteurs (ramassage et cueillette de fruits et légumes par exemple) et mobilise les forces locales (la mairie et ses équipes, les écoles, les associations, les jardiniers, les volontaires en service civique, les professionnels du transport scolaire...). Il contribue à la prise conscience générale et encourage la mise en œuvre de bonnes pratiques environnementales susceptibles de préserver la santé de nos écosystèmes de demain.

2.2.5. Quels arbres choisir pour la ville de demain ?

Dans leurs projets, les concepteurs prennent en compte la commande technique et paysagère, mais aussi les visions diverses, parfois contrastées des habitants, des usagers et des politiques. Les aménagements végétalisés font partie de l'écosystème urbain et contribuent aux fonctions écologiques et aux services écosystémiques. Les enjeux sont importants pour le territoire afin de favoriser la biodiversité, valoriser le patrimoine végétal ou paysager, assurer la qualité et la pérennité des aménagements, diminuer les coûts d'entretien, réduire la pollution et améliorer la qualité de l'air, assurer la régulation thermique, prévenir les nuisances et les risques. Même les friches, longtemps déconsidérées, sont aujourd'hui revalorisées comme réservoirs de biodiversité, à condition d'être suffisamment étendues (> 2500 m²) et interconnectées, et d'y contrôler les espèces végétales envahissantes.

L'utilisation de quelques espèces emblématiques bien adaptées comme le platane ou le palmier ne convient plus. Les épidémies du siècle passé, mais aussi l'émergence de plus en plus fréquente de nouveaux ravageurs comme cela a été le cas pour les palmiers, ont montré la nécessité de diversifier les espèces. Celles-ci doivent être adaptées aux contraintes et aux objectifs de chaque aménagement et de chaque site. Il est prudent de recourir à la production locale pour éviter l'introduction de nouveaux ravageurs. Il faut également vérifier si l'espèce végétale ne figure pas sur la liste des espèces envahissantes. Faire le bon choix est stratégique, mais difficile car les critères sont divers, parfois complexes : fonctionnels, écologiques, réglementaires, économiques, climatiques, socio-culturels, sanitaires... Riche de ses paysages et de sa flore, notre région est caractérisée par une offre élevée d'espèces végétales autochtones, mais aussi exotiques, qui ont montré leur adaptation à la sécheresse, la chaleur estivale et les aléas climatiques récurrents ou exceptionnels. En l'absence de dispositifs expérimentaux spécifiques, les gradients climatiques latitudinaux et altitudinaux ont permis de tester empiriquement leurs limites de tolérance. Mais ces données ne sont pas toujours accessibles, ni vérifiées.

À l'échelle nationale, l'association Plante & Cité a développé l'outil Floriscope. En région Provence-Alpes-Côte d'Azur, il n'existe pas encore de base de données. Des projets, comme Arbres d'Avenir en Méditerranée, regroupent des associations de concepteurs et d'utilisa-

teurs, et des scientifiques. À l'échelle locale, la communauté d'agglomération Sophia Antipolis (CASA) a réalisé un travail de synthèse de données et d'expertise. Dans son rapport³⁶, elle propose des listes d'espèces pour divers types d'utilisation et de milieux :

- littoral : camphrier (Photo 15), chêne vert, érable de Montpellier, frêne à fleurs, Tamaris commun, micocoulier de Provence...
- moyen pays : chêne vert, chêne pubescent, érable champêtre, frêne à feuille étroites, tilleul à petites ou grandes feuilles, marronnier d'Inde, pin d'Alep...
- haut pays : alisier blanc, charme houblon, chêne pubescent, cormier, érable champêtre, érable à feuilles d'obier, frêne élevé...

Le choix est complexe car il doit tenir compte de la tolérance au changement climatique des arbres, des conditions locales (ressources en eau, type et profondeur des sols...), des risques d'allergies avérés ou potentiels, de la résistance aux maladies, de la capacité des espèces à contribuer à la réduction de la pollution de l'air... Cette complexité est parfois source de confusions pour les acteurs locaux et d'informations contradictoires, ce qui rend nécessaire le dialogue entre les parties prenantes (acteurs locaux, scientifiques, habitants...) afin de prendre les meilleures décisions possibles.

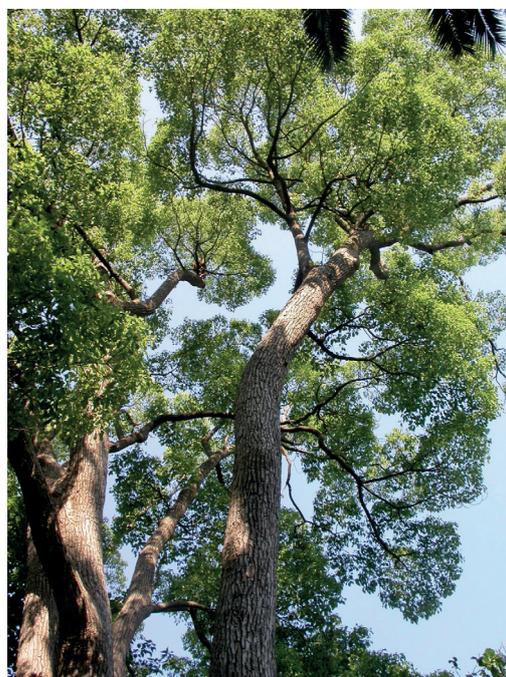


Photo 15. Camphrier dans le jardin Thuret à Antibes
(© Catherine Ducatillon).

³⁶ www.agglo-sophiaantipolis.fr/fileadmin/medias/pdf/entre_les_lignes/Palette_vegetale_CASA.pdf

2.2.6. Quelle sélection d'arbres urbains pour réduire la pollution de l'air ?

La pollution de l'air, dont certains gaz contribuent au changement climatique, est considérée comme un problème de santé publique majeur, associée à 4,2 millions de décès prématurés par an dans le monde. D'ici 2030, 82 % de la population européenne vivra en ville et sera exposée à près de 200 polluants atmosphériques affectant la santé humaine, la qualité de vie et le bien-être des citoyens. À ce jour, l'ozone troposphérique, les particules en suspension et le dioxyde d'azote sont les polluants atmosphériques les plus menaçants en termes d'effets nocifs sur les personnes. L'été 2019 a connu deux vagues de chaleur et des pics de pollution de l'air en Europe, ce qui a sensibilisé considérablement les autorités publiques aux urgences liées à la pollution de l'air et au changement climatique : 3 millions d'arbres plantés d'ici 2030 à Milan, 1 million d'arbres d'ici 2022 en région Provence-Alpes-Côte d'Azur... Cependant, ces stratégies de plantation ont dégradé la qualité de l'air dans quelques municipalités : par exemple, la plantation de pins en périphérie de Madrid a entraîné une augmentation des niveaux d'ozone.

Sélection appropriée d'espèces végétales

L'écologisation urbaine est généralement une stratégie « gagnant-gagnant » au bénéfice de la qualité de l'air et du climat. Les espaces verts en ville peuvent réduire la pollution de l'air et les émissions de gaz à effet de serre, séquestrer le carbone, réguler la température de l'air, atténuer le ruissellement des eaux pluviales, réduire le bruit et fournir des avantages récréatifs, sociaux et esthétiques. La végétation facilite le dépôt de particules et de gaz à la surface des feuilles, absorbe les polluants gazeux (dioxyde d'azote et ozone). *A contrario*, les arbres peuvent libérer des composés organiques volatils biogènes, conduisant à la formation d'ozone, et des pollens allergènes, mais aussi engendrent des coûts supplémentaires pour leur gestion (élagage, lutte contre les maladies, arrosage et dommages causés aux infrastructures urbains³⁷). Pour une amélioration optimale de la qualité de l'air en ville, le principe est de planter « *le bon arbre au bon endroit* ».

Une végétation haute ou basse, dense ou clairsemée, plus ou moins espacée, détermine l'effet sur la pollution de l'air. La végétation doit être à la fois suffisamment dense et espacée afin de permettre une bonne circulation de l'air. Pour améliorer la qualité de l'air tout au

long de l'année, les programmes de plantation d'arbres doivent sélectionner diverses essences :

- adaptées aux conditions climatiques locales et à l'environnement urbain,
- résistantes (maladies, ravageurs, sécheresses, ozone),
- émettant peu de composés organiques volatils et pollens allergènes,
- faisant preuve d'une capacité maximale d'élimination des particules, du dioxyde d'azote et de l'ozone,
- à croissance rapide, longue durée de vie et à faible entretien.

Les essences d'arbres et d'arbustes arbitrairement considérés comme les plus efficaces pour améliorer la qualité de l'air sont : érable (*Acer sp.*), Ailante glanduleux (*Ailanthus altissima*), charme (*Carpinus sp.*), hêtre (*Fagus sylvatica*), *Larix decidua*, *Liriodendron tulipifera* et *Prunus sp.* (Figure 8). Les espèces végétales les moins efficaces pour améliorer la qualité de l'air sont principalement les arbustes (tels que myrte commun et buis), le chêne, le peuplier et l'eucalyptus. L'espèce la plus répandue en ville (acacia) a une faible efficacité. Dans le passé, les arbres étaient principalement sélectionnés pour leur esthétique.

Pour réduire efficacement la pollution de l'air dans les villes, il est important de définir une gestion appropriée des arbres urbains, y compris une sélection appropriée des essences, en mettant l'accent sur la capacité d'élimination de l'ozone et d'autres polluants atmosphériques, les taux d'émission biogéniques, les effets allergènes et les exigences d'entretien. Les toits végétalisés, dont la capacité d'élimination des polluants est bien moindre que les arbres, peuvent être utilisés pour compléter la contribution des arbres urbains.



L'écologisation urbaine est généralement une stratégie « gagnant-gagnant » au bénéfice de la qualité de l'air et du climat.



³⁷ Racines déformantes par exemple.

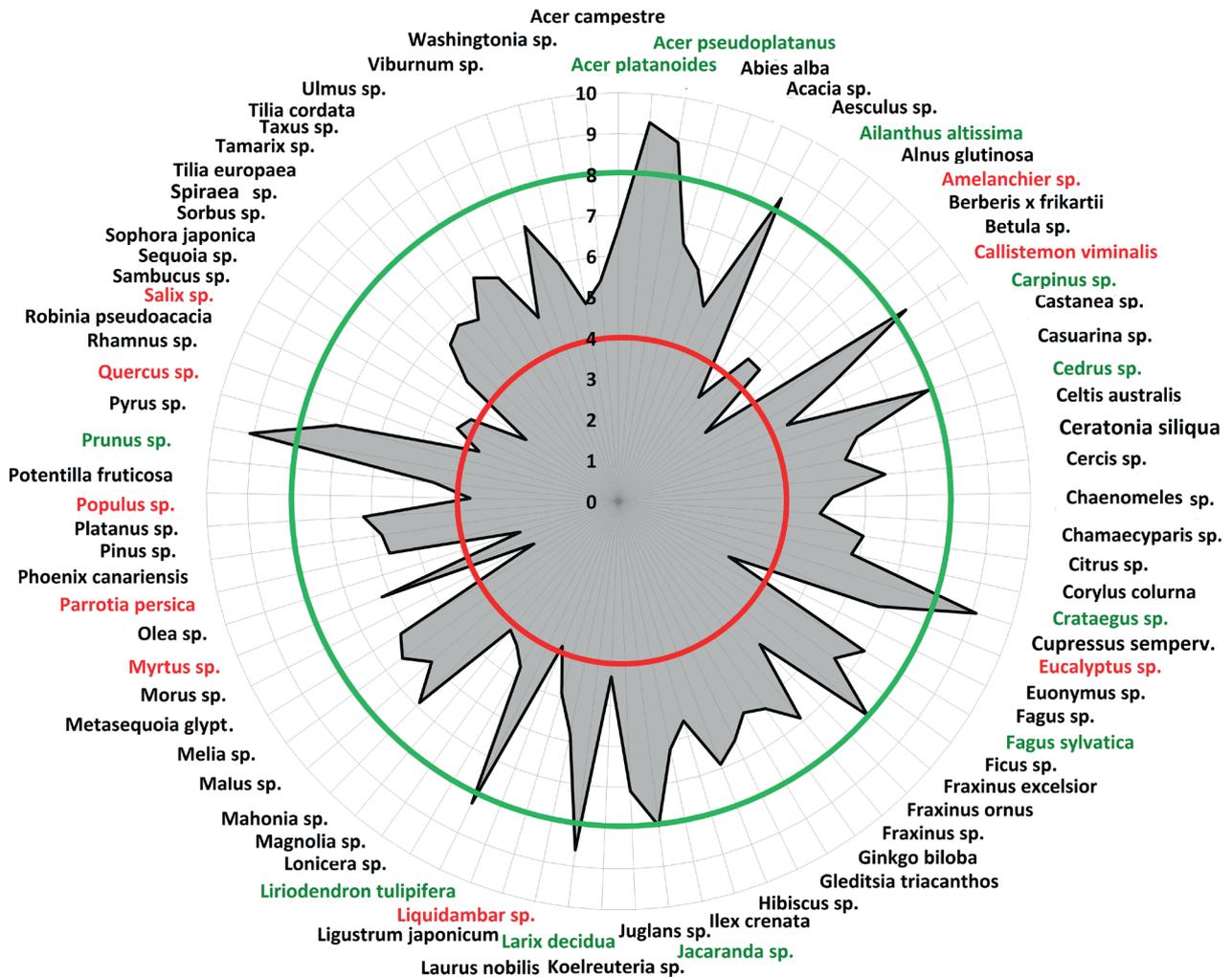


Figure 8. Classification de 95 espèces végétales en fonction de leur capacité d'élimination des principaux polluants atmosphériques, de leur résistance aux maladies, ravageurs, sécheresses, à l'ozone, et de leur facteur d'émission de composés organiques volatils et pollens allergènes : indices 1-4 : espèces végétales non recommandées ; indices 8-10 : recommandées pour la plantation en ville (source : Sicard et al., 2018).

2.3. Comment sécuriser les ressources en eau ?

L'une des problématiques majeures du changement climatique en région méditerranéenne est l'eau, une ressource vitale. La Provence-Alpes-Côte d'Azur a la chance de bénéficier d'eaux de surface et souterraines relativement abondantes, mais inégalement réparties dans l'espace et le temps. Pour satisfaire les besoins des activités humaines (eau potable, irrigation des terres agricoles, hydroélectricité, systèmes de refroidissement des industries...), il est nécessaire de gérer les volumes disponibles pour assurer l'approvisionnement en eau tout au long de l'année. En ce sens, les gestionnaires, et plus largement tous les acteurs socio-économiques de la région, s'appuient sur les infrastructures, les équipements, les réseaux, les accords-cadres, etc. qui ont nécessité de lourds investissements depuis des siècles. Dans un contexte de changement climatique fragilisant les ressources en eau, quelles pistes d'adaptation ? Avec la hausse de la température, la

répétition des sécheresses et des vagues de chaleur notamment en été, l'évolution probable du régime des pluies (plus de précipitations en hiver, moins en été), la diminution du manteau neigeux, les besoins multi-usages des acteurs régionaux qui tendent à croître avec l'évolution démographique et économique..., la gestion durable des ressources en eau s'impose pour satisfaire la demande et les exigences sociétales (quantité et qualité de l'eau), mais aussi assurer l'accès à l'eau des milieux naturels. L'objectif est d'éviter les pénuries et les crises ou tensions sociales, économiques, politiques et/ou environnementales qui en découleraient. Mais comment gérer durablement les ressources en eau ? Comment optimiser les réseaux d'irrigation ? Quel intérêt d'utiliser les eaux usées ? Ce sous-chapitre donne des orientations, non exhaustives, pour aborder la question cruciale de la ressource en eau régionale.

2.3.1. Gérer durablement la ressource en eau

En région Provence-Alpes-Côte d'Azur, des équipements de sécurisation de la ressource ont été développés au cours des siècles, à travers un réseau dense de canaux dédiés au transport de l'eau et de retenues de stockage, comme la chaîne Durance-Verdon. Cependant, de nombreuses situations de déséquilibre quantitatif persistent (Figure 9). Ces secteurs fragiles

présentent une inadéquation entre la disponibilité de la ressource et les besoins inhérents aux usages. Parallèlement, face au changement climatique et à la vulnérabilité généralisée des usages de la ressource en eau, la question n'est plus de savoir s'il faut agir, ni même comment, mais où et quelles priorités se donner pour investir ?

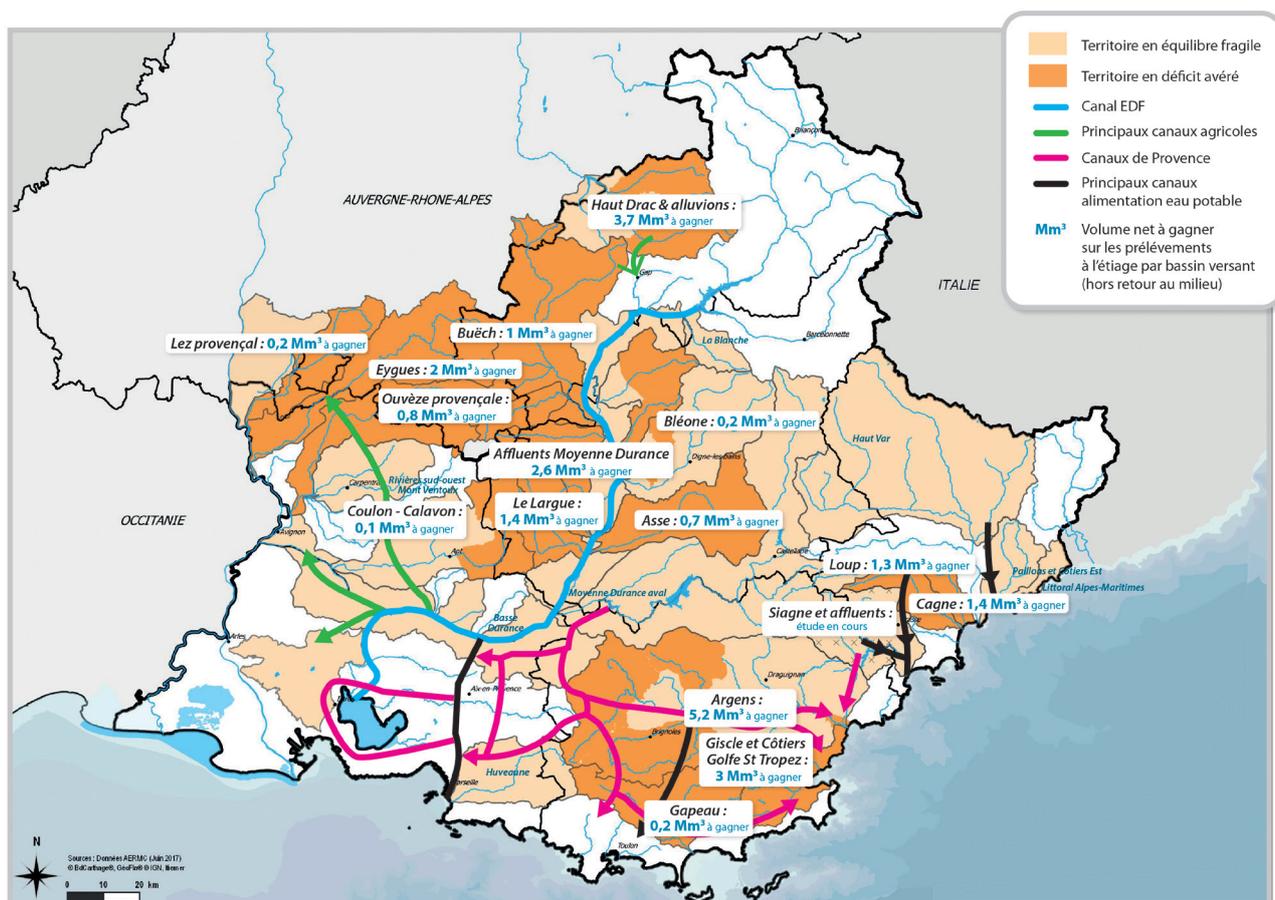


Figure 9. Les territoires déficitaires en ressources en eau et principaux transferts d'eau de Provence-Alpes-Côte d'Azur (source : Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 2018).

À cet effet, 19 sous-bassins ou masses d'eau souterraines ont été identifiées en région Provence-Alpes-Côte d'Azur par le Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux Rhône-Méditerranée (SDAGE RM), nécessitant des actions pour résorber ces déséquilibres. Sur chacun de ces bassins versants, les études d'évaluation des volumes prélevables ont posé un diagnostic sur la nature et l'ampleur des déséquilibres. Elles ont également permis de fixer des objectifs de réduction des prélèvements. Face à ces constats et propositions, les usagers de la ressource s'engagent dans les projets et plans de territoire pour la gestion de la ressource en eau (PTGE/PGRE) visant à rétablir l'équilibre quantitatif, en prenant en compte les évolu-

tions du climat. Au total, 21 PGRE ont été réalisés et 80 % sont actuellement adoptés.

Les leviers d'actions sont mis en œuvre pour éviter les situations de crise. Les actions d'économies d'eau sont majoritaires, et si elles sont insuffisantes, des projets de ressource de substitution sont alors envisagés pour décaler les prélèvements dans le temps (stockage) et/ou l'espace (par transfert). Depuis 2013, environ 97,5 millions de mètres cubes (Mm³) ont été économisés ou substitués dans la région. Les économies d'eau ont été réalisées par les collectivités, en particulier grâce à des travaux d'adduction en eau potable réduisant les fuites, pour un volume de 59 Mm³. L'agriculture participe également à ces économies d'eau (38,5 Mm³) en luttant par

exemple contre les fuites dans les canaux d'irrigation. L'agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse a contribué financièrement à hauteur de 102 millions d'euros pour soutenir ces actions. Cet effort sur la gestion de la ressource a été complété par des actions visant la résilience des milieux aquatiques pour limiter les effets du changement climatique. En ce sens, 5000 hectares de zones humides ont été préservées ou restaurées et plus de 70 km de cours d'eau restaurés. Les dépenses engagées aujourd'hui par l'agence servent à sécuriser autant que possible l'accès à l'eau et à anticiper les évolutions futures.

La dynamique est donc engagée grâce notamment aux PTGE/PGRE. Ils offrent un cadre de concertation qui assainit le débat portant sur le recours aux solutions de type retenues ou transferts d'eau, rassurent les investisseurs et les financeurs sur le bon dimensionnement des ouvrages, au regard des indispensables efforts en faveur des économies l'eau. La concertation menée dans le cadre du SAGE du Calavon sur le volet quan-

titatif a été à ce titre exemplaire : ateliers participatifs, études de scénarios, participation des collectivités et des agriculteurs, traduction dans les documents d'urbanisme... Ces temps de concertation permettent aussi de s'interroger sur la question du développement de l'irrigation sur des territoires en déséquilibre.

Les solutions concrètes préconisées doivent porter sur l'efficacité des prélèvements des ressources en eau disponibles et le partage équitable de l'eau. Elles tendent vers une solidarité entre usagers, la lutte contre les gaspillages ou le développement d'usages plus sobres en eau afin de réduire leur sensibilité aux aléas. Ces démarches invitent aussi et surtout à préserver ou restaurer le bon fonctionnement des milieux aquatiques, humides ou littoraux, de façon à favoriser la biodiversité et restaurer les services assurés par les milieux aquatiques, tout particulièrement pour la production d'une eau de qualité à la hauteur des besoins des usages.



Zoom 6. Les scénarios sur l'avenir de la nappe phréatique de la Crau se dévoilent

Face aux changements climatiques auxquels sont confrontés la plaine de la Crau et le bassin de la Durance, l'enjeu est de maintenir une gestion équilibrée de la ressource en eau souterraine entre les usages domestiques, industriels et agricoles, et les besoins des écosystèmes. Pour apporter des réponses spécifiques à l'horizon 2050, les opérateurs techniques, la communauté scientifique et les acteurs socio-économiques se mobilisent.

La nappe de la Crau joue un rôle essentiel pour l'alimentation des populations, les activités économiques, certains habitats humides remarquables du territoire... Des analyses ont confirmé la sensibilité de cette ressource aux conditions d'aménagement du territoire, aux apports en eau durancienne, aux prélèvements et, de manière indirecte, au climat. Le territoire s'interroge ainsi sur son développement tout en préservant les services essentiels rendus par la nappe.

Afin de prévenir les évolutions en cours ou à venir, le comité syndical du SYMCRAU (syndicat mixte de gestion de la nappe de la Crau) souhaite se doter d'un cadre de gestion équilibrée de la ressource en eau sur le long terme. L'étude SINERGI, inscrite au Contrat de nappe, a ainsi été engagée dès l'automne 2017 pour :

- déterminer les contraintes qui vont s'imposer au territoire dans les années à venir et les impacts à prévoir sur la ressource en eau ;
- anticiper les mesures à prendre pour concilier le développement du territoire avec une gestion de la ressource équilibrée satisfaisant les usages socio-économiques et les besoins des écosystèmes ;
- analyser l'impact sur les usages des mesures pouvant s'appliquer dans le cadre d'un plan de gestion des ressources en eau, en cas de sécheresse affectant la plaine de la Crau et le bassin versant de la Durance.

Le SYMCRAU s'est doté d'un outil de simulation numérique des flux d'eau à l'interface et au sein du système aquifère (projets ASTUCE & TIC et SIRRIMED). Ce modèle s'est enrichi des connaissances récemment acquises sur le fonctionnement du système (Figure 10, page suivante). Des indicateurs spécifiques ont été définis pour permettre une quantification des impacts sur les usages de la nappe et l'alimentation des écosystèmes. Les conséquences de scénarios prospectifs sur la gestion de la ressource à l'horizon 2050, établis à la suite d'une concertation avec les acteurs du territoire, ont ainsi pu être modélisées.

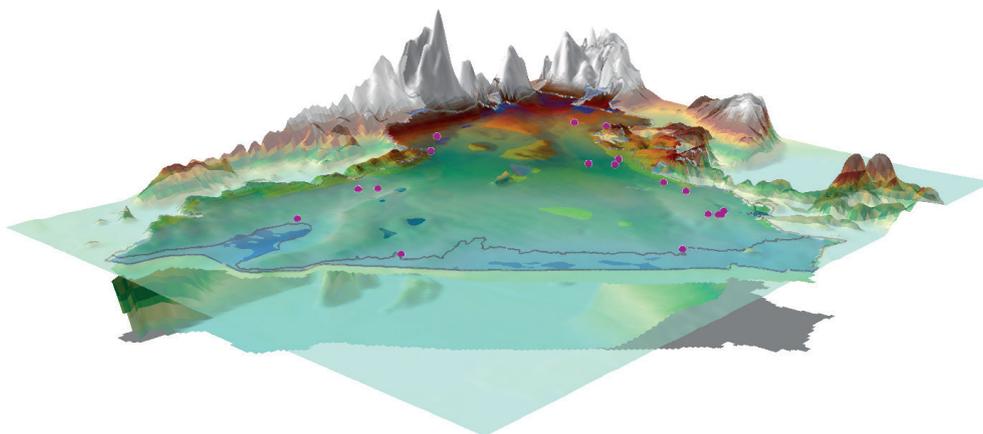


Figure 10. Modèle du système aquifère de la Crau appliqué à l'étude SINERGI (source : SYMCRAU).

Les résultats de l'étude SINERGI permettent de dessiner une stratégie politique pour rendre ce territoire plus résilient aux changements climatiques, conciliant usages socio-économiques et besoins des écosystèmes.

2.3.2. Optimiser les réseaux d'irrigation pour éviter la pénurie d'eau

Le réchauffement climatique entraîne une augmentation des besoins en eau des cultures (évapotranspiration potentielle³⁸ : +11 % en 20 ans), alors que les pluies d'été et la ressource en eau tendent globalement à baisser dans la région. Il est donc primordial d'optimiser la gestion de l'eau à la parcelle.

Le passage d'une irrigation « de masse » (à la raie ou aspersion) à une irrigation localisée (goutte-à-goutte ou micro-aspersion) permet de faire des économies d'eau substantielles (au moins 20 %). Le choix des cultures, moins gourmandes en eau, est également l'un des leviers possibles pour limiter la consommation d'eau au sein d'une exploitation. Une attention particulière doit être portée au bon entretien des installations d'irrigation : comparer par exemple le volume d'eau passé à la borne au cours d'une irrigation et le volume théorique permet de détecter s'il y a une fuite sur le réseau d'irrigation de la parcelle ou si des goutteurs sont bouchés.

Un bon pilotage de l'irrigation garantit aussi les justes besoins en eau de la culture, aux moments clés du développement de la plante, tout en préservant la qualité et le rendement. Au cours des dernières décennies, les outils d'aide au pilotage des irrigations ont évolué : les outils connectés d'aujourd'hui, qui assurent le suivi en temps réel de l'humidité du sol (sondes capacitives Drill & Drop, Monitor R2-DX...) à l'aide d'un ordinateur, d'une tablette ou d'un smartphone, ont succédé aux bilans hydriques calculés à partir de l'ETP ou encore aux tensiomètres qui mesurent la tension de l'eau dans le sol. Ces nouveaux outils d'aide à la décision permettent aux irrigants d'échanger directement avec les techniciens via une plateforme internet dédiée (conseils, doses d'irrigation...), pour une gestion efficace de l'irrigation (sans perte d'eau par percolation), tout en gagnant du temps et en allégeant la charge mentale des agriculteurs (Figure 11).

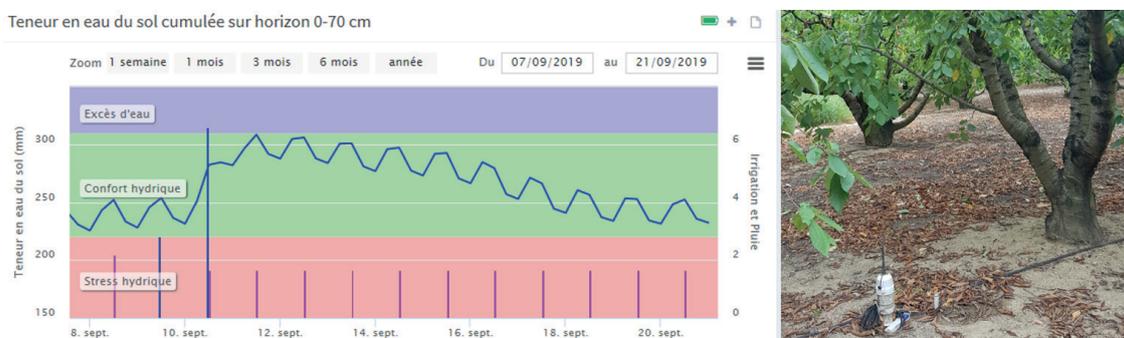


Figure 11. Exemple de suivi hydrique d'une parcelle de cerisiers irrigués au goutte-à-goutte, sur la plateforme dédiée développée par le CIRAME (source : CRIIAM Sud).

³⁸ ETP : eau consommée (évaporation du sol + transpiration de la plante) par une culture de type gazon, non limitée en eau.

L'économie d'eau d'irrigation passera également par (plus de matière organique) et l'utilisation de nouvelles techniques (télédétection, ombrières...).



Zoom 7. Adapter l'agriculture irriguée pour atténuer les effets des changements climatiques

Face aux enjeux et aux contraintes des changements climatiques, l'irrigation et les solutions associées sont essentielles au maintien de l'activité agricole en région provençale et sud-alpine. Pour garantir ses missions d'animation et de concertation dans le domaine de la gestion de l'eau confiées par décret ministériel en 2018, la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur a lancé une étude prospective (PRO HYDRA 2028) permettant d'objectiver les nouveaux besoins en eau (filiales viticole et lavandin notamment) et de recenser tous les investissements en matière d'hydraulique agricole, pour engager la profession agricole dans une stratégie d'adaptation aux changements climatiques. Il s'agit de planifier les grands chantiers ces dix prochaines années et de prioriser les projets financés par l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, la Région et les fonds européens.

L'étude met en évidence des besoins importants en termes d'investissements à venir, soit près de 700 millions d'euros dédiés aussi bien à l'extension des réseaux qu'à leur modernisation, voire leur maintien et réhabilitation. En raison de la hauteur des investissements et de la fragilité des collectifs qui portent très largement le développement de l'hydraulique agricole, il est nécessaire de soutenir toute la filière agricole pour tendre vers des techniques de plus en plus économes en eau et proposer de nouveaux modèles économiques intégrant l'agriculture irriguée dans de véritables projets de territoires.

En complément de ses aides en faveur de la modernisation de l'hydraulique agricole, la Région investit également dans le cadre de son contrat de concession du canal de Provence (Photo 16) : un ambitieux plan d'aménagement et d'investissement de 620 millions d'euros sur 20 ans, dont 70 % visent le développement ou l'extension de réseaux d'irrigation agricole, a été acté.



Photo 16. Le canal de Provence (© Camille Moirenc, Société du Canal de Provence).

2.3.3. Les eaux usées deviennent des ressources : mise en place d'un nouveau paradigme

L'eau est nécessaire à toutes les activités humaines et reste un des enjeux majeurs de ce siècle au cœur des Objectifs de développement durable des Nations Unies. Les usages de l'eau sont en général regroupés en trois catégories principales : usages agricoles, usages urbains et domestiques, usages industriels. Si, à l'heure actuelle, près de 70 % des ressources en eau de la planète sont destinées à l'agriculture, 20 % à l'industrie et 10 % aux usages urbains et domestiques, leur répartition varie d'un continent à l'autre selon le niveau de développement économique. Dans le schéma classique des usages de l'eau, les prélèvements dédiés à chaque activité se font en parallèle sans différencier les besoins quantitatifs et qualitatifs. Ce schéma simple nécessite des ressources abondantes (somme des besoins) et met de fait les usages en concurrence entraînant dans de nombreuses régions (pas seulement dans les pays arides en stress hydrique) des restrictions d'usages avec des impacts socio-économiques importants. Ce schéma aboutit aussi à des aberrations telles que : (i) la mise en place coûteuse de réseaux sur de longues distances, l'utilisation de l'eau potable (ii) pour transporter les excréments, (iii) nettoyer les voiries ou (iv) arroser les jardins, les espaces verts et récréatifs. Enfin, l'empreinte énergétique d'un tel schéma est non négligeable notamment dans les pays où l'accès à l'énergie est limité. À titre d'exemple, elle est estimée à 950 kWh/hab.an (incluant la production d'eau chaude sanitaire et sans dessalement d'eau de mer) pour un usage domestique dans un pays développé. Afin d'optimiser la ressource, de nouveaux schémas ont été imaginés et certains d'entre eux sont déjà mis en œuvre privilégiant l'économie circulaire appliquée au cycle d'usages de l'eau. Ces approches plus complexes ne considèrent plus les eaux usées comme des déchets, mais comme des ressources en matières et énergie (Figure 12, page suivante) avec, au cœur de ce processus, la STation d'ÉPuration des eaux usées (STEP).

Sur le volet « ressources en matières », trois grandes voies sont distinguées :

- la réutilisation des eaux usées traitées : cette approche mise en place dans de nombreux pays

présente de nombreuses potentialités et diversités d'usages. En majorité, une réutilisation des eaux usées traitées profite à l'agriculture, ce qui ne pose actuellement pas de problèmes avec des traitements adaptés³⁹, si ce n'est la nécessaire proximité du besoin. En ce sens, le potentiel lié à l'agriculture urbaine propose de très belles perspectives. Néanmoins, d'autres usages (parcs, jardins, golf⁴⁰, nettoyage des voiries...) sont également intéressants et très adaptés aux centres urbains. Enfin, à une échelle plus petite, la réutilisation des eaux grises⁴¹ pour certains usages (flush de toilettes, arrosage jardin et espaces verts...) à l'intérieur des habitats ou à proximité permet de réduire de 30 à 40 % les besoins en eau domestique ;

- les eaux usées contiennent des quantités non négligeables d'azote et de phosphore, et il existe des procédés permettant de les extraire afin de produire des fertilisants pour l'agriculture (production de struvite par exemple) ;
- les boues issues des STEP concentrent les métaux présents dans les eaux usées, notamment des métaux dits « stratégiques » dont les besoins sont croissants alors que les ressources sont très limitées (leur extraction soulève par ailleurs de grandes questions environnementales et humaines). Il est possible d'extraire une valeur de 250 euros environ de métaux stratégiques par tonne de boues de STEP.

Sur le volet « valorisation de l'énergie » des eaux usées, deux grands axes s'imposent :

- la production d'énergie directe dans les STEP afin de les rendre autonomes en énergie, voire même basculer en énergie positive. Cette production est possible grâce à l'association de boues produites sur place et de déchets organiques humides ou secs. La combinaison de procédés biologiques (méthanisation⁴²) avec des procédés thermiques (gazéification thermique⁴³) permet de produire sur site des gaz combustibles susceptibles de créer toute l'énergie nécessaire au fonctionnement de la STEP, mais aussi, dans certains cas, à d'autres usages ;

³⁹ À Porquerolles, les eaux sont réutilisées en arboriculture depuis plus de 40 ans, par exemple.

⁴⁰ Le terrain de golf de Saint-Maxime est arrosé depuis près de 10 ans avec les eaux usées traitées de la ville.

⁴¹ Les eaux grises sont les eaux issues des douches, baignoires et lavabos qui sont peu polluées : un projet de réutilisation de ces eaux traitées in situ est actuellement à l'étude sur le site d'Euroméditerranée à Marseille.

⁴² À Marseille, la méthanisation des boues de la STEP de la ville permet de produire du biogaz destiné à alimenter les bus.

⁴³ Un prototype de gazéification thermique d'un mélange de boues et de déchets a été construit et mis au point sur le site de la STEP d'Avignon dans le cadre d'un projet collaboratif liant Veolia, Aix-Marseille Université et des PME régionales.

- la température des eaux usées est relativement constante toute l'année, autour de 17 °C, plus chaude que l'air ambiant en hiver et plus froide que l'air ambiant en été. La mise en place d'échangeurs de chaleur associés à des pompes à chaleur dans les réseaux d'eaux usées⁴⁴ permet ainsi de produire de la chaleur ou du froid.

La mise en place de ces cycles d'usages de l'eau (i) réduit la pression anthropique sur les ressources, (ii) augmente les potentialités d'usages en jouant sur la complémentarité des besoins quantitatifs et qualitatifs, (iii) réduit ou annule l'empreinte énergétique de ce cycle, mais aussi (iv) propose un modèle économique plus performant. Le point sensible reste le suivi et le contrôle des micropolluants et leur accumulation potentielle.

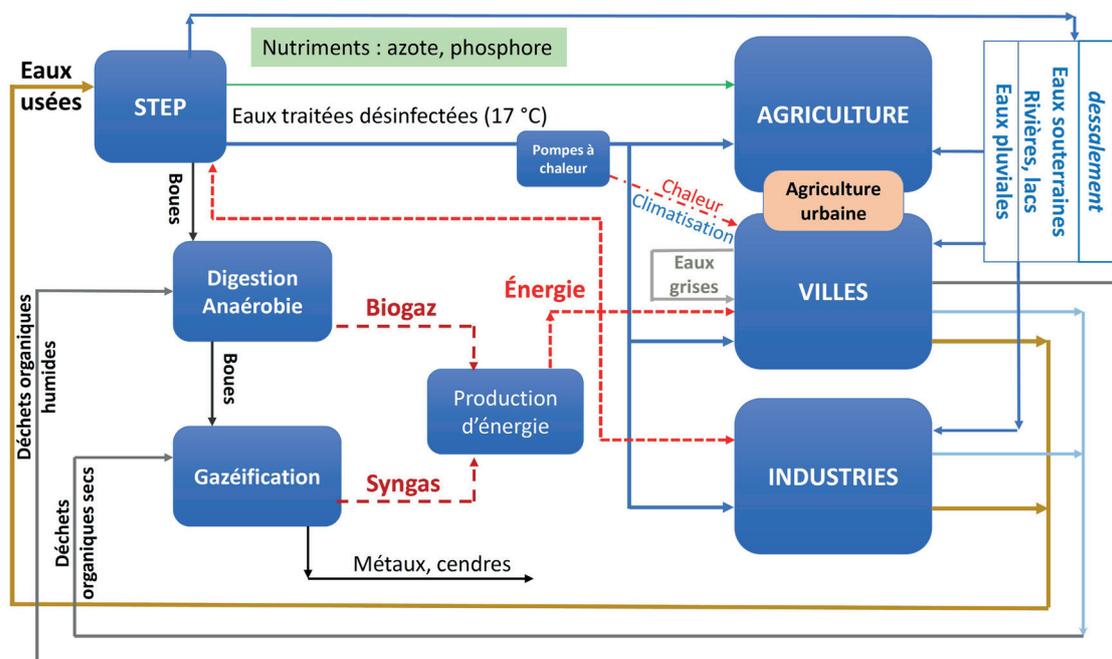


Figure 12. Représentations d'un cycle d'usages de l'eau dans une approche d'économie circulaire (source : Nicolas Roche, 2020).



Zoom 8. Économiser l'eau et limiter la pression anthropique sur l'eau douce

Les communes et intercommunalités devraient en priorité lutter contre les fuites des réseaux d'eau potable et imposer à leurs délégataires une obligation de résultats. Les différents acteurs pourraient se mobiliser autour de cet enjeu, comme le programme de l'association GESPER destiné au Parc naturel régional du Luberon, dont les objectifs étaient : accompagnement à l'autodiagnostic des communes, visite des équipements, repérage des fuites et du matériel obsolète. Comme le soulignent les porteurs du projet, il est difficile de sensibiliser les habitants si ces derniers ne constatent pas les efforts de leur collectivité : en ce sens, les communes doivent être « exemplaires » et communiquer.

Par ailleurs, pour inciter les usagers à économiser l'eau, il conviendrait, avec l'aide de l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, de :

- renforcer les contrôles sur les forages directs en nappe, très fréquents dans la région ;
- s'orienter vers une tarification progressive des différents usages de l'eau : tarification faible pour les premiers mètres cubes consommés, correspondant aux usages vitaux de l'eau (calculés par rapport au nombre de personnes du foyer), puis tarification en augmentation progressive ou exponentielle pour limiter les usages « somptuaires » de l'eau : par exemple, remplissage des piscines, arrosage des pelouses... En sus, une interdiction et des amendes proportionnées pendant les périodes d'étiage seraient appliquées. Une telle tarification pousserait certains usagers à développer le stockage de l'eau pluviale des toitures, ce qui aurait un effet bénéfique sur la gestion de la ressource et des inondations.

⁴⁴ Les piscines du Cercle des nageurs à Marseille sont partiellement chauffées grâce à des pompes à chaleur connectées au réseau d'eaux usées.

2.3.4. Le PGSSE : un outil pour garantir la sécurité sanitaire de l'eau potable distribuée

À l'avenir, la disponibilité durable de l'eau de boisson sera remise en question si les systèmes d'approvisionnement ne s'adaptent pas à la variabilité et l'évolution rapide du climat. Le changement climatique modifie d'ores et déjà la fréquence et l'intensité des phénomènes météorologiques extrêmes (crues, inondations, sécheresses...), et il est susceptible d'affecter la quantité et la qualité des ressources en eau douce.

Dans ce contexte, la sécurité sanitaire et la sûreté de l'eau de boisson deviennent des enjeux majeurs, d'autant plus que la croissance démographique, l'urbanisation croissante et les besoins industriels exercent aussi des pressions. Pour limiter les risques, il est indispensable de renforcer la résilience des services d'approvisionnement en eau. Le Plan de gestion de la sécurité sanitaire des eaux (PGSSE) constitue une approche proactive d'évaluation et de gestion des risques pour garantir la sécurité sanitaire et la sûreté des approvisionnements en eau de boisson. La démarche, recouvrant toutes les étapes d'approvisionnement (de la ressource exploitée jusqu'au robinet des consommateurs), propose un véritable changement culturel dans le domaine de l'eau et repose sur un renforcement des compétences technico-administratives en privilégiant une approche anticipative plutôt que curative. Dès 2004, les PGSSE ont été introduits dans les directives de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) pour la qualité de l'eau de boisson. Les PGSSE préconisés par l'OMS s'appuient sur des méthodes d'analyse des dangers et de maîtrise des risques. L'objectif est de respecter trois exigences fondamentales : la disponibilité, la qualité sanitaire et la qualité organoleptique⁴⁵ de l'eau délivrée à la population. Les PGSSE ont été introduits dans les réglementations européenne et française en octobre 2015.

Les PGSSE sont également des leviers d'action pour faire face aux changements climatiques à chaque étape de leur élaboration en intégrant les événements climatiques passés et futurs. Les équipes chargées des PGSSE font appel à l'exper-

tise des parties prenantes (hydrologie, climatologie...) pour mieux comprendre les impacts potentiels du changement climatique. En identifiant les dangers et en évaluant les risques, les équipes sont en mesure de planifier les actions d'amélioration. L'élaboration des procédures de gestion et des programmes de soutien à un niveau élargi permet de renforcer la capacité institutionnelle et individuelle des fournisseurs d'eau à gérer les risques liés à la pénurie et la fiabilité de l'eau, grâce notamment aux plans d'intervention d'urgence (en cas d'inondations ou de sécheresses).

À titre d'exemple, la régie Eau d'Azur (REA), alimentant en eau potable 49 communes et 550 000 habitants au sein de la Métropole Nice Côte d'Azur, a initié un PGSSE en 2020 sur le périmètre de la commune de Nice. Les installations du haut-pays ayant été très touchées par la tempête ALEX (Photo 17), la régie Eau d'Azur (REA) a été privée pendant plusieurs semaines de cette ressource en eau stratégique. Pour ne plus en dépendre, au fil des événements, la REA a réfléchi dès 2015 à de potentielles solutions à appliquer soit parce qu'elle ne serait plus disponible, soit parce que la qualité de la Vésubie ne la rendrait plus compatible avec son traitement. La tempête ALEX a permis de vérifier la pertinence des solutions mises en œuvre, d'enrichir la réflexion et ainsi apporter certaines améliorations. Les critères de fréquence et de gravité des événements météorologiques et climatiques font ressortir cette démarche comme prioritaire dans l'outil de cotation permettant d'identifier et d'évaluer les menaces et les risques associés dans le cadre de l'élaboration du PGSSE. Plusieurs axes de travail sont actuellement en cours : (i) une étude pour améliorer la connaissance du bassin versant de la Vésubie et l'identification des risques (naturels et technologiques), (ii) une augmentation de la surveillance des ressources (débit et qualité) et (iii) une définition des scénarios de crise et les réponses à apporter (orientations et investissements...) dans un contexte de changement climatique.

⁴⁵ Tout ce qui est susceptible d'exciter un récepteur sensoriel (Futura santé).



Photo 17. Travaux de remise en état de la prise d'eau à Saint-Jean-la-Rivière, ouvrage de tête du canal de la Vésubie (© ARS PACA).

2.4. L'énergie au service des transitions

Toutes les activités anthropiques dépendent de l'énergie. Comme les énergies fossiles sont les principales responsables du changement climatique depuis le début de l'ère industrielle, elles sont au cœur des débats et la cible des critiques, mais le secteur énergétique est aujourd'hui pourvoyeur de solutions durables pour s'engager dans les transitions écologiques, énergétiques, sociales, économiques..., à condition de réinventer nos modes de production et de consommation. Pour lutter contre le changement climatique, il est essentiel de repenser notre mobilité, transformer nos industries, rénover l'habitat, développer les énergies renouvelables,

privilégier des modes de vie plus sobres... Les regards de tous les acteurs territoriaux, sans aucune exception, doivent se tourner vers de nouvelles voies, pour respecter les objectifs de réduction graduelle des émissions de gaz à effet de serre et la neutralité carbone en 2050. L'énergie est un atout des transitions si la société le décide. Mais comment augmenter la performance énergétique, privilégier l'écoconstruction, valoriser les énergies de récupération en entreprise, développer les énergies renouvelables, décentraliser la production de l'électricité ?

2.4.1. Augmenter la performance énergétique des bâtiments

En région Provence-Alpes-Côte d'Azur, la consommation des bâtiments représente environ 30 % de la consommation énergétique régionale. C'est beaucoup moins que la moyenne nationale qui est de 45 %, notamment à cause du poids important du secteur industriel. Cependant, ce constat ne doit pas occulter le fait que 45 % des logements de la région ont été construits avant 1971, soit avant la première réglementation thermique datant de 1974. En référence aux étiquettes énergie, 25 % du parc est classé en étiquettes E, F et G. Dans le tertiaire, 65 % de la surface totale a été construite avant la première réglementation thermique. Plus de 60 % des bâtiments tertiaires privés et plus de 30 % des bâtiments tertiaires publics sont classés en

étiquettes E, F ou G.

L'amélioration de la performance de l'enveloppe de ces bâtiments est donc primordiale pour réduire les consommations et les rejets de gaz à effet de serre. Les projets de rénovation doivent être ambitieux et traiter l'ensemble des parois, avec des niveaux d'isolation performants, sous peine de ne pas répondre aux enjeux climatiques. Les niveaux à atteindre sont fixés par la « réglementation thermique des bâtiments existants » qui demande une approche globale ou élément par élément, suivant le type de rénovation. Il semble toutefois judicieux d'aller au-delà en visant, par exemple, le label « bâtiment basse consommation ». Dans le tertiaire existant, la mise en place du « décret tertiaire » va en-

traîner une obligation de réduction des consommations d'énergie, mais seulement pour les bâtiments de plus de 1000 m².

La question de l'isolation en rénovation ne doit pas s'arrêter à la seule performance thermique des isolants choisis. Si certains isolants paraissent plus performants sur le papier (isolants synthétiques et minéraux), ils ne sont pas forcément les plus adaptés aux projets de ré-

novation. Dans le bâti ancien, il est particulièrement important de respecter le fonctionnement hygrothermique des parois. Il est donc préférable de plutôt s'orienter vers des isolants d'origine végétale. En fonction des contraintes et objectifs de chaque projet, la question d'une isolation par l'intérieur ou par l'extérieur sera également posée. Ce choix a une incidence notable sur le confort thermique d'été.

2.4.2. L'écoconstruction n'est pas une simple norme

Le secteur du bâtiment représente en France, à lui seul, plus d'un quart des émissions de gaz à effet de serre. Ces dernières années, les certifications et les réglementations liées à l'énergie se sont développées permettant d'amorcer une diminution de nos consommations d'énergie et donc de nos émissions. Mais les enjeux environnementaux à peine appréhendés à ce jour s'avèrent plus larges : confort des usagers, santé, économie de la ressource en eau, résilience face aux risques, place de la faune et la flore, préservation des milieux, intégration des plus démunis....

Tout cela entre dans le champ de la construction et de l'aménagement, et peut même parfois se contredire ou entrer en conflit. Éco-construire en adoptant une vision globale et interdisciplinaire est donc une nécessité, voire une urgence. Et les labels transversaux, tels que BDM (Bâtiments Durables Méditerranéens), le permettent, mais ils ne sont pas des fins en soi, seulement des moyens pour faire progresser les projets ou les outils d'accompagnement de l'acte de bâtir, car la qualité de la construction (ou sa non-qualité) perdurera bien au-delà du label.

Les enjeux environnementaux concernent aussi tous les acteurs. Par ses actes, chacun a sa propre part à engager dans la préservation des conditions de vie sur la Terre et chacun est concerné par son cadre de vie (Photo 18). Les démarches participatives (BDM, QDM⁴⁶ ou plus largement Nature et progrès dans l'agriculture, Enercoop dans la distribution d'énergie...) sont à même d'engager et de faire monter en compétence les différents protagonistes (maîtres d'ouvrage, architectes, thermiciens, entreprises de réalisation, usagers, industriels, assureurs, banquiers...).

Info+

Selon Enalia, en France, les travaux de rénovation des logements et bureaux « passoires thermiques » et d'efficacité énergétique des usines généreraient 113 milliards d'euros de gains d'ici 2030 au profit des ménages et des entreprises.

Dans le résidentiel, l'économie serait comprise entre 600 à 1400 euros économisés par an et par ménage.

Nos pratiques pour éco-construire doivent vite évoluer et nécessitent une culture commune.



Photo 18. Séminaire accompagnateur au domaine de Valbrillant, Meyreuil (© EnvirobatBDM).

⁴⁶ Quartiers Durables Méditerranéens.

2.4.3. Le chauffage au bois, un choix gagnant ?

Le chauffage domestique au bois est utilisé par près de 300 000 ménages en région Provence-Alpes-Côte d'Azur (étude CERC, 2015). Il utilise une énergie d'origine renouvelable, mais il génère des pollutions atmosphériques, notamment particulaires, surtout quand les dispositifs sont anciens. L'utilisation du bois comme source de chauffage présente un bilan carbone neutre pour le climat dans le cas d'une gestion durable de la forêt, mais reste émettrice de nombreux polluants dans l'atmosphère et dans l'air intérieur de l'habitat (composés organiques volatils, monoxyde de carbone, particules fines...).

Si les foyers ouverts dégradent fortement la qualité de l'air, il existe aujourd'hui des systèmes de chauffage plus performants, en particulier ceux labélisés « Flamme verte ». Ce label est basé sur le rendement énergétique et les émissions de monoxyde de carbone, de particules fines et d'oxydes d'azote. Afin de bénéficier d'une approche quantitative, AtmoSud et le Conseil départemental des Bouches-du-Rhône (CD 13)⁴⁷ ont mis en place une expérimentation dite « démonstrateur chauffage bois », ciblant la pollution intérieure. Elle consiste à réaliser des mesures d'air intérieur dans un logement qui fait l'objet du remplacement du foyer ouvert par un insert Flamme verte 7 étoiles, le niveau le plus élevé (Photos 19 et 20).

Premier enseignement, avec le nouveau système, la consommation de bois de chauffe est réduite de deux tiers. Les particules fines montrent une diminution significative des concentrations moyennes massiques, de l'ordre de 25 % pour les PM10 (particules les plus grosses, avec un diamètre inférieur à 10 µm) et à 45 % pour les PM1 (diamètre inférieur à 1 µm). Les concentrations en particules inférieures à 250 nm, les plus dangereuses pour la santé car elles pénètrent plus profondément dans les bronches, sont 15 à 30 fois moins

importantes. Pour le dioxyde d'azote, la concentration moyenne intérieure diminue de 50 %, sous l'effet combiné de la performance de l'appareil et de la meilleure étanchéité à l'air du conduit de cheminée minimisant les échanges avec l'extérieur urbain, illustré également par un indice de confinement plus important du salon (augmentation des niveaux en CO₂). Enfin, lors de l'expérimentation, les concentrations en monoxyde de carbone étant faibles avec l'ancien foyer ouvert, le changement du système de chauffage n'a pas apporté d'amélioration sur les concentrations moyennes. Néanmoins, les concentrations ponctuelles maximales sont inférieures avec l'insert fermé.

Cette comparaison démontre que le remplacement d'un foyer ouvert par un insert labélisé « Flamme verte 7 étoiles » permet de réduire significativement la pollution intérieure du logement et l'efficacité énergétique. Le confort ressenti des occupants s'améliore également et la consommation d'énergie est diminuée, à la fois grâce à la meilleure performance de l'appareil et à la réduction de l'utilisation des chauffages d'appoint électriques. Un système performant de chauffage domestique au bois divise aussi par 30 les émissions de particules dans l'air ambiant (extérieur) et, grâce à son meilleur rendement, il permet de bénéficier d'une « Prime Air-Bois », qui peut atteindre 1000 euros, en plus d'autres aides de l'État (Anah, CITE). Le dispositif, ouvert aux propriétaires occupant leur logement, a été lancé fin octobre 2018 par le CD 13. Deux ans et demi après l'ouverture du dispositif, plus de 3000 dossiers ont été reçus.

Le chauffage au bois moderne est une solution séduisante pour les particuliers qui veulent effectuer leur propre transition énergétique en se séparant de leur chauffage d'origine non renouvelable (électricité principalement nucléaire, combustibles fossiles de type gaz ou fioul).



Photos 19 et 20. Le foyer ouvert avant expérimentation, à gauche, et son remplacement par l'insert Flamme verte 7 étoiles, à droite (© AtmoSud).

⁴⁷ Réponse à un appel à projets de l'ADEME pour la création d'un Fonds Air-Bois destiné à remplacer 4170 appareils de chauffage au bois obsolètes et/ou de cheminées ouvertes par des appareils de chauffage au bois performants.



Zoom 9. La jeunesse actrice de la qualité de l'air

La pollution de l'air est un enjeu majeur de santé publique pour tous les pays du monde et de nombreuses régions, comme la Provence-Alpes-Côte d'Azur, sont affectées par ce fléau. Les concentrations chroniques et les pics de pollutions (dioxyde d'azote, particules en suspension, ozone...) sont responsables de maladies (asthme, pathologies cardio-vasculaires, cancers...), diminuent l'espérance de vie, fragilisent la santé des végétaux... Pour inverser la tendance, AtmoSud⁴⁸ a lancé, en 2009, le programme L'Air et Moi. Ce dispositif, conçu en coopération avec des scientifiques et des enseignants, est un ensemble d'outils pédagogiques et interactifs (diaporamas, quiz, guides, travaux pratiques, vidéos, BD, jeux de rôle...), téléchargeables gratuitement⁴⁹, destinés aux enseignants, parents et animateurs. Ludique et dynamique, L'Air et Moi place le jeune public (écoliers, collégiens, lycéens...) au cœur des débats (Photo 21), tout en présentant les causes et les effets de la pollution de l'air, mais aussi les solutions pour ouvrir les horizons et dépasser la dimension anxiogène qui serait contre-productive. La démarche permet aussi d'aborder la question du changement climatique sous l'angle des gaz à effet de serre.

Aujourd'hui, plus d'un demi-million d'enfants ont bénéficié du programme L'Air et Moi, porté par AtmoSud dans notre région, en partenariat avec la Fédération L'Air et Moi qui le déploie dans le monde entier. Son module « L'essentiel » a été traduit en 13 langues (airandme.org). Par ailleurs, pour renforcer sa diffusion, plus de 500 adultes ont été formés. Le projet représente un important investissement humain et financier au bénéfice des collectivités, enseignants et animateurs de notre région.



Photo 21. Le programme L'Air et Moi, à travers le projet AirLoquence, sensibilise les lycéens, les décideurs et acteurs de demain, à la qualité de l'air et aux émissions de GES, et les forme à la prise de parole en public (exemple du lycée René Char à Avignon, © AtmoSud).

2.4.4. La valorisation des énergies de récupération en entreprise

L'énergie de récupération (ou énergie fatale) correspond à la chaleur ou le biogaz qui sont produits lors du fonctionnement d'un procédé dont la finalité n'est pas de générer cette énergie (Figure 13, page suivante). La valoriser permet d'exploiter une énergie qui à défaut serait perdue. Il s'agit par exemple de la chaleur issue des sites industriels, des data centers, du biogaz résultant du traitement des déchets, des eaux usées... Comme l'énergie fatale provient d'une énergie non exploitée, elle est considérée comme peu coûteuse et non émettrice de gaz à effet de serre, même si elle dépend en amont d'un système de production potentiellement pollueur.

Pour valoriser les énergies de récupération, il est possible de les mettre à profit sous forme de chaleur, de purifier le biogaz pour obtenir du gaz naturel (biométhane) ou encore de privilégier la production électrique par

exemple pour répondre à des besoins spécifiques. Les niveaux de température de la chaleur fatale oscillent entre 30 °C et 500 °C. Pour produire de l'électricité, par exemple, la température de la chaleur doit atteindre 150 à 200 °C. Dans le domaine de l'industrie, la récupération de la chaleur ou du biogaz peut servir à un usage interne pour assurer l'autoconsommation et répondre aux besoins énergétiques propres à l'entreprise. Dans ce cas, l'énergie produite a un double objectif : assurer un procédé de fabrication industrielle et alimenter un ou des réseaux internes à moindre frais. La valorisation externe constitue une source d'approvisionnement pour les entreprises situées à proximité de la source d'énergie ou plus largement couvrir les besoins énergétiques d'un territoire si les réseaux de transport sont organisés et optimisés.

⁴⁸ L'agence agréée de surveillance de la qualité de l'air en région Provence-Alpes-Côte d'Azur (agrément ministériel).

⁴⁹ lairetmoi.org

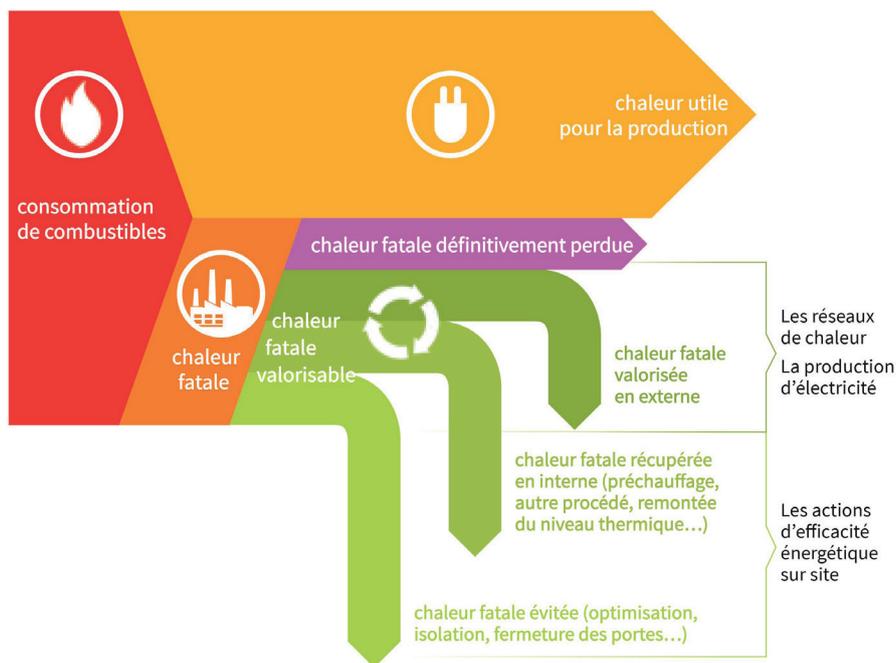


Figure 13. La valorisation de la chaleur fatale (source : ADEME).

Pour les entreprises, l'intérêt de valoriser les énergies de récupération est multiple : bénéfique d'une énergie peu coûteuse (économie substantielle, amélioration de la compétitivité, revente éventuelle des excédents d'énergie se traduisant par de nouveaux revenus), diminution de l'empreinte carbone et des pollutions, gain en termes d'image en évitant l'écueil du greenwashing (écoblanchiment)...

De plus, cette pratique permet d'améliorer la stratégie de responsabilité sociétale des entreprises (RSE) et de contribuer de manière active et volontaire à la transition énergétique en diminuant l'usage et la consommation des énergies fossiles, principale piste pour limiter les effets du changement climatique de l'échelle globale à locale.

Géolide, installée à Marseille, est une station d'épuration des eaux usées urbaines (STEP). SUEZ (délégataire de la gestion du système d'assainissement de l'agglomération de Marseille) a mis en place dans cette STEP, une unité de récupération du biogaz dont une partie était déjà valorisée en interne. L'excédent jusqu'à inexploité est désormais utilisé pour produire du biométhane qui est injecté dans le réseau de distribution de GRDF approvisionnant ainsi environ 2500 foyers en énergie verte. Avec ce système, la station d'épuration a augmenté de 35 % sa part de biogaz valorisable et réduit de 30 % ses émissions de CO₂. À l'avenir, Géolide devrait d'une part augmenter sa capacité de production du biogaz et d'autre part, mettre en service un système de récupération de chaleur.

2.4.5. Les énergies renouvelables pour accélérer la transition

Le Schéma régional de l'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET) a été approuvé par la Région Sud le 19 juin 2019 et arrêté par le Préfet de région le 15 octobre de la même année. Parmi ses soixante-huit objectifs et les cinquante-trois règles associées, la question de la transition énergétique tient une place non négligeable. L'ambition est en effet d'atteindre d'ici 2050 un territoire produisant chaque année autant d'énergie qu'il en consomme. Si cette vision de long terme passe avant tout par une réduction de l'ensemble des consommations énergétiques (-50 % d'énergie primaire et -30 % d'énergie

finale en 2050 par rapport à 2012), le développement des sources de production renouvelables est un élément important des politiques publiques à venir. Ainsi, les collectivités comme la Région, qui a adopté dès décembre 2017 son plan climat « Une COP d'avance », ou les établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) de plus de 20 000 habitants, ayant l'obligation de mettre en place des plans climat-air-énergie territoriaux (PCAET), doivent pour la majorité dresser des plans d'action venant décliner ces ambitions en actions de terrain.

Parmi les filières énergétiques intégrées au SRADDET de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, deux d'entre elles sont prioritaires car elles présentent les ambitions les plus fortes : le solaire photovoltaïque et la récupération de chaleur (thalassothermie, géothermie, chaleur fatale...). Toutefois, ces filières recouvrent de nombreuses réalités et différentes technologies : de l'injection totale à l'autoconsommation collective pour le photovoltaïque et de l'aérothermie individuelle à la mise en place de réseaux urbains denses utilisant les calories de la mer ou de la Terre pour la récupération de chaleur. Parmi toutes ces technologies, deux se distinguent aujourd'hui et prennent une importance croissante dans les politiques publiques :

- du côté du solaire photovoltaïque, l'autoconsommation est le fait de consommer soi-même l'énergie produite sur place. Le but est de réduire sa dépendance à un fournisseur d'électricité et de produire suffisamment pour couvrir une partie des besoins en énergie, nécessaires au bon fonctionnement de son logement ;
- du côté des énergies thermiques, la récupération de chaleur (Cf. §2.4.4) permet, par la mise en place d'une pompe à chaleur, de valoriser des calories pour chauffer ou refroidir des bâtiments résidentiels ou tertiaires. Ces calories peuvent provenir de différents milieux : le sol (géothermie), la mer (thalassothermie), de procédés industriels générateurs de chaleur (hauts fourneaux, fours...), voire même les réseaux d'eaux usées. Dans l'idéal, ces systèmes peuvent aller jusqu'à alimenter des quartiers entiers via des réseaux de chaleur urbains comme c'est par exemple le cas sur le périmètre d'Euroméditerranée (Marseille) où les réseaux de Massileo et Thassalia fournissent en chaud et en froid plusieurs dizaines de milliers de mètres carrés.

Avec l'augmentation de la température ambiante, notamment en période estivale, les besoins de climatisation et rafraîchissement sont de plus en plus importants. Afin d'y répondre, des solutions efficaces peuvent être mises en œuvre. L'installation de pompes à chaleur (PAC) en montage thermofrigopompes (produisant simultanément de la chaleur et du froid) permet de réduire de manière importante les consommations d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre. Ces PAC peuvent alimenter des quartiers entiers et être équilibrées sur différentes sources renouvelables :

- eau de mer : réseaux Massileo (Figure 14) et Thassalia à Marseille... ;
- sondes géothermales : zone d'aménagement concerté (ZAC) sur le site de la Villette à Cagnes-sur-Mer par exemple ;
- eau de nappe : ZAC Méridia à Nice par exemple ;
- eaux usées : projets de la ZAC Marenda à Antibes ou du Grand Arenas à Nice.

Ces techniques ont aussi l'avantage de limiter les effets d'îlots de chaleur urbains que généreraient des climatiseurs individuels.



L'installation de pompes à chaleur en montage thermofrigopompes permet de réduire de manière importante les consommations d'énergie et les émissions de GES.

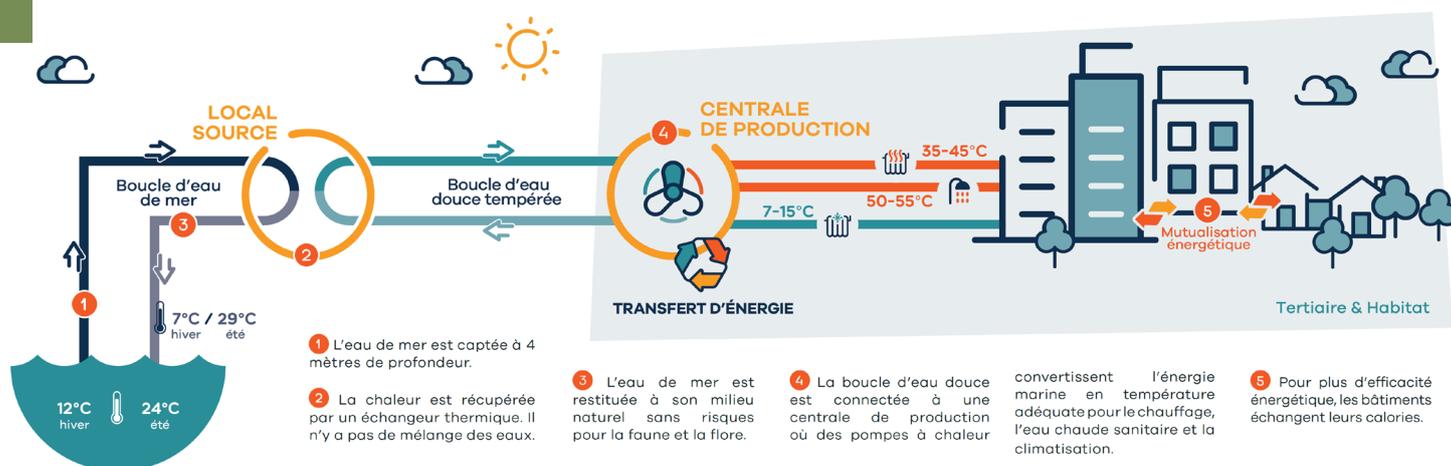


Figure 14. Réseaux Massileo : les calories de la mer au service d'un écoquartier (source : Massileo).



Témoignage II. Les parcs éoliens off-shore

Philippe VEYAN, directeur de l'action territoriale et des autorisations de la direction des énergies marines d'EDF Renouvelables (Photo 22 ci-contre, © EDF Renouvelables/CAPAPictures), avec la complicité d'**Amandine Carrière, chargée de relations institutionnelles**, et **Emma Gouze, chef de projet environnement**



Les éoliennes off-shore représentent-elles aujourd'hui une solution efficace et mature pour engager la transition énergétique dans notre région ?

Depuis 1990, 5000 éoliennes en mer ont été installées en Europe. L'éolien off-shore (Photo 23) a vocation à devenir un pilier du mix énergétique en raison de la présence de vents plus forts, d'espaces disponibles et de la concentration des populations sur les côtes. La technologie de l'éolien flottant se développe aujourd'hui dans le monde entier car c'est également une énergie décarbonée, compétitive et créatrice d'emplois. En 2020, en France, l'un des pays leaders, près de 5000 personnes ont travaillé dans ce secteur. La France s'est d'ailleurs fixée des objectifs ambitieux : le projet de Programmations pluriannuelles de l'énergie (PPE) 2019-2028 prévoit l'attribution de projets pour une puissance cumulée comprise entre 3,25 et 4 GW, incluant un premier appel d'offres éolien flottant en 2021 en Bretagne, un second en 2022 de 2 x 250 MW en Occitanie et en région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Dans notre région, le développement de l'éolien flottant présente d'indéniables opportunités, en termes de production d'électricité et de retombées économiques et sociales. Pour la seule ferme pilote de trois éoliennes Provence Grand Large, historiquement développée par EDF Renouvelables, plus d'une centaine de personnes seront mobilisées localement en phase de construction et une dizaine pour la maintenance en phase d'exploitation. Eiffage Métal à Fos-sur-Mer, sous-traitant de SBM Offshore qui est en charge de la conception, de la construction et de l'installation des flotteurs, a prévu de mobiliser 140 personnes en pointe (150 000 heures de travail sur 18 mois) pour préparer, assembler et équiper les plateformes. Des emplois pérennes seront également créés pour l'exploitation du parc éolien en mer.



© 2018 - SBM OFFSHORE

Photo 23. Un exemple d'éoliennes flottantes (© SBM Offshore).

Comment limiter les impacts de l'éolien off-shore sur l'environnement, et plus spécifiquement la biodiversité ?

Les études menées sur le périmètre du projet Provence Grand Large (études d'impact et programmes de recherche dédiés) ont conclu à un impact limité sur l'environnement. Pour l'avifaune, un système de caméras fonctionnant jour et nuit, couplées à des effaroucheurs, permettra de protéger les oiseaux marins et les migrateurs. Les retours d'expérience des parcs en mer du Nord n'ont pas non plus révélé d'impacts majeurs sur les écosystèmes marins, et plus particulièrement la biodiversité.

La première manière de préserver les milieux consiste à identifier et caractériser les sites pour éviter l'implantation d'éoliennes sur les zones objectivement plus sensibles. Il convient aussi de tout faire pour réduire les impacts grâce à une configuration adaptée au contexte local des flotteurs et des éoliennes. Enfin, la réalisation des projets s'accompagne de programmes destinés à soutenir des initiatives locales en faveur de la conservation de la nature.

Quels sont les principaux freins et leviers pour installer des éoliennes flottantes en région Provence-Alpes-Côte d'Azur ? Où sera installé le premier parc éolien off-shore ?

Le choix d'EDF de localiser Provence Grand Large en région Provence-Alpes-Côte d'Azur est dû à la conjonction de trois facteurs :

- un régime de vent parmi les plus importants,
- la présence d'un port en eau profonde et d'entreprises tournées vers la mer,
- une forte consommation électrique.

Les collectivités comme les entreprises ou les associations locales considèrent l'éolien flottant comme une chance pour développer, à Fos-sur-Mer, une filière d'avenir, porteuse d'emplois. Mais l'éolien flottant reste avant tout un projet qui participe à la sécurisation du système électrique dans un contexte d'accroissement des usages de l'électricité.

Parmi les obstacles, il convient de souligner :

- les règles de construction en matière de cohabitation en mer,
- les enjeux paysagers sur les secteurs touristiques,
- une absence d'historique opérationnel génératrice de doutes et de tensions,
- les investissements massifs à déployer dans les ports.

Ces obstacles complexifient et ralentissent parfois les projets, mais il est possible de les franchir en privilégiant le dialogue et la concertation, tous acteurs territoriaux confondus. L'éolien off-shore peut rendre grandement service et contribuer à la transition énergétique si une chance lui est accordée.

2.4.6. Comment décentraliser la production de l'électricité ?

Les énergies renouvelables sont par définition des ressources décentralisées qui valorisent le potentiel et les richesses propres à chaque territoire. Contrairement aux dernières décennies durant lesquelles un opérateur unique fournissait une électricité d'origine majoritairement nucléaire à toute la France, la production décentralisée d'électricité est aujourd'hui plus simple. Si un opérateur de service public conserve toute sa légitimité dans le paysage énergétique actuel, de nombreuses initiatives de petits producteurs d'électricité d'origines renouvelables se multiplient ces dernières années :

- la création de microcentrales hydroélectriques est désormais une démarche éprouvée ;
- la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (TECV) de 2015 et les ordonnances de

2016 ont facilité l'autoconsommation d'énergie renouvelable produite sur le logement lui-même ;

- des « centrales citoyennes » ou « centrales villageoises » se développent sous forme de coopératives ou de sociétés qui rassemblent des citoyens souhaitant porter des projets de petites centrales éoliennes ou solaires.

De manière générale, la Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur doit rattraper son retard sur l'Occitanie en soutenant l'émergence des groupes citoyens. Le site Énergie Partagée⁵⁰ recense près de 300 projets de production d'énergie renouvelable citoyenne en France. Dans la région, il s'agit majoritairement de projets photovoltaïques ou de petite hydraulique.

⁵⁰ <https://energie-partagee.org/decouvrir/energie-citoyenne/tous-les-projets/>

Les intérêts de ces investissements citoyens⁵¹ sont multiples :

- sensibiliser la population aux économies d'énergie et aux potentiels d'énergie locale ;
- diriger l'épargne citoyenne vers des investissements locaux ;
- faire prévaloir les projets de long terme et le respect de l'environnement sur la rentabilité financière dans le développement des énergies renouvelables (installations photovoltaïques sur toitures, parkings ou anciennes décharges sans couvrir les zones naturelles et agricoles, priorité aux panneaux assemblés ou fabriqués en Europe).

L'expérience d'une coopérative citoyenne

Au-delà de la décentralisation physique de la production d'électricité, les coopératives citoyennes de fourniture et de production d'énergie renouvelable, comme Enercoop Provence-Alpes-Côte d'Azur, proposent aussi une décentralisation sociétale et économique de l'énergie par sa réappropriation citoyenne. En effet, à travers la participation des citoyens et des collectivités locales, le développement d'unités de production d'énergie renouvelable peut se faire de la manière la plus intégrée possible aux territoires. En plus d'assurer davantage de retombées économiques locales, l'approche participative permet également une meilleure prise en compte des impacts environnementaux ou des usages de ces unités.

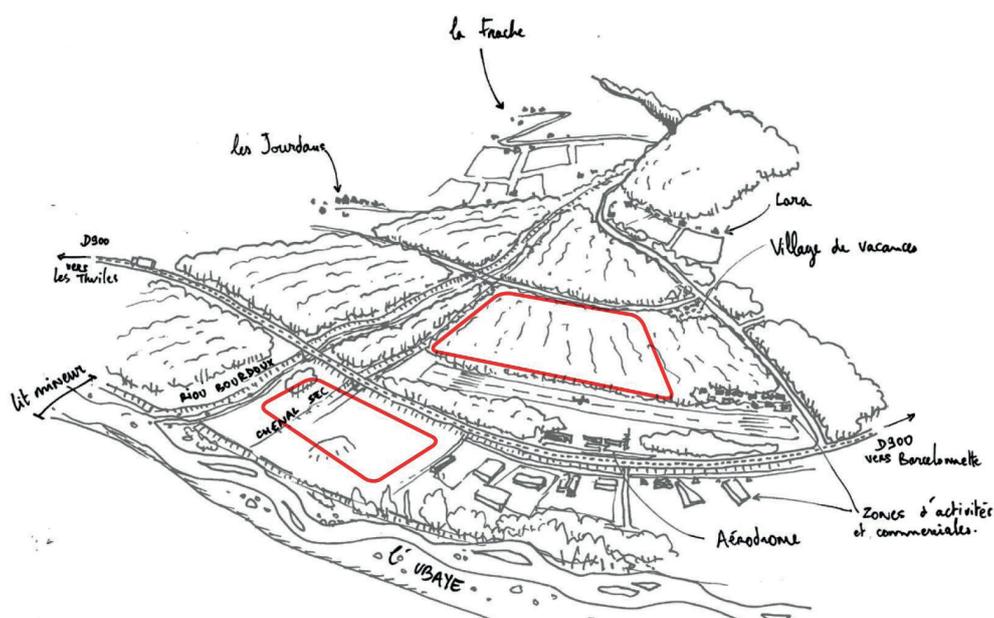
L'installation et l'exploitation d'unités de production

d'énergie renouvelable n'est pas réservée aux grands groupes industriels ou aux multinationales. Qu'il s'agisse d'hydroélectricité, de solaire photovoltaïque, d'éolien ou de biogaz, toutes ces technologies peuvent être déployées dans la région en impliquant tous les acteurs locaux, pour permettre un véritable circuit court de l'électricité. Enercoop Provence-Alpes-Côte d'Azur l'a démontré avec :

- la centrale hydroélectrique de Provence Énergie Citoyenne à Velaux, financée et exploitée par environ 300 citoyens, qui a permis de remettre en fonctionnement un moulin hydraulique historique pour le village ;
- l'installation photovoltaïque au sol de La Pare de Soleil à Saint-Pons pour laquelle la commune a choisi d'utiliser des terrains impropres à l'agriculture pour produire une électricité renouvelable et citoyenne ;
- l'installation du Soleil de Chanenc à Jausiers qui permet de valoriser un ancien champ de tir militaire et d'impulser une dynamique citoyenne sur le territoire.

La production de la future centrale de Saint-Pons (Figure 15), d'une puissance d'environ 17 MWc⁵², permettra de couvrir la consommation électrique de 10 000 foyers. Ce projet, mobilisant habitants et acteurs locaux, a reçu un avis favorable de la Commission départementale de la nature des sites et des paysages (CDNPS). Toutes ces initiatives sont des aventures humaines fortes qui renforcent les liens et la convivialité entre les habitants et qui, par l'action collective, les rendent pleinement acteurs de la transition énergétique.

Figure 15. Future centrale solaire de Saint-Pons (04) : le choix de l'implantation des sites a été déterminé suite à une étude faisabilité technique basée sur la non-utilisation d'espaces agricoles, la possibilité de valoriser des espaces déjà perturbés, l'intégration et la prise en compte des risques (© Enercoop PACA).



⁵¹ Exemples :

- Ener'Guil depuis 2014 : www.energuil.centralesvillageoises.fr/notre-societe
- Massilia Sun System depuis 2019 : <https://massiliasunsystem.org/un-projet-citoyen>

⁵² Le watt-crête (Wc) est l'unité de mesure de puissance d'un panneau solaire. Il correspond à la délivrance d'une puissance électrique de 1 Watt, sous de bonnes conditions d'ensoleillement et d'orientation (source : EDF ENR).

2.5. Quelle adaptation pour réduire les risques ?

Les changements climatiques progressifs, comme la hausse de la température, souvent imperceptibles au quotidien, et les événements extrêmes plus fréquents et intenses (canicules, sécheresses, inondations, tempêtes, incendies...) fragilisent au fil du temps ou affectent brutalement la santé humaine, les activités économiques, les organisations sociales, les écosystèmes agricoles et naturels... Pour s'adapter au changement climatique, il est déterminant de renforcer la culture du risque, à tous les niveaux de la société, pour anticiper et limiter les impacts les plus néfastes du changement climatique sur les territoires, susceptibles de provoquer des dégâts parfois dramatiques, des atteintes à l'intégrité physique et mentale de chacun, des conséquences irréversibles... La région Provence-Alpes-Côte d'Azur n'est pas encore prête à supporter des canicules d'une ampleur similaire à celle de l'été 2003 ou de juin 2019,

des pluies torrentielles comme celles de la tempête Alex en octobre 2020... Des progrès ont été réalisés pour protéger les populations, assurer des mesures d'alerte et d'urgence, mais notre société doit renforcer sa capacité d'adaptation et de résilience. La culture du risque doit intégrer des approches systémiques et inclusives comprenant toutes les composantes sociales, économiques et environnementales, à différentes échelles spatiales, pour donner les moyens aux acteurs territoriaux de surmonter les événements climatiques qui seront autant d'obstacles à franchir ces prochaines décennies. Comment lutter contre les îlots de chaleur urbains, anticiper les glissements de terrain en montagne et l'élévation du niveau de la mer ? Comment amortir les crues et les tempêtes ? Quelles astuces pour abriter poissons, crustacés et mollusques ? Quelques options sont présentées dans ce sous-chapitre.

2.5.1. Lutter efficacement contre les îlots de chaleur urbains (ICU)

Des écarts de température de 3 à 4 °C ou plus entre les pôles urbains, même de taille modeste, et leur périphérie (zones périurbaines, agricoles, forestières...) sont enregistrés certains jours pendant la période estivale, ce qui réduit fortement le confort thermique de la population urbaine qui représente plus de 90 % des habitants de la région. Les conséquences sanitaires⁵³ sont significatives lors des pics de chaleur ou canicules : déshydratation, coup de chaleur, épuisement thermique, hyperthermie⁵⁴, malaises, hospitalisations, décès... Limiter les îlots de chaleur urbains dans les villes de la région (Figure 16) est l'un des enjeux du changement climatique dans la mesure où les vagues

de chaleur deviendront plus fréquentes, plus longues et plus intenses en été à l'avenir si les émissions de gaz à effet de serre (GES) ne diminuent pas à l'échelle globale et locale. Les surfaces minéralisées (béton, goudron...), la faible circulation de l'air entre les bâtiments (rues étroites...), l'absence de végétation et de surfaces en eau favorisant l'évapotranspiration et l'évaporation (effet rafraîchissant), et les activités humaines (industrie, transport, climatisation, etc.) sont responsables des excès de chaleur qui s'accumule dans les matériaux durant la journée, avant de lentement diminuer pendant la nuit.

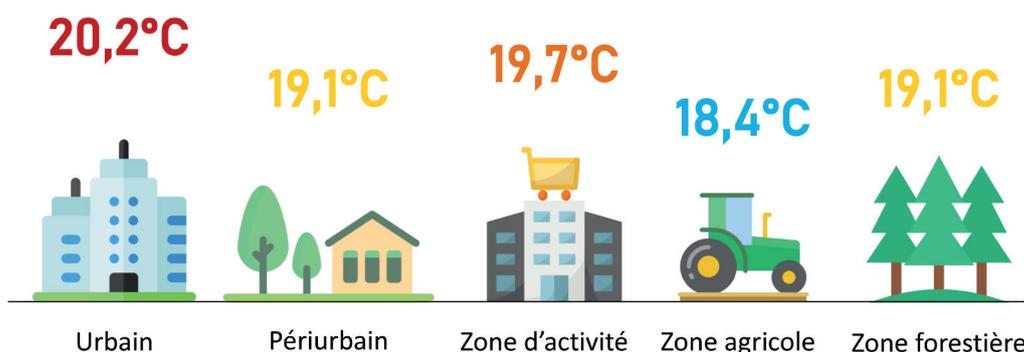


Figure 16. Température de l'air moyenne par type d'environnement en fin de nuit (3h-6h) à Cavaillon, juillet et août 2020 (sources : Maison de la météo et du climat des Alpes du Sud, Parc naturel régional du Luberon).

⁵³ Lire également le cahier thématique *La santé face au changement climatique en région Provence-Alpes-Côte d'Azur*, Les cahiers du GREC-SUD : www.grec-sud.fr/article/toutes-nos-publications-en-un-seul-clic/

⁵⁴ Élévation de la température du corps au-dessus de la valeur normale.

La lutte contre les ICU, qui affectent les humains, mais aussi les écosystèmes naturels, peut faire appel à différentes techniques de conception urbaine ou d'aménagement :

- la conception des quartiers doit tenir compte de la ventilation naturelle des espaces publics (études aérologiques à mener sur les vents dominants, les brises d'été) et de l'ombre portée des bâtiments (les rues étroites limitent l'ensoleillement des chaussées) ;
- les quartiers existants peuvent être rafraîchis à l'aide de la végétation : les canopées des arbres fournissent de l'ombre sur les chaussées ; les végétaux au sol en pleine terre ou les pieds d'arbres végétalisés forment des microclimats plus frais grâce à l'évapotranspiration (dans les principaux pôles urbains, aujourd'hui, les pieds d'arbres sont singulièrement maltraités)... Le choix des essences est à adapter en fonction du climat local pour supporter notamment le manque d'eau en été (Cf. §2.2.5). Le renforcement de la végétation qui favorise la biodiversité urbaine doit être intégrée aux politiques et stratégies des services d'urbanisme qui gèrent les espaces publics. La « végétalisation citoyenne » par les riverains eux-mêmes est aussi à encourager, dans des espaces de pleine terre restituée ou dans des bacs mis à disposition par les communes ;

- la lutte contre les ICU passe aussi par un travail d'amélioration des bâtiments, pour éviter le recours à la climatisation dans les habitations, les commerces et les bureaux, car les systèmes de climatisation rejettent la chaleur à l'extérieur ce qui favorise la hausse de la température dans les rues. Une conception bioclimatique des bâtiments, permettant de réduire les besoins énergétiques et d'augmenter le confort des occupants en fonction de la qualité des matériaux, de l'orientation des ouvertures, de la présence de protections solaires, de la ventilation nocturne naturelle (appartements traversants, par exemple), etc., devrait être imposée aux constructeurs, ce qui est loin d'être le cas aujourd'hui ;
- enfin, les communes devraient interdire l'ouverture sur la chaussée des portes des commerces climatisés l'été pour des raisons de dépenses d'énergie, et généraliser l'ouverture des espaces verts le soir et une partie de la nuit pendant les périodes de canicule.

La question des ICU doit mobiliser tous les acteurs locaux afin de repenser le cœur des villes et offrir des espaces urbains plus agréables et apaisés, capables de renforcer la séquestration du carbone, réduire les émissions de GES et favoriser la biodiversité, ouverts au développement de l'agriculture urbaine...

2.5.2. Anticiper les glissements de terrain en montagne

L'attribution de l'évolution d'un glissement de terrain aux effets du changement climatique n'est possible qu'au cas par cas. Cependant, l'une des causes du développement des glissements de terrain est l'apport d'eau dans le sol. Ainsi, tout ce qui peut entraîner une suralimentation temporaire en eau de la zone déstabilisée apparaît comme facteur potentiellement aggravant du processus. À ce titre, les variations de température, induites par les changements climatiques, modifient les périodes de fonte hivernales et peuvent jouer un rôle dans l'évolution de certains glissements de montagne.

Le glissement de La Valette (Photo 24, page suivante), en Ubaye, entre les communes de Saint-Pons et Barcelonnette en est une illustration. L'activité de ce glissement augmente depuis 1982 : la zone active s'est étendue sur 26 hectares en 1983, 32 hectares en 1984 et 50 hectares en 2013. En aval, le glissement menace la sécurité des installations : 170 logements, 5 com-

merces, 1 centre aéré, 1 gendarmerie. Outre le risque généré par le glissement et les enjeux associés, ce phénomène est représentatif de nombreux glissements profonds soumis à réactivation dans les Alpes⁵⁵. Le glissement est suivi depuis le début de sa déstabilisation par les services de la Restauration des terrains de montagne (RTM) de la région. Des actions conjointes avec les communes ont été également menées. La première consistait à suivre quantitativement l'évolution du phénomène. Ainsi, plusieurs levés topographiques (calcul du volume déplacé, calcul de la vitesse du glissement, calcul de la régression de la niche d'arrachement) ont été régulièrement réalisés depuis 1988. En parallèle de ce suivi, des travaux de stabilisation et d'assainissement du glissement ont également été réalisés.



⁵⁵ Découvrir les travaux du PARN sur les événements remarquables : <http://risknat.org/evenements-remarquables>

En 1988, un piège à matériaux d'une capacité de 100 000 m³ a été créé en aval du glissement, auquel lui a été associé un système de captage, de drainage et d'évacuation des eaux superficielles pour limiter leur action. Enfin, en 1991, un reverdissement de la zone a été acté, dans une optique de pompage de l'eau en excès par la végétation. Aujourd'hui, l'Université de Strasbourg (EOST/CNRS) travaille en collaboration avec RTM pour assurer le suivi. Cette collaboration a abouti au développement de l'instrumentation du glissement, avec notamment la pose d'un tachéomètre automatisé permettant de précis relevés topographiques. L'activité du glissement peut ainsi être limitée, mais sa suppression n'est pas envisageable, vu sa nature et son ampleur. Il est donc nécessaire de se préparer à ses réactivations.

En parallèle de l'instrumentation du glissement de la Valette, la communauté de communes Vallée de l'Ubaye Serre-Ponçon est en train de développer un système de détection des crues,

grâce à l'acquisition de nouveaux capteurs. Dans ce cadre, un certain nombre de données émanant de dispositifs déjà installés dans la vallée de l'Ubaye vont être centralisées afin de les relier à l'outil d'alerte aux populations, récemment installé, et d'envoyer des messages à une large liste de diffusion.



Photo 24. Le glissement de La Valette, Alpes-de-Haute-Provence (© RTM).

2.5.3. Quelle logique pour s'adapter à l'élévation du niveau de la mer ?

L'élévation du niveau marin et l'érosion du littoral ne touchent pas toutes les côtes de manière identique (Photo 25 à Photo 28). En ce sens, les actions pour limiter les risques littoraux doivent être menées au plus près du terrain, en portant à la fois sur le court, moyen et long terme.

Les acteurs locaux seront placés face à des choix à opérer, selon les zones et les enjeux (à la fois urbains, économiques et environnementaux) : soit adapter les ouvrages côtiers dans les zones d'occupation dense quand les enjeux le justifient, soit repenser une composition spatiale permettant au littoral d'évoluer plus naturellement. Dans ces choix, les politiques locales doivent intégrer les changements sociétaux (attirance pour les espaces préservés, plus naturels...), de la « capacité d'accueil » des territoires et/ou de la capacité de charge des écosystèmes.

En tout état de cause, les réflexions menées dans le cadre du dispositif « Trait de côte » du Plan climat de la Région Sud pourront être déclinées plus concrètement dans des stratégies locales (intercommunales). Ces dernières deviendront d'ailleurs obligatoires dans les communes exposées au recul du trait de côte, listées par décret en application de la loi « climat et résilience »

de 2021 (articles L. 321-16 et L. 321-17 du code de l'environnement). La prise en compte des solutions fondées sur la nature sera préconisée : « *Toute stratégie de gestion intégrée du trait de côte prend en compte la contribution des écosystèmes côtiers à la gestion du trait de côte* », et fixe des objectifs de « *protection des espaces naturels* » et de respect des transports sédimentaires naturels. Il semble important que l'élaboration de ces stratégies fasse l'objet de larges débats publics et de concours d'idées, avec le plus grand nombre d'associations et d'habitants.

Pour mettre en œuvre ces stratégies, la loi « climat et résilience » apporte de nouveaux outils. En premier lieu, la connaissance des risques sera améliorée avec la cartographie des zones sous menaces, et davantage diffusée, notamment auprès des acquéreurs, dès le stade de l'annonce immobilière. L'information du public sur le recul du trait de côte sera ainsi renforcée puisque les communes devront intégrer dans les plans locaux d'urbanisme (PLU) la délimitation de zones littorales exposées à l'horizon de 30 ans et à l'horizon de 100 ans. Elles devront même, « *lorsque la projection du recul du trait de côte à l'horizon de 30 ans le justifie* » élargir la bande littorale inconstructible (en dehors des espaces

urbanisées) à plus de cent mètres (article L121-19 du code urbanisme). Des orientations d'aménagement et de programmation dans les PLU pourront « *définir les actions et les opérations, ainsi que leur échéancier prévisionnel, nécessaires pour réorganiser le territoire au regard de la disparition progressive des aménagements, des équipements, des constructions et des installations* » (article L151-7 du code urbanisme). Ensuite, les stratégies locales pourront dégager des solutions adaptées au territoire, en articulant des mesures de construction, adaptation ou maintien en état des ouvrages de « défense contre la mer » ou inversement en organisant un recul progressif de l'urbanisation : interdiction de nouvelles constructions dans les zones les plus exposées, régime de constructibilité « gradué » selon la vulnérabilité à 30 ans et 100 ans, nouvel outil de préemption des immeubles les plus vulnérables. Toutes les questions économiques ne sont pas réglées pour autant : des conventions État-collectivités pourront définir les moyens techniques et financiers alloués aux stratégies locales, et les modalités d'évaluation des

biens vulnérables à supprimer seront fixées par ordonnance. Sur ce dernier point, les solutions concrètes peuvent être différentes si l'on réfléchit au regard de la seule valeur du bien lui-même (décote selon sa vulnérabilité ou intérêt général lié à sa préservation) ou au regard d'une certaine équité (capacité financière ou vulnérabilité de l'occupant du bien).

D'un point de vue pratique, toutes les zones basses, situées en arrière des plages, doivent être perçues comme des zones tampon des submersions marines et des zones de transition des plages qui ont besoin d'espace pour pouvoir reculer et s'élever. Par conséquent, ces secteurs, lorsqu'ils sont urbanisés, doivent retrouver un fonctionnement naturel. Sur les plages urbaines et/ou limitées en arrière par une route, un parking, un mur, etc., il faut envisager un recul de ces infrastructures afin de laisser une largeur de plage suffisante pour permettre leur recul. Cette largeur doit être définie par une approche d'ingénierie reconnue et validée prenant aussi en compte la connaissance empirique du fonctionnement sédimentaire des plages concernées.



Photo 25 (en haut à gauche). Érosion et sapement d'un remblai de plage après une tempête annuelle. La plage érode jusqu'à retrouver sa largeur optimale (© François Sabatier). **Photo 26** (en bas à gauche). Submersion d'une plage durant une tempête annuelle. À l'avenir, avec la montée du niveau de la mer, une même tempête se traduira systématiquement par une inondation des infrastructures récréatives (© François Sabatier). **Photo 27** (en haut, à droite). Dépôt de sables sur une route au bord de la mer après une tempête mettant à jour « l'espace de vie » de la plage (© François Sabatier). **Photo 28** (en bas à droite). Une crique où la plage a disparu et où une montée du niveau de la mer de 1 m se traduira par un ennoisement de la route actuelle (© François Sabatier).



Zoom 10. La labélisation bas-carbone des herbiers marins : levier de décarbonation et de protection des écosystèmes méditerranéens

La transition écologique implique de relever de multiples défis. Les solutions fondées sur la nature (SfN) permettent de répondre partiellement aux enjeux croisés du changement climatique et de protection de la biodiversité. D'ici 2030, les SfN pourraient fournir jusqu'à 30 % des efforts d'atténuation alignés sur l'Accord de Paris.

Les écosystèmes côtiers jouent un rôle de séquestration du carbone tout en remplissant des fonctions écologiques essentielles. Leur conservation est donc une SfN incontournable afin de maximiser les puits de carbone. Les posidonies (*Posidonia oceanica*), des herbes marines endémiques de la Méditerranée (Photo 29), forment des herbiers très riches en carbone, avec des stocks entre 400 et 2370 tC/ha. Pourtant, un déclin de 5 à 20 % de leur surface est constaté ces cent dernières années dans le bassin méditerranéen. Ce déclin, qui s'accélère, est la conséquence de facteurs multiples : des activités humaines qui infligent des dégâts physiques (mouillage d'ancres, chalutage), de la pollution des eaux et des effets du changement climatique.

Les solutions concrètes pour fixer le carbone doivent s'inspirer de projets, tels que « Prométhée - Med », lancé en 2021, visant à développer la première méthodologie de conservation des herbiers de posidonie dans le cadre du Label bas-carbone. Il s'agit d'un dispositif porté par le ministère de la Transition écologique et solidaire ouvrant à des organisations privées ou publiques la possibilité de soutenir financièrement des projets additionnels labélisés de réduction de gaz à effet de serre. Pour bénéficier de ce mécanisme, des méthodologies ont besoin d'être développées pour mesurer la contribution de ces actions en termes de séquestration du carbone ou d'émissions évitées. Le projet vise à faire aboutir une telle méthodologie et à permettre dans un deuxième temps le financement d'actions de conservation de ces écosystèmes. Ce projet associe des acteurs locaux du numérique et de l'environnement (EcoAct, en partenariat avec Interxion : A Digital Realty Company et Schneider Electric France) et le Parc national des Calanques, ce dernier étant le premier site pilote du projet.



Photo 29. Un herbier de posidonie (© Sandrine Ruitton).

2.5.4. Préserver les zones humides pour amortir les crues et les tempêtes

Les zones humides ont été massivement détruites au cours des derniers siècles, avec une accélération ces dernières décennies (48 % des zones humides du bassin méditerranéen ont disparu depuis 1970⁵⁶), alors qu'elles sont nos meilleures alliées en matière de gestion de l'eau en région méditerranéenne, au climat capricieux. Elles stockent l'eau en excès, aplatissent le pic de crue et le désynchronisent en évitant que l'eau en provenance d'affluents converge en même temps. Elles alimentent les nappes phréatiques et restituent l'eau durant les périodes de sécheresse. Avec les effets croissants du changement climatique, en particulier les sécheresses prolongées et les forts cumuls de précipitations, cet effet « éponge » des zones humides deviendra de plus en plus précieux au fil du temps, tant pour la sécurité des personnes et des biens que pour le maintien d'une agriculture productive.

La prise de conscience grandit, mais le défi reste colossal dans une région où l'étalement urbain et les aménagements agricoles ont fait disparaître grand nombre de zones humides. Des initiatives à encourager commencent à se développer pour restaurer ces milieux et optimiser leurs fonctions régulatrices. En voici deux exemples :

- sur la commune d'Arles, la Réserve naturelle nationale des marais du Vigueirat, située dans une dépression naturelle entre la Crau et la Camargue, accueillait depuis des siècles les eaux en excès en provenance de la plaine du Comtat, au nord des

Alpilles. Mais les aménagements hydrauliques, à finalité agricole et industrielle, notamment un barrage anti-sel localisé dans la zone industrialo-portuaire de Fos-sur-Mer, ont perturbé l'écoulement des eaux et provoqué des dégâts lors de crues (Photo 30). Les marais du Vigueirat, propriété du Conservatoire du littoral, proposent donc de dédier 700 ha de ce site naturel protégé en une zone d'expansion des crues pouvant accueillir 6 à 8 millions de m³ d'eau et ainsi limiter les dégâts sur les exploitations agricoles environnantes. Ce projet est cependant conditionné à l'approbation du programme d'actions de prévention des inondations « du Comtat à la mer » ;

- dans les Alpes-Maritimes, sur la commune de Biot, la Brague est un petit fleuve côtier au régime impétueux qui avait formé une plaine d'inondation en aval de son cours, près de la mer. Mais l'expansion urbaine et de nombreux aménagements, parfois illégaux, ont fait disparaître cette zone humide sous les lotissements et autres campings. En 2015, une inondation dramatique a convaincu décideurs et riverains d'agir. Après des années de négociations, la Communauté d'agglomération de Sophia-Antipolis, en concertation avec la ville de Biot et les services de l'État, vient de lancer un ambitieux projet de re-naturation de la plaine d'inondation de la Brague, d'amélioration de la sécurité et de la qualité de vie des populations, en acquérant dix-huit maisons qui seront détruites et diverses parcelles réaménagées.



Photo 30. Marais du Vigueirat après inondations, le 11 novembre 2011 (© Jean-Laurent Lucchesi).

⁵⁶ Les zones humides méditerranéennes : enjeux et perspectives 2. Solutions pour des zones humides méditerranéennes durables, 2018, Tour du Valat.



Zoom 11. Un système de nurserie artificielle pour poissons, crustacés et mollusques

Les zones riveraines et littorales sont de plus en plus touchées par les activités humaines et de nombreux jeunes poissons, crustacés ou mollusques présents dans ces eaux peu profondes se heurtent à une absence d'habitats naturels. En effet, dans le cycle de vie de ces animaux aquatiques, les post-larves (nouveau-nés) utilisent ces zones pour y rechercher un habitat favorable à leur développement (nurserie). Mais ces écosystèmes sont souvent pollués, dégradés et urbanisés, ce qui réduit grandement les chances de survie naturelle des larves et juvéniles qui viennent s'y réfugier. Depuis maintenant 8 ans, un système de nurserie artificielle pour poissons, crustacés et mollusques, appelé « Biohut » (Photo 31), est proposé aux gestionnaires de ports pour réduire la mortalité de ces jeunes animaux dans les zones urbanisées. Ces Biohut ou huttes de biodiversité sont des modules artificiels subaquatiques 100 % recyclables (acier, bois, huîtres) qui reproduisent des fonctions écologiques essentielles des petits fonds côtiers. Ils apportent le « gîte et le couvert » aux jeunes espèces qui, protégés des prédateurs, peuvent s'épanouir et grandir.



Photo 31. Biohut ou huttes de biodiversité, 100 % recyclables (© Rémy Dubas, Ecocean).

Cette solution a été validée après plus de quatre années d'études scientifiques. Forts des bons résultats et suite à deux thèses et cinq publications scientifiques sur l'efficacité écologique de la fonction « nurserie à poissons », ces solutions sont aujourd'hui largement déployées. On les retrouve principalement sur toute la côte méditerranéenne (quinze ports en région Provence-Alpes-Côte d'Azur), mais également en Bretagne, aux Pays-Bas, au Danemark et plus récemment dans les eaux continentales. Ces habitats sont légers (20 kg), faciles à transporter et s'installent en une ou deux journées. En France, les Biohut sont présents dans vingt-sept ports, tous engagés dans une certification AFNOR « Ports Propres » qui implique le traitement de leurs déchets, la gestion des eaux grises et noires, et une aire de carénage aux normes. En effet, agir pour la biodiversité au sein d'une structure portuaire nécessite au préalable une qualité d'eau correcte.

Cette action en faveur de la biodiversité est un bon support de sensibilisation et d'éducation à l'environnement, rapprochant ainsi les gestionnaires de ports et les citoyens de la ville. Pour en savoir plus, visionnez la vidéo : <https://vimeo.com/262967431>

Pour aller plus loin, découvrez deux autres solutions concrètes dédiées à la mer, comme « BIORESTORE » (procédé de repeuplement visant à « booster » la biodiversité marine côtière) et « BOB » (Bouée d'observation de la biodiversité en soutien de la biodiversité locale), en suivant ces liens :

- BIORESTORE : <https://vimeo.com/337484411>
- BOB : <https://vimeo.com/393878533>

3. Les transitions, entre savoir-vivre, savoir-faire et comment faire

Les transitions marquent une rupture dans nos pratiques et comportements. Les évolutions structurelles et fonctionnelles sont appelées à orienter les principales politiques et stratégies d'adaptation et d'atténuation (agriculture, ressource en eau, énergie, santé...), mais si elles ne sont pas alimentées par un savoir-vivre, un savoir-faire et un comment faire de la société civile dans son ensemble, elles conduiront rapidement à une impasse et à des investissements sans lendemain. En ce sens, les acteurs socio-économiques, tout en bénéficiant de ces évolutions principalement encouragées par l'État, les collectivités, les gestionnaires, les entreprises et au minimum les collectifs de citoyens, doivent se mobiliser pour les porter à court, moyen et long terme, mais aussi les renforcer en faisant des choix essentiels pour s'alimenter, se déplacer, s'équiper, se divertir... Cela signifie que les responsabilités des décideurs et des acteurs du territoire sont partagées et indissociables. Derrière les mots se cache évidemment toute la complexité de notre système politique, économique et social, de la concertation entre acteurs territoriaux, de la défense des intérêts particuliers... La mise en œuvre des transitions comporte de nombreux obstacles, mais elle représente aussi une opportunité pour révolutionner nos modes de fonctionnement qui paralysent souvent notre pays et nos régions, et déstabilisent notre système climatique. Avec des pratiques vertueuses, il est tout à fait possible d'améliorer la qualité de vie des habitants tout en rendant leurs pratiques plus sobres, solidaires et efficaces, et nos territoires plus désirables.

3.1. Des pratiques alimentaires plus respectueuses de l'environnement

L'agriculture et l'alimentation sont inséparables. Entre offre et demande, le système agro-alimentaire s'organise depuis des millénaires en fonction des moyens de production, de transformation et de diffusion, mais aussi des richesses. Dans le contexte de changement climatique, nos pratiques agricoles et alimentaires doivent

continuer à évoluer dans la région. De la production à l'assiette, il est possible d'établir une liste de recommandations : productions locales, circuits courts, non-destruction de la biodiversité, alimentation équilibrée, solidarité alimentaire, innovation... Des pistes simples pour changer notre regard sont présentées dans ce sous-chapitre.

3.1.1. L'alimentation méditerranéenne pour préserver le climat et la santé

Choisir son alimentation est un geste quotidien qui répond à un besoin vital. Ce geste, simple, n'est pas anodin, car ses impacts sont économiques, socioculturels, sanitaires, environnementaux et climatiques. L'alimentation dépend en effet des modes de production, de la provenance et de la distribution des produits qui contribuent aux émissions de gaz à effet de serre à l'échelle globale et locale, aux pollutions des sols, de l'eau et de l'air... Et comme elle recouvre de nombreux secteurs (agriculture, transport, énergie, santé, économie, etc.), une approche systémique est à privilégier car tout est lié.

Le régime alimentaire est déterminant pour le climat

Choisir sa consommation alimentaire est un acte à part entière pour soi et les autres, et participe activement aux transitions nécessaires à nos sociétés. Le régime le plus équilibré et adapté à notre contexte régional est le régime méditerranéen puisqu'il se caractérise par une importante consommation de produits végétaux (céréales, légumes secs, légumes et fruits frais, noix, amandes, huile d'olive), de plantes aromatiques (thym, romarin, origan...), de poissons, et se compose

aussi de produits laitiers et volailles en quantités raisonnables, et de peu de charcuteries et viandes rouges. Des plats typiques comme la salade grecque ou niçoise, la soupe au pistou, le couscous, la paëlla, les pâtes ou les pizzas en sont de savoureux exemples.

Moins de produits d'origine animale et de produits transformés signifie moins d'émissions de GES, ce qui réduit l'ampleur du réchauffement climatique. Une alimentation à dominante végétale diminue également fortement la surface des terres et la quantité d'eau nécessaires à sa production, réduisant en même temps la consommation des ressources. Le régime méditerranéen implique des cultures diversifiées, avec des rotations, des espèces végétales qui limitent l'apport d'engrais et autres produits phytosanitaires. L'alimentation méditerranéenne a ainsi l'avantage de générer des émissions relativement faibles de GES, de diminuer efficacement les pollutions, de préserver les écosystèmes et donc la biodiversité, si les modes de production et de distribution sont durables, et si la consommation est ajustée aux besoins de chacun.

Le régime méditerranéen est bon pour la santé

Depuis 1960, de très nombreuses études scientifiques et médicales confirment que l'alimentation méditerranéenne est très bénéfique à la santé, surtout si les aliments sont locaux, de saison et sans pesticide. Ses adeptes sont moins sujets au surpoids, à l'obésité et

à de nombreuses maladies (diabète, pathologies cardiovasculaires, Parkinson...). En conséquence, selon le rapport d'un collectif international de scientifiques et médecins paru en 2011, il est conseillé de se nourrir à partir d'une base de végétaux selon les indications de la pyramide de diète alimentaire méditerranéenne (Figure 17).

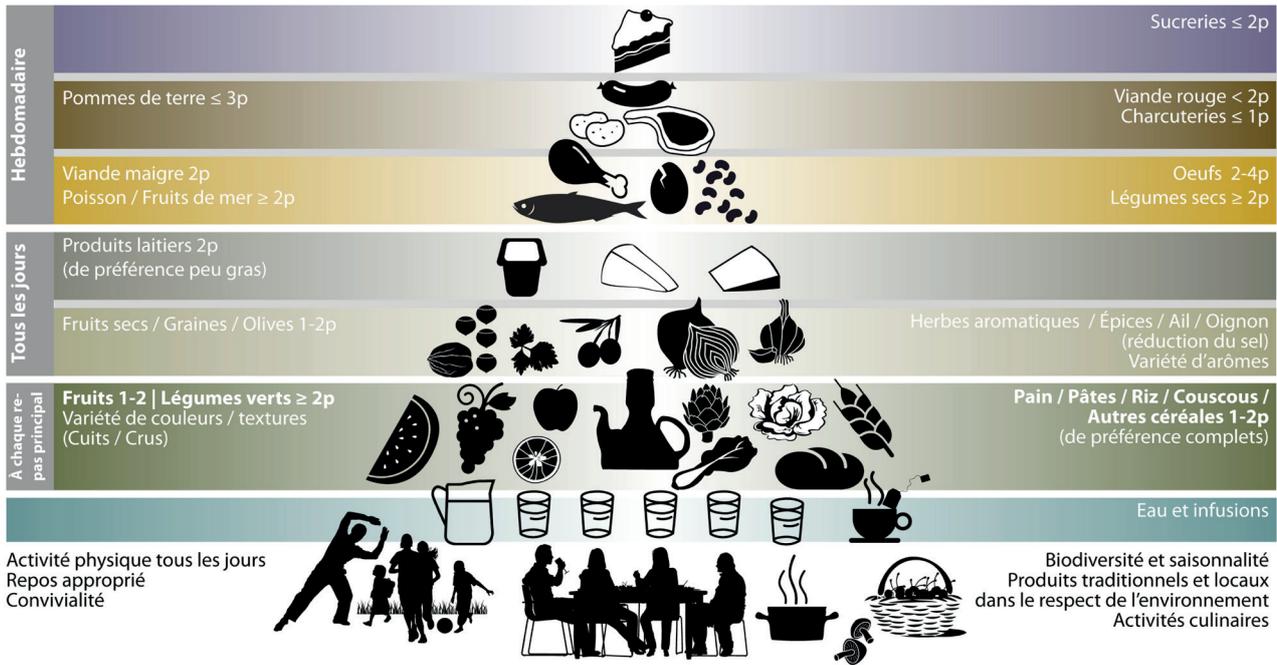
Pyramide de la Diète Méditerranéenne: un style de vie actuel

Guide pour la population adulte

Les portions basées sur la frugalité et les habitudes locales



Du vin avec modération dans le respect des coutumes



© 2010 Fundación Dieta Mediterránea. L'utilisation et la promotion de cette pyramide est recommandée sans aucune restriction.

Figure 17. Pyramide de la diète méditerranéenne : un style de vie actuel (source : Fondation pour le régime méditerranéen).

La mondialisation n'est pas un frein au régime méditerranéen

La mondialisation modifie profondément notre alimentation et la tendance actuelle tend vers le modèle nord-américain riche en produits animaux, gras, salés et sucrés. Face à ce constat, l'éducation à une alimentation plus végétale, dès le plus jeune âge, est une nécessité. La restauration scolaire, en accord avec les dispositions de la loi EGalim⁵⁷, est un formidable vecteur pour revenir à ce régime, démontrer ses qualités (gustatives, sanitaires et environnementales) afin d'accompagner le changement de modèle de la société. L'agriculture de conservation, l'agriculture biologique, l'agroforesterie, les circuits courts ou encore les variétés paysannes peuvent contribuer au retour du régime

méditerranéen pour le bien de tous. Les « Projets alimentaires territoriaux » (PAT) sont aussi des outils efficaces pour favoriser le développement de l'alimentation méditerranéenne.

Moins de produits d'origine animale et de produits transformés signifie moins d'émissions de GES, ce qui réduit l'ampleur du réchauffement climatique.



⁵⁷ <https://agriculture.gouv.fr/les-mesures-de-la-loi-egalim-concernant-la-restauration-collective>

3.1.2. Vers une aquaculture durable et innovante

L'aquaculture durable est l'une des solutions pour réduire les impacts sur les écosystèmes et le climat. Deux techniques innovantes sont présentées pour s'engager dans la transition alimentaire.

La mise en place d'un cercle vertueux grâce à l'aquaculture multitrophique intégrée (AMTI)

La démarche consiste à élever plusieurs espèces simultanément dans des bassins, afin que les déchets d'une espèce servent de nourriture à une autre, et ainsi transformer les déchets en ressources. Les élevages sont plus efficaces, plus rentables et plus soucieux de l'environnement : la quantité de nourriture nécessaire est moins importante, les déchets sont réduits et l'eau est naturellement épurée par les organismes présents dans le « circuit » (Figure 18).

Dans les bassins, sont associés aux loups, les oursins comestibles, les ulves⁵⁸, les moules et les bigorneaux. Les ulves se développent grâce aux fèces (excréments) des poissons, les oursins mangent les ulves, les moules et les bigorneaux filtrent et nettoient... Il s'agit donc d'une alternative à l'aquaculture traditionnelle qui, si elle est perçue comme une solution à la surpêche, accroît elle aussi la pression exercée sur le milieu naturel (pollutions) et les stocks de pêche (les poissons d'élevage sont souvent nourris par des poissons sauvages).

L'aquaculture locale multitrophique terrestre est bénéfique à l'économie circulaire car elle réduit les émissions de CO₂ liées à la maintenance des exploitations, la consommation de glace et aux emballages utilisés pour l'exportation longue distance de poissons d'élevage surgelés. De plus, le fait d'élever les poissons à terre, en circuit fermé, permet de maîtriser les paramètres physico-chimiques de l'eau des bassins tout en évitant les rejets sanitaires et autres déjections dans le milieu naturel.

Des protéines d'insectes pour nourrir les poissons

L'aquaculture traditionnelle nourrit les animaux avec de la farine de poissons sauvages dont la production a un impact carbone significatif : émissions de CO₂, pratiques de pêche, surgélation, conservation, transformation et exportation. L'engraissement à base de petits poissons fourrages (sardines, anchois, maquereaux...)

exerce une forte pression sur les stocks halieutiques. Pour la réduire, la production d'un nouvel aliment à base de protéines d'insectes est proposée. En ce sens, le programme Aliment Innovant pour une Aquaculture Durable Environnementale⁵⁹ (NAIADE), porté par l'Institut océanographique Paul Ricard, a pour objectif d'évaluer l'adaptation des poissons à un nouveau bol alimentaire sur les plans physiologiques et morphologiques, et d'analyser leur vitesse de croissance en comparaison avec un aliment classique. Cette phase expérimentale réalisée en bassins permet de tester plusieurs compositions d'aliments avec une variation du pourcentage de protéines d'insectes. Le projet vise également la valorisation de la ressource halieutique locale en créant à terme un label certifiant la qualité des poissons d'élevage, mais aussi la filière aquacole en tant qu'acteur engagé dans la préservation du milieu naturel.

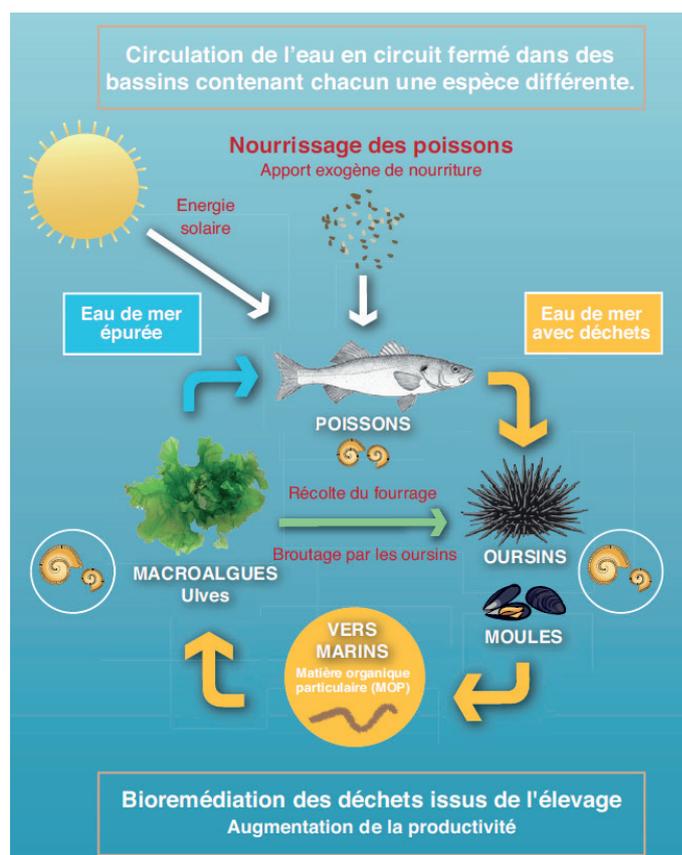


Figure 18. Circulation de l'eau en circuit fermé dans des bassins contenant chacune une espèce différente (source : Institut océanographique Paul Ricard).

⁵⁸ Algue verte, appelée aussi « laitue de mer ».

⁵⁹ www.institut-paul-ricard.org/programmes_recherche/aliment-innovant-pour-une-aquaculture-durable-ai-pad/

3.1.3. Les AMAP pour défendre l'agriculture locale et les circuits courts

Une Association pour le Maintien d'une Agriculture Paysanne⁶⁰ (AMAP) met en relation un groupe de consommateurs – les amapiens – et un paysan. Chaque semaine à heure fixe, l'amapien récupère son panier de légumes sur le lieu de livraison (parking, salle communale, cour privée, ferme). Il a la garantie de manger des produits sains, sans pesticide ni engrais de synthèse, à un prix équitable, grâce à l'absence d'intermédiaire, qui assure un revenu digne au paysan.

L'amapien s'engage pour toute une saison (souvent six mois pour le panier de légumes) à acheter une part de la production du maraîcher qui suit le cycle des saisons. Cela permet de découvrir des légumes oubliés comme les topinambours, ou « farfelus » comme le chou kale... L'amapien s'engage également à prépayer les paniers, ce qui donne aux paysans une trésorerie d'avance. En plus des légumes, le consommateur trouve dans les AMAP de la viande, des œufs, du fromage, du pain, du miel, de l'huile d'olive, des fruits, des jus, du vin...

Et pour faire vivre tout cet écosystème, l'AMAP s'appuie sur le bénévolat : chacun est invité à participer ponctuellement à la distribution de légumes et prendre des responsabilités au sein de l'association. Sur le lieu de livraison, la convivialité est de mise (apéros, projections-débats, dégustations...) et chacun peut discuter avec les paysans. La relation directe entre producteurs consommateurs (Photo 32) et rapproche deux mondes qui ont besoin de communiquer. Les informations relatives aux impacts des aléas climatiques sur une ferme (gel tardif par exemple) sont partagées. Et souvent, des décisions collectives et solidaires sont prises en faveur des paysans : maintien du contrat malgré une diminution de la production, coups de main à la ferme, organisation de cagnottes... À l'heure où les questions de sécurité alimentaire et de santé sont plus que jamais d'actualité, le modèle AMAP est la preuve qu'une voie différente existe. Bien plus qu'un panier ou de la vente directe, il permet aux citoyens de s'engager dans une démarche solidaire dans le respect des cycles saisonniers et naturels.

Les collaborations entre la communauté scientifique et les AMAP sont régulières sur divers thèmes : sociologie des mouvements sociaux (rejet des règles de la mondialisation alimentaire par les consommateurs et construction d'un modèle alternatif), relations de pou-

voir et nouveaux modes de gouvernance... Le modèle AMAP qui n'est pas nouveau continuera d'être un sujet d'analyse pour les chercheurs car il contribue à la construction du « monde de demain ».



Photo 32. Un apiculteur partageant son expérience
(© Les AMAP de Provence)

■ ■ ■
Les informations relatives aux impacts des aléas climatiques sur une ferme (gel tardif par exemple) sont partagées. Et souvent, des décisions collectives et solidaires sont prises en faveur des paysans.



⁶⁰ www.lesamapdeprovence.org



Témoignage III. Les jardins partagés et l'agriculture urbaine

Louise LEVAYER, chargée de mission Alimentation durable,
Cité de l'agriculture, Marseille (Photo 33 ci-contre, © Cité de l'agriculture)



Les jardins partagés et l'agriculture urbaine représentent-ils des dynamiques porteuses pour les habitants ?

Marseille compte une soixantaine de jardins partagés, jardins ouvriers et familiaux ou petits jardins collectifs de quartier⁶¹, et plusieurs fermes urbaines. Leurs fonctions multiples combinent des objectifs sociaux, économiques, écologiques, culturels et participatifs, mais aussi nourriciers. Ces espaces multiformes, dédiés à l'agriculture, sont répartis dans toute la ville, avec une forte présence dans les quartiers populaires. Que ce soit par la mise en culture d'une friche ou la végétalisation d'un espace minéral, l'impact sur le cadre de vie est toujours positif. Céline Ciupat, l'ancienne coordinatrice du projet à Font-Vert affirme que « nous sommes passés d'une déchetterie à un jardin d'Eden ! ». Ces jardins tissent des liens entre les habitants d'un quartier. Et selon Vincent Devigne, animateur du jardin du Belvédère dans le quartier de la Viste où jardiniers du noyau villageois et des cités du quartier partagent le projet, « il y a du positif et du négatif, c'est normal, c'est de l'humain, mais la dynamique génère des rencontres qui n'existeraient pas sans le jardin. Les préjugés tombent ». Les jardins assurent parfois une fonction d'ergothérapie, c'est-à-dire de soin par l'activité : « c'est un espace de respiration. Mettre les mains à la terre est apaisant » selon l'animatrice du jardin du centre social Coco Velten, Marie Biet.

L'agriculture urbaine a-t-elle d'autres atouts ?

L'agriculture en ville participe permet aussi de se reconnecter à l'alimentation et à la nature dans des espaces urbains parfois très bétonnés ou dans les « déserts alimentaires »⁶². Les jardins deviennent dans certains cas une solution nourricière permettant de manger des légumes de qualité à moindre coût toute l'année. À Font-Vert, 80 % des légumes consommés par certaines familles viennent du jardin. La culture des légumes génère des discussions autour de l'usage de l'eau, des pratiques agricoles, de la biodiversité, des graines et de la transmission entre générations. Certaines personnes, en particulier les jeunes, retrouvent ou découvrent le goût des fruits et légumes de saison et le plaisir de manger une simple tomate.

Les services écologiques rendus par ces jardins nourriciers (qualité de l'air, réduction des îlots de chaleur urbains, biodiversité), et les services sociaux, économiques et alimentaires sont encore à mesurer de manière plus fine. À Marseille, chercheurs, associations et porteurs de projets s'associent pour documenter précisément ces impacts dans des projets de recherche-action.

Ces espaces d'agriculture urbaine rendront en tout cas plus résiliente et agréable la ville de demain. Pour cultiver la ville, à Marseille, 230 ha de foncier disponible ont été identifiés par la Cité de l'agriculture et la Chambre d'agriculture des Bouches-du-Rhône. Entre les listes d'attente pour exploiter les parcelles au cœur de certains jardins et ce qu'a révélé la crise sanitaire de la Covid-19 sur l'autonomie alimentaire, la demande est réelle.

3.2. Vers une mobilité partagée et responsable

La mobilité génère une grande quantité d'émissions de gaz à effet de serre et une pollution atmosphérique dans notre région. Elle est l'un des secteurs les plus critiques pour lutter contre le changement climatique. Nos habitudes de déplacement (principalement en voiture individuelle) liées à l'organisation spatiale de l'habitat et

des activités à l'échelle territoriale sont loin d'être compatibles avec les transitions, même si le transport en commun, le vélo, le covoiturage, l'autopartage, etc. progressent. Changer de mobilité est aussi une manière de changer de rythme et de percevoir le quotidien de manière différente.

⁶¹ Relevé en Open Street Map proposé par le Réseau des Jardins Solidaires en Méditerranée : http://umap.openstreetmap.fr/fr/map/jardins-partages-et-familiaux-de-marseille_89129#16/43.2985/5.3891

⁶² Désigne un espace où les habitants ne peuvent se procurer des aliments sains (fruits, légumes, viande et produits laitiers frais) à des prix abordables (Géoconfluences, 2016).

3.2.1. Des trajets quotidiens entre voisins pour développer la mobilité partagée

La mobilité dans les zones urbaines denses concentre les attentions, mais les enjeux concernent aussi les zones à densité plus faible. Le territoire de la Communauté Territoriale Sud Luberon (COTELUB) qui compte environ 25 000 habitants, à dominante rurale et périurbaine, s'est engagé dans une démarche volontariste.

En 2016, COTELUB a adopté son schéma de mobilité rurale et dix-huit fiches actions associées qui traitent de l'ensemble des modes de déplacement : transports publics, covoiturage, modes actifs... Les priorités portent sur le développement de la voiture partagée : pôles d'échanges multimodaux et covoiturage notamment. Fort de ce schéma, COTELUB a répondu au premier appel à manifestation d'intérêt France Mobilités en 2018 avec l'ambition de mettre en œuvre des actions prioritaires, comme le projet Partage Libre de vos Excursions/des Déplacements Gagnants pour l'Environnement (PLE/DGE). Son objectif est d'augmenter le taux de remplissage des véhicules en misant à la fois sur le covoiturage de courte distance (trajets planifiés et réguliers) et l'autostop organisé (trajets spontanés ne nécessitant pas d'organisation préalable). La démarche vise à favoriser le changement de comportement en faisant appel à l'engagement des habitants et en pro-

posant des solutions flexibles et complémentaires répondant aux besoins des usagers (actifs, retraités, jeunes...). En ce sens, l'autostop local, organisé par la société coopérative d'intérêt collectif (SCIC) Rezo Pouce (www.rezopouce.fr), tourné vers un public à majorité jeune et/ou non-motorisé, s'est développé avec, par exemple :

- l'aménagement de points de rencontre, dans chacune des 16 communes, entre jeunes et actifs effectuant des trajets courts et réguliers ;
- un dispositif de promotion des nouveaux services (Troc Trajet) dans les établissements accueillant du public (bars, commerces, cinémas...).

Aujourd'hui, les utilisateurs de Rezo Pouce sont âgés de 16 à 80 ans, répartis sur 14 communes (sur 16) de COTELUB, et leur nombre progresse continuellement. La SCIC a récemment développé une application dédiée (smartphone et iPhone) pour faciliter le partage de la mobilité et bouger en toute liberté.

Grâce à l'initiative de COTELUB, de nouveaux services émergent en favorisant le travail collectif et les partenariats. Un rapprochement avec le Conseil départemental du Vaucluse a aussi permis de réaliser un schéma des aires de covoiturage et de renforcer la communication.

3.2.2. L'AutoCoPartage, une solution à impact positif

De multiples recherches-actions et applications géographiques et géomatiques dans le domaine des transports et des mobilités sont conduites pour optimiser les transports sur les territoires, en luttant contre la dépendance automobile, tout en facilitant les mobilités de proximité, socialement et écologiquement durables, qui réduisent les temps de parcours et les émissions de polluants atmosphériques.

Les transports à la demande (TAD) optimisés sont étudiés par l'UMR ESPACE à l'Université d'Avignon sous toutes leurs formes. Il s'agit de développer des systèmes dynamiques et des algorithmes de regroupement des passagers, permettant de minimiser les distances parcourues et les émissions d'une flotte de véhicules, électriques, hybrides ou thermiques. Plus particulièrement, l'AutoCoPartage est une association de l'autopartage (véhicules en libre service pour abonnés) et du covoiturage (service de transport partagé avec chauffeur non professionnel). L'alliance des deux concepts permet des gains environnementaux cumulés : pas de stockage de véhicules personnels et réduction de la

dépendance automobile, mais aussi optimisation des tournées avec une fonction de transport partagé.

Prenons un exemple de l'AutoCoPartage pour trois clients. La Figure 19, à gauche, indique un trajet pour chacun d'un client (C1, C2, C3) sans optimisation :

- C1 part de A pour aller à B ;
- C2 de C à D ;
- C3 de E à F.

Dans ce cas de figure, le covoiturage n'est pas possible : aucun des clients ne peut prendre une voiture et transporter les autres, car le détour engendré est trop grand : C1 devrait faire le trajet A-C-E-D-F, 4 fois plus long que son trajet initial A-B. Avec le transport à la demande, il est possible de regrouper les trois clients, mais cela nécessite un agent (chauffeur) supplémentaire partant et revenant à un dépôt (davantage de distances parcourues). Avec l'AutoCoPartage (Figure 19, à droite), les trois clients partagent une voiture sans agent et supportent des détours acceptables :

- C1 conduit la voiture et fait le trajet A-C-B ;
- C2 prend le volant à B et fait le trajet C-B-E-D ;
- C3 est devenu le chauffeur à D et fait le trajet E-D-F.

Info+

Pour aller plus loin sur le thème de la mobilité, découvrez le « Guide pour une mobilité quotidienne bas carbone » rédigé par The Shift project, février 2020 : <https://theshiftproject.org/guide-de-la-mobilite-quotidienne-bas-carbone/>

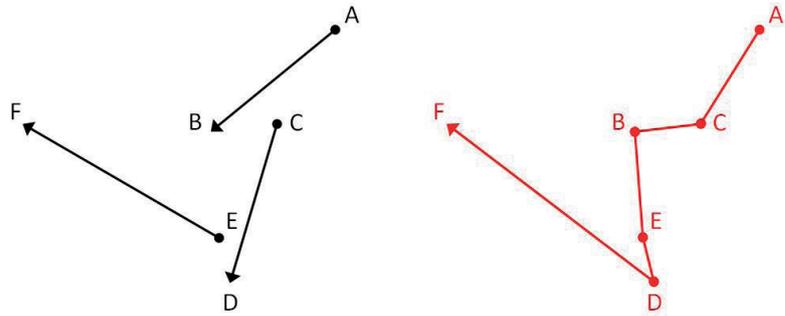


Figure 19. Trajets de trois « clients » sans optimisation du transport (à gauche) et en AutoCoPartage (à droite).

L'AutoCoPartage est un moyen de transport qui peut être adapté aux contextes locaux et éprouvé par des

volontaires, puis déployé à terme dans territoires de la région.

3.2.3. Le véhicule électrique compatible avec la transition écologique ?

Sur la question des véhicules « propres », les avantages et désavantages sont souvent contradictoires selon les sources. Pour décrypter les informations, un point est proposé.

Véhicule « propre » : il est temps de sortir du déni

La conversion à l'électrique est devenue le maître-mot des responsables politiques et des acteurs de la filière automobile pour répondre aux objectifs climatiques et à la nécessaire réduction de la pollution de l'air. Les bénéfices attendus sont indéniables : zéro émission à l'échappement, soit une réduction d'environ 70 % des émissions de particules fines et une division des émissions de CO₂ par 2, voire par 3, comparées à celles générées par les véhicules thermiques (essence et diesel) sur l'ensemble du cycle de vie (Figure 20). La conversion à l'électrique est donc bien incontournable pour enclencher la transition tant attendue du secteur des transports. Mais elle n'est pas suffisante en soi pour atteindre l'objectif de décarbonation totale de ce secteur d'ici 2050, car le véhicule propre n'existe pas et le bilan environnemental des voitures électriques est très variable.

Le véhicule propre n'existe pas

La production d'un véhicule neuf est consommatrice d'énergie, de matières qui exigent parfois des ressources minérales disponibles en quantités limitées. Du point de vue du climat, pas de miracle non plus : la production d'une voiture citadine thermique génère plus de 5 tonnes CO₂-eq et pour un véhicule électrique de même taille, ce bilan approche aujourd'hui 10 tCO₂-eq (chiffres de 2017). Ce bilan CO₂ varie en fonction du

poids du véhicule et de la batterie : pour une berline, le bilan est jusqu'à deux fois plus important que pour une citadine et plus encore pour les modèles SUV les plus imposants. Pour atteindre la décarbonation du secteur d'ici 30 ans, l'amélioration de ce bilan est incontournable.

Trois conditions pour une conversion à l'électrique compatible avec les objectifs de la transition écologique

La première condition est la maîtrise de l'évolution des batteries dont la production est aujourd'hui trop polluante et le recyclage insuffisant. La localisation en Europe et en France de la chaîne de valeurs est une étape indispensable, qui permettra de mieux maîtriser l'impact environnemental de la production. Mais au-delà, il s'agit d'optimiser l'usage des voitures. Alors que l'autonomie des batteries devient suffisante, la priorité est aujourd'hui d'alléger les véhicules et les batteries, et de les utiliser de manière plus intense (un véhicule est en moyenne stationné 95 % du temps). En ce sens, miser sur le partage des véhicules et développer les services associés sont les meilleures options.

La seconde condition est de renforcer la responsabilité des constructeurs et des équipementiers vis-à-vis de leur politique d'approvisionnement. C'est le sens du devoir de vigilance qui impose aux entreprises multinationales d'identifier et de prévenir les atteintes aux droits humains et à l'environnement résultant non seulement de leurs propres activités, mais aussi de celles de leurs filiales et de leurs sous-traitants et fournisseurs. Pour aller plus loin, la relocalisation des chaînes de valeurs va devenir un facteur clé dans les années à venir pour

maîtriser les dépenses énergétiques, les coûts, et donc améliorer la compétitivité.

Enfin, la troisième condition est le développement conjoint des véhicules électriques et des énergies renouvelables, afin de limiter l'impact environnemental de nos déplacements (les émissions de CO₂, mais également la production de déchets liés à la production

d'électricité). Le pilotage des recharges sera également indispensable pour limiter les appels de puissance sur le réseau.

Une transformation profonde du secteur automobile doit donc être engagée, en prenant en compte les nouveaux usages de la voiture et la nécessaire décroissance du secteur.

Info+

Selon l'Agence internationale de l'énergie, plus de 7 millions de véhicules électriques étaient utilisés en 2019 dans le monde. Ce chiffre devrait osciller entre 140 et 235 millions de véhicules électriques (2 et 3 roues exclus) en 2030 selon les scénarios de développement de l'AIE. Dans la région, l'amélioration programmée du maillage du territoire régional en bornes de recharge dans les « zones blanches », les pôles d'échange multimodaux et les parcs relais devrait encourager l'acquisition de véhicules électriques à usage personnel et professionnel. En Provence-Alpes-Côte d'Azur, le département des Bouches-du-Rhône enregistre le plus grand nombre de voitures électriques vendues grâce à l'aide aux particuliers de 5000 euros. Les questions de production d'électricité et d'approvisionnement via les énergies renouvelables, d'extraction de minerais (nickel, manganèse, cobalt...), de recyclage des batteries, etc. seront au cœur des enjeux environnementaux ces prochaines années.

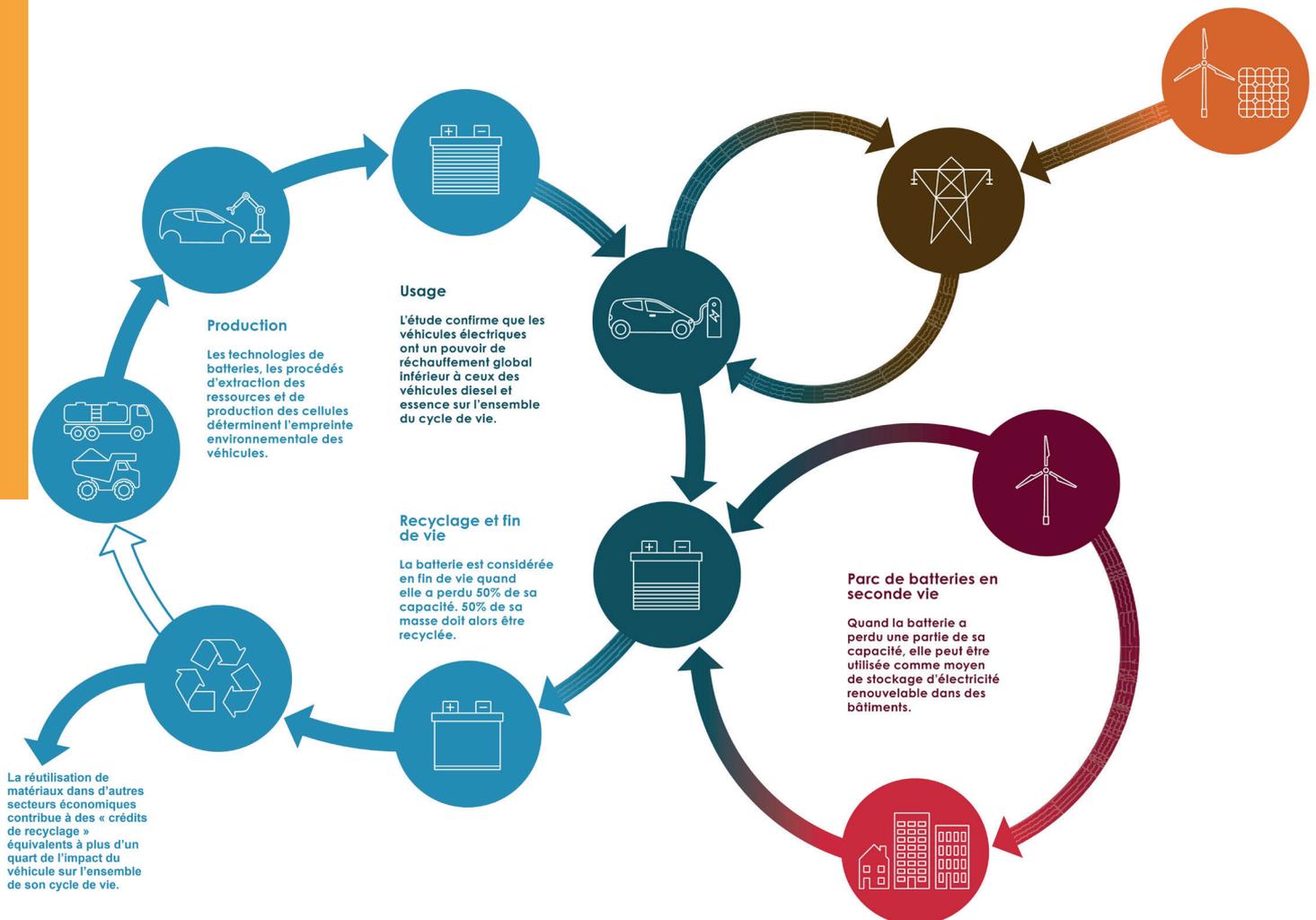


Figure 20. Le cycle de vie des véhicules électriques (source : FNH-ECF).

3.3. Le numérique à l'épreuve du changement climatique

En facilitant le quotidien, en réduisant les distances, en ouvrant les champs des possibles et en permettant de communiquer sans entrave ou presque, le numérique se met au service de toutes les strates de la société. Avec le développement des équipements et des applications toujours plus innovantes, dans le domaine de la santé par exemple, et faciles à utiliser, le numérique ne

se donne pas de limites. Et comme son usage effréné est énergivore, il contribue de manière significative aux émissions de gaz à effet de serre et à l'épuisement des ressources naturelles. Des pratiques permettent heureusement de limiter ses impacts et même de viser à terme la neutralité carbone selon conditions.

3.3.1. Quelles pratiques pour limiter l'empreinte carbone du numérique ?

L'impact environnemental du numérique est loin d'être négligeable. En effet, au-delà du poids sur les ressources naturelles (utilisation de matières premières, tensions sur l'eau...), le numérique est responsable aujourd'hui de plus de 4 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre (à titre de comparaison, l'aviation représente 2,6 %⁶³) et contribue donc activement au réchauffement climatique.

Réduire l'empreinte carbone du numérique

La phase de fabrication des appareils électroniques est la plus émettrice de dioxyde de carbone (CO₂), or les usages se diversifient et s'intensifient, et le renouvellement du matériel avant l'obsolescence évolue à une vitesse effrénée. Diminuer le nombre d'équipements et prolonger leur durée de vie constituent ainsi les gestes les plus efficaces pour améliorer le bilan environnemental du numérique. En ce sens, il est conseillé d'opter pour des appareils multifonctions, de conserver ses équipements plus longtemps et de recourir à la réparation. Près de 90 % des Français changent de téléphone en état de fonctionnement : choisir le troc, le don ou la vente d'occasion sont autant d'alternatives possibles pour prolonger la durée d'usage des équipements et réduire les pollutions. Lorsque les appareils ne sont plus en état de marche, le recyclage permet aussi de produire de nouveaux appareils à partir des métaux réutilisés. La loi relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire (février 2020) doit renforcer la pratique du recyclage des déchets d'équipements électriques et électroniques. Cette même loi doit également rendre l'information transparente pour

les consommateurs afin qu'ils privilégient par exemple des appareils aux qualités environnementales élevées et avérées. Certains équipements sont d'ores et déjà porteurs de labels environnementaux (EPEAT⁶⁴, TCO⁶⁵, Ange Bleu...).

Aujourd'hui, le digital est devenu un élément incontournable de nos sociétés et le trafic de données ne cesse de croître (+25 % par an). Pour atténuer la surcharge de données dans les centres de données, il est par exemple recommandé d'alléger ses messages électroniques (diminuer le volume des pièces jointes), de minimiser le nombre de requêtes sur les moteurs de recherche, de ne conserver que les données et les applications utiles, de recourir au stockage sur des disques durs... Quant aux vidéos (80 % des usages du numérique), il est important de se questionner sur les usages et les comportements individuels et collectifs. Limiter le superflu, éviter la boulimie, diversifier ses activités et loisirs sont autant de solutions pour réduire l'empreinte carbone. De plus, de petits gestes simples comme débrancher ses appareils (box, smart TV...) une fois l'utilisation terminée, choisir une résolution vidéo adaptée à l'écran, privilégier si possible le wifi à la 4G ou 5G et la TNT à la fibre...

Certains moteurs de recherche et messageries éco-responsables offrent la possibilité aux internautes d'opter pour un système de compensation des émissions de CO₂ (Ecosia⁶⁶) ou un système de financement de projets sociaux et environnementaux (Lilo⁶⁷, écomail⁶⁸). Ces initiatives restent encore très marginales. Pour accélérer la transition énergétique et respecter les enga-

⁶³ Seul le CO₂ est ici quantifié (source : IATA, 2018), excluant l'effet du forçage radiatif et les trainées de condensation.

⁶⁴ Electronic Product Environmental Assessment Tool.

⁶⁵ La certification mondiale de durabilité pour les produits informatiques.

⁶⁶ Moteur de recherche solidaire allemand reversant 80 % de ses bénéfices (programme de reforestation mondial).

⁶⁷ Financement de projets sociaux et environnementaux : www.lilo.org/fr

⁶⁸ www.ecomail.fr

engagements européens de réduction des émissions de GES d'ici 2030 et 2050, associer les énergies renouvelables et la numérique est une voie à suivre, tout comme le stockage de l'électricité pour optimiser la production par exemple. La « smart city » (ville intelligente privilégiant l'action publique locale et l'innovation sociale) et les « smart grids » (réseaux intelligents ajustant production, distribution et consommation) deviendraient des solutions une fois levées les contraintes techniques, environnementales, sociales et économiques.

Mais le numérique peut-il être devenir neutre en carbone ?

Si la tendance actuelle se poursuit, avec le développement des nouveaux usages (objets connectés, 8K, 5G...), la neutralité carbone du numérique sera difficilement atteignable. En 2018, 15 milliards d'objets numériques étaient connectés. Ce chiffre triplera en 2030, soit 46 milliards. À ce rythme, si le secteur du numérique reste énergivore, sa contribution au changement climatique deviendra incontrôlable. Pour atteindre la neutralité carbone, l'ensemble des acteurs socioéconomiques du numérique (entreprises, collectivités territoriales, laboratoires de recherche, citoyens...) sont appelés à changer leurs pratiques et habitudes.

Les géants du net, comme Google ou Facebook, annoncent d'ores et déjà la neutralité carbone en 2030. Derrière l'effet d'annonce, il faut décrypter l'information. Google, par exemple, s'appuie sur des productions vertes, appelées « garanties d'origines renouvelables », régies par la loi de l'offre et de la demande : chaque kilowattheure (kWh) consommée, émettant du dioxyde de carbone, est compensé par un kWh produit à partir d'énergies renouvelables. Les grandes entreprises font aussi appel à la séquestration du carbone dans les sols et la biomasse pour verdir leur image. Selon Carbone 4, ces systèmes de compensation ne garantissent pas une baisse des émissions de GES des entreprises, une baisse de la consommation d'énergie ou la neutralité carbone, dans la mesure où ces multinationales consomment toujours plus d'énergie : augmentation du nombre de data centers, d'infrastructures de données, de bâtiments de stockage... Les grandes entreprises

misent désormais sur les fermes photovoltaïques et solaires, ou encore les centrales nucléaires, pour devenir neutres en carbone. Mais, selon le Shift Project, la décarbonation totale de la production d'électricité est encore une utopie ou du moins un processus très complexe. Pour atteindre la neutralité carbone, il faut tout compter : fabrication des produits, utilisation des équipements, stockage des données, consommation énergétique des usages, construction des infrastructures et leur maintenance, conception des moyens de production d'énergies renouvelables... Comme les modèles économiques des multinationales du numérique visent une croissance perpétuelle et une augmentation infinie de leurs utilisateurs, la sobriété énergétique est encore reléguée au second plan. Heureusement, des solutions existent et les utilisateurs peuvent jouer un rôle majeur dans le développement du numérique : des scénarios mettent en avant des gains d'efficacité énergétique à l'avenir, un ralentissement du trafic tout en assurant des services de qualité, le développement généralisé des énergies renouvelables en remplacement des énergies fossiles, le choix d'équipements moins puissants, l'adaptation des comportements en fonction de l'utilité sociale et économique des services numériques, l'usage responsable d'internet, le recyclage complet des équipements...

Chiffres clés :

- 1 mail sans pièce jointe : 4 g CO₂-eq/unité (fin 2019, 8 à 10 milliards de mails échangés par heure) ;
- 1 mail avec pièce jointe : en moyenne, 35 g CO₂-eq/unité ;
- 1 requête internet : 6,65 g CO₂-eq/unité ;
- 1 tweet : 0,02 g CO₂-eq/unité ;
- 1 ordinateur fixe avec écran plat : 1280 kg CO₂-eq/appareil ;
- 1 ordinateur portable de 14,1 pouces : 202 kg CO₂-eq/appareil, 30 à 100 kWh/an ;
- 1 smartphone : 30 kg CO₂-eq/appareil, 2 à 7 kWh/an ;
- consommation d'une box : 150 à 300 kWh/an (équivalent d'un réfrigérateur) ;
- 47 % des émissions de GES générées par le numérique sont dues aux équipements des consommateurs, 53 % aux data centers et aux infrastructures réseau.

3.3.2. L'économie circulaire du numérique

L'économie circulaire du numérique consiste à produire des biens et services durables, d'éliminer ou de réduire les déchets et d'optimiser l'utilisation des ressources pour limiter les impacts environnementaux des usages numériques tout au long de leur cycle de vie (Fi-

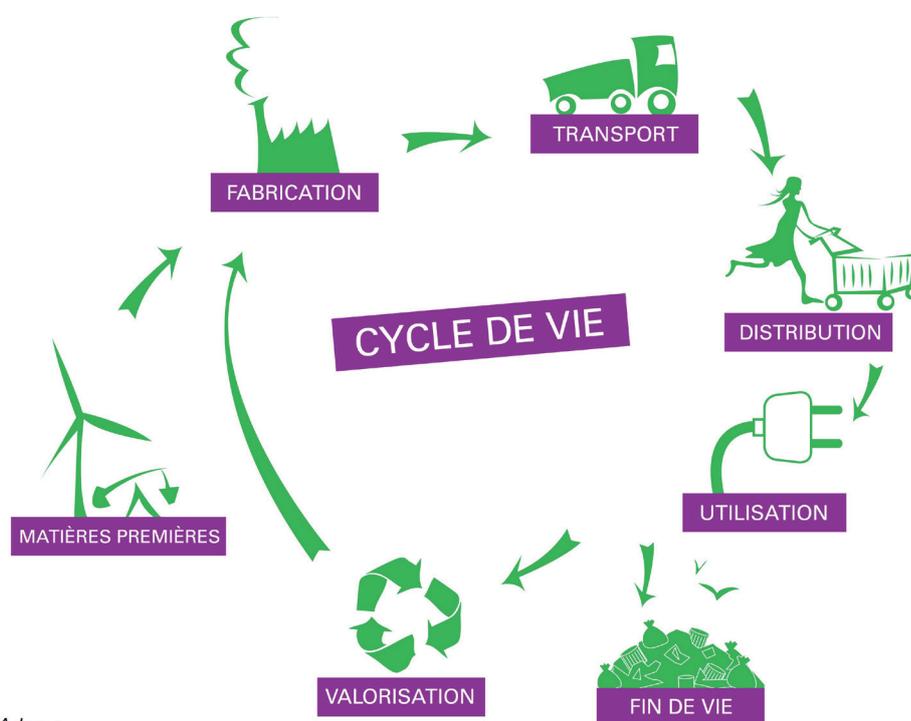
gure 21). Pour ce faire, il faut agir simultanément sur la gestion des déchets, l'offre des acteurs économiques, sur la demande et le comportement des acteurs.

Le concept est récent et encore peu structuré. Des com-

portements de consommation responsable émergent, mais ils sont freinés par le manque d'informations relatives aux critères environnementaux des produits et services. La réparation et le recyclage des appareils ne sont pas encore des pratiques systématiquement adoptées et le marché des produits de seconde main (Back Market, Recommerce...) est en plein essor, même s'il rencontre des difficultés (manque de confiance et de normes, attractivité des produits neufs, problèmes d'approvisionnement...). L'économie de la fonctionnalité (privilégier l'usage à la propriété) est un mode de consommation encore peu répandu. Les mesures incitatives destinées à opter pour l'écoconception et l'allongement de la durée de vie des produits sont encore insuffisantes. Par exemple, le principe de « responsabilité élargie du producteur⁶⁹ » (REP) qui vise l'optimisation du recyclage de différentes filières prévoit un coût pour la gestion des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) restant partiellement à la charge des consommateurs, qui doit être obligatoirement mentionné. Cependant, le montant de cette éco-participation n'est pas suffisamment dissuasif (entre 2 et 4 centimes pour un téléphone portable) pour infléchir le choix des consommateurs en faveur de bien plus sobres. Ainsi, les producteurs ne sont donc

pas encouragés à changer leurs pratiques et leur fabrication non durable. Le principe du pollueur-payeur est ici tout relatif. Du côté des centres de données (lieux physiques regroupant des équipements informatiques nécessaires au traitement et au stockage de données), les pratiques d'économie circulaire se limitent pour l'instant à la réduction de la consommation d'énergie et à la valorisation de la chaleur produite.

Aujourd'hui, l'économie circulaire du numérique accélère et de nombreuses initiatives voient le jour, comme le Fairphone, un smartphone propre et durable ou encore iFixit, un site internet proposant guides, tutoriels et équipements pour rendre accessible à tous la réparation d'appareils électroniques. L'économie circulaire du numérique sera amplifiée par les mesures prévues par la loi relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire⁷⁰, à savoir le renforcement de l'information environnementale et des pratiques de réemploi, réparation et réutilisation, l'élargissement de la responsabilité du producteur, l'instauration d'un cadre légal pour lutter contre l'obsolescence logicielle, la prise en compte du concept dans la commande publique et les enjeux de l'usage du plastique.



Source Ademe

Figure 21. Le cycle de vie des produits.

⁶⁹ www.ademe.fr/expertises/dechets/elements-contexte/filieres-a-responsabilite-elargie-producteurs-rep

⁷⁰ <https://www.vie-publique.fr/loi/268681-loi-lutte-contre-le-gaspillage-et-economie-circulaire>



Zoom 12. L'économie circulaire pour dynamiser les territoires

L'économie circulaire revient à changer de modèle économique, à passer d'une économie linéaire basée sur le schéma « extraire-produire-consommer-jeter » à une économie basée sur des schémas de boucles dans lesquels les déchets deviennent des ressources, tout en créant une valeur économique, sociale et environnementale positive.

Dans les faits, l'économie circulaire reste encore trop souvent intégrée aux politiques territoriales sous le prisme unique de la valorisation des déchets. Les collectivités locales, communes ou intercommunalités, développent ainsi des actions de recyclage des déchets en améliorant les déchetteries et les systèmes de collecte, et en favorisant le réemploi grâce à la création de ressourcerie ou de Repair Café⁷¹.

Or, l'économie circulaire repose aussi sur la mise en synergie des acteurs du territoire nécessaire au renforcement de l'économie locale et durable. En se fédérant et en collaborant, des entreprises du territoire régional ont d'ores et déjà créé à leur échelle des boucles à valeur ajoutée. C'est notamment le cas d'entreprises industrielles de Fos-sur-Mer avec la démarche PIICTO⁷² qui vise à « accompagner la réindustrialisation de la zone industrialo-portuaire de Fos-sur-Mer, appelée à devenir un site de référence et compétitif dans la zone Sud-Europe, en accueillant notamment des démonstrateurs en matière de transition énergétique afin de préparer les filières industrielles et énergétiques de demain ». Cette dynamique de territoire n'est pas réservée aux grands industriels. Les artisans de la filière L'Argile ont développé la démarche « L'Argile circulaire⁷³ » grâce à Citoyens de la Terre⁷⁴ : « Au moyen d'un accompagnement en intelligence collective et d'une démarche de progrès ancrée dans les réalités du territoire, les artisans de la filière Argile donnent une valeur ajoutée à leurs produits en intégrant les nouvelles pratiques d'économie circulaire (circuits courts, éco-conception, gestion des déchets et revalorisation en matières premières, mutualisation) ».

Au total, près d'une vingtaine de dynamiques ont émergé sur le territoire régional grâce notamment au soutien de l'ADEME Provence-Alpes-Côte d'Azur et de la Région Sud. Depuis plus de 6 ans, ces institutionnels font de l'économie circulaire une priorité et impulsent ainsi la dynamique régionale à laquelle l'Agence régionale pour la biodiversité et l'environnement (ARBE) contribue. Ce soutien assure la présence d'un animateur, élément clef du développement de ces dynamiques à tous les niveaux. La présence d'un animateur d'économie circulaire territorial est un atout majeur comme le démontre cet exemple récent dans le contexte de crise sanitaire de la Covid-19 : sur le territoire de La Ciotat, l'association Athélia Entreprendre⁷⁵ a mis en place une solution mutualisée de lavage des masques. Le lavage est assuré par une blanchisserie de Roquefort-la-Bédoule spécialisée dans le lavage du linge d'hôtels et restaurants. Cette solution incite les entreprises à faire le choix du réutilisable et a ouvert un nouveau marché économique à la blanchisserie fragilisée par la fermeture provisoire de la filière tourisme.

Ainsi, l'économie circulaire crée de nouvelles activités et donc de l'emploi, relocalise nos activités et préserve notre environnement. Elle représente un véritable levier économique tout en contribuant activement à la transition écologique de nos territoires.



⁷¹ www.repaircafe.org/fr/a-propos/

⁷² <https://piicto.fr>

⁷³ <https://issuu.com/largile/docs/communicationargilecirculairev5>

⁷⁴ www.citoyensdelaterre.com/l-association

⁷⁵ <https://atheliaentreprendre.fr/info-flash-covid-19-solution-mutualisee-de-lavage-des-masques>

3.4. Quelles stratégies pour le tourisme et les loisirs face au changement climatique ?

Le tourisme et les loisirs contribuent eux aussi aux émissions de gaz à effet de serre et donc au changement climatique. Pour y remédier, les acteurs territoriaux font preuve d'originalité et d'inventivité, mais leurs efforts ne seront utiles que si les usagers consomment différemment. Le tourisme et les loisirs sont liés à toutes les problématiques territoriales : transport, bâtiment, énergie (chauffage, climatisation...), agriculture, alimentation, ressource en eau, biodiversité, santé, événements climatiques extrêmes (inondations, incendies,

ICU...), aménagement, infrastructures... Que le séjour soit court ou long, les secteurs du tourisme et des loisirs pèsent dans le bilan carbone des territoires, fragilisent les écosystèmes, multiplient les risques, renforcent les tensions... Des pratiques tendent à limiter les impacts en favorisant une stratégie de développement durable évitant la surfréquentation et la surconsommation des espaces, au profit des acteurs locaux, des visiteurs et du climat.

3.4.1. La stratégie touristique du Parc naturel régional du Queyras

Le Parc naturel régional du Queyras (PNR) est un territoire classé depuis 1977 avec une identité forte, un patrimoine naturel et culturel préservé, et une vie sociale très active. Le tourisme occupe une place primordiale dans l'économie du territoire aux côtés de l'agriculture, du pastoralisme et de l'artisanat. Il se caractérise par une clientèle très fidèle qui se répartit presque équitablement entre l'hiver et l'été (Photo 34), une particularité pour un territoire de stations. Cette clientèle recherche des activités variées (sport, culture, patrimoine, terroir, découverte, science...), respectueuses de l'environnement, et privilégie les rencontres pour donner du sens à ses loisirs. L'office de tourisme intercommunal Guillestrois-Queyras favorise et valorise ces pratiques touristiques. Très actif, il applique une stratégie en totale harmonie avec celle du Parc. En effet, la stratégie écotouristique du Parc, à travers notamment la Charte européenne du tourisme durable (CEDT), qui aborde l'acte touristique en partant de l'utilisation des ressources du territoire et de leur nécessaire « exploitation » responsable et consciente, repose sur l'évolution des pratiques en misant sur les 4 saisons avec la promotion d'un territoire « nature » (destination non saturée et qualité de vie reconnue), et un schéma des activités de pleine nature. L'objectif est aussi de recréer du lien entre les filières désaisonnalisées qui font vivre le territoire. La diversification s'étend aux domaines culturels, scientifiques et patrimoniaux, hiver inclus, pour ne plus dépendre de l'économie du ski alpin. L'atout de cette stratégie est de miser sur l'humain, un « territoire vivant » et une « montagne à vivre ».

Le Parc est également engagé dans le projet de la Fé-

dération des PNR « Destination Parcs » (5 parcs sur 54). Il s'agit d'un positionnement stratégique en matière de tourisme. Cette offre appelée « Utopie rurale » est marquée par le caractère local, «slow», social, et un design original. L'idée est de permettre aux touristes de rencontrer des acteurs du changement. Ainsi, le projet met en valeur des professionnels du territoire, un tourisme expérientiel et transformationnel. Aujourd'hui, un modèle intrapreneurial⁷⁶ est retenu avec le but de créer une start-up nationale. L'office de tourisme propose en parallèle des ateliers « Consomm'acteurs » qui rapprochent les professionnels du territoire des touristes. La marque « Valeurs Parc » auprès de professionnels, hébergeurs, artisans, sorties et produits du terroir est par ailleurs un vecteur pour diffuser les valeurs : ancrage territorial, préservation et valorisation des patrimoines, dimension humaine.



Photo 34. L'écotourisme dans la forêt avec les ânes
(© Christophe Gerrer, Parc naturel régional du Queyras).

⁷⁶ Méthodes et processus permettant d'entreprendre au sein même de son entreprise. Un salarié peut ainsi devenir intrapreneur dans sa structure (généralement de taille moyenne ou grande) pour créer une nouvelle organisation, un mode de gestion innovant... Par l'intrapreneuriat, le salarié accède à une certaine autonomie et gagne en responsabilité.

Même s'il faut aller plus loin, cette politique touristique répond aux enjeux transversaux du changement climatique, de la préservation des écosystèmes, des transitions, du développement territorial... Elle sera enrichie par des actions visant l'évolution des mentalités en

renforçant les éco-pratiques, la sensibilisation des socioprofessionnels et des visiteurs, un travail spécifique sur la mobilité, l'habitat et l'énergie. La santé constitue un axe de recherche prioritaire.

3.4.2. L'évolution de la pratique du vélo et de la randonnée pédestre

Depuis quelques années, le tourisme à vélo (Photo 35) a le vent en poupe. Si la pratique se concentre sur les façades littorales et en saison estivale, elle est également présente d'avril à novembre dans les parcs naturels régionaux du Luberon et du Verdon. Le vélo tourisme par sa nature est une pratique plutôt sobre. Cependant, de nombreux points d'amélioration peuvent être envisagés pour allier le développement de cette pratique et la préservation et la valorisation des territoires. Vélo Loisir Provence, qui propose ces destinations depuis plus de 20 ans, s'interroge sur les pistes d'actions et les moyens à déployer pour un tourisme plus durable face au changement climatique.

Il s'agit d'inciter les touristes à privilégier les déplacements à vélo pour découvrir le territoire et accéder aux sites touristiques majeurs. L'Opération Grand Site du massif des ocres (OGS) et du Verdon a intégré cette réflexion dans son programme d'aménagement. Afin d'encourager et de faciliter la pratique, il convient aussi d'apporter des services le long des itinéraires cyclables avec des équipements « verts » (toilettes sèches, bornes de recharge à énergie solaire) et utiles pour maintenir la fréquentation lors des fortes chaleurs (points d'eau, aires végétalisées). Ces équipements peuvent être concentrés dans des haltes

de repos, à la fois lieux de services, d'information et contribuant à la valorisation des espaces traversés. Pour limiter les nuisances et pollutions émises par la voiture individuelle, des solutions intermodales pour accéder au lieu de séjour doivent également être développées en lien avec les collectivités et transporteurs.

Pour les prestataires touristiques, outre la marque « Accueil vélo », les écolabels ou marques territoriales, comme « Valeurs Parc », encouragent et valorisent les services éco-responsables mis en place (circuits courts, économies d'énergie, etc.). Les tour-opérateurs locaux ont également un rôle à jouer dans la conception de leurs séjours afin de limiter l'impact écologique de la pratique vélo : éviter les voitures « suiveuses » et privilégier le travail en réseau ou proposer en priorité des séjours à vélo musculaire.

Enfin, la préservation d'un espace repose sur la connaissance des usagers et l'appropriation qu'ils s'en font. Ainsi, Vélo Loisir Provence travaille étroitement avec les offices de tourisme et prestataires, tout en coopérant avec les PNR et les guides accompagnateurs pour mettre en place des balades vélo accompagnées alliant connaissance du patrimoine et prise de conscience des enjeux liés au changement climatique.



Photo 35. Vue aérienne du pont Julien à Bonnieux, Vaucluse (© Abellan Julien).



Témoignage IV. Changement de pratiques des guides naturalistes

Vincent BLONDEL, guide naturaliste, médiateur scientifique et culturel, Naturelles Balades, Carqueiranne (Photo 36 ci-contre, © Naturelles Balades)



Le changement climatique a-t-il déjà une influence sur vos pratiques professionnelles ?

Avec le changement climatique, de nombreux guides naturalistes s'interrogent sur le devenir de leurs pratiques, notamment les sorties de découverte au sein des espaces naturels protégés. Les publications scientifiques et les indicateurs climatiques chiffrés de l'échelle globale à territoriale correspondent aux observations effectuées sur le terrain, et ce avec un recul d'une vingtaine d'années d'expérience.

Au niveau de la biodiversité, de grandes perturbations sont évidentes : modification de la migration des oiseaux, du comportement des amphibiens, disparition des arthropodes, floraisons de plus en plus précoces, décalage dans les chaînes alimentaires et les cycles de reproduction, augmentation des espèces exotiques envahissantes... Cette liste pourrait s'enrichir de centaines d'exemples.

Dans la pratique, ces changements décalent les dates des sorties et nécessitent des repérages beaucoup plus fréquents en amont pour s'assurer de l'état de la faune et la flore. La pauvreté en espèces et la banalisation des territoires contrastent avec l'idée d'une nature superbe qui est l'un des faire-valoir essentiels de notre métier.

Les événements climatiques extrêmes imposent aussi de nouvelles contraintes. L'augmentation de la fréquence des crues dévastatrices implique par exemple un renforcement de la sécurité et conduit souvent à l'impossibilité de pratiquer notre métier de guide naturaliste dans les zones humides pourtant si riches en biodiversité.

De mi-juin à mi-septembre, la multiplication de la fermeture des massifs forestiers nous oblige également à annuler des sorties du jour au lendemain. Les épisodes caniculaires, de plus en plus fréquents, provoquent l'annulation des activités et l'organisation de sorties nocturnes ou décalées dans la journée. Inversement, des sorties qui n'étaient pas possibles en hiver à cause du froid ou de la non-présence des espèces, le sont aujourd'hui. Ces contraintes modifient sérieusement l'organisation des plannings et les relations avec les acteurs du tourisme, laissant un manque à gagner évident.

Devant un tel phénomène, depuis une dizaine d'années, j'ai changé mes pratiques professionnelles et mes habitudes au quotidien. J'ai décidé par exemple de réduire la taille des groupes, de ne pas contribuer au tourisme de masse, de sélectionner mon matériel, de privilégier les produits locaux, d'éviter les longs trajets en voiture et les trajets en avion, d'encourager le covoiturage, de bannir la communication papier, tendre vers le zéro déchet..., et surtout transmettre un message : « la nature nous est indispensable, pour la respecter, il faut changer radicalement notre façon de vivre ! »

3.4.3. Le tourisme scientifique, une option pour nos territoires ?

Le tourisme scientifique s'inscrit dans une quête de sens, d'expérience et d'apprentissage (learning travel) dans les activités de loisirs. Ce tourisme, naissant à l'échelle mondiale, se prête à nos montagnes où le changement climatique met la science au centre des débats. Ce tourisme connaît deux déclinaisons :

- la première, le « tourisme à contenu scientifique », diffuse des connaissances scientifiques validées par des chercheurs. Il s'agit de circuits d'interprétation ou de randonnées thématiques encadrées par des professionnels formés à la médiation scientifique. Elle valorise des recherches scientifiques locales sur le climat, les glaciers, le cycle des saisons de la faune, etc. ;
- la seconde, le « volontariat scientifique », implique le visiteur de manière plus active puisqu'il s'engage aux côtés des chercheurs pour collecter des données. Ce volontariat s'inscrit dans la continuité de la science participative. Les critères de cette offre sont alors triples : scientifique (les séjours doivent apporter de nouvelles données aux chercheurs), pédagogique (le touriste bénévole doit apprendre, sur la démarche et le thème scientifique, sur le territoire...) et financier. En effet, à la différence de la science participative dont l'accès est gratuit, le volontariat scientifique constitue une source de revenus pour le centre de recherches qui le met en place.

Le CREA Mont-Blanc et l'ARPA Vallée d'Aoste ont eu l'opportunité d'expérimenter le tourisme scientifique en montagne (Photo 37), lors du projet Tourscience qui consistait à « tester différentes stratégies pour proposer un écotourisme innovant et durable sur les sites emblématiques du Mont-Blanc par l'intermédiaire de la recherche en écologie ». Les retours des visiteurs et des acteurs territoriaux ont été très positifs, même si les compétences et missions des scientifiques sont éloignées de celles des professionnels du tourisme. De cette « preuve de concept » se dégage l'une des clés pour proposer une offre de tourisme scientifique, l'alliance indispensable entre partenaires :

- des scientifiques actifs sur le territoire souhaitant faire connaître leurs recherches. Les questions scientifiques, les protocoles de collecte de données et l'interprétation scientifique des résultats, mise à jour constamment, sont intégrées à l'offre ;

- des médiateurs (animateurs nature, accompagnateurs en montagne...) formés à la démarche scientifique, maîtrisant les recherches en cours, si possible engagés eux-mêmes au cours de l'année dans des programmes de science participative ;
- des opérateurs et institutions touristiques (agences de voyages, offices de tourisme, refuges...) capables d'assurer la commercialisation et la qualité de l'expérience vécue par les visiteurs.

Dans ces conditions, il est à parier que le tourisme scientifique, s'adressant à un segment de clientèle, contribuera à l'avenir à définir et mettre en valeur l'identité touristique de certains territoires.



Le tourisme scientifique s'inscrit dans une quête de sens, d'expérience et d'apprentissage.



Photo 37. Chercheurs et volontaires scientifiques lors d'un séjour dans le massif du Mont-Blanc (© CREA Mont-Blanc).

Conclusion générale

Le changement climatique en cours, conséquence de nos émissions de gaz à effet de serre depuis la fin du XIX^e siècle, est plus que jamais indissociable de nos vies, de nos écosystèmes agricoles et naturels, de notre économie, de la gestion sociale, politique et financière de nos territoires... Il est devenu un facteur aggravant des pressions humaines exercées sur l'environnement au quotidien. Ses effets pourraient même devenir prépondérants à court terme si les tendances actuelles ne n'infléchissent pas sans délai.



Penser les territoires de demain sans intégrer les contraintes de l'évolution (trop) rapide du climat et les risques associés aux événements climatiques extrêmes n'est tout simplement pas viable et responsable. Les acteurs territoriaux l'ont compris ou commencent à le comprendre, mais élaborer des programmes d'actions locales en faveur des transitions est une opération qui s'avère difficile et coûteuse sur tous les plans et tous les fronts. Aujourd'hui, les connaissances

scientifiques et techniques ne sont pas un frein à la mise en œuvre des pistes d'adaptation et d'atténuation. Les progrès et les outils mis à disposition de tous les acteurs territoriaux, incluant les stratégies et les plans nationaux, les plans ou schémas régionaux et territoriaux, mais aussi les premiers dispositifs de financement (à ce jour insuffisants), permettent de rendre les territoires plus résilients et de développer la culture du risque encore peu répandue dans la société. Les solutions concrètes mises en avant dans ce cahier thématique du GREC-SUD, adaptées au contexte régional de la Provence-Alpes-Côte d'Azur, en attestent. Elles concernent aussi bien la gestion forestière, les pratiques agricoles, la préservation de la biodiversité, la sécurisation des ressources en eau, que la séquestration du carbone, l'amélioration de la qualité de vie, le développement des EnR, l'économie circulaire... Ces solutions contribuent à limiter les effets du changement climatique, mais ont aussi le mérite de potentiellement dynamiser durablement l'économie en créant de nouveaux emplois, même si certains d'entre eux remplacent ceux qui dépendent des énergies fossiles. Comme souligné dans l'introduction, elles ne représentent qu'un échantillon des solutions qui sont nombreuses, foisonnantes et crédibles dans la littérature et certains sites d'information (IUCN, Observatoire régional de la biodiversité, ministère de la Transition écologique, France Nature Environnement, etc.). Elles sont parfois à parfaire, mais l'important est de savoir les concilier et de trouver des équilibres pour s'engager dans les transitions avec la conviction de tendre vers un avenir moins incertain et risqué, plus cohérent et solidaire.

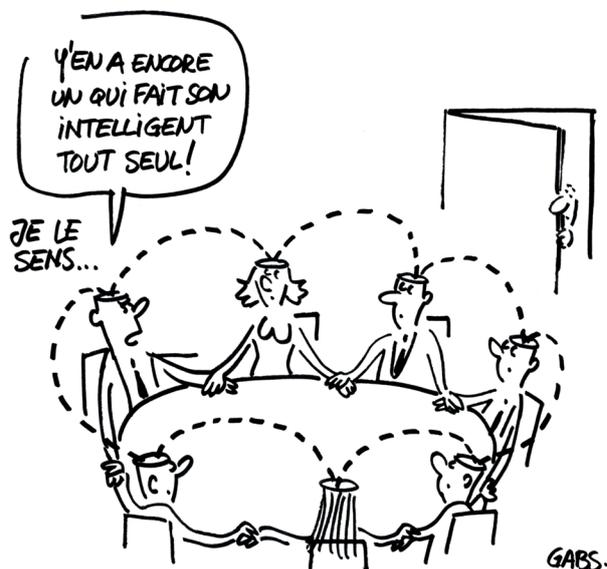
Quel est le point commun des différentes pistes ou solutions d'adaptation et d'atténuation ? Leur caractère scientifique et technique est fondamental, mais l'humain est systématiquement au cœur des transitions, l'humain dans toute sa diversité et sa complexité. Rien n'est réalisable, ni envisageable, ou partiellement, si les acteurs territoriaux ne se mobilisent pas, ne se concertent pas, ne partagent pas un même langage, un même engagement citoyen ou une culture commune, ne consentent pas d'efforts individuels et collectifs, n'approuvent pas le changement, n'adhèrent pas à un récit commun, ne se font pas confiance, ne s'entraident pas, ne saisissent pas les enjeux de notre appétit consumériste et du changement climatique... Le facteur humain est le premier déclencheur, le moteur des transitions. Il est en réalité à la fois le problème et la solution (comme le montrent les mobilisations citoyennes qui se traduisent parfois en actions concrètes). En ce sens, les sciences humaines et sociales (sociologie, économie, droit, géographie, démographie, anthropologie, psychologie, philosophie, éducation...) ont un rôle déterminant à jouer pour :

- construire des passerelles entre les communautés et les disciplines (décloisonnement),
- définir des objectifs clairs en toute transparence,
- partager les savoirs,
- mettre en débat les perceptions du changement climatique pour contribuer à l'évolution des pratiques quotidiennes,
- analyser et comprendre les réticences, les craintes et les doutes d'une partie de la population,
- améliorer l'écoute et dialoguer de manière constructive,
- tracer des trajectoires de développement territorial en adéquation avec les ressources et les cultures locales,

- valoriser les co-bénéfices,
- guider les politiques de demain,
- analyser les inégalités sociales et environnementales en vue de les réduire,
- accompagner les déplacés climatiques vivant aujourd'hui dans des zones bientôt inhabitables,
- éviter les maladaptations...

La liste n'est évidemment pas exhaustive. Ces actions rejoignent toutes la notion d'acceptabilité, si controversée lors de la crise sanitaire de la Covid-19. Les sciences humaines et sociales ont la capacité d'accompagner le changement au sein de la société, à condition que les politiques publiques encouragent l'évolution des pratiques, à tous les niveaux institutionnels, ce qui n'est pas le cas en l'état.

Aujourd'hui, dans notre région, le contexte est plutôt favorable pour franchir des paliers : les gestionnaires (collectivités, parcs naturels régionaux, parcs nationaux, réserves naturelles...), les services de l'État (ADEME et DREAL) et de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur, les entreprises, les associations, les citoyens, etc. s'efforcent de dynamiser et renforcer les transitions, malgré les difficultés et les obstacles. Mais, au rythme actuel, ni la neutralité carbone en 2050, ni même la réduction de 55 % des émissions de GES en 2030 demandée par l'Union européenne ne seront atteintes. L'urgence climatique reste d'actualité, et ce d'autant plus que la COP 26 n'a pas été à la hauteur des enjeux.



En complément de ce cahier, le GREC-SUD rédige actuellement une publication portant sur la perception du changement climatique et le changement de comportements. Elle apportera des réponses complémentaires, au même titre que les différents cahiers thématiques et territoriaux du GREC-SUD qui sont accessibles en ligne⁷⁷.



Photo 38. Le maintien et la préservation des espaces naturels font partie des solutions concrètes, Réserve naturelle nationale de Ristolas-Mont-Viso (© GeographR).

⁷⁷ www.grec-sud.fr/article/toutes-nos-publications-en-un-seul-clic

Contributeurs



Un grand merci aux contributeurs qui ont synthétisé les connaissances scientifiques et techniques relatives aux solutions concrètes pour engager les transitions.

1. **Irène ALVAREZ** (§3.4.3), directrice des programmes, Centre de recherches sur les écosystèmes d'altitude (CREA Mont-Blanc).
Contact : ialvarez@creamontblanc.org
2. **Antoine BAILLIEUX*** (Zoom 6), ingénieur en charge de la modélisation de la nappe, Syndicat mixte de gestion de la nappe de la Crau (SYMCRAU).
Contact : alexis.verbeke@symcrau.com (*Alexis VERBEKE est désormais le chargé de mission référent)
3. **Karima BENDJABER-LACROIX** (Zoom 3), géographe stagiaire, GeographR.
Contact : lacroixkarima@gmail.com
4. **Claire BERTIN** (§3.1.2), chargée de mission ingénieure en environnement, Institut océanographique Paul Ricard.
Contact : claire.bertin@institut-paul-ricard.org
5. **Olivier BETTON** (§2.3.4), responsable Qualité Eau, direction technique - Rimiez, Régie Eau d'Azur.
Contact : olivier.betton@eaudazur.com
6. **Olivier BLANCHETON** (§1.4), chargé de mission transition énergétique, ADEME Direction régionale Provence-Alpes-Côte d'Azur.
Contact : olivier.blancheton@ademe.fr
7. **Vincent BLONDEL** (Témoignage IV), guide naturaliste, médiateur scientifique et culturel, Naturelles Balades.
Contact : vb@naturellesbalades.com
8. **Philippe BOEGLIN** (§2.4.3), chargé de mission Air, qualité de l'air et santé, ADEME Direction régionale Provence-Alpes-Côte d'Azur.
Contact : philippe.boeglin@ademe.fr
9. **Emmanuelle BOGGIO-POLA** (§3.1.3), animatrice projet - territoire Provence Verte et Sainte-Baume, Les AMAP de Provence.
Contact : emmanuelle.boggio@lesamapdeprovence.org
10. **Alberte BONDEAU** (§2.1.1, §2.1.2, §2.1.3), chargée de recherche, Aix-Marseille Université, Université Avignon, CNRS, IRD, IMBE.
Contact : alberte.bondeau@imbe.fr
11. **Olivier BONNET** (§2.1.2), ingénieur pastoraliste, Centre d'études et de réalisations pastorales Alpes-Méditerranée (CERPAM).
Contact : obonnet@cerpam.fr
12. **Maxime CAILLERET** (§2.2.1), chargé de recherche, UMR Risques, Écosystèmes, Vulnérabilité, Environnement, Résilience (RECOVER), Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE).
Contact : maxime.cailleret@inrae.fr
13. **Marie CARREGA** (§1.4), adjointe au secrétaire général, Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique (ONERC).
Contact : marie.carrega@developpement-durable.gouv.fr
14. **Amandine CARRIÈRE** (Témoignage II), chargée de relations institutionnelles, EDF Énergies Nouvelles.
Contact : amandine.carriere@edf-re.com
15. **Marie CHÉRON** (§3.2.3), responsable Mobilité, Fondation Nicolas Hulot pour la Nature et l'Homme.
Contact : m.cheron@fnh.org
16. **Jérôme CICILE*** (§3.2.1), chargé de mission Transports, mobilité et qualité de l'air, ADEME Direction régionale Provence-Alpes-Côte d'Azur.
Contact : cecilia.florit@ademe.fr (*Cécilia Florit, nouvelle référente mobilité durable)
17. **Cécilia CLAEYS** (§1.5), maître de conférences en sociologie, Laboratoire Population Environnement Développement (LPED), UMR IRD/Aix-Marseille Université.
Contact : cecilia.claeys@univ-amu.fr
18. **Adrien COMTE** (Zoom 10), manager expert, EcoAct by Atos.
Contact : adrien.comte@atos.net
19. **Frédéric CORSET** (§2.4.1, §2.4.2), directeur adjoint, EnvirobatBDM.
Contact : fcorset@envirobatbdm.eu
20. **François COURBET** (§2.2.1), ingénieur de recherche, Unité de Recherche des Forêts Méditerranéennes (URFM), Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE).
Contact : francois.courbet@inrae.fr
21. **Wolfgang CRAMER** (§1.2.1, Zoom 1), directeur de recherche, Aix-Marseille Université, Université d'Avignon, CNRS, IRD, IMBE.
Contact : wolfgang.cramer@imbe.fr
22. **Émilie CROUZAT** (§2.1.2), chargée de recherche en sciences de l'environnement, Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE).
Contact : emilie.crouzat@inrae.fr
23. **Thomas CURT** (§2.2.3), directeur de recherche, UMR Risques, Écosystèmes, Vulnérabilité, Environnement, Résilience (RECOVER), Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE).
Contact : thomas.curt@inrae.fr

24. **Fabrice DASSONVILLE** (§2.3.4), responsable régional « Eaux, air extérieur (pollens/allergies), écophyto, périnatalité & santé Environnement », Département santé-environnement (DSE), Agence régionale de santé Provence-Alpes-Côte d'Azur.
Contact : fabrice.dassonville@ars.sante.fr
25. **Hendrik DAVI** (§2.2.2), directeur de recherche, Unité de Recherche des Forêts Méditerranéennes (URFM), Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE).
Contact : hendrik.davi@inra.fr
26. **Christophe DEMARQUE** (§1.3), directeur du Département de psychologie sociale, maître de conférences en psychologie sociale et du travail, Aix-Marseille Université (AMU).
Contact : christophe.demarque@univ-amu.fr
27. **Roman de RAFAEL** (Zoom 10), Head of Project Development, EcoAct by Atos.
Contact : roman.deraphael@atos.net
28. **Hermann DODIER** (§2.1.2), ingénieur pastoraliste, Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE).
Contact : hermann.dodier@inrae.fr
29. **Catherine DUCATILLION** (§2.2.5), directrice, Unité expérimentale Villa Thuret, Jardin botanique, Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE).
Contact : catherine.ducatlion@inrae.fr
30. **Thomas EGLIN** (Zoom 4), service « Forêts, Alimentation, Bio-économie », direction « Productions et Énergies durables », ADEME.
Contact : thomas.eclin@ademe.fr
31. **Bruno FADY** (§2.2.2), directeur de recherche, Unité de Recherche des Forêts Méditerranéennes (URFM), Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE).
Contact : bruno.fady@inra.fr
32. **Anne-Marie FARNET** (§2.1.3), maître de conférences, Aix-Marseille Université, Université d'Avignon, CNRS, IRD, IMBE.
Contact : anne-marie.farnet@imbe.fr
33. **Philippe FOSSÉ** (Zoom 2), consultant en management et communication à la retraite, membre actif du groupe ECCU.
Contact : fossep62@gmail.com
34. **Christel FRANCAERT** (Zoom 7), chef de service adjoint, direction de l'Agriculture, de la forêt et de l'eau, service Eau et risques naturels, Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur.
Contact : cfrancaert@maregionsud.fr
35. **Iñaki GARCIA DE CORTAZAR ATAURI** (§2.1.4), ingénieur de recherche, Unité de service AgroClim, Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE).
Contact : inaki.garciadecortazar@inrae.fr
36. **Laurent GARDE** (§2.1.2), directeur adjoint, Centre d'études et de réalisations pastorales Alpes-Méditerranée (CERPAM).
Contact : lgarde@cerpam.fr
37. **Thierry GAUQUELIN** (§2.2.4), professeur émérite, Aix-Marseille Université, Université Avignon, CNRS, IRD, IMBE.
Contact : thierry.gauquelin@imbe.fr
38. **Cyrille GENRE-GRANDPIERRE** (§3.2.2), maître de conférences, UMR ESPACE, Université d'Avignon.
Contact : cyrille.genre-grandpierre@univ-avignon.fr
39. **Simon GÉRARD** (§2.5.2), chargé de mission, Pôle Alpin d'études et de recherche pour la prévention des Risques Naturels (PARN).
Contact : simon.gerard1@univ-grenoble-alpes.fr
40. **Emma GOUZE** (Témoignage II), PhD, chef de projet environnement, EDF Énergies Nouvelles.
Contact : emma.gouze@edf-re.fr
41. **Raphaël GROS** (§2.1.3), maître de conférences, Aix-Marseille Université, Université d'Avignon, CNRS, IRD, IMBE.
Contact : raphael.gros@imbe.fr
42. **Frédéric GUIBAL** (§2.2.1), chargé de recherche, Aix-Marseille Université, Université d'Avignon, CNRS, IRD, IMBE.
Contact : frederic.guibal@imbe.fr
43. **Joël GUIOT** (§1.1, §1.2.1), directeur émérite de recherche, CNRS, CEREGE, coprésident du Groupe régional d'experts sur le climat en Provence-Alpes-Côte d'Azur (GREC-SUD).
Contact : guiot@cerege.fr
44. **Jean-Pierre HARINCK** (§2.4.5), ingénieur énergies renouvelables, ADEME Direction régionale Provence-Alpes-Côte d'Azur.
Contact : jean-pierre.harinck@ademe.fr
45. **Joëlle HERVO** (§2.3.1), cheffe de projet Gestion quantitative, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, délégation de Marseille.
Contact : joelle.hervo@eaurmc.fr
46. **Coralie HUMBERT** (§1.2.2), chargée de mission adaptation aux changements climatiques, Métropole Aix-Marseille-Provence.
Contact : coralie.humbert@ampmetropole.fr
47. **Jean JALBERT** (§2.5.4), directeur général, Tour du Valat.
Contact : jalbert@tourduvalat.org
48. **Cyril JARNY** (§2.4.6), directeur général, Enercoop Provence-Alpes-Côte d'Azur.
Contact : cyril.jarny@enercoop.org
49. **Stéphane JÉZÉQUEL** (§2.1.4), directeur scientifique, ARVALIS - Institut du végétal.
Contact : s.jezequel@arvalisinstitutduvegetal.fr
50. **Didier JOSSELIN** (§3.2.2), directeur de recherche, CNRS, UMR ESPACE, Université d'Avignon.
Contact : didier.josselin@univ-avignon.fr

51. **Camille LABARTHE** (§3.1.2), chargée de mission, Institut océanographique Paul Ricard.
Contact : camille.labarthe@pernod-ricard.com
52. **Jean LADIER** (§2.2.1, §2.2.2), responsable du pôle R&D d'Avignon, Office national des forêts (ONF).
Contact : jean.ladier@onf.fr
53. **Isabelle LAFFONT-SCHWOB** (§1.5), professeure des universités en écotoxicologie, Laboratoire Population Environnement Développement (LPED), UMR IRD/Aix-Marseille Université.
Contact : isabelle.schwob@univ-amu.fr
54. **Denis LAIRON** (§3.1.1), directeur de recherche émérite, INSERM et nutritionniste, Centre cardiovasculaire et nutrition, faculté de médecine, UMR INSERM-INRAE-Aix-Marseille Université.
Contact : denis.lairon@orange.fr
55. **Marie-Laure LAMBERT** (Témoignage I, Zoom 8, §2.4.6, §2.5.1, §2.5.3), maître de conférences en droit, Laboratoire interdisciplinaire en environnement et urbanisme (LIEU), Aix-Marseille Université.
Contact : ml.lambert@univ-amu.fr
56. **Morgane LAMEIRO** (Zoom 5), responsable du patrimoine arboré, direction des espaces verts, mairie d'Aix-en-Provence.
Contact : lameirom@mairie-aixenprovence.fr
57. **Gilles LECAILLON** (Zoom 11), président directeur général, Ecocean.
Contact : gilles.lecaillon@ecocean.fr
58. **Émilie LE FUR** (§3.1.1), responsable Alimentation durable et adaptation au changement climatique, ADEME Direction régionale Provence-Alpes-Côte d'Azur.
Contact : emilie.lefur@ademe.fr
59. **Marie Anne LE MEUR** (Zoom 9), coordinatrice sensibilisation et formation, AtmoSud.
Contact : marieanne.lemeur@atmosud.org
60. **Louise LEVAYER** (Témoignage III), chargée de mission Alimentation durable, Cité de l'agriculture.
Contact : louise@cite-agri.fr
61. **Frédérique LHUISSIER** (§3.1.1), référente nationale Restauration collective, Direction générale de l'alimentation, ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation.
Contact : frederika.lhuissier@agriculture.gouv.fr
62. **Lorène LOMBARD** (Zoom 2), chargée de mission Projets scientifiques et associatifs, Pôle d'accueil universitaire Séolane.
Contact : projet.seolane@gmail.com
63. **Valentin LYANT** (§2.4.5), chef de service adjoint, direction de la Transition énergétique et des territoires, service Transition énergétique, Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur.
Contact : vlyant@maregionsud.fr
64. **Olivier MARLOIE** (§2.2.1), ingénieur d'études, Unité de Recherche des Forêts Méditerranéennes (URFM), Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE).
Contact : olivier.marloie@inrae.fr
65. **Nicolas MARTIN** (§2.2.1, §2.2.2), chargé de recherche, Unité de Recherche des Forêts Méditerranéennes (URFM), Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE).
Contact : nicolas.martin@inrae.fr
66. **Anne-Marie MARTINEZ** (§2.3.2), conseillère agrométéo et technicienne irrigation, CIRAME/CRIIAM Sud.
Contact : am.martinez@criiamsud.fr
67. **Sylvain MERCIER** (§2.4.3), chargé de l'action territoriale Var-Vaucluse et des politiques climatiques et environnementales, AtmoSud.
Contact : sylvain.mercier@atmosud.org
68. **Valérie MONTES** (§1.5), maître de conférences en écologie, Laboratoire Population Environnement Développement (LPED), UMR IRD/Aix-Marseille Université.
Contact : valerie.montes@univ-amu.fr
69. **Sylvie PALPANT** (§3.4.2), directrice, Vélo Loisir Provence.
Contact : sylvie.palpant@veloloisirprovence.com
70. **Corinne PINA** (§1.2.2), chef du service Transition Énergétique, Métropole Aix-Marseille-Provence.
Contact : corinne.pina@ampmetropole.fr
71. **Johan RANSQUIN** (§1.2.1), directeur Adaptation, Aménagement et Trajectoires bas carbone, directeur du site de Sophia-Antipolis, ADEME.
Contact : johan.ransquin@ademe.fr
72. **Patricia RICARD** (§1.2.1, §3.1.2), présidente, Institut océanographique Paul Ricard.
Contact : patricia.ricard@institut-paul-ricard.org
73. **Valérie RIVAT** (§3.4.1), directrice, Parc naturel régional du Queyras.
Contact : v.rivat@pnr-queyras.fr
74. **Nicolas ROCHE** (§2.3.3), professeur des universités, CEREGE, AMU, CNRS, IRD, INRAE, Collège de France.
Contact : nicolas.roche@univ-amu.fr
75. **Philippe ROSSELLO** (coordination générale, résumé général, introduction générale, §1.2.1, Zoom 1, §1.2.2, Zoom 2, Zoom 3, §2.4.4, §3.3.1, chiffres-clés, infos+, conclusion générale), géoprospectiviste, GeographR, coordinateur et animateur du Groupe régional d'experts sur le climat en Provence-Alpes-Côte d'Azur (GREC-SUD).
Contact : philippe.rossello@geographr.fr

76. **Aurélié RUFFINATTI** (Zoom 13), chargée de mission Parcs d'activités durables, direction de la Transition écologique des territoires, ARBE Provence-Alpes-Côte d'Azur.
Contact : a.ruffinatti@arpe-arb.org
77. **François SABATIER** (§2.5.3), CEREGE, Aix-Marseille Université, CNRS, IRD, Collège de France.
Contact : sabatier@cerege.fr
78. **Caroline SCOTTI-SAINTAGNE** (§2.2.2), ingénieure de recherche, Unité de Recherche des Forêts Méditerranéennes (URFM), Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE).
Contact : caroline.scotti@inrae.fr
79. **Vincent SENAME** (§1.2.2), directeur de la Stratégie environnementale, Métropole Aix-Marseille-Provence.
Contact : vincent.sesame@ampmetropole.fr
80. **Pierre SICARD** (§2.2.6), docteur en chimie atmosphérique, service "Air pollution & forests", ARGANS.
Contact : psicard@argans.eu
81. **Guillaume SIMIONI** (§2.2.1), chargé de recherche, Unité de Recherche des Forêts Méditerranéennes (URFM), Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE).
Contact : guillaume.simioni@inrae.fr
82. **Thierry TATONI** (§2.2.4), professeur, Aix-Marseille Université, Université d'Avignon, CNRS, IRD, IMBE.
Contact : thierry.tatoni@imbe.fr
83. **Michel VENNETIER** (§2.2.1), ingénieur-chercheur, UMR Risques, Écosystèmes, Vulnérabilité, Environnement, Résilience (RECOVER), Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE).
Contact : michel.vennetier@inrae.fr
84. **Philippe VEYAN** (Témoignage II), directeur de projet, EDF Énergies Nouvelles.
Contact : philippe.veyan@edf-re.fr
85. **Laura VILLALONGA** (§2.4.4, §3.3.1, §3.3.2), chargée de mission, AIR Climat.
Contact : villalongalaura911@gmail.com

Merci également à **Renaud Muselier**, président de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur, **Cécile Chéry** et **Fanny Viot**, directrice régionale adjointe et ex-directrice régionale adjointe de l'ADEME (Direction régionale Provence-Alpes-Côte d'Azur) pour la rédaction des éditos, au **groupe de travail thématique composé de chercheurs et professionnels** qui ont contribué à l'élaboration du sommaire du cahier, et aux membres du **Comité régional d'orientations du GREC-SUD**, et plus particulièrement à **Suzanne de Cheveigné**, directrice de recherche émérite (CNRS) et **Joël Guiot**, directeur de recherche émérite (CEREGE) et coprésident du GREC-SUD, pour leurs relecture et orientations. Nous tenons également à remercier **Gabs** qui a gentiment accepté de nous mettre à disposition ses dessins humoristiques.

Pour obtenir la liste des références bibliographiques sur lesquelles s'appuie cette synthèse des connaissances, prenez contact avec le GREC-SUD : contacts@air-climat.org

Comment citer cette publication du GREC-SUD ?

Solutions concrètes pour s'engager dans les transitions en région Provence-Alpes-Côte d'Azur, Les cahiers du GREC-SUD édités par l'Association pour l'innovation et la recherche au service du climat (AIR Climat), décembre 2021, 88 pages.
ISBN : 978-2-491380-03-8

Photo 39, page suivante. Le tramway à Marseille contribue à la mobilité douce sur le territoire de la Métropole Aix-Marseille-Provence encore très soumis à l'usage des véhicules thermiques (© RTM).



BLANCARDE/FOU

RTM

Face au défi du changement climatique, les acteurs territoriaux de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur sollicitent quotidiennement le GREC-SUD pour identifier des solutions concrètes en faveur des transitions écologiques, énergétiques, sociales, économiques... Les scientifiques du groupe n'ont pas vocation à émettre des préconisations car les politiques et les stratégies de développement locales doivent être définies par les décideurs, collectivités, gestionnaires, entreprises, citoyens..., mais, pour répondre aux besoins exprimés et accompagner les territoires dans leurs initiatives, ils ont accepté de contribuer à ce nouveau cahier thématique du GREC-SUD. Cette publication présente une sélection de pistes d'adaptation au changement climatique et d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre, qui ne représentent qu'une infime fraction des solutions susceptibles d'être mises en œuvre dans nos territoires pour réussir les transitions qu'il est si urgent d'engager et de renforcer. Pour enrichir les approches et ouvrir les horizons, différents spécialistes et professionnels ont également été invités à partager leurs expériences.



Le Parc du Mugel à La Ciotat, îlot de fraîcheur urbain localisé à l'aide d'un réseau de capteurs météo par MMCA, GeographR et CPIE Côte provençale.



L'association pour l'innovation et la recherche au service du climat (AIR Climat), qui entend contribuer à la prise de conscience des enjeux du changement climatique, mais aussi aider à la recherche de solutions innovantes, encourage les transitions en coordonnant notamment le GREC-SUD.

Contact : contacts@air-climat.org
AIR Climat : www.air-climat.org
GREC-SUD : www.grec-sud.fr

