



EAUX,

DÉCHETS

ET CHANGEMENT CLIMATIQUE

Comment les services publics des déchets et de l'eau peuvent-ils atténuer leurs émissions de gaz à effet de serre et s'adapter au changement climatique ?

**Ce guide a été réalisé par le groupe de travail
Eaux, Déchets et Changement Climatique
rattaché au Conseil d'Administration de l'Astee**

Ce guide a été réalisé avec le soutien financier de

1^{ère} édition, version 2019

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie

**AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ**

ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT

SIAAP

Service public de l'assainissement francilien

sytom

l'agence
métropolitaine
des déchets
ménagers

AUTEURS ET CONTRIBUTEURS

Animateurs du groupe de travail Eaux, Déchets et Changement Climatique

Pierre HIRTZBERGER, Syctom

Emmanuelle SCHAFFER, SIAAP

A coordonné la réalisation de l'ensemble du document

Carine MORIN-BATUT, Astee

Ont directement contribué au groupe de travail et à la rédaction de l'ouvrage

Delphine ANGIBAUT, SEDIF

Magali DECHESNE, Veolia

Sylvie GILLOT, Irstea

Céline GUEGUEN, CITEPA

Pierre HIRTZBERGER, Syctom

Michel LAFFORGUE, SUEZ Consulting

Tatiana LÉCOSSAIS, Nantes Métropole

Emmanuelle SCHAFFER, SIAAP

Ont contribué à la relecture

Olivier ALEXANDRE, DDT de la Lozère

Aude BODIGUEL, ADEME

Daniel DUNET, Veolia

Fanny FLEURIOT, ADEME

Marie-Pierre JAFFREZIC, Veolia

Claire MAGAND, AFB

Karl MOT, VIVAQUA

Marie-Noëlle PONS, Université de Lorraine

Eric SAUQUET, Irstea

Florence SOUPIZET, Eau de Paris

Emmanuel SOYEUX, Veolia

Remerciements aux personnes interviewés dans le cadre des micro-trottoirs

Rémi BARBIER, ENGEES

François BORDEAU, Chartres Métropole

Magali DECHESNE, Veolia Recherche et Innovation

Johnny GASPERI, Université Paris Est - Créteil

Pierre HIRTZBERGER, Syctom

Michel LAFFORGUE, SUEZ Consulting

Mireille PERNOT, Nantes Métropole

Emmanuel PEZET, SIARP

Florence SOUPIZET, Eau de Paris

Nicolas ROCHE, Aix Marseille Université

Isabelle THOMAS, Bordeaux Métropole

Remerciements aux personnes de l'Astee ayant assuré le suivi du groupe de travail

Céleste CHARBONNIER

Adeline CLIFFORD

Remerciements particuliers pour leur contribution à cet ouvrage dans le cadre de leur stage

Aurore DOULBEAU

Marine LOCQUET

Barbara SMAILAGIC

Merci aux personnes de l'AFB sollicitées par Claire MAGAND pour leurs compléments de relecture.

Nous remercions aussi tout particulièrement les personnes auditées dans le cadre de la réalisation des fiches retours d'expériences ainsi que Sylvie CARTIER (Markedia) pour son travail de rédaction des synthèses lors du 97^{ème} Congrès de l'Astee.

Illustration, maquette et mise en page :

Anne-Charlotte de Lavergne - www.ancharlotte.com

L'ASTEE

L'association française des professionnels de l'eau et des déchets

L'Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement (Astee) est une association française reconnue d'utilité publique. Elle est constituée de près de 4 000 membres, personnes morales et physiques, professionnels de l'eau (eau potable, assainissement, gestion écologique des ressources en eaux et des milieux aquatiques) ainsi que des déchets et de la propreté urbaine.

L'Astee a pour vocation la mutualisation des connaissances, des pratiques et des savoir-faire, et d'en faciliter l'accès au bénéfice de chacun. Elle est également sollicitée pour consolider des avis ou des recommandations aux pouvoirs publics.

Depuis 1905, l'AGHTM, renommée Astee en 2004, a su s'adapter aux évolutions de nos métiers et de leur environnement, tout en restant fidèle aux valeurs qui en font la force, dont en premier lieu le respect de la diversité qui la compose et la capacité à construire des consensus. Elle est un carrefour de réflexions, de rencontres, d'échanges et d'informations ouvert à l'ensemble des acteurs publics et privés. Elle promeut des solutions concrètes au bénéfice du développement durable des services publics de l'environnement, par l'élaboration de doctrines collectives sur les meilleures pratiques, par l'accompagnement du progrès et des innovations, par le partage des retours d'expérience et la mutualisation des compétences, au bénéfice de la performance.

L'Astee est le correspondant national des associations européennes et mondiales équivalentes de l'Eau et des Déchets comme l'IWA, l'ISWA et l'EWA.

Partenaires dont le soutien financier a permis l'élaboration de cet ouvrage

ADEME

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Elle met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale.

L'Agence aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer et du ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

AGENCE FRANÇAISE DE LA BIODIVERSITÉ

L'Agence française pour la biodiversité est un établissement public du ministère de la Transition écologique et solidaire. Elle exerce des missions d'appui à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de la connaissance, la préservation, la gestion et la restauration de la biodiversité des milieux terrestres, aquatiques et marins. Elle vient en appui aux acteurs publics mais travaille également en partenariat étroit avec les acteurs socio-économiques. Elle a aussi vocation à aller à la rencontre du public pour mobiliser les citoyens en faveur de la biodiversité.

En matière d'espaces protégés, elle gère notamment les parcs naturels marins et le sanctuaire de mammifères marins Agoa aux Antilles. Elle est opératrice et animatrice de sites Natura 2000 en mer. Les parcs nationaux sont rattachés à l'Agence, des synergies fortes sont mises en place avec eux.

LE SIAAP : SERVICE PUBLIC DE L'ASSAINISSEMENT FRANCILIEN

Le SIAAP lave l'eau de près de 9 millions de Franciliens. Il transporte et dépollue chaque jour les eaux usées, les eaux pluviales et les eaux industrielles de l'agglomération parisienne. Il réalise une mission d'intérêt général, son expertise dépasse le traitement des eaux usées : valorisation énergétique des déchets produits, protection des milieux naturels, anticipation des évolutions aussi bien climatiques que démographiques.

LE SYCTOM : L'AGENCE MÉTROPOLITAINE DES DÉCHETS MÉNAGERS

Acteur public majeur de la gestion des déchets en Île-de-France, le Syctom innove au quotidien pour faire du déchet une ressource et optimiser les filières de valorisation. Pilier de l'économie circulaire et de la ville durable, il s'engage auprès des collectivités adhérentes et avec l'ensemble des acteurs pour accélérer la transition écologique.

Table des matières

| | |
|----------------------------|-----------|
| Avant-propos | 8 |
| Glossaire | 9 |
| Liste des acronymes | 11 |

CHAPITRE 1

| | |
|---------------------|-----------|
| INTRODUCTION | 14 |
|---------------------|-----------|

CHAPITRE 2

| | |
|---|-----------|
| ET SUR VOTRE TERRITOIRE, QUELS IMPACTS ? | 16 |
|---|-----------|

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Les projections climatiques pour la France | 18 |
|----------|---|-----------|

| | |
|--|----|
| 1. TENDANCES CLIMATIQUES POUR L'HORIZON PROCHE 2021-2050 | 19 |
| 2. TENDANCES CLIMATIQUES POUR L'HORIZON MOYEN 2041-2070 | 19 |
| 3. TENDANCES CLIMATIQUES POUR L'HORIZON LOINTAIN 2071-2100 | 20 |
| 4. CONCERNANT LES RÉGIONS D'OUTRE-MER | 20 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 2 | Quels sont les aléas liés au changement climatique ? | 21 |
|----------|---|-----------|

| | |
|--|----|
| 1. HAUSSE DES TEMPÉRATURES | 21 |
| 2. INTENSIFICATION DES PRÉCIPITATIONS EXTRÊMES ET DES CYCLONES | 23 |
| 3. VERS UNE AUGMENTATION DES SÉCHERESSES | 24 |
| 4. HAUSSE DU NIVEAU DE LA MER | 26 |
| 5. DIMINUTION DU CUMUL DES PRÉCIPITATIONS | 27 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 3 | Les multiples impacts du changement climatique | 30 |
|----------|---|-----------|

| | |
|--|----|
| 1. DOMMAGES AUX INFRASTRUCTURES ET AU BÂTI | 30 |
| 2. MODIFICATION DU CYCLE DE L'EAU ET STRESS HYDRIQUE | 32 |
| 3. IMPACTS SANITAIRES | 35 |
| 4. IMPACTS SUR LA BIODIVERSITÉ ET LES ÉCOSYSTÈMES | 36 |
| 5. IMPACTS POUR LES ASSURANCES | 37 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 4 | Ils témoignent des impacts actuels | 38 |
|----------|---|-----------|

CHAPITRE 3

CONTEXTE : DU GLOBAL AU LOCAL ET INVERSEMENT 40

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Les engagements en matière de lutte contre le changement climatique | 42 |
| | 1. AU NIVEAU INTERNATIONAL | 44 |
| | 2. AU NIVEAU EUROPÉEN | 46 |
| | 3. AU NIVEAU NATIONAL | 47 |
| | 4. AU NIVEAU INFRANATIONAL | 49 |
| 2 | Les mécanismes financiers autour du changement climatique | 50 |
| | 1. LA TAXE GÉNÉRALE SUR LES ACTIVITÉS POLLUANTES (TGAP) | 50 |
| | 2. LE SYSTÈME D'ÉCHANGES DE QUOTAS D'ÉMISSION DE L'UNION EUROPÉENNE (SEQUE-UE) | 51 |
| | 3. LA TAXE CARBONE | 53 |
| | 4. SIMILARITÉS ET DIFFÉRENCES ENTRE LA TAXE CARBONE ET LE MARCHÉ CARBONE | 53 |
| | 5. S'INSPIRER DU MARCHÉ CARBONE ? | 54 |
| | 6. INSTAURER UNE TAXE CARBONE SUR LA FIN DE VIE D'UN PRODUIT | 54 |

CHAPITRE 4

LES SERVICES D'EAU ET DE DÉCHETS ET LE CLIMAT 56

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Les risques liés au changement climatique | 58 |
| | 1. HAUSSE DES TEMPÉRATURES ET ÎLOTS DE CHALEUR | 59 |
| | 2. PRÉCIPITATIONS EXTRÊMES ET TEMPÊTES | 60 |
| | 3. STRESS HYDRIQUE | 61 |
| | 4. HAUSSE DU NIVEAU DE LA MER | 61 |
| | 5. ACIDIFICATION ET RÉCHAUFFEMENT DES OCÉANS | 62 |
| | 6. LA VULNÉRABILITÉ DES SERVICES EAUX ET DÉCHETS | 63 |
| 2 | Les contributions des services eaux et déchets au changement climatique | 64 |
| | 1. ATTÉNUATION | 65 |
| | 2. ADAPTATION | 70 |
| 3 | Comment définir sa propre stratégie d'atténuation et d'adaptation ? Quels sont les outils ? | 73 |
| | 1. OUTILS ET MÉTHODES POUR ÉLABORER DES STRATÉGIES D'ATTÉNUATION | 74 |
| | 2. OUTILS ET MÉTHODES POUR ÉLABORER DES STRATÉGIES D'ADAPTATION | 79 |
| 4 | Mesures d'atténuation et d'adaptation multifonctionnelles : quelques exemples | 86 |

CHAPITRE 5**POUR VOUS INSPIRER****88 à 254**

**Retrouvez 38 fiches retours d'expériences et plus ...
qui présentent des actions ou projets d'adaptation ou
d'atténuation sur les territoires français en Métropole
et en Outre-mer.**

CHAPITRE 6**PERSPECTIVES****255**

- | | | |
|----------|---|------------|
| 1 | Ce qu'il manque aujourd'hui en termes d'outils | 256 |
| 2 | Mécanismes de financements : les évolutions à imaginer | 258 |
| | 1. SERVICES DES DÉCHETS | 258 |
| | 2. SERVICES DES EAUX | 259 |
-

| | |
|-----------------------|------------|
| Non conclusion | 262 |
| Bibliographie | 265 |

Avant-Propos

LES ADMINISTRATEURS DE L'ASTEE PARLENT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le changement climatique peut apparaître comme une nouvelle théorie de la fin du monde...

Cet ouvrage n'a pas vocation à faire un résumé des travaux scientifiques du GIEC, ni à présenter les différentes hypothèses de hausse des températures en fonction du respect ou non des engagements pris par les pays signataires de l'accord de Paris.

Notre préoccupation est davantage centrée sur les considérations locales et la volonté de donner du sens à cette terminologie de changement climatique pour laquelle nous œuvrons tous les jours dans les domaines des services de l'eau et des déchets.

Car oui, les services publics dont nombre d'entre nous ont la gestion, sont tout à la fois partie prenante du problème, subissant aussi certains effets ET surtout porteurs de solutions.

Plénière d'ouverture - 97^{ème} congrès de l'Astee : Irma, Éléonor... les prénoms dévastateurs de l'actualité. Quels enseignements tirer des événements extrêmes en matière de résilience ?



<https://youtu.be/LXYcVU2OrQo>

ILS TÉMOIGNENT :

> Pierre HIRTZBERGER, Directeur Général des Services Techniques du Sycotm, Vice-président de l'Astee en charge du climat et des ressources.

> Béatrice ARBELOT, Directeur Métiers et Performance chez SUEZ Eau France, Administratrice de l'Astee

Glossaire

Adaptation

Démarche d'ajustement au climat actuel ou attendu, ainsi qu'à ses conséquences. Pour les systèmes humains, il s'agit d'atténuer les effets préjudiciables et d'exploiter les effets bénéfiques. Pour les systèmes naturels, l'intervention humaine peut faciliter l'adaptation au climat attendu ainsi qu'à ses conséquences. (GIEC. 2014)

Aléa

« L'aléa (...) constitue un phénomène, une manifestation physique ou une activité humaine susceptible d'occasionner des dommages aux biens, des perturbations sociales et économiques voire des pertes en vie humaine ou une dégradation de l'environnement. » (UNISDR. 2004)

On classe les aléas (ADEME. 2012) selon :

- > leur origine naturelle (météorologique, hydrologique, lithosphérique – séisme) ou anthropique (transport de matières dangereuses, rupture de digue...);
- > leur intensité, avec la magnitude pour les aléas naturels ;
- > leur probabilité d'occurrence ;
- > leur localisation spatiale avec distinction de l'endroit où l'aléa se produit de la zone impactée (par exemple l'accès à une ville si un pont a été détruit par une coulée de boue) ;
- > la durée des effets : instantané, avec des répliques, de quelques heures à plusieurs mois ;
- > leur degré et leur soudaineté : progressif ou soudain.

Les aléas climatiques extrêmes traduisent les variations du climat, ils en sont les révélateurs et servent à établir les scénarios d'évolution.

Atténuation

Intervention humaine visant à réduire les sources ou à renforcer les puits de gaz à effet de serre (GES). Dans son rapport de 2014, le GIEC évalue aussi les interventions humaines qui visent à réduire les sources d'autres substances et qui peuvent contribuer directement ou indirectement à limiter le changement climatique, par exemple celles qui réduisent les émissions de matières particulaires pouvant directement influencer sur le bilan radiatif (ex.: le carbone suie) ou les mesures prises pour lutter contre les émissions de monoxyde de carbone, d'oxydes d'azote, de composés or-

ganiques volatils et d'autres polluants pouvant modifier la concentration de l'ozone troposphérique qui a un effet indirect sur le climat. (GIEC. 2014)

Exposition

« L'exposition au changement climatique correspond à la nature et au degré auxquels un système est exposé à des variations climatiques significatives sur une certaine durée (à l'horizon temporel de 10 ans, 20 ans...). » (ADEME. 2013a) L'ampleur des variations et la probabilité d'occurrence des aléas permettent d'évaluer l'exposition des éléments tangibles (bâtiments...) et intangibles du milieu et susceptibles d'être affectés.

Impact

L'impact d'un risque climatique est la mesure des conséquences de la manifestation d'un risque climatique sur un territoire et/ou un secteur donné. On parle, par exemple, de l'impact d'une tempête sur la forêt ou l'impact d'une canicule sur la population. Les impacts peuvent être exprimés en termes « bruts » ou en termes financiers, par exemple, le nombre de logements inondés ou les coûts des dommages. (ADEME. 2013a)

Les aléas extrêmes climatiques ont des conséquences directes et indirectes. L'histoire nous montre que la gestion de la première crise passée, celle-ci se poursuit par des épidémies, des famines, du chômage, une flambée des prix due à la rareté des produits disponibles et des épisodes de fortes contestations, voire de soulèvement des populations qui subissent une trop grande pauvreté. (Desarthe, J. 2013)

Précurseur

Le précurseur désigne une réaction qui en précède une autre dans une suite de réactions. Il a approximativement les mêmes caractéristiques qu'un phénomène de plus grande ampleur qu'il annonce. On parle de précurseur dans les risques sismiques, avec des tremblements de terre annonçant de plus grandes secousses.

Cette notion est intéressante afin de prévenir des risques et de se préparer aux conséquences de certains aléas en tirant parti des expériences survenant plus fréquemment, et dans de manière plus mesurée.

Sensibilité du système au changement climatique

« La sensibilité est une condition intrinsèque d'un élément qui le rend particulièrement vulnérable. Elle se traduit par une propension à être affectée favorablement ou défavorablement par la manifestation d'un aléa. » (ADEME. 2013a)
Par exemple, une ville à la population âgée sera plus sensible aux aléas de canicule, sans forcément être plus vulnérable.

Territoires résilients, territoires résistants :

Un territoire résilient peut être défini comme un territoire en mouvement, capable :

- > d'anticiper des perturbations, brutales ou lentes, grâce à la veille et à la prospective ;
- > d'en atténuer les effets ;
- > de se relever et de rebondir grâce à l'apprentissage, l'adaptation et l'innovation ;
- > d'évoluer vers un nouvel état en « équilibre dynamique » préservant ses fonctionnalités.

Cet état devrait être décidé et construit collectivement. (CGDD. 2017)

Un territoire résistant au changement climatique peut être défini comme un territoire capable :

- > d'anticiper des perturbations, brutales ou lentes, grâce à la veille et à la prospective ;
- > d'en atténuer les effets, voire de les supprimer ;
- > de gérer la crise afin de maintenir le fonctionnement des services publics et de ses équipements.

À la différence du territoire résilient qui vise un retour à la normale après la crise, le territoire résistant ne subit pas la crise, mais y est préparé.

Ainsi, un territoire résistant aux inondations aura ses cheminements piétons hors d'eau en toutes circonstances, par exemple, alors qu'un territoire résilient sera organisé pour remettre en état ces cheminements après inondation.

Vulnérabilité

La vulnérabilité est la mesure de la sensibilité négative à un aléa. La vulnérabilité au changement climatique est le degré par lequel un système risque d'être affecté négativement par les effets des changements climatiques sans pouvoir y faire face (GIEC. 2001). La vulnérabilité peut être sociale, physique, environnementale, culturelle, économique ou organisationnelle (=institutionnelle) (Voir la méthode MOVE (*Methods for the improvement Of Vulnerability assessment in Europe*) qui établit une typologie des vulnérabilités selon ces 6 critères).

Elle dépend de facteurs multiples : aménagement du territoire, occupation des sols, activités économiques, infrastructures de protection, structure par âge et niveau de vie des ménages, etc. Elle est donc en partie liée aux choix et stratégies politiques développés sur le territoire. (ADEME. 2013a)

La vulnérabilité varie :

- > d'un enjeu à l'autre pour un même aléa : les cultures sont très sensibles aux chutes de grêles, les bâtiments moins ;
- > d'un aléa à l'autre pour un même enjeu : les bâtiments sont peu sensibles à la grêle mais très sensibles aux inondations. (CGDD. 2014)

« Les documents d'urbanisme peuvent atténuer la gravité des conséquences d'un événement climatique en réduisant la sensibilité à celui-ci. » (CERDD. 2015)

À noter que la vulnérabilité d'un territoire aux aléas climatiques diffère de sa vulnérabilité à la variabilité des prix des énergies, même si de nombreuses réponses sont communes aux deux problématiques.

La notion de risque implique l'acceptabilité et la gestion des incertitudes .

Liste des acronymes

A21 H25 : Agenda 21 Horizon 2025

ACS : Agrément de Conformité Sanitaire

ACV : Analyse Cycle de Vie

ADEME : Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie

ADGGC : Association des Directeurs Généraux des Grandes Collectivités

ADOM : Loi n°2015-1268 du 14 octobre 2015 d'actualisation du droit des Outre-mer dite loi « ADOM »

AEU : Approche Environnementale de l'Urbanisme

AFNOR : Association Française de NORmalisation

AMDEC : Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité

ANSES : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

ARPE : Agence Régionale Pour l'Environnement

ARS : Agence Régionale de Santé

ASA : Associations Syndicales Autorisées en hydraulique agricole

ASTEE : Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement

AZI : Atlas des Zones Inondables

BASR : Bactérie Anaerobie Sulfito-Réductrice, indicateur de parasites

BEGES : Bilan des Émissions de Gaz à Effet de Serre

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

CC : Changement Climatique

CEREMA : Centre d'Études et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement

CERFACS : Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique

CERRD : Centre d'Étude et de Ressource du Développement Durable

CERTU : Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques

CGDD : Commissariat Général au Développement Durable

CITEPA : Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique

CLE : Commission Locale de l'Eau

CNRM : Centre National de Recherches Météorologiques de Météo-France

CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique

CCNUCC : Convention Cadre des Nations Unies pour le Changement Climatique

COP : CoNférence des Parties

CoRDEES : Co-Responsability in District Energy Efficiency and Sustainability

DCE : Directive Cadre sur l'Eau

DEEE : Déchets d'Équipements Électriques et Électroniques

DERU : Directive cadre relative aux Eaux Résiduaires Urbaines

DRIEE : Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Énergie

DSP : Délégation de Service Public

EH : Équivalent Habitant

EFESE : Évaluation Française des Écosystèmes et des Services Écosystémiques

EMMA : Plan Énergie Méthanisation Autonome Azote

EnR : Énergies Renouvelables

EPCI : Établissement Public de Coopération Intercommunale

ERC : Éviter, Réduire, Compenser

ETP : Équivalent Temps Plein

EUT : Eaux Usées traitées

FEDER : Fonds Européen de Développement Régional

FFA : Fédération Française de l'Assurance

GAMBAS : Gestion Active et Maîtrisée du Barrage Antisel

GEIDE post-catastrophe : Groupement d'Expertise et d'Intervention Déchets post-catastrophe

GES : Gaz à Effet de Serre

GIEC : Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat

GNL : Gaz Naturel Liquéfié

GNV : Gaz Naturel pour Véhicules

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

IET : Institut Européen d'Innovation et de Technologie

INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique

IPSL : Institut Pierre Simon Laplace

IRSTEA : Institut national de Recherche en Sciences et Techniques de l'Environnement et de l'Agriculture

ISDD / ISDND : Installation de Stockage de Déchets Dangereux/ Installation de Stockage de Déchets Non-Dangereux

LTECV : Loi sur la Transition Énergétique pour la Croissance Verte

MEDDE : Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

MOUS : Maîtrise d'Œuvre Urbaine et Sociale

MTES : Ministère de la Transition Écologique et Solidaire

ODD : Objectifs de Développement Durable

OMR : Ordures Ménagères Résiduelles

OPHLM : Organismes d'Habitations à Loyer Modéré

ONERC : Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique

PCAET : Plan Climat Air-Énergie Territorial

PCET : Plan Climat Énergie Territorial

PCIT : Pôle de Coordination national sur les Inventaires d'émission Territoriaux

PIB : Produit Intérieur Brut

PLPDMA : Plan de Prévention des Déchets Ménagers et Assimilés

PLU/PLUI : Plan Local d'Urbanisme (Intercommunal)

PNACC : Plan National d'Adaptation au Changement Climatique

PPE : Programmation Pluriannuelle de l'Énergie

PPR : Plan de Prévention des Risques

PPRi : Plan de Prévention des Risques Inondation

PCIT : Pôle national de Coordination des Inventaires Territoriaux

QJXA10 : Crue journalière décennale

QMNA5 : Débit minimum mensuel quinquennal

RA : Réseau d'Assainissement

REFIOM : Résidus d'Épuration des Fumées d'Incinération des Ordures Ménagères

REUSE / REUT : Réutilisation des Eaux Usées Traitées

REP : Responsabilité Élargie du Producteur

RCP : Representative Concentration Pathway

RHI : Résorption d'Habitat Insalubre

SCAMPEI : Scénarios Climatiques Adaptés aux zones de Montagne : Phénomènes extrêmes, Enneigement et Incertitudes

SEDIF : Syndicat des Eaux d'Île-de-France

SEQE : Système d'Échange de Quotas d'Émissions

SEQE-UE : Système d'Échange de Quotas d'Émissions de l'Union Européenne

SIAAP : Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne

SIG : Système d'Information Géographique

SNBC : Stratégie Nationale « Bas Carbone »

SPI : Standardized Precipitation Index

SRES : Special Report on Emissions Scenarios

SRCAE : Schéma Régional du Climat de l'Air et de l'Énergie

SSWI : Standardized Soil Wetness Index

SYCTOM : Agence métropolitaine des déchets ménagers

STEP/STEU : Station d'Épuration des Eaux Urbaines

TGAP : Taxe Générale sur les Activités Polluantes

UE : Union Européenne

VRD : Voirie Réseaux Divers

WRF : Weather Research and Forecasting

WRI : Water Risk Atlas

ZAC : Zone d'Aménagement Concerté



CHAPITRE 1

INTRODUCTION

Le changement climatique est principalement lié à une sur-consommation d'énergie fossile. Que viennent faire l'eau et les déchets dans le débat ?

L'approche à adopter est de se préoccuper en priorité des causes et non des problèmes en matière d'atténuation : mais l'évolution du climat est telle que l'on doit s'adapter. La problématique étant complexe, seuls les principaux sujets et les plus médiatiques font l'objet d'attentions.

L'eau et les déchets ont été totalement absents des débats de la COP 21 à Paris. Des initiatives ont été lancées lors de la COP 22 à Marrakech qui ont abouti à une journée de l'eau à la COP 23 de Bonn.

Côté déchets, on se borne pour l'instant à faire de ces événements internationaux des exemples de bonne gestion des déchets : bannissement des bouteilles d'eau en plastique, tri poussé au maximum, promotion des objets/produits/goodies fabriqués à partir de matière recyclée.

Les services de l'eau et de l'assainissement impactent les émissions de GES principalement au travers de leurs infrastructures ou biens immobilisés (de la construction, à l'exploitation et à la fin de vie, de leurs consommations d'énergie et de l'utilisation de réactifs dans certains procédés). La question des émissions de protoxyde d'azote des stations d'épuration reste une problématique technique qu'il conviendra de continuer à explorer car elles peuvent très sensiblement impacter les bilans et il y a des niches d'amélioration importante en devenir.

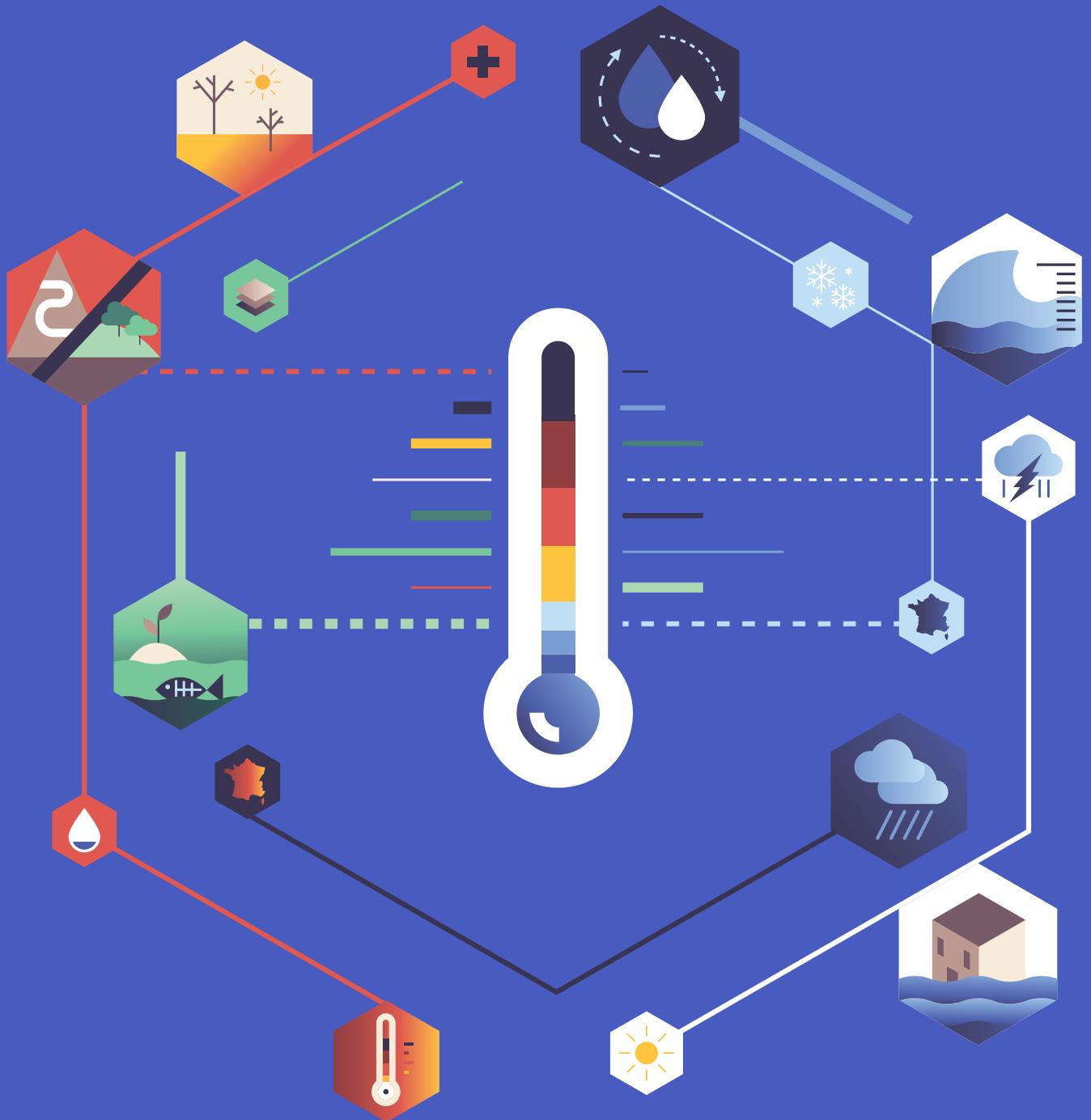
Le service de gestion des déchets a cette particularité qu'il a à gérer des produits fortement impactant en matière de GES : fin de vie d'objets en plastique fabriqués à partir du pétrole, émissions de méthane impactantes des centres de stockage par exemple.

Ces différents services sont également des sources d'émissions évitées de GES, notamment au travers de l'ensemble des productions d'énergie qu'ils permettent : méthanisation de boues, de déchets organiques, incinération avec récupération d'énergie et globalement du recyclage qui préserve les ressources et permet une baisse sensible des émissions de GES.

L'Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement (Astee) est légitime à s'emparer de toutes les questions techniques auxquels les professionnels de l'eau et des déchets sont confrontés.

Les réflexions sur le changement climatique permettent de décroisonner les approches, de travailler en transversalité, de rechercher les synergies entre les services de l'eau, de l'assainissement et des déchets, mais aussi avec d'autres services publics (énergie, télécommunications, réseaux de chaleur voire transport...) que ce soit en termes d'adaptation (le changement climatique est là, comment fait-on pour s'y adapter au mieux – c'est la question de la résilience) et d'atténuation (comment diminuer les émissions de GES, comment les substituer).

L'objectif de l'Astee est de faire émerger et de montrer toutes les bonnes pratiques en cours ou en projet sur le territoire français métropolitain et ultramarin, que ce soit en matière d'adaptation ou d'atténuation. Elles sont déjà nombreuses : rendez-vous au chapitre 5 pour voir un panel d'exemples concrets et opérationnels!



CHAPITRE 2

ET SUR VOTRE TERRITOIRE, **QUELS IMPACTS ?**

Le changement climatique est en cours et ses conséquences ne feront que s'amplifier à l'avenir.

Selon le dernier rapport du GIEC¹, le changement climatique est déjà effectif : « Chacune des trois dernières décennies a été successivement plus chaude à la surface de la Terre que toutes les décennies précédentes depuis 1850. L'atmosphère et l'océan se sont réchauffés, la couverture de neige et de glace a diminué, et le niveau des mers s'est élevé » (GIEC. 2014). Les systèmes naturels et humains subiront les effets directs et indirects de l'évolution du climat et devront s'adapter. Les impacts du changement climatique ainsi que la vulnérabilité des populations humaines et des systèmes naturels varient beaucoup d'une région et d'une population à l'autre. De même, la capacité d'adaptation est répartie de façon très inégale dans le monde.

Les impacts du changement climatique ne seront pas les mêmes à l'échelle globale où à l'échelle locale. Avant d'aborder la question de l'adaptation, il est essentiel de bien comprendre les différents impacts du changement climatique à l'échelle des territoires, car c'est bien cette échelle qu'il faut prendre en compte pour mettre en œuvre des solutions d'adaptation efficaces. **Chaque territoire doit être conscient des impacts auxquels il devra faire face et les risques associés.** Ce chapitre a pour objectif de présenter les différents impacts à l'échelle des territoires.

¹ Le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) est l'organe des Nations Unies chargé d'évaluer les données scientifiques relatives aux changements climatiques. Tous les six à sept ans, le GIEC prépare un rapport d'évaluation complet sur l'état des connaissances scientifiques, techniques et socio-économiques concernant le changement climatique, ses impacts et les risques futurs. Un cinquième rapport a été publié en 2014, et le sixième rapport sera publié en 2021. <https://www.ipcc.ch/>

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Les projections climatiques pour la France | 18 |
| | 1. TENDANCES CLIMATIQUES POUR L'HORIZON PROCHE 2021-2050 | 19 |
| | 2. TENDANCES CLIMATIQUES POUR L'HORIZON MOYEN 2041-2070 | 19 |
| | 3. TENDANCES CLIMATIQUES POUR L'HORIZON LOINTAIN 2071-2100 | 20 |
| | 4. CONCERNANT LES RÉGIONS D'OUTRE-MER | 20 |
| 2 | Quels sont les aléas liés au changement climatique ? | 21 |
| | 1. HAUSSE DES TEMPÉRATURES | 21 |
| | 2. INTENSIFICATION DES PRÉCIPITATIONS EXTRÊMES ET DES CYCLONES | 23 |
| | 3. VERS UNE AUGMENTATION DES SÉCHERESSES | 24 |
| | 4. HAUSSE DU NIVEAU DE LA MER | 26 |
| | 5. DIMINUTION DU CUMUL DES PRÉCIPITATIONS | 27 |
| 3 | Les multiples impacts du changement climatique | 30 |
| | 1. DOMMAGES AUX INFRASTRUCTURES ET AU BÂTI | 30 |
| | 2. MODIFICATION DU CYCLE DE L'EAU ET STRESS HYDRIQUE | 32 |
| | 3. IMPACTS SANITAIRES | 35 |
| | 4. IMPACTS SUR LA BIODIVERSITÉ ET LES ÉCOSYSTÈMES | 36 |
| | 5. IMPACTS POUR LES ASSURANCES | 37 |
| 4 | Ils témoignent des impacts actuels | 38 |

1 Les projections climatiques pour la France

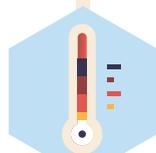


Le climat a déjà évolué en France au cours du 20^{ème} siècle, avec une température qui a augmenté en moyenne de 0,95 °C, et des précipitations qui ont augmenté l'hiver et diminué l'été (GIEC, 2007). Ces évolutions vont se poursuivre au 21^{ème} siècle selon les travaux des instituts scientifiques de référence en France.



Les résultats de ces travaux sont disponibles dans le rapport *Le climat de la France au 21^{ème} siècle* du (MEDDE, 2014) et sur le site [Drias - Les futurs du climat](#). Ils sont issus de simulations menées par le CNRM (Centre National de Recherches Météorologiques de Météo-France), l'IPSL (Institut Pierre Simon Laplace), et l'INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques). Les simulations des projections climatiques ont été réalisées selon deux modèles de climat régionaux, le modèle Aladin-Climat de Météo-France et le modèle *Weather Research and Forecasting* (WRF) de l'IPSL, sauf pour les simulations concernant les régions d'Outre-mer qui sont issues uniquement du modèle Aladin-Climat. L'analyse de l'activité cyclonique s'est quant à elle appuyée sur le dernier rapport du GIEC (GIEC, 2014). Les experts recommandent de regarder les projections selon plusieurs modèles, la dispersion des résultats représentant les incertitudes. Les scénarios d'émissions de GES considérés pour ces simulations sont trois des quatre scénarios *Representative Concentration Pathway* (RCP) définis dans le dernier rapport du GIEC (GIEC, 2014) :

- > RCP 8.5, correspondant à un scénario sans politique climatique ;
- > RCP 4.5, correspondant à un scénario avec politiques climatiques visant à stabiliser les concentrations en CO₂ ;
- > RCP 2.6, correspondant à un scénario avec politiques climatiques visant à faire baisser les concentrations en CO₂.



Les principaux résultats des projections climatiques en France et en Outre-mer sont donnés ci-après, pour l'horizon proche (2021-2050), pour l'horizon moyen (2041-2070) et pour l'horizon lointain (2071-2100). Les fourchettes de valeur représentent les variations selon les trois scénarios RCP.



1. TENDANCES CLIMATIQUES POUR L'HORIZON PROCHE 2021-2050

> Une hausse des températures moyennes annuelles comprise entre 0,6 et 1,3 °C par rapport à la période de référence (1976-2005). Cette hausse devrait être plus importante dans le Sud-Est de la France en été avec des écarts pouvant atteindre 2 °C. On notera que les 1,5 °C de hausse de température sont déjà atteints dans le nord des Alpes.

> Une augmentation du nombre de jours de vagues de chaleur en été, allant de 0 à 5 jours sur le territoire, mais pouvant atteindre 5 à 10 jours dans les régions du Sud-Est.

> Une diminution des jours anormalement froids en hiver sur l'ensemble de la France, entre 1 et 4 jours, mais jusqu'à 6 jours dans le Nord-Est.

> Une légère hausse des précipitations moyennes en été comme en hiver, comprise entre 0 et 0,42 mm/jour, mais avec de fortes incertitudes sur la distribution géographique de ces changements.

> Les deux modèles climatiques régionaux utilisés pour cette étude Aladin-Climat et WRF simulent de faibles changements relatifs des précipitations extrêmes. Cependant, ces modèles se situent dans la fourchette basse de l'ensemble multi-modèle européen et ces résultats sont à prendre avec précaution.

2. TENDANCES CLIMATIQUES POUR L'HORIZON MOYEN 2041-2070

> Une hausse des températures moyennes annuelles comprise entre 1,5 et 2,5 °C par rapport à la référence selon les scénarios RCP 2.6 et 4.5, et entre 2,5 et 3,5 °C selon le scénario RCP 8.5.

> Une augmentation du nombre de jours de vagues de chaleur en été, allant de 5 à 10 jours sur une grande partie du territoire, mais pouvant atteindre 20 jours du Massif Central au Nord-Est.

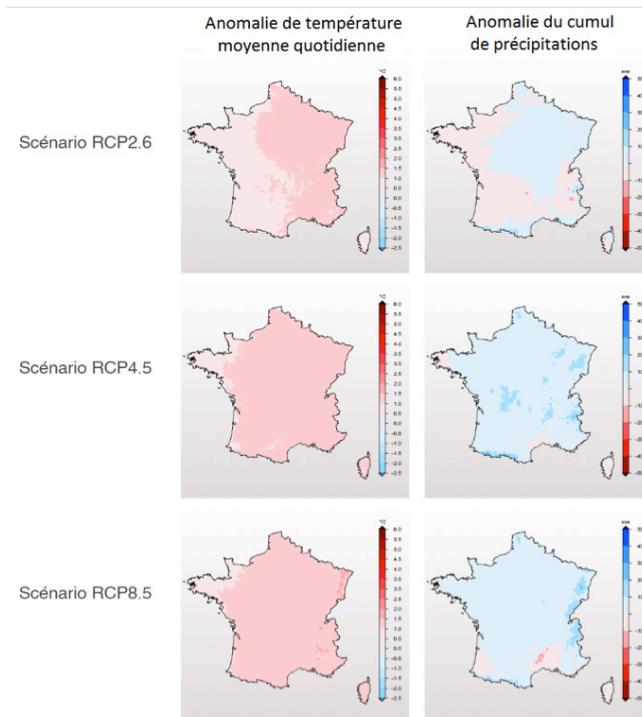


FIGURE 1 : Anomalie de température moyenne quotidienne (°C) et anomalie du cumul de précipitations (mm) entre l'horizon proche 2021-2050 et la période de référence, selon le modèle Aladin de Météo-France.

Source : www.drias-climat.fr

> Une diminution des jours anormalement froids en hiver sur l'ensemble de la France, entre 4 et 14 jours, mais jusqu'à 18 jours dans le Nord-Est voire 24 selon le scénario RCP 8.5.

> Des précipitations moyennes stables en hiver, et des baisses comprises entre 0 et 40 mm sur chacune des autres saisons, mais toujours avec de fortes incertitudes sur la répartition géographique.

> Une intensification des précipitations extrêmes de 2 % sur le territoire, et jusqu'à 4 % sur la moitié Ouest de la France. Mais les résultats sont très variables selon les modèles.

> Une augmentation des épisodes de sécheresse, de 1 à 5 jours, sur l'ensemble du pays.

3. TENDANCES CLIMATIQUES POUR L'HORIZON LOINTAIN 2071-2100

> Une forte hausse des températures moyennes annuelles selon tous les scénarios :

- environ 0,9 °C en hiver et 1,3 °C en été pour le scénario optimiste RCP 2.6 ;
- environ 2 °C en hiver et 3 °C en été pour le scénario médian RCP 4.5 ;
- environ 3,5 °C en hiver et 5,3 °C en été pour le scénario pessimiste RCP 8.5. La hausse sera particulièrement marquée dans le Sud-Est, avec probablement bien plus de 5 °C en été par rapport à la période de référence.

> Une forte augmentation du nombre de jours de vagues de chaleur en été, de plus de 20 jours pour le scénario RCP 8.5.

> Une diminution des froids extrêmes, entre 6 et 10 jours de moins que la référence dans le Nord-Est. Cette diminution devrait être plus limitée sur l'extrême Sud du pays.

> Une hausse des précipitations hivernales de 9 à 76 mm en moyenne pour cette période. En été, une diminution comprise entre 15 et 35 mm sur cette période. Noter de fortes incertitudes et une grande disparité régionale.

> Un renforcement du taux de précipitations extrêmes sur une large part du territoire, dépassant 5 % dans certaines régions avec les scénarios RCP 8.5, mais avec une forte variabilité des zones concernées selon le modèle.

> Une augmentation des épisodes de sécheresse sur l'ensemble du pays, allant de 1 à 15 jours supplémentaires selon les simulations.

4. CONCERNANT LES RÉGIONS D'OUTRE-MER

> Une augmentation de la température à l'horizon 2100 de l'ordre de 0,7 °C pour le scénario RCP 2.6 et de 3 à 3,5 °C pour le scénario RCP 8.5.

> Une diminution des précipitations moyennes, en particulier pour la saison sèche.

> Les précipitations moyennes et la vitesse moyenne du vent maximal associées aux cyclones tropicaux pourraient augmenter, mais les climatologues manquent encore de recul pour confirmer cette tendance.

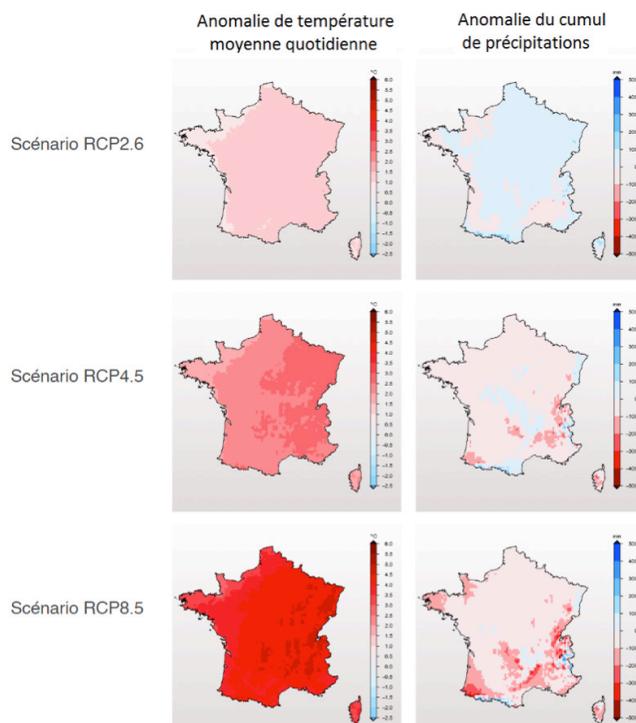


FIGURE 2 : Anomalie de température moyenne quotidienne (°C) et anomalie du cumul de précipitations (mm) entre l'horizon lointain 2071-2100 et la période de référence, selon le modèle Aladin de Météo-France.

Source : www.drias-climat.fr

Les services climatiques

L'ensemble de ces résultats est accessible en ligne sur le site Internet Drias - Les futurs du climat. Ce portail a pour vocation de mettre à disposition des projections climatiques régionalisées, réalisées dans les laboratoires français de modélisation du climat (IPSL, CERFACS, CNRM-GAME). Des cartes interactives sont disponibles dans l'Espace « Découverte » et des données numériques peuvent être téléchargées gratuitement dans l'Espace « Données et Produits » pour des études spécifiques. Les principales variables climatiques disponibles concernent les températures et précipitations moyennes, les indices de vague de froid, de chaleur, de sécheresse et de précipitations extrêmes. La vocation des services climatiques est de rendre les données accessibles au plus grand nombre afin que chacun puisse mener les évaluations dont il a besoin.

2 Quels sont les aléas liés au changement climatique ?

Le changement climatique provoquera des variations hydro-météorologiques de plusieurs natures, comme des vagues de chaleur ou de froid, des sécheresses, des pluies intenses et des tempêtes, ou encore une hausse du niveau de la mer.

Ces variations hydrométéorologiques ont des dynamiques différentes, avec des événements climatiques ponctuels extrêmes et des évolutions climatiques plus lentes. Les événements extrêmes (pluies diluviennes, cyclones, sécheresses, canicules) deviennent et deviendront plus intenses (GIEC. 2014). Les évolutions climatiques lentes concernent le réchauffement global de l'air et des océans, l'accélération de la hausse du niveau des mers, et l'augmentation ou la réduction des précipitations suivant les zones géographiques. Cette partie présente les manifestations physiques des changements climatiques et les risques associés.



1. HAUSSE DES TEMPÉRATURES

La hausse des températures est l'effet le plus clairement visible par les populations. La température à un instant donné est dépendante d'éléments contextuels, ce qui induit une dimension aléatoire aux évolutions à faible pas de temps et sur des périmètres peu étendus. En d'autres termes, on peut avoir des années sèches ou humides, chaudes ou froides, sans que cela ne remette en cause la tendance de fond. Il faut ainsi s'appuyer sur des traitements statistiques pour faire ressortir ces tendances au-delà des fluctuations locales qui les masquent.

La [figure 3](#) présente l'évolution attendue de la température moyenne à l'horizon 2041-2070 par rapport à la période de référence (1991-2010) pour un scénario visant la stabilisation progressive des concentrations en GES (RCP 4.5). Cette figure montre que toute la France métropolitaine sera impactée, mais que cet impact sera plus modéré dans l'Ouest de la France (environ 1 °C en Bretagne) et plus important dans l'Est de la France (2 à 3 °C en Alsace ou dans les Alpes). Quant aux territoires d'Outre-mer, une hausse de 1 à 2 °C est attendue.

Il faut également bien comprendre qu'une hausse moyenne n'est pas homogène dans le temps. Ainsi, si l'on peut s'attendre à avoir des pics de températures estivaux au-delà de

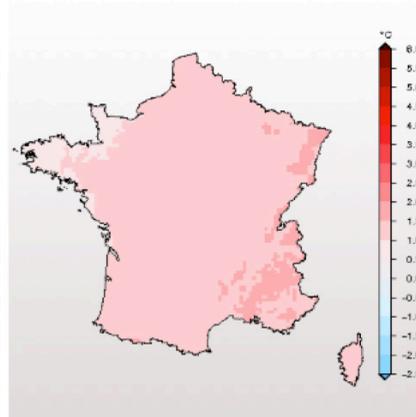
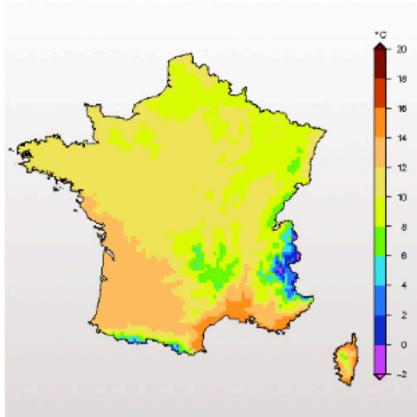
ce qui a été recensé historiquement, qu'en est-il du nombre de jours de canicule ? Une canicule, ou vague de chaleur, n'est pas définie comme l'atteinte d'une valeur donnée de température. Elle est régionalisée car elle est définie par rapport à un état local anormalement chaud. La [figure 4](#) présente le nombre de jours dont la température est supérieure de plus de 5 °C à la normale pour la situation de référence (1976-2005) et l'écart avec cette référence pour l'horizon 2041-2070 (par tranche de cinq jours supplémentaires). L'Est de la France, l'arc alpin et le littoral méditerranéen subiront probablement 10 à 15 ou 20 jours de canicules de plus que la situation de référence. Cela signifie que non seulement il fera plus chaud que maintenant, mais que les pics dureront plus longtemps ou seront plus fréquents.

Les hausses de températures estivales seront plus marquées en ville qu'à la campagne, du fait des stockages de chaleur dans les rues, murs et autres infrastructures, et de la moindre évapotranspiration de la végétation. C'est ce que l'on appelle le phénomène d'îlot de chaleur urbain. L'exemple de la canicule de 2003 montre que l'on peut avoir en centre ville jusqu'à 4 ou 5 °C de plus qu'à la périphérie des villes.

> La hausse de l'intensité et du nombre de jours de canicule va induire une hausse du risque d'îlots de chaleur urbains. Il faut anticiper ce phénomène pour en limiter l'importance, car il a notamment de graves répercussions sur la santé publique.

Référence (1976-2005)

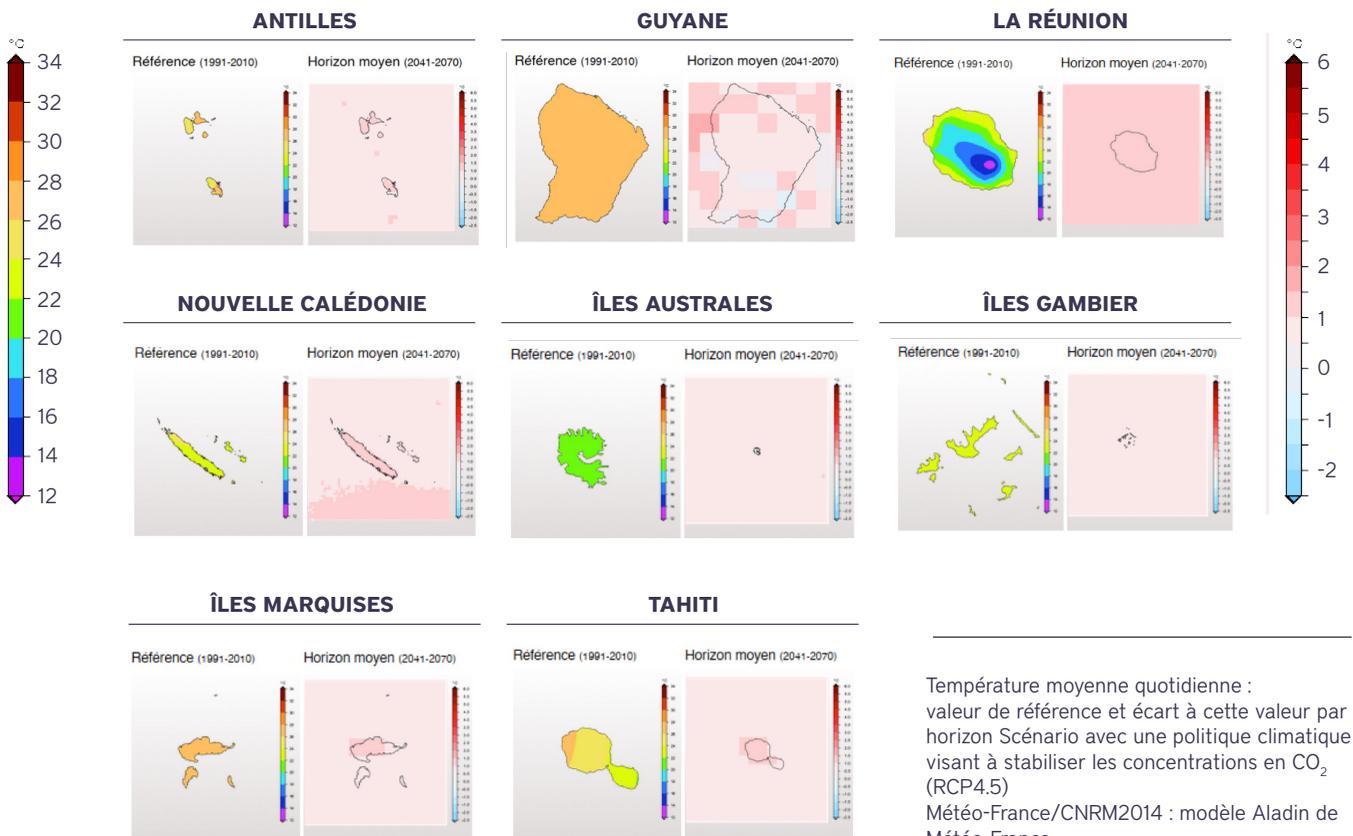
Horizon moyen (2041-2070)



Température moyenne quotidienne

Écart en °C de la température moyenne entre la période considérée et la période de référence

Scénario avec une politique climatique visant à stabiliser les concentrations en CO₂ (RCP4.5)
Météo-France/CNRM2014 : modèle Aladin de Météo-France



Température moyenne quotidienne : valeur de référence et écart à cette valeur par horizon Scénario avec une politique climatique visant à stabiliser les concentrations en CO₂ (RCP4.5)
Météo-France/CNRM2014 : modèle Aladin de Météo-France

FIGURE 3 : Évolution de la température moyenne quotidienne entre la période de référence et l'horizon 2041-2070 pour le scénario RCP 4.5.

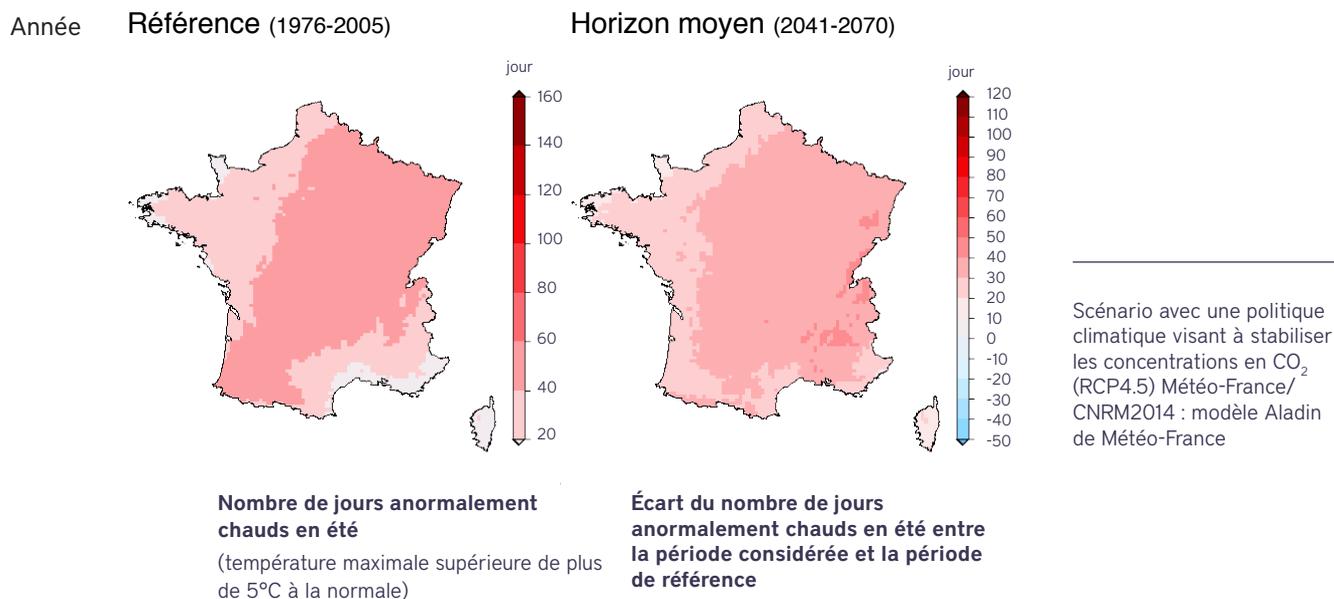


FIGURE 4 : Nombre de jours anormalement chauds en été (température maximale supérieure de plus de 5°C à la normale) pour la période de référence, et écart entre cette référence et l’horizon 2041-2070 pour le scénario RCP 4.5.

Source : modèle Aladin www.drias-climat.fr

2. INTENSIFICATION DES PRÉCIPITATIONS EXTRÊMES ET DES CYCLONES

La hausse moyenne des températures de l’air et de la surface des océans va induire une hausse de l’évaporation, qui se concrétisera par une plus grande pluviométrie à l’échelle du globe. Cela ne veut pas dire que cette hausse sera géographiquement homogène (ce ne sera pas le cas), ni qu’elle sera temporellement répartie (ce ne sera pas le cas non plus). D’après le cinquième rapport du GIEC (2014), les épisodes de précipitations extrêmes pourraient devenir très probablement plus intenses et plus fréquents sur les territoires de moyenne latitude à la fin du siècle. En France, même dans les régions où la quantité annuelle de précipitation aura tendance à diminuer, les précipitations extrêmes deviendront plus fréquentes et plus intenses, augmentant les risques de crue et d’inondation.

Les cartes de Météo-France issues du modèle Aladin sont présentées ci-après pour l’horizon 2041-2070 et pour le scénario RCP 4.5, qui vise à la stabilisation des concentrations en CO₂ d’ici 2100. Nous appellerons un événement de forte

précipitation un événement dont l’intensité de pluie est supérieure ou égale à 20 mm durant la durée de l’événement. Les cartes montrent une évolution très hétérogène des fortes précipitations sur le territoire. Certaines zones sont déjà actuellement soumises à de nombreux jours de fortes précipitations par an (20 à 30 jours). C’est notamment le cas des zones de montagne : Pyrénées, Alpes et Massif Central. Le modèle Aladin prédit pour 2041-2070 que ces zones et une bonne partie de la France métropolitaine devraient subir une augmentation du nombre de jours de forte intensité pluviométrique, l’inverse étant attendu pour le sud du Massif Central. Cette tendance est à nuancer car la variabilité est faible comparativement au nombre de jours actuels sur les massifs montagneux. On peut s’attendre d’ailleurs à ce que l’intensité des événements exceptionnels augmente, notamment sur le littoral méditerranéen, un des « hot-spots » mondiaux du changement climatique, où l’intensification des précipitations extrêmes devrait être de l’ordre de quelques pourcents sur les cumuls quotidiens par degré de réchauffement (Météo France. 2019). Concernant les plaines, on constate une légère augmentation du nombre de jours de fortes précipitations (entre 0 et 4 jours) alors que ces événements sont peu nombreux actuellement.

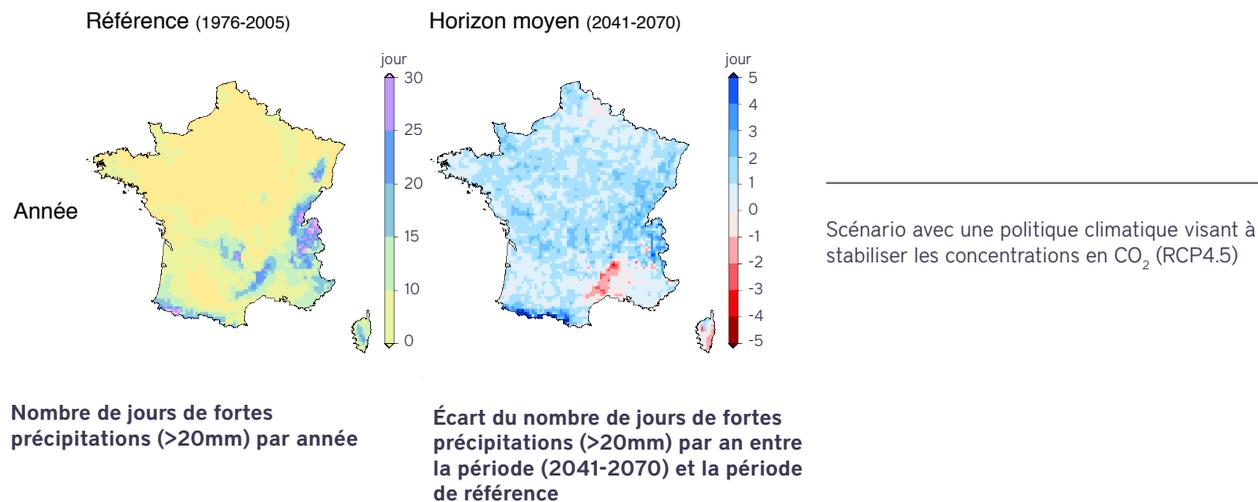


FIGURE 5 : Évolution du nombre de jours de forte intensité pluviométrique, sur la base du scénario RCP 4.5.

Source : modèle Aladin www.drias-climat.fr

Les tempêtes sont caractérisées par des vents violents sur une zone étendue. En France, elles sont plus fréquemment observées sur la côte atlantique, en hiver, mais peuvent également frapper la région méditerranéenne. Le projet SCAMPEI (Scénarios Climatiques Adaptés aux zones de Montagne: Phénomènes extrêmes, Enneigement et Incertitudes), coordonné par Météo-France, a simulé l'évolution des vents les plus forts à l'horizon 2030 et 2080. Les simulations réalisées ne montrent pas d'évolution du nombre et de la violence des tempêtes au cours du 21^{ème} siècle.

Pour l'Outre-mer, le cinquième rapport du GIEC a mis en évidence la complexité des facteurs de développement des cyclones tropicaux. Les experts estiment que les plus gros cyclones seront probablement plus puissants, avec des vents maximums plus élevés, et leurs précipitations plus intenses. Météo France a mené une étude de 2008 à 2011 sur la répartition des cyclones dans l'Atlantique nord au cours des prochaines décennies. Les résultats montrent un déplacement de l'activité cyclonique vers le nord après 2050, qui laisserait les Caraïbes et le golfe du Mexique plus paisibles au détriment de la côte est du continent nord-américain. Néanmoins, les climatologues manquent encore de recul pour confirmer ces tendances.

> Les pluies intenses, tempêtes et cyclones présentent de forts enjeux humains, environnementaux et matériels. Une intensification des pluies extrêmes et des cyclones se traduira par des risques accrus d'inondation, de submersion, ou encore d'érosion. Des catastrophes humaines pourront se produire, mais aussi des détériorations du milieu naturel, ainsi que des dommages et des dysfonctionnements des infrastructures.

3. VERS UNE AUGMENTATION DES SÉCHERESSES

Les sécheresses, définies comme un déficit en eau sur une période relativement longue, font partie des extrêmes climatiques à fort enjeu sociétal et environnemental. Les événements récents que la France a connus lors de l'été 2003, au printemps 2011, ou plus récemment en 2017 et 2018, ont rappelé la sensibilité de nos systèmes aux extrêmes hydrologiques et à la disponibilité de la ressource en eau. Les sécheresses deviennent plus longues. Au 10 octobre 2018, 62 départements français prenaient encore des mesures de restriction des usages de l'eau (Propluvia. 2018)². Ils étaient 55 en 2017, 30 en 2016 et 25 en 2015 à la même date.

Sécheresses agricoles et sécheresses météorologiques

Le projet ClimSec, coordonné par Météo-France, a étudié l'impact du changement climatique sur la sécheresse et sur l'eau du sol en France, en distinguant sécheresse agricole et sécheresse météorologique (Soubeyroux, J.M. et al., 2011 & 2012). Le déficit d'humidité du sol est appelé sécheresse agricole, caractérisé par l'indice standardisé SSWI (Standardized Soil Wetness Index), et le déficit de précipitation correspond à la sécheresse météorologique, caractérisée par l'indice SPI (Standardized Precipitation Index)³.

2. Propluvia est le site internet mis en place par le Ministère chargé de l'environnement pour consulter les arrêtés de restriction des usages de l'eau en France métropolitaine.

3. Plus d'information sur le calcul de ces indices dans les pages accompagnement de Drias - Les futurs du climat

Ce projet souligne l'évolution prévisionnelle plus rapide et plus intense des sécheresses du sol par rapport aux sécheresses météorologiques, sous l'effet probable de l'augmentation de l'évaporation. Les projections climatiques indiquent que la France métropolitaine risque de connaître, dès le milieu du 21^{ème} siècle, une évolution très significative des sécheresses agricoles (sur 3 mois et encore plus nettement sur 12 mois), malgré une évolution peu sensible du régime pluviométrique. Les zones montagneuses pourraient rencontrer en premier des sécheresses agricoles plus longues du fait des probables modifications de l'enneigement. À la fin du siècle, des sécheresses météorologiques plus fortes devraient apparaître également, notamment en été et automne. La situation est pire sur le plan des sécheresses agricoles. Une grande partie du territoire métropolitain risque de connaître de très longues sécheresses du sol en toute saison, quasiment sans retour à la situation normale et totalement inconnues dans le climat actuel.

Les cartes sur la **figure 6** montrent les tendances d'évolution des sécheresses agricoles. Il s'agit d'une différence de l'humidité du sol entre l'horizon de référence (1980) et l'horizon futur (2070). Le littoral méditerranéen apparaît comme moins impacté que d'autres régions, du fait que les sols y sont déjà actuellement plus secs qu'ailleurs en France. Cette carte montre que si la saison la plus préoccupante est bien la saison estivale, certaines régions devraient également être impactées pendant d'autres saisons. Ainsi, l'Ouest, le Nord-Ouest et le Nord-Est de la France devraient être impactés par les sécheresses estivales et automnales, alors que les territoires de montagnes (Pyrénées, Alpes, Massif Central) seront affectés au printemps et en été. Les régions connaissant actuellement des sols plus humides en moyenne, comme le Nord de la France et les zones de montagne pourraient connaître une aggravation particulière des sécheresses.

Les territoires d'Outre-mer connaissent déjà des épisodes de sécheresse dus à la grande irrégularité des précipitations intra et interannuelles, mais les tendances avec l'effet du changement climatique ne sont pas disponibles.

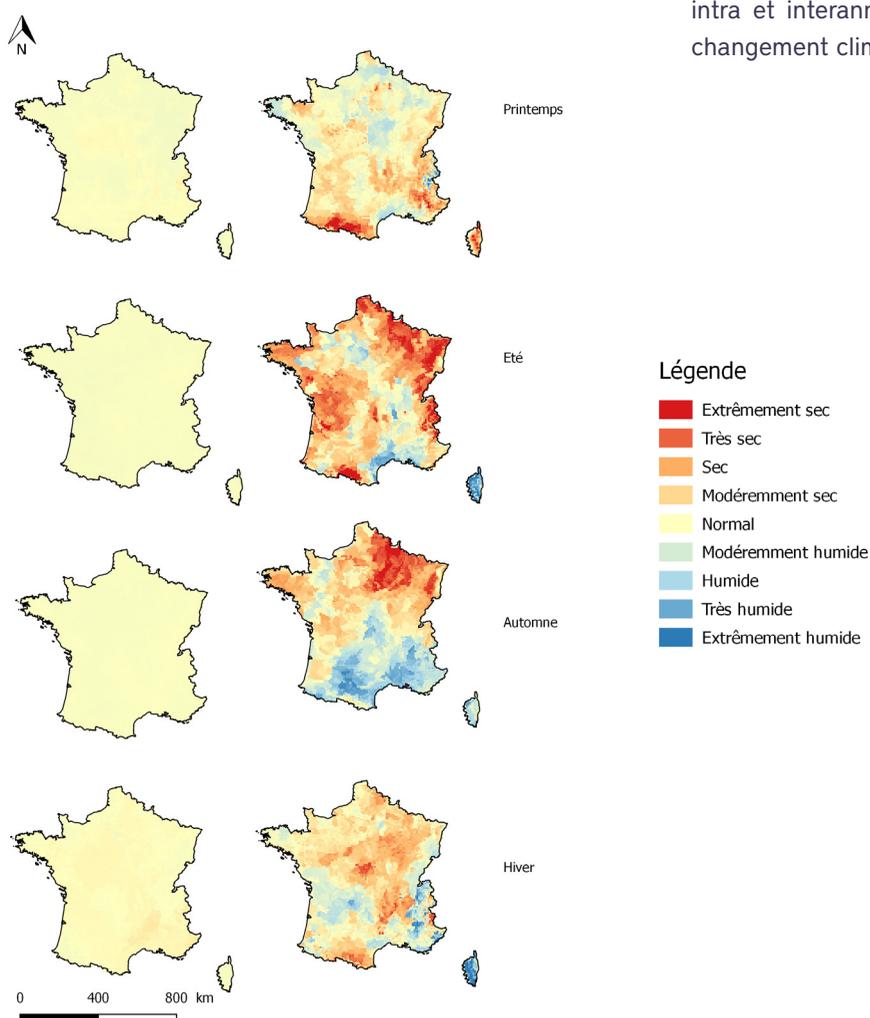


FIGURE 6 : Évolution des sécheresses agricoles entre l'horizon de référence (1980) et l'horizon futur (2070) sur la base du scénario SRES B1 (GIEC, 2000).

Retrait-gonflement des argiles

Les sécheresses prononcées et/ou durables peuvent produire une modification des sols argileux, avec un retrait des sols par assèchement, et un gonflement avec le rétablissement des conditions d'humidité. Le phénomène de retrait-gonflement des argiles, déjà largement répandu en France métropolitaine, est donc susceptible de s'aggraver, parallèlement aux sécheresses agricoles. D'après la [figure 7](#), l'aléa retrait-gonflement devrait s'amplifier sur une bande de territoire allant du Nord au Sud-Ouest de la France métropolitaine.

> Les sécheresses modifient de fait les usages de l'eau (en quantité et qualité) et détériorent les écosystèmes naturels (dystrophie des écosystèmes aquatiques, chute de la biodiversité terrestre et aquatique, défoliations, feux de forêts...). Elles provoquent aussi un assèchement des sols, qui peut être irréversible dans les cas les plus extrêmes, avec un risque de retrait/gonflement des argiles. Une baisse des débits des cours d'eau, surtout en étiage, peut avoir un effet sur la production d'électricité nécessaire pour les services car cela impacte le refroidissement de certaines industries comme les centrales électriques ou le rendement des équipements hydroélectriques. Une baisse des ressources superficielles et souterraines impacte aussi massivement l'agriculture. Les effets potentiels de la sécheresse sont donc multiples et impactent à la fois les activités humaines et l'environnement au sens large.

4. HAUSSE DU NIVEAU DE LA MER

La hausse du niveau de la mer est attribuée à l'augmentation progressive des températures de l'air et de l'eau, qui induisent la dilatation thermique des océans, et la fonte des glaces terrestres. La hausse des températures, renforcée par la hausse des teneurs en gaz à effet de serre, va induire un accroissement progressif des volumes d'eau libérés par la fonte des glaces. Il en résultera que la hausse du niveau des mers tendra à s'accroître avec le temps. Avec déjà près de 20 cm de hausse en moyenne sur l'ensemble des océans depuis plus d'un siècle, la hausse du niveau des mers est conséquente et ne cesse de s'accélérer depuis les dernières décennies (GIEC. 2014). A l'horizon 2100, le GIEC a établi une montée des eaux allant de +0,2 à +0,8 m (scénario médian), voire au-delà de 1 m (scénario extrême). Mais la mer va continuer de monter durant des siècles, à cause de la lenteur du transfert de chaleur de la surface aux profondeurs de l'océan et surtout car les températures atmosphériques resteront durablement fortes en lien avec les teneurs en GES.

Le niveau de la mer n'est pas homogène sur la planète, et la montée des eaux ne sera pas uniformément répartie (ONERC. 2015). Cela est notamment lié à la distribution non uniforme de la température de l'océan et de la salinité. Une étude de l'évolution du niveau de la mer au niveau des côtes françaises, en France métropolitaine et Outre-mer, prenant en compte l'ensemble des processus, reste à réaliser. On s'attend néanmoins à une hausse du niveau marin dès à présent de l'ordre de 3 mm/an, hausse qui ne devrait que s'accroître, se traduisant dans certaines conditions par un déplacement moyen du trait de côte de 30 cm/an (Bériot, N. 2014). Des érosions de plusieurs mètres par an interviendront localement et sont déjà perceptibles.

Les cartes suivantes ont été réalisées par Climate Central (2012) sur la base du scénario RCP 4.5 (correspondant à une stabilisation des émissions de GES en 2100) et en s'appuyant sur la base de données BDALTI de l'IGN. Elles montrent qu'une augmentation de 50 cm du niveau de la mer pourrait advenir dès 2070 en certains points de notre littoral.

L'effet de la hausse du niveau de la mer s'ajoute au phénomène d'érosion côtière, déjà existant sur 24 % des côtes françaises.

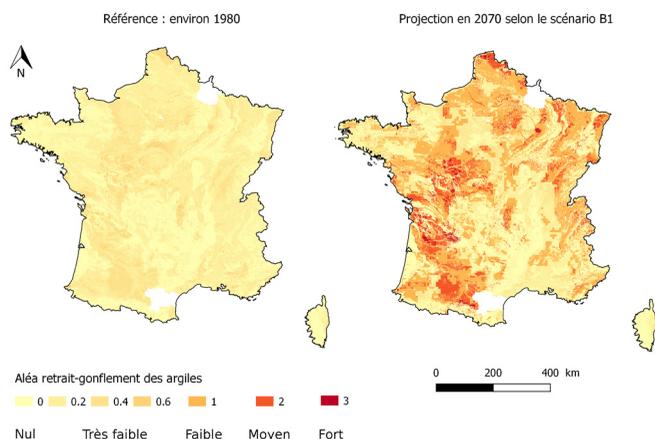


FIGURE 7 : Évolution comparative du risque de retrait-gonflement des argiles en 1980 et en 2070.

Source : réalisée par Marine Locquet et Michel Lafforgue, croisement de l'aléa retrait-gonflement (BRGM. 2010), et de la sécheresse des sols, ou SSWI (Météo-France. 2018).

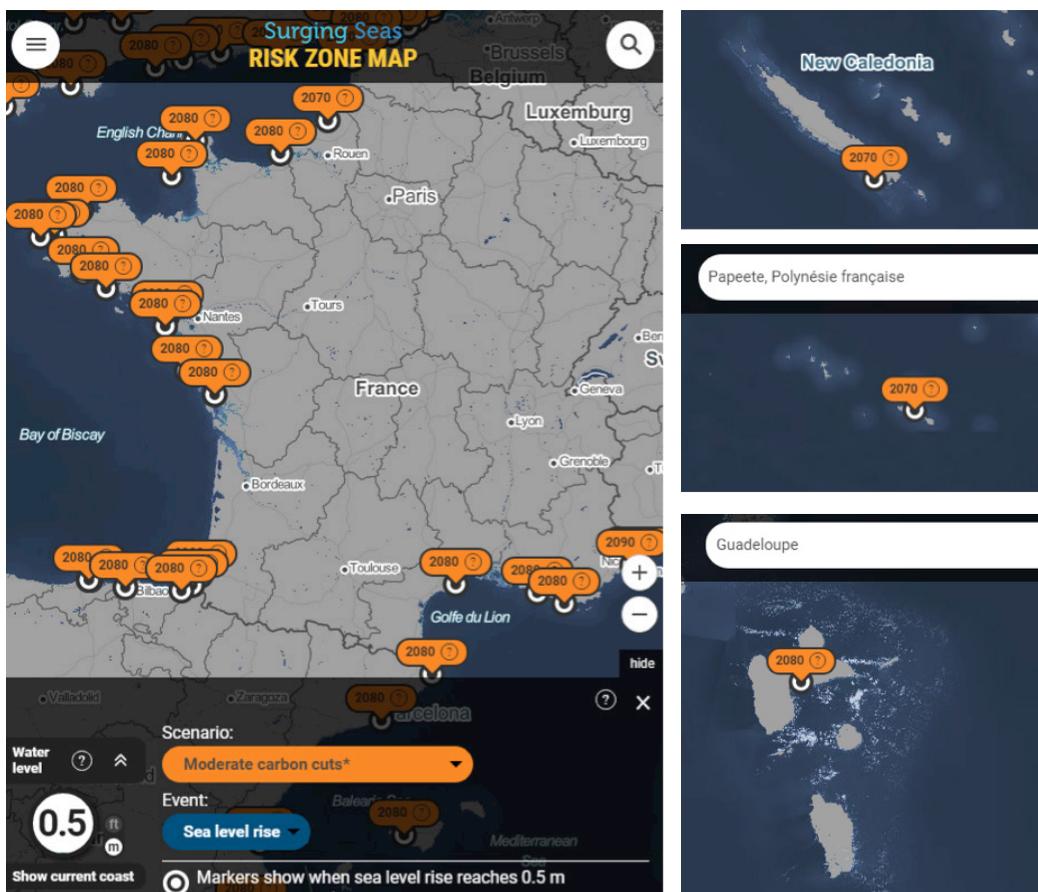


FIGURE 8 : Prévisions d'échéances pour une élévation de 50 cm du niveau de la mer selon le scénario RCP 4.5.

Source : Climate Central, 2012 <http://sealevel.climatecentral.org/>

> La hausse du niveau de la mer va contribuer au déplacement du trait de côte, avec une augmentation des risques de submersion. L'intrusion d'eau salée dans les eaux douces superficielles ou souterraines sera favorisée et les ressources en eaux côtières seront fragilisées. La salinisation des nappes phréatiques est particulièrement redoutée dans les territoires d'Outre-mer car ces ressources sont déjà rares.

5. DIMINUTION DU CUMUL DES PRÉCIPITATIONS

L'évolution des précipitations en France métropolitaine présente de fortes incertitudes. Pour la fin du siècle, les tendances sont plutôt stables en période hivernale, et en baisse en période estivale, mais avec des évolutions différentes selon les modèles, les scénarios, les régions et les saisons. Cette baisse sera particulièrement marquée dans le Sud-Est et le Sud-Ouest de la France quel que soit le scénario d'émissions. La [Figure 9](#) montre pour exemple les écarts des cumuls de précipitations entre la période de référence (1976-2005) et l'horizon temporel moyen et lointain selon le scénario RCP 4.5.

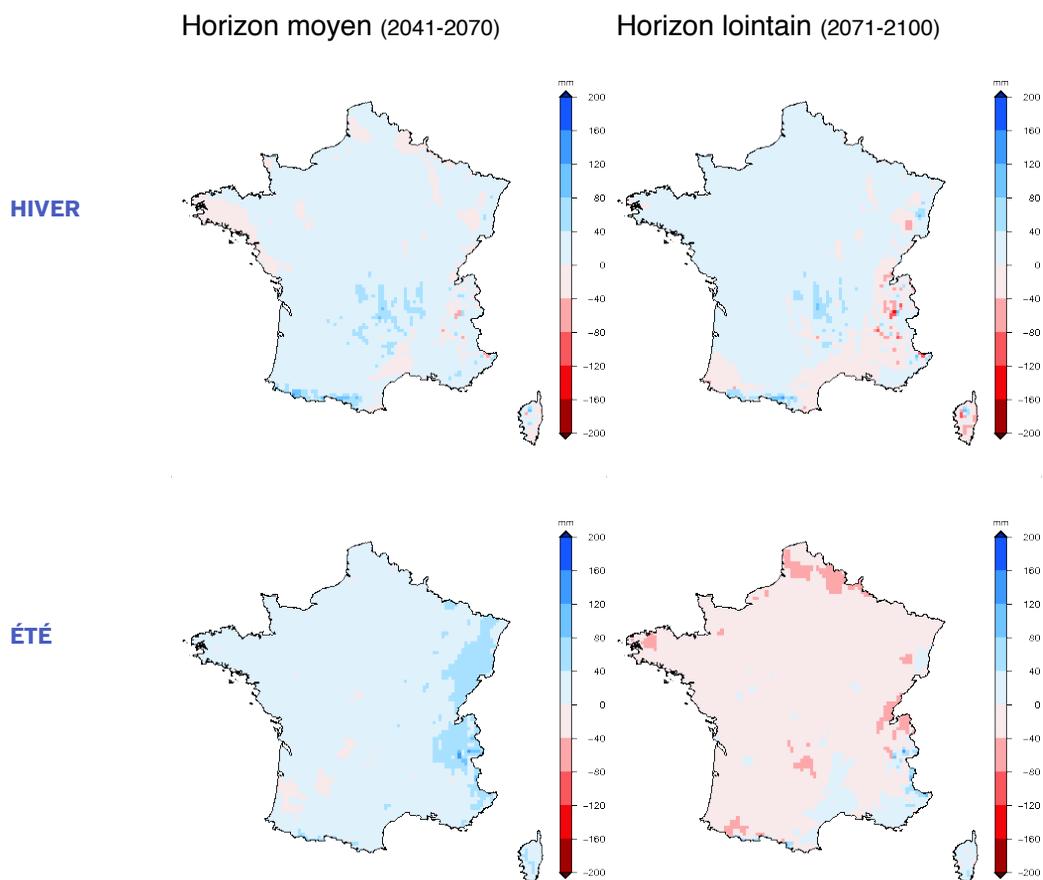


FIGURE 9 : Écart des cumuls saisonniers de précipitations pour le scénario d'évolution RCP 4.5 par horizon temporel.

Source : www.drias-climat.fr

L'enneigement est voué à diminuer avec l'augmentation de la température de l'air. L'épaisseur de neige au sol, l'étendue des surfaces enneigées et la durée d'enneigement vont petit à petit se réduire (Météo France. 2019). De nombreux glaciers disparaîtront du fait des fortes chaleurs estivales. Le projet SCAMPEI, coordonné par Météo France, a simulé à l'horizon 2080 une baisse de la durée de l'enneigement sur les Alpes de 60 à 85 % à basse altitude, et de 40 à 75 % à moyenne altitude, selon le scénario d'émissions le plus pessimiste. À haute altitude (au-dessus de 2 000 m), les températures restent très majoritairement négatives durant l'hiver et la perte d'enneigement y est moins marquée. Cependant, la hausse des températures estivales induira malgré tout une baisse des épaisseurs des glaciers

> En France métropolitaine comme en Outre-mer, l'augmentation progressive de la température de l'air et la modification des régimes de précipitations vont peu à peu modifier le cycle de l'eau. Tous les compartiments seront touchés (précipitations, enneigement, cours d'eau, nappes d'eau souterraine, lacs et zones humides), d'un point de vue quantitatif, mais aussi d'un point de vue qualitatif. Il est très probable que les évolutions climatiques entraînent une diminution de la disponibilité des ressources en eau douce.

Dans les territoires d’Outre-mer, les conditions hydrologiques sont très variables de par leur grande hétérogénéité géographique et morphologique, mais ce sont des territoires au cycle de l’eau déjà très vulnérable. Les îles à climat tropical connaissent de fortes irrégularités saisonnières des pluies, avec une saison sèche et une saison humide, mais aussi une forte irrégularité interannuelle. Dans les îles à fort relief, les versants abrités du vent sont secs et ne connaissent pas le même climat que les versants face au vent. L’évapotranspiration y est très élevée. D’après les simulations de Météo

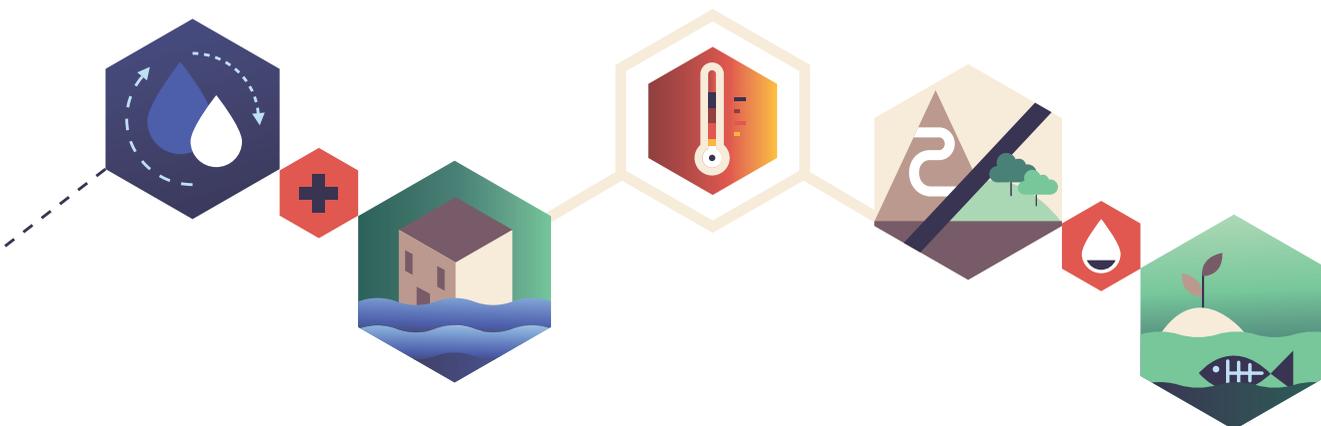
France pour l’horizon 2041-2070 (Figure 10), on s’attend à une légère diminution du cumul de précipitations (entre 0 et 200 mm par an) sur la majorité des territoires insulaires (Antilles, la Réunion, Îles Australes, Nouvelle Calédonie, Îles Gambier, Tahiti), et une légère augmentation des précipitations sur les Îles Marquises (entre 0 et 100 mm par an) et la Guyane (entre 100 et 300 mm par an) par rapport à une moyenne de 3000 mm/an en valeur de référence. Le cas de la Guyane est à nuancer car il dépendra notablement du couvert végétal.



Cumul de précipitations (mm/an)
A gauche : valeur de référence
A droite : écart entre la projection
et cette valeur

Scénario avec une politique climatique visant à stabiliser les concentrations en CO₂ (RCP4.5)
 Météo-France/CNRM2014 : modèle Aladin de Météo-France

FIGURE 10 : Évolution du cumul des précipitations en mm/an entre l’horizon de référence (1991-2010) et l’horizon futur (2041-2070) sur la base du scénario RCP 4.5.



3 Les multiples impacts du changement climatique

Les systèmes naturels et les systèmes humains seront impactés de multiples façons par l'ensemble de ces aléas.

On pense tout de suite aux impacts dramatiques des événements extrêmes. Le cas des crues et des phénomènes de ruissellement intense n'est que trop connu de tous, avec notamment les épisodes de la Côte d'Azur en 2016 (20 morts) et de l'Aude en 2018 (14 morts supplémentaires attribuables à l'événement). La canicule est aussi une cause importante de mortalité, près de 14 800 personnes étant décédées en août 2003.

Nous nous focaliserons ici sur les impacts pour les services publics des eaux et des déchets, ou les impacts sur lesquels ces services peuvent agir. Ne sont pas développés par exemple les impacts sur les feux de forêts ou les rendements agricoles.

1. DOMMAGES AUX INFRASTRUCTURES ET AU BÂTI

Outre les drames humains, les pluies extrêmes, les inondations qu'elles induisent et les tempêtes peuvent produire de nombreux dommages aux infrastructures (destruction, endommagement, perte de service). Les crues des cours d'eau ou les inondations par ruissellement pluvial peuvent causer des dommages importants aux ouvrages, usines et bâtiments situés dans des zones à risque et entraîner des ruptures de service durant plusieurs jours, voire plusieurs semaines.

Les sécheresses sont aussi source de dommages au bâti. Elles provoquent un assèchement des sols, qui peut être ir-

réversible dans les cas les plus extrêmes, avec un risque de retrait/gonflement des argiles dont les conséquences seront potentiellement critiques pour la stabilité des ouvrages, maisons et immeubles. La majorité du territoire est concernée à des degrés divers, avec près de 400 000 maisons individuelles actuellement situées en zone d'aléa fort. La hausse de fréquence et d'intensité des sécheresses devrait amplifier ce risque. Le coût de ces dommages pourrait être multiplié par un facteur 3 à 6 d'ici 2100 selon le scénario, et sans prise en compte de l'évolution de l'urbanisation (ONERC. 2009). Comme vu précédemment, le Nord, l'Ouest et le Sud-Ouest de la France seront sujets à des risques accrus de sinistres liés à ces mouvements de sols, qui devront être considérés en amont des programmes de travaux neufs et de réhabilitation.

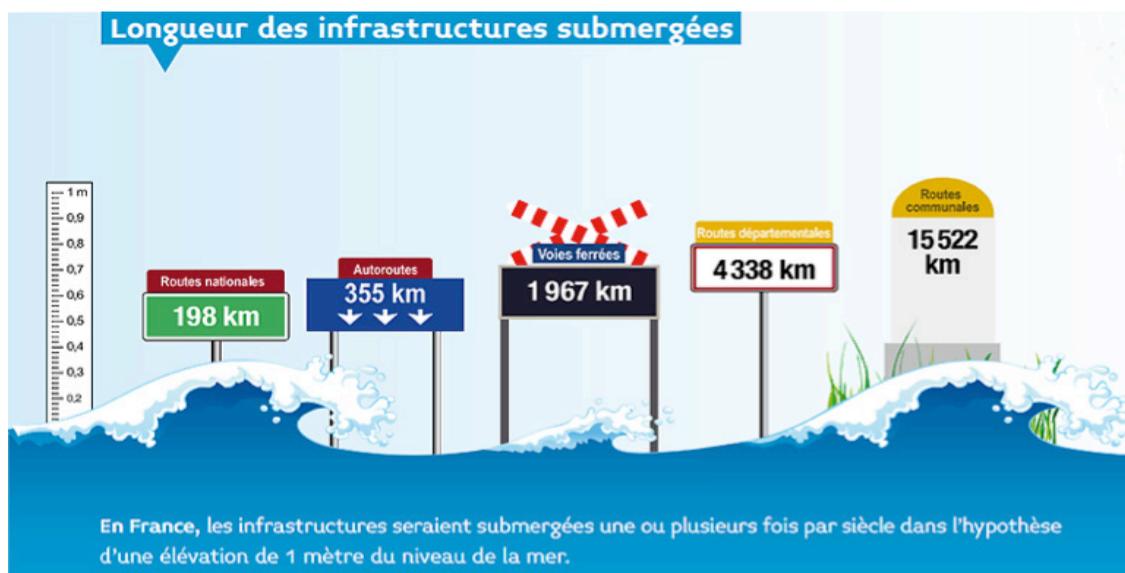


FIGURE 11 : Longueur des voies de transport submergées en cas de hausse du niveau de la mer d'un mètre.

Source : MTES. 2017

La hausse du niveau de la mer va aggraver l'érosion des côtes, et des territoires connaîtront des submersions temporaires ou définitives. Par exemple sur le littoral languedocien, 140 000 logements sont situés dans une zone affectée par un aléa érosion ou submersion définitive d'ici 2100 (ONERC. 2009). Sur le territoire national, de nombreuses voies de transport pourront être submergées (Figure 11), et générer des problèmes de transfert entre territoires (transport de personnes, transport de ressources ou de matières brutes pour les usines, évacuation de déchets). Les tempêtes peuvent accélérer les conséquences de cette hausse de niveau.

En plus des dommages directs, le fonctionnement des infrastructures pourra également être impacté par le changement climatique, que ce soit par les fortes pluies, la hausse du niveau de la mer ou le réchauffement de l'air. À cause des plus fortes pluies, les réseaux de collecte des eaux usées et des eaux pluviales risquent d'être plus souvent saturés et ainsi déverser plus régulièrement des effluents bruts au milieu naturel ou déborder en milieu urbain. Les inondations et les submersions marines peuvent introduire des eaux parasites polluées (pollution urbaine, pollution microbiologique, pollution agricole due à l'érosion des sols, eaux salines) dans les réseaux d'eau

et les hydrosystèmes naturels, et dégrader la qualité de l'eau potable ou perturber le fonctionnement des stations d'épuration. L'augmentation des températures va entraîner une évolution des micro-organismes des eaux usées et des stations d'épuration, dont l'impact est difficile à évaluer mais devrait surtout amener des modifications opérationnelles plus que des infrastructures. On peut aussi s'attendre à une augmentation des émissions de sulfure d'hydrogène (H_2S), avec des risques d'odeurs, de corrosion et de santé pour les personnels.

> Les aléas naturels sont aggravés par le changement climatique d'une part, mais aussi par le développement urbain dans des zones à risques (zones côtières, zones inondables, zones argileuses) et l'artificialisation des sols. L'adaptation au changement climatique doit permettre de renforcer les actions de préventions des risques naturels, et plus largement d'adapter la gestion des risques à cette situation climatique changeante.

2. MODIFICATION DU CYCLE DE L'EAU ET STRESS HYDRIQUE

En France métropolitaine comme en Outre-mer, il est très probable que les évolutions climatiques entraînent une diminution de la disponibilité des ressources en eau douce de surface, que ce soit en volume ou à cause d'un appauvrissement de leur qualité. Les ressources en eau souterraine connaîtront également une baisse de leur niveau piézométrique en métropole. Le risque d'intrusion saline est souligné pour toutes les ressources en eaux côtières, et encore plus particulièrement en Outre-mer où ces ressources sont déjà vulnérables. La raréfaction des ressources en eau douce présente des risques pour tous les usages de l'eau, ainsi que pour le bon état des milieux aquatiques.

Des étiages plus sévères, une recharge des nappes en baisse

Les cours d'eau et les nappes d'eau souterraine présentent une nette tendance à la baisse d'ici à la fin du siècle sur la France métropolitaine. Plus qu'à la diminution des précipitations, cette tendance est à relier à l'augmentation de la température de l'air, qui induit une augmentation de la demande évaporatoire de l'atmosphère et un assèchement des sols, induisant une hausse de l'évapotranspiration des plantes, et des besoins plus élevés en eau pour les activités agricoles et industrielles (process de refroidissement). Ces phénomènes affectent le débit des rivières, la recharge des

nappes, et les échanges nappe-rivière. En outre, les cours d'eau seront de moins en moins alimentés par la fonte des neiges au printemps et en été. Le projet Explore 2070⁴ a établi les projections suivantes sur les débits des cours d'eau et la recharge des nappes sur le territoire français à l'horizon 2070 selon le scénario SRES A1B (MEDDE, 2012) :

> une diminution significative globale des débits moyens annuels à l'échelle du territoire, de l'ordre de -10 à -40 % selon les simulations, et jusqu'à -60 % sur le district hydrographique Seine-Normandie et pour les cours d'eau des contreforts pyrénéens (voir [Figure 12](#)) ;

> pour une grande majorité des cours d'eau, une diminution des débits d'étiage encore plus prononcée que la diminution à l'échelle annuelle, allant de -10 % du débit minimum mensuel quinquennal (QMNA5), jusqu'à -50 % à l'exutoire du Rhône à Beaucaire, et jusqu'à -70 % à l'exutoire de la Garonne à Lamagistère (voir [Figure 12](#)) ;

> une augmentation de la durée des assecs ;

> une baisse quasi générale de la piézométrie associée à une diminution de la recharge des nappes comprise entre -10 et -25 %, avec globalement deux zones plus sévèrement touchées : le bassin versant de la Loire avec une baisse de la recharge entre -25 et -30 % sur la moitié de sa superficie et surtout le Sud-Ouest de la France avec des baisses entre -30 et -50 %, voire plus (voir [Figure 13](#)).

Il convient de prendre ces résultats avec précaution car les débits d'étiage dépendent de nombreux facteurs comme la pluviométrie, le couvert végétal, l'occupation des sols, les échanges nappes-rivières, et les prélèvements anthropiques. Mais les débits d'étiage devraient globalement baisser dans toutes les régions françaises.

4. Le projet Explore 2070 porté par le Ministère en charge de l'environnement s'est déroulé 2010 à 2012. Il avait pour objectif d'élaborer et d'évaluer des stratégies d'adaptation au changement climatique à l'horizon 2070.

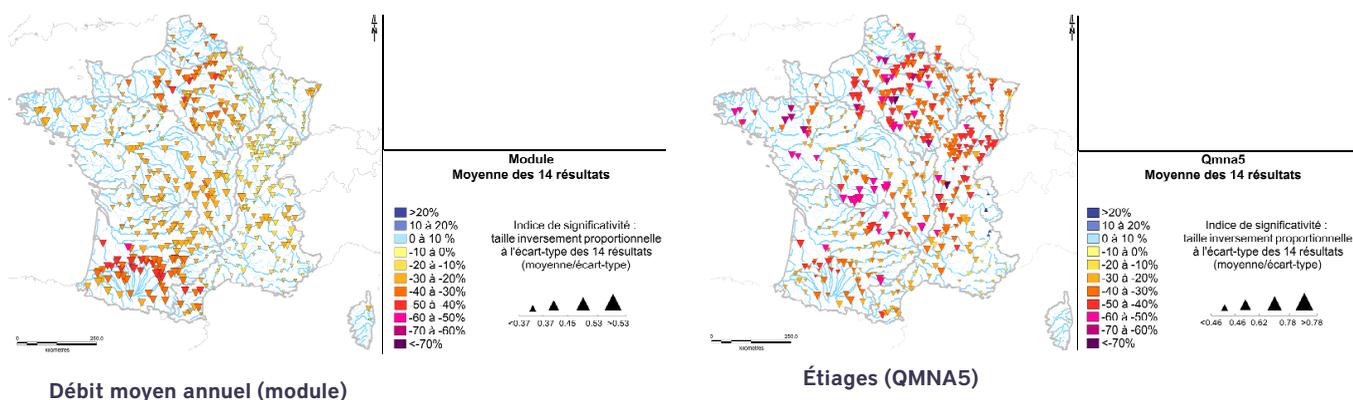


FIGURE 12 : Évolutions relatives possibles (en %) du débit moyen annuel et des étiages entre 1961-90 et 2046-65 selon le scénario SRES A1B.

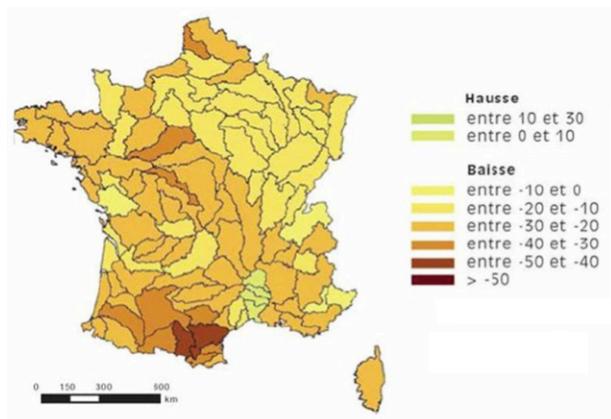


FIGURE 13 : Variation moyenne de la recharge de nappe (en %) entre 1961-90 et 2046-65 selon le scénario SRES A1B.

Source : Explore 2070. MEDDE, 2012

Les zones humides seront affectées par l’augmentation de l’évaporation. Il faut également s’attendre à leur recul. En effet, elles sont regroupées selon leur fonctionnement hydrologique : les zones humides des plaines intérieures, les zones humides des vallées alluviales, les zones humides côtières. L’augmentation de l’évapotranspiration aura tendance à réduire le niveau d’eau des zones humides des plaines intérieures, à moins qu’il ne soit compensé par une augmentation régionale de la pluviométrie. Les zones humides des vallées alluviales sont alimentées par les échanges avec la nappe et dépendent donc de la recharge (voir **Figure 13**). Elles seront donc elles aussi majoritairement impactées négativement. Enfin, les zones humides côtières risquent de disparaître à cause de la hausse du niveau de la mer et des intrusions salines associées.

En Outre-mer, les tendances sur les niveaux des ressources en eau ne sont pas disponibles. Les travaux de modélisation réalisés sur les DOM sont sujets à de fortes incertitudes, liées au niveau d’information limité lors du projet sur la climatologie passée et future, et à la difficulté de mettre en place des modélisations hydrologiques robustes. Compte tenu de ces incertitudes et des résultats obtenus, il est délicat de dégager des changements clairs à l’échelle de chacun de ces DOM. Les progrès réalisés récemment sur la modélisation climatique de ces zones devraient permettre à l’avenir de dégager des évolutions plus fiables sur ces régions.

On peut néanmoins s’appuyer sur les tendances climatiques vues au paragraphe 2.1. L’augmentation de la température de l’air, et donc de l’évapotranspiration, ainsi qu’une diminution des précipitations moyennes, en particulier en saison sèche, laissent envisager une raréfaction des ressources en eau de surface. Les tendances pour les ressources en eau souterraine, vulnérables en milieu insulaire, ne sont pas documentées, mais le risque d’intrusion saline est fortement souligné (ONERC, 2012).

Les débits de crue

Compte tenu des divergences entre les projections climatiques, on ne peut détecter de tendance significative sur la majeure partie du territoire (**Figure 14**). Cependant, l’intensité des crues pourrait augmenter dans les Cévennes, et dans le Nord-Est de la France (partie est du district Rhin-Meuse). Les zones de haut relief (Alpes, Pyrénées, Jura), la rive gauche de la Garonne et les 2/3 ouest du district Seine-Normandie sont des zones pour lesquelles la crue journalière décennale (QJXA10) pourrait baisser à l’horizon 2046-2065 (MEDDE, 2012).

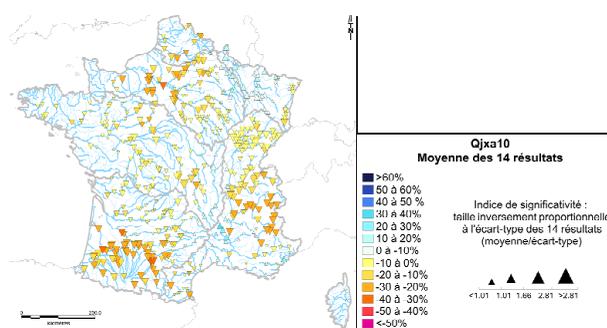


FIGURE 14 : Évolutions relatives possibles (en %) du QJXA10 entre 1961-90 et 2046-65 selon le scénario SRES A1B.

Source : Explore 2070. MEDDE, 2012

Une dégradation de la qualité des ressources en eau

La qualité des ressources en eau risque de se dégrader. L'augmentation de la température de l'air et la diminution du niveau des eaux superficielles entraîneront une diminution de la quantité d'oxygène dissous dans l'eau. Cela aura un effet sur la qualité microbiologique des eaux, sur les processus biochimiques et sur les cycles nutritifs, avec un risque accru d'eutrophisation, de proliférations de micro-algues et de cyanobactéries. La diminution des débits d'étiage conduira lui aussi à une dégradation de la qualité des eaux des ressources en eau superficielle. Les cours d'eau auront une moindre capacité à diluer les flux polluants reçus. Le réchauffement des lacs aura des effets sur leur structure thermique et chimique et par contrecoup sur le fonctionnement écosystémique, notamment par l'accroissement de l'eutrophisation. La baisse de la recharge des aquifères et des niveaux piézométriques pourraient induire une dégradation de la qualité de l'eau de certaines nappes souterraines. L'augmentation du niveau de la mer aura tendance à favoriser l'intrusion d'eau salée dans les estuaires et la progression du biseau salé dans les eaux souterraines.

La dégradation de la qualité des ressources en eau représente une contrainte supplémentaire pour le fonctionnement des écosystèmes aquatiques et terrestres, mais aussi pour les activités humaines associées (par exemple pour les traitements de potabilisation, les piscicultures, les activités de loisir tournées autour de l'eau...).

Le stress hydrique

On considère qu'il y a stress hydrique lorsque les besoins en eau (y compris pour l'environnement) sont supérieurs à l'eau disponible durant une certaine période. L'accès à la ressource en eau est limité, souvent pour des raisons de quantité d'eau, mais les problèmes de qualité peuvent également limiter son exploitation. Les deux sont liés car si une ressource est moins abondante, sa qualité risque d'autant plus de se dégrader. C'est bien en considérant l'équilibre ressource disponible et besoins en eau que l'on aborde la notion de stress hydrique.

À l'horizon 2050, on peut estimer le déficit en eau pour satisfaire les usages humains actuels, sans adaptation, à quelque 2 milliards de mètres cubes par an (ONERC. 2009). L'un des principaux défis sera d'équilibrer une offre qui va diminuer avec une demande qui n'est déjà pas toujours satisfaite, et qui va augmenter (notamment avec les effets du changement climatique mais pas seulement).

Les situations de stress hydrique pourront être récurrentes dans certaines régions françaises au 21^{ème} siècle, de par la baisse généralisée des débits d'étiage des rivières et des niveaux piézométriques des nappes, et de l'adéquation ou non des usages de l'eau sur les territoires. Le stress hydrique sera encore aggravé en période de sécheresse. Tous les usages et fonctions de l'eau seront impactés : agriculture, industrie, alimentation en eau potable, production d'énergie, loisirs et milieux aquatiques. Bien que d'usage prioritaire, l'alimentation en eau potable pourra être menacée, comme ce fut le cas sur le territoire de Belfort en octobre 2018⁵. La demande en eau sera d'autant plus forte durant les étés chauds et secs, et elle sera renforcée par la baisse de l'humidité des sols. Tout comme la sécheresse agricole, ce problème pourrait s'étendre aux autres saisons.

La **Figure 15** illustre l'aggravation du stress hydrique en France à l'horizon 2040 selon le scénario RCP 8.5. Cette analyse est réalisée par le Water Resources Institute (WRI) qui diffuse ces évaluations sur son outil en ligne Aqueduct - Water Risk Atlas (WRI. 2015). Le stress hydrique est évalué à partir de données sur les prélèvements annuels d'eau exprimés en pourcentage du débit annuel total disponible. Il traduit la pression imposée aux eaux de surface et aux aquifères peu profonds. Ces cartes montrent bien que le stress hydrique est déjà présent en France, comme on l'a déjà souligné avec la multiplication des arrêtés de restriction des usages de l'eau ces dernières années. A l'horizon 2040, le WRI prévoit une aggravation du stress hydrique en méditerranée, dans le sud-ouest et sur le bassin versant de la Loire.

5. En octobre 2018, le territoire de Belfort a connu un tel stress hydrique que des coupures au robinet et des baisses de pression de l'eau en réseau ont été envisagées, non sans risque sanitaire. Source : France Bleu www.francebleu.fr/infos/societe/secheresse-aucune-economie-d-eau-dans-le-territoire-de-belfort-1539965644. Consulté le 11/01/2019.

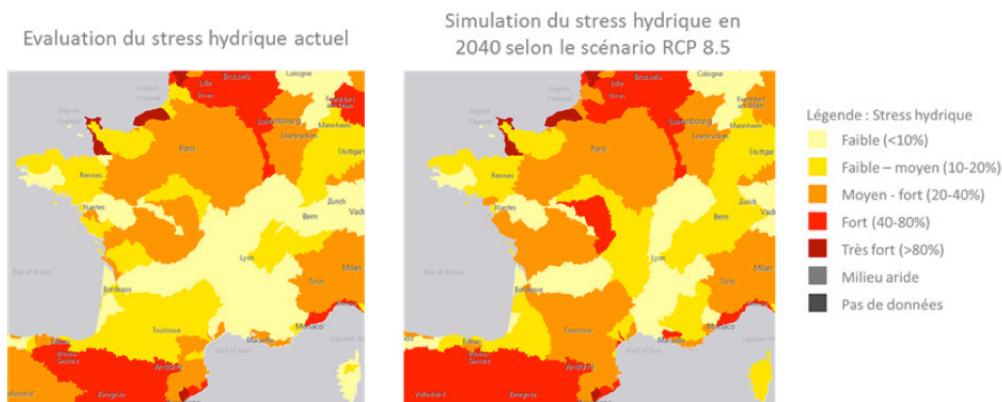


FIGURE 15 : Variation du stress hydrique en France entre la période actuelle et à l'horizon 2040 selon le scénario RCP 8.5.

Source : Aqueduct, WRI, 2015

Les projections n'existent pas pour les territoires d'Outre-mer, mais Aqueduct - Water Risk Atlas montre un stress hydrique actuel déjà globalement très fort dans le cas des Antilles.

> Un enjeu majeur à l'avenir sera d'équilibrer offre et demande en eau, face à une ressource en baisse et une demande potentiellement en croissance. Les conflits d'usage risquent de se multiplier. Des actions d'adaptation seront indispensables pour tous les secteurs économiques dépendants de l'eau, avec des mesures alliant gouvernance, économies d'eau, mutualisation des ressources et innovations technologiques. Les services de production et de distribution d'eau potable se doivent d'anticiper les risques sur leur territoire pour réfléchir à des solutions d'adaptation en amont.

3. IMPACTS SANITAIRES

Les impacts du changement climatique sur la santé sont nombreux et ne se limitent pas aux impacts des événements extrêmes. On peut par exemple citer les allergies liées à l'augmentation des pollens (GIEC. 2014). Nous nous focalisons ici davantage sur les impacts sanitaires en lien avec les services publics d'eau et de déchets.

Les réseaux d'assainissement présentent des risques pour le personnel et pour la population :

> la hausse des températures contribue d'une part à l'augmentation des émissions de sulfure d'hydrogène (H_2S) dans les réseaux d'assainissement, avec des risques pour le personnel. D'autre part, elle favorise la prolifération des moustiques, à la fois source de gêne et d'inconfort, mais aussi vecteurs de maladies comme le paludisme, la dengue ou le chikungunya (la migration du moustique tigre vers le nord de la France en est un bon exemple) ;

> les inondations par débordement des réseaux sont des causes d'accidents, et peuvent avoir des conséquences psychologiques ultérieures à l'événement. L'impact dépend notamment de la rapidité de la montée des eaux et de la hauteur atteinte par les eaux. Les effluents débordant dans les rues sont également source de contamination et de maladies hydriques.

> **Les ressources en eau** sont susceptibles d'être contaminées par différents facteurs, avec des impacts pour la production d'eau potable ou la qualité des eaux de baignade :

> les événements climatiques extrêmes peuvent entraîner une augmentation des risques d'épidémies, de maladies comme la dysenterie ou le choléra, liés à la dégradation de la qualité de l'eau et des systèmes d'évacuation (notamment d'eaux usées) d'après l'Institut de Recherche en Santé Publique (IRESP. 2008) ;

> la raréfaction des ressources et l'augmentation des températures aura un effet sur la qualité microbiologique des eaux, avec le développement de micro-organismes indésirables, source de maladies infectieuses ;

> la raréfaction des ressources et l'augmentation des températures auront aussi un effet sur les cycles nutritifs, avec un risque accru d'eutrophisation, de proliférations de micro-algues et de cyanobactéries.

Les fortes chaleurs et les canicules créent des îlots de chaleur dans nos villes : ils sont source d'inconfort mais aussi de surmortalité, en particulier chez les personnes âgées. Lutter contre les îlots de chaleur mais aussi garantir un accès à l'eau pour tous, notamment aux plus vulnérables, fait partie des services que peuvent proposer les services publics de l'eau (parcours de fraîcheur, fontaines publiques,...).

Les services des déchets sont également susceptibles d'être impactés. Si les crues deviennent plus régulières, plusieurs événements en cascade peuvent avoir lieu :

> les collectivités vont avoir des flux réguliers de déchets post-catastrophe. Ces déchets qui sont en général stockés de manière temporaire, dans des conditions inhabituelles et dégradées par rapport aux conditions habituelles et réglementaires, peuvent générer des risques sanitaires : prolifération de rongeurs, de bactéries, émissions gazeuses liées aux dégradations biologiques qui peuvent avoir lieu dans les tas de déchets ;

> les perturbations dans les collectes peuvent avoir des conséquences sur les rejets atmosphériques des incinérateurs. Avec des arrêts et redémarrages plus fréquents, les rejets des incinérateurs seront alors supérieurs à ceux observés en fonctionnement normal avec des risques accrus de pollutions atmosphériques.

Si les températures moyennes augmentent :

> il peut y avoir nécessité d'augmenter les fréquences de collecte de déchets organiques (collectes qui vont se développer massivement à l'avenir pour répondre aux objectifs de la loi sur la transition énergétique) afin de garantir des conditions sanitaires acceptables, en évitant le développement massif de bactéries potentiellement pathogènes ;

> les départs de feu peuvent augmenter dans les installations, avec des risques d'accidents et de dégagement de toxiques pour les salariés et pour les riverains ;

> les rejets liquides des incinérateurs pourront avoir des températures plus élevées, augmentant le risque de prolifération de bactéries thermophiles dans les milieux aquatiques.

4. IMPACTS SUR LA BIODIVERSITÉ ET LES ÉCOSYSTÈMES

Bien qu'il soit parfois difficile d'isoler les impacts du changement climatique des autres pressions (urbanisation, pollutions, changement d'usage des sols...), des signes de modification de la biodiversité attribuables aux changements climatiques graduels sont d'ores et déjà observables à tous les niveaux d'organisation (génétique, spécifique, écosystémique), et dans tous les milieux (terrestres, eaux douces, milieux marins). Ainsi, les limites entre les zones climatiques se déplacent actuellement sur le territoire métropolitain et entraînent le déplacement des cortèges d'espèces associées (ONERC. 2009) Ce déplacement est généralement insuffisant pour compenser les effets du changement climatique et devrait conduire à la disparition d'une partie des espèces.

L'une des conséquences de la perte de biodiversité sera la diminution des services écosystémiques. Les services écosystémiques désignent les services rendus par la nature. Ils sont également définis comme «des avantages socio-économiques retirés par l'homme de son utilisation durable des fonctions écologiques des écosystèmes» par le programme EFESE (Évaluation Française des Écosystèmes et des Services Écosystémiques). Dans notre cadre, on peut citer les services écosystémiques :

> d'approvisionnement (en eau potable, en nourriture, y compris avec la pêche, la conchyliculture) ;

> de régulation (du climat local, de la qualité de l'air) ;

> de protection (des inondations, de l'érosion, des crues avec les barrières naturelles) ;

> de purification de l'eau et de traitement des eaux usées (élimination des surplus azotés par les micro-organismes, rétablissement et suppression des éléments nutritifs en excédents et des polluants, azote, phosphore, matières en suspension...);

> mais aussi les services culturels (activités récréatives comme la baignade) et les services support (grands cycles biogéochimiques...).

> Des mesures d'adaptation sont nécessaires pour s'assurer que les services publics d'eau et de déchets ne soient pas des facteurs d'aggravation des risques sanitaires liés au changement climatique. Là aussi les mesures devront adresser plusieurs volets, avec des plans de prévention des risques, l'adaptation des procédés de traitement ou le développement de nouvelles technologies pour lutter contre les îlots de chaleur.

> La lutte contre la perte de biodiversité est un enjeu national, complémentaire à la lutte contre le changement climatique. Les services publics de l'eau et des déchets ont clairement un rôle à jouer pour préserver et pour restaurer la biodiversité, fragilisée par le dérèglement climatique et les activités anthropiques comme l'artificialisation des sols. La conception et le déploiement de solutions fondées sur la nature pour la gestion du cycle de l'eau ou des déchets, comme souligné par le 2^{ème} Plan National d'Adaptation au Changement Climatique constitue une première opportunité. Une autre opportunité est la mise en oeuvre de mesures d'évitement, de réduction ou de compensation (séquence ERC).

Les mesures compensatoires sont inscrites dans la loi⁶ avec la séquence ERC « **Éviter** les atteintes à la biodiversité, à défaut les **Réduire** et, en dernier recours, **Compenser** les impacts résiduels ». Elles visent à éviter la perte de diversité biologique suite à un projet d'aménagement, voire à améliorer la valeur écologique d'un site. Une autre opportunité est la conception et le déploiement de solutions fondées sur la nature pour la gestion du cycle de l'eau ou des déchets. L'inconvénient de la séquence ERC et qu'elle n'intègre pas les effets à long terme liés au changement climatique. Il faut donc que les donneurs d'ordres en tiennent compte lors de leur mise en oeuvre.

Un exemple de solution fondée sur la nature serait la restauration d'une zone humide qui remplit plusieurs fonctions : expansion des crues, préservation de la qualité de l'eau, production de biodiversité. Le 2^{ème} Plan National d'Adaptation au Changement Climatique (MTES. 2018) invite très clairement à la mobilisation des solutions fondées sur la nature, qui sont des solutions sans regret.

5. IMPACTS POUR LES ASSURANCES

Le changement climatique constitue un risque majeur pour les assureurs, les indemnisations liées aux intempéries augmentant régulièrement. En décembre 2015, dans le cadre de la COP 21 en France, la Fédération Française de l'Assurance (FFA) évaluait que le coût des événements naturels en France

allait doubler à l'horizon 2040 si aucune action de prévention n'était mise en place (FFA. 2015a). Le changement climatique est le deuxième plus gros facteur d'augmentation des coûts (impact projeté de 13 milliards d'euros sur les 25 prochaines années), juste après le facteur d'enrichissement global du pays (densité et valeur du bâti, augmentation estimée à 19 milliards d'euros sur la même période).

Cette augmentation serait d'abord liée à l'aléa sécheresse, pour des dommages liés au changement climatique estimés à 8 milliards d'euros supplémentaires dans les 25 prochaines années. Viendrait ensuite la submersion marine avec 4 milliards d'euros (contre 1 milliard d'euros sur la même période dans le passé, essentiellement lié à la tempête Xynthia). La submersion marine pourra prendre une ampleur encore plus conséquente au-delà de 2040. La FFA estime que les inondations fluviales pèseraient autour de 1 milliard d'euros considérant que les dommages seraient davantage liés à un aménagement du territoire défavorable. Ces chiffres paraissent cependant faibles au regard des observations actuelles.

Dans l'impossibilité actuelle d'estimer l'évolution des tempêtes en France au 21^{ème} siècle, la FFA n'évalue pas leur contribution. Une autre lacune de cette étude réside dans l'absence de prise en compte des inondations par ruissellement pluvial, alors qu'un grand nombre de communes françaises y a déjà été confronté. Les dommages liés aux inondations en général ont donc de grandes chances d'être bien plus importants.

Le changement climatique engendre davantage d'incertitudes pour les assureurs. La FFA a aussi publié en 2015 un Livre Blanc (FFA. 2015b) avec des propositions sur les politiques de prévention contre les aléas naturels et sur la modernisation des régimes d'assurance. Les assureurs souhaitent introduire une incitation à la prévention, avec la possibilité pour l'assureur de fixer librement la franchise de cette garantie pour les contrats d'assurance couvrant des capitaux supérieurs à 50 millions d'euros et pour ceux couvrant des collectivités territoriales quelle que soit leur taille.

> L'impact financier des risques naturels aggravés par le changement climatique provoquera l'augmentation des primes d'assurance. La mise en place de stratégies de prévention des risques serait un argument pour limiter ces augmentations. Les services publics d'eau et de déchets ont donc tout intérêt à anticiper les risques afin de proposer des plans de prévention opposables.

6. Loi n° 76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature ; Loi n° 2016-1087 du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages.

EAUX, DÉCHETS ET CHANGEMENT CLIMATIQUE

Comment les services publics des déchets et de l'eau peuvent-ils atténuer leurs émissions de gaz à effet de serre et s'adapter au changement climatique ?

CHAPITRE 2 : ET SUR VOTRE TERRITOIRE, QUELS IMPACTS ?

ILS TÉMOIGNENT DES IMPACTS ACTUELS

Qui n'a pas un jour été confronté à un épisode climatique extrême et pensé que le changement climatique en était peut-être la cause ? Les canicules répétées, les crues, les tempêtes sont déjà très visibles et médiatisées. Ce sont des événements difficiles à prévoir et dont la fréquence augmente. Ce sont loin d'être les seuls effets négatifs du changement climatique.

Les professionnels de l'environnement observent des effets directs sur la gestion de l'eau et des déchets ? Ils en offrent un échantillon.

> Les différences de précipitations vont avoir une influence sur la gestion des eaux usées et des eaux pluviales. Les ouvrages doivent désormais être adaptés en prévision d'épisodes pluvieux extrêmes.

> La hausse des températures et la modification des débits d'étiages conduisent à une mauvaise qualité des eaux et une dégradation des milieux aquatiques.

> Situations de conflits d'usages de la ressource en eau, surtout en période de stress hydrique. Il va falloir adapter les usages à la qualité et la quantité de la ressource.

Ces exemples amènent à d'autres réflexions : la nécessité de mesurer cet impact, et de développer des solutions pour le futur.

Quelles sont aujourd'hui les principales modifications liées au changement climatique que vous avez pu observer dans le cadre de vos projets ?



<https://youtu.be/hptvDM9cYeQ>

ILS TÉMOIGNENT :

> Johnny GASPERI, Enseignant chercheur, Laboratoire Eau Environnement et Système Urbains (Leesu), Université Paris Est - Créteil

> Pierre HIRTZBERGER, Directeur Général des Services Techniques du Sycotm, Vice-président de l'Astee en charge du climat et des ressources.

> Michel LAFFORGUE, Directeur de projet, SUEZ Consulting

> Nicolas ROCHE, Professeur à Aix Marseille Université, Chercheur au Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement

> Florence SOUPIZET, Responsable du Pôle Environnement, Eau de Paris

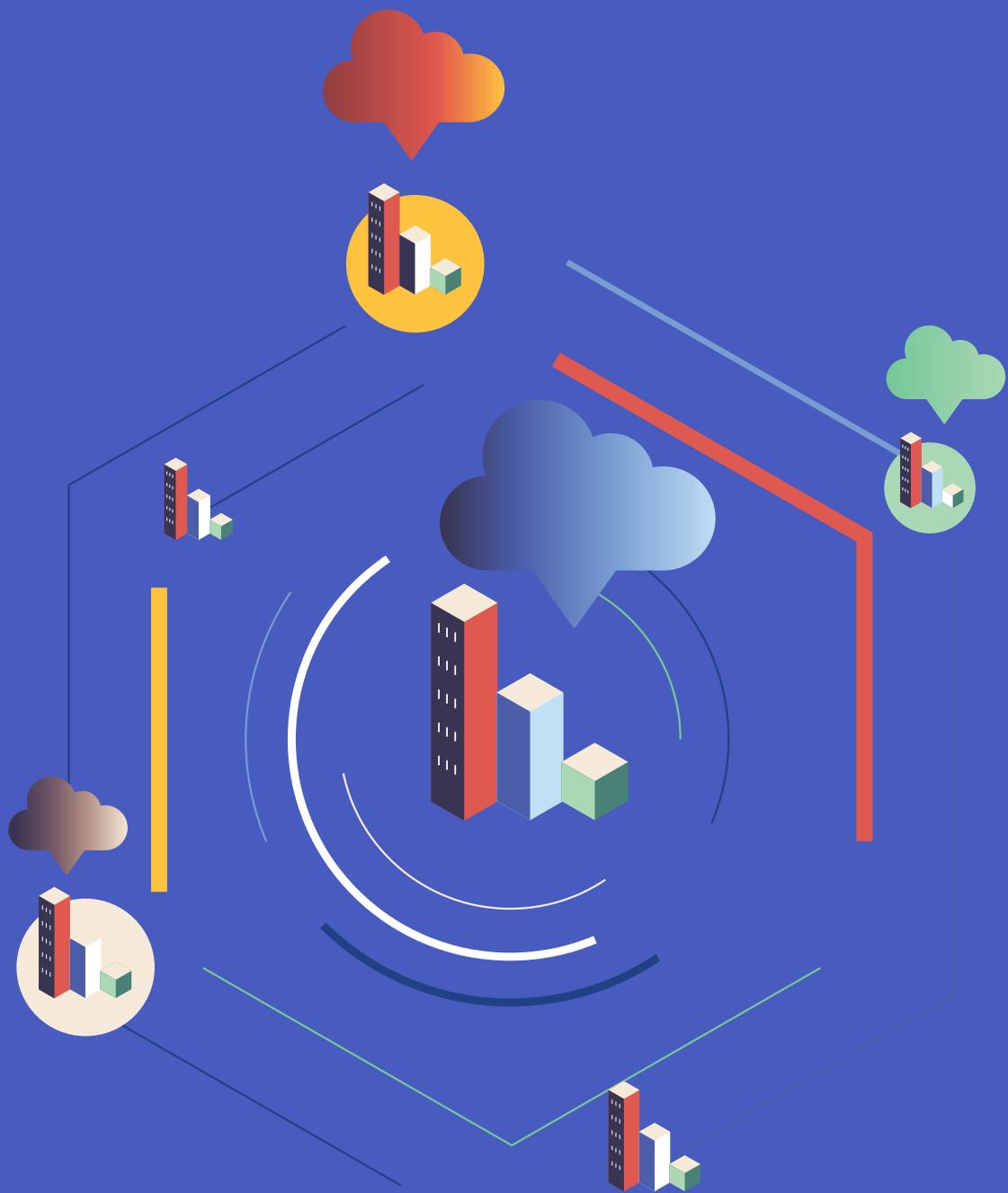
> Isabelle THOMAS, Responsable Service Santé Qualité de Vie, Bordeaux Métropole

FOCUS - IMAGES COMMENTÉES DE L'ÉVÉNEMENT IRMA

Témoignage de Stéphane BERTRAND, Directeur Régional Grand Ouest, Dalkia Wastenergy



https://youtu.be/gPZry_h488A



CHAPITRE 3

CONTEXTE : DU GLOBAL AU LOCAL ET INVERSEMENT

De nombreux engagements existent en termes d'atténuation et d'adaptation au changement climatique.

Ces engagements, pris à diverses échelles, mettent en relief des objectifs assez généraux à atteindre mais n'indiquent pas clairement aux territoires les actions à mener pour faire face au changement climatique. Au niveau local, la vision des territoires est déclinée dans les Plans Climat Air Énergie et les différents documents de planification, mais sans confrontation des ambitions et vérification que la somme d'entre elles permette d'atteindre l'objectif global. De plus, pour les agglomérations, l'action sur le domaine agricole n'est pas forcément pertinente alors que pour les déplacements, les enjeux sont primordiaux ; pour autant, elles ne s'inscrivent pas forcément dans des démarches plus ambitieuses dans les domaines les plus importants.

Les divers engagements et négociations impliquent de nombreux acteurs. Si auparavant le système imposait une certaine hiérarchie au sein de laquelle le global était supérieur aux autres échelles, il y a aujourd'hui une synergie entre les différents acteurs et les différentes échelles, ce qui crée des dynamiques multipolaires et multiscalaires. Cela coïncide avec l'émergence d'un nouveau concept de gouvernance. La coopération s'avère nécessaire entre les différents types d'acteurs. Florence Rudolf, sociologue, urbaniste et professeure à Strasbourg, nous rappelle d'ailleurs que le succès des négociations internationales dépend de « la mobilisation des citoyens, des associations, des entreprises et des médias ». Cette gouvernance implique un « principe de subsidiarité ». Chaque acteur, à son échelle, doit assumer ses responsabilités pour les actions qui lui ont été confiées.

« Ce principe de gouvernance va à l'encontre de l'adoption passive par un territoire d'engagements politiques pris à d'autres niveaux. Les régions et les collectivités locales sont donc en partie responsables de l'application des engagements négociés par les États lors des rendez-vous internationaux consacrés à la question du changement climatique ».

Les principaux engagements relatifs à l'atténuation et à l'adaptation et leurs différentes échelles de mise en œuvre sont présentés dans la partie 1 ci-dessous.

Des instruments financiers ont été mis en place pour favoriser les efforts d'atténuation des pays. Parmi ces mécanismes financiers pour limiter les émissions de CO₂, figurent la TGAP au niveau français, le marché du carbone au niveau européen et la taxe carbone. Ces différents instruments sont présentés dans la partie 2 ci-dessous.

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Les engagements en matière de lutte contre le changement climatique | 42 |
| | 1. AU NIVEAU INTERNATIONAL | 44 |
| | 2. AU NIVEAU EUROPÉEN | 46 |
| | 3. AU NIVEAU NATIONAL | 47 |
| | 4. AU NIVEAU INFRANATIONAL | 49 |
| 2 | Les mécanismes financiers autour du changement climatique | 50 |
| | 1. LA TAXE GÉNÉRALE SUR LES ACTIVITÉS POLLUANTES (TGAP) | 50 |
| | 2. LE SYSTÈME D'ÉCHANGES DE QUOTAS D'ÉMISSION DE L'UNION EUROPÉENNE (SEQUE-UE) | 51 |
| | Le marché du carbone européen est-il inefficace ? | 52 |
| | 3. LA TAXE CARBONE | 53 |
| | 4. SIMILARITÉS ET DIFFÉRENCES ENTRE LA TAXE CARBONE ET LE MARCHÉ CARBONE | 53 |
| | Similitudes | 53 |
| | Différences | 53 |
| | 5. S'INSPIRER DU MARCHÉ CARBONE ? | 54 |
| | Le laissez-faire et la spéculation | 54 |
| | Remettre en question la stratégie du marché des émissions de GES | 54 |
| | 6. INSTAURER UNE TAXE CARBONE SUR LA FIN DE VIE D'UN PRODUIT | 54 |

1 Les engagements en matière de lutte contre le changement climatique

ENGAGEMENTS INTERNATIONAUX

1990

1992 SOMMET DE LA TERRE (RIO)

- Agenda 21
- CCNUCC

2000

1995

PROTOCOLE DE KYOTO

- Réduction des émissions de GES

CONFÉRENCE DE BERLIN (COP 1)

- Réduction des émissions de GES

1997

CONFÉRENCE DE KYOTO

2010

2009 CONFÉRENCE COPENHAGUE

- Agenda 21
- CCNUCC

2011

CONFÉRENCE DE DURBAN

2012

RIO + 20

2015

ACCORD DE PARIS (COP 21)

- Limiter le réchauffement à 2°C
- Engagement à responsabilité différenciée
- Stratégie Bottom-up

2015

ODD

- 17 Objectifs
- paix, protection de la planète, prospérité

ACCORD DE SENDAI

- Objectif de réduction des risques de catastrophes
- 7 Objectifs principaux

2020

2025

2030

2030

2040

2050

ENGAGEMENTS EUROPÉENS

2008

Plan climat Énergie
• objectif des 3x20*

2020

2013

Plan de lutte contre le réchauffement climatique
• moins 40 % de GES

2020

2014

7^{ème} programme d'action pour l'environnement

2020

2016

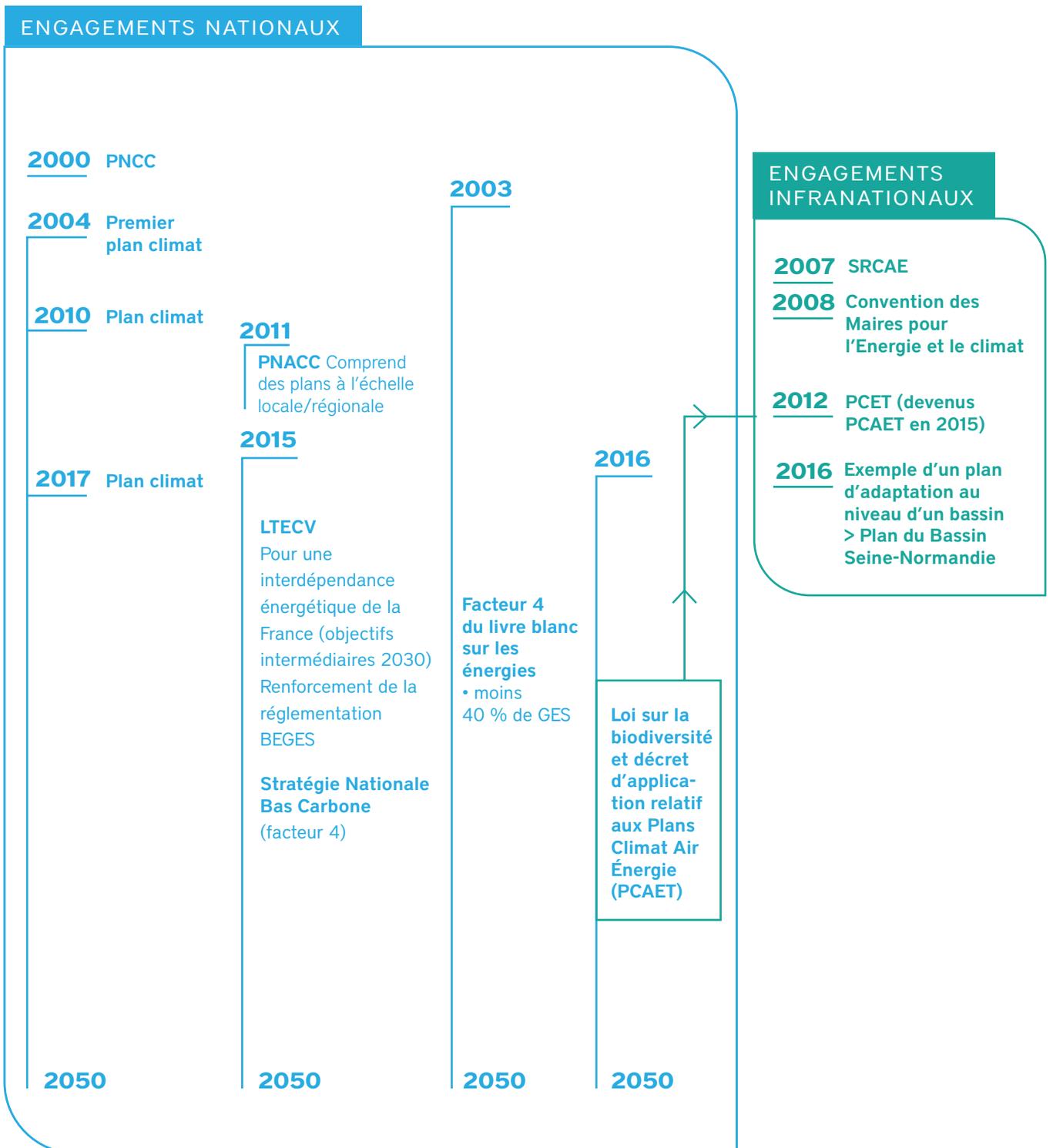
Paquet énergie propre
• 40 % d'émission de GES en moins par rapport à 1990

2030

* - 20 % de gaz à effet de serre
- 20 % de consommation d'énergies
+ 20 % de production d'énergie renouvelable

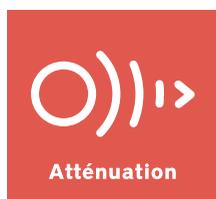
Le Sommet de la Terre de Rio en 1992 initie la prise de conscience

liée à la nécessité de se préoccuper du changement climatique et de ses causes. Depuis, des engagements ont été pris tant au niveau international, qu'aux niveaux national, régional et par des secteurs industriels.



1. AU NIVEAU INTERNATIONAL

La CCNUCC et le Protocole de Kyoto



Le Sommet de la Terre de Rio en 1992 initie la prise de conscience liée à la nécessité de se préoccuper du changement climatique et de ses causes. A l'occasion de ce Sommet, la Convention Cadre des Nations Unies

pour le Changement Climatique (CCNUCC) a été adoptée par 154 États. La Convention est entrée en vigueur en 1994 après la ratification de 196 Parties (195 pays plus l'Europe). Cette Convention est le premier traité international visant à éviter les impacts anthropiques dangereux pour le climat. Elle reconnaît trois principes : le **principe de précaution** (l'incertitude scientifique quant aux impacts du changement climatique ne justifie pas de différer l'action), le **principe de responsabilité commune mais différenciée** (toutes les émissions ont un impact sur le changement climatique mais les pays les plus industrialisés portent une responsabilité accrue dans la concentration actuelle des gaz à effet de serre dans l'atmosphère) et le principe du **droit au développement économique**.

La Conférence des Parties (COP) est la plus haute autorité de prise de décision de la CCNUCC. Elle réunit l'ensemble des parties de la CCNUCC sur une base annuelle depuis 1995 pour évaluer la mise en œuvre de la Convention et adopter les décisions politiques, techniques, institutionnelles, administratives et procédurales nécessaires.

A l'issue de la COP 3, qui s'est réunie à Kyoto en 1997, le Protocole de Kyoto a été adopté. Ainsi, 38 pays industrialisés et l'Union Européenne se sont engagés dans des objectifs de réduction des émissions de GES sur la période d'engagement 2008-2012.

A la COP 17 (Durban, 2011) les Parties ont décidé de lancer un processus visant à élaborer soit un protocole, soit un instrument, soit un texte applicable à toutes les parties.

A la COP 18 (Doha 2012), un amendement au Protocole de Kyoto a été adopté pour acter la 2nde période d'engagement (2013-2020), pour un nouvel objectif individuel de réduction, pour 37 pays qui y participent. Cependant, cet amendement n'a pas été ratifié par suffisamment de Parties pour entrer en vigueur, même par certains des participants à la 2^{ème} période.

A la COP 21 (Paris, 2015), l'Accord de Paris a été adopté après 4 années de négociations dans le cadre du processus lancé à Durban. Suite à une mobilisation politique et diplomatique inédite au niveau mondial, l'Accord de Paris est entré en vigueur dès 2016 avant l'échéance initialement prévue (2020). C'est le premier instrument juridique international qui lie pays industrialisés et pays en développement dans un nouveau régime commun et unifié visant à la réduction des GES.

> L'accord fixe l'objectif de limiter la hausse des températures moyennes mondiales « nettement en dessous » de + 2°C d'ici 2100 par rapport aux niveaux préindustriels et de viser si possible + 1,5°C.

> Chaque pays s'est engagé sur des objectifs de réduction compatibles avec ses capacités.

> Toutes les parties doivent engager et communiquer des efforts ambitieux via des « contributions déterminées au niveau national » (NDC), actualisées tous les 5 ans.

> L'adoption d'une approche ascendante (« Bottom-up ») (et non pas descendante comme dans le cadre du Protocole de Kyoto) est mise en œuvre en vue d'atteindre l'objectif global de l'accord. L'Accord reconnaît le rôle des politiques bas-carbone nationales. Il faut qu'il y ait une collaboration entre les différents acteurs et à différentes échelles.

En 2016, la COP 22 de Marrakech a constitué la première conférence des parties de l'Accord de Paris.

Le 1^{er} juin 2017, Donald Trump annonçait le retrait des États-Unis de l'Accord de Paris sur le climat, à peine un an et demi après sa signature.

La COP 23 de Bonn et la COP 24 de Katowice ont peiné à voir les engagements se concrétiser et à rassurer les pays du sud davantage victimes du changement climatique. Un rapport du PNUE (Programme des Nations Unies pour l'Environnement) sur les engagements étatiques nous mènerait vers une trajectoire à + 3,2 °C. Ces conférences ont également vu l'importante émergence des acteurs non étatiques, qui sont des acteurs clefs pour le futur. Tous doivent poursuivre leur mobilisation.



Accords de Bali (COP 13, 2007) : l'adaptation apparaît comme l'un des 4 piliers de l'accord.

Accord de Cancún (COP 16, 2010) : mise en place d'un comité d'adaptation pour mettre au point des objectifs d'adaptation dans différents pays aux vulnérabilités respectives. Pour le financement, 30 milliards étaient prévus sur 2010-2012, et environ 50 milliards d'ici 2020.

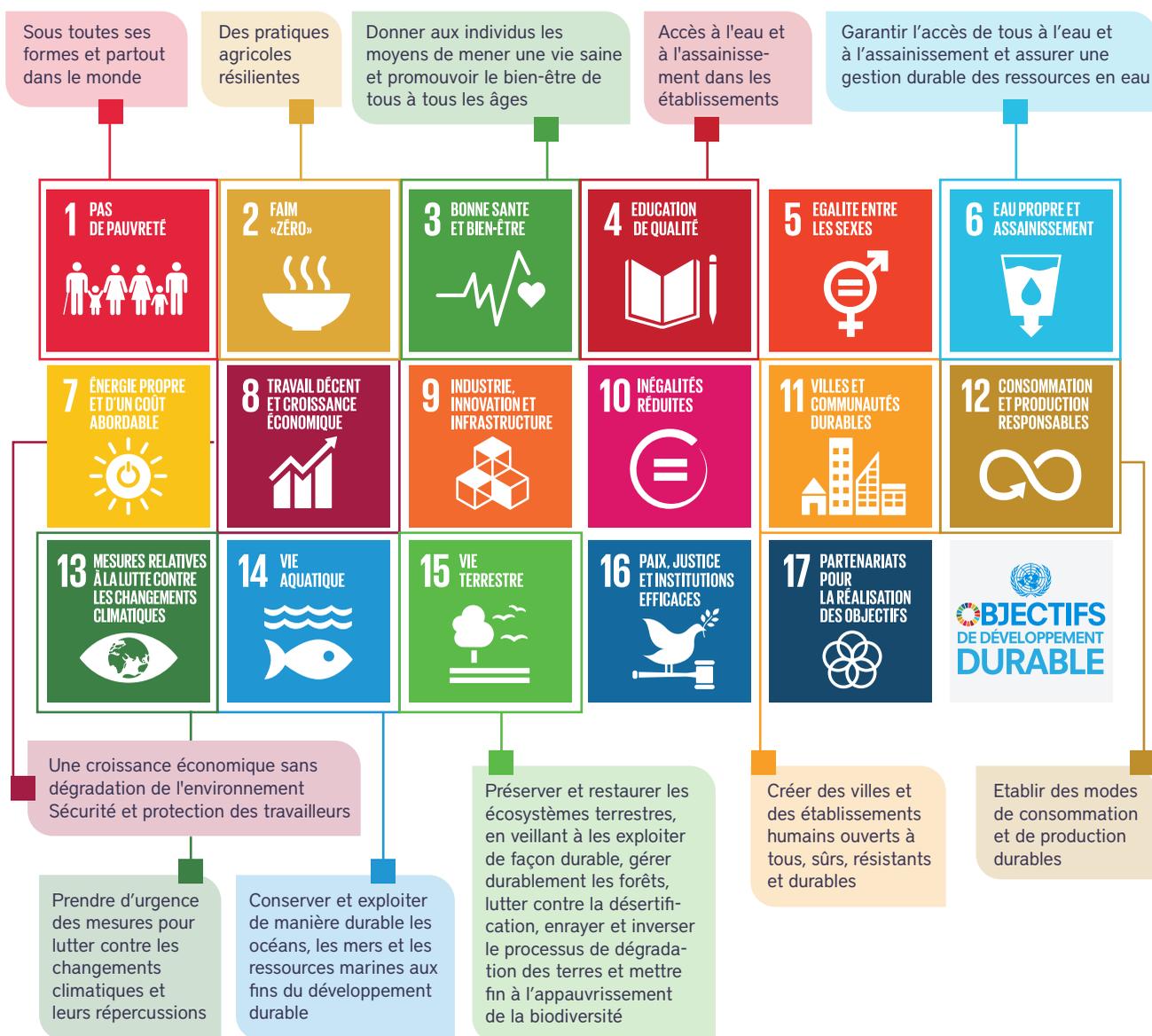


FIGURE 16 : Objectifs de développement durable liés aux services de l'eau, des déchets et de l'assainissement.

Source : <https://www.unicef.fr>

Objectifs du Développement Durable (ODD)

En 2015, les Nations Unies ont établi 17 Objectifs de Développement Durable (ODD) qui doivent être atteints d'ici à 2030. Ces ODD doivent permettre d'assurer la paix et la prospérité des peuples ainsi que la protection de la planète.

Les ODD font partie des engagements de la France sur le climat.

Sur la [figure 16](#) ont été encadrés les principaux objectifs qui concernent les relations entre le changement climatique et les secteurs de l'eau, de l'assainissement (Astee. PFE. 2018) et des déchets.

Accord de Sendai (2015)

Le but de cet accord est de parvenir, d'ici à 2020-2030, à une réduction des risques de catastrophe, et notamment d'aboutir à une réduction des pertes humaines et matérielles lors de la survenue d'événements climatiques majeurs. Une liste d'indicateurs doit permettre de mesurer la réalisation de cet accord au niveau mondial. Cet accord fixe sept objectifs mesurables d'ici à 2030 :

> n°1 : réduire, d'ici à 2030, la mortalité mondiale due aux catastrophes ;

> n°2 : réduire, d'ici à 2030, le nombre de personnes touchées par les catastrophes à l'échelle mondiale ;

- > n°3 : réduire, d'ici à 2030, les pertes économiques dues aux catastrophes par rapport au PIB mondial ;
- > n°4 : réduire, d'ici à 2030, les dommages causés par les catastrophes aux infrastructures critiques ainsi que les perturbations des services de base ;
- > n°5 : augmenter, d'ici à 2020, le nombre de pays ayant mis en place des stratégies nationales et locales de réduction des risques de catastrophe ;
- > n°6 : renforcer, d'ici à 2030, la coopération internationale auprès des pays en développement ;
- > n°7 : augmenter la disponibilité et l'accessibilité des systèmes d'alerte précoce multi-aléas.

2. AU NIVEAU EUROPÉEN

Voici les documents qui donnent un cadre à la politique européenne afin que soient mises en place des mesures d'atténuation et d'adaptation dans les États européens.



Politique Energie-climat de L'Union Européenne

Lors du conseil Européen de mars 2007, les chefs d'États et de Gouvernement des Vingt-sept ont approuvé

le principe d'une approche intégrée Climat et énergie afin notamment de réduire les émissions de GES. Cela s'est traduit par divers textes législatifs, dont le paquet Climat-énergie renouvelable, entré en vigueur en 2009.

L'effort de réduction des émissions (-20 % d'ici 2020 par rapport aux niveaux de 1990 au niveau Européen) est réparti entre les secteurs inclus dans le Système d'Echange de Quotas d'Émissions (SEQUE) et les secteurs hors SEQUE (dont font parties les secteurs du traitement des déchets et de l'assainissement), chaque membre de l'UE se voyant attribuer ses propres objectifs.

Paquet énergie climat (2014)

Le paquet énergie climat de 2008 prévoyait d'ici à 2020 :

- > pour le secteur des déchets : réduire de 10 % les émissions de GES d'ici à 2020 (la France s'est engagée à hauteur de 14 %) ;
- > réduire les émissions de gaz à effet de serre de 20 % (par rapport aux niveaux de 1990) ;
- > porter à 20 % la part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie de l'UE ;

- > améliorer l'efficacité énergétique de 20 %.

Désormais, une nouvelle version du paquet énergie climat de 2014 prévoit des objectifs revus pour 2030 :

- > réduire les émissions de GES de 40 % par rapport à 1990 ;
- > atteindre 27 % de part d'énergies renouvelables dans le mix énergétique européen ;
- > accroître l'efficacité énergétique de 27 à 37 % ;
- > réduire de 21 % les émissions relevant du SEQUE d'ici à 2020 par rapport aux niveaux de 2005 ;
- > chaque État va se voir attribuer un plafond d'émissions de CO₂ pour les secteurs non couverts par le système d'échange de quotas, c'est-à-dire principalement les transports, le bâtiment, l'agriculture et les déchets.

Paquet énergie propre (2016)

Le but de ce paquet est de mettre en place des mesures visant à maintenir la compétitivité de l'Union européenne dans le contexte des changements apportés sur les marchés mondiaux de l'énergie par la transition vers l'énergie propre. Il reprend l'objectif principal du paquet climat énergie de 2014 qui prévoit une réduction de 40 % des émissions de GES.

Le **tableau 1** ci-dessous reprend les principales mesures de ces différentes directives européennes.

| | Paquet énergie-climat (plan des 3x20) | Révision du paquet énergie-climat | Paquet énergie propre |
|--------------------------------|--|--|--------------------------|
| DATE D'ADOPTION | 2008 | 2014 | 2016 |
| ÉCHÉANCE | 2020 | 2030 | 2030 |
| RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE GES | -20 % par rapport à 1990 | -40 % par rapport à 1990 | -40 % par rapport à 1990 |
| AUTRES OBJECTIFS | > Amélioration de 20 % de l'efficacité énergétique > Atteindre 20 % d'énergies renouvelables dans la consommation d'énergie de l'UE | > Amélioration de 27 % de l'efficacité énergétique > Atteindre 27 % d'énergies renouvelables dans la consommation d'énergie de l'UE | |

TABLEAU 1 : Principales mesures des différentes directives européennes.



Le Livre Vert de la communauté européenne (2007)

sur l'adaptation au changement climatique en Europe propose quatre piliers d'intervention pour intégrer l'adaptation dans les politiques publiques, améliorer l'état des connaissances, coordonner et impliquer les parties prenantes dans la stratégie d'adaptation.

Le livre blanc de l'adaptation (2009) de la Commission Européenne donne une stratégie basée sur trois priorités :

- > promouvoir l'action des États membres ;
- > mieux informer sur les processus de décision ;
- > se focaliser sur les secteurs clés les plus vulnérables.

La stratégie européenne d'adaptation est composée de 8 actions :

- > encourager les États membres à se doter de stratégies d'adaptation globales ;
- > attribuer des fonds pour le développement de capacités et la mise en place d'actions d'adaptation en Europe ;
- > introduire l'adaptation dans le cadre de la Convention des maires ;
- > combler le déficit de connaissance ;
- > développer le portail européen Climate-ADAPT en tant que guichet unique pour l'adaptation en Europe ;
- > faciliter la prise en compte du climat futur dans la politique de cohésion, la politique commune de la pêche et la politique agricole commune ;
- > rendre les infrastructures plus résilientes ;
- > promouvoir l'assurance et les produits financiers pour des investissements résilients et les orientations économiques.

3. AU NIVEAU NATIONAL



Plans Climat - 2004, 2010 et 2017

La France a traduit ses engagements dans le Protocole de Kyoto à travers la mise en œuvre dès 2004 d'un Plan Climat 2004-2012. Il décline des mesures dans tous les secteurs de l'économie et de la vie quotidienne des Français. L'objectif de ce plan était d'économiser de l'ordre de 10 % des émissions françaises à l'horizon 2010 afin de maintenir au minimum la tendance actuelle de stabilisation des émissions de CO₂.

Ce premier Plan Climat a été actualisé en 2006, du fait, de l'évolution du prix de l'énergie, d'une part, de l'entrée en vigueur du Protocole de Kyoto en février 2005, d'autre part, et enfin de l'émergence d'un marché mondial de CO₂.

L'objectif était un gain de - 6 à 8 Mt CO₂ supplémentaires par an sur la période 2008-2012.

En mars 2010, un second Plan Climat de la France a été publié et concerne cette fois-ci la période s'étendant jusqu'en 2020. Selon les projections de cette mise à jour, la mise en œuvre des réglementations devait permettre de réduire les émissions de GES en 2020 de - 21,8 % par rapport à 2005.

En juillet 2017, le Plan Climat Nicolas Hulot s'inscrira dans la continuité des exercices précédents. Ce nouveau document vise à mobiliser l'ensemble du Gouvernement sur les mois et années à venir pour faire de l'Accord de Paris une réalité pour les Français, pour l'Europe et pour l'action diplomatique de la France. Organisé en 6 axes de travail, il définit un panel d'objectifs et de mesures pour contenir le réchauffement climatique en dessous de 2 °C.

La loi sur la Transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) - 2015

La loi n°2015-992 du 17 août 2015 sur la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) a été publiée en 2015. Cette loi fixe les objectifs et principes, définit le cadre politique et les outils juridiques, techniques, institutionnels et financiers nécessaires pour accélérer la transition énergétique. La LTECV comprend deux grands piliers : les économies d'énergie et les énergies renouvelables (EnR).

La LTECV établit plusieurs instruments politiques de planification pour favoriser la transition énergétique :

- > la stratégie pour le développement de la mobilité propre ;
- > la stratégie nationale «bas carbone» ou SNBC (c'est-à-dire à faibles émissions de GES) ;
- > la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) ;
- > les plans climat-air-énergie territoriaux (PCAET) ;
- > les programmes régionaux pour l'efficacité énergétique.

Stratégie nationale bas-carbone (SNBC) – 2015, 2018 (projet) – secteur des déchets

En application de la loi LTECV (article 173), la Stratégie Nationale «Bas-Carbone» (SNBC) a été publiée en 2015. La SNBC constitue la feuille de route pour permettre à la France d'atteindre les objectifs de réduction des émissions de GES de la LTECV (- 40 % en 2030 et - 75 % en 2050 (base 1990)) vers la neutralité carbone en 2050. Elle fixe le cadre général et les mesures à mettre en œuvre pour assurer la transition vers une économie bas-carbone, en formulant des recommandations à prendre en compte dans les politiques publiques, sectorielles et territoriales. La SNBC doit surtout permettre à la France d'atteindre ses objectifs nationaux de réduction des émissions de GES fixés à l'article 1^{er} de la LTECV. A cette fin, celle-ci prévoit l'adoption de «budgets carbone» pour les périodes 2015-2018, 2019-2023 et 2024-2028. Il s'agit de plafonds d'émission, nationaux et sectoriels, à ne pas dépasser pour permettre une visibilité à moyen terme des trajectoires de réduction.

En décembre 2018, le MTES a rendu public le projet de la SNBC révisée. Les résultats provisoires sur les 2^{ème} et 3^{ème} budgets carbone mettant en évidence un dépassement, le niveau global du 2^{ème} budget a été révisé et un quatrième budget a été ajouté (2029-2033). La répartition sectorielle indicative des trois budgets a également été révisée. L'adoption de la SNBC révisée est prévue pour le deuxième trimestre 2019.

Concernant le secteur déchets, la stratégie est principalement cadrée par le Plan National de Prévention des Déchets 2014-2020, les objectifs fixés par la Loi de transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) adoptée en 2015 et la feuille de route économie circulaire (2018). Pour le secteur déchets, la stratégie est principalement :

- > inciter l'ensemble des acteurs à une réduction de leurs déchets ;
- > inciter les producteurs à prévenir la production de déchets à la source ;
- > améliorer la gestion des déchets en développant la valorisation et en améliorant l'efficacité des filières de traitement.

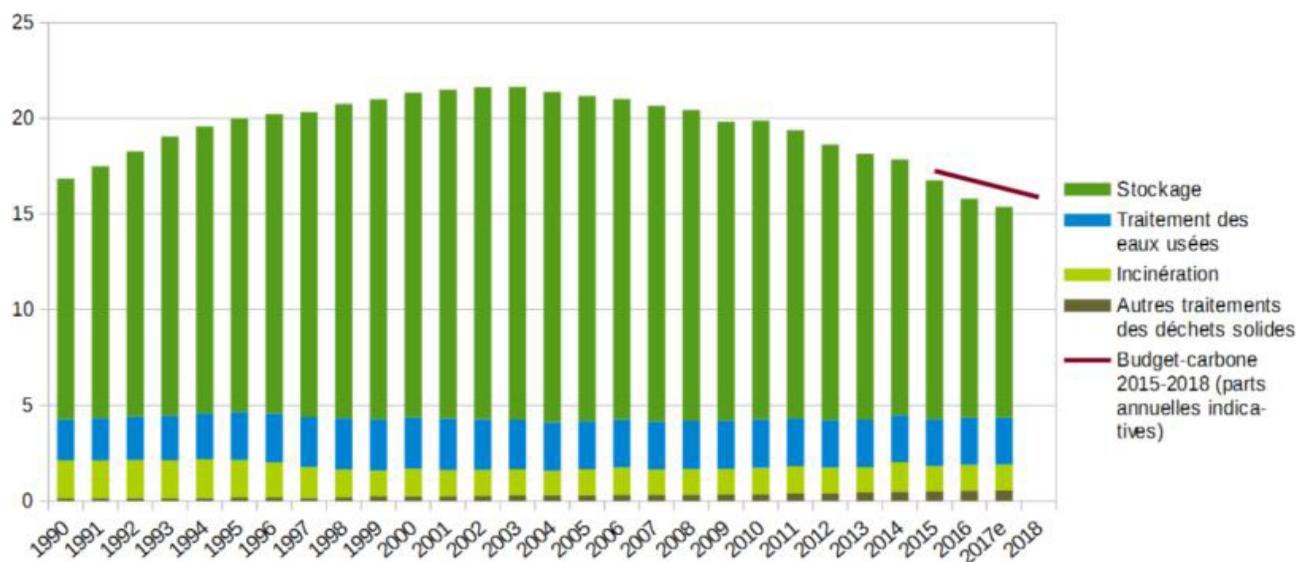


FIGURE 17 : Évolution des émissions de GES en Mt CO₂ eq du secteur du traitement des déchets depuis 1990.

Un des objectifs de la SNBC est la réduction de 38 % des émissions du secteur déchets par rapport à 2015 à l'horizon 2029-2033 et de 66 % à l'horizon 2050.

| Émissions annuelles moyennes (en Mt CO ₂ eq) | Année de référence | 2 ^{ème} budget-carbone | 3 ^{ème} budget-carbone | 4 ^{ème} budget-carbone |
|--|-----------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| | 2015 | 2019-2023 | 2024-2028 | 2029-2033 |
| Secteur déchets (SNBC 2015) | 17 | 15 | 13 | - |
| Secteur déchets (projet de SNBC révisée) | 17 | 14 | 12 | 10 |
| Total national (projet de SNBC révisée) | 458 | 421* | 357 | 299 |

*398 dans le projet de SNBC 1 (2015)

TABLEAU 2 : Émissions annuelles moyennes du secteur déchet.



Loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages - 2016

Les principaux éléments de cette loi sont :

- > la mise en place de nouveaux principes dont la solidarité écologique et la non-régression du droit de l'environnement ;
- > une meilleure préservation de la mer et du littoral (avec notamment une cartographie nationale de l'érosion littorale) ;
- > des mesures pour favoriser la prise en compte de la biodiversité dans l'aménagement du territoire (en lien notamment avec les PCAET qui devront comporter des mesures pour favoriser la biodiversité pour adapter le territoire au changement climatique) ;
- > une meilleure protection des paysages, des espèces et des milieux naturels ;
- > l'instauration d'une concertation en matière de protection de la biodiversité.

Plans Nationaux d'Adaptation au Changement Climatique (PNACC) – 2011, 2018

Le premier PNACC (PNACC 1) a été mis en place en 2011 en France pour une durée de cinq ans (2011-2015). Il comprenait 20 domaines dont l'eau, les risques naturels, l'énergie et l'industrie ou encore l'action européenne et internationale et la gouvernance (84 actions, 242 mesures à décliner aux échelles locale et régionale).

A la suite de la COP-21, la France a lancé les travaux d'actualisation du PNACC pour assurer la cohérence avec l'Accord de Paris en vue d'atteindre une adaptation effective dès le milieu du 21^{ème} siècle. Dans le deuxième PNACC (PNACC 2), des évolutions importantes ont été apportées, notamment une meilleure prise en compte du lien entre les différentes échelles territoriales (une plus grande implication des acteurs territoriaux et une attention forte portée à l'Outre-mer), la priorité donnée aux solutions fondées sur la nature et l'implication des grandes filières économiques.

4. AU NIVEAU INFRANATIONAL

Voici une liste d'outils que l'on a pu recenser au niveau infranational (en considérant que ce n'est pas exhaustif) :

- > Plan Climat Energie Territorial (PCET) devenu Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET) en 2015, avec la LTECV ;
- > Schéma Régional du Climat de l'Air et de l'Énergie (SRCAE - 2007) devenu aujourd'hui le Schéma régional d'Aménagement, de Développement durable et d'Égalité des Territoires (SRADDET) ;
- > Convention des Maires pour l'Énergie et le Climat (2008) ;
- > Plans d'adaptation au niveau des bassins : à l'échelle des bassins hydrographiques, les acteurs locaux ont mis en place des démarches qui visent à intégrer les enjeux du changement climatique dans la planification et la gestion de l'eau. Les Agences de l'eau ont élaboré un plan d'adaptation pour chaque grand bassin.

2

Les mécanismes financiers autour du changement climatique

Trois mécanismes financiers sont examinés :

- > la Taxe Générale sur les Activités Polluantes (TGAP) ;
- > le Système européen d'Echanges de Quotas d'Émissions de GES (SEQE-UE) ou marché des droits d'émissions de CO₂ ;
- > la taxe carbone ou encore appelée contribution climat-énergie.

1. LA TAXE GÉNÉRALE SUR LES ACTIVITÉS POLLUANTES (TGAP)

La TGAP est due par les entreprises dont l'activité ou les produits sont considérés comme polluants. Elle n'est pas en soi une taxe carbone car son assiette ne tient pas compte des émissions de GES. Néanmoins compte-tenu de son montant, la question est posée de la pertinence de son maintien si un système complémentaire de taxation/contribution, spécifique aux émissions de GES, était mis en œuvre.

En 1999, la TGAP a été instaurée afin d'agir sur la prévention à la source en intégrant la charge de la pollution dans le coût des produits et activités néfastes pour l'environnement. Elle est constituée de plusieurs petites taxes (déchets, émissions polluantes, lessives, lubrifiants, matériaux d'extraction (Douane, 2018)). En ce qui concerne la composante déchets, elle a pour objectif principal de limiter le développement des décharges (installations de stockage) et des incinérateurs (installations de traitement thermique de déchets) et ainsi encourager un changement de comportement : « privilégier dans l'ordre la prévention des déchets, la préparation en vue de la réutilisation, le recyclage, toute autre valorisation, notamment énergétique, l'élimination des déchets » (MTES, 2018). Les recettes de la TGAP sont partiellement versées

à l'ADEME pour le soutien des actions de prévention et de gestion des déchets. Le reste des contributions alimente le budget général de l'État. Ce caractère partiel pose des problèmes d'acceptabilité de cette taxe, notamment au regard des prévisions d'augmentation. Elle pourrait être transformée en contribution climat/environnement si toutefois 100 % de son produit était affecté à des dépenses en lien avec la réduction des émissions qu'elle est censée combattre.

Lors de la conférence nationale des territoires du 17 mai 2018, le gouvernement a présenté aux collectivités territoriales son projet de réforme de la composante déchets de la TGAP qui consiste à augmenter le taux de base pour le stockage de 48 à 65 euros par tonne, et celui du traitement thermique de 15 à 25 euros par tonne (Roussel, 2018). Cette annonce d'augmentation de la TGAP a provoqué de nombreux mécontentements de la part des collectivités qui auront un coût supplémentaire important de gestion des déchets si elles ne diminuent pas les quantités des déchets résiduels incinérés ou enfouis.

Il a été constaté par l'association des collectivités AMORCE que dans le volume des déchets résiduels destinés à l'incinération ou à l'enfouissement, une moitié des déchets aurait dû se trouver dans les différentes collectes sélectives, ou pris en charge par les filières de Responsabilité Élargie du Producteur (REP). La REP est un dispositif qui oblige « les acteurs économiques (fabricants, distributeurs, importateurs) qui

mettent sur le marché des produits générant des déchets de prendre en charge tout ou une partie de la gestion des déchets. » (ADEME. 2017a). Les filières concernées par la REP doivent donc assurer la gestion des déchets qu'elles produisent. L'enjeu est par conséquent très fort pour les collectivités qui doivent faire progresser significativement les taux de tri à la source sous peine de voir le montant de la facture TGAP augmenter très sensiblement.

AMORCE constate que l'État ne semble pas donner de solutions précises ni urgentes à ces problèmes et qu'il privilégie la cible des collectivités et des contribuables plutôt que les fabricants, ne garantissant pas que les recettes liées aux nouvelles augmentations de la TGAP soient versées aux acteurs locaux et à l'ADEME pour diminuer le coût du recyclage (Roussel. 2018).

2. LE SYSTÈME D'ÉCHANGES DE QUOTAS D'ÉMISSION DE L'UNION EUROPÉENNE (SEQUE-UE)

Le marché du carbone européen SEQUE-UE est le premier marché régional du carbone dans le monde. Un marché de carbone (également nommé système de permis d'émissions négociables ou système d'échange de quotas ou simplement système de quotas) est un outil d'application du principe pollueur-payeur par un plafonnement d'émissions de CO₂ émises par les entreprises. L'idée est donc de limiter la quantité de CO₂ disponible pour les installations les plus polluantes d'Europe (compagnies aériennes, centrales électriques, industries diverses, etc.). Les droits d'émission de CO₂ (ou quotas ou crédits carbone) représentent la quantité de CO₂ que chaque entreprise a le droit d'émettre chaque année. Elle est mesurée en tonnes de CO₂ relâchées dans l'atmosphère. Les installations ont une certaine quantité d'émissions de CO₂ qui leur sont allouées ou vendues, et elles sont obligées de la respecter. À la fin de chaque année, les entreprises doivent restituer aux autorités publiques le nombre de quotas qu'elles ont utilisé. Si l'entreprise en question dépasse les émissions qui lui ont été attribuées, elle doit se procurer de nouveaux quotas. En revanche, si elle pollue moins que ce qui lui a été accordé, elle a le droit de vendre les quotas qu'elle n'a pas utilisés aux entreprises qui en ont besoin.

Le SEQUE rassemble aujourd'hui les 28 membres de l'Union Européenne et l'Islande, le Liechtenstein et la Norvège. C'est le plus grand marché du carbone dans le monde. Depuis son introduction, le SEQUE-UE a vu plusieurs phases de développement et il continue d'évoluer. Au début, l'Union Européenne

a mis en place trois mécanismes principaux de fonctionnement du SEQUE, repris depuis le Protocole de Kyoto.

Le premier mécanisme est l'échange des droits d'émission et il est la base du fonctionnement du marché. Les deuxième et troisième mécanismes fondamentaux de marché du carbone européen consistent à donner la possibilité aux entreprises qui auront besoin de se procurer davantage de quotas de les obtenir par l'achat des crédits internationaux. Dans la période 2008-2020, les installations soumises au SEQUE-UE peuvent acheter des crédits internationaux dans la limite de 11 % du total alloué sur la période 2008-2012 ou 11% de cette allocation. Ces crédits carbone représentent l'équivalent des émissions de CO₂ qui ont été « épargnées » en investissant dans des projets visant à la réduction de CO₂. Cette « aide » à la réduction des émissions est ensuite déduite de la quantité de CO₂ que l'entreprise en question devra restituer à l'Union Européenne. La réduction peut avoir lieu dans des pays industrialisés via le mécanisme de la Mise en Œuvre Conjointe (MOC) ou dans des pays en développement à travers des Mécanismes de Développement Propre (MDP).

Afin que le système fonctionne, l'idée est d'abaisser chaque année les droits d'émission d'un certain pourcentage afin que les quotas deviennent de plus en plus difficiles à obtenir. Ainsi, leur prix devrait augmenter, ce qui va obliger les entreprises à les intégrer dans le coût de production et à favoriser des alternatives aux énergies fossiles. A présent, « ce plafond est diminué chaque année par l'application d'un facteur de réduction linéaire de 1,74 % de la quantité moyenne de quotas émis annuellement en 2008 – 2012 » (Smailagic, B. 2018, Commission européenne. 2018). Pour s'assurer que les entreprises respectent les règles du jeu, la Commission Européenne a dû mettre en place un système de contrôles et de sanctions qui oblige les États à vérifier si les informations fournies par les installations concernées sont exactes, et si elles répondent aux exigences de réduction des GES imposées par l'Union Européenne.

De manière à éviter des coûts administratifs, les installations dont les émissions sont inférieures à 25.000 tonnes de CO₂ par an ne sont pas obligées de participer au SEQUE-UE, sous la condition d'implémenter des mesures équivalentes en matière de réduction de GES (Smailagic, B. 2018, p.7).

Les installations de traitement des déchets, de production d'eau et d'assainissement ne sont pas soumises à ce marché. La question est cependant posée d'assujettir les installations d'incinération à ce système de quotas, notamment parce que ces installations peuvent être assimilées à des unités de production d'énergie, qui elles, sont soumises au SEQUE. Chacune d'entre elles émet environ 500 kg de CO₂ par tonne incinérée, les 25.000 tonnes étant atteintes par la plupart des installations.

Ces installations ne sont historiquement pas concernées car l'activité de gestion des déchets représente globalement moins de 5 % des émissions mondiales de GES.

Le marché du carbone européen est-il efficace ?

Tout d'abord, il s'avère que le processus de mise en place du marché du carbone européen a été une démarche longue et complexe, et que le marché est constamment remis en question. Ainsi, il a fallu passer d'abord une première période d'apprentissage (2005 - 2007). Dans cette première phase, l'Union Européenne (UE) déterminait le nombre de quotas selon les besoins des entreprises, ce qui a entraîné un nombre de quotas excessif sur le marché. De plus, vu que les quotas n'ont pas été transférables dans la période suivante, la conséquence a été une chute du prix des quotas à zéro en 2007 (Smailagic, B. 2018, p.8).

Ensuite, la seconde période (2008-2012) a été caractérisée par une stratégie d'allocation définie par chaque pays selon le Plan National d'Allocation de Quotas (PNAQ). Au moins 90 % de quotas ont été attribués gratuitement aux entreprises, ce qui a produit en 2013 un surplus de 2 milliards d'euros de crédits carbone. Enfin, plusieurs manipulations du système d'achat de crédits internationaux ont eu lieu, ainsi que des fraudes et des malversations, qui montrent que le système nécessite une régulation plus efficace.

La période suivante (2013-2020) a apporté plusieurs réformes majeures. Tout d'abord, elle a limité la marge de manœuvre des États : au lieu d'avoir des registres nationaux pour comptabiliser les quotas, la comptabilisation se fait désormais dans un registre commun au niveau européen ; les plafonds nationaux sont remplacés par des plafonds uniques européens pilotés par la Commission Européenne. Ensuite, l'allocation gratuite devient progressivement remplacée par la vente aux enchères et seulement les installations les plus efficaces sont couvertes par des quotas gratuits à 100 % (Smailagic, B. 2018, p.9-10). Pourtant, durant la troisième période, le surplus de quotas sur le marché reste un grand problème et il est renforcé par la crise économique. Des réformes pour la quatrième période (2021 - 2030) sont prévues et elles envisagent une réduction annuelle de 2,2 % des quotas sur la période 2021 - 2024 ; un doublement de 12 % à 24 % du rythme de retrait des quotas excédentaires du marché afin d'alimenter la réserve de stabilité du marché (MSR) jusqu'à fin 2023 et à partir de 2024 une suppression de quotas excédentaires de la MSR dont le nombre dépasse le nombre total des quotas mis aux enchères durant l'année précédente (CITEPA. 2018).

Cependant, les réformes proposées ne suffiront sans doute pas à résoudre tous les problèmes liés au fonctionnement du SEQE. Ainsi, le quotidien allemand Handelsblatt, spécialisé dans le journalisme économique, constate que les réformes proposées aujourd'hui sont trop compliquées, incomplètes, et permettent encore un prix trop bas de quotas (Ritz, R. 2018). Le quotidien suggère de fixer un prix minimum pour le carbone et de commencer avec les installations électriques parce que l'électricité est responsable de 50 % des émissions de CO₂ en Europe. Un prix initial entre 25 et 30 € aurait, selon Handelsblatt, un impact important sur la réduction de GES. Ce prix devrait ensuite augmenter progressivement jusqu'au moins en 2030 (Ritz, R. 2018).

Le SEQE est avant tout un marché financier : les installations reçoivent leurs droits d'émission un an avant leur obligation de mise en conformité, ils sont ainsi soumis à un prix contre lequel ils doivent se couvrir. Afin d'assurer la liquidité du marché, les acteurs financiers ont la permission d'y investir. Presque la moitié des acteurs du marché sont des acteurs financiers non assujettis au marché (banques, courtiers, traders, hedge funds, etc.) et l'autre moitié sont les grands acteurs du secteur de l'énergie, eux assujettis au marché. Ils possèdent généralement leur propre entité de trading (EDF Trading, Total Trading, etc.) et ont certainement d'autres objectifs que de se conformer au marché. Un de ces objectifs serait la spéculation parce qu'« une portion considérable des échanges est tout d'abord motivée par la couverture de risque, les ajustements de portefeuilles, la recherche de profit et les arbitrages » (World Bank. 2012 p.18). Il est difficile d'évaluer le niveau de la spéculation mais il a été estimé que sur les deux premières phases du développement de SEQE-UE, la spéculation a dominé l'activité du SEQE et que les transactions de conformité des quotas de carbone des installations en déficit n'ont été que marginales. Ceci dit, les réformes pourraient difficilement résoudre le problème de la volatilité du marché.

Au sein de la Chaire Économie du Climat à l'Université Paris-Dauphine, les chercheurs ont quantifié les effets de la dernière proposition de réformes du marché du carbone européen en utilisant le modèle Zéphyr développé à la Chaire. Les résultats ont démontré que les réformes conduiront à une diminution significative des quotas sur le marché et une augmentation importante du prix du carbone, qui a eu un niveau trop bas depuis plus de six ans (moins de dix euros par tonne de CO₂ (Université Paris-Dauphine. 2018)). Pourtant, Raphaël Trotignon, co-directeur du pôle « Prix du CO₂ et innovation bas carbone » de la Chaire, constate qu'aucune protection définitive contre des dysfonctionnements futurs n'est assurée.

3. LA TAXE CARBONE

La taxe carbone est un mécanisme financier de la fiscalité environnementale dont le but est d'inciter les pollueurs à réduire leurs émissions de dioxyde de carbone (CO₂) en les obligeant à payer en proportion de leurs émissions de gaz à effet de serre (Dictionnaire environnement.). Ainsi, le prix des produits des entreprises polluantes augmente en fonction du niveau des émissions qui ont été relâchées dans l'atmosphère lors de leur fabrication. Plusieurs pays nordiques ont instauré une taxe carbone (le Danemark, la Finlande, la Norvège et la Suède), et le Canada a initié les démarches pour sa mise en place.

À l'heure actuelle, la France n'a pas encore implémenté une taxe carbone proprement dite. Après l'échec d'instauration d'une taxe carbone en 2000 et en 2010, le gouvernement a mis en place une « composante carbone » dans les taxes intérieures de consommation sur les produits énergétiques en 2014 « pour moduler la fiscalité des différents produits en fonction des émissions de CO₂ ». Depuis l'introduction de la composante carbone, autrement appelée « contribution-climat-énergie », le taux d'imposition a progressivement augmenté de 7 €/t de CO₂ en 2014 à 44,6 €/t en 2018. Dans la loi de finance de 2018, il était prévu que ce taux augmente davantage pour atteindre 86 €/t en 2022. Néanmoins, cette augmentation a été stoppée suite au mouvement des Gilets Jaunes fin 2018 et finalement retiré de la loi de finance de 2019.

La valeur tutélaire du carbone

Une autre piste d'aide à la décision financière porte sur l'utilisation de ratios kg eq CO₂/€ dépensé pour évaluer la pertinence et l'efficacité des actions proposées dans le cadre des plans d'actions d'atténuation. Ainsi, Alain Quinet estime, dans son rapport sur la valeur de l'action pour le climat de février 2019 (Quinet, A. 2019. p.129 et 135) à 54 € en 2018, 87 € / teq CO₂ en 2020, 250 € en 2030 et 775 € en 2050. Cette valeur est calculée à partir du coût socio-économique des émissions résiduelles de GES en 2020 et donne une idée du coût de l'inaction, mais elle a aussi vocation à identifier les montants des actions de décarbonation rentables, elle donne une référence possible d'arbitrage pour une organisation.

4. SIMILARITÉS ET DIFFÉRENCES ENTRE LA TAXE CARBONE ET LE MARCHÉ DU CARBONE

Il est possible de mettre en place le principe pollueur-payeur via un système de prix de carbone qui peut être appliqué soit via une taxe carbone soit à travers un marché du carbone.

Similitudes

Cela impose une charge sur les émissions de GES qui serait idéalement équivalente au coût potentiel de la pollution provoquée par les changements climatiques futurs (Hicks, R. 2012). De cette manière, les entreprises auraient une incitation financière à réduire l'empreinte carbone de leur activité.

Les deux mécanismes obligent les entreprises à internaliser le coût de la pollution et ainsi intégrer un prix d'utilisation des énergies fossiles au prix de vente. Ils donnent tous les deux une option aux entreprises pour s'orienter vers des énergies renouvelables si elles estiment que cette voie serait moins coûteuse qu'une participation à l'échange des droits d'émission de CO₂ ou que le paiement d'une taxe. Le système de quotas imposera un prix de carbone indirectement, via la limitation des droits d'émissions de CO₂, et c'est le marché qui déterminera le prix du carbone. La taxe carbone quant à elle imposera un prix des émissions de GES directement via le taux d'imposition que l'installation émettrice devra payer à travers l'augmentation du coût de son produit. Ce sont les gouvernements qui vont fixer le taux d'imposition en fonction des émissions engendrées par la fabrication du produit (Dictionnaire environnement.).

Enfin, le marché du carbone ainsi que la taxe carbone demandent un certain niveau d'intervention publique.

Différences

En premier lieu, la taxe carbone est plus simple et plus rapide à implémenter que le marché du carbone. Elle peut s'appuyer sur des mécanismes existants pour la taxation des énergies fossiles et ainsi les gouvernements peuvent la mettre en place dans des délais raisonnables. Elle a pour principal avantage de permettre une évaluation a priori des recettes qu'elle va générer.

En deuxième lieu, il existe une différence entre les deux mécanismes quant à la redistribution du coût de la pollution. Dans plusieurs exemples de marché du carbone, les premiers

quotas ont été attribués gratuitement. Cela induit moins de coûts au début du processus pour les entreprises qui ne doivent payer que des quotas supplémentaires, achetés à d'autres entreprises si elles n'ont pas réussi à atteindre les objectifs souhaités de réduction d'émission. Cette approche a permis jusqu'à maintenant que les entreprises acceptent de contrôler leurs émissions. Cependant, l'introduction d'une taxe carbone exige que les entreprises payent, dès le premier kilo, les unités de carbone qu'elles émettent (Hicks, R. 2012). Ainsi, la taxe carbone est plus difficilement acceptée par les entreprises, mais aussi par les ménages qui sont indirectement concernés par la taxe dont la charge est répercutée sur le prix des produits. En revanche, dans le système de quotas, ce sont les entreprises qui sont directement concernées, l'impact sur les consommateurs n'étant pas immédiat et pas systématique.

5. S'INSPIRER DU MARCHÉ CARBONE ?

La partie précédente a démontré quelques similarités, mais surtout des différences entre l'application du principe pollueur-payeur par une fixation des quotas ou par l'instauration d'une taxe carbone. Même si au début de sa mise en œuvre la taxe carbone a un impact sur la rentabilité des entreprises et sur le pouvoir d'achat des ménages, elle peut contribuer davantage au bien-être global de la société et à la justice sociale que le marché du carbone. En attribuant d'abord les quotas gratuitement, les marchés du carbone ont privé l'État de l'argent qu'il aurait pu récolter s'il avait vendu des quotas aux enchères dès le début. En revanche, l'argent de la taxe carbone peut être investi dès son introduction pour lever ou réduire d'autres taxes existantes, ou pour aider des familles défavorisées qui pourraient souffrir d'un impact disproportionné de la taxe sur leurs revenus (Andrew, B. 2010, p. 613). Elle peut aussi être utilisée pour promouvoir des actions de prévention et réduction des émissions, ou pour investir dans le développement des énergies renouvelables. Trouver un compromis entre les deux pour le service de déchets⁷ serait peut-être envisageable, mais il serait en même temps difficile de le concrétiser à cause de la complexité d'un tel système. La question se pose alors de savoir, dans un contexte de réforme du système actuel de taxation et de redevances en France, s'il serait même souhaitable de chercher une forme de taxe carbone qui s'inspirerait du système de quotas ?

7. Compte-tenu du niveau très faible d'émissions de CO₂ ramené à l'habitant des services de l'eau (eau potable et assainissement), il n'y a pas de risque d'assujettissement à une taxe carbone ou au SEQE.

Le laissez-faire et la spéculation

Le marché du carbone européen est un exemple de gestion libérale de la question. Si c'est bien le marché qui mène le jeu, alors ce sont les entreprises qui décident si cela leur convient mieux de continuer à polluer ou pas. Pour illustrer cela, une entreprise pourrait même tirer profit de la participation à un marché du carbone si elle continue à polluer alors que les autres entreprises réduisent leurs émissions (Andrew, B. 2010, p. 616). La responsabilité n'appartient donc pas directement à l'entreprise qui pollue mais à l'ensemble du marché. Si l'entreprise émettrice le souhaite, elle peut même payer des amendes pour les quotas qui dépassent ce qui lui a été accordé, au lieu d'investir dans des énergies renouvelables. Ainsi, les marchés du carbone sont soutenus par les intérêts des acteurs financiers et des entreprises, qui tirent des avantages de ces échanges pour minimiser les risques qui émergent des politiques sur le changement climatique, ou pour capitaliser sur un marché émergent (Bebbington et al. 2008).

Remettre en question la stratégie du marché des émissions de GES

Plusieurs chercheurs affirment que les marchés du carbone sont le produit du libéralisme économique qui est à l'origine du changement climatique lui-même et que, par conséquent, ils ne sont pas une solution adéquate pour réduire les émissions de GES. On donne confiance au marché pour résoudre le problème qu'il a créé de par sa manière de fonctionner. La motivation principale des marchés sera toujours la recherche du profit et jamais la protection de l'environnement. Cette dernière devrait se faire en donnant des alternatives à cette logique de pensée. Actuellement, l'alternative principale semble être la taxe carbone parce qu'elle donne à l'État la possibilité de responsabiliser les entreprises.

6. INSTAURER UNE TAXE CARBONE SUR LA FIN DE VIE D'UN PRODUIT

L'idée est d'analyser l'impact de fin de vie de plusieurs grandes catégories de produits sur l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre. Il serait possible d'envisager un taux d'imposition pour chaque produit en fonction de la grande catégorie de déchets auquel il appartient à la fin de sa vie. Ces grandes catégories peuvent être par exemple les biodéchets, les déchets recyclables, les déchets non recyclables, les déchets à potentiel de valorisation énergétique.

L'impact de la fin de vie d'un produit peut être calculé selon différentes méthodes d'Analyse de Cycle de Vie (ACV). Ces analyses prennent en compte les différentes étapes de cycle de vie d'un produit : la naissance (la production et la valorisation), la vie (l'utilisation), le recyclage et l'économie circulaire, et la fin de vie ou la mort (la valorisation et l'élimination (Les Cahiers du Développement Durable). L'ACV permet d'analyser les impacts que chaque étape aura sur l'environnement. Par exemple, la fin de vie d'un produit comprend plusieurs sous-étapes, qui correspondent aux différentes étapes de la gestion des déchets. Chaque sous-partie a des impacts divers sur l'environnement, comme le montre le tableau ci-dessous :

| Fin de vie d'un produit (valorisation ou élimination) | | |
|---|---|--|
| Étapes | Ressources consommées | Impacts sur l'environnement |
| Collecte | Carburant. | Impacts sur le climat, pollution de l'air. |
| Transport | Carburant. | Impacts sur le climat, pollution de l'air. |
| Valorisation (recyclage) | Énergie, eau, matières premières, produits dangereux. | Impacts sur le climat, pollution de l'air, émissions toxiques. |
| Élimination | Énergie. | Impacts sur le climat, pollution de l'air, émissions toxiques. |

TABLEAU 3 : Sous-étapes de fin de vie d'un produit.

Source : Les Cahiers du Développement Durable

Parmi les catégories d'impact sur l'environnement, on retrouve l'impact sur le réchauffement climatique qui est mesuré en kg de CO₂ (Equiterre. 2017). Ainsi, il serait possible de calculer les émissions en équivalent carbone de chaque sous-étape de fin de vie des produits, ce qui permettrait de déterminer le taux de la taxe carbone.

Une telle taxe carbone serait un message clair de responsabilisation des producteurs qui devrait encourager un changement de modes de production des produits mis sur le marché. Cependant, il serait important de bien distribuer les recettes, qui pourraient être versées en totalité à l'ADEME pour le financement des actions sur la prévention et la valorisation des déchets. La question de la modulation sur la base de critères sociaux se pose également afin de ne pas pénaliser les foyers les plus modestes.

La taxe carbone sur la fin de vie des produits pourrait être une première étape dans la transition vers la taxe carbone basée sur l'ensemble de cycle de vie d'un produit. Une telle taxe, qui prendrait en compte aussi la fabrication et l'utilisation des

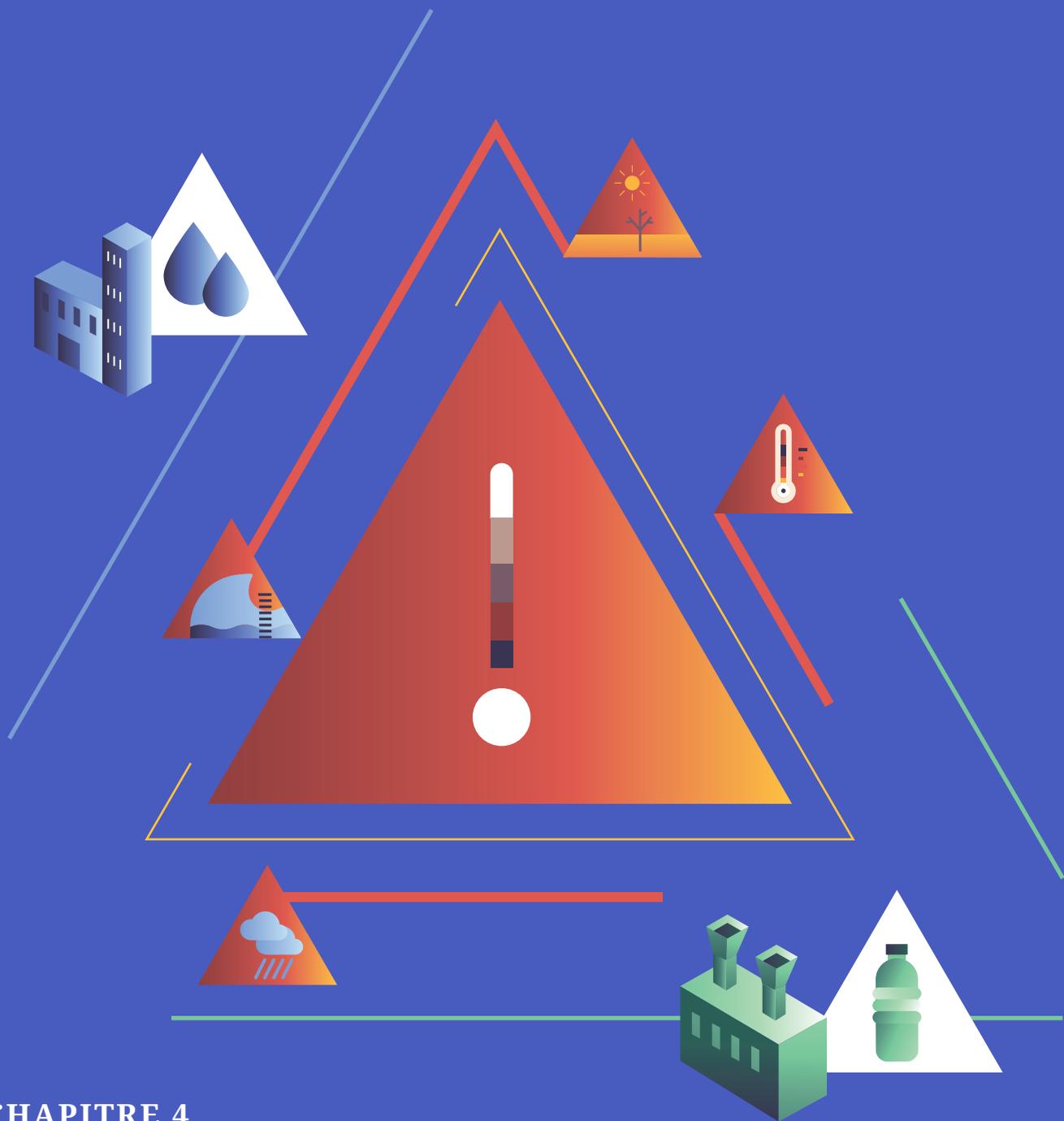
produits, serait un outil puissant dans la lutte contre le changement climatique. Cependant, pour qu'elle soit introduite, il faut informer davantage le grand public sur ses bénéfices. La taxe carbone est pour l'instant encore controversée en France parce qu'elle est regardée comme punitive, notamment pour les ménages qui n'ont pas le même niveau de responsabilité que les producteurs. Sur le court terme, une taxe carbone n'est pas une mesure populaire, mais il faut passer le message qu'« il s'agit moins de réparer ou de punir que de stimuler l'innovation et modifier des comportements de consommation » (Hourcade, J.C. 2015). Les éléments qui jouent un grand rôle dans l'acceptation de la taxe carbone sont la qualité d'information, la sensibilisation, et la présentation des bons exemples, tel que celui de la Suède qui s'est complètement transformée depuis la mise en place de sa taxe carbone.

Exemple de la taxe carbone en Suède

La création d'une taxe carbone dès 1991 a permis d'enclencher efficacement le virage vers les énergies renouvelables. La taxe carbone faisait consensus, car elle a été mise en place de façon progressive, avec une fiscalité incitative en faveur de l'environnement et non punitive. La fiscalité déchets a été également conçue sur les mêmes principes, les collectes et le traitement des déchets alimentaires étant gratuits et financés par la redevance sur les déchets résiduels.

La Suède possède aujourd'hui la taxe carbone avec le prix le plus élevé au monde près de 115 euros par tonne de CO₂. Elle a ainsi divisé par deux ses émissions de gaz à effet de serre. Cette taxe a été mise en place en parallèle d'une baisse de l'impôt sur le revenu, le capital et les cotisations sociales. L'esprit de ce système fiscal, est de taxer ce qui est négatif pour l'environnement, c'est-à-dire les émissions de CO₂, plutôt que ce qui est considéré comme positif, notamment le travail. Toutes les entreprises paient la taxe, sauf celles qui sont assujetties au SEQE européen.

De 1990 à 2007, les émissions de CO₂ de la Suède ont diminué de 9 % alors que le PIB a augmenté de 48 %. En 2017, la réduction des émissions de CO₂ avait atteint 26 % pour une augmentation de PIB de 78 %.



CHAPITRE 4

LES SERVICES D'EAU ET DE DÉCHETS ET LE CLIMAT

Ce chapitre traite des processus qui sont mis en œuvre dans les services d'eau potable, d'assainissement et de déchets afin d'éclairer la manière dont ils impactent le changement climatique

(et sont impactés par lui) aux différentes étapes de leur déroulement, et d'analyser quelles actions peuvent être mises en œuvre à différents niveaux afin de réduire les émissions de Gaz à effet de serre et de s'adapter au changement climatique.

La nature nous rend des services essentiels par les propriétés épuratives de ses écosystèmes, de ses sols, des plantes, ou par l'atmosphère (Grizzetti, B. et al. 2016). Le grand cycle de l'eau est ainsi le premier processus en œuvre dans le domaine de l'eau. Pour les déchets, la transformation des biodéchets et le recyclage sont également des processus favorables à la lutte contre le changement climatique.

Le petit cycle de l'eau ou cycle urbain de l'eau, et surtout le cycle de l'économie circulaire des déchets, sont des processus émetteurs de GES et généralement dépendant des énergies fossiles carbonées, qu'il s'agisse des transports de l'eau, de matériaux et matériels, des traitements, ou des intrants. Ainsi se pose la question de savoir comment et à quel niveau réduire nos impacts sur l'environnement tout en réduisant nos émissions de GES ?

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Les risques liés au changement climatique | 58 |
| | 1. HAUSSE DES TEMPÉRATURES ET ÎLOTS DE CHALEUR | 59 |
| | 2. PRÉCIPITATIONS EXTRÊMES ET TEMPÊTES | 60 |
| | 3. STRESS HYDRIQUE | 61 |
| | 4. HAUSSE DU NIVEAU DE LA MER | 61 |
| | 5. ACIDIFICATION ET RÉCHAUFFEMENT DES OCÉANS | 62 |
| | 6. LA VULNÉRABILITÉ DES SERVICES EAUX ET DÉCHETS | 63 |
| 2 | Les contributions des services eaux et déchets au changement climatique | 64 |
| | 1. ATTÉNUATION | 65 |
| | 2. ADAPTATION | 70 |
| 3 | Comment définir sa propre stratégie d'atténuation et d'adaptation ? Quels sont les outils ? | 73 |
| | 1. OUTILS ET MÉTHODES POUR ÉLABORER DES STRATÉGIES D'ATTÉNUATION | 74 |
| | 2. OUTILS ET MÉTHODES POUR ÉLABORER DES STRATÉGIES D'ADAPTATION | 79 |
| 4 | Mesures d'atténuation et d'adaptation multifonctionnelles : quelques exemples | 86 |

1 Les risques liés au changement climatique

Le changement climatique en cours va se poursuivre malgré les mesures prises pour réduire les émissions de GES. En effet, la simple réduction des émissions (si difficile à mettre en œuvre, comme vient encore de le démontrer la COP24 à Katowice en Pologne), ne signifie pas une décroissance rapide des teneurs en GES.

Le bilan atmosphérique dépend des émissions (qu'elles soient naturelles ou artificielles) et de la capacité des écosystèmes à absorber le CO₂ et le méthane. Deux grands réservoirs de stockage des GES existent, d'un côté les sols et écosystèmes terrestres (au premier rang desquels les forêts), et de l'autre, les océans. Or la capacité d'absorption des écosystèmes terrestres dépend considérablement des activités anthropiques. Ainsi on assiste plutôt à une déforestation et un appauvrissement des sols que l'inverse, et le stockage dans les sols est nécessaire mais non suffisant. Quant aux océans, ils stockent le CO₂ à un rythme dépendant des teneurs atmosphériques, et ce stockage constitue une grave menace pour son intégrité. Dans les deux cas, les processus en jeu s'inscrivent sur des temps longs. Il faut donc s'attendre à un changement climatique, et à des conséquences en cascade. L'amplitude du changement attendu et les conséquences sur les écosystèmes, sur les activités humaines, et la santé, dépendent cependant considérablement des efforts qui seront faits pour atténuer les émissions de GES. Il est dès lors crucial d'agir au plus vite, car les mesures prises auront des effets essentiellement dans le moyen et le long terme.

Les effets du changement climatique sont souvent mal caractérisés pour deux raisons principales : les tendances ne sont perceptibles que dans la durée (il peut y avoir des années atypiques), et ils dépendent de contextes régionaux. Par ailleurs, trop de personnes confondent changement climatique et réchauffement climatique. Or le changement se manifestera par de nombreux effets négatifs directs et par certains effets indirects tout aussi nuisibles. La présente partie dresse un état prévisionnel des principaux risques sur les cycles urbains de l'eau et des déchets en France (Métropole et Outre-mer). L'amplitude de ces effets sera modulée en fonction des actions engagées.

Détaillés au chapitre 2, les phénomènes suivants présentent des risques pour les cycles urbains de l'eau et des déchets :

- > **hausse des températures et îlots de chaleur ;**
- > **précipitations extrêmes ;**
- > **stress hydrique ;**
- > **hausse du niveau de la mer ;**
- > **tempêtes.**

Le phénomène d'acidification des océans est également considéré, car c'est un changement majeur en cours, non pas lié aux conséquences du changement climatique, mais à l'absorption du CO₂ anthropique par les océans, donc à la hausse des concentrations en GES dans l'atmosphère.

Les risques pour les cycles urbains de l'eau et des déchets sont schématisés ci-après.

1. HAUSSE DES TEMPÉRATURES ET ÎLOTS DE CHALEUR

Les figures 18 et 19 résument les principales conséquences potentielles de la hausse de température et du phénomène d'îlots de chaleur sur les cycles urbains de l'eau et des déchets.

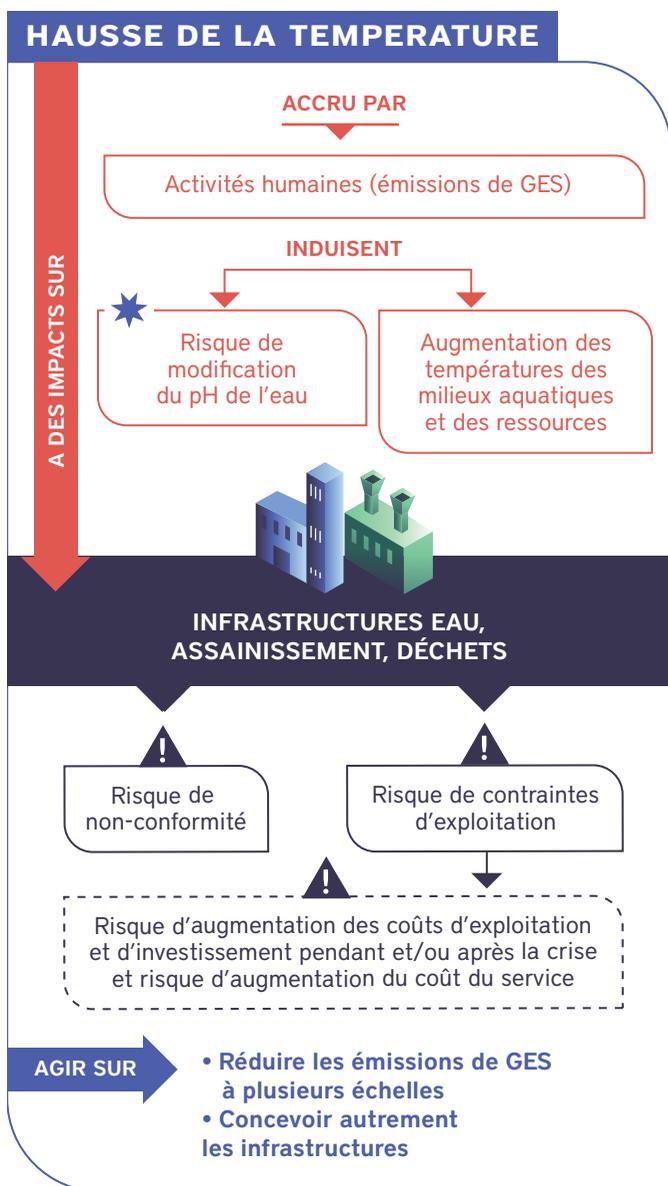


FIGURE 18 : Impacts de l'aléa « hausse de la température » sur le cycle urbain de l'eau et des déchets.

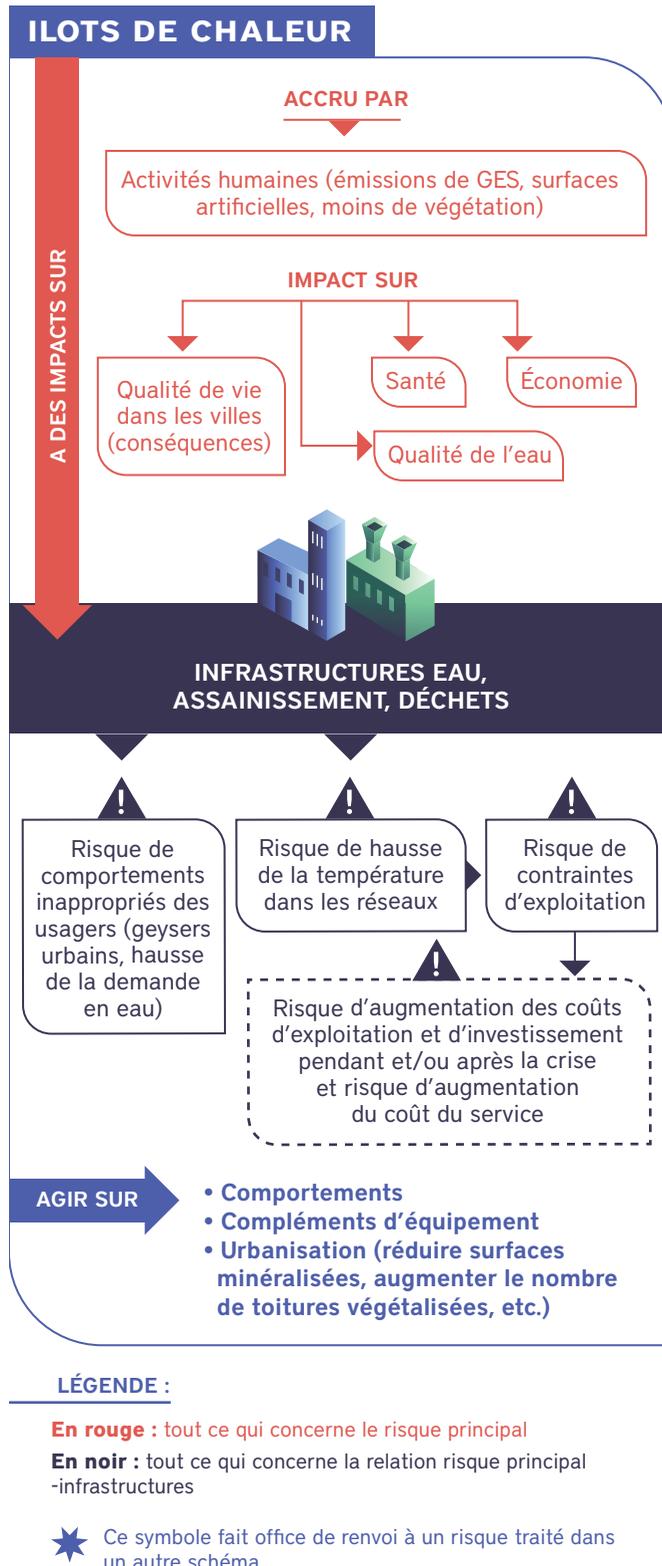


FIGURE 19 : Impacts de l'aléa « îlots de chaleur » sur le cycle urbain de l'eau et des déchets.

2. PRÉCIPITATIONS EXTRÊMES ET TEMPÊTES

La **figure 20** présente les conséquences potentielles de l'aléa « pluviométrie extrême » sur le cycle urbain de l'eau et des déchets. C'est sans doute le risque qui parle le plus aux citoyens, car ils constatent régulièrement les effets qui résultent des précipitations extrêmes (inondations des habitations et bâtiments publics, destruction d'infrastructures, interruption des services publics...).

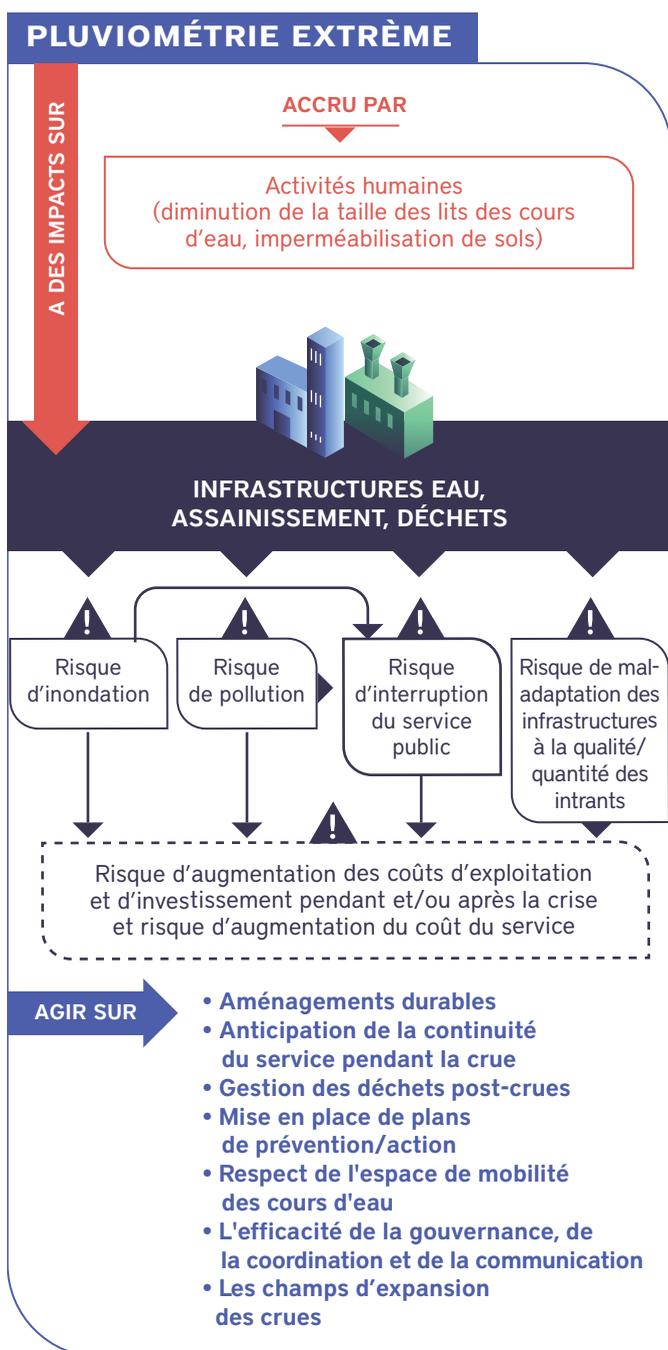


FIGURE 20 : Impacts de l'aléa « pluie extrême » sur le cycle urbain de l'eau et des déchets

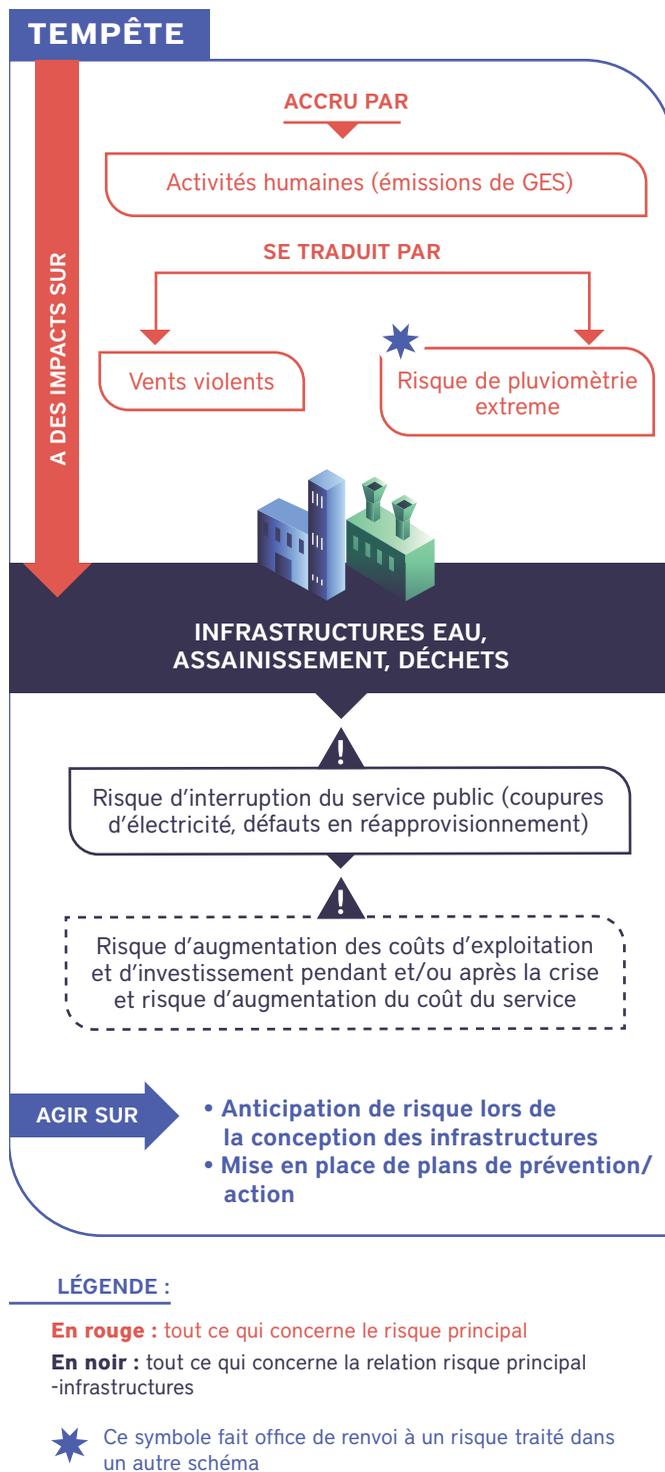


FIGURE 21 : Impacts de l'aléa « tempête » sur le cycle urbain de l'eau et des déchets.

3. STRESS HYDRIQUE

La **figure 22** illustre les effets multiples et complexes que peut avoir le stress hydrique sur le cycle urbain de l'eau et des déchets. Les effets devraient se percevoir à la fois sur les activités anthropiques et sur l'environnement. Les moyens d'actions nécessitent globalement une forte anticipation, notamment pour réduire la vulnérabilité envers des ressources en eau potentiellement fortement impactées.

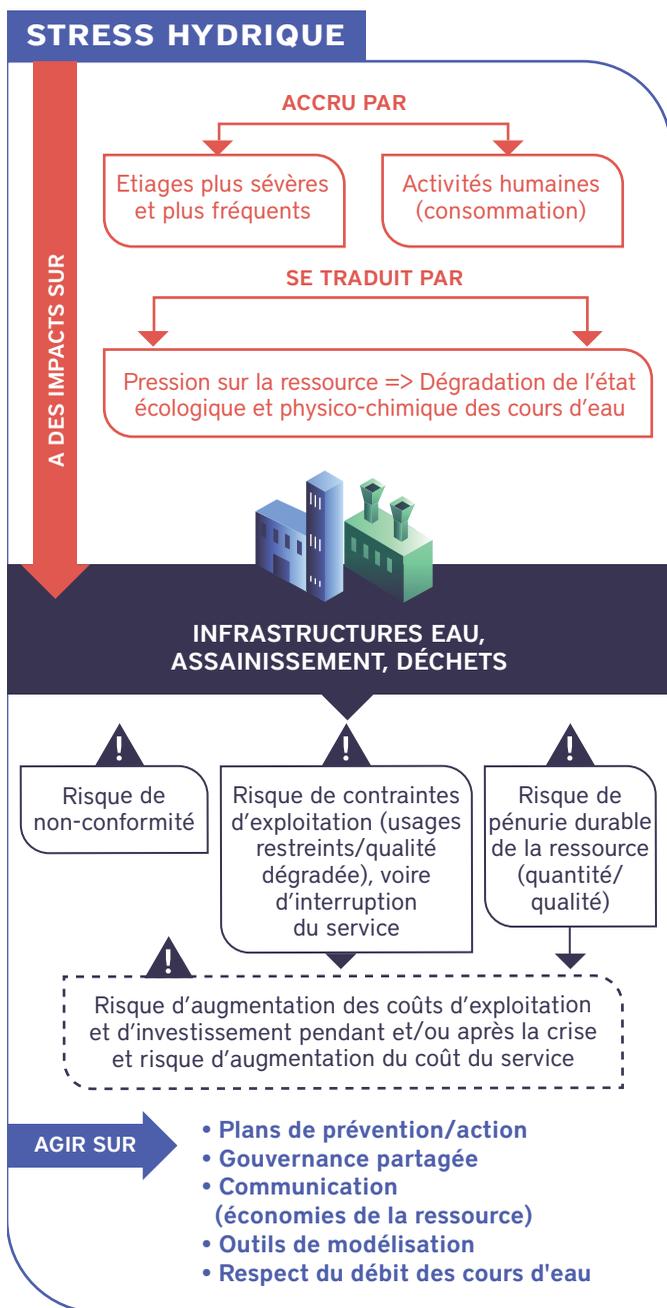
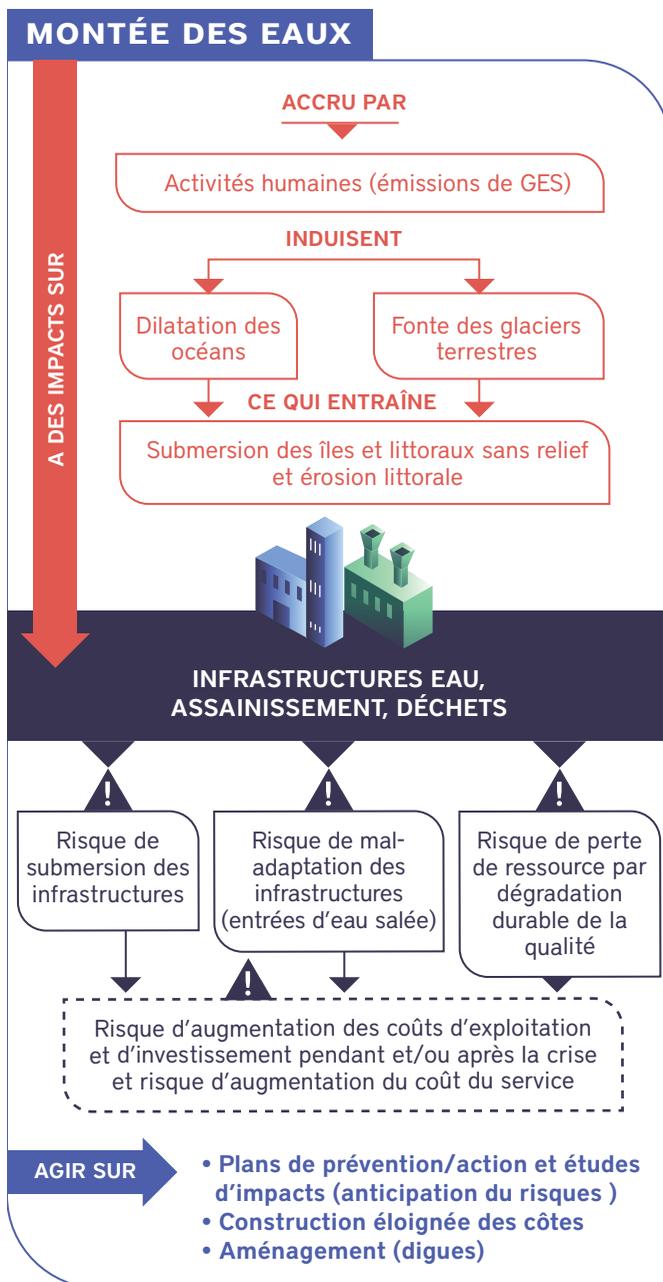


FIGURE 22 : Impacts de de l'aléa « stress hydrique » sur le cycle urbain de l'eau et des déchets.

4. HAUSSE DU NIVEAU DE LA MER

La **figure 23** illustre les effets que peut avoir l'aléa montée des eaux sur le cycle urbain de l'eau et des déchets. L'impact potentiel sur les ressources en eau est indirect mais peut clairement poser problème lorsqu'il s'agit d'aquifères littoraux.



LÉGENDE :

- En rouge :** tout ce qui concerne le risque principal
- En noir :** tout ce qui concerne la relation risque principal -infrastructures

FIGURE 23 : Impacts de l'aléa « montée des eaux » sur le cycle urbain de l'eau et des déchets.

5. ACIDIFICATION ET RÉCHAUFFEMENT DES OCÉANS

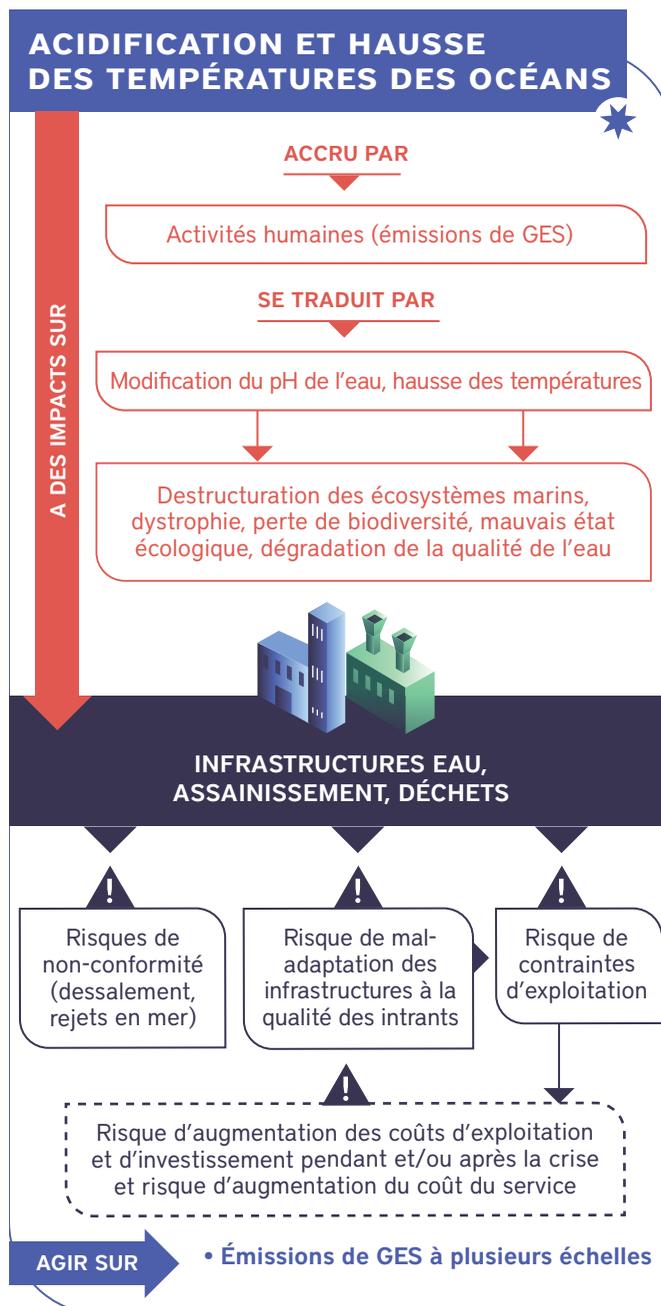
L'effet de serre induira une hausse des températures de surface des mers et océans, ce qui aura des effets importants sur les circulations océaniques, et sur les échanges verticaux dans les écosystèmes côtiers.

Par ailleurs, environ un tiers du dioxyde de carbone (CO₂) généré par les activités humaines a été absorbé par l'océan depuis le début de la révolution industrielle, ce qui induit une acidification des eaux. L'acidité a augmenté de 26 % depuis le début de la révolution industrielle (1800). Mais certains modèles de prédiction prévoient une augmentation de 150 % de l'acidité d'ici à 2100. Le rythme actuel de l'acidification de l'océan est donc dix fois plus rapide qu'à aucune autre période des 55 millions d'années qui nous ont précédés.

Source : https://ocean-climate.org/?page_id=4538

Si ces deux aléas sont indiqués ici, c'est qu'ils résultent directement des émissions de GES, et que leurs conséquences sont potentiellement très fortes sur les activités humaines et l'environnement. On peut par exemple craindre un effondrement de la production de coquillages. Mais cela aura inévitablement des effets majeurs en cascade sur tous les écosystèmes marins et sur les équilibres biocénétiques, avec par exemple un risque de disparition des récifs coralliens, et des conséquences négatives sur l'aquaculture et les pêches océaniques. Une autre conséquence indirecte est la dystrophie potentielle de certains écosystèmes marins côtiers.

Les effets potentiels sont synthétisés par la [figure 24](#). Concernant les activités liées aux services urbains de l'eau, cela induira un risque de dégradation et d'instabilité de la qualité d'eau brute à potabiliser par dessalements, nécessitant alors des prétraitements plus poussés et un ajustement des réactifs en fonction d'une qualité d'eau plus variable, d'où des coûts associés plus importants. Cela pourrait aussi avoir des effets indirects sur les rejets d'eau usée en mer en conditionnant la qualité des rejets par rapport à un milieu marin plus sensible aux pollutions.



LÉGENDE :

En rouge : tout ce qui concerne le risque principal

En noir : tout ce qui concerne la relation risque principal - infrastructures

★ Ce symbole fait office de renvoi à un risque traité dans un autre schéma

FIGURE 24 : Impacts de l'aléa « acidification des océans » sur le cycle urbain de l'eau et des déchets.

6. LA VULNÉRABILITÉ DES SERVICES D'EAU ET DES DÉCHETS

Les services de l'eau et des déchets sont vulnérables vis-à-vis des risques naturels, notamment si les infrastructures sont localisées en zone inondable. Ils sont vulnérables vis-à-vis des réseaux d'énergie.

Plus spécifiquement, les services assainissement sont vulnérables vis-à-vis de l'intensification de certains événements pluvieux, de la dégradation de la qualité des milieux du fait de la hausse des températures de l'air et de l'eau, et vulnérables aux mouvements de terrain pour les réseaux de collecte.

Les services eau potable sont, eux, vulnérables vis-à-vis de la raréfaction des ressources couplée avec une augmentation des besoins des usagers, vis-à-vis de la dégradation de la qualité des ressources en eau du fait de la hausse des températures de l'air et de l'eau, et vis-à-vis des mouvements de terrain pour les réseaux de transport et de distribution. Leur dépendance énergétique est accrue en période estivale (refroidissement et besoins accrus des usagers).

Enfin, les services déchets (pour la collecte) présentent une vulnérabilité aux mouvements de terrain.

2 Les contributions des services eaux et déchets au changement climatique

Cette partie s'attachera à montrer quelles sont les synergies des approches d'atténuation et d'adaptation de ces services urbains.

Dans le cadre des missions qu'ils mènent quotidiennement, les services d'eau et des déchets génèrent des émissions directes et indirectes de gaz à effet de serre et contribuent ainsi au réchauffement climatique.

Il est difficile d'évaluer la contribution de ces services aux émissions nationales de gaz à effet de serre, car l'inventaire national répond à un format de rapportage défini par la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC) et ses protocoles associés. En particulier, ce format répond à une logique d'émissions directes sur un périmètre géographique donné (territoire national) contrairement, par exemple, aux bilans GES, qui intègrent les émissions indirectes liées aux activités de l'organisation. Ainsi, la catégorie « Déchets » du rapportage officiel de la CCNUCC (CRF 5) ne prend aucunement en compte les autres émissions associées à l'activité que ce soit sur le site (liées à la production et à l'utilisation d'énergie etc.), en amont (collecte, production des réactifs, travaux etc.) ou en aval (devenir des déchets, des produits etc.). Les émissions de GES du secteur des déchets sont en général inférieures à 3 % des émissions totales dans les pays développés et à 5 % des émissions totales dans les pays en voie de développement. L'activité de gestion des déchets est faiblement contributrice au changement climatique par rapport à d'autres au niveau national. La gestion des déchets génère toutefois des émissions importantes de GES via l'incinération, notamment des matières plastiques, et de méthane liées au stockage des déchets.

Ainsi, en France, selon cette classification en 2017, le secteur de l'énergie (qui inclut les incinérateurs avec récupération d'énergie) représente 70,4 % des émissions totales en CO₂ hors UTCATF (Utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie), le secteur de l'agriculture correspond à 16,4 %, le secteur de l'industrie à 9,5 %, alors que le secteur des déchets ne correspond qu'à 3,5 %. Entre 1990 et 2017, la contribution du secteur des déchets aux émissions nationales de GES a augmenté d'environ 17,5 % (CITEPA. 2018).

Il existe d'autres référentiels d'évaluation et de quantification des émissions au niveau d'un site, d'une entreprise ou d'un territoire (Bilans Carbone®, bilan GES, GHG protocole, ISO 14064 etc.), dont les conventions de rapportage sont différentes.

Les émissions de l'entité sont ordonnées selon des catégories prédéfinies appelées « postes ». Différents travaux sectoriels donnent des éléments quant aux principaux postes émetteurs de GES au sein des services d'eau et des déchets.

Ainsi, le guide sectoriel **Émissions de GES des services de l'eau et de l'assainissement (Astee. 2018a)** précise pour les services de l'eau et de l'assainissement, que les principaux postes émetteurs de GES sont :

- > l'énergie utilisée (électricité, fioul, gaz naturel) ;
- > les émissions liées aux processus de traitement ;
- > le traitement et la valorisation des boues ;
- > les intrants types produits chimiques et réactifs nécessaires dans les procédés de potabilisation de l'eau et d'épuration des eaux usées ;
- > le traitement des boues d'épuration pour l'assainissement ;
- > les amortissements ou immobilisations qui correspondent aux usages de biens durables (bâtiments, canalisations, infrastructures, etc.).

Concernant le service des déchets, la collecte des déchets ne pèse que quelques pourcents par rapport au traitement.

À noter que le secteur de la gestion des déchets est bien plus impactant en termes d'émissions de GES que les services de l'eau. A titre d'exemple, quand on compare les émissions directes des services publics de traitement des déchets et d'assainissement francilien, respectivement estimées par le Sycotm et le SIAAP, les données d'émissions par habitant sont les suivantes :

- > 139 kg/an/hab eqCO₂ pour le traitement des déchets ;
- > 5 kg/an/hab eqCO₂ pour l'assainissement.

Néanmoins chaque organisation ou entité cherche à réduire ses propres émissions de GES afin de limiter son impact sur le climat.

En tout état de cause, les services d'eau et des déchets ont un double impact : au-delà de contribuer à l'émission de GES au travers des différents procédés mis en œuvre, ils peuvent également éviter certaines émissions en mettant en œuvre des actions de réduction d'émissions de GES.

Par exemple, la gestion des déchets contribue à la fois à l'émission directe de GES (collecte, incinération et enfouissement des déchets) mais également peut permettre d'éviter certaines émissions à divers titres :

- > recyclage des matériaux issus du tri ;
- > production massive d'énergie issue de l'incinération qui se substitue à des sources d'énergie fossile plus impactante en termes de GES (charbon, fioul, gaz naturel) ;
- > production de biogaz utilisé en substitution aux énergies fossiles ;
- > production de compost à partir des biodéchets, qui permet à la fois de limiter l'usage d'engrais industriels dont la production est fortement émettrice de GES et de favoriser le stockage de carbone dans le sol.

1. ATTÉNUATION

Quels sont les leviers de réduction des émissions de GES des services des déchets ?

Pour limiter ou réduire ses émissions de GES, il convient d'agir pour augmenter les émissions évitées :

- > en augmentant les quantités de déchets recyclés par le développement du geste de tri (**figure 25**) ;
- > en augmentant les quantités de biogaz produites par la méthanisation des déchets alimentaires (**figure 26**) ;
- > par l'optimisation de l'énergie produite et valorisée par l'incinération des déchets : développement des réseaux de chaleur, optimisation des process d'incinération (**figure 27**).

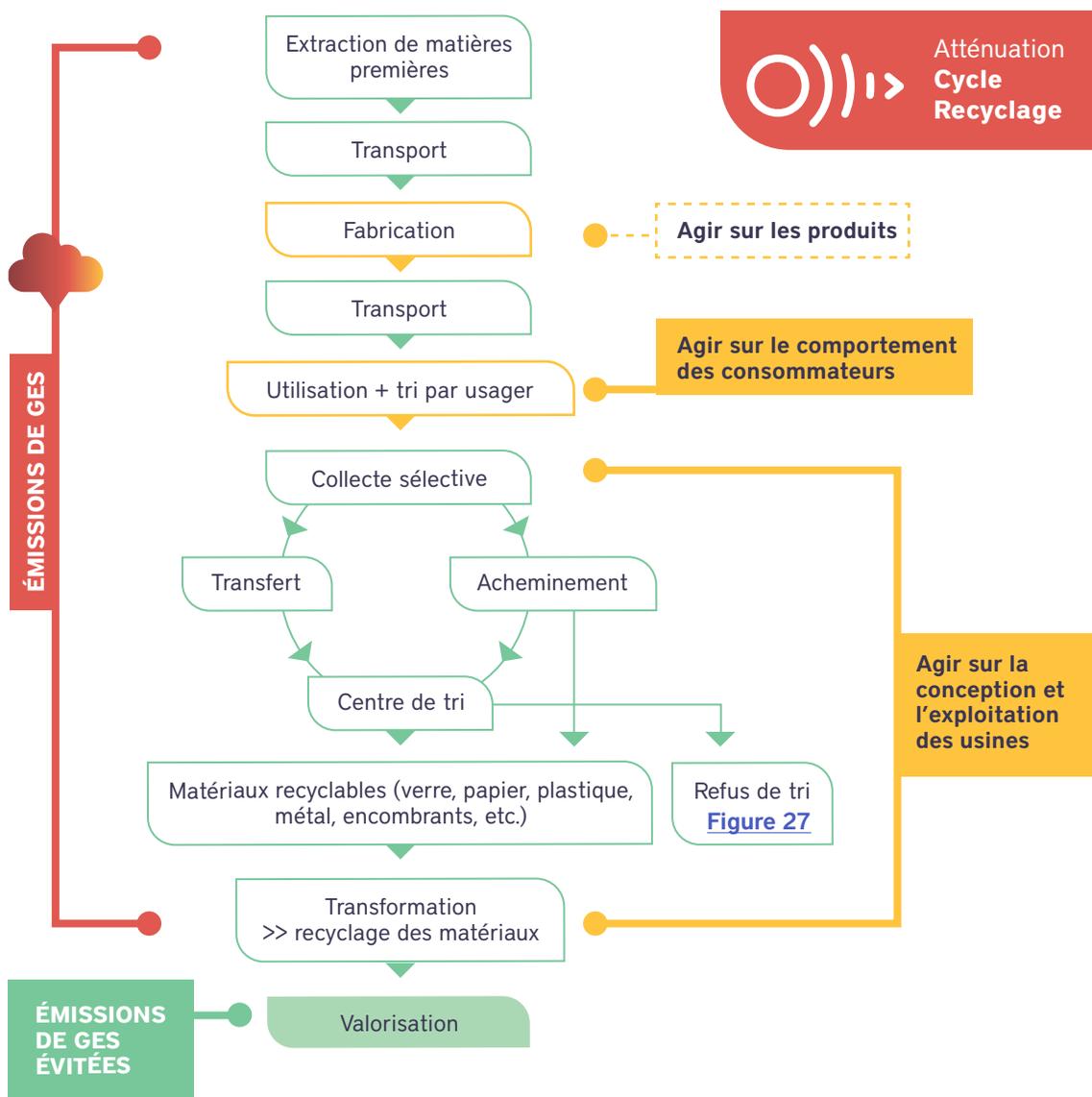


FIGURE 25 : Levier d'actions pour l'atténuation - cas de la collecte sélective.

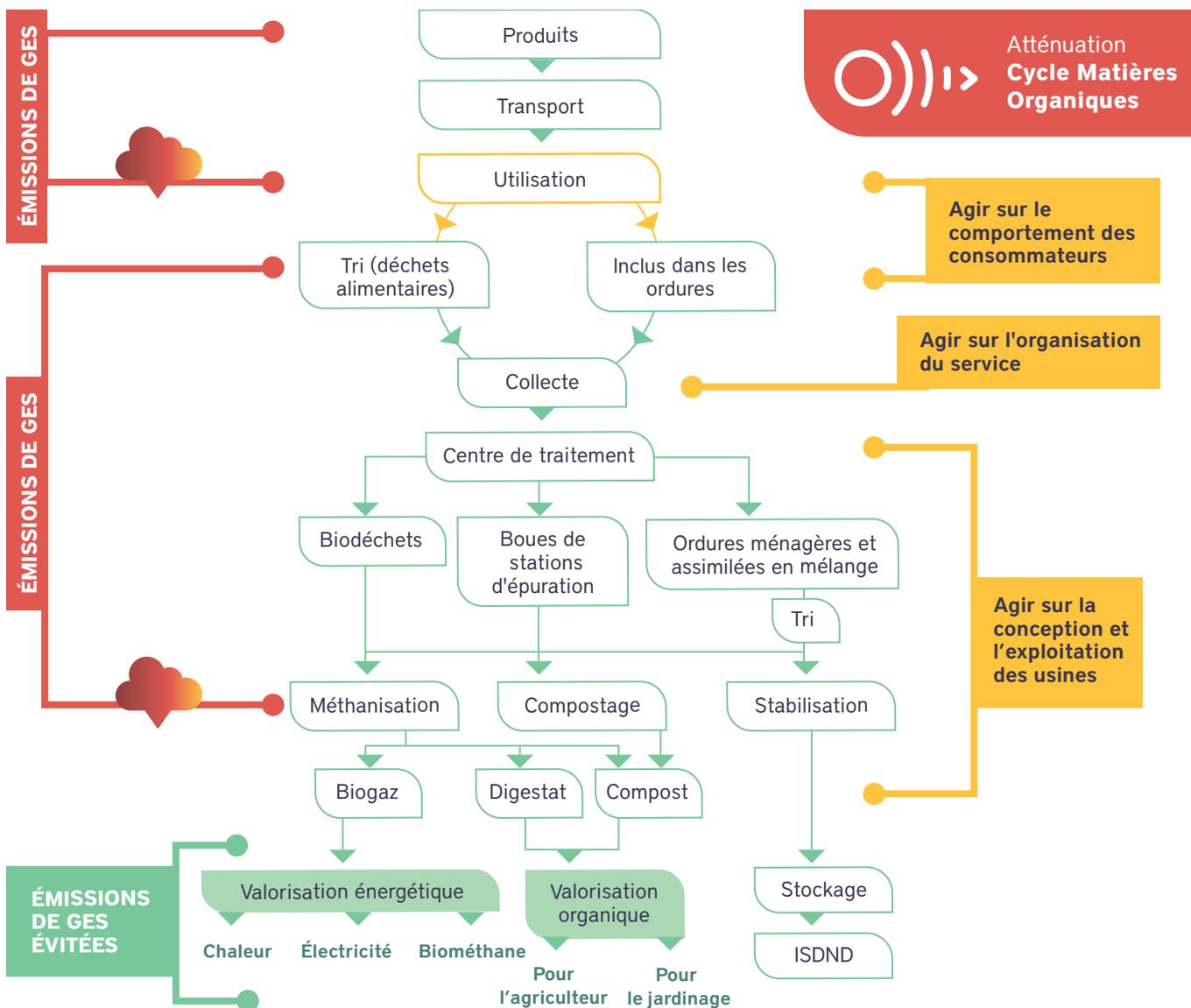


FIGURE 26 : Levier d'actions pour l'atténuation - cas de la gestion de la matière organique.

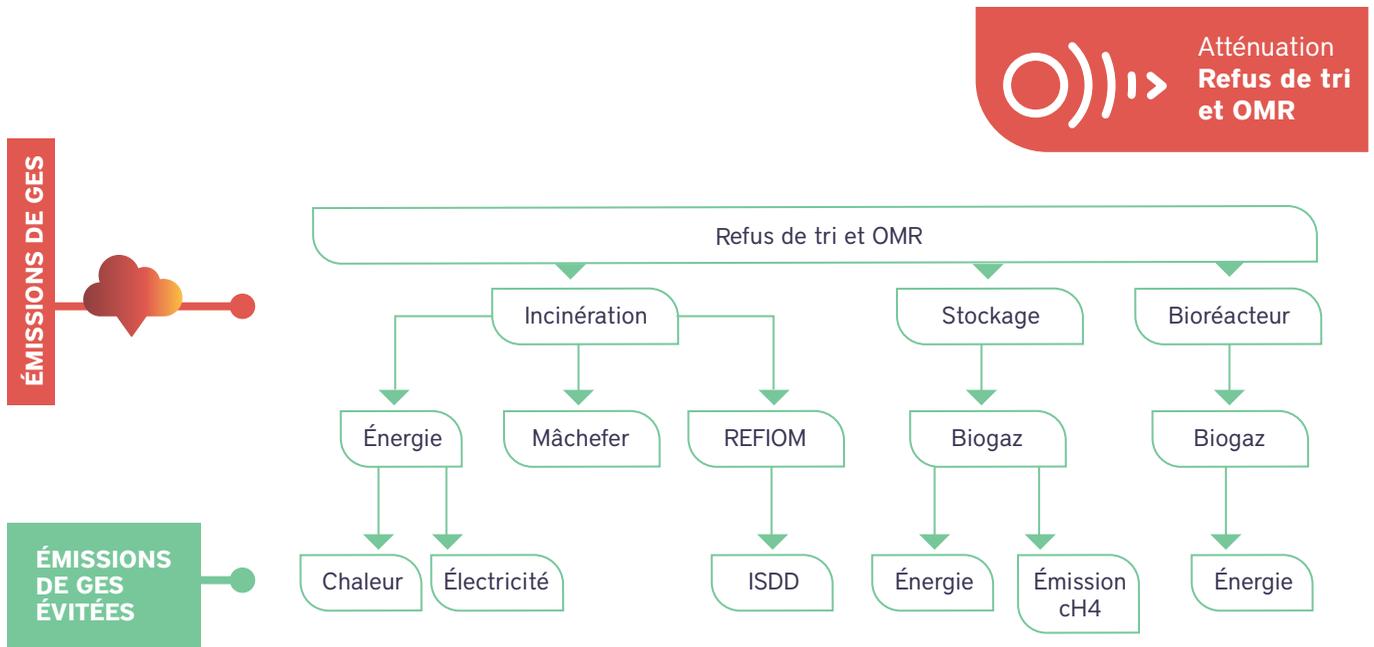


FIGURE 27 : Levier d'actions pour l'atténuation - cas de l'élimination des refus de tri et des ordures ménagères résiduelles (OMR).

Les objectifs de meilleure gestion des déchets inclus dans la loi sur la transition énergétique⁸ permettent d'obtenir un niveau d'émissions évitées qui compense le niveau des émissions directes.

Les déchets représentent 324,5 M de tonnes par an en France (ADEME. 2017b) dont 228 M de tonnes pour la construction en 2012, 68 M de tonnes pour les activités économiques hors BTP et seulement 37,9 M de tonnes pour les ménages. Ainsi, agir sur son territoire pour limiter les déchets signifie **impliquer les acteurs économiques.**

Les actions d'atténuation pourront porter sur les services des déchets eux-mêmes mais aussi sur les étapes amont et aval de ces services :

- > l'écoconception des produits ;
- > l'utilisation de produits recyclés dans la fabrication industrielle ;
- > l'utilisation de produits biosourcés ;
- > la limitation des emballages, leur récupération, leur réutilisation et leur recyclabilité ;
- > la réparabilité des produits ;
 - le réemploi ;

- le recyclage des produits en fin de vie ;
- l'organisation d'un tri des déchets performant ;
- la réduction des kilomètres de collecte et la performance logistique du transport des déchets (meilleur remplissage des bennes, aller - retour à plein par exemple pour les carrières couplées à des centres d'enfouissement, etc.) ;
- > la mise en réseau d'économie circulaire sur le territoire (ex : les déchets bois d'une scierie sont utilisés par une entreprise productrice de briquettes de chauffage) ;
- > l'utilisation de matériels et véhicules électriques et hybrides plutôt que thermiques ;
- > l'utilisation de biocarburants et carburants alternatifs pour les véhicules et engins ;
- > la valorisation énergétique plutôt que l'enfouissement ;
- > le développement de filières de méthanisation des biodéchets et des déchets agricoles, ainsi que l'injection de biogaz dans le réseau de gaz ;
- > la valorisation totale du méthane dans les centres d'enfouissement.

8. Loi n°2015-992 du 17 août 2015 sur la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) - Titre IV.

Quels sont les leviers de réduction des émissions de GES des services d'eau et d'assainissement ?

Concernant les services eau potable et assainissement, des actions d'atténuation sont notamment répertoriées dans le guide méthodologique GES du secteur eau et assainissement édité par l'Astee (Astee. 2018, p. 83).

Ces actions portent sur les modes de production, le changement des comportements, la révision d'éléments stratégiques pour l'activité et l'encouragement aux innovations qui

réduisent les émissions de GES :

- > les choix énergétiques ;
- > l'optimisation des procédés pour baisser les consommations d'énergie et réduire les émissions directes (fuites de CH₄, production de NO₂ par exemple) ;
- > la réduction des émissions indirectes (rendement des réseaux, sensibilisation des usagers, limitation des volumes à traiter, optimisation des process, intégration dans une économie circulaire avec valorisation des sous-produits etc.).

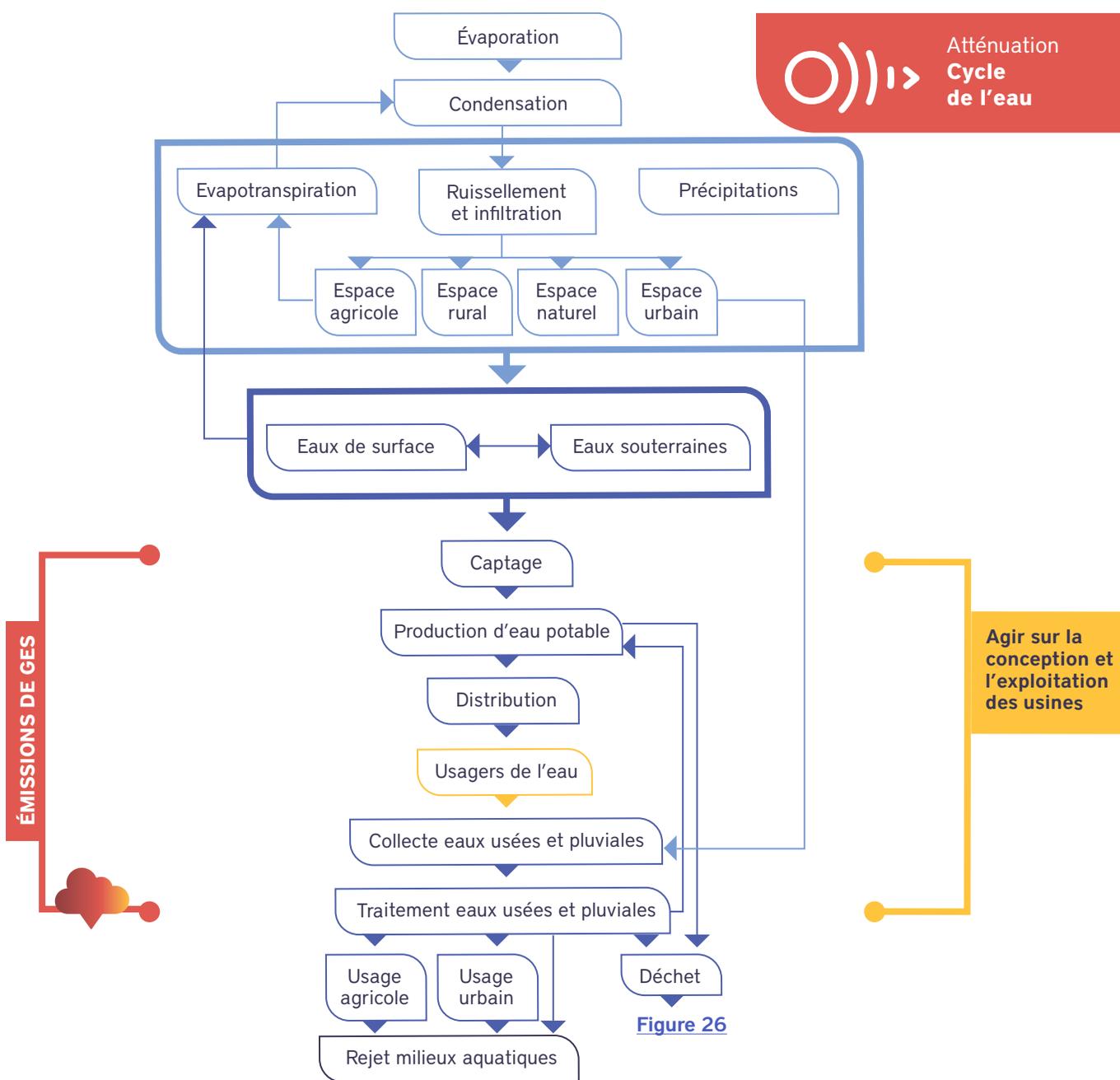


Figure 26

FIGURE 28 : Levier d'actions pour l'atténuation - cas du cycle de l'eau.

2. ADAPTATION

Le sujet de l'adaptation est plus récent et encore peu pris en compte. Sachant que nous ne sommes plus en mesure de limiter le changement climatique et qu'il va continuer de se poursuivre, l'idée est d'engager des actions pour s'y adapter.

Les mesures d'adaptation sont complémentaires aux mesures d'atténuation et visent à réduire la vulnérabilité (ou à accroître la résilience) d'une communauté, d'un secteur économique, d'un pays, etc. La mise en place de politiques dans ce domaine demande, en premier lieu, une bonne connaissance des perturbations climatiques et de leurs impacts. L'enjeu est d'anticiper ces différents impacts et de mettre en place des mesures adaptées permettant de réduire les vulnérabilités. Cette anticipation peut inclure des éléments d'analyses de l'exposition aux aléas très divers, comme le diagnostic de vulnérabilité, la cartographie des risques croisée avec des données démographiques, des photographies thermiques aériennes pour cartographier les îlots de chaleur, ou encore des modélisations du micro-climat local. L'exercice est cependant complexe. Les impacts des dérèglements climatiques prennent des formes multiples et variées, sont parfois très localisés, et concernent un grand ensemble de domaines. Apporter une réponse ne peut se faire sans une approche globale au plus près des territoires, chacun avec ses spécificités.

L'adaptation aux changements climatiques présente certaines caractéristiques notablement différentes de l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre :

- > les bénéfices des politiques d'adaptation ont un caractère local alors qu'ils sont globaux dans le cas de la réduction des émissions de gaz à effet de serre ;
- > une double incertitude, concernant le climat futur et les impacts de ses changements sur les systèmes, doit être prise en compte dans la mise en place des politiques d'adaptation ;
- > le maintien de référentiels rendus potentiellement obsolètes dans un futur proche peut entraver le développement des mesures d'adaptation. En tout état de cause, le coût des impacts des changements climatiques sera supérieur sans mise en œuvre de mesure d'adaptation (Mansanet-Bataller, 2015).

L'adaptation vise à préserver les systèmes naturels et humains. Ce concept a été défini dans les différents rapports du GIEC :

« La capacité d'adaptation est le degré d'ajustement d'un système à des changements climatiques (y compris la variabilité climatique et les extrêmes) afin d'atténuer les dommages potentiels, de tirer parti des opportunités ou de faire face aux conséquences ».

Une fois les risques, les vulnérabilités d'un territoire identifiés, des actions d'adaptation vont pouvoir être mises en œuvre pour s'adapter au climat actuel. Si des scénarii prévisionnels ont été réalisés ils peuvent aussi être dans les plans d'actions d'adaptation. **Il faut déconnecter l'adaptation de la gestion des risques et la penser au regard des événements à lente évolution, non uniquement pour les aléas extrêmes.**

Les mesures d'adaptation sont de diverses natures :

- > physiques, comme la mise à niveau de digues de protection ;
- > institutionnelles, comme les mécanismes de gestion de crise ou l'instauration de réglementations spécifiques ;
- > stratégiques, comme le choix de déplacement ou d'installation de populations ou la mise en place de mesures facilitant la reconstitution en cas de sinistre ;
- > amélioration de la connaissance par des activités de recherche ;
- > information du public et des décideurs, afin de faciliter la responsabilisation et la prise de décision. (Galliot, M. 2013)

Le concept de mal-adaptation désigne quant à lui une mesure qui conduit, de manière non-intentionnelle, à augmenter la vulnérabilité au lieu de la réduire, par exemple :

- > utilisation inefficace de ressources comparée à d'autres options (climatisation vs. isolation) ;
- > transfert incontrôlé de vulnérabilité d'un système à un autre, mais également d'une période à une autre (cultures agricoles inadaptées par exemple) ;
- > erreur de calibrage / sous-adaptation (une digue de protection trop basse par exemple). Dans le contexte d'incertitude de la prise de décision en matière de changement climatique, l'erreur de calibrage est un axe potentiel important de mal-adaptation.

Prendre la mesure du risque de mal-adaptation, c'est notamment privilégier le choix de stratégies « sans regret ». Dans cette optique, il s'agit aussi d'éviter d'émettre trop de GES supplémentaires, d'éviter les coûts échoués (investissement inefficaces sur le long terme) ou pire les situations de lock-in.

Ces stratégies permettent de réduire la vulnérabilité au changement climatique, et présentent des avantages quelles que soient les évolutions du climat.

Pour **les services d'eau potable**, les actions à mener visent essentiellement :

- > à gérer la consommation spécifique des usagers du service en promouvant des modes de consommation plus sobres en eau, et une exploitation des ressources intégrée ;
- > à concevoir des installations et équipements robustes et résilients intégrant les risques climatiques ;
- > à gérer les impacts sur la qualité du service rendu (quantité, qualité de l'eau distribuée, continuité) en travaillant sur la diversification des sources d'eau potable, en renforçant la connaissance des ressources et des évolutions du territoire, en adaptant les systèmes de production via des solutions techniques permettant de réduire ses vulnérabilités (par exemple production d'énergie renouvelable autoconsommée).

En ce qui concerne **les services d'assainissement**, les actions à mener portent sur :

- > améliorer la gestion des eaux pluviales face à des événements plus intenses;
- > réduire les risques d'impact sur l'environnement, tant à cause de l'aggravation des étiages que des précipitations extrêmes;
- > adapter les infrastructures au niveau de la mer en hausse;
- > limiter les émissions de sulfures en lien avec la hausse des températures;
- > réutiliser les eaux avec un traitement adaptés à de futurs usages.

De multiples synergies sont à mettre en œuvre avec les autres acteurs du territoire, notamment l'aménagement urbain et la gestion des espaces publics pour la gestion des eaux pluviales (PSEAU. 2018), ou la réutilisation des eaux usées traitées pour l'arrosage des espaces verts (exemple du golf de la ville d'Agde, arrosé par les eaux usées traitées

de la station d'épuration) mais aussi l'irrigation, les réutilisations industrielles, l'alimentation en eau potable... Sur ce dernier point, les exemples restent peu nombreux en France du fait de la réglementation en vigueur qui en limite le développement, mais certains pays européens la pratiquent de façon plus consistante, notamment lorsque les ressources conventionnelles viennent à manquer (par exemple à Chypre (Lafforgue, M. et al, 2017)). Il est probable que cet usage se développera progressivement, si la réglementation européenne le permet, du fait de la raréfaction des ressources en eau en lien avec le changement climatique.

Pour ce qui concerne **la gestion des déchets**, en termes d'adaptation, les bonnes pratiques à mettre en œuvre sont notamment liées à la gestion des risques consécutifs aux aléas climatiques :

- > envol des déchets et contenants pendant les tempêtes ;
- > soulèvement des conteneurs enterrés en cas de crues ;
- > gestion des déchets après des événements météorologiques destructeurs (inondations, tempêtes...).

Les évolutions de températures moyennes et périodes de canicule peuvent générer davantage de risques professionnels en dégradant les conditions de travail et notamment la chaleur dans les véhicules. Bien qu'émettant des GES, l'installation de climatisations dans les véhicules non-électriques peut être une action d'adaptation et d'amélioration des conditions de travail des agents des services de déchets.

Il peut également être nécessaire d'augmenter les fréquences de collecte pour garantir de bonnes conditions sanitaires. Enfin, le risque incendie dans les installations sera plus important et des mesures de sécurité sont à mettre en œuvre.

Et la nature dans tout cela ? Les services écosystémiques pour l'atténuation et l'adaptation

En préalable, il convient de repositionner le grand cycle de l'eau et les services que la nature nous offre pour répondre aux attentes de fourniture d'une eau de qualité, et prendre en compte les incertitudes et les effets du changement climatique.

En effet, « la nature rend des services d'approvisionnement et production (eau potable, agriculture, élevage, médicaments, fibres, matériaux de construction, ressources énergétiques...), services de régulation (du climat, des inondations, de l'érosion, des maladies et ravageurs, épuration des eaux...), services culturels (spiritualité, arts, culture, éducation, récréation...), services supports (production primaire d'herbages, de plancton, cycles de l'eau, du carbone, de l'azote, pollinisation, décomposition des déchets, formation des sols...). » (Louineau, I. 2014)

On retiendra également de l'ouvrage de l'Astee sur les bénéfices de l'ingénierie écologique appliquée aux milieux aquatiques (Astee. 2018b), que l'ingénierie écologique agit sur les écosystèmes et, en conséquence, sur leur capacité à délivrer des biens et services aux êtres humains. Les actions d'ingénierie écologique peuvent ainsi engendrer divers bénéfices, c'est-à-dire des gains, des profits ou des avantages d'ordres écologique, social ou économique.

Pour autant, les processus naturels liés aux services écosystémiques émettent également des gaz à effet de serre biogéniques et comptabilisés séparément des émissions fossiles.

Observons les milieux humides à titre d'exemples :

> Les milieux humides peuvent influencer le climat au niveau local via la régulation des précipitations et de la température ou de l'évapotranspiration. Du fait de leur caractère potentiellement « sombre » (faible albédo), les surfaces en eau peuvent ainsi absorber une partie des radiations solaires. Par ailleurs, durant les journées ensoleillées, l'eau absorbe une partie de la chaleur, elle s'évapore, et cela contribue ainsi à refroidir la température de l'air environnant. On parle alors d'effet modérateur.

> La végétation caractéristique de certains types de zones humides favorise les phénomènes d'évapotranspiration. Les effets de cette évapotranspiration peuvent être bénéfiques à de nombreux usages. Par ailleurs, la présence de vapeur d'eau dans les zones humides la nuit permet de maintenir un certain niveau de chaleur et ainsi d'empêcher le gel des terres. En pratique, l'évaluation du service de régulation du climat local produit par les milieux humides est complexe compte-tenu des données disponibles. Pour pouvoir mener à bien une évaluation, il conviendrait de disposer de modèles permettant de croiser des données météorologiques locales avec une cartographie détaillée des milieux humides et de l'évolution de l'occupation des sols (Asconit, Biotope, Crédoc. 2009).

> Si les écosystèmes océaniques et les forêts jouent un rôle majeur dans la régulation du CO₂ atmosphérique (Lafforgue, M. 2016), les milieux humides continentaux peuvent également influencer la régulation du climat global. Par exemple, les mangroves en outremer ou les tourbières sur notre territoire national présentent une grande capacité à stocker du carbone par unité de surface. Dans les tourbières, les sphaignes poussent de manière continue pour former des tapis au niveau superficiel des zones tourbeuses. L'importance de l'humidité et de l'acidité de ces milieux, ainsi que leur pauvreté en oxygène, empêchent alors les bactéries d'assurer complètement la décomposition des végétaux. 10 % du CO₂ fixé par photosynthèse ne peut alors être rejeté dans l'atmosphère. Ainsi les tourbières, si elles ne représentent que quelques pourcents de la surface totale des sols, concentrent tout de même 30 % du carbone contenu dans ces mêmes sols (Gilbert, D. 2009).

3 Comment définir sa propre stratégie d'atténuation et d'adaptation ? Quels sont les outils ?

La stratégie doit être adaptée aux spécificités du service considéré, à ses enjeux et à ses vulnérabilités.

Comme vu précédemment, plusieurs actions ont été identifiées pour agir en faveur de l'atténuation du changement climatique dans les domaines de l'eau et des déchets, mais également pour s'y adapter. La difficulté est de bien les définir, les prioriser, les mettre en œuvre, les suivre et en évaluer les effets. Pour cela **un préalable essentiel est de connaître les postes les plus émetteurs en GES afin de déterminer les leviers d'actions en ce qui concerne l'atténuation, et de connaître les vulnérabilités du service en ce qui concerne l'adaptation.**

Pour définir les priorités à l'échelle d'une collectivité aux compétences multiples, il conviendra donc de déterminer quelles sont les contributions respectives des différents services (services publics urbains d'eau, d'assainissement et de déchets) dans les émissions de GES, ainsi que leur répartition entre les diverses parties prenantes (autorités organisatrices, collectivités territoriales ou les syndicats délégués) mais aussi les risques et les vulnérabilités associées.

Que ce soit en termes d'atténuation ou d'adaptation, il est important d'intégrer la dimension financière et l'engagement politique afin d'obtenir une stratégie partagée qui aura plus de chances d'être mise en œuvre.

Cette partie fait état des méthodes et outils d'aide au diagnostic, existants et en projet, pour réduire, voire limiter, ses émissions de GES, et s'adapter aux effets du changement climatique.

1. OUTILS ET MÉTHODES POUR ÉLABORER DES STRATÉGIES D'ATTÉNUATION

Différentes méthodes d'évaluation existent selon le périmètre étudié. Le site de l'ADEME propose une synthèse reprise ci-dessous :

| | Méthode réglementaire | ISO 14064-1 | Bilan Carbone® | GHG Protocol | PCIT |
|---------------------|---|--|---|---|---|
| Origine | France Article 75 - Loi ENE | Norme internationale ISO | France Association Bilan Carbone | USA – développée par le WBCSD et WRI | Ministère en charge de l'environnement |
| Date | 2011 | 2006, révisé en 2018 | 2004, mis à jour régulièrement | 1998 | 2012, actualisé en 2018 |
| Spécificités | Scopes 1 et 2 obligatoires, scope 3 recommandé Méthode complémentaire dédiée aux collectivités (Patrimoines et compétences) | Intègre l'ensemble des postes significatifs Pose les principes généraux pour l'ensemble des méthodes de comptabilité carbone des organisations | Couvre l'ensemble des scopes Méthodes disponibles pour les Entreprises, les établissements publics, les collectivités (Patrimoine et compétences) et les territoires | Couvre l'ensemble des scopes Depuis 2014, méthode disponible pour les territoires (<i>Global Protocol for Community</i>) | Dérivation de la méthodologie d'inventaire nationale à l'échelle des territoire |
| Liens |  Liberté • Égalité • Fraternité RÉPUBLIQUE FRANÇAISE |  International Organization for Standardization |  BC BILAN CARBONE® |  GREENHOUSE GAS PROTOCOL |  MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE |

TABLEAU 4 : Méthodes d'évaluation des émissions de gaz à effet de serre.

Source : <https://www.ademe.fr/>

Ces références méthodologiques doivent être complétées dans la mesure du possible par des éléments d'évaluation sectorielle.

Ainsi, l'ADEME met à disposition des **guides sectoriels** tel que le guide GES de l'Astee sur les services publics d'eau et d'assainissement. Il décrit la méthodologie de calcul et des facteurs d'émissions pour calculer les émissions de GES de son périmètre jusqu'au scope 3. Il précise les données à collecter et les indicateurs pertinents. À ce stade, il n'existe pas de guide sectoriel pour les déchets.

C'est le guide Record Application de la méthode Bilan Carbone aux activités de gestion des déchets (Labouze, E. 2018) qui fait référence. Les documents sont téléchargeables sur le site Record, réseau économie circulaire, déchets et environnement.

D'autres sources mettent à disposition des outils et éléments méthodologiques :

> le protocole des émissions de gaz à effet de serre des déchets EpE (Entreprises pour l'Environnement) – Version 5 – octobre 2013 comporte un tableur de calcul ;

> productions scientifiques (Humeau P. et Le Cloirec P. 2010 et Filali, A. 2017) ;

> le rapport de la COP 21 sur la contribution potentielle de la gestion des déchets à une économie bas carbone rédigé par Eunomia d'octobre 2015 donne des recommandations pour agir au niveau de l'État dans la prise en compte du changement climatique pour les services de déchets, mais n'est pas opérationnel pour une entreprise ou une collectivité. Il préconise cependant la prise en compte du CO₂ biogénique dans les approches comparatives, et le stockage du CO₂ mis en œuvre lors de certains processus retardant l'élimination (comme le bois broyé stocké sous forme de mobilier avant d'être détruit en fin de vie du meuble plusieurs années plus tard).

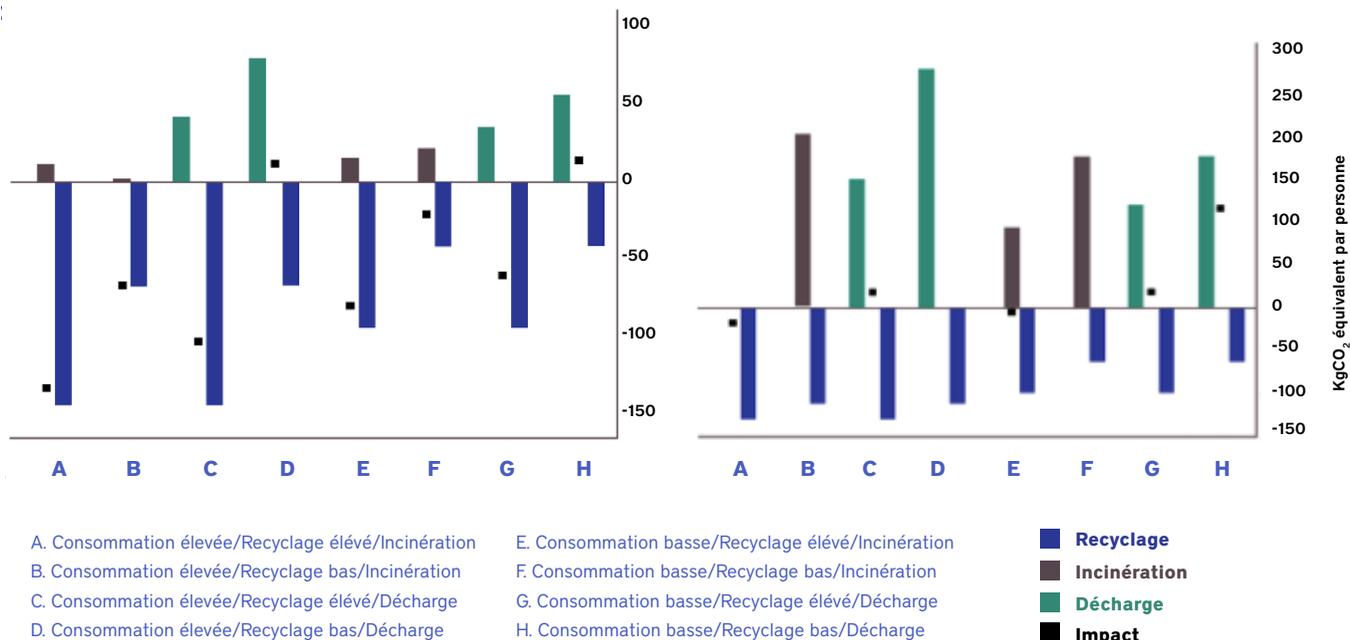


FIGURE 29A : Les émissions du secteur déchets excluant les émissions biogéniques.

FIGURE 29B : Les émissions du secteur déchets incluant les émissions biogéniques.

Source : La contribution potentielle de la gestion des déchets à une économie bas carbone – Rapport de la COP 21 - Eunomia – Octobre 2015

Les calculs de quantification des émissions de GES permettent ainsi :

- > d'identifier les principaux postes d'émissions ;
- > d'identifier les postes pour lesquels des leviers d'atténuation existent et de calculer leur impact, soit en tonnes équivalent CO₂, soit en pourcentage d'émissions évitables.

Sur ce dernier point, l'ADEME propose une méthodologie de calcul de l'impact GES d'une action d'atténuation dans son guide technique «Quantifier l'impact GES d'une action de réduction des émissions» (**Quanti GES. ADEME. 2016**). Toutefois, ces résultats ne peuvent être retranchés du bilan d'émissions de GES. Ils permettent uniquement de prioriser selon le potentiel d'atténuation des actions ou de communiquer sur l'impact des actions mises en oeuvre.

Plus globalement, le référentiel du système de management des gaz à effet de serre SM - GES proposé par l'Association Bilan Carbone se calque sur une démarche qualité et propose des outils adaptés aussi bien aux entreprises qu'aux collectivités territoriales. L'Institut de Formation Carbone⁹ propose des formations à cet outil.

9. <http://www.if-carbone.com/>

La démarche de mise en oeuvre peut suivre les étapes suivantes :

- > connaissance de ses émissions (quantification par un bilan des émissions de GES tel que BEGES, Bilan Carbone®,...) mises en oeuvre grâce aux guides sectoriels ADEME¹⁰;
- > identification des leviers d'actions possibles ;
- > étude de faisabilité, de coût, planification et priorisation ;
- > évaluation des actions menées.

Pour impliquer ses partenaires économiques : fournisseurs, sous-traitants, entreprises de travaux ou de services, un guide à destination des maîtres d'ouvrages a été publié par la Direction des Affaires Juridiques de l'État : « L'achat public : une réponse aux enjeux climatiques »¹¹. Il propose une définition du cadre juridique, des pistes d'actions, et une méthode d'approche stratégique.

10. <http://www.bilans-ges.ademe.fr/fr/ressource/guide-sectoriel-list>

11. <https://www.economie.gouv.fr/daj/guide-climat>

Exemples de hiérarchisation des principales activités émettrices de GES à l'échelle d'une collectivité

Fiches ressources : n°31 - Bilan carbone des unités de valorisation énergétique par incinération (Nantes Métropole), et n°18 - Bilan des émissions de GES (BEGES) du service public de traitement des déchets ménagers (Sycotom)

Dans le BEGES de Nantes Métropole, les déchets représentent plus de 40 % des émissions globales, l'eau 1 % et l'assainissement 3,5 %. Aussi, même si des leviers existent pour réduire les émissions de GES des domaines de l'eau, l'enjeu majeur réside dans l'incinération des déchets et notamment des matières plastiques, même si elles sont « compensées » par de la production de chaleur valorisée grâce à un important réseau de chaleur qui permet d'éviter la combustion de gaz naturel ou de fioul.



Pour l'eau et l'assainissement, les émissions liées aux travaux de canalisation sont les plus importantes au regard de l'expansion urbaine et de la politique de renouvellement des réseaux.

La démarche de Nantes Métropole, en tant qu'Autorité Organisatrice s'appuie à la fois sur l'opérateur public, les opérateurs privés qui sont mobilisés pour atténuer leurs émissions, les entreprises de travaux et de VRD (Voirie Réseaux Divers) avec des clauses intégrées dans les marchés publics d'exploitation, de fournitures, de services et de travaux, ou les délégations de service public.

En tant qu'exploitant, suivant les périmètres du marché ou de la délégation, la priorisation des émissions peut ne pas être la même que pour l'Autorité organisatrice. Chacun doit œuvrer quoi qu'il en soit pour réduire ses émissions et faire porter ses efforts selon son niveau de responsabilité.

Plusieurs approches ont été proposées pour prioriser les actions selon les périmètres d'intervention. Le périmètre d'analyse choisi est essentiel et la prise de conscience du processus complet permet de ne pas se tromper de cible et de prendre conscience des responsabilités respectives sur les postes à enjeux.

Quelle que soit la méthode retenue, un bilan matière (ou une approche flux), devra être mis en œuvre préalablement. Ce bilan matière ne peut suffire.

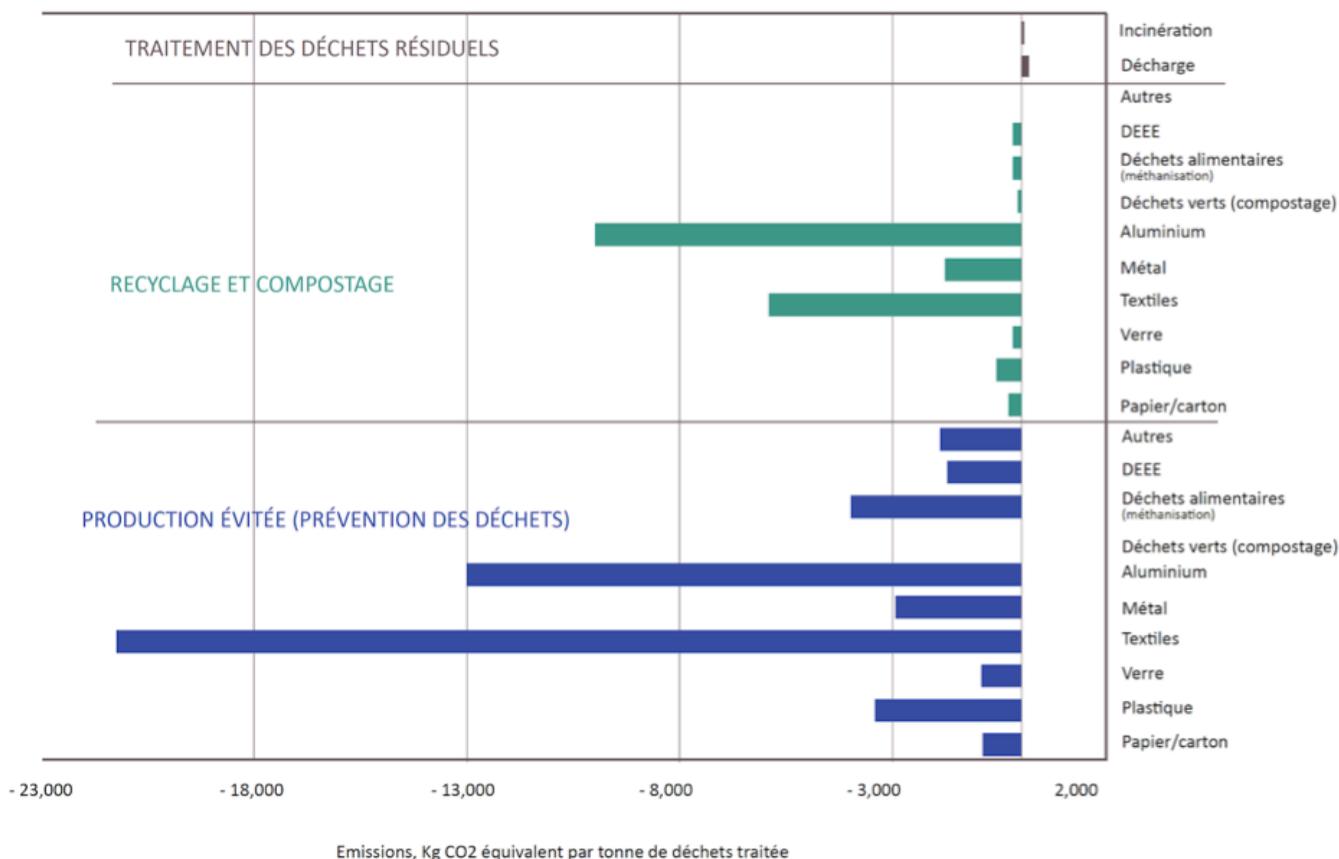


FIGURE 30 : Impacts climatiques des activités liées aux déchets excluant le CO₂ biogénique (sur 100 ans).

Source : La contribution potentielle de la gestion des déchets à une économie bas carbone – Rapport de la COP 21 - Eunomia – Octobre 2015

Ce schéma (Figure 30) montre, pour une tonne de déchets, les enjeux respectifs selon les matériaux de leur recyclage et valorisation. Si on y applique les tonnages concernés par notre activité, on peut alors cibler rapidement les émissions à enjeu pour notre périmètre. On voit que les tonnages les plus importants ne sont pas forcément ceux pour lesquels on a le plus d'émissions, ainsi les émissions des déchets inertes, ou de papier sont peu émetteurs, malgré les quantités parfois en jeu au regard des déchets dangereux, ou du recyclage des matériels métalliques.

L'approche flux sur l'eau rappelle l'importance des flux d'eaux pluviales et interroge sur leur prise en compte et les leviers qu'elles suscitent. Pour l'eau potable, les enjeux majeurs sur le chauffage de l'eau chaude sanitaire ne sont pas à oublier.

Une approche cycle de vie quant à elle, interrogera sur l'amont du déchet et les émissions relatives aux immobilisations, à la fabrication des produits et aux leviers à mettre en œuvre à ce stade pour limiter les déchets de production, limiter les quantités de ressources utilisées, réduire les emballages et les déchets de fin de vie.

Pour des organismes publics et collectivités territoriales mettant en œuvre des politiques publiques ces approches peuvent conduire à réorienter leurs actions, notamment vers les usagers ou leurs aménageurs.

Exemple d'approche flux de Nantes Métropole pour l'eau :

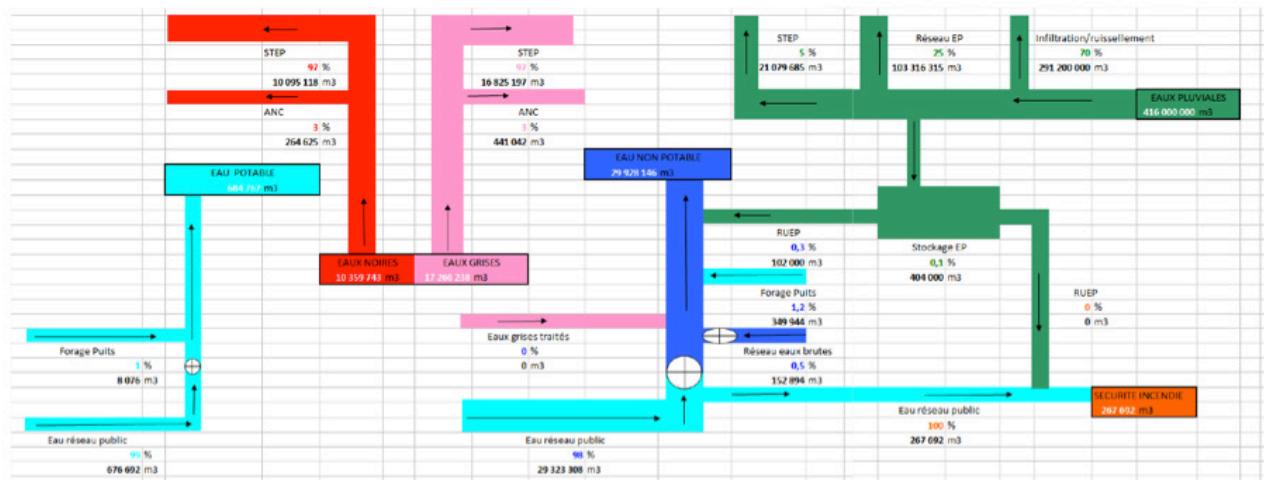


FIGURE 31 : Schéma détaillant les flux d'eau approchés de Nantes Métropole.

Source : Ébauche effectuée par N. Helpin (2014)

Alors que les eaux de pluie représentent des quantités très importantes du grand cycle de l'eau, dans les approches de quantification des services de l'eau, la question des eaux pluviales non collectées est souvent éludée, alors qu'elle apparaît comme cruciale dans les approches d'adaptation. Pour autant les choix de collecter ou d'infiltrer et les dispositifs « zéro tuyau » sont plus ou moins générateurs de travaux et de GES dans les nouvelles opérations d'aménagement, et ces travaux vont représenter l'essentiel des émissions du cycle des eaux pluviales (Helpin N. 2014, p. 96).

L'approche par flux permet de porter un regard différent sur les cycles en jeu et d'en avoir une vision globale (Helpin N. 2014, p. 96).

Lorsque l'on considère le cycle de l'eau potable jusqu'à l'utilisateur, on constate que beaucoup d'émissions sont liées au chauffage de l'eau sanitaire qui peut constituer le premier poste d'émissions de GES de l'eau potable¹². Ces émissions sont directement affectées à l'utilisateur, c'est lui qui paie son énergie, et la consommation, et elle peut ainsi être exclue de l'examen des émissions dans les approches BEGES basées sur la propriété et la responsabilité des émissions. Pour autant, les collectivités territoriales s'intéressent à l'énergie consommée sur l'ensemble de leur territoire, et leurs habitants et leurs ambitions inscrites dans les plans climat air énergie portent généralement aussi sur ce territoire. D'où l'importance pour diminuer les émissions de GES de l'eau potable d'agir en premier lieu sur le consommateur afin de réduire ses émissions énergétiques et de réduire son impact environnemental et de contribuer ainsi à l'amélioration des émissions affectées au petit cycle de l'eau.

12. Dans le Bilan Carbone® V8.1 de l'ADEME on voit qu'environ 50 % de l'eau chaude sanitaire est produite au gaz dans les appartements et 50 % à l'électricité dans les maisons. La consommation moyenne est de 1 398 kWh/an pour les appartements au gaz et 1 822 kWh/an pour les maisons à l'électricité. Les émissions annuelles sont donc entre 341 et 117 kgCO₂e/an. La consommation moyenne d'eau potable en France est d'environ 89 m³/hab en 2009 selon un rapport du Ministère de l'Écologie, ce qui donne un ratio pour le chauffage de l'Eau Chaude Sanitaire entre 3,831 kgCO₂e/m³ et 1,315 kgCO₂e/m³. Les émissions de production de l'eau potable donnent des ratios d'émissions autour de 0,168 kgCO₂e/m³ selon le bilan Carbone.

2. OUTILS ET MÉTHODES POUR ÉLABORER DES STRATÉGIES D'ADAPTATION

En matière d'adaptation, l'approche s'appuie sur la connaissance des vulnérabilités du service considéré au regard des aléas et risques climatiques, croisés avec les enjeux du service et son exposition aux risques climatiques considérés.

Une fois cette analyse menée, les objectifs d'adaptation du service pourront alors être définis en concertation avec les parties prenantes, afin d'élaborer un plan d'actions visant à réduire les vulnérabilités précédemment identifiées, et hiérarchisées. Un suivi et une évaluation des actions seront alors établis.

Il n'existe pas à notre connaissance de méthodologie développée appliquée à un service, les méthodes développées jusqu'à présent sont essentiellement menées sous l'angle territorial.

Toutefois, toutes ces démarches peuvent être sources d'inspiration et alimenter la démarche « service » proposée ci-dessus.

Nous avons établi une liste non-exhaustive d'outils pouvant contribuer à l'élaboration de stratégies d'adaptation sur un territoire. Ces outils, disponibles librement sur Internet, permettent de déterminer les éléments suivants :

> Projections climatiques à l'échelle locale : Climat HD et Drias (voir encart) rendent accessibles les résultats de modélisation climatique des instituts nationaux.

> Stress hydrique : Aqueduct Water Risk Atlas¹³ présente des indicateurs de stress hydrique en conditions actuelles et en conditions futures. L'outil Panda Water Risk Filter¹⁴ est une méthode d'évaluation du risque hydrique.

> Débits des rivières : Des modèles hydrologiques « pluie – débit » peuvent être utilisés pour évaluer les crues ou les étiages selon les projections climatiques. Par exemple, les outils de la suite GR permettent de modéliser les débits annuels, mensuels ou journaliers sont relativement simples à prendre en main avec un nombre de paramètres limité (voir encart). Ces modèles sont dédiés à des bassins versants ou sous-bassins versants peu urbanisés, c'est-à-dire présentant dans l'ensemble un faible coefficient d'urbanisation. Pour les bassins versants urbains, un autre outil d'intérêt est SWMM¹⁵.

> Vulnérabilité des eaux souterraines : Le portail WHYMAP¹⁶ donne, parmi d'autres informations sur les eaux souterraines, une évaluation cartographique de la vulnérabilité des grands aquifères aux inondations et aux sécheresses.

> Évaluation des îlots de chaleur urbains : Global Surface UHI¹⁷ Explorer et diagnostic à la cartographie des îlots de chaleur urbains¹⁸.

> Depuis 2012, l'ADEME travaille à l'élaboration de méthodologies et d'outils pour accompagner les collectivités dans l'élaboration de leur démarche d'adaptation au changement climatique. Les trois outils existants (Impact'Climat, Objectif'Climat Trajectoires et Objectif'Climat Suivi-évaluation) ont été regroupés en 2019 au sein d'une même démarche intégrée : la démarche TACCT (Trajectoires d'Adaptation au Changement Climatique des Territoires) schématisée ci-dessous (**Figure 32**) et présentée en encart.

13. Outil cartographique en ligne développé par le World Resources Institute (WRI) : www.wri.org/our-work/project/aqueduct

14. Outil cartographique en ligne développé par le World Wild Life Foundation (WWF) : <https://waterriskfilter.panda.org/>

15. SWMM (Storm Water Management Model) : Logiciel de modélisation développé et distribué gratuitement par l'US-EPA (<https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>)

16. WHYMAP (Worldwide Hydrogeological Mapping and Assessment Program) est un programme de l'UNESCO : http://www.whymap.org/whymap/EN/Maps_Data/Gwes/gwes_node_en.html

17. Outil cartographique en ligne conçue par l'Université de Yale : yceo.yale.edu/research/global-surface-uhi-explorer

18. Étude réalisée par la DREAL Pays de la Loire en 2017: http://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/3_marjorie-musy_dreal14mars2017_1_.pdf

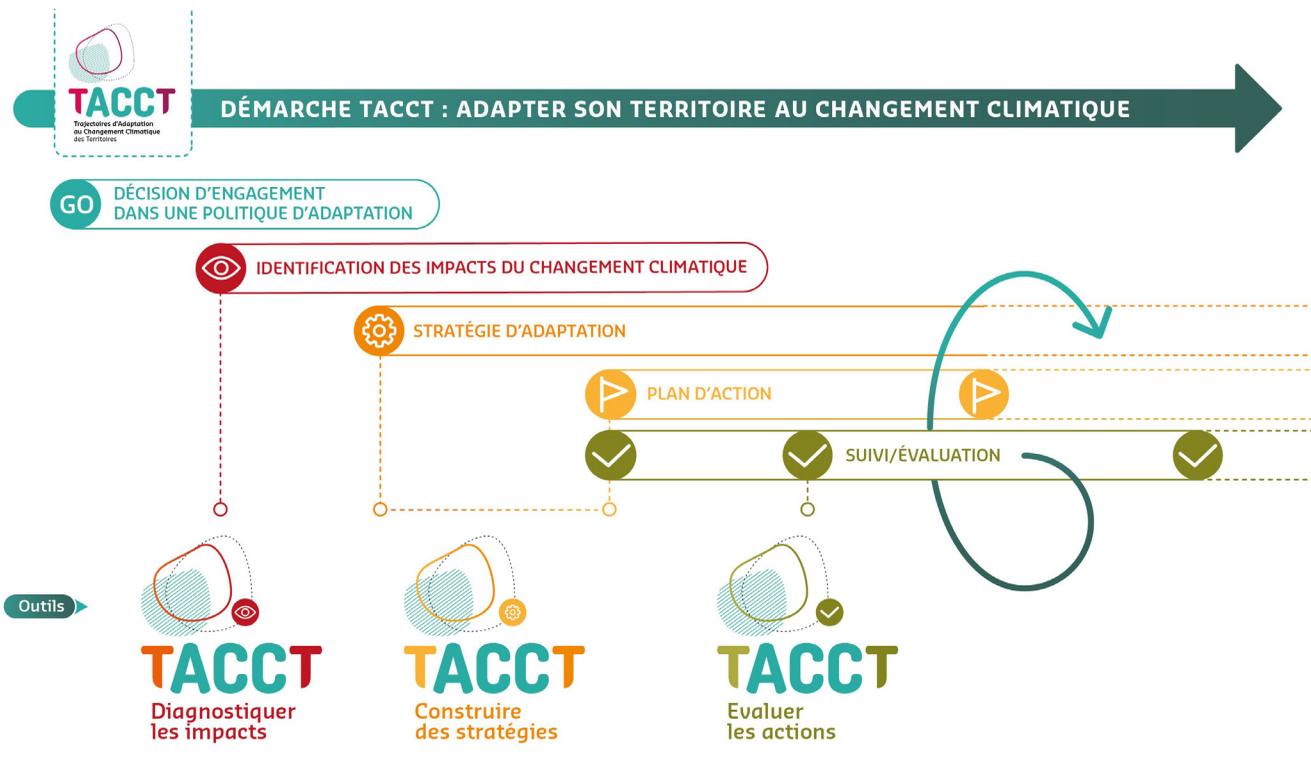


FIGURE 32 : Démarche TACCT : Adapter son territoire au changement climatique.

Source : ADEME

EAUX, DÉCHETS ET CHANGEMENT CLIMATIQUE

Comment les services publics des déchets et de l'eau peuvent-ils atténuer leurs émissions de gaz à effet de serre et s'adapter au changement climatique ?

CHAPITRE 4 : LES SERVICES D'EAU ET DE DÉCHETS ET LE CLIMAT

QUELS OUTILS AVEZ-VOUS DÉJÀ UTILISÉ POUR POSER UN DIAGNOSTIC ?

Vous souhaitez mettre en œuvre des solutions et élaborer des stratégies pour mieux faire face aux effets du changement climatique sur votre territoire. Préalable obligatoire : la phase état des lieux. Vous avez entendu parler de ces sigles : plateforme DRIAS, modèles GR4J, GR2M, BEGES... Mais vous ne savez pas forcément à quoi ils correspondent ?

Des opérateurs de services publics de l'eau et des déchets les ont testés et utilisés dans le cadre de leurs métiers : ils vous partagent leur expérience.

Que ce soit des outils connus et éprouvés ou des outils à créer et expérimenter, chacun peut avoir son utilité lorsqu'il s'agit de poser un diagnostic et élaborer des solutions.



https://youtu.be/FRVE9krn8_4

ILS TÉMOIGNENT :

- > Rémi BARBIER, Professeur à L'École Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg
- > François BORDEAU, Directeur du Cycle de l'Eau, Chartres Métropole
- > Magali DECHESNE, Chercheuse, Département Environnement et Santé, Veolia
- > Pierre HIRTZBERGER, Directeur Général des Services Techniques du Sycotom, Vice-président de l'Astee en charge du climat et des ressources.
- > Emmanuel PEZET, Président du Syndicat Intercommunal pour l'Assainissement de la région de Pontoise (SIARP)
- > Isabelle THOMAS, Responsable Service Santé Qualité de Vie, Bordeaux Métropole

POUR EN SAVOIR PLUS - FOCUS OUTILS

Plateforme DRIAS : <http://www.drias-climat.fr/>

Météo-France :

<http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/climathd>

Projet Explore 2070 (portail AFB) :

<https://professionnels.afbiodiversite.fr/fr/node/44>

Modèles Irstea :

http://webgr.irstea.fr/wp-content/uploads/2012/08/Modeles_GR_Resume.pdf

Bilan GES (méthode réglementaire) :

<http://www.bilans-ges.ademe.fr/fr/accueil/contenu/index/page/art75/siGras/1>

Association du Bilan Carbone :

<https://www.associationbilancarbhone.fr/>

Urb'Advanced

La démarche **URBADVANCED** issue du projet de recherche Syracuse en partenariat avec **SUEZ**, Sciences-Po Paris, l'École des Ponts et Chaussées et l'EPA Plaine de France, a bénéficié du soutien de l'ANR et du pôle de compétitivité Advancity pour la ville et la mobilité durables.



© SUEZ Consulting

Urbadvanced aborde les cycles des eaux, de l'énergie et des déchets, à l'échelle du bâtiment, du quartier ou de la ville. L'objectif est de développer les synergies et le développement durable dans ces cycles.

Pour vous accompagner, Urbadvanced analyse votre opération de manière transversale. Cette démarche collaborative et innovante vous permet d'adapter au mieux les techniques à vos ressources tout en maîtrisant vos investissements.

> **économie** : Optimisez les coûts de votre gestion de l'eau, de l'énergie et des déchets par une stratégie d'investissement durable pour vos services urbains ;

> **performance** : Faites face à la complexité technique de vos projets de développement urbain avec une analyse



© SUEZ Consulting

globale intégrant synergies et mutualisations pour guider vos choix techniques à chaque échelle ;

> **gouvernance** : Définissez des exigences ambitieuses, acceptées par vos partenaires et ciblez les prescriptions à chaque échelle pour atteindre les ambitions visées ;

> **concertation** : Intégrez les attentes de vos parties prenantes.

Urbadvanced propose deux offres modulables :

> **DIAGNOSTIC** : Comprendre les besoins du quartier pour construire la stratégie de développement durable ;

> **PERFORMANCE** : Construire un plan d'actions pour atteindre les objectifs à coûts maîtrisés.

Contacts : dcs@safeg.fr, mathilde.pecnard@SUEZ.com
michel.lafforgue@SUEZ.com



Démarche TACCT - Évaluer les actions.

<https://www.ademe.fr/mediatheque>

L'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) vous propose une méthodologie de suivi-évaluation des politiques d'adaptation au changement climatique.

Celle-ci se veut accessible à toutes les collectivités et peut s'utiliser soit comme un dispositif de suivi-évaluation à part entière soit comme une aide ponctuelle ou régulière pour intégrer l'adaptation dans le cadre de leurs dispositifs de suivi-évaluation pré-existants.

Philosophie et objectifs de la méthodologie

La méthodologie est conçue de manière flexible et intégratrice : elle permet aux collectivités de s'engager dans un dispositif de suivi-évaluation adapté à leurs besoins, selon leurs caractéristiques propres et le niveau d'avancement de leur politique.

Ce dispositif permet d'aider à :

- 1 structurer sa politique d'adaptation et préparer les éléments du suivi-évaluation ;
- 2 situer, suivre et en mesurer l'état d'avancement ;
- 3 évaluer sa progression et ses performances, dans une logique d'amélioration continue et d'apprentissage collectif.



Le guide méthodologique

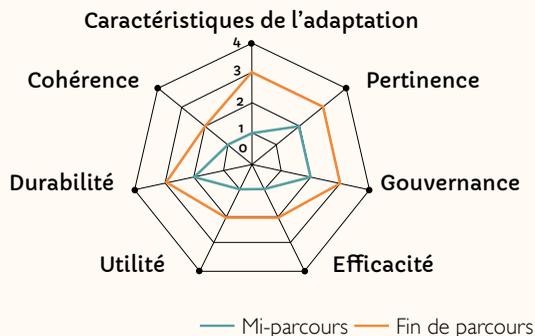
Il est conçu comme une véritable boîte à outils. Il s'organise sous forme de fiches « méthodes » qui fournissent des conseils méthodologiques pour organiser, mettre en place et réussir la mise en œuvre du suivi-évaluation.

Ce document peut être utilisé de manière indépendante ou parallèlement à la prise en main de l'outil Excel.

L'outil Excel

Il constitue un outil de pilotage intégral de la démarche de suivi-évaluation mais peut aussi être utilisé seulement pour quelques-uns de ses modules si un dispositif équivalent est déjà en place dans la collectivité, ou si la démarche d'adaptation n'est pas suffisamment avancée pour pouvoir en rendre compte de manière approfondie. L'outil Excel est assorti d'une notice d'utilisation qui présente l'outil et détaille onglet par onglet, les principes de fonctionnement, la procédure de remplissage, les conseils et points de vigilance dans l'utilisation de l'outil.

Évaluation de la politique d'adaptation au changement climatique



Climat HD¹⁹

Le site web Climat HD est une application interactive de Météo-France qui propose une visualisation simple, accessible à tous, de l'état des connaissances sur le changement climatique en France, aux échelles nationale et régionale, basée sur les derniers travaux des climatologues. L'application offre une vision intégrée de l'évolution passée du climat et des projections simulées pour le futur. Elle permet de visualiser l'évolution depuis 1900 et à l'horizon 2100 de différents indicateurs et phénomènes : températures, précipitations, jours de gel, vagues de chaleur, vagues de froid, pluies intenses, tempêtes...

Projections climatiques en France (outil Drias)

Le portail de données *Drias - Les Futurs du Climat* (Météo-france, et al. 2018) a pour vocation de mettre à disposition des projections climatiques régionalisées réalisées dans les laboratoires français de modélisation du climat (IPSL, CERFACS, CNRM-GAME). Ces résultats sont issus de l'ensemble de simulations climatiques EURO-CORDEX (Jacob, D. et al. 2014), basées à la fois sur des modèles utilisant des descentes d'échelle statistiques et dynamiques, et forcées par les modèles globaux utilisés dans le dernier rapport du GIEC. Les données rendues disponibles sont, entre autres, **des projections de température et de pluviométrie pour une résolution spatiale de 8 x 8 km et pour les horizons de temps suivants : référence (1976-2005), horizon proche (2021-2050), horizon moyen (2041-2070), et horizon lointain (2071-2100)**. Les informations climatiques sont délivrées sous différentes formes graphiques ou numériques.

Modélisation hydrologique (outils GR)²⁰

La simulation des débits à la surface des bassins versants est réalisée grâce à des modèles hydrologiques, ou modèles « pluie-débit ». Ces modèles permettent de simuler les débits des cours d'eau d'un bassin versant à partir de variables atmosphériques, et ainsi étudier les paramètres hydrologiques de surface (bilan d'eau, bilan d'énergie, flux). En France, la suite de modèles GR4J/GR2M/GR1A (Mouelhi, et al. 2003) est une référence, et a notamment été utilisé dans le projet de l'ONEMA Explore 2070 (Chauveau, M. et al. 2013). Ce sont les modèles hydrologiques du Génie Rural (GR) développés par l'IRSTEA. Ces modèles sont parfois apparentés à des modèles conceptuels du fait de leur structure à réservoirs, mais ce sont en fait des modèles empiriques car leurs paramètres sont calés. Leur construction s'est faite sur la base de grands jeux de données de plusieurs centaines de bassins dans des conditions variées. Chaque modèle a un pas de temps de fonctionnement et un nombre de paramètres spécifiques : GR1A # annuel et un paramètre, GR2M # mensuel et deux paramètres, GR4J # journalier et quatre paramètres. Ces modèles n'ont besoin pour fonctionner que de données continues de pluie et d'évapotranspiration potentielle (ETP). **Le faible nombre de paramètres permet de limiter les problèmes de « surparamétrisation » et leur confère une bonne robustesse.** En outre, le modèle intègre son propre module de calibration et il optimise lui-même ses paramètres. Ces modèles, relativement simples d'utilisation, sont largement utilisés et reconnus en France.

19. <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/climathd>

20. <https://webgr.irstea.fr/logiciels/airgr/>

Travail sur la métrique de l'adaptation

Comment évaluer l'efficacité des projets d'adaptation au changement climatique ?

L'enjeu de la mesure de l'efficacité des projets d'adaptation et de leur taxonomie, est de permettre leur sélection, leur financement, leur mise en œuvre et leur suivi, ainsi que d'assurer différents acteurs contre les risques liés aux changements climatiques. Le développement des méthodologies aboutissant à des indicateurs de l'adaptation et de paramètres quantifiables, qui puissent être agrégés et comparables au sein d'un même enjeu adaptatif, est donc très utile.

Une taxonomie sur laquelle tout le monde s'accorderait, permettrait entre autres usages, de prioriser les actions par rapport aux enjeux et de comparer les projets entre eux. Un premier essai de taxonomie a été réalisé dans le domaine du traitement de l'eau, que nous aimerions poursuivre avec une collectivité régionale intéressée. Cette taxonomie autoriserait des comparaisons intra sectorielles, interrégionales internationales ; à un moment donné et dans le temps. Elle permettrait aussi de savoir quelles caractéristiques d'une mesure adaptative faire ressortir pour apprécier son potentiel face à l'enjeu.

La seconde ambition est d'apprécier et de prédire le potentiel adaptatif d'une mesure adaptative locale du point de vue de son bénéficiaire, du décideur comme du financeur, en fonction de la correspondance entre telle classe de mesures et telle classe d'enjeux. Les collectivités régionales, en France et à l'international, sont des acteurs terrain incontournables pour réaliser cette adaptation au long cours.

Un exemple : le plan climat eau énergie du Syndicat des Eaux d'Ile-de-France

En tant qu'acteur du territoire francilien, le SEDIF est en interaction avec son environnement, et veille à limiter son impact. Ainsi, la prise en compte de la dominante climatique dans son action est essentielle, et partie intégrante de sa politique environnementale, initiée dès 2001, et certifiée ISO 14001 dès 2002.

Le SEDIF a une double approche d'atténuation et d'adaptation au changement climatique, pour limiter l'impact de son activité sur le changement climatique, réduire sa vulnérabilité et accroître sa résilience face à ses conséquences. Il a formalisé et consolidé ses engagements et actions, initiés depuis près de 15 ans, au travers de son Plan Climat Eau Énergie adopté à l'unanimité par le Comité syndical en octobre 2017. Cette démarche volontaire doit permettre de partager les enjeux avec les collectivités adhérentes au SEDIF, et les autres acteurs franciliens, ainsi qu'à contribuer à la dynamique territoriale en faveur de la transition énergétique.

Le Plan Climat Eau Énergie du SEDIF s'articule autour de cinq orientations :

- > consolider la diminution des consommations énergétiques du SEDIF ;
- > augmenter les capacités de production d'énergies renouvelables et de récupération ;
- > poursuivre l'effort de diminution des émissions de gaz à effet de serre (GES) ;
- > préserver la ressource en eau ;
- > garantir sur le long terme l'alimentation en eau potable.

Ces orientations se déclinent en 17 engagements, dont notamment réduire encore les pertes en eau, favoriser les énergies renouvelables, mettre en œuvre des pratiques vertueuses pour la conception et la réalisation des travaux et la gestion des déchets, sensibiliser les usagers à la maîtrise de leur consommation d'eau, renforcer la résilience en cas de crises majeures d'ampleur régionale.

Ces engagements sont assortis de cibles élevées, notamment obtenir la certification ISO 50 001 « management de l'énergie » dès 2015, réduire de 6 % la consommation d'énergie électrique des installations avant 2020, consommer 100 % d'énergie électrique d'origine renouvelable pour l'exploitation dès 2013, réduire de 33 % à l'horizon 2020 les émissions de GES liées à l'exploitation, réaliser au moins 15 % de travaux sans tranchée en renouvellement du réseau de distribution dès 2011, compenser l'ensemble des émissions résiduelles du service.

<https://www.sedif.com/plan-climat-eau-energie.aspx>

4 Mesures d'atténuation et d'adaptation multifonctionnelles : quelques exemples

Ainsi de multiples synergies existent. Nous dressons ci-dessous une liste non-exhaustive de solutions d'atténuation et d'adaptation faisant appel à des services et des compétences transverses : urbanisme, eau, déchets, risques, espaces verts, biodiversité, voirie, développement économique et social, agriculture.

Promouvoir l'eau et la biodiversité en ville, pour un aménagement durable et pour une meilleure gestion des risques hydrologiques (inondations, stress hydrique) :

- > en milieu urbain, encourager la présence diffuse mais généralisée du végétal qui contribue à une maîtrise de l'écoulement et à la rétention en amont des eaux pluviales (via des plates-bandes absorbantes, bassins secs, etc.) ainsi qu'au rafraîchissement par l'évapo-transpiration ;
- > en milieu rural, limiter le ruissellement des eaux pluviales et privilégier la rétention à l'amont : ripisylves, haies et prairies ;
- > rendre l'eau visible et sensibiliser les populations, notamment en rouvrant les cours d'eau en ville ;
- > désimperméabiliser les sols et gérer les eaux pluviales par infiltration lorsque les caractéristiques du sous-sol le permettent ;
- > utiliser des revêtements poreux pour les voies, les trottoirs, les cheminements piétonniers, les parkings de véhicules qui facilitent l'infiltration des eaux pluviales et le stockage en souterrain : dalles alvéolées, copeaux en bois, graviers, etc. ;
- > récupérer les eaux pluviales ou réutiliser les eaux usées traitées ou d'autres eaux de qualité moindre adaptées à leur usage (comme les eaux claires parasites des réseaux d'assainissement ou eaux d'exhaure) pour l'arrosage des espaces verts publics et privés ;

- > utiliser un réseau d'eau brute pour les usages non domestiques (voirie, agriculture, industrie) ;
- > mettre en place une gestion centralisée de l'arrosage asservi aux conditions météorologiques ;
- > engager des mesures de réduction de l'utilisation des pesticides et engrais chimiques en incitant aux techniques agricoles raisonnées ou biologiques, afin de réduire l'impact des intrants et de réduire l'intensité énergétique de la production agricole grâce à la réduction de l'utilisation des machines et engins agricoles ;
- > adopter des techniques de paillage permettant de limiter l'évaporation (division par 3) et plantation de haies brise-vent aux alentours des massifs pour réduire le phénomène de dessèchement des sols par l'effet du vent afin de préserver la productivité agricole et d'éviter des mesures de compensation négatives : arrosage, pompage, etc. ;
- > choisir des espèces végétales adaptées au climat ne nécessitant pas (ou peu) d'arrosage. Le cas échéant, utiliser des essences de type méditerranéen ou assimilé, comme les herbacées en alternative aux gazons usuels, gros consommateurs d'eau (exemple : Zoysia tenuifolia ou gazon de Mascareignes utilisé à Marseille) ;
- > prévoir des noues végétalisées, des bassins d'infiltration, des toitures végétalisées... participant à la rétention des eaux pluviales, à l'amélioration de l'ambiance thermique des espaces publics et à l'isolation thermique des habitations.

Promouvoir l'économie circulaire sur le territoire, pour une gestion durable des déchets, pour éviter des émissions de GES, et pour le développement économique :

- > développer les réseaux d'économie circulaire sur le territoire (ex : les déchets bois d'une scierie sont utilisés par une entreprise productrice de briquettes de chauffage) ;
- > utiliser des produits recyclés dans la fabrication industrielle ;
- > utiliser des produits biosourcés ;
- > éco-concevoir les produits ;
- > améliorer la réparabilité des produits.



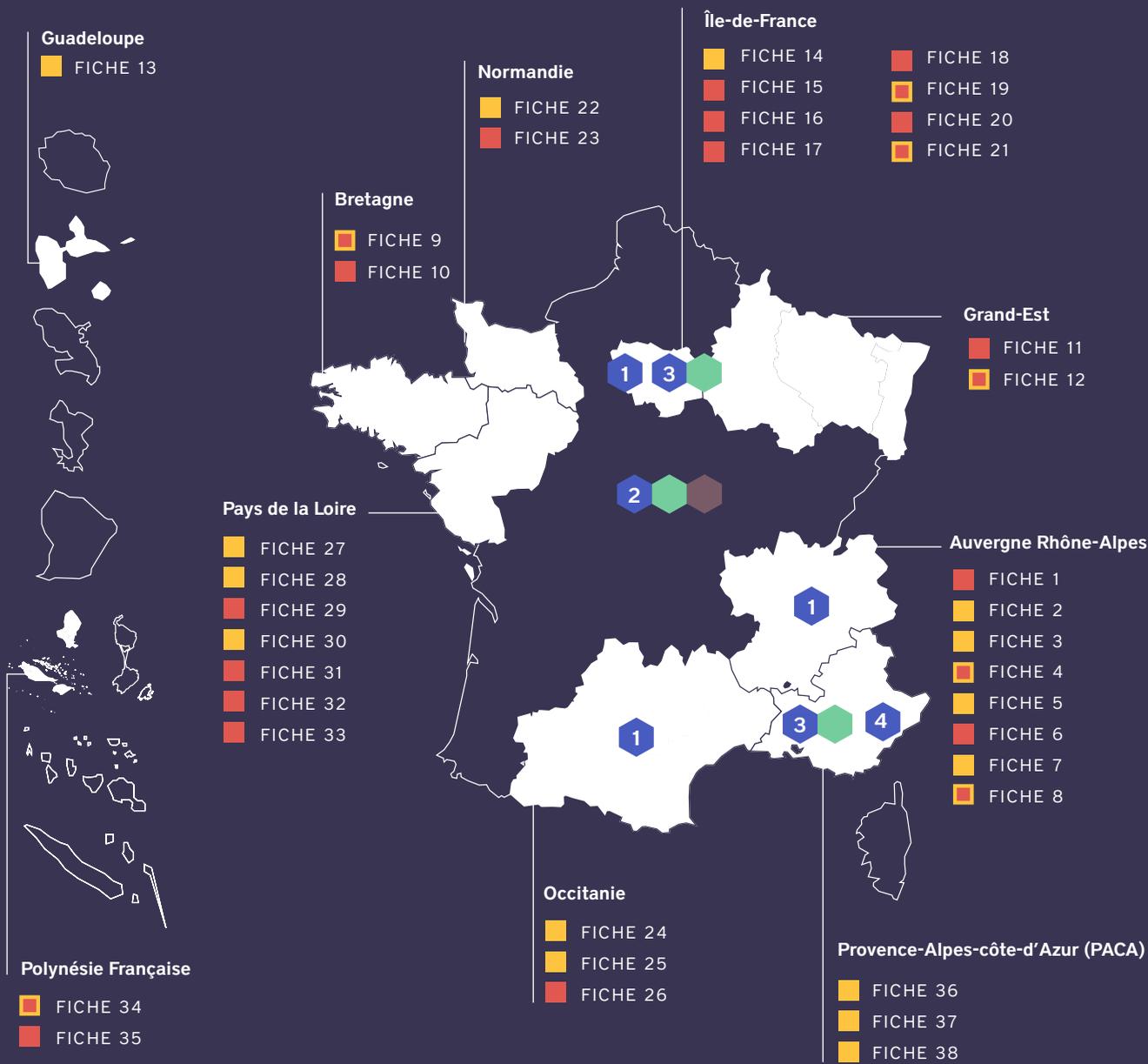
Éco-quartier à Issy-les-Moulineaux

Crédit : Rudy Contout



Méandre le long de la Bièvre

Crédit : Solène Le Fur



| | | | |
|--|---|---|--|
| <p>1</p> <p>SYNTHÈSE 1 ADAPTATION Eau / Auvergne Rhône-Alpes, Île-de-France et Occitanie</p> | <p>2</p> <p>SYNTHÈSE 2 ATTÉNUATION Eau, déchets et mixte / tout le territoire, Bretagne, Normandie, Île-de-France, Marseille...</p> | <p>3</p> <p>SYNTHÈSE 3 ADAPTATION Eau et déchets / Île-de-France, PACA, tout le territoire.</p> | <p>4</p> <p>SYNTHÈSE 4 ADAPTATION Eau / PACA</p> |
|--|---|---|--|

CHAPITRE 5 :

POUR VOUS INSPIRER

EAU

DÉCHETS

MIXTE OU AUTRE

LES FICHES DE RETOURS D'EXPÉRIENCE SONT CLASSÉES PAR THÉMATIQUES :

| | | |
|--|--|-----|
|  | FICHE 1 : CAPTURE Station d'épuration du futur | 90 |
|  | FICHE 2 : Concevoir des prairies multi-espèces résistantes à la sécheresse, productives et pérennes | 94 |
|  | FICHE 3 : Optimisation des performances du réseau de distribution | 98 |
|  | FICHE 4 : Appel à manifestation d'intérêt «Économie circulaire, zéro gaspillage» | 102 |
|  | FICHE 5 : Éco-quartier, ZAC Lyon - La Duchère | 106 |
|  | FICHE 6 : Analyse des gains énergétiques potentiels et effectifs de stations d'épuration <i>a priori</i> économes en énergie | 110 |
|  | FICHE 7 : Adamont : Impacts du changement climatique et adaptation en territoire de montagne | 114 |
|  | FICHE 8 : Aménagement de l'Yzeron à Oullins | 118 |
|  | FICHE 9 : Ecodot : Garantir l'alimentation en eau potable d'un bassin d'eau grâce à un programme global « du captage au robinet » | 122 |
|  | FICHE 10 : Recyclage du phosphore des eaux usées et des boues d'épuration - PhoSTEP | 126 |
|  | FICHE 11 : Biovalsan : Épuration du biogaz de la STEU de Strasbourg et son injection au réseau | 130 |
|  | FICHE 12 : Mise en place d'une gestion centralisée de l'arrosage automatique des massifs fleuris | 134 |
|  | FICHE 13 : Aménagement de l'éco-quartier de Saint-Jean à Petit-Bourg pour faire face aux érosions littorales | 138 |
|  | FICHE 14 : L'eau, une ressource à protéger pour des usages diversifiés. Application au milieu urbain parisien. | 142 |
|  | FICHE 15 : Puits de carbone | 146 |
|  | FICHE 16 : Captage et valorisation du CO ₂ sur l'Unité de Valorisation Énergétique (UVE) de Saint-Ouen | 150 |
|  | FICHE 17 : Transport fluvial des déchets | 154 |
|  | FICHE 18 : Bilan des émissions de GES du service public de traitement des déchets ménagers | 158 |
|  | FICHE 19 : Sectorisation du réseau d'eau potable | 162 |
|  | FICHE 20 : Mocopée | 166 |
|  | FICHE 21 : CoRDEES* : une nouvelle gouvernance énergétique pour l'éco-quartier Clichy-Batignolles | 170 |
|  | FICHE 22 : LiCCo - Littoraux et Changements Côtiers - Projet franco-britannique | 174 |
|  | FICHE 23 : Projet Siroco – Et si on recyclait le CO ₂ ? | 178 |
|  | FICHE 24 : Réutilisation des eaux traitées pour le golf du Cap d'Agde | 182 |
|  | FICHE 25 : IrriAlt'Eau : Une ressource en eau alternative de qualité et quantité maîtrisées pour l'irrigation de la vigne | 186 |
|  | FICHE 26 : Projet de territoire zéro déchet, zéro gaspillage du Syded du Lot | 190 |
|  | FICHE 27 : VEGDUD : Rôle du végétal dans le développement urbain durable | 194 |
|  | FICHE 28 : Projet : Zones inondables par ruissellement | 198 |
|  | FICHE 29 : Transport des déchets en déchetteries | 202 |
|  | FICHE 30 : Construire sur une zone inondable : ZAC de Pirmil les Isles | 206 |
|  | FICHE 31 : Bilan Carbone des unités de valorisation énergétique par incinération | 210 |
|  | FICHE 32 : Optimisation de la collecte des ordures ménagères | 214 |
|  | FICHE 33 : SMCNA : Territoire zéro déchet, zéro gaspillage ? | 218 |
|  | FICHE 34 : Dessalement d'Eau de Mer par Osmose Inverse Solaire (DEMOS) | 222 |
|  | FICHE 35 : Projet« Vaimarama » Production électrique à Papeete par turbinage d'eau potable | 226 |
|  | FICHE 36 : L'assainissement de Marseille face aux changements climatiques | 230 |
|  | FICHE 37 : Parc de la confluence de l'Huveaune à Auriol | 234 |
|  | FICHE 38 : Projet SIMBA : Surveillance des Intrusions Marines en Basse Crau | 238 |

**SYNTHÈSE 1 ADAPTATION** / Eau / Auvergne Rhône-Alpes, Île-de-France et Occitanie

242

**SYNTHÈSE 2 ATTÉNUATION** / Eau, déchets et mixte / tout le territoire, Bretagne, Normandie, Île-de-France, Marseille...

245

**SYNTHÈSE 3 ADAPTATION** / Eau et déchets / Île-de-France, PACA, tout le territoire

249

**SYNTHÈSE 4 ADAPTATION** / Eau / PACA

252



TERRITOIRE :
Lyon Métropole

COÛTS : **900 k€ HT**

DURÉE /DATES :
2018 - 2022

RÉGION :
Auvergne-Rhône-Alpes

PORTEUR DU PROJET :
**Irstea
Agence de l'eau Rhône
Méditerranée Corse**

RÉSULTATS
ATTENDUS :
**Maîtriser des
techniques de
captage du carbone
en laboratoire et les
appliquer à l'échelle
d'installations
industrielles**

THÈMES : **Récupération
d'énergie, valorisation
des nutriments,
production de méthane**

CAPTURE

Station d'épuration du futur

CONTEXTE ET ENJEUX

S'inscrire dans le futur

L'idée est de repenser les modes de gestion des eaux usées en France et dans le monde en intégrant la prise de conscience du public vis-à-vis de la gestion de l'eau.

Le projet CAPTURE est porté par l'Irstea, l'Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture. Ce projet s'inscrit dans la préfiguration de la station d'épuration du futur: Captage et valorisation du carbone des eaux usées par procédé biologique forte charge et/ou par décantation primaire avancée. Il traite de la valorisation des ressources de l'eau : maximiser le captage de matières organiques carbonées plutôt que leur oxydation, l'impact sur la récupération d'énergie sous forme de méthane et la valorisation des nutriments des boues.

L'expérimentation porte sur deux systèmes : la décantation primaire améliorée (en testant notamment des coagulants organiques biosourcés) et le procédé de boues activées à très forte charge.

Après prétraitement des eaux usées (déchuilage, dessablage, dégrillage), une décantation primaire simple permet de récupérer environ 40% de la matière organique (DCO). L'intérêt du projet Capture porte sur le captage supplémentaire de la matière colloïdale. L'idée est de pouvoir la récupérer en plus de la matière facilement décantable afin de l'envoyer en digestion anaérobie (atteindre jusqu'à plus de 60% de capture de DCO en traitement primaire).

L'objectif du projet est d'améliorer la connaissance des processus impliqués à l'échelle du laboratoire pour proposer des solutions jusqu'à l'échelle du procédé industriel.

Concernant l'échelle industrielle, il est envisageable d'installer un démonstrateur à la station d'épuration de Saint-Fons (69).

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX ET SOCIAUX

Les objectifs sont de réduire les consommations énergétiques de la station d'épuration (capter plutôt qu'oxyder), de réduire l'utilisation de produits chimiques ayant une empreinte environnementale forte au profit de produits biosourcés dont l'empreinte écologique est *a priori* moins importante, tout en maximisant la réinjection dans l'économie circulaire de matières d'intérêt issues de ces eaux usées.

Cela passe par l'augmentation de la production de méthane à partir des eaux usées et la valorisation des nutriments issus des boues. Pour ce second point le processus de digestion anaérobie des boues (obtenues par décantation primaire améliorée ou procédé A) permet l'obtention d'un digestat riche en phosphore et en azote qui peut être valorisé.

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Ce projet s'inscrit dans un cadre réglementaire de la loi de transition énergétique pour la croissance verte (LTECV).

Il y a une volonté de l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse d'aider au développement d'approches alternatives à l'assainissement conventionnel.



**Station
d'épuration
de la
Feysine**
Source :
Alumni INSA
Lyon

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

LA DÉMARCHE

La démarche consiste à développer des éléments de connaissance sur les deux procédés testés en conditions contrôlées et à pleine échelle. Il y a trois niveaux de caractérisation de ces procédés :

- > caractérisation des performances : épuratoires, hydrauliques, charges applicables, sédimentation associée ;
- > caractérisation des mécanismes : types de coagulants, nature de la fraction organique, caractérisation des substances polymériques extracellulaires (SPE ou EPS en anglais), protéines, micro-organismes en présence ;
- > caractérisation de l'impact de l'insertion de ces procédés sur les étapes en aval : pouvoir méthanogène des boues, fractionnement des matières organiques, valorisation des nutriments, traitement de l'azote.

LES ÉTAPES DU PROJET

Année 1 (mai 2018 - avril 2019) : Rédaction d'une synthèse bibliographique. Pré-tests en milieu contrôlé sur la plate-forme Irstea de la Feyssinne (69) avec eaux brutes réelles. Pour le procédé physico-chimique, sélection de produits parmi les coagulants et floculants disponibles en France par des essais statiques soit en jar-test soit en colonne (sels métalliques pour contrôle, molécules organiques et organiques biosourcées). Pour le procédé A mise en œuvre de prétest pour dimensionner une expérimentation pilote (aération, pompage et décantation des boues forte charge).

Année 2 (mai 2019 - avril 2020) : Mise en œuvre du procédé biologique à l'échelle pilote en conditions contrôlées et obtention des grandeurs spécifiques en travaillant avec des effluents réels. Cela permettra de déterminer des paramètres de fonctionnement sur une colonne d'une capacité de traitement d'environ $1 \text{ m}^3/\text{h}$ soit environ 160 EH). Mise en œuvre d'un essai de coagulation floculation en continu avec les meilleurs produits sélectionnés après l'année 1 (capacité de traitement de environ $0,1 \text{ m}^3/\text{h}$ soit 16 EH). Production de boues (Dec. I et proc. A) et test sur la biodégradabilité (production de CH_4), le captage de nutriments dans les digestats.

Année 3 et 4 (mai 2020 - avril 2022) :

- > Étape 1 : Tests paramétriques sur un réacteur forte charge (capacité de traitement environ $12 \text{ m}^3/\text{h}$ soit environ 2000 EH) couplé à un décanteur lamellaire pour tester procédé A, décantation primaire améliorée en conditions semi-contrôlées.
- > Étape 2 (en parallèle), mise en œuvre à l'échelle industrielle couplé à une unité de digestion sur site de la STEP de Saint-Fons (69). Test des molécules organiques et organiques biosourcées en conditions réelles dans un décanteur primaire pleine échelle sur quelques jours (capacité $1600 \text{ m}^3/\text{h}$ soit environ 256 000 EH).
- > Étape 3 : modélisation des résultats obtenus, simulation des impacts sur des stations d'épuration existantes en terme de production de CH_4 , traitement/valorisation des nutriments...

L'étape suivante sera la mise en œuvre des procédés à l'échelle d'une station d'épuration entière de 200 000 EH.

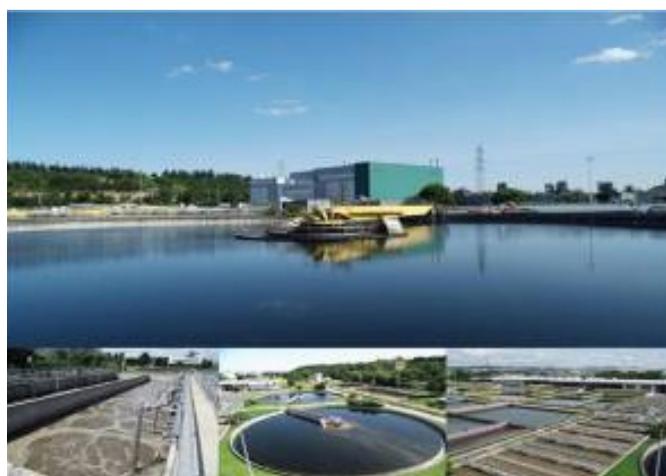
APPROCHES EXPÉRIMENTALES

L'un des objectifs est de déterminer la quantité de carbone maximale qui peut être récupérée dans les eaux usées et l'intérêt pour la valorisation du méthane. La caractérisation de l'impact aval des processus de captage du carbone sur les procédés de traitement est également recherchée.

APPROCHES EXPÉRIMENTALES

Les résultats du projet devraient contribuer à :

- > définir des modèles de conception, des guides techniques d'exploitation ;
- > proposer un guide de transition précisant les conditions nécessaires à la transformation d'une STEP classique à une STEP du futur (réhabilitation).



Station d'épuration de Saint-Fons
Source : Saur

RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

Maître d'ouvrage

Irstea
Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse
Grand Lyon Métropole

Partenaires

UR REVERSAAL - Irstea Lyon-Villeurbanne
Laboratoire DEEP - INSA-Lyon
Saur
Laboratoire d'analyse du site de Saint-Fons

MOYENS FINANCIERS

Coûts

Coûts totaux (projet CAPTURE*):

Irstea 500 k€ (AERMC 50%)

INSA 200 k€ (AERMC 50%)

Saur 180 k€

* Le cout de l'installation démonstration n'est pas pris en compte

SUIVI ET ÉVALUATION

Le projet dispose d'un site web présentant les principaux résultats, une page LinkedIn et le portail Researchgate seront prochainement alimentés.

Une Analyse du Cycle de Vie (ACV) sera réalisée pour vérifier la valeur ajoutée de la solution par rapport aux technologies conventionnelles.



RETOUR D'EXPÉRIENCE BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

Réduire la facture énergétique de la station, ce qui serait éventuellement répercuté sur la facture de consommation d'eau ou pourrait permettre de payer un investissement de réhabilitation.

Le projet vise à remplacer les coagulants et floculants par des lignines ou de l'amidon pour réduire l'impact environnemental du traitement.

OBSTACLES

Difficultés de financement de la mise à l'échelle industrielle, très coûteuse.

« La station d'épuration du futur valorisera tout le potentiel des effluents .»

Dorothee Laperche

Article Environnement et Technique n° 364

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

A ce jour, l'objectif est de mettre en œuvre une première référence qui si elle voit le jour pourrait servir de démonstrateur dans des contextes similaires.

PERSPECTIVES

Poursuivre la caractérisation de l'impact du captage du carbone sur les étapes aval : production de biométhane, traitement et/ou valorisation de l'azote

EN SAVOIR PLUS:

Sites

Projet CAPTURE

https://reversaal.irstea.fr/?page_id=259

Économies d'énergie et STEU

<https://energie-step.irstea.fr/>

Référents du projet :

Florent Chazarenc, Irstea Lyon-Villeurbanne



RÉGION :
Auvergne-Rhône-Alpes

PORTEUR
DU PROJET :
**Chambre
d'agriculture
de la Drôme**

THÈMES :
**Sécheresse,
agriculture**

TERRITOIRE :
**Bourg-les-Valence,
Rhône-Alpes**

COÛTS :
Environ 28 k€

DATES :
1998 – 2014

APPEL À PROJET
RÉFÉRENT :
**AP Atténuation
et Adaptation au
changement climatique
ADEME**

RÉSULTATS ATTENDUS :
**Développement d'un
mélange d'espèces
adapté à la sécheresse**

Concevoir des prairies multi-espèces résistantes à la sécheresse, productives et pérennes

CONTEXTE ET ENJEUX

Depuis 20 ans, les chambres d'agriculture de la Drôme et de l'Isère travaillent à la recherche de prairies pérennes et résistantes à la sécheresse. C'est une démarche qui répond surtout à une demande de la part des éleveurs et des agriculteurs qui cherchent à avoir une herbe permettant de nourrir leurs troupeaux. Un premier mélange a été testé pour répondre au cahier des charges de l'appellation St-Marcellin : fétuque élevée, dactyle, ray gras, trèfle blanc, lotier. L'objectif était d'identifier des prairies pérennes qu'il serait possible de semer près des bâtiments utilisés pour le pâturage. En 2007, une expérimentation a repris ce mélange pour tester s'il était adapté à la sécheresse. Un épisode de forte sécheresse à l'été 2009 et au printemps 2011 a permis de montrer sa résistance. Cependant, on a pu constater des rendements moins élevés lors de la fauche par rapport au sainfoin, à la luzerne ou au trèfle violet. D'autres mélanges ont donc été testés avec des espèces plus adaptées à la fauche que le mélange initial qui était davantage prévu pour les pâtures.

Le concept a ensuite été développé pour tous les types d'élevage (bovins, caprins, ovins), dans des milieux variés, en Drôme, Ardèche et Loire, et en adaptant les mélanges d'espèces au contexte local.

Les objectifs étaient de s'adapter au changement climatique, d'éviter la monoculture et de favoriser l'autonomie en azote des élevages.

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

- > **Obtenir un rendement régulier malgré les aléas climatiques.**
- > **Réduire l'utilisation d'intrants et de produits phytosanitaires.**
- > **Disposer de mélanges adaptés à l'agriculture biologique.**

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Au démarrage, l'utilisation de nouvelles espèces impliquait pour l'agriculteur de perdre certaines aides couplées de la PAC (Politique Agricole Commune). Depuis la PAC a évolué et permet de favoriser le développement des techniques multi-cultures sans chercher à maximiser les primes.

ENJEUX SOCIAUX

Maintenir l'élevage dans des zones dont l'agriculture tend de plus en plus vers une agriculture méditerranéenne.



Visite d'une des prairies identifiées dans le cadre du projet
Source : PEP Bovins lait

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

CONCEPTION

Dans un premier temps, les données de terrain et les questions des agriculteurs ont permis d'orienter les réflexions sur les mélanges multi-espèces à adapter selon le milieu, l'humidité, le climat, les espèces, le type d'élevage, etc.

Les études se sont également basées sur les résultats du Programme de Recherche sur le développement régional Climfourrel. Mené par les anciennes régions Rhône-Alpes, Midi-Pyrénées et Languedoc-Roussillon, en partenariat avec le CIRAD, l'INRA, Irstea et Supagro Montpellier, le projet visait à adapter les systèmes fourragers et d'élevage péri-méditerranéens aux aléas liés au changement climatique.

Six mélanges ont ainsi été testés au lycée agricole de Valentin (voir tableau ci-dessous). Ils ont été comparés selon quatre types de traitement : en fauche, en bio/conventionnel, en milieu sec/irrigué. Pour chaque traitement, il y avait quatre répétitions, soit 96 micro-parcelles. Il y a eu cinq récoltes en 2008, quatre en 2009 et une en 2010.

OBJECTIFS FIXÉS

L'objectif principal était de pouvoir répondre aux questions des agriculteurs, c'est-à-dire de fournir suffisamment de fourrage et d'herbes en pâture pour subvenir aux besoins du bétail. Un même mélange ne peut cependant pas donner un même rendement selon le milieu dans lequel il pousse. Il faut pour chaque mélange qu'il y ait une bonne couverture du sol, qu'il fournisse de bons rendements et qu'il reparte vite lorsqu'il pleut après un épisode de sécheresse. Le projet cherchait donc à trouver des mélanges résilients.

Trois mélanges "Multispécifique avec grandes légumineuses"

| | fétuque élevée | dactyle | RGA diploïde | luzerne | sainfoin simple | lotier corniculé | Trèfle Blanc ladino | trèfle hybride |
|----------------|----------------|---------|--------------|---------|-----------------|------------------|---------------------|----------------|
| Multi sainfoin | 10 | 7 | 3 | | 45 | 3 | 1,5 | |
| Multi luzerne | 6 | 9 | 3 | 10 | | 6 | 1,5 | |
| Multi lotier | | 12 | 6 | | | 10 | | 2 |

Deux mélanges "St Marcellin"

| | fétuque élevée | dactyle | RGA diploïde | RGA tétraploïde | lotier corniculé | Trèfle blanc ladino | Trèfle blanc intermédiaire |
|----------------------|----------------|---------|--------------|-----------------|------------------|---------------------|----------------------------|
| Saint marcellin | 14 | 8 | 2,5 | 2,5 | 2 | 1,5 | 1,5 |
| St marcellin séchant | 8 | 12 | 2,5 | 2,5 | 3 | 2,25 | 2,25 |

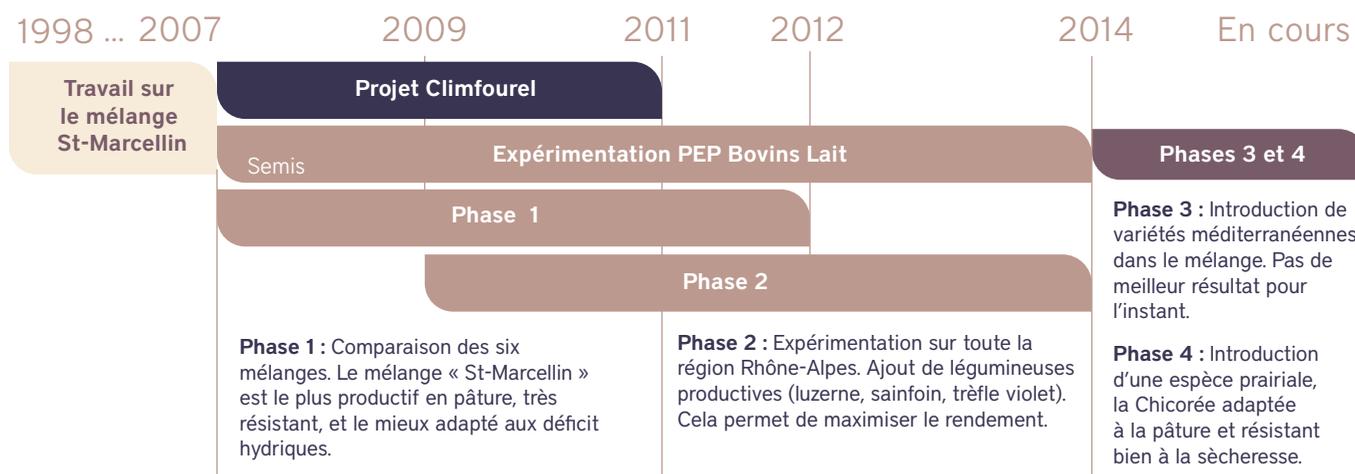
Un mélange "suisse" séchant "431"

| | fétuque des prés | dactyle | pâturin des prés | RGA précoce | fétuque rouge | fléole | avoine jaunâtre | trèfle violet | TB ladino | TB Interméd. |
|----------------|------------------|---------|------------------|-------------|---------------|--------|-----------------|---------------|-----------|--------------|
| Mélange suisse | 8 | 5 | 10 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 2,5 | 1,5 |

Comparaison des doses de semis des six mélanges expérimentés au Lycée agricole du Valentin (kg/ha)

Source : Jean-Pierre Manteaux

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS



RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

70j/an sur le lycée agricole du Valentin et la Chambre d'Agriculture

Maître d'ouvrage

Protocoles, interprétations, terrain :

Chambre d'agriculture de la Drôme

Partenaires

Valider les protocoles, financer, participer à la diffusion des résultats :

PEP Bovins Lait

Terrain : **Lycée agricole du Valentin**

Partie irrigation des expérimentations :

Arvalis, Institut du végétal

MOYENS TECHNIQUES

Sur le terrain : semences, récoltes, irrigation, etc.

MOYENS FINANCIERS

Coûts

Pour le Lycée Agricole du Valentin : 99 900 €

Pour la Chambre d'Agriculture de la Drôme : 148 500 €

Financement

PEP Bovins lait : 94 500 €

SUIVI ET ÉVALUATION

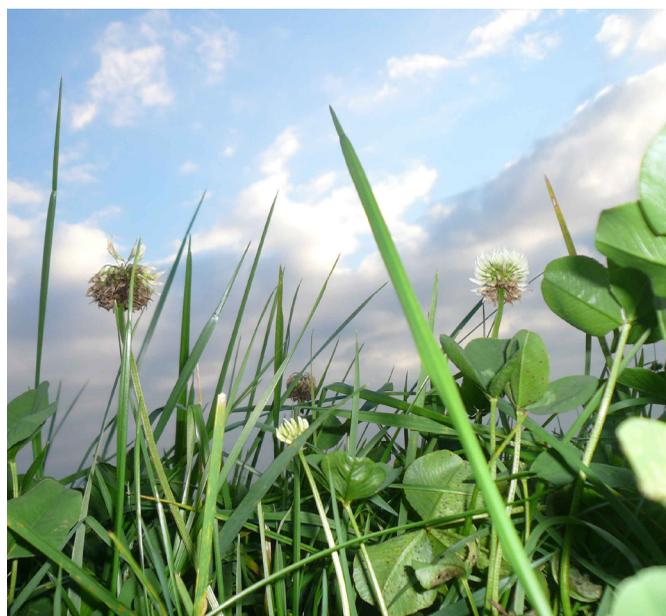
La chambre d'agriculture a évalué la quantité de semences vendues et a réalisé un retour d'expérience auprès des agriculteurs. **Cela a permis de révéler que le projet a bien répondu à leurs attentes.**

Le mélange St-Marcellin est un succès et a été repris par plusieurs semenciers et distributeurs :

**À CE JOUR,
PLUS DE 40 TONNES
DE SEMENCES DIVERSES
ONT ÉTÉ COMMERCIALISÉES**

**PLUS DE 2 000 HECTARES
DE PRAIRIES ONT ÉTÉ SEMÉS**

Le projet se poursuit avec des suivis de parcelles et des visites chez les éleveurs pour favoriser la remontée de données et le suivi du projet.



Mélange St-Marcellin

Source : Jean-Pierre Manteaux

RETOUR D'EXPÉRIENCE BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

> **Mélanges adaptés aux milieux, à la sécheresse, à l'agriculture biologique, avec des rendements réguliers (voir tableaux ci-dessous).**

> **Mise en place d'un réseau de semenciers dans tous les départements de Rhône-Alpes pour diffuser le mélange.**

> **Maintien des activités d'élevage.**

OBSTACLES

> Il peut arriver que des entreprises privés ou coopératives s'opposent à la démarche car cela va à l'encontre de leur politique commerciale. Si elles ont une alternative à proposer, celle-ci peut être intégrée à la démarche. À terme, le choix final d'adopter tel ou telle solution appartient à l'agriculteur.

> **Financements** : les subventions ne sont pas toujours suffisamment souples pour permettre le développement de nouvelles techniques.

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

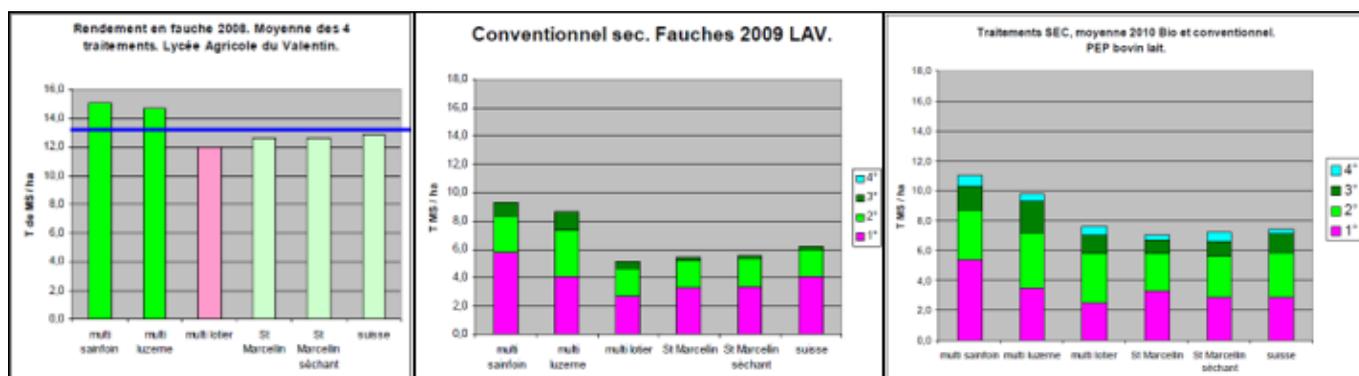
> La démarche est probablement duplicable : deux semenciers ont déjà repris le mélange, et le réseau de diffusion s'agrandit sur toute la région Rhône-Alpes. Pour une duplication au-delà de la région Rhône-Alpes, le choix des espèces devra être adapté aux spécificités locales.

> Il faut faire attention à bien connaître la partie terrain, faire un état des lieux des prairies disponibles et qui donnent une satisfaction expérimentale. C'est un travail important entre recherche, diffusion, terrain, avec une diversité d'acteurs et de types de sites.

PERSPECTIVES

> Diffusion du mélange auprès des agriculteurs.

> Retours d'expérience d'agriculteurs à prendre en compte.



Rendement des fauches en 2008, 2009 et 2010

Source : PEP bovins lait

« Les mélanges d'espèces développés sont riches en légumineuses et peuvent être utilisés en agriculture biologique. Ils permettent aussi de réduire l'utilisation d'intrants et produits phytosanitaires. »

Jean-Pierre Manteaux

EN SAVOIR PLUS:

Sites

www.fidocl.fr/content/paturer-des-legumineuses-dans-les-prairies-multi-especes

Personne référente

Jean-Pierre Manteaux, Chambre d'Agriculture de la Drôme

Localisation

Bourg-les-Valence, Rhône-Alpes



TERRITOIRES : **Grand Lyon Métropole**

COÛTS :
23 M€ d'investissements
80 M€ de CA annuel

DATES :
2014 - présent

INITIATIVE : **Grand Lyon Métropole**

RÉSULTATS ATTENDUS :
Amélioration des performances, diminution des pertes d'eau avec un objectif de rendement à 85%

RÉGION : **Auvergne-Rhône-Alpes**

PORTEUR DU PROJET :
Veolia - Eau du Grand Lyon

THÈMES :
Eau potable, performance

Optimisation des performances du réseau de distribution

CONTEXTE ET ENJEUX

La Métropole de Lyon a confié la gestion de la production, distribution et relation clientèle à la société dédiée Eau du Grand Lyon par un contrat de huit ans (2015 – 2022). Ce nouveau type de contrat, proche d'un contrat de service public et non plus d'une « délégation » de service public, est basé sur des engagements de performances mesurés et suivis au plus près par la collectivité.

L'ensemble des moyens et des actions sont planifiés précisément sur la durée du contrat afin de répondre aux enjeux fixés. Ainsi, 135 indicateurs de performances soumis à pénalités financières ont été définis.

Le rendement du réseau d'eau potable est l'un des indicateurs majeurs du contrat. Observé à 78 % en 2014, l'engagement d'Eau du Grand Lyon était de le porter à 85 % dès 2016.

Le rendement de réseau illustre bien l'esprit du contrat. Il nécessite des moyens humains, des moyens techniques, des outils de suivi précis et participe à l'atteinte d'autres objectifs contractuels (énergétique par exemple), mais surtout des objectifs et des enjeux de la ville.

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

La lutte contre les fuites d'eau, le vol d'eau et le gaspillage participe à la protection de la ressource. Le « plan rendement » s'inscrit dans un plan plus large, le « plan climat » de la Métropole, avec la réduction des consommations énergétiques.

Afin de maîtriser le rendement sur le moyen et long terme, il est nécessaire d'appréhender le changement climatique (hausse des températures, période de sécheresse, ...) qui vient modifier les caractéristiques des sols, ajouter des contraintes mécaniques, mais aussi modifier les usages de l'eau et les consommations.

ENJEUX SANITAIRES ET ÉCONOMIQUES

Le rendement est également un indicateur de l'état de dégradation des installations (réseau en particulier) et de l'efficacité de la gestion patrimoniale. Son amélioration permet alors d'améliorer la continuité de service et de réduire les risques (clients sensibles, pollution du réseau, ...). Ainsi, les objectifs de rendement nécessitent des moyens spécifiques qui ont un impact direct sur le prix de l'eau.

ENJEUX SOCIAUX

Afin de connaître et de suivre le rendement, il convient de mieux connaître les consommateurs, leurs usages de l'eau et de les accompagner afin qu'ils maîtrisent eux-mêmes leur consommation.

Le déploiement des compteurs télérelevés offre de nouveaux services aux consommateurs (suivi de leur consommation journalière, alerte de surconsommation, d'écoulement permanent, de gel, ...).

L'aide aux plus démunis est un volet important pour éviter les vols d'eau. Un Fonds de Solidarité Logement (FSL) a été mis en place. L'accompagnement est un levier nécessaire, un partenariat a été signé avec les PIMMS (Point d'information médiation multiservice) : structure qui permet d'aider et d'accompagner les habitants locaux.

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Le décret 2012-97 du 27 janvier 2012 dit décret « fuites » issu de l'engagement 111 du Grenelle de l'environnement a pour objet d'inciter les collectivités en charge de services d'eau à améliorer leur rendement d'eau potable dès lors que celui-ci est inférieur à un rendement seuil dont le calcul est adapté à chaque situation. En cas de non-conformité du service, l'élaboration d'un plan d'actions visant à réduire les fuites est exigée.

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

CONCEPTION

Le plan rendement de la Métropole de Lyon comporte 62 actions et nécessite la participation de tous les services, mais aussi de la collectivité. Au-delà d'être un projet d'entreprise, c'est une réelle stratégie au long terme de la collectivité partagée par l'ensemble des agents d'Eau du Grand Lyon, convaincu de la nécessité de protéger la ressource et de rendre service aux consommateurs, l'amélioration du rendement est un objectif utile pour le développement durable.

Afin de gagner rapidement en performance, un vaste déploiement de capteurs de fuites à poste fixe a été déployé en un an (5 500 capteurs). Ces capteurs détectent et localisent les fuites au mètre près et au jour le jour. Ce déploiement ne couvre pas l'ensemble du territoire, une partie est sectorisée. Les volumes mis en distribution pour chaque îlot sont rapatriés chaque jour.

En parallèle, le déploiement de compteurs télérelevés permet également d'obtenir les volumes consommés. Chaque compteur étant cartographié, les volumes consommés de chaque îlot peuvent être rapprochés des volumes mis en distribution. L'estimation du rendement de chaque îlot est alors réalisé chaque jour. Plusieurs indicateurs sont transmis aux différents services afin de lancer des actions concrètes (recherche de fuite, enquêtes clientèles, ...) mais aussi planifier des opérations de long terme (gestion patrimoniale, optimisation des pressions de service, ...).

Toutes ces activités sont monitorées par un système de supervision global. Des groupes de travail, pilotés par la collectivité, permettent de rendre compte et d'arbitrer au plus tôt les différents scénarios de réponse. L'analyse de données s'est vue renforcée par l'arrivée de l'intelligence artificielle (IA), notamment pour la priorisation des enquêtes clientèle et de l'analyse de ces nouvelles données que sont les consommations journalières de chaque consommateur.

Afin de réduire les temps d'analyse, chaque intervention est tracée, chaque compte rendu d'intervention est saisi directement sur des applications mobiles et transmis dans un entrepôt de données afin d'être traité par les algorithmes d'IA.

Afin d'améliorer la précision du calcul du rendement, chaque volume a fait l'objet d'études. Certains ont fait l'objet d'innovations techniques, comme par exemple la création d'un compteur mobile géolocalisé et télérelevé pour les chantiers mobiles.

L'ensemble de ces résultats (techniques, financiers, clientèles) sont audités chaque année par des intervenants extérieurs.

Enfin, l'ensemble de ces actions (capteurs, compteurs, système d'information, outils de monitoring, mobilité, équipes d'interventions, ...) a été planifié et budgété avant le début du contrat.

OBJECTIFS FIXÉS

Objectifs quantitatifs liés au plan rendement :

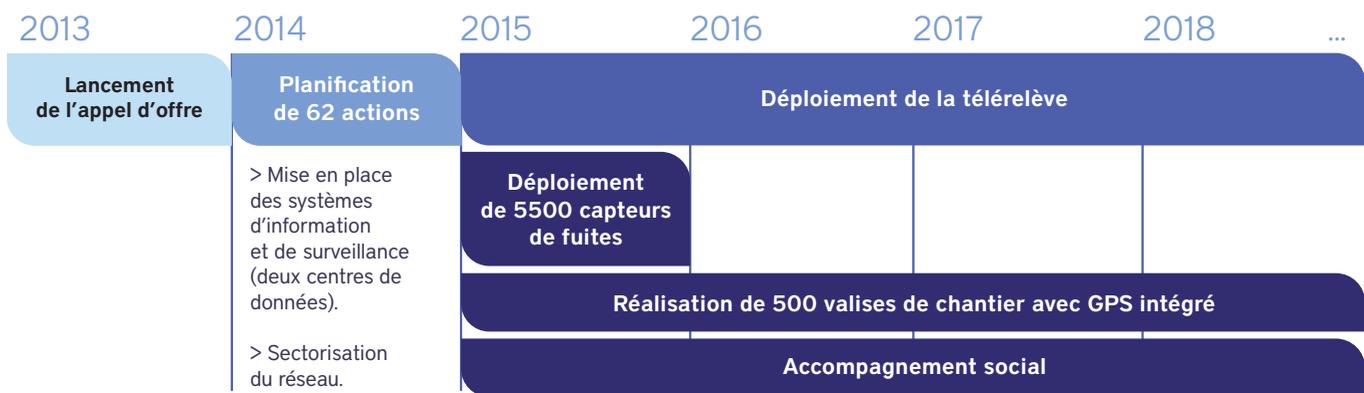
▶ **Atteindre 85% de rendement** (indicateur P104.3 service eau France) ;

▶ **Déploiement du système télérelevé : 99,5%** déployé au 31 décembre 2019.

Objectifs quantitatifs du Plan Climat auquel participe le plan rendement :

▶ **Optimisation énergétique** : baisse de la consommation énergétique de **3% en 2020 par rapport à 2015**, et de 4% en 2023 par rapport à 2015.

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS



RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

270 personnes

Délégataire :

Eau du grand Lyon

Réalisation, suivi et maintenance avec des équipes dédiées

Maître d'ouvrage

Grand Lyon Métropole

Direction de l'eau

Partenaires :

Partenaires principaux :

Veolia : veille technologique et règlementaire

Gutermann : capteurs de fuite

Birdz : déploiement de la télérelève

Autres partenaires : **entreprises de travaux et sous-traitants, recherche (INSA, ENGEES, IRSTEAM, LHENA, LTHE)**



Mallette Mobileau.

Source :
Eau du Grand Lyon

MOYENS TECHNIQUES

Les infrastructures réseau de la métropole de Lyon comptent environ 4000 km de réseau.

Sont mobilisés dans le cadre du plan rendement :

> le réseau d'informations avec des répéteurs et concentrateurs, permettant de recenser les mesures journalières de :

- 380 000 compteurs télérelevés ;
- 5500 capteurs de fuites fixes et mobiles ;
- 200 capteurs de pression ;
- 80 capteurs de qualité d'eau (température, pression, conductivité, chlore) ;
- 700 compteurs de chantier (mallette mobileau) ;

> un banc d'essai compteurs ;

> matériel de diagnostic de l'état de santé des canalisations et de débitmétrie ;

> système d'information local (deux data center) ;

> création d'applications spécifiques en mobilité et en supervision.

MOYENS FINANCIERS

Coûts

Investissements en lien avec le projet rendement :

23 millions d'euros dont

> 14 millions pour le télérelevé

> 5 millions pour l'informatique

Chiffres d'affaire annuel Eau du Grand Lyon : 80 millions d'euros

Financement

Intégrer dans l'équilibre financier du contrat

SUIVI ET ÉVALUATION

Plusieurs outils et moyens sont mis en place pour le suivi et l'évaluation des projets (dont celui du rendement de réseau) :

> la production de rapports commentés : hebdomadaires, mensuels, trimestriels et annuels ;

> la définition et le suivi de 135 indicateurs soumis à pénalités financières ;

> une équipe de la collectivité de 16 personnes à temps plein pour le suivi et le contrôle des engagements contractuels et pour les prises de décisions stratégiques ;

> un accès permanent aux locaux, aux applications et aux données d'exploitation par la collectivité ;

> des moments de rencontres et de travail formalisés entre la collectivité et Eau du Grand Lyon : plusieurs par semaine (Système d'Information, exploitation, rendement, énergie, développement durable, clientèle, ...) ;

> un comité de pilotage mensuel, trimestriel et annuel ;

> des audits réguliers (financiers, techniques) ;

> plusieurs certifications (ISO 9 001, ISO 14 001, OHSAS 18 001, ISO 50 001, NF Service).

RETOUR D'EXPÉRIENCE, BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

> **7% de gain de rendement en deux ans pour atteindre 85% de rendement.**

> **88 % des consommateurs satisfaits du service.**

> **Des objectifs clairs, précis et partagés entre la collectivité et Eau du Grand Lyon facilité de déploiement et de discussion.**

> **Une transparence totale garantissant la confiance entre les différents acteurs.**

> **Un service public de l'eau efficient.**

OBSTACLES

Identifiés lors de la conception :

> **Difficultés technologiques :** le défi a été de s'engager sur des résultats à moyen et long termes avec une technologie qui n'existait pas. L'innovation était nécessaire, la confiance aussi. Il a fallu néanmoins prendre des décisions sur des technologies qui n'étaient pas encore accessibles.

> **Obstacles économiques :** le déploiement en masse de nouveaux capteurs, de nouvelles méthodes de travail, de nouveaux outils doit définir l'équilibre coût d'investissement/coût d'exploitation (Capex/Opex). Les décideurs doivent prendre des risques mesurés.

> **Obstacles d'acceptation :** de nouveaux outils, de nouvelles méthodes, une transparence totale, des pénalités financières possibles... tout autant de paramètres qui peuvent devenir des freins ou au contraire des forces pour le projet. L'accompagnement au changement est la clé de la réussite.

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

Un tel projet bouleverse en profondeur le service public de l'eau. Il ne peut être reproduit à l'identique et nécessite de tenir compte de plusieurs paramètres :

> le contexte local et l'état des lieux technique pour adapter les solutions (contexte hydrologique, géologique, géographique, type de réseau, milieu rural ou urbain, conditions d'exploitation) ;

> les choix politiques du niveau de performance du service public de l'eau ;

> le temps souhaité pour atteindre les objectifs et donc le coût nécessaire en adéquation avec ces objectifs.

« Avoir des objectifs partagés entre les acteurs et donner du sens aux actions sont des facteurs de réussite du projet .

David Poinard, Directeur des opérations, Eau du Grand Lyon

SURVEILLER LES CONSOMMATIONS AVEC TÉLÉO+

Sélectionner le contrat dans la liste déroulante ci-dessous pour accéder aux données TéléO+.

1010753 - HCL NEURO - 59 BD PINEL - BRON - D15UH007867

CONSULTATION DE VOS RELEVÉS DE COMPTEURS D'EAU À DISTANCE



Site internet pour les consommateurs.

Source : Eau du Grand Lyon



Capteurs de fuite à poste fixe.

Source : Eau du Grand Lyon

PERSPECTIVES

> Amélioration continue du niveau de performance par l'apport des nouvelles technologie (capteurs, IA, ...).

> Améliorer la résilience de la ville face au changement climatique et aux nouvelles menaces.

> De nouveaux services à venir pour les consommateurs avec une connaissance beaucoup plus fine du territoire (évolution spatiale et temporelle).

EN SAVOIR PLUS:

Sites

Site de l'Eau du Grand Lyon

<https://agence.eaudugrandlyon.com/>

Rapports d'activité du Grand Lyon

<https://www.grandlyon.com/pratique/publications-eau.html>

Personne référente

Laure-Anne De Biasi, Responsable de communication, Grand Lyon Métropole

Localisation

Lyon



Atténuation



Adaptation



TERRITOIRES :
Métropole de Lyon

COÛTS :
180 k€

DATES :
2017 - 2019

RÉGION :
Auvergne-Rhône-Alpes

APPEL À PROJET
RÉFÉRENT : **AAP
ADEME Zéro déchet,
zéro gaspillage**

PORTEUR DU
PROJET :
**Grand Lyon
la Métropole**

RÉSULTATS
ATTENDUS :
**Dynamique de
territoire sur la
réduction des
déchets**

THÈMES :
Economie circulaire

Appel à manifestation d'intérêt « Économie circulaire, zéro gaspillage »

CONTEXTE ET ENJEUX

Le projet « Zéro Déchet, Zéro Gaspillage » de la Métropole de Lyon se décline selon une stratégie en quatre axes :

- > se conformer et anticiper la réglementation sur les déchets : création d'un PPlan de Prévention des Déchets Ménagers et Assimilés (PLPD-MA), réalisation d'études concernant les enjeux tels que le tri à la source des biodéchets, la tarification incitative, la redevance spéciale, etc ;
- > soutenir les porteurs de projet du territoire qui ont des initiatives d'économie circulaire ;
- > travailler sur des filières particulières d'expérimentation pour aller vers l'économie circulaire : filières telles que BTP, alimentation, textile, pharmaceutique, numérique, eau... ;
- > poursuivre une démarche d'exemplarité : une Métropole de Lyon éco-exemplaire, gérant bien les déchets et favorisant l'achat responsable.

L'objet du présent retour d'expérience concerne l'axe 2 de cette stratégie globale. Grand Lyon Métropole a lancé un appel à manifestation d'intérêt «Économie circulaire, zéro gaspillage» visant à encourager et à accompagner les porteurs des projets locaux dans leur réduction des gaspillages et de la production des déchets.

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

- > **Créer une dynamique de territoire qui favorise le non-prélèvement systématique de ressources naturelles lorsque cela est possible.**
- > **Contribuer à faire changer les pratiques sur le « produire autrement » afin que le territoire participe à l'atténuation des effets sur le changement climatique.**

ENJEUX SOCIAUX

- > **Créer de l'emploi autour des enjeux environnementaux**
- > **Faire réaliser des économies aux entreprises et ménages du territoire par la dynamique du « consommer autrement ».**

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Le projet s'inscrit dans un cadre défini par la réglementation nationale et européenne en matière de prévention des déchets. La Loi de transition énergétique pour la croissance verte est favorable aux dynamiques autour des problématiques liées aux biodéchets et à la lutte contre le gaspillage alimentaire notamment.

Le cadre réglementaire sur les problématiques liées au réemploi

reste à préciser. Le réemploi est une opération qui permet à des biens qui ne sont pas des déchets d'être utilisés à nouveau pour un usage identique à celui pour lequel ils avaient été conçus. Si la France a engagé un soutien (notamment financier) et des actions en faveur du recyclage, elle reste plutôt discrète sur le sujet du réemploi. Cette pratique a pourtant des vertus environnementales avérées.

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

CONCEPTION

Les élus en charge des déchets et en charge de l'économie ainsi que la conseillère déléguée en charge de la prévention des déchets souhaitent insuffler une dynamique sur le territoire et l'opportunité d'un appel à projet ADEME a été saisie.

La motivation première était de réussir sur le territoire à lier la réduction des volumes de déchets et la création d'emplois.

Il a donc été décidé d'accompagner des projets concrets d'économie circulaire sur le territoire et de les aider à se concrétiser. En complément du dispositif d'accompagnement entrepreneur de la collectivité, déjà en place, un accompagnement spécifique pour les porteurs de projets d'économie circulaire a été proposé sous la forme d'un appel à manifestation d'intérêt «Économie circulaire, zéro gaspillage» visant à encourager et à accompagner les porteurs de projets locaux dans leur réduction des gaspillages et la production des déchets.

Le format « Appel à manifestation d'intérêt » (AMI) et non « Appel à projets » a été choisi intentionnellement de façon à bénéficier d'un cadre plus souple, notamment en terme de critères de choix des projets à retenir. Si les seuls critères « qui détournent le plus des déchets » ou « qui créent le plus d'emplois » avaient été imposés, les projets relevant du secteur BTP et alimentation auraient probablement effacé toutes les autres initiatives (textile par exemple).

Les données fournies par l'Ademe sur les filières (textile, alimentaire, BTP, ...) ont été synthétisées et ont servi à l'analyse.

OBJECTIFS FIXÉS

Pour être retenus, les projets devaient soit permettre d'éviter ou détourner des déchets, soit apporter une garantie d'économies aux entreprises ou ménages (par exemple dans le cadre de la lutte contre le gaspillage alimentaire).

56 propositions de projets ont été réceptionnées dans le cadre de cette démarche et 47 vont être accompagnées.

L'accompagnement peut rendre plusieurs formes : de la facilitation (accès aux données, mobilisation d'un réseau, mise à disposition d'espaces, ...) aux subventions.

Aucun objectif n'a été fixé à ce stade de plan stratégique, afin de privilégier les initiatives dans une logique d'expérimentation.

Les objectifs seront fixés une fois le plan d'action précisé. Les objectifs seront définis actions par actions et seront quantifiés en terme de réduction de déchets produits ou de réductions d'utilisation de matières premières...

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS

Avril 2017

Étape 1

> Adoption de la stratégie globale en 4 axes.

2017

Étape 2

> Mise en place de l'axe 1 et de l'axe 2.
> Lancement de l'AMI en juillet, Comité de sélection en Novembre 2017.

2018

Étape 3

> Mise en place du 3^{ème} axe sur les filières et 4^{ème} axe sur l'achat public.
> Délibération des lauréats de l'AMI en avril.

Fin 2019

Étape 4

> Finalisation du projet.
> Accompagnement des projets lauréats sur 2018-2019.

RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

1 équivalent temps plein (ETP) pour la coordination

30 agents pour la mise en place des actions (par exemple pour réaliser les analyses sur la partie filière)

Maître d'ouvrage

Grand Lyon Métropole

Partenaires

Porteurs de projet :

Universitaires, entrepreneurs du territoire, entreprise de restauration ...

Financier : **ADEME**

MOYENS TECHNIQUES

Mobilisation de différents moyens :

- > Communication
- > Mise en réseau, mise à disposition des locaux ou des terrains à travers la mise en relation avec les acteurs de l'immobilier
- > Mise à disposition des données publiques, de matières premières secondaires, mise à disposition de locaux temporairement vides de la Métropole
- > Subventions en cohérence avec la création de modèles économiques pérennes

MOYENS FINANCIERS

Coûts

Appel à manifestation d'intérêt : 180 k€ + un équivalent temps plein pour la coordination global du projet + 7 personnes l'instruction des dossiers (sur une période de 20 jours)

Financement

ADEME : 50% du temps alloué en coordination de projet (24 k€)

Grand Lyon Métropole : 180 k€ + temps alloués des agents + aides allouées projet par projet

SUIVI ET ÉVALUATION

QUEL SUIVI ?

Les questions de suivi et évaluation concerneront chaque projet séparément.

Sur l'appel à manifestation d'intérêt, un bilan interne va être réalisé en prenant l'attache des porteurs des projets suivi de certains critères, par exemple celui de l'évitement ou du détournement des déchets. Une comparaison aux hypothèses initiales sera menée.

QUELLE FRÉQUENCE ?

Pour l'appel à manifestation d'intérêt, il s'agira d'un suivi annuel, et pour les projets, il s'agira d'une évaluation sur la partie processus et résultats à une fréquence tri-annuelle.



Collecte de matériaux sur les chantiers

Source : Grand Lyon Métropole. Crédit : © Minéka

RETOUR D'EXPÉRIENCE BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

> **Les bénéficiaires directs sont les porteurs de projets que la métropole accompagne.**

> **Les bénéficiaires indirects sont tous les acteurs du territoire impliqués dans ces activités, ainsi que les entreprises et les ménages qui seront amenés à réaliser des économies.**

OBSTACLES

Obstacle n°1 : obstacle juridique

Pour réellement ouvrir la porte aux porteurs de projets d'économie circulaire, la Métropole a choisi un appel à manifestation d'intérêt plutôt qu'un appel à projets, trop rigide en matière de critères.

Obstacle n°2 : les délais

Pour faire converger les porteurs de projets travaillent dans des délais courts et le temps de procédure de la collectivité est long. Le porteur de projets veut développer son projet le plus vite possible et la collectivité a un besoin de délai d'au moins un an pour lancer une dynamique de ce type.

Obstacle n°3 : le foncier

Les porteurs de projets avaient surtout besoin de locaux. Il n'était pas évident pour la métropole de proposer des solutions adaptées sur le seul patrimoine de la collectivité. La métropole a été facilitatrice en adressant des recommandations aux bailleurs privés.

Obstacle n°4 : l'évaluation financière

La plupart de projets ont rencontré des difficultés dans l'estimation des économies réalisables suite à la mise en œuvre des projets. Encore aujourd'hui, ils n'ont souvent pas assez de données pour réaliser une évaluation.



Mobilier urbain construit à partir de matériaux réemployés

Source : Grand Lyon Métropole

Crédit : © Requins Festival Kiosk_juillet 2017_ Collectif Pourquoi Pas?!

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

> Pistes d'amélioration

La métropole a lancé différents plans stratégiques en parallèle : Plan climat, Plan qualité de l'air, Plan économie circulaire, etc. Une étape future pourrait être de gérer tous ces plans en interaction.

Cela impliquera des interactions plus fortes entre les services de la gestion des déchets et du développement économique qui travaillent ensemble sur ce plan stratégique. Qu'en est-il des services liés aux aspects sociaux ?

> Enseignements utiles à d'autres territoires

Du moment où la collectivité dispose des compétences déchets et développement économique, une démarche similaire est envisageable. C'est une démarche concrète, opérationnelle, orientée sur l'expérimentation.

PERSPECTIVES

> La pérennité des projets sera assurée si les porteurs de projets trouvent un modèle économique viable en dehors des subventions au démarrage.

> La suite de ce plan stratégique consiste en l'élaboration d'un plan d'action focalisé sur « Comment développer l'économie circulaire dans le territoire ? ».

> Un nouvel Appel à Manifestation d'Intérêt a été lancé en octobre 2018, pour un accompagnement des projets prévu sur 2019-2020.

« Le point fort du projet est la transversalité : l'idée de lier économie et déchets. »

Laureline Bourit

EN SAVOIR PLUS:

Sites

www.economie.grandlyon.com

Personne référente

Laureline Bourit, animatrice du projet « zéro déchet, zéro gaspillage » de la Métropole de Lyon, service écologie

Localisation

Grand Lyon Métropole



RÉGION :
Auvergne-Rhône-Alpes

PORTEUR DU
PROJET :
**Grand Lyon
la Métropole**

THÈMES :
**Îlots de chaleur
urbain, efficacité
énergétique des
bâtiments, déchets,
transports**

TERRITOIRES :
Lyon – La Duchère

COÛTS :
750 M €

DATES :
2003 – 2020

APPEL À PROJET
RÉFÉRENT : **AP**
**« rénovation urbaine
et urbanisme
durableS » 2008 de
l'ANRU et de la CDC**

RÉSULTATS
ATTENDUS :
**Développement d'un
éco-quartier**

Éco-quartier, ZAC Lyon – La Duchère

CONTEXTE ET ENJEUX

Le projet d'aménagement concerté de l'éco-quartier Lyon – La Duchère est né d'un programme national de renouvellement urbain de l'État en 2003, dans lequel La Duchère faisait partie des quartiers prioritaires. En effet, quartier sensible de la ville, il fait l'objet d'une attention politique particulière. La volonté d'améliorer le cadre de vie s'est enrichie d'une démarche climatique exemplaire.

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

> Lutte contre les îlots de chaleur.

Cela passe par la renaturation des espaces publics, la végétalisation du quartier, et la remise à l'air libre du ruisseau parcourant le parc du Vallon.

> Encouragement des initiatives citoyennes.

Compostage, jardins partagés, formation des élus, techniciens du projets et habitants sur les enjeux du développement durable.

> Efficacité énergétique des bâtiments.

> Promotion des transports « doux » et transports en commun.



Un des parcs réaménagés dans le cadre du projet La Duchère :
Le Parc du Vallon ©Laurence Danière

ENJEUX SOCIAUX

Le quartier est considéré comme prioritaire par les acteurs de la politique de la ville depuis 1985. L'habitat de ce quartier a évolué avec la construction de nouvelles résidences, constituant le parc de logements sociaux le moins cher de Lyon. Ce sont donc des populations de faibles revenus qui sont venues habiter ce quartier. L'enjeu du projet est de diversifier l'habitat, par la démolition de logements anciens, la réhabilitation d'autres immeubles avec l'objectif d'améliorer la performance énergétique et la reconstruction de logements neufs, ainsi que l'implantation d'activités économiques par la construction de bureaux.

Liés à ces nouveaux logements, un investissement important en faveur notamment de l'éducation, l'accès à l'emploi, de la culture, du sport et de la santé a été engagé. Des associations font également la promotion de produits bio et/ou en circuit court pour permettre à la population de bien se nourrir à prix acceptable. Des jardins partagés sont mis en place pour faciliter le transfert de connaissances et l'accès à la terre aux résidents. Ce sont donc les habitants du quartier qui seront les principaux bénéficiaires de ce projet.

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Le contexte réglementaire a constitué un levier même si la Métropole a des objectifs en avance sur la réglementation nationale, notamment en ce qui concerne l'efficacité énergétique des bâtiments.

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

CONCEPTION

Le choix des solutions de gestion de l'eau s'est basé sur des critères techniques, de sécurité et sur la méthode d'entretien futur des ouvrages. Ces solutions doivent répondre à des phénomènes météorologiques, qui n'avaient pas été identifiés dans les années 60 lors de la construction du réseau unitaire d'assainissement existant. Désormais, il faut par exemple prendre en compte les inondations lors de crues pour mettre en place des aménagements adaptés. Le porteur de projet souhaite aussi gérer les eaux de pluie par infiltration et en circuit court.

Du fait de l'enjeu social, la rénovation de ce quartier prioritaire était nécessaire pour reconstruire la ville sur elle-même. Les enjeux climatiques ont enrichi le projet, tout comme la démarche de labélisation Éco-quartier.

ÉLÉMENTS CLÉS

OUVERTURE DU QUARTIER QUALITÉ PAYSAGÈRE

120 HECTARES
40% D'ESPACES VERTS

Diversification de l'habitat

1715 LOGEMENTS DÉTRUITS
1875 LOGEMENTS RECONSTRUITS
50% DE LOGEMENTS SOCIAUX
12 500 HABITANTS À L'HORIZON 2020

Diversification fonctionnelle

NOUVELLES ACTIVITÉS ÉCONOMIQUES
20 000 M² DE LOCAUX NEUFS

OBJECTIFS FIXÉS

3 priorités du projet urbain :

Ouverture du quartier Lyon La Duchère vers l'ouest lyonnais ;

création d'une nouvelle centralité pour l'ensemble du quartier de La Duchère, avec la place centrale de l'Abbé Pierre autour de laquelle se développent les équipements publics principaux et les commerces ;

valorisation des qualités paysagères du quartier : 40% du quartier était constitué d'espaces verts mais qui souvent, étaient de faible qualité (pelouses sans usage spécifique). L'objectif est de les revaloriser pour les rendre attractifs (Le parc du Vallon de 11ha).

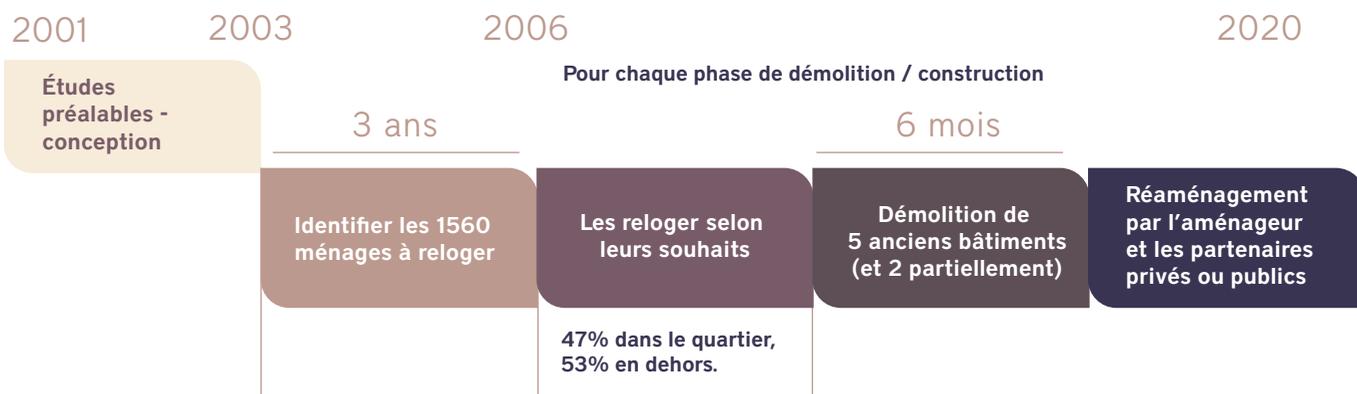
Autres dimensions sur l'habitat :

diversification de l'habitat : l'objectif en 2003 était de réduire la part de logement social de 80% à 60%. Ce projet a donc impliqué la démolition de 1715 logements et la reconstruction de 1875 logements. En 2018, 1640 logements ont été livrés, la part des logements sociaux a été réduite à 59% et devrait être à 56% en 2020 ;

diversification fonctionnelle pour amener des activités économiques de bureaux, afin de transformer un quartier dortoir en quartier à vivre.

Le projet se développe dans un souci de cohérence en gérant les éventuels objectifs contradictoires. Il s'agit de concilier l'aménagement urbain, enjeux sociaux, économiques et environnementaux. Le cahier des charges de conception des espaces publics a été rédigé en concertation avec les habitants et a permis d'identifier des éléments supplémentaires tels que la mise en place de fontaines, d'ombres par le renforcement de la présence végétale...

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS



RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

Nombre de personnes : 10-12 équivalent temps plein pour l'équipe de la mission Duchère et 4 équivalent temps plein pour l'aménageur et la MOE urbaine

Maître d'ouvrage

Grand Lyon Métropole et Ville de Lyon
(services publics)

Partenaires

Maîtrise d'œuvre urbaine :

SERL aménagement

Bureau d'études chargé du suivi
environnemental :

Tribu

Financiers :

**État français, Agence Nationale pour la
Rénovation Urbaine, Caisse des dépôts et
consignations, Commissariat général à
l'égalité des territoires (CGET)**

Autres :

**Associations de protection de
l'environnement et associations de
quartier**

Entreprises et commerçants

Habitants

MOYENS TECHNIQUES

Mission territoriale : outil technique développé par la Métropole et la Ville pour suivre la mise en œuvre du projet par des opérateurs publics ou privés.

Aménageur unique : la SERL qui pilote une équipe de Maîtrise d'œuvre urbaine et un OPC (Ordonnancement Pilotage et Coordination), qui coordonne et suit le chantier pour vérifier la juxtaposition des interventions de chaque Maître d'ouvrage public ou privé.

Maintenance et entretien

Propreté : l'ensemble des espaces publics ou privés ouverts au public étaient entretenus par la Métropole et la Ville de Lyon. Depuis 2018, la Métropole propose de maintenir la prestation par le biais d'une convention. Pour les espaces verts chaque propriétaire a repris la gestion.

MOYENS FINANCIERS

Coûts et financements

750 millions d'euros :

> 250 millions pour reconstituer **le logement social**
(dont 25M€ de l'État/ANRU) ;

> 250 millions pour les **équipements publics**, l'aménagement, les espaces : Grand Lyon Métropole (125M€), ANRU (50M€), Ville de Lyon (25M€), Conseil Général du Rhône (16M€), Région Rhône-Alpes (11M€), Bailleurs sociaux (7M€), Autres financeurs (16M€, dont l'État, la Caisse des dépôts et consignations) ;

> 250 millions pour les **investissements privés** : commerçants, entreprises qui s'installent, populations qui achètent les logements.

Financement CUCS (Contrat Urbain de Cohésion Sociale) :

5 millions d'euros par an depuis 2007.

SUIVI ET ÉVALUATION

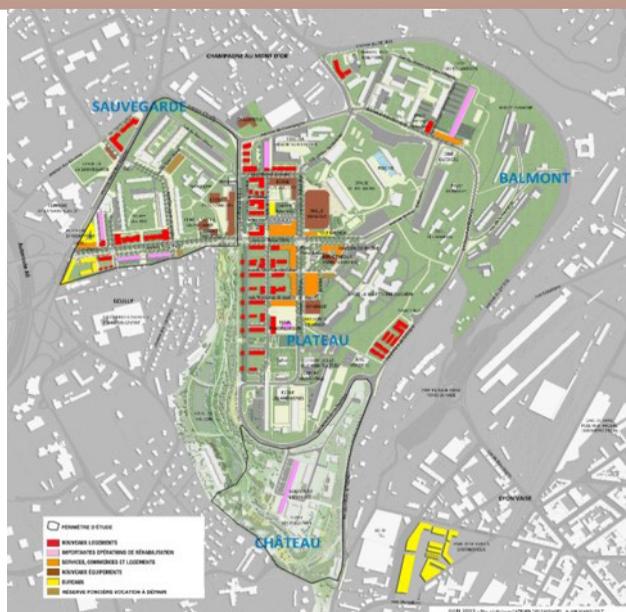
L'évaluation a été réalisée par le bureau d'étude environnemental Tribu à partir des résultats de co-construction du quartier.

Les indicateurs sont issus des 20 engagements de la grille éco-quartier.

A chaque phase d'aménagement, un bilan a été effectué en concertation avec les différents acteurs, les architectes, les urbanistes et les promoteurs publics ou privés, afin d'améliorer le cahier des charges du projet. C'est un processus d'amélioration continue qui passe par de l'auto-évaluation et de l'évaluation extérieure de Tribu.

**Plan du quartier La Duchère,
Juin 2013 – Plan réalisé par l'Atelier des paysages,
Alain Marguerit**

Source : www.gpvlyonduchere.org/projet/gpv-accueil-projet/



RETOUR D'EXPÉRIENCE BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

> **Les bénéficiaires principaux sont les habitants. Le mode d'entretien des espaces publics et espaces verts assure une cohérence dans le traitement. Ce projet permet d'installer davantage de mixité sociale.**

> **Continuités politique et technique qui permettent d'assurer la cohérence du projet dans la durée.**

> **Entente sur les objectifs d'amélioration continue tout en laissant une part d'autonomie à chaque partenaire.**

> **La qualité du projet a été reconnue au plan national par l'attribution en septembre 2013 du label national Éco-quartier, par le Ministère du Logement et de l'Égalité des Territoires.**

OBSTACLES

> Un tel projet nécessitant la démolition de logements sociaux s'accompagne d'une concertation en continue avec les habitants concernés en amont, pendant la réalisation et dans la phase d'appropriation.

> Prendre en compte les initiatives comme des solutions au projet.

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

> Le quartier est visité par des délégations d'étudiants, d'urbanistes, ainsi que des délégations étrangères. C'est une source d'inspiration pour d'autres territoires.

> L'écoute des souhaits et des priorités des habitants constitue un facteur de succès. Il convient d'éviter de développer un projet non concerté et complètement décidé à l'avance.

> Il faut avoir « l'intelligence collective ».

> Le projet doit s'adapter au contexte local.

PERSPECTIVES

Dans le cadre du Nouveau Programme National de Renouvellement Urbain (NPNRU), les secteurs de La Duchère, la Sauvegarde et Le Château sont retenus pour poursuivre le renouvellement urbain du quartier.



La Duchère, la 3e colline de Lyon © Studio Fly

« Il faut faire preuve d'une "intelligence collective", c'est-à-dire laisser les acteurs travailler sans changer les objectifs du projet de territoire. »

Bruno Couturier

EN SAVOIR PLUS:

Sites

Lyon La Duchère

<http://www.gpvlyonduchere.org/>

Grand Lyon Métropole

<https://www.grandlyon.com/projets/lyon-la-duchere.html>

Vidéo de présentation

<https://www.youtube.com/watch?v=HP6rksYY3ec>

Personne référente

Bruno Couturier, Gran Lyon la Métropole

Localisation

Lyon – quartier La Duchère



RÉGION : **Auvergne-Rhône-Alpes**

PORTEURS DU PROJET : **Irstea**

THÈMES : **Réduction des dépenses énergétiques des stations d'épuration**

TERRITOIRES : **National**

COÛTS : **484 k€ HT**

DATES : **2015 – 2019**

APPEL À PROJET RÉFÉRENT : **Réduire les impacts énergétiques des systèmes d'assainissement, AERMC, 2014**

RÉSULTATS ATTENDUS : **Optimisation du bilan énergétique des stations d'épuration**

Analyse des gains énergétiques potentiels et effectifs de stations d'épuration *a priori* économes en énergie

CONTEXTE ET ENJEUX

Selon Stricker et al. (2018), la consommation énergétique des stations d'épuration représenterait une part significative des dépenses des services publics locaux dont environ 20 % de la consommation totale d'électricité. L'étude menée par Irstea et l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse (AERMC) de 2012 à 2016, visant à établir un état des lieux national des dépenses énergétiques des filières de traitement intensif des eaux usées, a par ailleurs montré que les stations d'épuration à boues activées françaises consommaient en moyenne 3,2 kWh par kg de Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours (DBO₅) traitée. Ce ratio apparaît relativement élevé comparativement à ceux de la littérature et suppose une possible optimisation.

La réduction des dépenses énergétiques des systèmes d'assainissement reste donc un enjeu majeur, en lien avec la maîtrise des coûts d'exploitation de ces systèmes et la réduction des impacts environnementaux des ouvrages, notamment en termes de gaz à effet de serre.

Dans ce contexte, le projet « Analyse des gains énergétiques potentiels et effectifs de stations d'épuration *a priori* économes en énergie » est un projet de recherche visant à réduire les dépenses énergétiques des stations d'épuration couplant un étage biologique par boues activées et une digestion anaérobie des boues produites. Il s'agit de proposer des pistes d'optimisation, à l'aide d'outils de modélisation numérique du fonctionnement des installations. Deux sites d'étude ont été retenus : La Feysine et Bourg en Bresse.

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

> Optimisation du bilan énergétique et réduction des émissions de GES.

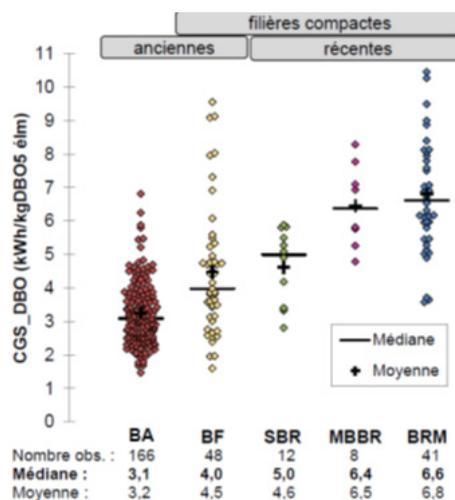
Il s'agit d'optimiser la production d'énergie *in situ* tout en réduisant les dépenses.

ENJEUX SOCIAUX

Réduction des coûts de fonctionnement des systèmes d'assainissement et donc des services publics d'eau et d'assainissement.

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE FAVORABLE

Ce projet s'inscrit dans un cadre réglementaire favorable en lien avec la loi de transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) et le Plan énergie méthanisation autonomie azote (EMAA).



BA : boues activées, **BF** : biofiltres, **SBR** : réacteurs biologiques séquentiels, **MBBR** : lits fluidisés sur support, **BRM** : bioréacteurs à membranes (BRM), biofiltres (BF) et (MBBR)

Effets de la filière eau sur la consommation énergétique

Source : Stricker, A-E., Husson, A., Pierre, M., Canler, J-P. (2018). Consommation énergétique des filières intensives de traitement des eaux résiduaires. 23ème édition des Journées Information Eaux (JIE), 9-11 octobre 2018, Poitiers, FRA.

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

CONCEPTION

Le projet a été construit dans le cadre de l'appel à projets de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse (AERMC) intitulé « Réduire l'impact énergétique des systèmes d'assainissement : Récupération/Production de l'Énergie », lancé en 2014.

L'objectif du projet est d'étudier les stations d'épuration présentées comme économes en énergie et de comprendre leur fonctionnement. Le deuxième objectif consiste à identifier les pistes de réduction des dépenses énergétiques d'installations couplant un étage biologique à boues activées et un digesteur anaérobie et de quantifier les gains potentiels.

La démarche adoptée pour les deux sites retenus pour le projet comporte une analyse poussée des données de fonctionnement des installations, y compris les dépenses énergétiques de chaque poste, et le développement d'un modèle numérique mimant ce fonctionnement.

OBJECTIFS FIXÉS

État des lieux des procédés/filières économes en énergie (nouvelles technologies, stratégies d'exploitation).

Analyse de deux stations sur le bassin RMC couplant boues activées et digestion anaérobie, dont l'une dimensionnée pour être économe en énergie.

Identification des optimisations potentielles, à l'aide d'outils de modélisation du fonctionnement des installations.

Mise en application, le cas échéant et en fonction de la volonté des maîtres d'ouvrage, des recommandations émises et évaluation des gains réels obtenus.

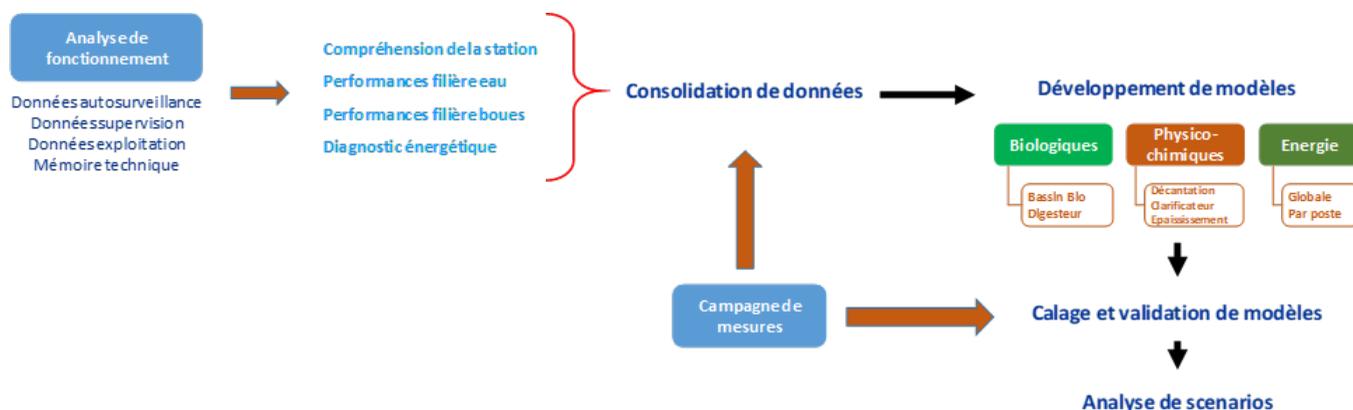
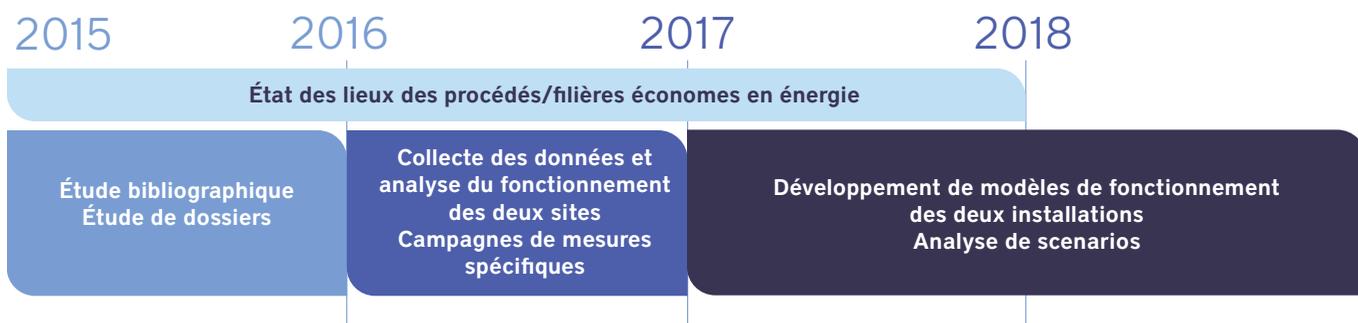


Schéma conceptuel représentant la méthodologie du projet

Source : Samso, R., Baquerizo, G., Canler, J-P., Gillot, S. (2017) Mesure et modélisation des dépenses énergétiques des stations d'épuration : vers un outil d'optimisation, 96^{ème} Congrès de l'Astee, Liège, BEL, 6-9/06/2017

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS



RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

Equipes Irstea de Lyon-Villeurbanne et d'Antony
Suivi rapproché du projet par l'AERMC
Soutien technique par les exploitants des deux installations

Porteurs

Irstea
Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse

Comité de pilotage

Grand Lyon la Métropole
Ville de Bourg-en-Bresse
SUEZ

MOYENS TECHNIQUES

Matériel d'investigation de terrain et compétences techniques des personnels, expertise, outils d'analyse et de modélisation d'Irstea. Données de fonctionnement des deux installations.

MOYENS FINANCIERS

Coûts R&D : 484 k€ HT

Financement Irstea (50 %)
 AERMC (50 %)

SUIVI ET ÉVALUATION

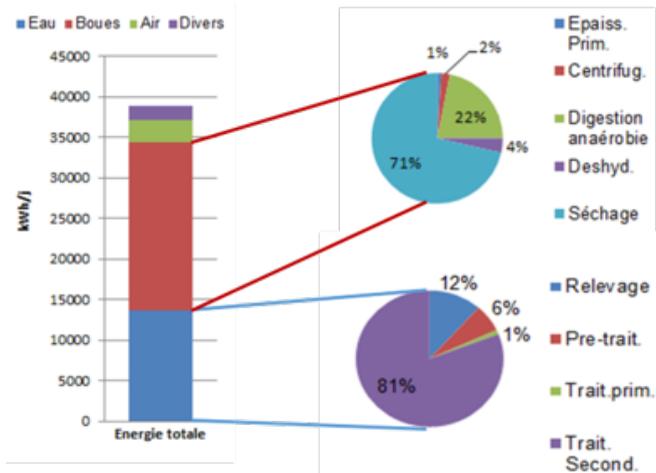
Collecte et analyse des données de fonctionnement des deux installations :

- > bilans de fonctionnement sur une année ;
- > audit énergétique poussé ;
- > consolidation des données.

Campagnes de mesure poussées :

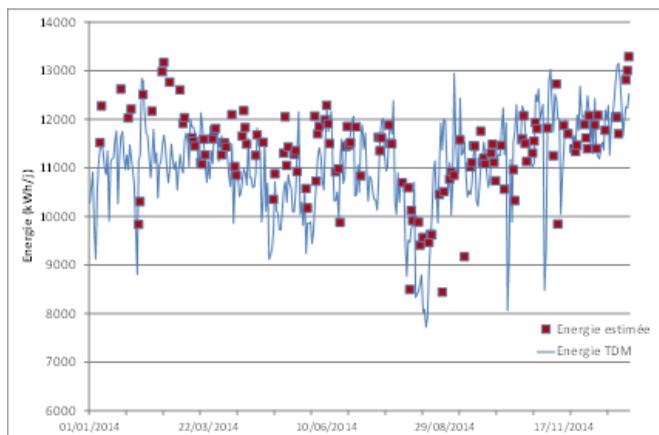
- > La Feysine : mesures et analyse du fonctionnement de la file boues ; analyses des données d'autosurveillance de la file eau.
- > Bourg en Bresse : mesures et analyse des performances des files eau et boues, y compris les performance d'aération et les émissions de N₂O.

| MOYENNE DES RATIOS USUELS | DCOt/ DBO ₅ | MES/ DCOt | MES/ DBO ₅ | DCOt/ NTK | NH ₄ / NTK | DCOt/ Pt |
|---------------------------|------------------------|-----------|-----------------------|-----------|-----------------------|----------|
| La Feysine | 2,49 | 0,44 | 1,07 | 10,2 | 0,72 | 79,9 |
| Bourg en Bresse | 2,75 | 0,44 | 1,19 | 10,6 | 0,58 | 95,0 |
| Valeurs usuelles | 2,42 | 0,50 | 1,16 | 10,0 | 0,80 | 70,0 |



Répartition des dépenses énergétiques par file et par poste

Source : Samsó et al. (2017)



Comparaison de l'énergie modélisée et calculée à partir du temps de marche des moteurs (TDM)

Source : Samsó, R., Baquerizo, G., Canler, J-P., Gillot, S. (2017) Mesure et modélisation des dépenses énergétiques des stations d'épuration : vers un outil d'optimisation, 96ème Congrès de l'Astee, Liège, BEL, 6-9/06/2017

RETOUR D'EXPÉRIENCE, BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

> **Connaissances poussées du fonctionnement des installations.**

> **Développement de procédures d'analyse couplées des données de fonctionnement des stations d'épuration et de leurs consommations énergétiques.**

> **Pistes d'optimisation des performances énergétiques des stations d'épuration intégrant un étage biologique par boues activées et une digestion anaérobie des boues produites.**

OBSTACLES

Manque d'outils de suivi précis des dépenses énergétiques des différents postes composant les stations d'épuration (compteurs différentiels, allocation des puissances consommées, outils de comptage des consommations d'énergie non électrique).

« Ce projet permet notamment de développer des outils génériques de diagnostic et d'optimisation des dépenses énergétiques des installations, en lien avec leurs performances de traitement. »

Sylvie Gillot

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

Projet duplicable, d'autres sites pouvant bénéficier des outils développés et des procédures appliquées. Le rapport et la synthèse du projet seront disponibles sur le site internet du projet.

Certaines mesures *in situ* nécessitent du matériel et du savoir-faire spécifique (mesure de N₂O, notamment).

PERSPECTIVES

> Développement et mise à disposition d'outils d'analyse des consommations énergétiques en lien avec les paramètres de fonctionnement des postes de consommation.

> Autres projets visant à optimiser les dépenses énergétiques des stations d'épuration : N2O TRACK, CAPTURE (Fiche n°1).

EN SAVOIR PLUS:

Sites

<https://energie-step.irstea.fr/>

<http://n2otrack.insa-toulouse.fr/>

Projet CAPTURE

https://reversaal.irstea.fr/?page_id=259

Personne référente

Sylvie Gillot, Irstea

Localisation

Villeurbanne



Adamont : Impacts du changement climatique et adaptation en territoire de montagne

RÉGION : Auvergne-Rhône-Alpes

PORTEUR DU PROJET : Irstea Grenoble

THÈMES : Impacts du changement climatique en territoire de moyenne montagne et pratiques d'adaptation

TERRITOIRES : PNR de Vercors, des Bauges, de Chartreuse et des Baronnies provençales

COÛTS : environ 800 k€

DATES : 2015 - 2017

SOURCE : Programme GICC

RÉSULTATS ATTENDUS : mise en place d'une méthodologie sur une approche intégrée et participative de l'adaptation au changement climatique dans un territoire

CONTEXTE ET ENJEUX

Adamont est un projet porté par Irstea Grenoble, en partenariat avec Météo-France. Il a pour objectif d'étudier les impacts du changement climatique sur le territoire de moyenne montagne et notamment sur les principales filières économiques : agriculture, forêt, tourisme ainsi que sur la gestion de la ressource en eau et des risques naturels.

Une fois les impacts identifiés, le projet s'intéresse à la mise en place des pratiques d'adaptation. L'ensemble du projet a été mené dans une démarche participative en travaillant avec les acteurs du territoire et dans une approche intégrée à l'échelle du territoire. Le terrain étudié comprend quatre Parcs Naturels Régionaux (PNR) : le Vercors comme terrain d'étude principal, le Massif des Bauges, la Chartreuse et les Baronnies provençales comme terrains satellites, permettant de couvrir l'ensemble de l'arc des Préalpes.

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX ET SOCIAUX

> S'adapter à la modification des paysages hivernaux.

Le réchauffement climatique a engendré des perturbations sur plusieurs activités économiques des territoires de moyenne montagne : sur l'agriculture à travers des sécheresses, sur le tourisme via la diminution de la neige, sur l'activité forestière avec des fonds de bois qui ne sont plus exploitables ou qui doivent dès maintenant être exploités différemment, etc. Adamont a travaillé sur **la sensibilisation et la présentation des effets du changement climatique, aidant ainsi à la prise en compte de ces évolutions.**

> S'adapter à la diminution de la ressource en eau.

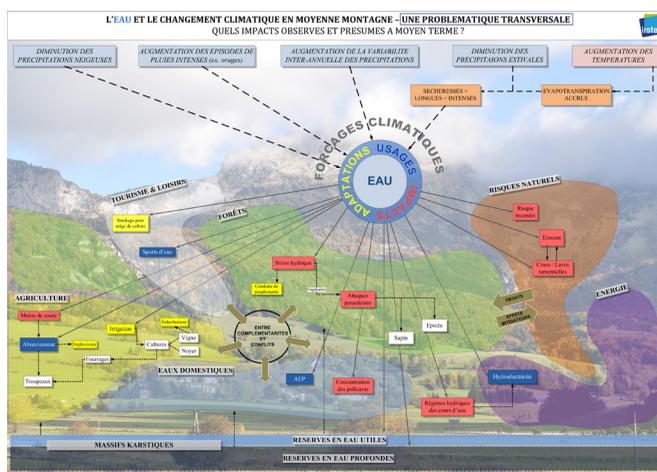
Les enjeux de ces territoires se concentrent surtout sur la question de la ressource en eau. Dans ces milieux très calcaires, l'eau tend à s'infiltrer dès qu'elle tombe sur le sol. La neige permet de stocker l'eau sur les sols et fournit une part significative de la ressource en eau. Une diminution de l'enneigement aura pour résultat une baisse de la ressource en eau à l'étiage.

Adamont a permis d'identifier **différentes stratégies d'adaptation à la diminution de la ressource en eau, que ce soient des stratégies spécifiques pour une filière et des stratégies inter-filières.**

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Le cadre réglementaire repose pour l'essentiel sur le PNACC, Plan National d'Adaptation au Changement Climatique.

Le projet Adamont a contribué à la phase de réflexion pour la révision de ce PNACC.



L'eau et le changement climatique en moyenne montagne - une problématique transversale. Quels impacts observés et présumés à moyen terme ?

Source : Irstea

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

FOCUS SUR LA DÉMARCHE PARTICIPATIVE

CONCEPTION

Les ateliers duraient une journée et démarraient par un état des lieux sur les impacts observés et les effets prévus sur le territoire, suivi d'une discussion entre les participants.

Le public visé incluait principalement les gestionnaires du territoire et de ses ressources : des agents de tourisme, des agriculteurs, des forestiers, des pêcheurs, etc. Pour chaque atelier, les représentants de chaque secteur ont été invités, sur la base d'une liste établie par les parcs régionaux et ensuite diffusée au plus grand nombre possible des personnes.

Une quinzaine d'ateliers ont été organisés. Ils se classent en **quatre types** :

> des journées **thématiques** six ateliers sur diverses thématiques : agriculture, tourisme, forêt, etc.) ;

> des journées concernant la **démarche prospective** (quatre ateliers sur les scénarios d'évolution des territoires par rapport aux ressources naturelles de ceux-ci et aux services écosystémiques sur le Vercors) ;

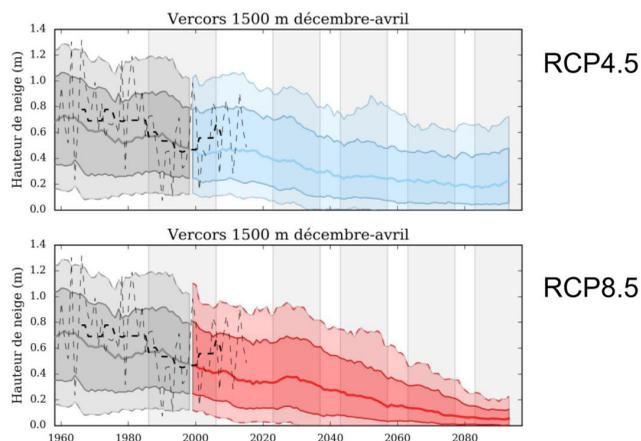
> des journées consacrées à l'**identification des enjeux prioritaires d'action pour les territoires** (quatre ateliers avec les chargés de mission des PNR sur le cadre réglementaire) ;

> une journée de **validation de la méthode pour l'adaptation globale au changement climatique** proposée pour le territoire (un atelier).

OBJECTIFS FIXÉS

Souhait d'aboutir à la fin de la démarche à une modélisation conceptuelle du système d'adaptation du territoire, qui permette de décrire d'une façon systémique et intégrée les différents éléments déclencheurs et les différentes pratiques d'adaptation.

Souhait de veiller à la faisabilité des propositions, d'être le plus proche possible de la réalité des pratiques des gestionnaires du territoire et de ses ressources.



Verfaillie et al., in review

Projections climatiques régionalisées

Source : CNRM, Météo-France

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS

Année 2015

Étape 1

> Mise en place des connaissances.

> Réalisation du diagnostic et des synthèses en fonction des secteurs concernés.

> Journée publique de lancement de projets sur le territoire.

Année 2016

Étape 2

> Début des ateliers participatifs.

> Organisation des ateliers participatifs.

Année 2017

Étape 3

> Fin des ateliers participatifs.

> Finalisation, valorisation et communication du modèle.

> Organisation des journées de restitution du projet sur le territoire.

RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

3 à 5 personnes par atelier :

1 animateur, 1 expert, 1 secrétariat, 1 observateur, 1 chargé de mission des PNR, etc.

Maître d'ouvrage

Irstea Grenoble

Partenaires

Météo France, CNRM, météorologues et climatologues
Chercheurs et ingénieurs du centre Irstea de Grenoble
Parcs Naturels Régionaux des Préalpes.

MOYENS TECHNIQUES

Le matériel pour l'animation des ateliers (post-its, tableaux, etc.), repas, traiteur, salles, etc.

MOYENS FINANCIERS

Coûts

800 k€ environ. Ce qui coûte le plus cher, c'est la ressource humaine : les ateliers ont en particulier demandé des temps importants de préparation et de dépouillement, et ont mobilisé de nombreuses personnes.

Financement

Plus de la moitié du projet Adamont a été autofinancé. Le reste a été financé dans **le cadre de programme GICC** (Gestion et Impacts du Changement Climatique) et par **l'ONERC** (Observatoire National des Effets du Réchauffement Climatique) : environ 360 000 euros.

SUIVI ET ÉVALUATION

QUEL SUIVI ?

Suivi du nombre de participants par atelier et de retours d'expérience. Chaque jour un quart d'heure a été dédié à l'échange d'avis des participants sur les ateliers participatifs.

QUELLE FRÉQUENCE ?

À chaque atelier.

QUELS INDICATEURS ?

Taux de participation, appréciation des ateliers.

QUEL BILAN ?

Sur une liste de 800 personnes sollicitées pour participer aux ateliers, 150 à 200 participants, dont 50 personnes régulièrement, ce qui montre un vrai intérêt pour les ateliers. Plusieurs personnes ont souhaité avoir des comptes rendus et les résultats de projet.



Exemple d'atelier participatif

Source : Irstea

RETOUR D'EXPÉRIENCE BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

- > Le fait d'avoir invité des représentants de tous les secteurs à chaque atelier a abouti à un regard croisé des impacts du changement climatique et sur les solutions d'adaptation.
- > Les participants réguliers pourraient être sollicités par le parc de Vercors sur d'autres projets sur le changement climatique.
- > Les collectivités territoriales ont bénéficié de la sensibilisation qui a été mise en place sur le territoire et cela leur a permis de lancer des réflexions sur le changement climatique.

OBSTACLES

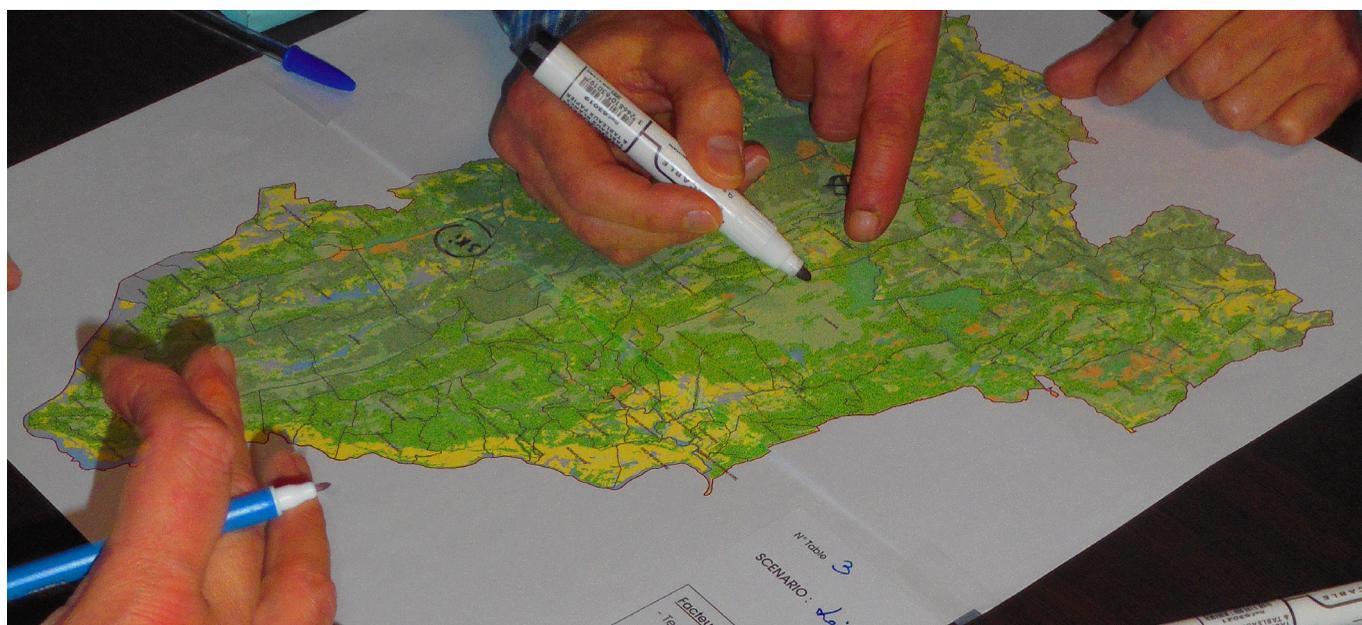
Obstacles potentiels : la difficulté à identifier et à faire participer les parties prenantes, que les discussions sortent de l'application concrète.

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

- > Il faudrait mieux travailler en amont la pluridisciplinarité d'un tel projet : consacrer un peu plus de temps et de préparation pour mobiliser l'ensemble des acteurs concernés par chaque atelier et ne pas se contenter d'un expert par thématique.
- > Il faut avoir une vraie volonté politique et des acteurs du territoire pour mettre en œuvre un projet d'accompagnement au changement climatique à l'échelle d'un territoire.

PERSPECTIVES

Accompagner d'autres territoires dans la démarche en pensant mieux la pluridisciplinarité.



Prise de notes lors d'un atelier participatif

Source : Irstea

« On voulait co-construire le projet avec les acteurs du terrain, on voulait que cela soit au plus proche possible de la réalité de territoire. »

Delphine Piazza-Morel et Marie-Pierre Arlot

EN SAVOIR PLUS:

Sites Internet

<https://www.irstea.fr/fr/impacts-du-changement-climatique-et-adaptation-en-territoire-de-montagne-projet-adamont>

Personnes référentes

Marie-Pierre Arlot, Irstea Grenoble



Atténuation



Adaptation



RÉGION :

Auvergne-Rhône-Alpes

PORTEUR DU PROJET :

SAGYRC

THÈMES : Gestion des risques d'inondation, restauration des milieux aquatiques

TERRITOIRES :

Oullins, rivière Yzeron sur 1,5 km

COÛTS : 8,22 M€ HT

DATES :

2013 – 2015

RÉSULTATS ATTENDUS :

Restauration de la rivière Yzeron à Oullins. Amélioration de la biodiversité. Prévention des inondations.

Aménagement de l'Yzeron à Oullins

CONTEXTE ET ENJEUX

Dans les années 1960, la rivière Yzeron a été entièrement bétonnée suite à l'urbanisation de l'ouest lyonnais. Cela a eu pour conséquence des impacts sur la qualité des milieux aquatiques ainsi que sur les inondations. Le Syndicat Intercommunal du Bassin de l'Yzeron (SAGYRC) a été créé au début des années 2000 afin de réduire les inondations et restaurer les milieux aquatiques à l'échelle du bassin versant.

Le projet d'aménagement de l'Yzeron a pour objectif d'élargir le lit de la rivière, de retirer le béton et de végétaliser les berges, de manière à faciliter l'écoulement des crues et restaurer l'écosystème.

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

> Lutte contre le réchauffement des eaux.

Le béton a pour effet d'absorber le rayonnement solaire, ce qui augmente fortement les températures. Les eaux sont impactées par cette chaleur, ce qui nuit notamment aux milieux aquatiques. La végétalisation des berges de la rivière permet de réguler ces températures, notamment par un phénomène d'ombrage.

> Diminution des îlots de chaleur urbains.

La végétalisation permet de réguler les températures de l'eau, mais aussi de l'air par évapotranspiration et ombrage.

> Adaptation aux inondations et amélioration du fonctionnement écologique du cours d'eau.

La suppression du béton permet de rendre la zone perméable et d'élargir le lit du cours d'eau. Cela permet de modifier l'écoulement hydraulique et d'assurer, avec un léger endiguement complémentaire en sommet de berges, une protection contre une crue trentennale.

ENJEUX SOCIAUX

Les bénéfices sociaux de ce projet sont aujourd'hui avérés, de nombreux habitants se sont appropriés cet espace et l'utilisent comme un lieu récréatif. Les riverains ont bien accueilli ce projet qui émane de leur souhait d'être protégés des inondations. Ce bénéfice « récréatif » n'était toutefois pas l'enjeu premier de ce projet.

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Les contraintes réglementaires sont assez fortes dans ce projet. Le code de l'environnement demande de réaliser différentes études préalables qui prennent du temps. De plus sur l'aspect foncier, certains terrains concernés par le projet peuvent appartenir à des propriétaires privés. Dans ce cas, l'aménageur essaie dans un premier temps de négocier les terrains à l'amiable. Si ce n'est pas possible, le projet étant déclaré d'utilité publique, il est possible d'entamer une procédure d'expropriation judiciaire. Cette procédure est coûteuse en temps et financements.

Il y a cependant des évolutions réglementaires à ce sujet, telle que la réforme GEMAPI, qui est en faveur de ce type de projet.

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

CONCEPTION

L'initiative du projet date des années 1990 et fait suite aux demandes des habitants avoisinants la rivière qui ne voulaient plus être inondés. Les élus se sont alors saisis du risque d'inondation et se sont engagés à réaliser des aménagements de manière à protéger la population. Le diagnostic initial du projet a été construit sur les données d'inondation connues (type de crue, hauteur de digue, volumes et débits d'eau, etc.). Des études ont été menées par l'Assistant à Maîtrise d'Ouvrage (AMO), puis le maître d'œuvre : études géologiques, relevés topographiques, modélisations hydrauliques, dimensionnement de l'aménagement, et des bureaux d'études spécialisés ont réalisé les dossiers réglementaires portés en enquête publique (étude d'impact...).

OBJECTIFS FIXÉS

Objectif quantitatif :

> protéger 700 personnes exposées au risque d'inondation d'une crue trentennale.

Objectif qualitatif :

> objectif de bon potentiel écologique (fixé par la DCE), pour un cours d'eau fortement modifié (MEFM) ;

> au niveau écologique : objectif à long terme de retour de la truite *fario*, en connexion avec le Rhône.

ÉLÉMENTS CLÉS

**1,1 KM DE SENTIERS
PÉDESTRES AMÉNAGÉS**

**1,4 KM LINÉAIRES
DE COURS D'EAU**

**34 000 M³ DE DÉBLAIS
MOBILISÉS**

**50 ARBRES, 2 000 ARBUSTES
ET 1,5 HECTARES DE PRAIRIES
ENSEMENCÉES**



Débordements de l'Yzeron en 2003

Source : Stéphane Guérin, Présentation au Congrès de l'Astee 2018

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS

Octobre 2013

Mai 2014

Printemps 2015

Fin 2015

Travaux préparatoires

- > Abattage d'arbres.
- > Déviation de réseaux.

Élargissement du lit

- > Travaux de terrassements et de protections par différentes techniques de génie civil et génie végétal.

Travaux environnementaux et paysagers

- > Mise en œuvre de techniques végétales : plantation d'arbres, arbustes et ensemencement de prairie.
- > Aménagements d'agrément : petites plages en platelage bois, bancs rustiques intégrés aux protections, etc.
- > Reconstruction de la passerelle mode doux (vélos, piétons).

RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

Maître d'ouvrage

SAGYRC, Syndicat Intercommunal du Bassin de l'Yzeron

Partenaires

Financement partiel du syndicat, référent pour les habitants :

Ville d'Oullins

Réalisation des travaux de terrassement, génie civil et génie végétal :

Perrier TP, Green Style

Maître d'œuvre en tant que bureau d'études :

CNR – Compagnie Nationale du Rhône

Financements :

L'État

Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse

Région Auvergne – Rhône – Alpes
Département du Rhône

MOYENS TECHNIQUES

> Travaux de terrassement, génie civil : camions bennes et pelles mécaniques mobilisées, plateforme à proximité de chantier, broyage des matériaux, traitement et recyclage des terres et matériaux.

> Travaux en rivière : tuyaux importants pour les déviations provisoires du cours d'eau, création de pistes de travail, etc.

> Techniques de soutènement par des palplanches et des gabions.

> Techniques végétales et de diversification du lit.

Maintenance et entretien :

> Des brigades de rivières (cinq agents) entretiennent la végétation deux fois par an.

> Interventions systématiques en cas de crues pour retirer les branches tombées et les dépôts divers.

> Contraintes : la maintenance doit être réactive.

> Facilités : Prévoir des pistes d'accès permanentes.

MOYENS FINANCIERS

Coûts

8,22 M€ HT :

Travaux : 7,25 M€

Études préalables et divers : 383 k€

Maîtrise d'œuvre : 592 k€

Financement

Sagyrac :

20%

5 communes

Financements :

Extérieurs : 80%

État : 2,9 M€

Agence de l'eau RMC : 2,3 M€

Région Auvergne – Rhône – Alpes : 0,9 M€

Département du Rhône : 0,3 M€

Grand Lyon la Métropole : 0,2 M€

SUIVI ET ÉVALUATION

QUEL SUIVI ?

> Plan d'entretien pluriannuel du cours d'eau.

> Suivi annuel sur cinq ans de la faune et la flore.

QUELS INDICATEURS ?

> Suivi des niveaux d'eau et des débits.

> Nombre de personnes affectées par les inondations.

> Nombre d'espèces, suivi écologique.

> Indicateurs sociologiques. Ils ne sont pas évalués dans le projet mais dans le cadre de travaux de recherche.

QUELLES DIFFICULTÉS ?

Ne pas perdre la « culture du risque ». La population risque de ne plus avoir l'habitude des inondations et être d'autant plus surprise lors d'une nouvelle crue débordante.



L'Yzeron aménagé et fréquenté par des piétons et vélos

Source : Stéphane Guérin, Présentation au Congrès de l'Astée 2018

RETOUR D'EXPÉRIENCE, BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

> Permettre en même temps la protection des inondations et une amélioration du fonctionnement écologique de la rivière, du cadre de vie et des paysages.

> Pour la commune : lutte contre les inondations, valorisation des paysages et de la biodiversité.

> Bénéfices environnementaux et biodiversité.

OBSTACLES

Identifiés dès la conception :

> **Fonciers** : terrains en propriété privée à mobiliser, nécessité de l'accord des particuliers.

> **Techniques** : il peut y avoir des crues pendant les travaux ce qui bloque les chantiers.

> **Administratifs** : planning à élaborer en fonction des délais d'obtention des autorisations.

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

Enseignements utiles à d'autres territoires :

- > planter des espèces locales adaptées à la rivière ;
- > élaborer le projet en co-construction avec les habitants ;
- > maîtriser les aspects fonciers sans les sous-estimer.

PERSPECTIVES

- > Poursuite du projet sur plusieurs communes.
- > Création de barrages secs écrêteurs en amont pour prévenir des crues plus importantes, jusqu'au niveau centennal.



Aménagement de l'Yzeron – état avant-après
Source : Sagyrc

« On a enlevé le béton pour remettre une rivière à la place et ça, c'est vraiment très agréable. »

Pierre-Jacques Thomas, habitant d'Oullins

EN SAVOIR PLUS:

Sites

www.riviere-yzeron.fr

SAGYRC, Film mémoire des travaux à Oullins

SAGYRC, Film de présentation du projet Yzeron

<https://www.youtube.com/watch?v=Weh8jb8vL20>

SAGYRC, Mars-Avril 2014 :

Travaux en rivière sur l'Yzeron à Oullins

<https://www.youtube.com/watch?v=8coq6raR0I4>

Personne référente

Stéphane Guérin, Directeur du Sagyrc

Localisation

Oullins



Atténuation



Adaptation

Ecodo : Garantir l'alimentation en eau potable d'un bassin d'eau grâce à un programme global « du captage au robinet »



TERRITOIRES : **Rennes, puis Collectivité Eau du Bassin Rennais (56 communes, 493 000 habitants)**

COÛTS : **9,27 M€ HT**

DATES :

Rennes : 2007 – 2013

CEBR : 2014 – 2018

APPEL À PROJET

RÉFÉRENT : **Atténuation et Adaptation au Changement Climatique, ADEME**

RÉSULTATS ATTENDUS :

Optimisation de l'utilisation de la ressource en eau et réduction des consommations

RÉGION : **Bretagne**

PORTEUR DU PROJET : **Collectivité Eau du Bassin Rennais**

THÈMES : **Gestion de l'eau potable, réduire la consommation des usagers**

CONTEXTE ET ENJEUX

Le contexte géologique de la Bretagne est particulier puisque malgré sa météo pluvieuse, il n'y a pas de ressources en eaux souterraines. L'eau potable provient donc de ressources superficielles très sensibles au climat. Cette contrainte est d'autant plus importante que le changement climatique prévoit des épisodes de sécheresse de plus en plus sévères. En parallèle, le territoire du Bassin Rennais est en pleine expansion démographique. Il y a donc de plus en plus de population malgré une ressource de plus en plus limitée. Il s'agit alors pour la collectivité de chercher des moyens de faire des économies d'eau à la source.

Depuis de nombreuses années, le service public de l'eau potable cherche à réaliser des économies d'eau au travers de trois grands axes :

- > **amélioration des outils de production** pour réduire les fuites en usines de traitement d'eau ou dans les adductions ;
- > **amélioration de la distribution** pour réduire les fuites dans les réseaux de distribution d'eau potable ;
- > **réduction des consommations d'eau potable** et sensibilisation par type de consommateur (particulier, scolaire ou professionnel).

En 2014, les compétences de production et distribution d'eau ont été transférées de la ville de Rennes à la Collectivité Eau du Bassin Rennais. La collectivité a donc repris ces trois axes pour élargir le programme de Rennes aux 56 communes du territoire du Bassin Rennais (programme 2016-2018).

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

> **Adaptation au stress hydrique :**

Diminution des ressources en eau potable.

> **Economies d'eau :**

Pour moins subir les sécheresses futures, il faudra moins consommer d'eau.

ENJEUX SOCIAUX

Les actions mises en œuvre prévoient de sensibiliser la population, et de l'inciter à consommer moins d'eau, sans pour autant engager de restrictions des consommations d'eau. Les bénéficiaires principaux sont les abonnés puisque la diminution des consommations d'eau réduit la facture d'eau.

Il n'y a pas de réglementation spécifique sur ces thématiques.



Source : Eau du bassin Rennais

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

CONCEPTION

L'initiative vient des élus qui ont réagi face aux problématiques de sécheresse augmentant avec le changement climatique. Il s'agissait d'anticiper ces effets pour qu'il n'y ait pas besoin dans les prochaines années de prendre des mesures de restriction d'eau ou de chercher des ressources dans d'autres territoires, impliquant des coûts très élevés. Lors de la conception du projet, une analyse géographique des actions possibles sur l'ensemble du cycle de l'eau a été réalisée. Toutes les actions faisables ont été retenues par les élus pour être mises en œuvre.

OBJECTIFS FIXÉS

Qualitativement, l'objectif est de diminuer les consommations d'eau et de réaliser des économies d'eau sur l'ensemble du cycle de l'eau, du producteur au consommateur. Cela passe par la réduction des fuites et du gaspillage, par de la sensibilisation et des outils adaptés.

Les objectifs quantitatifs sont quant à eux :

En production : économie de 1 million de m³ d'eau d'ici 2020.

- > Mise en place de systèmes de stockage d'eau.
- > Rénovation et réhabilitation de conduites d'eau.
- > Amélioration des rendements et optimisation via des modèles informatiques et systèmes.
- > Déploiement de la télérelève sur les compteurs de vente d'eau en gros aux collectivités, pour un meilleur suivi des variations des consommations par secteurs.
- > Gestion patrimoniale des adductions et recherche de fuites sur la conduite de ceinture de Rennes.

En distribution : étude de gestion patrimoniale pour compléter le diagnostic des réseaux et servir de base.

- > Pour les futurs programmes de renouvellement.
- > Au déploiement d'une sectorisation adaptée au suivi de fuites sur réseaux.
- > À l'amélioration des techniques de recherche de fuites.

Consommation : diminuer la consommation journalière par habitant de 6,8%. En 2017, la consommation des habitants de la Collectivité Eau du Bassin Rennais est de 128 L/j/hab ce qui est déjà bien inférieur à la consommation nationale de 148 L/j/hab. L'objectif était donc de passer à une consommation de 110L/j/hab en 2020 ce qui représenterait une économie annuelle de 1 300 000 m³.

> Sensibilisation des particuliers

- Rencontre de 2500 abonnés ;
- Aide à l'acquisition de 600 cuves de récupération ; d'eau de pluie et au choix du matériel hydro-économe
- Campagnes d'affichage, actions d'associations.

> Sensibilisation des scolaires

- 4000 élèves de CM1/CM2. Pour chaque classe inscrite, quatre animations sur le cycle de l'eau domestique et sur les économies d'eau (160 classes sur trois ans) ;
- Support ludique distribué dans les toutes écoles du territoire ;
- Animations dans des collèges et lycées.

> Sensibilisation des professionnels et gros consommateurs pour les consommateurs de plus de 6000m³/an.

> Sensibilisation dans les bâtiments d'habitats collectifs.

> Fond ECODO pour aider les projets d'économies d'eau : 810 k€ prévus sur 3 ans.

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS

VILLE DE RENNES

2008

Définition du schéma d'alimentation en eau potable de la ville de Rennes

2009

Mise en œuvre des actions

2012

Évaluation du programme et définition de nouveaux objectifs

2013

COLLECTIVITÉ EAU DU BASSIN RENNAIS

2014

Diagnostic des consommations d'eau de 37 communes du bassin Rennais

2015

Préparation du projet

2016

2017

Réalisation

2018

RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

2,5 équivalent temps plein + 3 services civiques

Maître d'ouvrage

Collectivité Eau du Bassin Rennais

Signature d'une convention ou d'un marché avec le prestataire pour chaque action.

Partenaires

Associations d'animation dans les écoles, partenariats sociaux : relai des interventions

Six enseignes de magasins de bricolage : renseignement des usagers

Délégués de services publics : actions pour les campagnes de recherche de fuites et installation de matériel

Agence de l'eau Loire-Bretagne

Financeur

MOYENS TECHNIQUES

> Outils de communication, matériel de recherche de fuite, matériel hydro-économe.

> Préconisations, conseil et financement par la collectivité à 30% des travaux (des professionnels, communes ou bailleurs), et 40% des études. Les communes ont à charge le diagnostic et la maintenance du matériel hydro-économe (réglages réguliers).

MOYENS FINANCIERS

Coûts Programme ECODO 2016 - 2018 :

Total : 9,27 M€ HT

Voir tableau ci-dessous pour le découpage par action

Financement Agence de l'eau Loire-Bretagne :

3,72 M€ (40%)

Fonds propres Collectivité Eau du Bassin Rennais : 5,55 M€ (60%)

| Enjeux | PRODUCTION | | | DISTRIBUTION | CONSOMMATION | | COORDINATION |
|-----------|--|--|--|--|---|------------|---|
| Objectifs | Amélioration des rendements des usines | Réduction de la consommation d'eau potable par les usagers | Amélioration du rendement des adductions | Amélioration des rendements des réseaux de distribution pour réduire les pertes en eau potable | Réduire les consommations d'eau potable par les usagers | Fond Ecodo | Assurer le pilotage du programme et la coordination des actions |
| TOTAL | 1 150 k€ | 150 k€ | 2 987 k€ | 3 034 k€ | 663 k€ | 810 k€ | 472,2 k€ |

Coûts par action : programme 2016-2018 (Eau du Bassin Rennais)

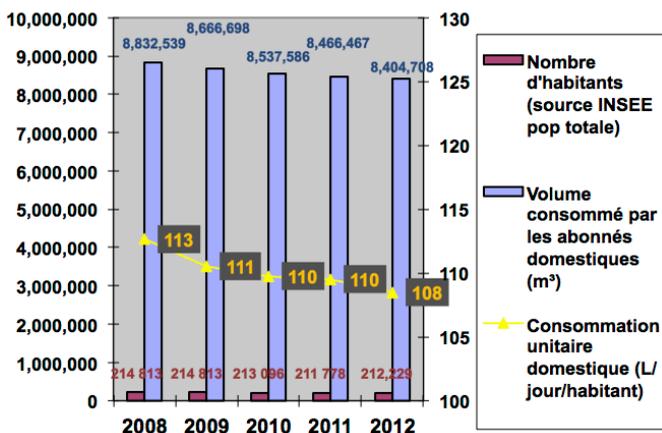
SUIVI ET ÉVALUATION

Le premier programme (2009-2012) a été évalué sur Rennes en suivant l'évolution de la consommation moyenne par abonné. Il a démontré une diminution du volume consommé par habitant et par an, passant de 113 L/j/habitant à 108L/j/habitant.

Difficulté : Il est difficile d'extraire les consommations réelles des abonnés domestiques.

Depuis 2015, une tarification catégorisée permet de pallier cette difficulté sur Rennes. Elle est mise en place depuis le 1^{er} Janvier 2019 sur tout le territoire de la collectivité.

Le bilan de programme 2016-2019 permettra d'évaluer les actions mises en oeuvre



Bilan de la consommation rennaise
Source : Eau du Bassin Rennais

RETOUR D'EXPÉRIENCE, BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

- > Diminution des consommations d'eau.
- > Suivi approfondi des services municipaux de Rennes : de 445000m³/an entre 2007 et 2009 à 306 000 m³/an en 2012 soit une baisse de 30% des consommations municipales malgré une augmentation du patrimoine.
- > Bénéfices économiques.

OBSTACLES

- > Démontrer la nécessité des économies d'eau et de mettre en œuvre tous les moyens possibles pour y parvenir.
- > Démontrer que les résultats sont à la hauteur des investissements réalisés.
- > Sensibiliser tous les acteurs (population, collectivités, commerciaux) au caractère limité de la ressource en eau et à l'importance de la préserver.



« Pour plus d'efficacité en matière de communication, il ne faut pas hésiter à aller directement à la rencontre des abonnés. Cela demande néanmoins des moyens humains importants. »

Soazig Levalvez-Corgas

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

- > Projet duplicable.
- > Pistes d'amélioration : développer les moyens humains dédiés aux actions mises en place.
- > Ne pas hésiter à rencontrer les consommateurs (photo ci-contre) : il faut donner de la visibilité et de l'importance aux actions que l'on met en œuvre et sensibiliser les abonnés en ayant le plus d'impact, plutôt que de « saupoudrer » des informations.



« Les Ambassadeurs de l'eau à la rencontre des habitants » : De janvier à juillet 2018, trois services civiques ont fait du porte à porte pour sensibiliser les habitants.

Source : Eau du Bassin Rennais

EN SAVOIR PLUS:

Sites

eaudubassinrennais-collectivite.fr/

Vidéos et plaquettes

http://eaudubassinrennais-collectivite.fr/gestion-du-service-de-l-eau/74-economies-d-eau/325-documentation-ecodo.html?cat_id=74

Personne référente

Soazig Levalvez-Corgas, Ingénieure à la Collectivité Eau du Bassin Rennais

Localisation

Rennes, Collectivité Eau du Bassin Rennais



Recyclage du phosphore des eaux usées et des boues d'épuration - PhoSTEP



TERRITOIRES :
National

COÛTS : 380 k€
AFB : 240 k€
Irstea : 140 k€

DATES :
2016 - 2018

RÉSULTATS ATTENDUS :
Recyclage du phosphore
Réduction de l'impact de la gestion des boues
Augmentation de la valorisation énergétique des boues

RÉGION :
Bretagne

PORTEUR DU PROJET :
Irstea

THÈMES : **Lutte contre l'eutrophisation, recyclage du phosphore**

CONTEXTE ET ENJEUX

Dans un contexte de changement de paradigme pour passer du traitement des eaux résiduaires à la récupération de leurs ressources, l'objectif d'impacter le moins possible le milieu se complète d'un objectif de récupération de matière et d'énergie.

Irstea est l'Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture. Il porte ce projet lié à la question de valorisation du phosphore des eaux résiduaires qui est un enjeu d'échelle mondiale.

Le phosphore est en effet l'élément à l'origine de l'eutrophisation mais il est également indispensable à toute forme de vie et non substituable. Or, ses ressources naturelles sont limitées et c'est un élément critique de l'alimentation à l'échelle mondiale.

Le projet PhoSTEP s'intéresse au phosphore provenant de boues de stations d'épuration. Pour permettre sa récupération, la première étape consiste à le dissoudre. Les premières techniques étaient basées sur une acidification chimique, avec une empreinte environnementale défavorable. L'un des objectifs du projet est d'identifier des méthodes alternatives de dissolution, par voie biologique (bioacidification).

Après sa dissolution, le phosphore est cristallisé pour être utilisé comme un engrais chimique.

Dans un contexte de portage politique fort autour de l'économie circulaire, l'intérêt du projet réside d'abord dans l'acquisition de connaissances sur la valorisation du phosphore. L'objectif est de valider la technologie par la mise en œuvre d'un prototype de façon à proposer ensuite des procédés aux collectivités et traiteurs d'eau.

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

- > **Lutte contre l'eutrophisation des milieux.**
- > **Préservation de la ressource en phosphore.**
- > **Limitation des importations en phosphore** (aucune production en France - les plus grands producteurs de phosphore étant la Chine, les États-Unis, le Maroc, le Sahara occidental et la Russie qui produisent 79% de la production mondiale) et création d'une économie française de l'engrais en agriculture dont l'accessibilité serait moins aléatoire.
- > **Meilleure maîtrise de l'apport en phosphore au sol.** En effet, le fait d'extraire le phosphore permettra d'ajouter la quantité souhaitée à la fertilisation.
- > **Réduction de la surface des plans d'épandage.** Le phosphore est en général l'élément sur lequel se base le calcul de la surface requise pour l'épandage. Extraire le phosphore des boues permettra de réduire cette surface.
- > **Augmentation du pouvoir méthanogène des boues.**

ENJEUX SOCIAUX

Des enjeux sociaux existent autour des questions d'économie circulaire en lien avec des problématiques d'économie, de préservation et de valorisation de matière.

La question de l'acceptabilité sociale se pose en particulier sur les sujets d'économie circulaire liés à l'eau.

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Le contexte réglementaire est très favorable. Il est en évolution. Au niveau européen, certains pays obligent les stations d'épuration à mettre en place le recyclage du phosphore.

Il peut y avoir un verrou lié à la sortie du statut de déchet.

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

ÉTUDES SPÉCIFIQUES

Le démarrage du projet a fait suite à :

- > un état des lieux de la ressource en phosphore;
- > des études sur les lisiers ;
- > une évaluation environnementale accompagner le projet.

OBJECTIFS FIXÉS

Le projet permet à court terme de fournir, aux différents acteurs de la filière du traitement de l'eau, des connaissances sur la pertinence des procédés de recyclage du phosphore et sur leur impact environnemental.

A moyen terme, le projet permettra l'émergence de nouveaux procédés permettant le recyclage du phosphore, tout en permettant peut-être d'économiser le fer, sa dissolution concomitante à celle du phosphore ayant été observée. Ceci réduirait la quantité de réactif (sels de fer utilisés lors du traitement des eaux usées) et améliorerait la qualité agronomique des boues.

L'Irstea a une double mission de recherche finalisée et d'appui aux politiques publiques (collectivités, services techniques au niveau des départements, ministère de l'écologie et de l'agriculture). Pour l'Irstea, l'intérêt de ce projet est d'acquérir des connaissances sur la valorisation du phosphore. Le procédé développé est breveté. Il est proche de la maturité industrielle puisque le but est de démontrer la technologie par un prototype. Cela permettra donc de pouvoir le proposer aux collectivités et traiteurs d'eau.

ÉTUDES SPÉCIFIQUES

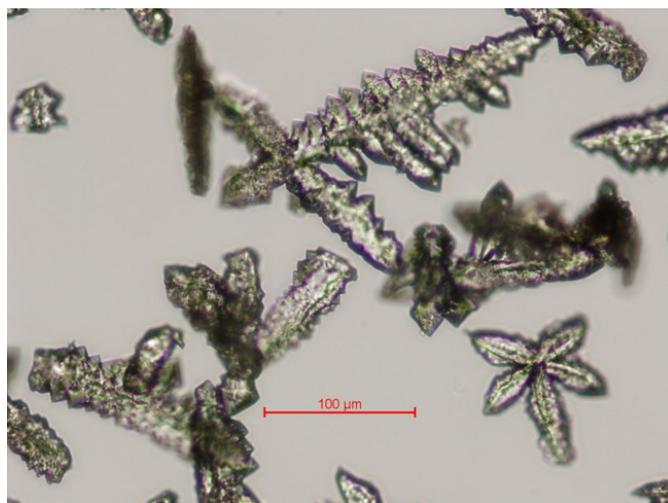
Le travail est découpé en 4 tâches menées en parallèle :

Tâche 1 : état des lieux international des différentes techniques envisageables pour extraire le phosphore des eaux usées et des boues. Identification des méthodes de dissolutions par voie biologique.

Tâche 2 : études expérimentales pour explorer les pistes d'amélioration des techniques identifiées lors de la tâche 1.

Tâche 3 : étude expérimentale de l'influence du recyclage du phosphore sur les étapes ultérieures de valorisation ou de traitement des boues (y compris la méthanisation).

Tâche 4 : évaluation de l'impact environnemental des procédés mis en œuvre pour recycler le phosphore sur les filières de traitement et de valorisation des boues, notamment le retour au sol de boues appauvries en phosphore.



Exemples de structures à base de cristaux de struvite obtenues par précipitation du phosphore à partir du liquide issu de la bioacidification (Irstea 2018).

RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

Équipe de Recherche PANDOR Rennes spécialisée dans le recyclage du Phosphore et en méthanisation.

Équipe de Recherche SAFIR Rennes spécialisée en modélisation intégrée et évaluation environnementale des filières de traitement/valorisation des déchets dont les boues.

Équipe de Recherche PROCESS Montoldre spécialisée en caractérisation physique des boues, procédés de déshydratation et analyse environnementale des procédés et des filières.

Équipe de Recherche REVERSAAL Lyon spécialisée dans le traitement des eaux usées et la modélisation du fonctionnement des stations d'épuration.

Porteur

Irstea
Unité OPAALE de Rennes

Partenaires

Financier : **Agence Française pour la Biodiversité**
Les collectivités qui mettent à disposition les boues de STEPs

MOYENS TECHNIQUES

Les laboratoires et les pilotes du centre Irstea de Rennes ont été mis à disposition pour ce projet

MOYENS FINANCIERS

Coûts 380 k€
Financement **AFB** : 240 k€
Irstea : 140k€

SUIVI ET ÉVALUATION

QUEL SUIVI ?

Évaluation des performances du projet à une fréquence annuelle par l'AFB.

Après correction et validation par l'AFB, les livrables du projet seront disponibles en ligne sur le site de l'AFB.

QUELS INDICATEURS* ?

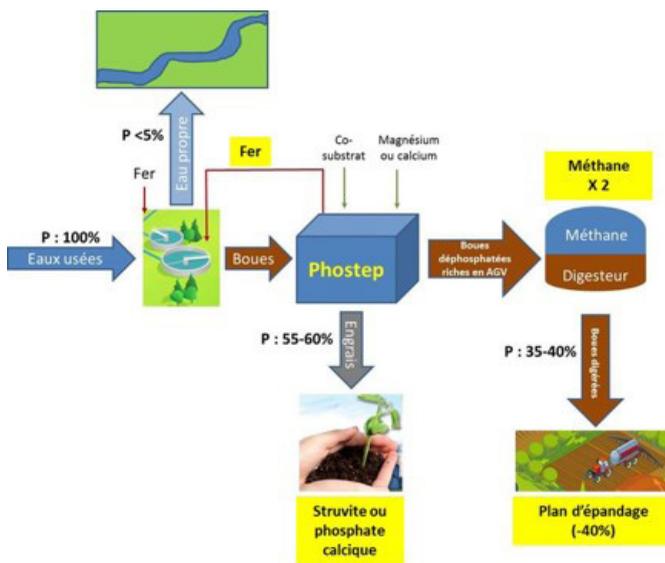
> Suivant l'origine des boues jusqu'à 60 % du phosphore total des boues et 65% du fer peuvent être récupérés à l'issue du procédé.

> Environ 5 kg d'engrais sous forme de struvite peuvent être produits à partir d'1 m³ de boues.

> Le plan d'épandage peut être réduit de 40% (l'azote devient l'élément limitant).

> Le potentiel méthanogène des boues est augmenté de 10 à 20% par la bio-acidification. La production de méthane peut être plus que doublée grâce au co-substrat utilisé pour la bioacidification.

*Ces chiffres sont extrapolés à partir des données en pilote de laboratoire. Ils demandent à être validés sur démonstrateurs. C'est l'objet du projet Phosforyou qui fait suite à Phostep (voir ci-après)



Impacts du recyclage du phosphore sur la chaîne de valorisation des boues de STEP

Source : Marie-Line Daumer, Irstea

RETOUR D'EXPÉRIENCE, BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

Ce projet permet la mise en place d'une économie circulaire qui aura pour conséquence.

> **De préserver la ressource en phosphore et de réduire la dépendance de l'Europe vis-à-vis des pays producteurs (sécurité alimentaire).**

> **Des économies monétaires sur l'achat de réactifs, la production d'énergie et la gestion des boues. Les bénéficiaires principaux seront donc de façon directe les collectivités et de façon indirecte les habitants.**

OBSTACLES

> Des freins techniques ont été levés concernant l'étape de dissolution du phosphore. Il fallait trouver une méthode qui n'ait pas d'impact sur l'environnement plus grand que les gains environnementaux du processus.

> Le contexte réglementaire peut constituer un frein pour le recyclage des produits issus des matières organiques d'origine résiduaire.

PERSPECTIVES

> L'analyse critique prévue dans la tâche 1 sera diffusée sous la forme d'un rapport accessible aux différents acteurs de la filière de valorisation des boues.

> Les travaux des tâches 2 à 4 feront, en plus du rapport, l'objet de communications sous forme d'articles scientifiques et techniques.

> Une démonstrateur industriel d'un réacteur de bioacidification combiné à un système de recyclage du fer et de cristallisation du phosphore (Struvia®) est en cours de test en collaboration avec Veolia dans le cadre du projet Phosforyou.

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

> Ce projet est national et pourrait s'appliquer sur toutes les stations d'épuration produisant des boues. Il est particulièrement intéressant sur celles équipées d'un digesteur.

> Parmi les travaux récents, il y a eu les projets Newfert et Valodim qui ont permis de démontrer la possibilité de recycler le phosphore en synergie avec une digestion anaérobie à partir des lisiers.

> Ce projet est également lié à d'autres projets en cours, comme par exemple Phos4you, un projet européen (Interreg NWE) qui consiste à évaluer différentes techniques de recyclage du phosphore des eaux usées sur la base de démonstrateurs dans différents contextes (de la très petite installation rurale en Ecosse à des stations d'épuration de villes de plusieurs centaines de milliers d'habitants d'une région industrialisée en Allemagne). Le procédé développé dans le cadre du projet PhoSTEP fait partie des démonstrateurs évalués en collaboration avec Veolia.

EN SAVOIR PLUS:

Sites

<http://www.irstea.fr/nos-editions/dossiers/traitement-eaux-usees/boues-epuration>

Groupe de réflexion européen : European Sustainable Phosphorus Platform

<https://www.phosphorusplatform.eu/>

Projet : Phos4you

<http://www.nweurope.eu/phos4you>

Personne référente

Marie-Line Daumer, Irstea

Localisation

Rennes

ACTION(S)



Atténuation



RÉGION : Grand-Est

PORTEUR DU PROJET : BIOGENERE ; 60%R-GDS, 40% SUEZ Eau France

THÈMES : Méthanisation, énergie renouvelable, économie circulaire

TERRITOIRES : Strasbourg

COÛTS : 6,5 M€

DATES : 2011 – 2016

APPEL À PROJET RÉFÉRENT : Life+

RÉSULTATS ATTENDUS : Amélioration du bilan carbone de la STEU de Strasbourg-Wantzenau ; valorisation du bioCH₄ et bioCO₂

Biovalsan : épuration du biogaz de la STEU de Strasbourg et son injection au réseau

CONTEXTE ET ENJEUX

Ce projet est une brique d'un édifice plus important qui vise à rendre plus vertueux écologiquement la station d'épuration de Strasbourg. A l'issue du processus de traitement des eaux usées de cette station d'épuration (STEU), la matière organique est extraite dans des boues. Une partie de ces boues transite dans des digesteurs où la dégradation de la matière organique produit du biogaz. Les boues restantes sont déshydratées puis incinérées, produisant de la chaleur pour le chauffage des locaux et le maintien en température des digesteurs.

Le biogaz produit est constitué à 62% de méthane (CH₄), 37 % de dioxyde de carbone (CO₂) et 1% d'impuretés. Celui-ci est traité et épuré pour récupérer ses éléments principaux (CH₄ et CO₂).

La valorisation du biogaz dans les stations d'épuration existe depuis plusieurs années. Cependant la nouveauté portée dans le projet Biovalsan est d'injecter directement le biométhane dans le réseau de gaz naturel permettant ainsi une substitution de gaz fossile par du gaz renouvelable. C'est la première STEU en France à injecter du biogaz dans le réseau.

Sur la STEU de Strasbourg, une installation de cogénération pré-existait avant le projet. Elle produit de l'électricité avec un rendement de 30 à 35%, directement injectée dans le réseau électrique public, et de la chaleur peu valorisée ici car la ligne d'incinération produit déjà beaucoup de chaleur.

L'avantage du biométhane est qu'il est directement valorisable avec un rendement de 99%. Le projet Biovalsan prévoit également de valoriser le bioCO₂ produit.

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

> Diminution des émissions de GES/Utilisation d'énergie renouvelable.

L'intérêt de ce biométhane par rapport au gaz naturel fossile est que sa combustion ne contribue pas à l'augmentation des émissions de CO₂ fossile. Ainsi, 4000 Teq CO₂ d'émissions sont évitées par an par substitution de l'usage du gaz naturel par du biométhane.

> Valoriser les sous-produits de traitement.

Valorisation des graisses et sables collectés dans le prétraitement des eaux usées, et des cendres d'incinération qui peuvent être utilisés dans la construction.

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

L'étude de faisabilité du projet réalisée en 2011 s'est déroulée dans un contexte réglementaire défavorable car l'activité d'injection de biométhane issu de STEU n'était à l'époque pas autorisée par l'État qui soulevait le problème d'éventuels risques sanitaires. L'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) avait alors des doutes à ce sujet car il n'y avait pas suffisamment d'informations pour conclure à l'innocuité sanitaire. Seule l'injection de biométhane issu de la digestion de déchets ménagers, de déchets agricoles et de centres de stockage de déchets non dangereux a été autorisée en novembre 2011. Il a fallu attendre juin 2014 pour que le biométhane issu de STEU puisse également être injecté dans les réseaux de gaz naturel.

ENJEUX SOCIAUX

Lors de ce projet, il a été démontré l'absence de risque sanitaire lors de l'injection de biométhane dans le réseau de gaz naturel.

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

CONCEPTION

Depuis la construction de la station d'épuration la collectivité délègue son exploitation à des opérateurs privés. Dans le cadre d'un contrat précédent qui s'est achevé en 2010, différentes problématiques énergétiques avaient été identifiées. La station d'épuration dépendait considérablement des énergies fossiles (elle consommait environ 1 500 m³ de fioul par an) et valorisait peu ses ressources internes (le biogaz était valorisé à 50% pour chauffer les digesteurs, les 50% restant étant brûlés en torchère).

Ce projet entre également dans le cadre d'une volonté de la collectivité EuroMétropole de Strasbourg de réduction des émissions de GES, au travers de son PCAET. Il a participé à la réduction de 75 % de l'emprunte carbone de la STEU.

En 2009, la collectivité a lancé un appel d'offre auquel SUEZ a répondu en proposant une étude de faisabilité d'injection de biométhane. C'était à l'époque un pari risqué compte-tenu du contexte d'utilisation d'énergies fossiles, ainsi que du contexte réglementaire qui interdisait l'injection de biométhane issu de STEU dans le réseau. L'étude ainsi menée entre 2010 et 2011 a permis de montrer la faisabilité du projet d'un point de vue technique, économique, et du partenariat avec le distributeur local de Gaz naturel, R-GDS, mais

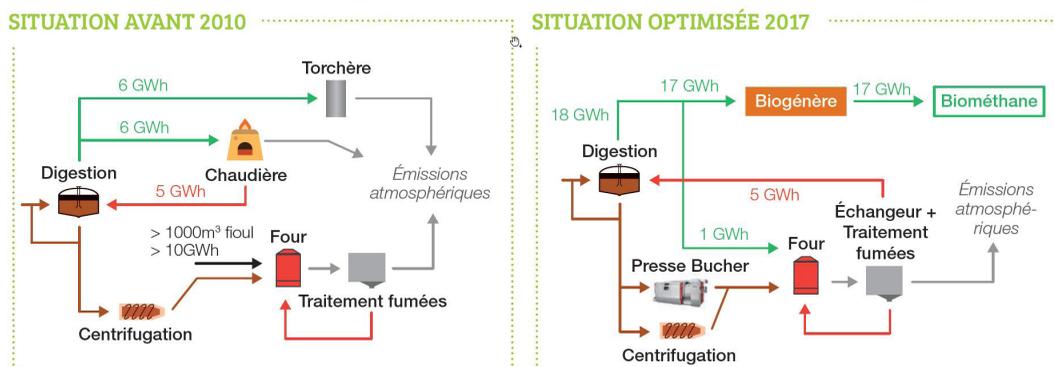
pas d'un point de vue sanitaire puisque l'ANSES émettait encore à l'époque des doutes par rapport à cette question. L'État a donc de nouveau sollicité l'ANSES pour étudier des campagnes d'analyses du biogaz menées, ce qui a permis d'autoriser l'injection de biométhane issu des STEUs en 2014. Cette filière énergétique a été choisie surtout par son efficacité qui est de 99% et s'impose donc par rapport à d'autres solutions techniques.

OBJECTIFS FIXÉS

Objectifs qualitatifs : considérer les eaux usées comme une ressource notamment énergétique du territoire.

Objectifs quantitatifs :

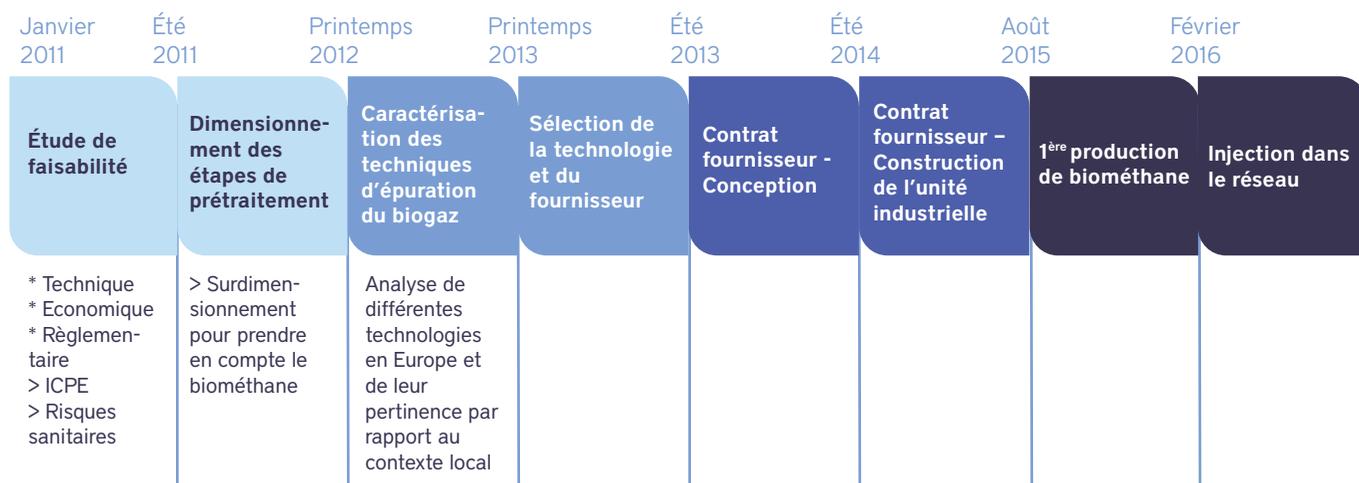
- 18GWh/an produits sous forme de biométhane : production équivalente aux besoins en chauffage de 5 000 logements en Bâtiments Basse Consommation (BBC) ;
- 4000 TeqCO₂ évités par an ;
- Filière des boues carbon neutre.



Transformation du modèle énergétique de la station d'épuration

Source : Biovalsan

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS



RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

Maître d'ouvrage

Maîtrise d'ouvrage et partie de la maîtrise d'œuvre, conception et réalisation :

Biogenere (R-GDS et SUEZ Eau France)

Partenaires

R-GDS et SUEZ Eau France

Développement de techniques spécifiques de prélèvement de micro-organismes dans les gaz sous pression

Analyses métagénomiques :

Enrofins.

Protocoles de prélèvements et analyses
Identification des techniques physico-chimiques existantes pour caractériser le biogaz et biométhane :

SGS S. A.

MOYENS TECHNIQUES

- > Technologie pour épurer le biogaz.
- > Techniques de prélèvements et d'analyses pour la caractérisation fine du biogaz et du biométhane.
- > Évaluation du risque sanitaire.
- > Techniques d'ingénierie .
- > Sécurité : techniques HAZOP.

Maintenance et entretien : Biogénère sous-traité à SUEZ.

- > Maintenance préventive.
- > Importante sur les gros compresseurs.
- > Matériel de sécurité.
- > GMAO (Gestionnaire de Maintenance Assistée par Ordinateur)
- Redondance du matériel pour éviter les pannes.

MOYENS FINANCIERS

Coûts Coût total : 6,5 M€

Financement

Subventions européennes Life+ : 2M€
Biogénère (RGDS/SUEZ) : 2,3M€
R-GDS : 950 k€

SUEZ : 750 k€
SGS Multilab : 340 k€
Eurofins Expertises
Environnementales : 160 k€

SUIVI ET ÉVALUATION

QUEL SUIVI ?

Méthodes de l'ingénierie pétrochimique :

validation de la conception et des performances, évaluation à chaque phase, bilan carbone et analyse cycle de vie (ACV) avant et après le projet.

QUELS INDICATEURS ?

Indices de performance européens :

- > KPI (Key Performance Indicator) sur le procédé, (performance électrique, rendement de production de biométhane, etc.) ;
- > et KSI (Key System Indicator) sur le système : à l'échelle de la STEU et du territoire (émissions de GES de la STEU, taux de valorisation locale du biométhane etc.).

QUELLES DIFFICULTÉS ?

Évaluation des performances : trouver des techniques pour réaliser les mesures.

Évaluation de la conformité réglementaire : les directives (notamment ATEX) peuvent être interprétées de manière différente par les acteurs selon leurs activités.

QUEL BILAN ?

La STEU est quasiment « autotherme » : elle produit suffisamment de chaleur pour couvrir ses besoins.

Le taux de valorisation du biogaz est de 99%.

Empreinte carbone de la STEU réduit de 14 112 TeqCO₂/an en 2011 à 3 463 TeqCO₂ en 2017 (et filière boue carbonneutre).

Autothermicité STEP



Fig. 1 : Évolution de l'autothermicité de la STEP sur la période 2011 – 2017 – Source : Biovalsan

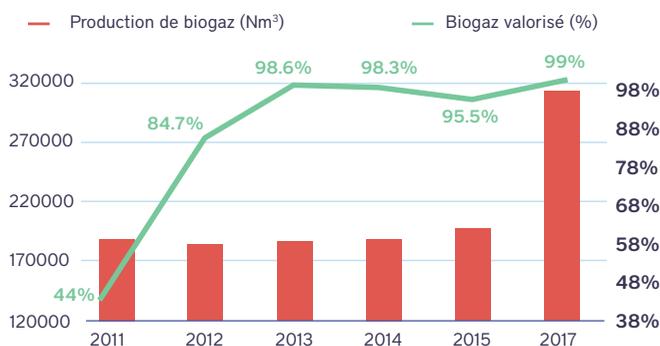


Fig. 2 : Évolution du taux de valorisation du biogaz sur la période 2011 – 2017 – Source : Biovalsan

RETOUR D'EXPÉRIENCE BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

> Ce projet est une brique indispensable à la transformation du modèle énergétique des STEU vers la récupération de ressources et d'énergie.

> Réduction de 75% des émissions de GES.

> Energie renouvelable, à hauteur de 18GWh/an, ce qui correspond à près de 5000 logements BBC.

OBSTACLES

Contexte réglementaire initialement défavorable (risque sanitaire).

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

Enseignements utiles.

> Faire attention à la conformité des installations et aux problématiques de sécurité, notamment liée au gaz. Ne pas hésiter à s'entourer de compétences spécifiques et d'expertises.

> Ne pas négliger l'intérêt des pré-traitements (bilan des avantages et inconvénients de chacun à réaliser).

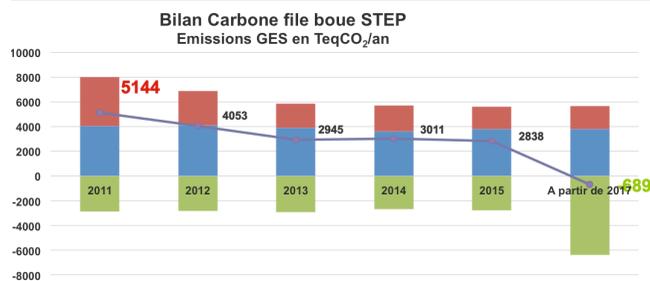
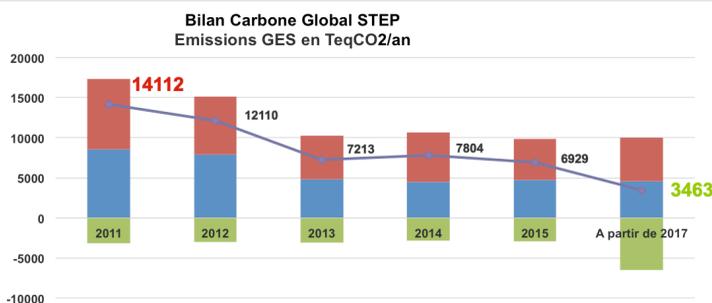
> Quantifier et caractériser les intrants disponibles et notamment les co-substrats locaux du type graisses industrielles.

PERSPECTIVES

> Synergie à étudier avec la valorisation des biodéchets d'ici 2023 (obligation de tri à la source en 2023 inscrite dans la loi de transition énergétique).

> Poursuite et amélioration du projet par Biogénère jusqu'à au moins 2030.

> La valorisation du CO₂ n'est pas encore effective, le projet reste à développer.



■ Émissions évitées

■ Émissions directes

■ Émissions indirectes

—●— Émissions carbone

Source : Biovalsan

« Le projet Biovalsan a permis à la STEU de Strasbourg-La Wantzenau d'être quasiment indépendante des énergies fossiles et d'exporter du biométhane valorisé localement sur le territoire. »

Frédéric Pierre

EN SAVOIR PLUS:

Sites

<http://www.biovalsan.eu/>

Personne référente

Frédéric Pierre, chef du projet BIOVALSAN, SUEZ

Localisation

Strasbourg



Atténuation



Adaptation

Mise en place d'une gestion centralisée de l'arrosage automatique des massifs fleuris

RÉGION : **Grand-Est**

PORTEURS DU
PROJET :
**Commune de
Vandœuvre-lès-Nancy**

THÈMES :
**Économies d'eau,
adaptation au stress
hydrique, gestion
de la ressource**

COÛTS : **183 k€ HT**

DATES :
2017 - 2019

APPEL À PROJET
RÉFÉRENT :
**AP Eau durable
et énergie 2015**

RÉSULTATS ATTENDUS :
**Économies d'eau,
réductions de GES
et augmentation
de la biodiversité**

CONTEXTE ET ENJEUX

La commune de Vandœuvre est une ville de 31 000 habitants, qui possède 220 ha d'espaces verts naturels et 60 ha d'espaces verts entretenus régulièrement (tonte, taille, entretien des massifs de fleurs). Cela entraîne de nombreux frais notamment d'arrosage, ce qui a mené la commune à réfléchir à des solutions d'arrosage automatique depuis deux ans. En effet, il y a encore quelques années, l'arrosage était manuel et nécessitait des citernes et de la main d'œuvre. L'objectif du projet est donc d'automatiser l'arrosage de tous les massifs et d'avoir une gestion centralisée par un logiciel, ce qui permettrait de le contrôler à distance en fonction de la météo, de l'intensité de la pluie et d'autres paramètres. Cette automatisation permettra de réaliser des économies d'eau, de main d'œuvre et de déplacements associés.

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

> **Maîtrise de la ressource en eau.**

Des plantes vivaces et arbustes à moindres besoins en eau sont plantés pour réduire les consommations d'eau.

> **Réduction des émissions de GES.**

Il y a moins de déplacements de camions citernes pour arroser donc moins d'émissions.

> **Augmentation de la biodiversité.**

Une gestion différenciée a été mise en place ce qui permet de tondre de manière adaptive les espaces verts, via notamment une fauche tardive une à deux fois par an pour développer la biodiversité.

> **Réduction de l'utilisation de produits phytosanitaires.**

ENJEUX SOCIAUX

Ce projet permet de faire des économies d'énergie ce qui a un impact indirect pour la population. Il faudra envisager une communication et une sensibilisation sur les économies d'eau et d'énergie.

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

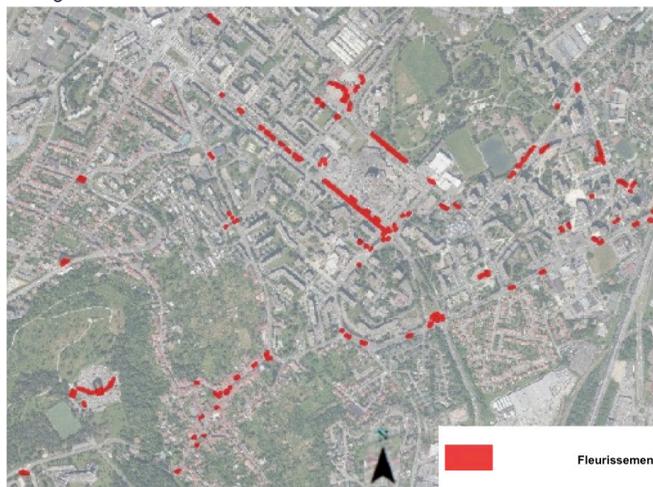
CONCEPTION

L'initiative vient d'une réflexion commune avec les élus, le service Développement Durable de la mairie qui a une vocation écologique, autour de l'économie et la gestion de la ressource en eau. Elle s'inscrit dans le Plan Climat Air Energie Territoire de la commune avec une fiche action spécifique visant notamment à réduire la consommation des carburants et les kilomètres parcourus.

Lors d'études préalables l'ensemble des massifs plantés a été recensé, en prenant en compte leur cartographie (voir figure ci-dessous) et leurs caractéristiques en termes de besoins en eau pour savoir quel type d'arrosage est adapté à quel type de massif. Le temps de travail des agents (neuf agents soit 211 jours de travail) et le nombre de kilomètres dédiés à l'arrosage des massifs non automatisés (9000 km avec cinq camions citernes) a également été calculé pour estimer l'intérêt de la solution. Il a fallu aussi réfléchir à la mise en place et disposition de points de relais pour transmettre le signal de l'arrosage automatique à distance vers les points les plus élevés.

Ces études ont mené à la mise en place de cette solution, mais d'autres avaient été envisagées. Il y a par exemple la possibilité d'enterrer des réservoirs mais cela aurait entraîné des coûts trop

importants par rapport aux retours sur investissement. La gestion centralisée de l'arrosage automatique devrait être amortie en trois ans, les investissements portant essentiellement sur la mise en place au cours de la première année du logiciel et de la formation des agents.



Cartographie des massifs fleuris

Source : Commune de Vandoeuvre, Service espaces verts 2016

OBJECTIFS FIXÉS

Objectifs qualitatifs : maîtriser mieux l'arrosage

- > Adapter l'arrosage aux plantations pour réduire les consommations.
- > Intensifier la surveillance des fuites.
- > Réduire les moyens humains et techniques consacrés à l'arrosage .
- > Réduire la consommation de carburant par la réduction du nombre de kilomètres parcourus par les véhicules mobilisés pour l'arrosage.

Objectifs quantitatifs :

- Réduire les consommations d'eau de 30 % (par rapport à 2012-2015 où on consommait de 15000 à 16000 m³/an, soit 5000 m³/an.
- Réduire de moitié du nombre de kilomètres (par rapport aux années 2012-2015 où 9000km étaient parcourus pour l'arrosage).

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS

Année 2016

Études préalables

- > Calcul de l'état actuel des moyens dédiés à l'arrosage manuel.
- > Recensement des massifs et de leurs caractéristiques et positionnement sous SIG.
- > Mise en place de points relais pour le signal radio du contrôle à distance.

Année 2017

Création du logiciel Formation des agents

- > Création du logiciel de commande.
- > Installation des dispositifs d'arrosage automatique à distance (programmeur radio, paramétrage, compteurs d'eau, etc.).
- > Informatisation des massifs déjà automatisés.
- > Formation des utilisateurs.

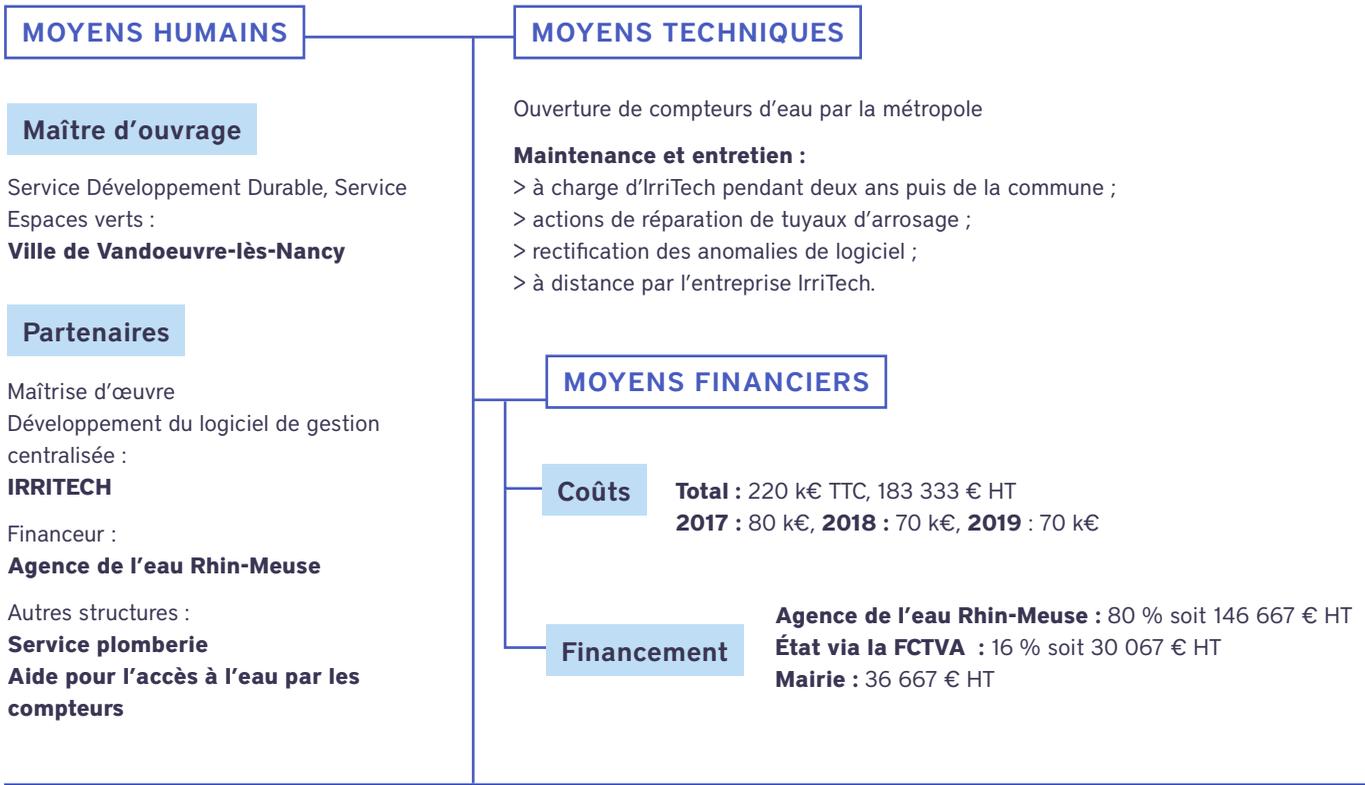
Année 2018

Automatisation des massifs les plus éloignés

Année 2019

Automatisation des massifs les plus proches

RESSOURCES



SUIVI ET ÉVALUATION

QUEL SUIVI ?

Comparaison de l'économie d'eau avant et après l'installation.

QUELLE FRÉQUENCE ?

Tous les six mois.

QUELS INDICATEURS ?

- > Relevé des compteurs kilométriques.
- > Détection des fuites.
- > Economies d'eau.



Massif parc du Charmois
 Source : Commune de Vandoeuvre

RETOUR D'EXPÉRIENCE, BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

> Gestion centralisée et automatisée du système d'arrosage.

- > Réduction des consommations d'eau (arrosage adapté aux conditions du milieu et surveillance des fuites).
- > Réduction des moyens humains dédiés à l'arrosage.
- > Réduction des km parcourus et consommation de carburants liés.

> Autonomie et responsabilisation du personnel sur les enjeux écologiques et économiques.

> Pour la collectivité : réduction des possibles gênes pour la circulation causées par les camions citerne.

| Km parcourus pour l'aspersion | | Kms économisés en gestion centralisée |
|-------------------------------|----------|---|
| 2012 | 9 594 km | 4 800 km attendus en moyenne annuellement (vasques, jardinières, centre de rond-point non automatisables) |
| 2013 | 7 736 km | |
| 2014 | 9 600 km | |
| 2015 | 9 482 km | |

Comparaison du nombre de kilomètres parcourus avant et après mise en place du projet.

Source : Commune de Vandoeuvre



Rond point Jeanne d'Arc

Source : Commune de Vandoeuvre

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

- > Répliquable à d'autres types de territoires et à différentes échelles.
- > Faire un bon état des lieux.
- > Remplir le cahier des charges pour voir si le projet est nécessaire.
- > Calculer le coût du projet et les retours sur investissements.

PERSPECTIVES

Projet pérenne à condition que :

- > le logiciel continue à vivre et à être maintenu, et donc que le personnel soit formé ;
- > les chefs d'équipe vérifient les éléments à détecter dans le logiciel (détecter les fuites, modifier les arrosages selon divers paramètres, détecter les anomalies).

« La gestion centralisée du système d'arrosage par un logiciel est un point fort. Cela permet de responsabiliser tous les chefs d'équipe sur les enjeux de gestion de l'eau et de les rendre autonomes à travers l'utilisation du logiciel sur le téléphone. »

David Bour

EN SAVOIR PLUS:

Personne référente

David Bour, Mairie de Vandoeuvre-lès-Nancy

Localisation

Vandoeuvre-lès-Nancy



RÉGION :
Guadeloupe

PORTEUR DU PROJET :
Commune de Petit-Bourg

THÈMES : Érosion du littoral, montée des eaux, aménagement adapté

TERRITOIRES : Zone urbanisée littorale de Petit-Bourg, Guadeloupe

COÛTS : 1,46 M€ HT (hors travaux)

DATES : 2016 – 2024

APPEL À PROJET RÉFÉRENT : « Relocalisation des activités et des biens face aux risques littoraux », lancé par le MTES en 2014

RÉSULTATS ATTENDUS : Création d'un éco-quartier accueillant les habitants du littoral relocalisés

Aménagement de l'éco-quartier de Saint-Jean à Petit-Bourg pour faire face aux érosions littorales

CONTEXTE ET ENJEUX

La commune de Petit-Bourg, située au sein du poumon économique de la Guadeloupe, offre une situation géographique attractive et avantageuse. Comme la majorité des communes de Guadeloupe, elle fait cependant face à de nombreux risques naturels accentués par les effets du changement climatique. L'érosion du trait de côte est notamment renforcée par la hausse du niveau de la mer et menace directement des quartiers d'habitations implantés sur des falaises littorales. La commune a donc mis en œuvre différentes solutions dans le but de soustraire aux risques naturels les familles menacées grâce à la mise en œuvre d'un programme de « relocalisation des biens et des personnes soumis à l'érosion du littoral », soutenu par le Ministère de la transition écologique et solidaire (MTES) favorisant notamment le relogement des ménages dans un projet d'éco-quartier. Développé dans le secteur de Saint-Jean, en prolongement direct du centre-bourg, ce projet répond également à une volonté politique de redynamiser le centre-bourg.

> Prendre en compte des impacts du changement climatique dans les travaux d'infrastructures.

Assurer l'intégration et la mise en connexion du nouveau quartier avec les secteurs environnants grâce à la densification d'un maillage viaire dédié aux circulations motorisées mais également douces.

> Préserver la biodiversité, richesse et diversité des paysages.

En s'appuyant notamment sur le maintien d'un secteur naturel autour de la ravine Onze Heure.

> Anticiper l'augmentation de l'intensité des phénomènes cycloniques.

Veiller au confort et à la santé des populations.

> S'adapter à l'augmentation des températures.

Réflexions portées sur l'orientation des bâtiments en regard des vents dominants ainsi que sur les protections solaires des façades (brise-soleil, ombrage par les végétaux,...).

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

> Érosion du trait de côte liée à l'élévation du niveau de la mer et aux événements de submersion marine (fortes houles, cyclones, etc.).

Sur le littoral de Petit-Bourg, deux quartiers sont notamment soumis à des risques d'effondrement de falaise et des phénomènes d'instabilité : les quartiers de Bel-Air et de Bovis. Les deux secteurs font également l'objet d'une problématique additionnelle d'habitats insalubres abandonnés et dépourvus d'entretien majoritairement à cause de ces risques.

Enjeux sur le quartier de Saint-Jean :

> Gérer les eaux de ruissellement.

Cela passe par la gestion du risque inondation, la prise en compte de l'humidité des sols dans les opérations de construction, les limites de débits des rejets d'eaux pluviales et l'équilibre de l'imperméabilisation, l'analyse du fonctionnement hydraulique et de la circulation des eaux de ruissellement.

ENJEUX SOCIAUX

Le projet vise à s'adapter à l'érosion des falaises soit par de la relocalisation, soit par le maintien des familles sur place grâce à la réalisation de travaux de confortement. Cela induit donc une communication et une étude du contexte social des foyers à déplacer.

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Le plan de prévention des risques (PPR) récemment approuvé permet une mise en adéquation de la réglementation de l'occupation des sols avec le plan local d'urbanisme (PLU). Tout projet de densification urbaine est gelé dans l'attente de la validation d'un projet d'aménagement et de restructuration de secteurs par la Ville et ses partenaires. Par ailleurs, une analyse géotechnique a été réalisée par le BRGM dans l'objectif de définir les zones qui nécessitent une relocalisation.

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

CONCEPTION

La question du devenir et du traitement des secteurs menacés de Bovis et Bel Air et de la mise en sécurité des familles et des biens constituent une problématique ancienne.

Dès 2003, l'Agence des 50 Pas Géométriques, structure créée en 1996 dont le rôle est la gestion et la régularisation des occupations spontanées de la bande littorale urbanisée, en partenariat avec la Ville de Petit-Bourg, a réalisé des études préalables sur ces secteurs. Toutefois, pour des raisons techniques et réglementaires, la mise en œuvre des propositions d'aménagement n'a pu aboutir.

Dans ce cadre et dans l'objectif de mener une politique durable et concertée de gestion des zones littorales menacées, la Ville de Petit-Bourg s'est engagée aux côtés de la CANBT et de l'AG50 dans l'appel à projet lancé en 2012 par le MEDDE sur la « relocalisation des personnes et des biens menacés par l'érosion littorale ».



OBJECTIFS FIXÉS

Lancement d'études pour la délimitation des zones de menace grave pour les vies humaines.

En l'absence d'outil opérationnel dédié, lancement d'une opération de Résorption Habitat Insalubre (RHI) sur Bovis et Bel Air :

- > Mise en place d'une Maîtrise d'Œuvre Urbaine et Sociale pour accompagner le relogement des familles ;
- > Lancement des études pré-opérationnelles permettant, d'une part, la définition du projet de restructuration de Bovis et Bel Air et, d'autre part, la conception de l'aménagement du site de relogement.

Lancement d'une réflexion sur l'aménagement d'un éco-quartier dans le secteur de Saint-Jean participant au projet de relocalisation des familles menacées par l'érosion du trait de côte.

D'une manière globale, la création de l'éco-quartier de Saint-Jean s'inscrit dans un projet central de redynamisation et de revalorisation du centre bourg mais également dans une perspective de sécurisation de cet espace fédérateur stratégique.

Projet de relocalisation des habitats littoraux (en pointillés jaunes) au profit de l'éco-quartier de Saint-Jean (en violet) participant au projet de revalorisation du centre-bourg

Source : Commune de Petit-Bourg

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS

| 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|---|---|--|--|--|--|------|
| Court terme | | Moyen terme | | | Long terme | |
| <ul style="list-style-type: none"> > Accompagnement des 34 familles en priorité 1 par la MOUS dans la définition du projet de relogement. > Validation de la mobilisation d'un ensemble de 14 Prêt Social Location Accession (PSLA) pour permettre une 1^{ère} vague de relogement. | <ul style="list-style-type: none"> > Travail de conception de l'éco-quartier (mission AMO opérationnelle et désignation d'une MOE urbaine). > Mise en œuvre d'une 1^{ère} vague de 14 relogements en septembre 2019 dans les PSLA de Saint-Jean. > Validation des solutions de relogements pour la seconde vague de relocalisation (familles priorité 1). | <ul style="list-style-type: none"> > Validation du schéma directeur d'aménagement de l'écoquartier et définition de la programmation urbaine. > Mise en œuvre des relogements pour la seconde vague de relocalisation (priorité 1). > Démarrage des travaux d'aménagement de l'écoquartier. > Définition du projet de sécurisation des secteurs de Bovis et Bel Air. | <ul style="list-style-type: none"> > Travaux de bâtiment sur l'écoquartier. > Relocalisations des familles en priorité 2 dans les 1^{er} programmes de l'écoquartier et du centre-bourg. > Démarrage des travaux de libéralisation et sécurisation des secteurs de Bovis et Bel Air. | <ul style="list-style-type: none"> > Poursuite des relocalisation des familles en priorité 2 et volontaires des priorités 3 et 4. > Finalisation des travaux de libéralisation et sécurisation des secteurs de Bovis et Bel Air. | <ul style="list-style-type: none"> > Finalisation des relocalisations. | |

RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

Maître d'ouvrage

Ville de Petit-Bourg

Partenaires

Cabinet de conseil EXPLICIT, DREAL Guadeloupe, ADEME, Région Guadeloupe, Établissement public foncier de Guadeloupe (EPF), CAUE Guadeloupe

Partenaires institutionnels, financiers et techniques
 Aménageurs
 Assistance à Maîtrise d'Ouvrage urbanisme et développement durable pour l'éco-quartier pour mener les études spécifiques puis aménagement
 Bureaux d'études techniques
 SEMSAMAR
 Maîtrise d'Œuvre Urbaine et Sociale pour la relocalisation des familles de Bovis et Bel-Air

MOYENS TECHNIQUES

Coordination par l'Assistant Maître d'Ouvrage. Services techniques, financiers, juridiques et marché public de la ville ponctuellement mobilisés pour le projet.

MOYENS FINANCIERS

Coûts
 Mise en œuvre sur deux ans : 480 k€ HT
 Réalisation des études pré-opérationnelles pour le relogement : 300k€ HT
 Travaux d'aménagement du site de relogement : non évalués
 Versement des indemnisations
 Loi Letchimy pour les occupants : 480 k€ HT
 Étude de sécurisation et valorisation des espaces littoraux libérés : 200 k€ HT
 Travaux de sécurisation : non évalués

Financement FEDER, LBU, FPRNM, ville de Petit-Bourg

SUIVI ET ÉVALUATION

Dans le cadre de la stratégie d'adaptation au changement climatique, un tableau de bord permettant à la fois de suivre temporellement les actions mais également les indicateurs de suivi et de performance a été mis en place.

L'outil Objectif Climat de l'ADEME de manière plus globale, permet à la collectivité de suivre sa politique territoriale d'adaptation et de s'autoévaluer via des questions évaluatives adaptées au contexte.



Données nouveau PPRN



En considérant une élévation du niveau de la mer de 1m

Vue du futur éco-quartier de Saint-Jean et situation par rapport au risque inondation.
 Source : Ville de Petit-Bourg

RETOUR D'EXPÉRIENCE BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

> **Le couplage de l'approche environnementale de l'urbanisme à la stratégie d'adaptation au changement climatique sur l'ensemble du territoire a permis de faire ressortir des enjeux et de les traduire rapidement en préconisations opérationnelles.**

> **La stratégie d'adaptation a mis en lumière l'obligation de raisonner à l'échelle du territoire pour bien appréhender les impacts actuels et futurs du climat (Ex : nécessité de connaître le fonctionnement hydraulique du bassin versant). A ce titre, il est nécessaire de hiérarchiser les études afin d'alimenter la mise en œuvre de l'ensemble des projets de la commune.**

- **Pour les habitants et collectivités** : des solutions de mise en sécurité des personnes et des biens ont été imaginées et mises en œuvre. Des solutions techniques de sécurisation et de valorisation des falaises sont proposées face au risque d'érosion.
- **Travail collaboratif, participatif** avec toutes les parties prenantes (élu, habitants, usagers, commerçants, etc.).
- **Travail de sensibilisation et communication sur l'environnement** (biodiversité, agriculture urbaine, tri des déchets, production photovoltaïque, etc.)

OBSTACLES

> **Techniques et réglementaires** : difficultés à identifier les constructions concernées par une relocalisation. Cette difficulté a entraîné la nécessité de confier une étude spécifique au BRGM pour identifier les constructions concernées et réaliser une priorisation.

> **Socio-économiques** : les familles installées sur ces secteurs intégrés à la bande des 50 Pas possèdent généralement peu de moyens et appartiennent à une catégorie socio-économique défavorisée. Proposer des logements adaptés aux ressources et aux aspirations constitue une réelle difficulté.

> **Insuffisance du montant de l'indemnisation Letchimy** versée aux propriétaires des constructions édifiées sans droit ni titre pour constituer une contrepartie acceptable (plafond d'indemnisation est fixé à 40 000 €) : risque de blocage des opérations.

> **Absence d'outils opérationnels et financiers dédiés**, pourtant indispensables à la mise en œuvre des projets de relocalisation. Pour remédier à cette problématique, l'outil RHI a été mobilisé sur les secteurs de Bovis et Bel-Air.

« Le projet constitue une réponse durable d'une part dans la réponse à l'exposition au risque et d'autre part dans une offre en relogement prévue dans un éco-quartier, véritable morceau de ville développé en prolongement du centre-bourg. »

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

> L'outil RHI a été mobilisé pour l'opération de relocalisation de Bovis et Bel Air. Cependant cet outil n'est utilisable qu'en cas d'insalubrité avérée. En l'absence d'insalubrité, d'autres sources de financement devront être sollicitées.

> Un partenariat étroit entre les différents acteurs institutionnels est indispensable à la mise en œuvre d'un tel projet.

> L'acceptation et la compréhension de l'opération par les habitants est une condition sine qua non à la réussite du projet. Dans ce cadre, la concertation et l'accompagnement des familles est primordiale.

PERSPECTIVES

> En regard de leur exposition aux risques, les familles situées en priorités 1 et 2 seront relocalisées à une échéance de 6 mois / 1 an. Les solutions de relogements seront recherchées notamment dans les programmes de PSLA du secteur de Saint-Jean.

> Des solutions de relogement seront proposées dans le cadre de la mise en œuvre de l'éco-quartier de Saint-Jean et des projets de mobilisation des dents creuses dans la ville aux familles occupant les constructions en priorité 3 et 4. Ces relocalisations interviendront dans un délai d'environ trois ans.

EN SAVOIR PLUS:

Sites

Article Guadeloupe Actualités : Un éco-quartier à l'étude à Petit-Bourg

<https://guadeloupe-actu.com/eco-quartier-a-letude-a-petit-bourg/>

Article DEAL : Guadeloupe – Un éco-quartier, objet d'études en aménagement territorial

<http://www.guadeloupe.developpement-durable.gouv.fr/guadeloupe-un-eco-quartier-objet-d-etudes-en-a2035.html>

Personnes référentes

Frédéric Mandine, Directeur du Pôle Développement Durable du Territoire et Patrimoine, ville de Petit-Bourg
Virginie Bonot, Chef de Projet Aménagement et Prospective Territoriale, ville de Petit-Bourg

Localisation

Petit-Bourg



RÉGION :
Ile-de-France

PORTEUR DU PROJET :
Eau de Paris

THÈMES : **Gestion de l'eau potable, Aménagement et rafraîchissement urbains**

TERRITOIRES :
Ville de Paris et son opérateur Eau de Paris

COÛTS :

DATES :
2015 - 2020

APPEL À PROJETS RÉFÉRENT : **Appel à expérimentation « Adaptation au changement climatique » Urban Lab - ADEME - Ville de Paris**

RÉSULTATS ATTENDUS : **Meilleur confort de vie pour les habitants en période de canicule**

L'eau, une ressource à protéger pour des usages diversifiés. Application au milieu urbain parisien

CONTEXTE ET ENJEUX

Le climat actuel du bassin parisien change et va continuer de se modifier en étant marqué par davantage d'épisodes climatiques extrêmes, tels que les canicules, les sécheresses ou les pluies violentes.

La ressource en eau au niveau du bassin sera notamment impactée via une réduction de 12% des précipitations, des débits des cours d'eau moindres de 10 à 30%, sans compter la recharge des nappes qui s'amointrira d'environ un tiers.

Ces changements s'accompagneront inéluctablement de tensions sur la ressource en eau, se traduisant par des conflits d'intérêts entre les usagers (producteurs d'eau potable, agriculteurs, industriels, etc.).

Dans ce contexte, il est primordial de réaliser des économies d'eau, et d'utiliser différentes qualité d'eau selon les usages (eaux potable, non potable, pluviale, d'exhaure, etc..).

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

> Des étés plus chauds et des canicules plus fréquentes.

Le territoire parisien très dense et minéral est particulièrement sensible aux vagues de chaleur (phénomène d'îlots de chaleur urbains). D'une part les températures augmentent sur ce territoire depuis la seconde moitié du 20^{ème} siècle et vont continuer d'augmenter de +2°C à +4°C d'ici à la fin du siècle, d'autre part les îlots de chaleur urbains accentuent ce mécanisme. L'été 2003 ou bien le début de l'été 2015 durant lequel Paris a connu une canicule exceptionnelle pourrait bien être un été « normal » en 2050.

> Des sécheresses et des tensions sur l'usage de l'eau à prévoir.

Les sécheresses ont un impact direct sur la ressource en eau : baisse des nappes phréatiques et diminution considérable du volume d'eau disponible.

Ce phénomène a notamment été observé sur la période de 2004 à 2006 et des programmes de recherche ont démontré que le bassin parisien devrait faire l'objet de sécheresse plus fréquentes à l'avenir.

ENJEUX SOCIAUX

Directement en lien avec les enjeux environnementaux, il s'agit de pouvoir répondre aux besoins vitaux en eau des Parisiens et plus particulièrement des personnes en difficultés : migrants et sans-abri.

Par ailleurs la qualité de vie des Parisiens pourrait être améliorée tout en mettant en oeuvre des actions visant à l'adaptation au changement climatique. Ainsi le rafraîchissement permettrait de protéger les populations fragilisées par les fortes chaleurs.

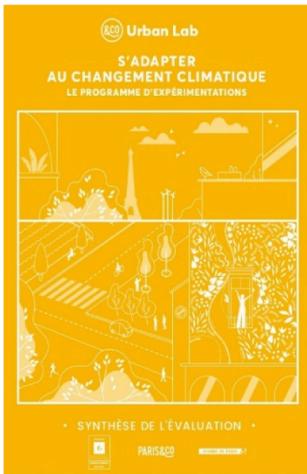


La cours de l'école maternelle du 70 avenue Daumesnil a été réaménagée dans le cadre du projet Oasis pour en faire un espace de fraîcheur, l'eau y tient une place primordiale

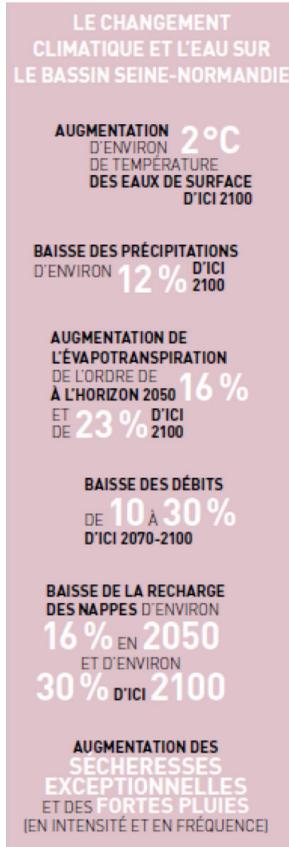
GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

CONCEPTION

D'un point de vue contextuel la stratégie d'adaptation au changement climatique adoptée par l'Agence de l'Eau Seine-Normandie en 2016 fait état des projections climatiques régionales qui sont à attendre sur le bassin versant (diagramme ci-contre). Au regard de ces enjeux, Eau de Paris s'est notamment dotée d'une stratégie énergie climat sur la période 2015-2020 et s'engage dans des actions et expérimentations pour s'adapter au changement climatique. Au travers d'appels à projets comme celui du défi Innovation ou bien encore d'appel à expérimentation, comme celui lancé par l'Urban Lab et l'ADEME, Eau de Paris participe à développer des projets innovants d'utilisation de la ressource en eau en milieu urbain.



Source : Urban Lab de Paris & Co



Source : AESN

OBJECTIFS FIXÉS

Rafraîchissement.

Le rafraîchissement urbain nécessite de développer de nouveaux équipements dans le paysage du mobilier urbain: cela peut être l'installation de barres de brumisation ou bien la transformation des fontaines actuelles pour y ajouter des systèmes d'aspersion ou de jeux d'eaux. De plus, l'installation de fontaines mobiles temporaires sur les bouches à incendie va également être testée, ce qui permettra entre autres de lutter contre le phénomène de *street pooling**. En parallèle, des fontaines pérennes incluant un système de rafraîchissement seront également implantées. L'installation de parcours de fraîcheur prioritaires a pu être définie, grâce à une étude de thermographie. Par ailleurs et pour faciliter leur accès, l'ensemble des fontaines publiques de Paris sont géolocalisées et disponibles sur l'application mobile Mapstr ou bien via une carte interactive sur le site d'eau de Paris.

Diversification des usages de l'eau non potable.

En partenariat avec PhytoStore, Eau de Paris est en train de tester un prototype de filtre écologique pour le traitement des eaux non potables de Paris. **L'idée ici est de permettre l'utilisation et la valorisation de cette ressource non potable vers des usages qui pourraient être de type eaux de baignade ou d'irrigation pour de l'agriculture urbaine.**

*Street pooling : pratique qui consiste à ouvrir un hydrant en dehors de cas d'incendie, généralement en cas de forte chaleur, afin de répandre l'eau dans les rues

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS

| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|--------------------------------|---------------------|------------------------|--|---|------------------------|-----------------------|
| PLAN CLIMAT ÉNERGIE | Élaboration du plan | Bilan n+1 | Bilan n+2 | Bilan n+3 | ... | Projections post 2020 |
| RAFRAÎCHISSEMENT URBAIN | | | Budget participatif (fontaines pétillantes) | Appel à expérimentation | Test fontaines mobiles | ... |
| URBAN LAB (PHYTOSTORE) | | Cadrage et exploration | Jury + validation des terrains + déploiement | Évaluation + valorisation et capitalisation | | |

RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

Maître d'ouvrage

Eau de Paris

Partenaires

Partenaire de l'appel à expérimentation : **ADEME**

Société de restauration paysagère et écologique des ressources : **Phytostore**

Porteur de l'appel à expérimentation :
Paris and Co - Urban Lab

MOYENS TECHNIQUES

> Réalisation de nouveaux branchements sur le réseau d'eau potable pour créer de nouvelles fontaines + maintenance des fontaines.

> Développement de prototypes techniques sur mesure pour les enjeux considérés.

MOYENS FINANCIERS

Coûts

Ressources financières allouées selon les projets d'expérimentation.

Financement

Budget participatif pour les fontaines / Défi Innovation.

SUIVI ET ÉVALUATION

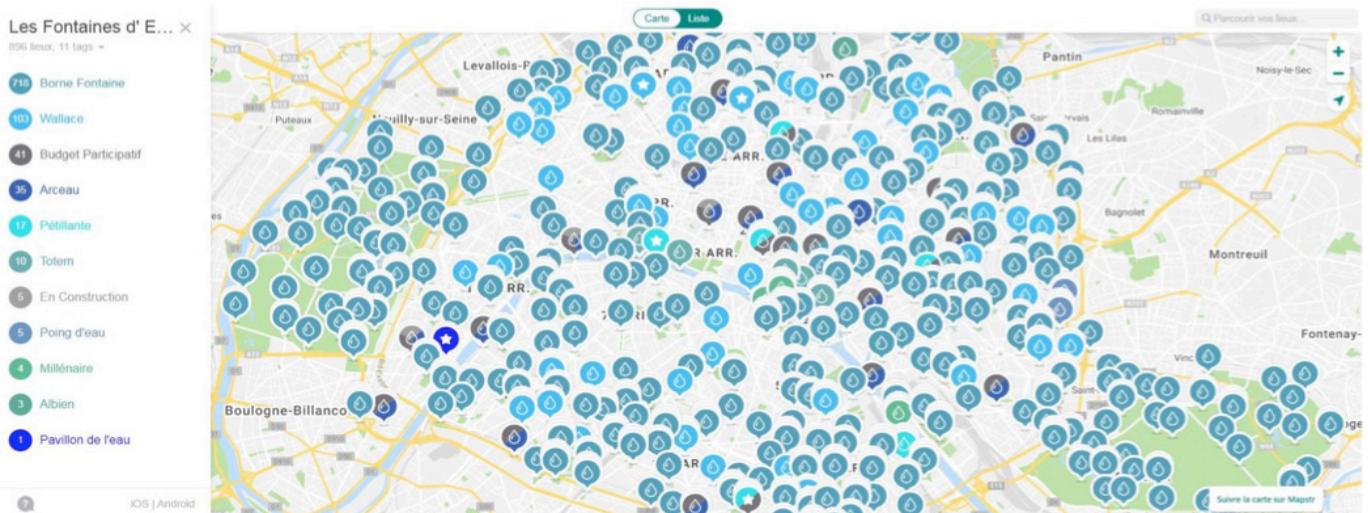
QUEL SUIVI ?

Les protocoles de suivi sont en cours d'élaboration, notamment concernant les expérimentations relatives à l'ENP.

Les nouveaux systèmes de rafraîchissement urbain étant testés durant l'été 2019, les premiers retours d'expérience auront lieu suite à cette période.

QUELLES DIFFICULTÉS ?

Acceptation du mobilier urbain par les usagers, notamment en cas d'éventuelles nuisances (bruits liés aux jeux d'eau ou dégâts causés par l'eau ruisselant).



Carte des fontaines gérées par Eau de Paris

Source : Eau de Paris

RETOUR D'EXPÉRIENCE, BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

> **Objectif de la « carte fraîcheur » de la Ville de Paris qui prévoit que chaque Parisien soit à moins de sept minutes d'un point de fraîcheur.**

> **Qualité de vie augmentée et des populations sensibles préservées.**

> **Opportunité pour des start-ups partenaires de valoriser leur travail et d'utiliser les ouvrages d'Eau de Paris comme vitrine d'innovation.**

OBSTACLES

> Retours d'expériences à venir suite à la phase de test des systèmes de rafraîchissement durant l'été 2019.

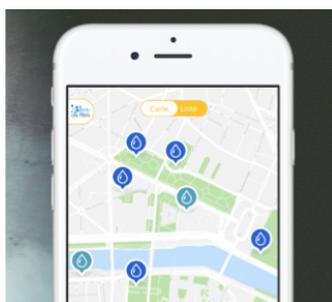
> Implantation et intégration architecturale du mobilier urbain à bien concevoir.

> Projets sortant du cadre réglementaire eau potable, pour lesquels la réglementation est parfois **lacunaire et parfois très contraignante, notamment pour la brumisation.**



« Eau de Paris s'engage toute l'année pour garantir l'accès à une eau de qualité et particulièrement pendant la période charnière qu'est l'été. »

Célia BLAUDEL, présidente d'Eau de Paris



ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

> Certains prototypes sont répliquables à d'autres territoires.

> Sensibiliser les usagers et les partenaires du territoire pour développer la place de l'eau dans la ville.

PERSPECTIVES

> Faire perdurer la dynamique d'innovation en continuant de travailler sur les sujets émergents liés à l'adaptation au changement climatique.



Défi n°3 : Rafraîchir les usagers avec des fontaines double usage, boisson et brumisation



EN SAVOIR PLUS:

Sites

www.eaudeparis.fr

<https://www.defis.eaudeparis.fr/>

<http://urbanlab.parisandco.paris/>

<https://www.paris.fr/actualites/les-cours-oasis-une-reponse-aux-defis-du-changement-climatique-6139>

Personne référente

Emmanuelle MARCOVITCH, Eau de Paris

Localisation

Paris



RÉGION :
Île-de-France

PORTEUR DU PROJET :
SUEZ, SIAAP

THÈMES :
Fixation du CO₂
par des micro-algues,
énergie renouvelable,
méthanisation

TERRITOIRES :
Paris, Colombes, Poissy

COÛTS :
Confidentiel

DATES :
2015 – 2018

INITIATIVE :
SUEZ, SIAAP, COP 21

RÉSULTATS
ATTENDUS :
Diminution du CO₂
atmosphérique des
centres urbains
et/ou des rejets
de cheminées
industrielles
Valorisation par
méthanisation
du CO₂ capté

Puits de carbone

CONTEXTE ET ENJEUX

Le puits de carbone est un projet de recherche engagé entre SUEZ et le SIAAP. L'idée est d'utiliser des micro-algues pour capter le CO₂ et le convertir en énergie. Les micro-algues sont nourries et maintenues en activité photosynthétique dans une colonne dans laquelle est injecté un gaz contenant du CO₂. Ce gaz peut être fortement concentré en CO₂ et provenir des fumées d'incinération dans le cas de la collaboration avec le SIAAP, ou bien être moins concentré et provenir de l'air du centre-ville. La biomasse est ensuite transportée dans le réseau d'assainissement et dans les stations d'épuration, puis convertie en énergie par méthanisation. Cette énergie peut ensuite être consommée et utilisée par les foyers pour le chauffage, et l'électricité.

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

> Eviter les émissions de GES.

La France a pour objectif de diminuer de 75 % ses émissions de GES d'ici 2050 par rapport à 1990. Ce projet participe pleinement à cet objectif ambitieux en piégeant le CO₂ issu de l'activité anthropique sous forme organique par la simple voie de la photosynthèse.

> Fournir une énergie renouvelable.

Sous forme organique, le carbone peut alors être méthanisée pour fournir du biogaz, forme stockable et facilement utilisable d'énergie renouvelable.

ENJEUX SOCIAUX

Le projet répond à une volonté de la population et des collectivités d'améliorer la qualité de l'air, surtout concernant les applications en milieu urbain.

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Bien qu'il n'y ait pas de contexte réglementaire précis sur le sujet, la Loi de Transition Énergétique pour la Croissance Verte (LTECV) a dessiné, pour le milieu du siècle, les grands objectifs du nouveau modèle énergétique français. Plus sobre et plus durable, le système prévoit notamment une réduction de 40 % des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2030 (par rapport aux consommations de 2012) et la promotion des énergies renouvelables pour atteindre 32 % de la consommation d'énergie globale et 40 % de la production d'électricité. De plus, les engagements pris par la France lors de la COP 21 sont favorables puisqu'ils s'orientent vers une diminution des émissions de GES.

Aussi, les projets innovants comme celui du puits de carbone vont permettre d'éclairer le législateur en termes de connaissances scientifiques et des contraintes techniques du moment. C'est ainsi qu'une réglementation cohérente et incitative pourra être définie, permettant d'atteindre collectivement les objectifs ambitieux de la LTECV.

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

CONCEPTION

La conception et création d'un pilote industriel sur le centre de Colombes du SIAAP provient d'une initiative des directions générales du SIAAP et de SUEZ. Cette collaboration s'inscrit dans l'agenda 21 du SIAAP et son plan d'actions pour 2017, et plus globalement dans les objectifs de la LTECV décrits lors de la COP 21.



Colonne Morris
Crédits photos : SUEZ

Usine Seine centre Colombes
du SIAAP
Crédits photos : SIAAP

OBJECTIFS FIXÉS

Pour SUEZ :

- ▶ définir les conditions d'exploitation (dimensionnement, éclairage, nutriments) d'un procédé de récupération du CO₂ atmosphérique par photosynthèse et production d'algues ;
- ▶ utiliser les infrastructures existantes pour en faciliter l'implantation.

Pour le SIAAP :

- ▶ connaître le devenir des algues dans le réseau d'assainissement (relargage CO₂, dépôt dans réseau, fermentation) ;
- ▶ connaître le devenir des algues dans les différents procédés de traitement des stations d'épuration ;
- ▶ connaître la capacité de ces algues à produire du biogaz et d'évaluer les excédents énergétiques.

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS

Décembre 2015

Présentation du pilote
lors de la COP 21

Avril 2016

Signature d'une convention
de collaboration
de recherche entre
le SIAAP et SUEZ

> Expérimentation d'un procédé de fixation du gaz carbonique de l'air et de production d'énergie renouvelable.

Décembre 2016

Installation d'un pilote
dans l'usine de Colombes

Janvier 2017

Tests pour affiner
les réglages et optimiser
le fonctionnement
du puits de carbone

Fin 2018

RESSOURCES

PARTENAIRES SCIENTIFIQUES

Exploitation et expérimentations sur site : **SUEZ**

Suivi expert sur comportement en réseau et station: **SIAAP (Service public de l'assainissement francilien)**

Expertise sur les souches algales et leur développement : **Fermentalg**

PARTENAIRE INSTITUTIONNELLE

Pilotes urbains :

Ville de Paris, ville de Poissy

MOYENS TECHNIQUES

Matériels et équipements :

- > deux pilotes de taille industrielle élaborés par SUEZ ;
- > les plateformes et outils experts du service Expertise et Prospective de la Direction Innovation Environnement du SIAAP.

Suivi de projet :

- > élaboration du plan expérimental ;
- > mise en place et exploitation du pilote (encensement, suivi qualité par prélèvements, validation des performances, maintenance des équipements (compresseurs, éclairage LED, etc.) ;
- > élaboration de protocoles adaptés pour mesurer le potentiel méthanogène des algues par AMPTS.

MOYENS HUMAINS ET FINANCIERS

Humains 5 équivalents temps plein + Expertises

Financier SUEZ 100%

SUIVI ET ÉVALUATION

| INDICATEURS | FRÉQUENCE |
|--|------------------------------|
| Suivi de la croissance algale Suivi en ligne de la chlorophylle a | 2/3 fois par semaine |
| <ul style="list-style-type: none"> > Comportement des algues dans le réseau d'assainissement (leur capacité à rester intègre). > Comportement des algues dans les STEP. > Caractéristiques des micro-algues dans le milieu. > Jar-tests pour déterminer les conditions de floculation des micro-algues. > Tests AMPTS pour quantifier le pouvoir méthanogène des algues. | Plusieurs campagnes d'essais |

BILAN

> Les micro-algues captent bien le CO₂ issu des fumées d'incinération de Colombes.

> Captation de 1 Tonne CO₂/an.

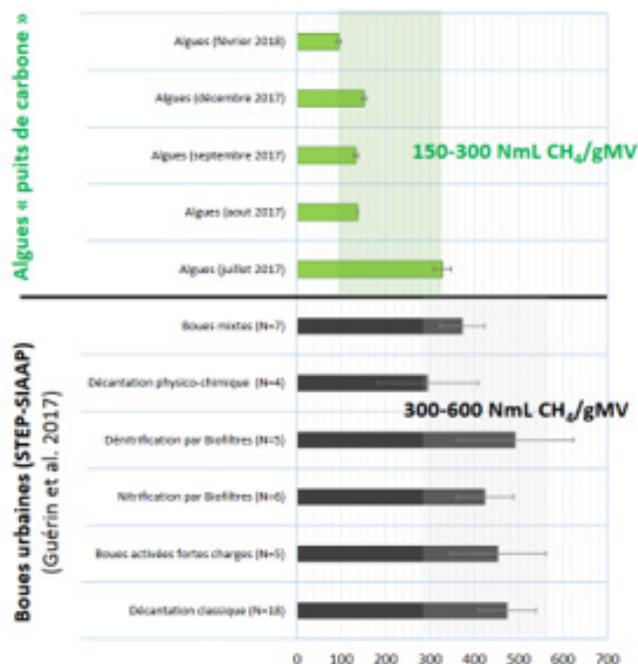
> Les fumées ne sont pas inhibitrices du mécanisme de reproduction des algues : **taux de croissance de 1,2 - 1,4 kg biomasse/m³/j.**

> Les algues **ne libèrent pas le CO₂** capté dans le réseau d'assainissement.

> Les algues sont **résistantes** dans le réseau d'assainissement Arrivées en STEP, elles décantent totalement. Elles produisent du biométhane par méthanisation.

>Travail en cours : réalisation du bilan carbone.

Un suivi de la croissance algale est réalisé toutes les semaines pour quantifier la quantité de CO₂ qu'elles peuvent capter.



Potentiel méthanogène des algues comparé au potentiel méthanogène de boues urbaines.

Source : présentation de V. Rocher, SIAAP au Congrès de l'Astee 2018

RETOUR D'EXPÉRIENCE BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

- > Partager les expériences et les expertises.
- > Déployer le concept avec des résultats en laboratoire à l'échelle d'un pilote industriel.
- > Évaluer la capacité du dispositif à capter les particules fines ou NO₂. Des expérimentations avec les villes de Paris et Poissy sont en cours et donneront prochainement des résultats.

OBSTACLES

- > Maîtriser le procédé à toutes les échelles.
- > Trouver toutes les expertises pour mener à bien le projet (réseaux d'assainissement, station d'épuration file boue, eau, méthanisation...).

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

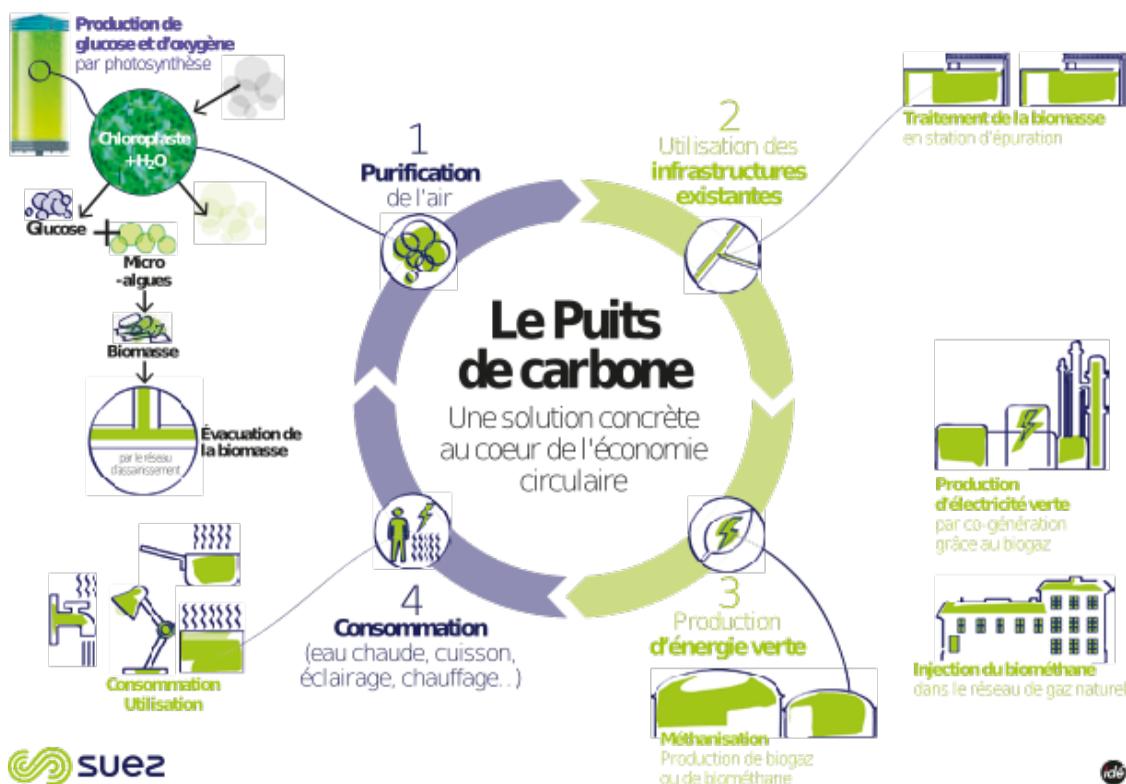
- > Projet duplicable partout où il y a du CO₂.
- Dès que l'on a des sources importantes de CO₂ sur le territoire, il est pertinent de réfléchir à la mise en place de telles solutions pour le valoriser.

PERSPECTIVES

- > Partie technique : amélioration continue des paramètres.
- > Partie industrielle : commercialisation possible dans le futur.

« Ce projet nous permet de glisser vers de nouveaux questionnements scientifiques et techniques en adéquation avec les évolutions actuelles. »

Vincent Rocher



EN SAVOIR PLUS:

Sites

Site de SUEZ
<https://www.suez.fr/fr-FR/Actualites/Puits-de-carbone-Poissy>
 Site du SIAAP
https://www.siaap.fr/fileadmin/user_upload/Siaap/6_Presse_et_publications/Espace_presse/dossiers_de_presse/DP_puits_carbone_SEC_2017.pdf

Vidéo Le Puits de carbone – SUEZ
<https://www.youtube.com/watch?v=7Ui1Jg2RAqg>

Personne référente

Jérôme Arnaudis, chef de projet Puits de carbone, SUEZ
 Vincent Rocher, Responsable du Service Expertise et Prospective, SIAAP

Localisation

Paris



RÉGION :
Île-de-France

PORTEUR DU PROJET :
Syctom

THÈMES :
Captage et Valorisation
du CO₂

TERRITOIRES :
Saint-Ouen, France

COÛTS :
2,7 M€ HT

DATES :
2016- 2020

RÉSULTATS
ATTENDUS :
3 pilotes de
photobioréacteurs
installés sur le
sites de l'usine
d'incinération en
2020

Captage et valorisation du CO₂ sur l'Unité de Valorisation Énergétique (UVE) de Saint-Ouen

CONTEXTE ET ENJEUX

Le projet concerne le captage du CO₂ sur les fumées de l'unité de valorisation énergétique de déchets de Saint-Ouen (93) et sa photo-bio-conversion par des micro-algues et des cyanobactéries dans des photoréacteurs après des pré-traitements de fumées. La biomasse est ensuite récupérée, traitée et les molécules organiques sont extraites pour en faire en premier lieu de la matière (composites, polymères) et éventuellement de l'énergie (par méthanisation des résidus).

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

> Réduire les émissions directes de GES.

Le principal enjeu du projet est lié à la réduction des émissions de GES. Les fumées d'incinération des déchets ont une teneur volumique en CO₂ de 8 à 14% et les solutions de captage/valorisation pourraient réduire à terme 40 % des émissions de CO₂.

> Réduire les émissions indirectes de GES.

C'est un projet qui contribue à l'atténuation du changement climatique via la valorisation du CO₂ par la production de matières de substitution aux matières d'origine fossile (pétrochimie notamment) et par la production d'énergie non fossile.

ENJEUX SOCIAUX

Il existe un enjeu social de qualité de l'air.

Dans la mesure où l'on propose des produits alternatifs qui ne sont pas issus de matière fossile, il y a des enjeux de transition vers une économie décarbonée.

Les bénéficiaires principaux seront les riverains du voisinage de l'usine, et par extension la population de Saint-Ouen et du Grand Paris, ainsi que le Syctom et ses collectivités adhérentes. Il y a également des bénéficiaires indirects comme la communauté scientifique qui pourra s'appuyer sur les publications faites sur cette technologie. Des industriels autres que ceux utilisant l'incinération de déchets pourraient mettre en œuvre la technologie développée dans le projet : des cimentiers, des aciéristes, thermiques utilisant des combustibles fossiles, des centrales comme le charbon. En effet, ces industries rejettent de grandes quantités de CO₂. De plus, l'ingénierie française pourra développer un savoir-faire CO₂.

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Pour le captage de CO₂, le contexte réglementaire est en évolution, et plutôt favorable. Il y a de plus en plus d'incitations à réduire les émissions de CO₂, en cohérence avec la Stratégie Nationale Bas Carbone. De plus, l'assujettissement de l'incinération aux quotas de CO₂, même s'il n'est pas effectif aujourd'hui pourrait devenir une réalité à l'avenir. Ce type de projet peut donc anticiper ce futur contexte.

L'utilisation du CO₂ peut cependant faire l'objet de restriction, compte-tenu de sa provenance issue de déchets. L'utilisation alimentaire (production de sodas) n'est par exemple pas envisageable. Les centrales thermiques à charbon pourront probablement produire une plus grande variété de produits dérivés de plastique que les incinérateurs de déchets. Par exemple, le plastique des jouets doit avoir des teneurs limitées en de nombreux composés.

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

CONCEPTION

La solution microbiologique a été choisie car elle permet la valorisation du CO₂ par bioconversion. Les solutions chimiques et physiques existantes ne sont pas viables économiquement notamment car elles consomment de grandes quantités d'énergie. Elles n'ont pas pu être déployées à grande échelle sur différents pilotes industriels. L'objectif poursuivi par le Maître d'ouvrage, le Syctom, son bureau d'études Setec et les universitaires impliqués dans le projet est de développer des solutions duplicables.

Un des enjeux du projet est d'optimiser la conception du photobioréacteur : produire la plus grande quantité d'une micro-algues ayant les propriétés requises pour la production d'un bioplastique, dans un volume de réacteur le plus faible. Plusieurs phénomènes physiques et biologiques sont à prendre en compte simultanément : accès des algues à la lumière, modèle de croissance des algues, modèle de dissolution du CO₂ dans l'eau, modèle hydrodynamique de déplacement des algues dans le photo-réacteur. Pour ce faire, des méthodes probabilistes (méthode des chaînes de Markov, de Monte-Carlo, etc.) sont utilisées. L'optimisation de la consommation énergétique globale du système est recherchée. Une démarche d'Analyse du Cycle de Vie est également prévue.

OBJECTIFS FIXÉS

Au niveau quantitatif, les objectifs sont d'atteindre une production de 400 g de biomasse sèche transformable en bioplastique par kg de CO₂.

Au niveau qualitatif, il faudra atteindre une qualité de biomasse utilisable pour les applications identifiées, à savoir en priorité la production de bioplastiques.



Échantillons de la production des réacteurs pilotes
Source : Syctom

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS

2016

Étape 1

> Sélection des souches parmi la trentaine présentant un intérêt en termes de productivité, d'adaptation, de conditions opératoires, de produits à haute valeur ajoutée, etc.

2017

Étape 2

> Modélisations (optimisation et amélioration énergétique dans l'usine, dimensionnement des bioréacteurs...).

2018

Étape 3

> Finalisation du cahier des charges du bioréacteur.

2019

Étape 4

> Phase expérimentale en Espagne.

2020

À venir

> Mise en route des installations à Saint-Ouen.

RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

20 personnes impliquées (ingénieurs, directeurs de recherche, chercheurs, doctorants, étudiants...)

Maître d'ouvrage

Syctom

Partenaires

Maître d'œuvre et Mandataire : **SETEC**

Ecologie Industrielle :
Institut Royal de Technologie de Stockholm (KTH)

Génie des Procédés :
École Polytechnique de Montréal/ Laboratoire PEARL

Génie Energétique :
École des Mines de Paris

Biotechnologie :
Université d'Almeria (Espagne)

MOYENS TECHNIQUES

Les laboratoires des Mines de Paris et de l'École Polytechnique de Montréal fournissent les équipements pour réaliser des campagnes expérimentales.

Il y a également des moyens techniques tels que des logiciels développés en interne, au sein de l'université d'Almería, de l'école des Mines, de KTH, de l'école Polytechnique de Montréal. Des protocoles opérationnels ont été développés par l'université d'Almeria pour les photobioréacteurs. Enfin certains partenaires ont des infrastructures très développées. Par exemple l'École Polytechnique de Montréal est équipé d'un système de traçage nucléaire de particules, ce qui permet de confirmer par l'expérience les simulations numériques de déplacement des algues dans le photobioréacteur.

MOYENS FINANCIERS

Coûts

2,7 M€ HT

Budget pour les études de recherche et ingénierie : 2M€.

Budget pour les pilotes : 700k€.

Plus tard, un budget sera affecté à l'exploitation.

Financement

100% par le Syctom

SUIVI ET ÉVALUATION

QUEL SUIVI ? QUELLE ÉVALUATION ?

Un comité de pilotage animé par le Syctom se réunit chaque trimestre. Il est prévu une évaluation de la qualité environnementale du projet avec l'analyse cycle de vie (ACV), une évaluation selon la norme ISO 14001 (avec des bilans carbone), une évaluation des procédés, et un contrôle de la qualité plus général.

QUELS INDICATEURS ?

Pour l'ISO 14001, on utilise des indicateurs sur le transport, le bilan carbone des matériaux. Concernant l'ACV du projet, on évalue la longévité des matériaux, leur recyclabilité, leur bilan carbone en production et transport.

QUELLES DIFFICULTÉS ?

Les principales difficultés concernent l'optimisation de la conception du photobioréacteur car beaucoup de paramètres sont à intégrer liés à des phénomènes physiques et biologiques différents.



Échantillons de la production des réacteurs pilotes
Source : Syctom

RETOUR D'EXPÉRIENCE BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

En plus des bénéfices en termes d'atténuation, il est envisagé de produire de l'énergie à partir des algues, même si la production de matière constitue l'objectif premier.

Le projet doit constituer une vitrine technologique pour le Syctom et la ville de Saint-Ouen. L'objectif est de changer l'image du territoire en montrant qu'il est au cœur de la transition énergétique ce qui peut être intéressant pour l'installation de Start-ups, de centres de recherche, etc.

OBSTACLES

> Le principal frein au départ était lié aux difficultés de financements, car il en existe assez peu pour ce type de projets.

> Le projet comporte plusieurs défis techniques et scientifiques. Certains sont liés à la maîtrise des phénomènes électrodynamiques (par exemple, le phénomène de photoélasticité, c'est-à-dire la dégradation de la lumière sur les parois du réacteur puisqu'elle implique qu'on ne reçoit pas autant de lumière qu'on aurait pu espérer. Les rendements en sont diminués de 20% environ). Il y a d'autres contraintes sur des phénomènes d'absorption, diffusion de la lumière et également sur la croissance des souches qui sont des organismes primaires dont on connaît peu le mécanisme de fonctionnement.

> Le réseau des acteurs du CO₂ en France n'est pas toujours bien identifié, même s'il y a un plus de lien à l'échelle européenne.

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

> C'est reproductible, surtout en ce qui concerne les produits du projet. L'objectif est d'arriver à des résultats, les publier et en faire profiter d'autres acteurs. Cela serait adapté en particulier à des acteurs plus au sud bénéficiant de conditions d'ensoleillement meilleures.

> Il faut être en mesure dès le début du projet de créer une culture commune entre les divers acteurs : des industriels, des ingénieurs et des universitaires qui ont des logiques et des intérêts différents. D'autre part, le caractère international du projet (Suède, Espagne, Canada et France) introduit une certaine complexité dans le projet, qu'il faut pouvoir anticiper.

> Il faut favoriser la prise de conscience, l'acceptabilité et la perception de ce type projets. Pour cela, il est nécessaire de démontrer la faisabilité via des pilotes efficaces qui fonctionnent et qui permettent de démontrer la faisabilité à grande échelle.

PERSPECTIVES

> En 2020 le pilote industriel sera mis en service.

> L'ambition, chez SETEC, est de faire une usine de captage et valorisation de CO₂, peut-être d'ici 2023.

« Il est possible de travailler intelligemment entre différents acteurs publics et privés de la recherche, de l'industrie et de l'ingénierie. »

Naoufel El Bahraoui

EN SAVOIR PLUS:

Sites

<https://www.setec.fr/actualites/pays-region/etudes-strategiques-recherche-developpement>

Personne référente

Naoufel El Bahraoui, Design Engineer & Junior Project Manager, Setec

Localisation

Centre de Valorisation Énergétique du Syctom, Saint-Ouen



TERRITOIRES :
85 communes
d'Île-de-France dans
les départements du
75, 78, 92, 93 et 94

COÛTS : **Varie par**
produit et modes
de transports

DATES :
Depuis 2005

RÉSULTATS
ATTENDUS :
Diminution du
trafic routier et des
émissions de GES

RÉGION :
Île-de-France

PORTEUR DU PROJET :
Syctom

THÈMES : **Réduction**
des émissions de GES,
Transport des déchets

Transport fluvial des déchets

CONTEXTE ET ENJEUX

Dans une logique de réduction du transport routier afin de désengorger les routes franciliennes, et également réduire les émissions de GES, le Syctom fait la promotion du report modal. Il cherche des solutions de transport alternatif à la route, adapté aux matières et à la localisation des sites expéditeurs et réceptionnaires. Ainsi, lors de la sélection de projets, de nouveaux critères s'inscrivent dans les marchés publics, tels que la capacité des prestataires à mettre en œuvre ces types de transport alternatifs, la proximité du site avec une voie différente de la route, comme une voie d'eau ou une voie ferroviaire, etc.

Dans ce contexte, le choix du transport fluvial apparaît comme particulièrement adapté à l'agglomération parisienne où les installations du Syctom sont à proximité de la voie fluviale. Le transport ferroviaire est moins facile à mettre en œuvre. D'une part il nécessite de massifier davantage les déchets en comparaison de la voie d'eau et les sillons (créneaux horaires) disponibles sur les infrastructures ferroviaires franciliennes sont peu nombreux eu égard à la saturation des infrastructures par le trafic passager.

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

> Réduction de l'ensemble des polluants atmosphériques émis par le transport routier et réduction des émissions de CO₂ liés au transport routier.

La promotion du transport fluvial favorise l'acceptabilité sociale des installations de gestion des déchets. Cela permet de convaincre plus facilement les parties prenantes locales. Les bénéficiaires principaux sont la population vivant à proximité des installations, ainsi que les usagers des voies routières.

ENJEUX SOCIAUX

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Certains plans régionaux (ou ex-départementaux) de gestion des déchets peuvent inclure des obligations de recours aux transports alternatifs ou a minima l'obligation de réaliser une étude de faisabilité de ces transports. C'est le cas du plan régional de gestion des déchets d'Île-de-France.

À l'heure actuelle, la motorisation des bateaux par des carburants écologiquement vertueux est compliquée sur le plan réglementaire.

Les carburants de type GNL (Gaz Naturel Liquéfié) ou GNC (Gaz Naturel Comprimé) et leur homologue renouvelable, le biométhane, ne sont en effet pas encore homologués pour le transport fluvial. Des expérimentations sont cependant en cours et permettraient une homologation dans les prochaines années. Il y a donc une évolution de ce contexte qui dépend du nombre d'acteurs s'intéressant à ces problématiques.

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

CONCEPTION

L'initiative vient d'une volonté politique de diminution du trafic routier pour désengorger les routes de l'agglomération parisienne. Depuis les années 2000, la voie fluviale est mise en œuvre pour le transport des matériaux sortant des installations du Syctom. Les derniers projets d'investissement en cours d'études prévoient le recours au transport fluvial également pour les déchets entrant dans les installations.

Depuis 2016, un bilan carbone du service public de traitement des déchets est réalisé. Il permet notamment de quantifier les gains sur les émissions de GES liés au transport fluvial.



Chargement de balles de journaux/ magazines au port du centre de tri des collectes sélectives à Nanterre

Source : Syctom-magazine, 2005

OBJECTIFS FIXÉS

L'objectif est maximiser les flux transitant par la voie fluviale tout en maintenant une saine concurrence entre les opérateurs.

Exemples d'objectifs sur les quantités transportées par voie fluviale :

sur le projet de reconstruction du centre de transfert de Romainville : **100% des déchets en sortie de centre, ce qui représente environ 300 kt ;**

sur le projet de reconstruction du centre de traitement d'Ivry-Paris XIII : 100 % pour l'ensemble des produits sortant de l'installation et 8 % des déchets entrants ;

en sortie de centre de tri :

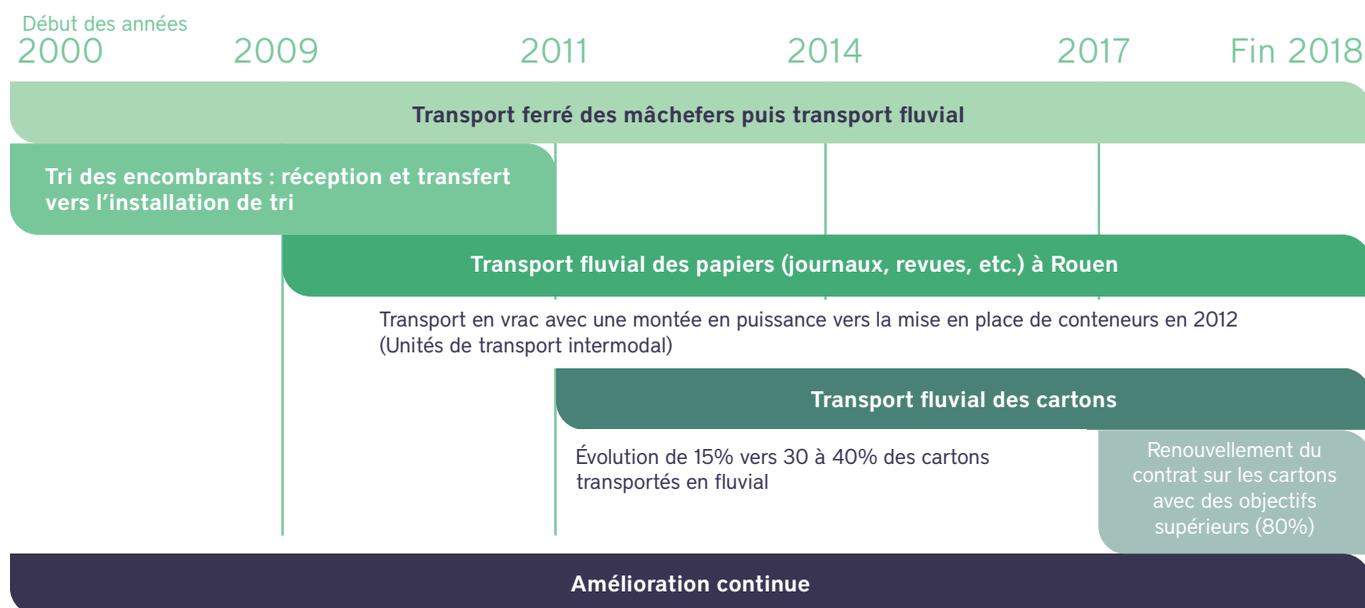
> **90% des 50 kt de papier produits ;**

> sur les plastiques : **7 kt parmi moins de 10 kt** produits ;

> sur les cartons : **43 kt parmi les 50 à 55 kt** produits ;

100 % des mâchefers en sortie de centre d'incinération, lorsque l'exutoire le permet.

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS



RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

Porteur

Le **Syctom** et son prestataire

Partenaires

Papiers : **UPM (Papetier), MARFRET Compagnie Maritime (Transport), Transports Manutention sur la Seine (Batelier)**

Mâchefers : **MBS et MRF SPL (filiales d’Eurovia), REP (filiale de Veolia) Cartons et Plastiques : SUEZ**

Installation de Romainville : **Ville de Bobigny et ville de Romainville**

Encombrants : **Cemex et Veolia**

Autres : **Haropa Ports de Paris et Voies Navigables de France (VNF)**

MOYENS TECHNIQUES

- > Bateaux spécifiques à certains flux (mâchefers, papier).
 - > Pour le transport de balles en vrac : installations avec des grues embarquées ou des grues installées au moment du transport.
 - > Pour les mâchefers : trémie pour vider les camions vers des convoyeurs pour charger les péniches.
 - > Romainville : construction d’un port avec des moyens dédiés.
- À noter que certaines opérations de maintenance demandent des investissements importants, par exemple sur les bateaux, et peuvent donc nécessiter de la visibilité pour le prestataire de transport.

MOYENS FINANCIERS

Coûts

Par rapport au transport routier : selon les matériaux et les conditions, cela peut varier entre +0 à +30€/t.

Financement

Budget du Syctom : appel à cotisation des adhérents, fonds publics.

SUIVI ET ÉVALUATION

QUEL SUIVI ?

Des bilans carbone mettent en évidence la performance environnementale du transport fluvial.

QUELLES DIFFICULTÉS ?

Le bilan carbone peut être complexe à évaluer car certains indicateurs sont difficiles à reconstituer.

QUELS INDICATEURS ?

Bilan carbone. Tonnages transportés par voie fluviale. Nombre de camions évités. Tonnes km routiers évités.

QUEL BILAN ?

Globalement satisfaisant, bien que variable en fonction des années. Par exemple en 2016 et en 2018, il y a eu de fortes crues qui ont fortement impactées les tonnages transportés sur la voie d’eau. Les crues de la Seine s’étalent dans le temps et le recours au transport routier devient alors inévitable.

QUELLE FRÉQUENCE ?

A chaque renouvellement de marché, en fonction des offres et des phases de réalisation des prestations.

RETOUR D'EXPÉRIENCE BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

- > **Atout en communication et en acceptabilité sociale. Le projet donne une bonne image du Syctom.**
- > **Réduction du trafic routier : bénéfices directs pour les adhérents et les autres collectivités.**
- > **Réduction des émissions de GES et de la pollution de l'air.**

OBSTACLES

Identifiés au préalable :

- > Existence et accessibilité des infrastructures : le transport fluvial est plus facilement envisageable pour des industries proches des voies d'eau : papèterie ou incinération par exemple.
- > Le coût : les ruptures de charges se produisent lorsqu'on change de moyen de transport en passant par exemple d'un camion à un bateau au départ et à l'arrivée. Celles-ci coûtent plus ou moins cher en fonction des infrastructures qui leur sont nécessaires : l'utilisation d'un quai à usage partagé et d'une grue coûtent moins cher que le transit par une zone portuaire pour être chargé par un portique.

Apparus lors de la réalisation :

- > Envol de papier lors du transport à balles (voir photo ci-dessus). Nécessité d'un système de nettoyage/de filets anti-envols/de transporter en dehors de périodes venteuses.
- > Indisponibilité du transport fluvial durant les crues : nécessité d'un transport de secours suffisamment réactif et en grande quantité.

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

Projet duplicable :

- > **identifier les capacités des acteurs à appliquer le report modal** (infrastructures adaptées, proximité des voies d'eau, ou bien de la voie ferrée pour le transport ferroviaire) ;
- > **avoir de bonnes relations avec les interlocuteurs fluviaux.**

PERSPECTIVES

- > **Augmentation des volumes transportés par voie fluviale** (projet de Romainville).
- > **Réduction du brouettage** à Saint-Ouen et à Ivry-Paris XIII.
- > **Augmentation du tonnage trié et des tonnages susceptibles d'atteindre la voie d'eau.**
- > **Mise en œuvre du transport ferroviaire en 2022** avec le démarrage du centre de tri Paris XVII.

« Il faut tenir compte de la multitude d'acteurs, de leurs spécificités, et de leur capacité à mettre en place les infrastructures. »

Aymeric Dulong



Trajets envisageables par les barges entre les installations du Syctom.

Source : Projet Romainville-Bobigny, Syctom, 2017

EN SAVOIR PLUS:

Sites

Syctom, rapport d'activité 2017
https://www.syctom-paris.fr/fileadmin/mediatheque/documentation/rapport_d_activite/Rapport-activite-2017.pdf
 Webdocumentaire
<http://webdoc.syctom-paris.fr/#2-temoignage>
 Voies navigables de France, transport fluvial www.vnf.fr/vnf/img/cms/Transport_fluvialhidden/plaquette_dechets_BD_20170627160644.pdf

Personne référente

Aymeric Dulong, Ingénieur Direction Recyclage et Transport Alternatif au Syctom

Localisation

Paris



Bilan des émissions de GES du service public de traitement des déchets ménagers : un outil de pilotage de la stratégie de gestion des déchets

RÉGION :
Île-de-France

PORTEUR DU PROJET :
Syctom

THÈMES : Déchets

TERRITOIRES : Syctom, l'agence métropolitaine des déchets ménagers – Métropole du Grand Paris

COÛTS : coûts internes à la collectivité

DATES :
2018 - 2019

RÉSULTATS ATTENDUS : Bilan GES comme outil de pilotage de la stratégie déchets

CONTEXTE ET ENJEUX

Le Syctom, l'agence métropolitaine des déchets ménagers traite chaque année les 2,3 millions de tonnes de déchets produits par 6 millions d'habitants de la Métropole du Grand Paris. Première autorité publique de traitement des déchets en Europe, le Syctom traite 10 % des déchets produits par les français.

La valorisation énergétique des déchets constitue la première source d'émissions de GES. Le Syctom valorise plus de 80 % des déchets qu'il traite sous forme de chaleur livrée au réseau de chauffage urbain parisien (300.000 équivalents-logements par an). Il peut par conséquent être directement étiqueté comme émetteur majeur de GES.

La question du lien entre le traitement des déchets et les questions climatiques constitue un enjeu peu connu et investigué sur le plan international (sur le plan mondial, la gestion des déchets serait responsable d'environ 5% des émissions totales, principalement à cause de la mauvaise gestion des déchets dans des décharges où le biogaz n'est pas ou peu capté). Ainsi le Syctom a-t-il pour la première fois porté la question lors de la COP 21, conférence pendant laquelle il a conseillé l'organisateur pour une gestion optimisée des déchets orientée « zéro déchets non valorisables ».

En septembre 2017, à l'occasion de la préparation du futur Plan Régional de Prévention et de Gestion des déchets, le Syctom a produit une contribution dans laquelle il détaille sa stratégie de gestion des déchets pour les 12 années à venir. La question qui s'est alors posée est : est-ce que la stratégie de gestion des déchets conforme à la doctrine nationale et européenne en la matière est également bonne pour le climat ?

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

> **Démontrer que la stratégie de gestion des déchets du Syctom est également cohérente avec la stratégie nationale bas carbone.**

> **Apporter des éléments au débat sur la place de la valorisation énergétique des déchets en France, notamment par rapport à la mise en décharge.**

ENJEUX SOCIAUX

La valorisation énergétique des déchets reste mal perçue par la population. La mise en décharge des déchets apparaît pour certains acteurs associatifs comme un moyen de traitement moins impactant donc potentiellement acceptable, notamment en raison de l'absence de traitement infligé au déchet. Démontrer la pertinence de la place de la valorisation énergétique dans une approche incluant l'impact climatique des modes de traitement contribue à éclairer le débat et déconstruire les fausses idées.

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

La gestion des déchets est fortement encadrée avec une production normative régulière et abondante. L'adoption par l'Union Européenne du Paquet Economie Circulaire en 2018 doit déboucher sur une nouvelle loi sur l'économie circulaire en 2019, intégrant également les travaux de la feuille de route économie circulaire. Parallèlement la France a publié sa nouvelle stratégie bas-carbone qui fixe

des objectifs de réduction des émissions de GES pour le secteur du traitement des déchets : une réduction de 66 % des émissions d'ici 2050 par rapport à 2015 basée principalement sur la réduction des déchets à collecter et traiter, en développant la valorisation matière et en réduisant le recours à la mise en décharge.

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

CONCEPTION

Pour la réalisation du bilan des émissions de GES (BEGES), le Syctom a employé la méthode du Bilan Carbone® de l'ADEME. La première interrogation a concerné le bornage de l'évaluation : dans le cycle de vie du produit, il a été considéré que les émissions de GES étaient prises en compte à partir du moment où le déchet est collecté par le service public. En fin de chaîne, les émissions évitées liées au recyclage des matériaux et à la production d'énergie de substitution ont été intégrées « au bénéfice » du BEGES du Syctom.

La méthode du Bilan Carbone de l'ADEME est particulièrement adaptée à des BEGES territoriaux. La question qui s'est posée était de savoir si les facteurs d'émissions disponibles dans la littérature étaient suffisamment fins et adaptés aux modes spécifiques de valorisation des déchets, notamment en ce qui concerne le recyclage.

Dès la COP 21, le Syctom a présenté son premier BEGES où il a pu mettre en évidence à la fois les émissions directes de GES liées à l'incinération mais également des émissions évitées très importantes liées à la production d'énergie de substitution à partir de la vapeur produite par les unités d'incinération.

À l'inverse, il a rapidement été mis en exergue que la collecte des déchets pèse peu dans le BEGES, moins de 1% des émissions totales.

Le Syctom s'est également interrogé sur la part réellement fossile des émissions de CO₂ issues de l'incinération. La répartition retenue considère que 57 % (ADEME, 2002) du carbone contenu dans les déchets incinérés est d'origine biologique et que par conséquent l'énergie produite par l'incinération est à 57 % d'origine renouve-

lable. Cette question fait l'objet d'un projet spécifique national qui vise à caractériser par datation au Carbone 14 les émissions de CO₂ des installations d'incinération. Pour les unités du Syctom 40 à 45% des émissions de CO₂ de l'incinération seraient d'origine fossile, confirmant ainsi l'évaluation des émissions directes de GES.

La démarche a été volontaire car le Syctom n'est pas soumis aux obligations de réaliser un plan climat énergie territorial ou un BEGES.

OBJECTIFS FIXÉS

- ▶ Obtenir un BEGES le plus fiable possible.
- ▶ Utiliser le BEGES comme outil de pilotage en réalisant notamment un BEGES projeté intégrant les chiffres attendus dans la prospective de gestion des déchets à 12 ans du Syctom.
- ▶ Faire réaliser une tierce expertise du BEGES.
- ▶ Étudier l'achat de crédits carbone afin de compenser les émissions résiduelles qui ne peuvent être réduites pour approcher un service public neutre carbone.
- ▶ Valider la stratégie déchets du Syctom par une approche liée aux émissions de GES.
- ▶ Être transparent sur la méthode de calcul employée.

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS

2015

Annonce de l'initiative

> Présentation du bilan carbone 2014 du Syctom à la COP 21.

Septembre 2016

Validation de la méthode

> Audit de la méthodologie employée par un bureau d'études indépendant.

Décembre 2018

Calcul de l'impact

> Calcul de l'impact de la stratégie déchets du Syctom sur son BEGES.

En cours

Compensation des émissions résiduelles

> Étude de l'achat de crédits carbone afin de compenser les émissions résiduelles qui ne peuvent être réduites pour approcher un service public neutre carbone.

RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

2 personnes de la direction de l'écologie urbaine et de la réglementation environnementale du Sycotm

Maître d'ouvrage

Sycotm, l'agence métropolitaine des déchets

Partenaires

Bureau d'études indépendant : **i Care & Consult**

MOYENS FINANCIERS

Coûts 1 ingénieur pendant 3 mois

Financement Budget du Sycotm

SUIVI ET ÉVALUATION

QUEL SUIVI ?

Tierce expertise sur les modes de calcul.

QUELLE FRÉQUENCE ?

Annuelle.

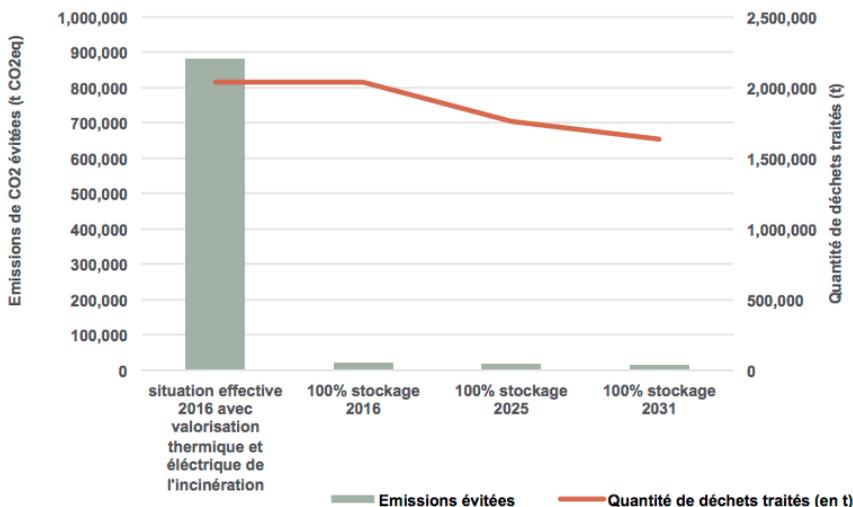
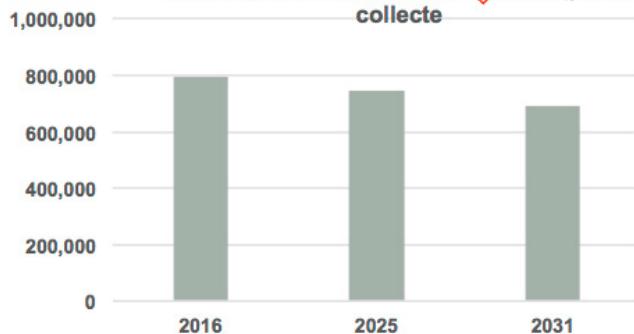
QUELS INDICATEURS ?

- > Émissions directes de GES.
- > Émissions évitées de GES par catégorie (production d'énergie renouvelable de substitution, recyclage matière et organique).

QUEL BILAN ?

La stratégie de gestion des déchets adoptée par le Sycotm est cohérente avec la politique nationale de réduction des émissions de GES tout en étant conforme à la réglementation déchets (loi sur la transition énergétique pour la croissance verte).

Emissions directes de GES (t CO2eq) hors collecte



RETOUR D'EXPÉRIENCE BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

Calcul de l'impact de scénarios prospectifs de gestion des déchets. Exemple : Projection d'un scénario avec 100 % de mise en décharge des déchets résiduels. Ce scénario a pour objectif de conforter, y compris sur le volet des émissions de GES, la pertinence de la valorisation énergétique des déchets résiduels ultimes par rapport à l'enfouissement.

OBSTACLES

> Obtenir des données fiables notamment sur les lieux exacts de recyclage, compte tenu des mécanismes possibles de « trading » des lots de matières premières secondaires.

> Trouver dans la littérature les facteurs d'émissions spécifiques à chaque activité et les adapter pour qu'ils soient le plus représentatifs possible de l'activité du Syctom.

> Arbitrer le mix énergétique auquel vient se substituer l'énergie produite par l'incinération de déchets. En effet, les quantités produites sont telles qu'il est difficile d'imaginer quelle serait la source d'énergie employée pour alimenter le réseau de chaleur par une énergie autre que celle issue de l'incinération des déchets. Dans une approche pénalisante, le Syctom a pris le parti d'adopter le mix énergétique du chauffage en Ile-de-France hors réseau de chaleur.

« Le Syctom, dans le cadre de l'alliance des Mégapoles pour l'Eau, les déchets et le Climat, entend porter des solutions pragmatiques et innovantes d'atténuation duplicables en milieu urbain dense. »

Pierre Hirtzberger,

Directeur général des services techniques du Syctom

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

> En cas de réalisation en interne, la comptabilisation du temps passé et donc l'estimation du coût de sortie du BEGES est à envisager.

> Faire réaliser une tierce expertise.

> Mettre en place une méthode de recueil des données permettant de gagner du temps l'année 2 pour la sortie du bilan.

PERSPECTIVES

> Tierce expertise par un bureau d'études indépendant.

> Prise en compte de l'évolution des mode de traitement des déchets du Syctom (traitement des biodéchets, évolution de la performance énergétique des installations, extension des consignes de tri à l'ensemble des emballages plastiques...).

EN SAVOIR PLUS:

Sites

www.syctom-paris.fr

Personne référente

Claire Bara, Ingénieur environnement, Syctom

Localisation

Métropole du Grand Paris



Atténuation



Adaptation



RÉGION :
Ile-de-France

PORTEUR DU PROJET :
**Syndicat des Eaux
d'Île-de-France (SEDIF)**

THÈMES :
**Eau potable, énergie,
ressource en eau,
performance**

TERRITOIRES :
**Territoire de
compétence du SEDIF**

COÛTS : **19,9 M€ HT**

DATES :
2019 - 2023

RÉSULTATS
ATTENDUS :
**Amélioration du
rendement, gestion de
la pression, diminution
des consommations
électriques,
récupération et
autoconsommation
d'énergie**

Sectorisation du réseau d'eau potable

CONTEXTE ET ENJEUX

Le SEDIF assure le service public d'eau potable pour 4,6 millions d'usagers répartis sur 150 communes d'Ile-de-France. 773 000 m³/jour sont ainsi distribués à travers 8 683 km de canalisations. Afin de délivrer en continu une eau de qualité et en quantité au meilleur coût, le SEDIF veille à la performance de son service, et de fait à celle de son outil de production et de distribution.

L'amélioration de la performance du réseau est partie intégrante des orientations du XV^{ème} plan d'investissement du Syndicat, ainsi que des objectifs fixés au délégataire à travers l'indicateur rendement de réseau, dont la cible a été fixée à 90%. En 2017, ce dernier s'élevait à 88,17%.

Afin d'accompagner les actions d'exploitation en faveur de cette amélioration réalisées par son délégataire, le SEDIF a entrepris d'affiner la sectorisation de son réseau, constitué de 41 étages de pression, et de trois niveaux de premières élévations de grande dimension. Véritable levier de performance, ce projet a pour but d'améliorer la connaissance des flux, d'accroître l'efficacité des actions du délégataire en matière de recherche de fuites, et d'améliorer la performance énergétique du réseau.

Enfin, un projet R&D lancé en 2018 avec les laboratoires de la Fédération Charles Hermite à Nancy (regroupant le CRAN, le LORIA et l'IECL) et le pôle de compétitivité du Grand Est, Hydroeos, a pour objet de mettre en place des algorithmes de prédiction de consommation et de fuites en exploitant les données issues de ce projet.

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

> Atténuer les effets du changement climatique.

L'amélioration de la performance du réseau, via la diminution des pertes en eau et la gestion de la pression en réseau, permet de réduire les prélèvements d'eau pour la production d'eau potable, et ainsi de réduire la pression sur les ressources, et réduire les consommations d'énergie nécessaires à la production d'eau potable. Cela contribue à réduire les émissions de GES du service et à limiter les effets du changement climat.

> S'adapter au changement climatique.

L'amélioration de la performance du réseau via la gestion de la pression en réseau constitue une opportunité pour développer des solutions de récupération d'énergie.

ENJEUX SOCIAUX

La maîtrise de la performance du réseau, permise par la sectorisation, joue un rôle important dans la gestion patrimoniale. Alors que la consommation se stabilise voire accuse une légère baisse, il est nécessaire, pour garantir le prix de l'eau, de maintenir un niveau de renouvellement de conduites proportionné à la durée d'amortissement des installations.

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

La loi Grenelle 2 impose de nouvelles obligations aux collectivités organisatrices des services d'eau potable :

- > disposer d'un descriptif détaillé des ouvrages de transport et de distribution d'eau potable avant le 31 décembre 2013 ;
- > établir un plan d'actions en cas de rendement du réseau de distribution d'eau potable inférieur aux seuils fixés par décret.

Si l'une de ces deux conditions n'est pas respectée, le taux de la redevance pour prélèvement sur la ressource en eau - usage alimentation en eau potable - est doublé.

Dans ce contexte, l'optimisation du choix des conduites à renouveler, permise notamment par la sectorisation, à un impact direct sur les coûts d'exploitation et in fine sur le prix de l'eau et les coûts sociaux, en évitant l'apparition de nouvelles fuites sur les conduites les plus fuyardes, dommageable pour les gestionnaires et usagers des voiries. De même, les gains énergétiques liés à la gestion de la pression sur des secteurs pré-identifiés contribuent également au prix du service rendu.

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

CONCEPTION

Un plan de sectorisation a été établi par le délégataire en 2015 dans le cadre de ses engagements contractuels. Ce premier niveau de sectorisation qui prévoit la création de 20 secteurs définis sur la base des frontières naturelles, induira la mise en place de 56 débitmètres, et la fermeture d'une soixantaine de vannes.

Afin de mieux diagnostiquer les fuites, il est nécessaire d'affiner la maille d'analyse. La mise en place d'une sectorisation fine sur un réseau aussi long et maillé est complexe. Il est nécessaire de trouver le meilleur compromis entre :

- > la taille du secteur, définie pour satisfaire l'objectif d'identification des fuites ;
- > le nombre de débitmètres à poser et de vannes à fermer avec un impact sur la précision du débit mesuré, sur la sécurité et sur la qualité de l'eau.

Aussi, un projet R&D innovant, copiloté par le Syndicat et son délégataire, doit permettre d'atteindre cet objectif. En 2017, un algorithme « génétique » d'optimisation a été développé. La méthode s'est inspirée pour partie de la littérature en combinant plusieurs types d'algorithmes mathématiques jusqu'alors utilisés séparément (en particulier dans le couplage d'algorithmes de parcours de graphes, de détection de communautés et d'optimisation multi-objectifs) pour partie de l'expérience métier du SEDIF en matière d'analyse de flux en réseau.

Cette alliance a ainsi permis d'imaginer la mise au point d'un outil inédit d'aide à la sectorisation d'un très grand réseau, optimisé pour répondre à des objectifs de performance en matière de détection de fuites. En 2018, les résultats ont été vérifiés à l'aide du modèle hydraulique. Cette seconde étape de sectorisation conduira à la pose d'une soixantaine de débitmètres supplémentaires.

Parallèlement à cette démarche, la sectorisation doit permettre de réduire, voire de moduler la pression en réseau, afin de pérenniser la durée de vie des canalisations et de diminuer le débit des fuites. L'avant-projet en cours s'achève mi 2019. D'ores et déjà, six étages de modulation seront mis en œuvre. Pour alimenter certains points de comptage, la pression de l'eau sera transformée en énergie électrique via une pico-turbine, et autoconsommée par les capteurs. Des tests de pico-turbines sont prévus dès le début des travaux.

OBJECTIFS FIXÉS

Amélioration du rendement de réseau.

8 millions de m³/an non prélevés dans la ressource.

Diminution du taux de casse.

Tester une solution d'autoconsommation d'énergie en réseau.

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS

2015

Septembre 2016

Décembre 2018

Fin 2023

Conception de la sectorisation de premier niveau

> Remise du plan de sectorisation par le délégataire au titre de son contrat. Ce plan s'attache à sectoriser le réseau sur les frontières existantes de type autoroutes, pont, voies... Le SEDIF a souhaité optimiser et affiner la maille des secteurs.

Tests terrains

> Nécessité de mener des études complémentaires et des tests sur le terrain afin de valider via des campagnes de mesures les résultats des modèles hydrauliques et notamment vérifier les faibles impacts sur le respect de la défense incendie.

Conception du second niveau et tests terrain

> Conception du second niveau de sectorisation via l'outil innovant développé dans le cadre d'un projet de R&D. De la même manière les secteurs issus de cet outil feront l'objet d'études et de tests sur le terrain.

Passation des marchés de travaux

> L'avant-projet a été produit par la maîtrise d'œuvre et sert de base au lancement de la consultation. Les marchés seront allotés avec un lot dédié à l'électricité et à l'automatisme.

Début des travaux

> Les travaux débuteront au deuxième semestre 2019.

Fin des travaux

> La fin des travaux est prévue au plus tard en 2023.

RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

Maître d'ouvrage

Syndicat des Eaux d'Île-de-France (SEDIF)

4 personnes

Partenaires

Délegataire : **Veolia Eau d'Île-de-France**

Maître d'œuvre : **Artelia (5 personnes)**

Assistance à Maîtrise d'Ouvrage (AMO) :

Setec Hydratec (3 personnes)

Autres : **Fédération Charles Hermite, HYDREOS,**

Chercheurs (4 personnes)

Entreprises de travaux

MOYENS TECHNIQUES

- > Création d'un outil algorithmique innovant pour sectoriser le réseau.
- > Modélisations hydrauliques.
- > Mesures hydrauliques sur le réseau (capteurs de pression).
- > Vérification d'étanchéité des vannes.
- > Essais de tirage de poteaux incendie après sectorisation.

MOYENS FINANCIERS

Coûts

Études préalables/conception : 0,5 M€ H.T.

Maîtrise d'œuvre : 1,5 M€ H.T.

Travaux : 14 M€ H.T.

Prestations associées : 2 M€ H.T.

SUIVI ET ÉVALUATION

QUEL SUIVI ?

Une fois la sectorisation mise en œuvre, l'exploitant du réseau analyse quotidiennement les données, via l'Aide au Diagnostic Réseau du ServO, système d'hypervision du service de l'eau. Il dispose au sein des usines de production de la vision en temps réel (débit, pression) sur les canalisations les plus stratégiques.

QUELLE FRÉQUENCE ?

- > Suivi quotidien des débits de nuit.
- > Suivi hebdomadaire du rendement par secteur.

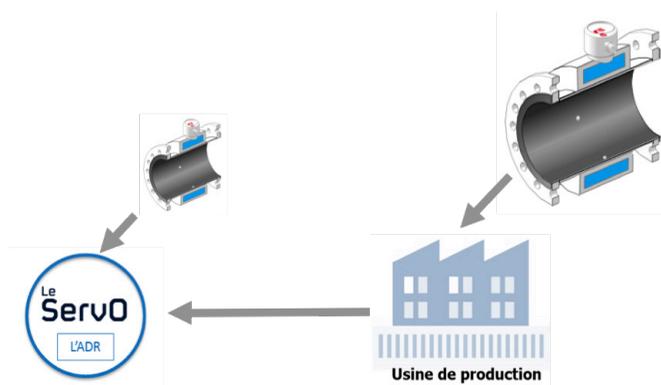
QUELS INDICATEURS ?

Lors du lancement des travaux, seront établis les indicateurs technico-financiers. Ils concerneront aussi bien le suivi des marchés que le déploiement de l'outil de sectorisation.

QUELLES DIFFICULTÉS ?

Lors de la réalisation des travaux :

- > programmation des travaux dans un contexte déjà saturé ;
- > encombrement du sous-sol.



L'Aide au Diagnostic Réseau
ServO

QUEL BILAN ?

Après la mise en œuvre des secteurs, le bilan sera effectué par le délégataire de manière quotidienne, hebdomadaire, et in fine dans le cadre de son rapport annuel d'activité. Il concernera l'analyse des volumes mis en distribution, l'analyse des débits de nuit, le rendement par secteur, le nombre de fuites détectées.

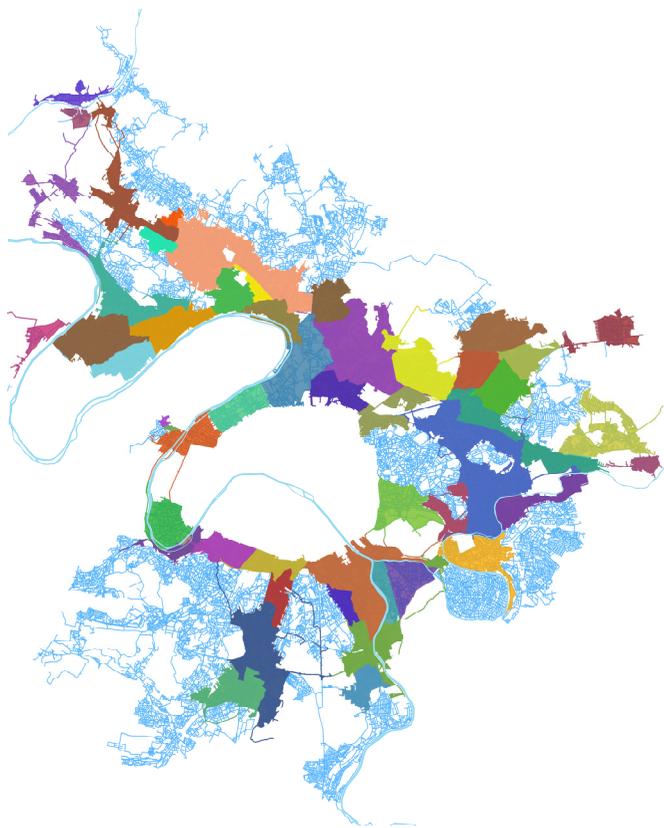
RETOUR D'EXPÉRIENCE, BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

- > **Meilleure connaissance des débits pour une meilleure compréhension du fonctionnement hydraulique du réseau.**
- > **Maîtrise des pertes sur le secteur pour une meilleure efficacité de la recherche de fuites.**
- > **Aide à la gestion patrimoniale pour le programme de renouvellement du réseau.**
- > **Moindre pression sur les ressources captées.**
- > **Gain énergétique au travers de la gestion de la pression.**

OBSTACLES

- > Incertitudes de comptages : compromis entre l'incertitude liée à la mesure et au nombre de capteurs à installer.
- > Risques au regard de la sécurité d'alimentation (maintien d'une pression suffisante) et la qualité de l'eau (augmentation du temps de séjour).
- > Contraintes de mises en œuvre sur le domaine public (grands projets – Grand Paris Express, JO 2024 notamment).
- > Prise en compte pour la modulation de pression des typologies d'habitats (immeubles de grande hauteur sans surpresseurs) et besoins pour la défense incendie.



Plan de sectorisation à l'issue des études
Source : SEDIF

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

- > L'utilisation d'un algorithme d'aide à la décision pour sectoriser les réseaux très maillés.
- > La mise au point d'un outil d'exploitation d'analyse des données multi - capteurs.
- > La programmation en amont des travaux à réaliser en lien avec les gestionnaires de voirie.

PERSPECTIVES

- > Gain sur les débits de fuite grâce à la modulation.
- > Outil efficient à horizon 2023.
- > Une centaine de débitmètres à poser.
- > Une cinquantaine de vannes à poser pour finaliser le cloisonnement du réseau.
- > Maîtrise de la pression localement via la modulation.
- > Environ 50W produits par pico-turbines, ce qui permettra d'assurer l'autoconsommation pour les comptages équipés.

« Les villes portent les stigmates des passages du temps, occasionnellement les promesses d'époques futures. »

Marguerite Yourcenar

EN SAVOIR PLUS:

Sites

www.sedif.com

Personne référente

Nicolas Guillemaud, chargé de mission Performance réseau, SEDIF

Localisation

Syndicat des Eaux d'Ile-de-France



RÉGION :
Île-de-France

PORTEUR DU PROJET :
SIAAP

THÈMES :
Modélisation, contrôle et optimisation des procédés d'épuration des eaux

INITIATIVE : **SIAAP**

TERRITOIRES :
Région Île-de-France

DATES :
Phase 1 : 2014 - 2017
Phase 2 : 2018 - 2022

RÉSULTATS ATTENDUS :
Optimiser l'existant pour réduire les impacts économiques et environnementaux tout en s'inscrivant dans les objectifs réglementaires

Mocopée

CONTEXTE ET ENJEUX

Le projet s'intitule Mocopée pour Modélisation, Contrôle et Optimisation des Procédés d'Épuration des Eaux. C'est un programme qui englobe optimisation des procédés et limitation des impacts sur l'environnement des activités de transport et de traitement des eaux usées, principales missions du Syndicat interdépartemental pour l'assainissement de l'agglomération parisienne (SIAAP). C'est un programme de recherche qui se trouve au centre d'interactions entre scientifiques et opérateurs du secteur de l'eau et de l'assainissement. Le programme aborde les thématiques de la métrologie appliquée à l'épuration des eaux, la modélisation du fonctionnement des procédés d'épuration, l'intégrité des systèmes de transport de l'assainissement et l'émergence de concepts innovants.

C'est un programme axé sur l'optimisation du traitement industriel des eaux. Il s'agit d'identifier les enjeux industriels et freins scientifiques. Le projet est né en 2014, sa première phase s'est achevée en 2017. On entre maintenant dans la deuxième phase.

Il y a trois enjeux auquel le programme souhaite répondre :

- > accroître la maîtrise et le niveau d'optimisation des filières de traitement en construisant l'usine dite « intelligente » ;
- > progresser sur les questions relatives au vieillissement des ouvrages ;
- > accompagner le changement de rôle de la station d'épuration, aujourd'hui pôle de dépollution, demain pôle de transformation de matière.

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

> **Éviter les émissions de GES, optimiser l'énergie et les réactifs**

> **Valoriser la matière.**

Azote, phosphore, chaleur, énergie à partir de boue, etc. Le SIAAP produit entre 100 000 et 150 000 t (en matière sèche) de boues par an, soit 10% de la production nationale.

Cette boue, transformée pour partie par digestion en biogaz, permet de produire de l'énergie sous différente forme (électricité, chaleur). Aujourd'hui le SIAAP est autosuffisant à 70% en énergie.

ENJEUX SOCIAUX

Il y a des enjeux économiques : limitation des coûts de maintenance et d'exploitation, qui se répercutent dans la facture d'eau avec donc un impact social direct.

Il est possible d'élargir la valorisation sur le territoire à d'autres déchets produits et créer des synergies. Le projet Valoéquiboue a pour but de récupérer et valoriser les fumiers équins localement afin de produire de l'énergie (ce gisement représente entre 15 000 et 20 000 t par an). De même, la partie fermentescible des ordures ménagères pourrait être valorisée en synergie avec ces substrats.

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Il est stimulant car les réglementations, la Directive Cadre sur l'Eau, la Loi de Transition Énergétique pour la Croissance Verte (LTECV) sont exigeantes. La LTECV a dessiné, pour le milieu du siècle, les grands objectifs du nouveau modèle énergétique français. Plus sobre et plus durable, le système prévoit notamment une réduction de 40 % des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2030 (par rapport aux émissions de 2012) et la promotion des énergies renou-

velables pour atteindre 32 % de la consommation d'énergie globale et 40 % de la production d'électricité. De plus, les engagements pris par la France lors de la COP 21 sont favorables puisqu'ils s'orientent vers une diminution des émissions de GES.

Dans ce type de projet, il faut tenir compte de la réglementation, qui peut être perçue comme un frein au changement. Or, innover implique de changer les pratiques.

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

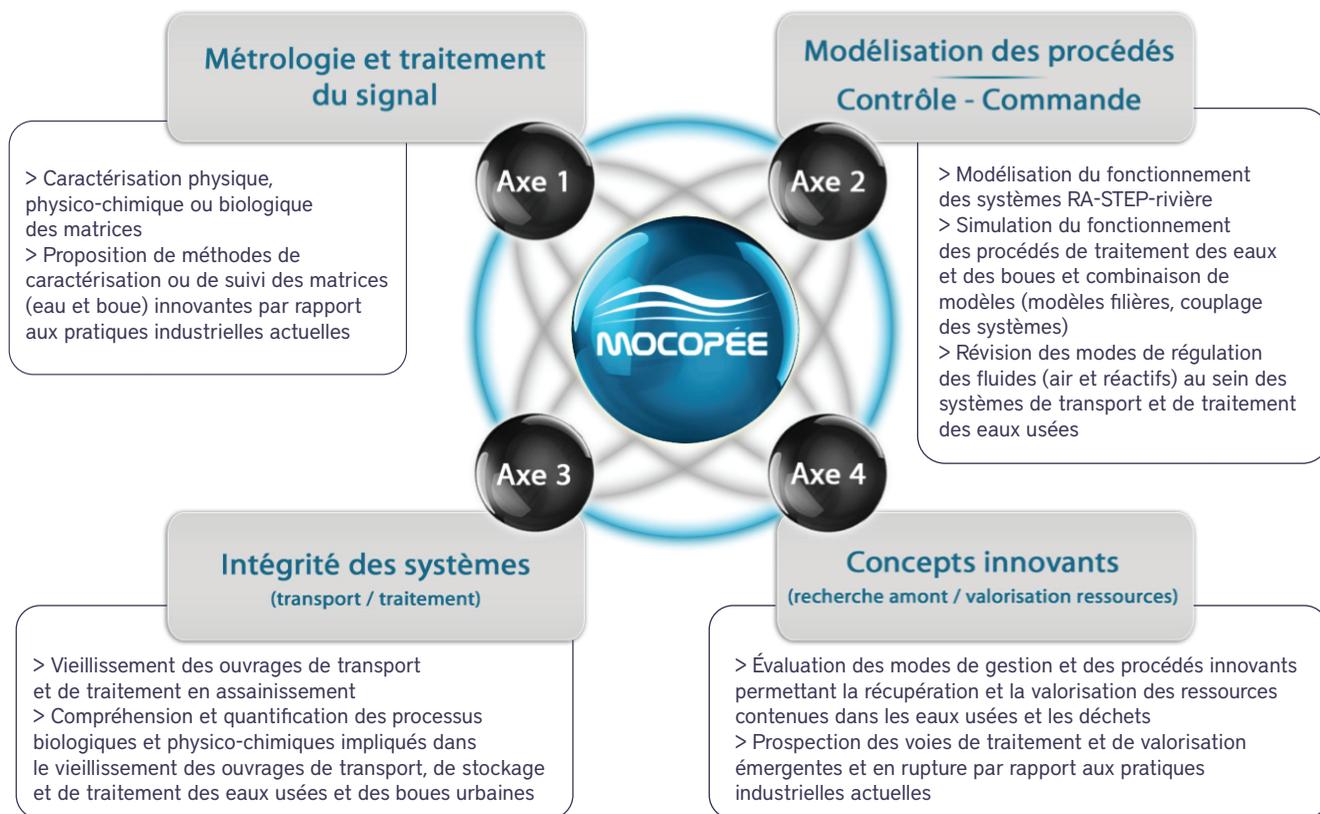
CONCEPTION

Le SIAAP (Service Public de l'Assainissement Francilien), l'IRSTEA (Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture) et l'UTC (Université de Technologie de Compiègne) se sont rapprochés dès 2014 pour construire un programme de recherche en phase avec les grands enjeux industriels actuels.

OBJECTIFS FIXÉS

Effort d'innovation principalement porté sur les pratiques d'exploitation des systèmes industriels :

- ▶ Accroître la maîtrise et le niveau d'optimisation des filières de traitement en construisant l'usine dite « intelligente ».
- ▶ Progresser sur les problématiques relatives au vieillissement des ouvrages.
- ▶ Accompagner le changement de rôle de la station d'épuration, aujourd'hui pôle de dépollution, demain pôle de transformation pour valorisation de matière.



RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS

2014

2017

2018

2022

Phase 1

Phase 2

RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

Partenaires scientifiques

SIAAP, Irstea, UTC , INRA, Université Laval (Québec), École Polytechnique de Louvain, UPEC - LEESU et LAMA , UPMC - METIS et LISE, ESIEE Amiens, INSA Toulouse,IFTS, Luxembourg Institute of Science and Technology, IFSTTAR, UNILASALLE, Université de Toulouse, Université de Santiago de Compostela, Eawag-Aquatic research, Institut de chimie et des materiaux paris est (ICMPE), Berliner Wasserbetriebe.

Partenaires industriels

ALIEN-SAS, AMS ENVOLURE, AQUASSAY, 3D-EAU, Enoveo, FLUIDION, LaboM SOLUTION, SCANAE, WATCHFROG .

Associations partenaires

Astee, ARCEAU et le CLUSTER-Eau-Milieu-Sol.

MOYENS TECHNIQUES

L'idée est de rester très proche de l'outil industriel à l'échelle du prototype. On facilite la transposition des résultats vers l'opérationnel.



MOYENS HUMAINS ET FINANCIERS

| | |
|------------------|--|
| Humains | 20 équipes académiques 8 partenaires industriels 97 personnes impliquées |
| Financier | Environ 1,5 M€ par phase |

SUIVI ET ÉVALUATION

- Du fait de la particularité du programme, il était important de se baser sur trois indicateurs :
- > concrétisation des résultats en solutions innovantes déployées à l'opérationnelle : outils métrologiques, mathématiques et de diagnostic de l'intégrité des systèmes ;
 - > publication d'articles techniques et scientifiques ;
 - > communications en colloques et conférences.

Les objectifs sont d'améliorer ces indicateurs en continu.

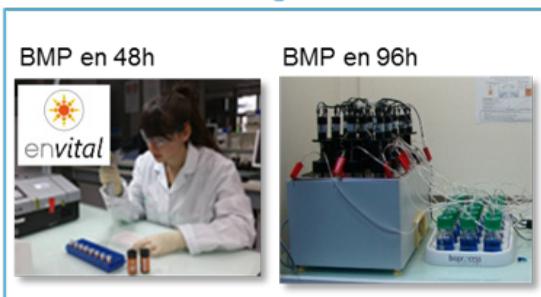
RETOUR D'EXPÉRIENCE, BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

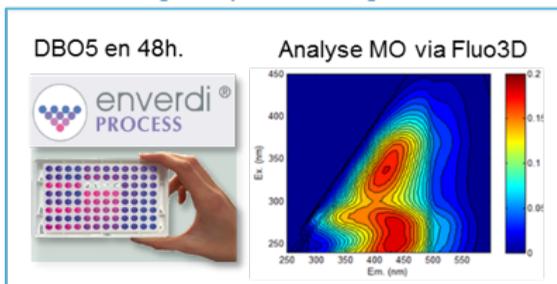
> Outils métrologiques innovants à fort potentiel opérationnel.

> Le point fort est d'avoir réussi à traduire les résultats du programme en solutions opérationnelles. On a réussi à raccourcir le délai entre le concept innovant et la solution opérationnelle.

Pouvoir méthanogène



Matière organique biodégradable

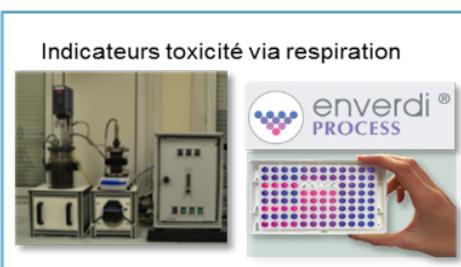


2018 – France expérimentation (2017-2019) 2018 – Prototype industriel pour mesure *in situ*

Suivi qualité microbiologique



Evaluation toxicité



OBSTACLES

Il faut faire attention car les verrous liés aux mélanges sont importants. L'idée de mélanger les sources de matière organique issues du territoire est séduisante mais ces matières sont différentes des boues. Le dimensionnement, les pratiques d'exploitation, les points de vigilance à avoir par rapport à l'éventuelle présence de sous-produits ne sont pas les mêmes. Il faut donc travailler très en amont, c'est ce que nous faisons à travers ce type d'initiatives. Hier les installations du SIAAP étaient des STEP, stations d'épuration, demain elles seront des STARR, stations de récupération de ressources. Nous devons accompagner ce changement.

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

C'est un programme à l'interface entre industrie et recherche. Il s'agit ici d'intégrer une culture commune, un vocabulaire commun afin de trouver ensemble des solutions industrielles, sur le moyen à long terme. On y arrive car on travaille avec des équipes de recherche appliquée qui sont déjà habituées à être connectées avec des solutions techniques industrielles. Tous ces problèmes sont aussi ceux des collectivités mais elles n'ont pas toujours les moyens d'y répondre. La question se pose ensuite de savoir comment on va faire pour organiser les échanges. Pour cela nous organisons beaucoup de conférences, de colloques annuels. Mocopée doit apporter des réponses aux enjeux industriels des collectivités ou des organismes en charge de l'assainissement (SIAAP et les autres).

« Ce projet nous permet de glisser vers de nouveaux questionnements scientifiques et techniques en adéquation avec les évolutions actuelles. »

Vincent Rocher

EN SAVOIR PLUS:

Sites

<http://mocopee.com/>

<http://www.siaap.fr/>

Personne référente

Vincent Rocher, Responsable du Service Expertise et Prospective, SIAAP

Localisation

Paris



Atténuation



Adaptation

CoRDEES* : une nouvelle gouvernance énergétique pour l'éco-quartier Clichy-Batignolles



RÉGION :
Île-de-France

PORTEUR DU PROJET :
Mairie de Paris
Consortium CoRDESS

THÈMES : Efficacité
énergétique, énergies
renouvelables, îlots
de chaleur urbains,
végétalisation et
biodiversité.

TERRITOIRES :
Paris, ZAC Clichy-
Batignolles

COÛTS :
5,2 M€

DATES :
2016 – 2019

APPEL À PROJET
RÉFÉRENT :
FEDER UIA (Urban
Innovative Action)
2016 (UE)

CONTEXTE ET ENJEUX

Dès 2002, Paris s'est engagée dans la réalisation d'un éco-quartier sur la Zone d'Aménagement Concerté (ZAC) de Clichy-Batignolles. Outre la priorité aux transports en commun et aux modes de déplacement doux, ainsi que la forte mixité de la programmation, les objectifs environnementaux assignés au quartier sont particulièrement élevés, avec en particulier des objectifs de performance énergétique ambitieux (avec notamment une place importante donnée aux énergies renouvelables : géothermie grâce à la nappe de l'Albien pour l'eau chaude sanitaire et le chauffage et production d'électricité photovoltaïque), et la volonté de tendre vers la neutralité carbone.

L'éco-quartier vise également à favoriser la biodiversité par l'intégration du parc dans la conception de l'éco-quartier, à lutter contre les îlots de chaleur urbain avec des solutions liées à l'utilisation de l'eau et la désimperméabilisation des sols. Il dispose également d'une collecte pneumatique des déchets.

CoRDEES

En 2016, une réflexion s'engage sur les outils à mettre en place pour s'assurer que les objectifs seront tenus. La Ville de Paris, associée à quatre partenaires, a saisi l'opportunité de l'appel à projets européens du FEDER « Innovative Urban Actions » visant à identifier et tester de nouvelles solutions pour un développement urbain durable, et propose le projet CoRDEES : « CoResponsability in District Energy Efficiency and Sustainability », qui repose sur la création d'une nouvelle forme de gouvernance énergétique et sur la co-responsabilité entre les acteurs et partenaires du projet. Le projet est retenu par l'Union Européenne et démarre fin 2016.

ENJEUX SOCIAUX

Ce projet prévoit la sensibilisation des usagers sur l'énergie et sur leur comportement, ainsi que la création de logements (sociaux, en accession, ou bien des résidences étudiantes).

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Dans le cadre de l'éco-quartier, la réglementation pour la mise en place de la géothermie est assez lourde. Dans le cadre de CoRDEES, l'application du règlement de protection des données a aussi été très complexe à gérer. Pour le suivi des logements, il a été nécessaire d'anonymiser toutes les données dans chaque immeuble avant transmission et analyse, tout en permettant à l'utilisateur d'accéder à sa propre consommation. Pour les bâtiments tertiaires l'obtention des autorisations d'accès aux données a été longue et l'anticipation en amont dès la contractualisation apparaît comme nécessaire pour répliquer cette démarche.



Perspective Générale de l'éco-quartier
Crédit : Vectuel-Studioez-PBA

* : CO-RESPONSABILITY IN DISTRICT ENERGY
EFFICIENCY AND SUSTAINABILITY

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

CONCEPTION

Éco-quartier : Des études de faisabilité ont été menées pour évaluer l'impact environnemental de l'éco-quartier dans son ensemble. Les objectifs de ces études se sont basés sur le cahier des charges de l'ADEME et de la DRIEE sur la géothermie. Des modélisations ont également été menées sur le bilan carbone. De manière générale, la construction de l'éco-quartier répond au PCAET de la ville en matière d'îlots de chaleur, de désimperméabilisation, d'énergies renouvelables, de hausse de biodiversité et de collecte de déchets.

CoRDEES : Pour tenir dans le temps les promesses de l'éco-quartier de Clichy-Batignolles, en cohérence avec les objectifs du Plan Climat de la ville de Paris : un quartier qui produit des énergies renouvelables, émet peu de gaz à effet de serre, consomme peu d'énergie mais est néanmoins confortable pour ses usagers, CoRDEES fait émerger un nouvel acteur-métier, appelé Facilitateur Énergétique, dont le rôle est d'accompagner l'ensemble des acteurs du quartier Clichy-Batignolles dans la maîtrise de leurs installations et de leurs consommations énergétiques. Il s'appuie sur une plateforme numérique de suivi des performances énergétiques, alimentée par des données fines de consommation et de production en partie acquises par des compteurs installés spécifiquement pour le projet.

OBJECTIFS FIXÉS

Pour CoRDEES sur la zone Ouest de la ZAC :

- > mesurer les consommations réelles de 1100 logements (électricité, chauffage et eau chaude sanitaire) et suivre les consommations des bâtiments tertiaires ;
- > rendre ces données accessibles aux opérateurs de réseaux et aux gestionnaires des bâtiments afin de leur permettre de piloter leur consommation ;

- > identifier les causes de surconsommations au regard des objectifs fixés et proposer des pistes d'amélioration ;
- > impliquer les habitants et les salariés du quartier sur la maîtrise de leur consommation énergétique.

Pour l'éco-quartier :

- > développement des énergies renouvelables : 35000 m² de panneaux solaires : production de 3,5 GWh par an = 40% des besoins en électricité ;
- > pour le chauffage et l'eau chaude : 85% d'énergie renouvelable par géothermie ;
- > économies d'énergie : 50 kWh/m²/an pour les bâtiments, 15 kWh/m²/an pour le chauffage domestique ;
- > 12 programmes immobiliers : 3 000 habitants, 4 000 salariés ;
- > 54 ha : 3 400 logements, 140 000 m² de bureaux, 31 000 m² de commerces, 38 000 m² d'équipements publics ;
- > intégration du futur Tribunal de Paris et de la direction de la police judiciaire 120 000 m² ;
- > collecte pneumatique des déchets ;
- > engagements pour la biodiversité ;
- > remontée de données sur la consommation énergétique ;
- > confort des usagers ;
- > quartier bas en carbone.

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS DE CoRDEES

Oct. 2016

CoRDEES lauréat du FEDER UIA

Janv-Mars 2017

Validation des conventions en Conseil de Paris

31 mai 2017

Événement de lancement de CoRDEES

Oct-Déc. 2017

AG et Mobilisation des parties prenantes

Mars 2018

Début du déploiement des capteurs

Avril 2018

Ateliers des partenaires sur la définition de la plateforme énergétique et du facilitateur

Juin 2018

Début du coaching environnemental des habitants

Oct. 2018

Livraison de la Plateforme énergétique

Fév. 2019

2^{ème} campagne de coaching énergétique

Avril 2019

Fin de l'instrumentation

31 oct. 2019

Fin du projet CoRDEES

Définition du modèle énergétique du quartier.

RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

Pilote du projet

Ville de Paris

Partenaires

Partenaires – porteurs :

Paris & Métropole Aménagement (P&MA)

Aménageur de l'opération Clichy-Batignolles. Mise en place de la gouvernance et du facilitateur énergétique.

EMBIX

Bureau d'études spécialisé dans le domaine de l'énergie et des smart grids. Création de la plateforme de gestion énergétique collaborative.

Armines

Laboratoire de recherche lié par convention à Mines ParisTech, et le réseau des écoles des Mines. Élaboration de la méthode d'évaluation énergétique des quartiers en phase d'exploitation – travail sur l'aspect sociologique.

Une Autre Ville Société de conseil spécialisée dans l'aménagement durable. Conception de l'offre de services et de son modèle économique.

La maîtrise d'œuvre et d'ouvrage est assurée par chaque promoteur immobilier

Autres structures : Union Européenne (FEDER Urban Innovative Actions), Démonstrateurs Industriels pour la Ville Durable, Eau de Paris, CPCU, ENEDIS, ADEME, Île de France, Agence de l'eau Seine Normandie, Enedis, Bouygues immobilier, Linkcity, Agence Parisienne du Climat, RTE, BPD Marignan, Kaufman & Broad, Icade, Nexity, Emerge, Sefri Cime, Paris Habitat, 3F

MOYENS TECHNIQUES

Capteurs, compteurs calorimétriques.

Plateforme numérique collaborative Smartgrid: elle fait remonter les données des bâtiments, ainsi que des alertes en cas d'incident.

Maintenance et entretien : lorsque cela sera terminé.

MOYENS FINANCIERS

Coûts **Projet CoRDEES** : 5,2 M€, **Coût d'équipement des bâtiments**: 1 M€

Principaux financeurs

Union Européenne (fonds Feder) : 4,3 M€
Ville de Paris, P&MA, EMBIX, ARMINES, Une Autre Ville

SUIVI ET ÉVALUATION

QUEL SUIVI ?

La ville pilote le projet et rend des comptes à l'Union Européenne.

QUELLE FRÉQUENCE ET QUELS INDICATEURS ?

Taux d'énergie renouvelable par production de chaleur et énergie photovoltaïque, consommation énergétique des habitants et des bâtiments. La fréquence d'évaluation des indicateurs dépend des acteurs auxquels sont faits ces retours.

QUEL BILAN ?

Le projet CoRDESS devrait se terminer fin 2019. Pour le moment le bilan est positif mais la réalisation des objectifs doit encore être mesurée et détaillée.

QUELLES DIFFICULTÉS ?

Il faut vérifier la fiabilité des données et l'accord des différents acteurs. Il y a un important travail de concertation et de médiation.



État d'avancement de la construction de l'éco-quartier de Clichy-Batignolles

Source : Paris & Métropole Aménagement

RETOUR D'EXPÉRIENCE BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

- > S'assurer de la réalité d'une performance énergétique qui tend vers le bas-carbone.
- > Responsabilisation des habitants, développement d'une vie de quartier.
- > Projet d'éco-quartier innovant, démonstrateur et répliquable à d'autres.

OBSTACLES

Identifiés dès la conception :

- > cadre réglementaire complexe sur la géothermie.

Rencontrés au fil de la réalisation :

- > obtention des autorisations liés à la protection des données des usagers ;
- > complexité d'organisation pour gérer les différentes activités sur le chantier ;
- > mobilisation des personnes sur un quartier naissant.

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

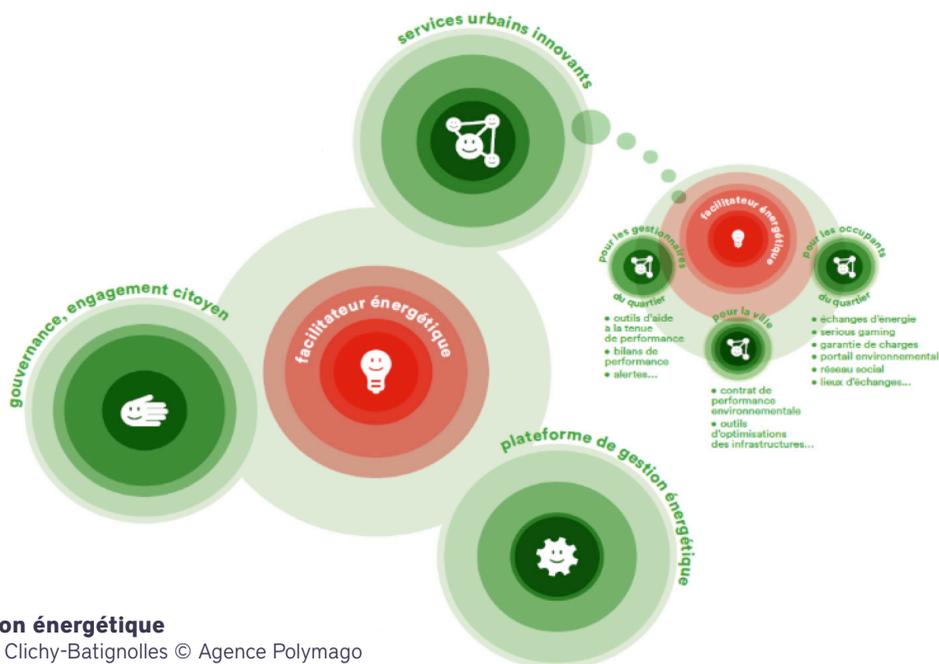
Un des objectifs du projet est qu'il soit appliqué sur d'autres territoires.

Enseignements utiles :

- > mettre en place un suivi et une gouvernance lorsqu'on veut réaliser un éco-quartier ;
- > penser à la phase d'exploitation dès la conception du projet et anticiper la mise en œuvre des objectifs de performance environnementale dans les contrats de réalisation.

PERSPECTIVES

- > Réaliser une modélisation à partir des données collectées afin d'extrapoler le modèle sur d'autres quartiers et éviter l'installation systématique de capteurs.
- > Développer un outil diagnostic de malfonction, et d'autres solutions pour améliorer la consommation énergétique.



Plateforme de gestion énergétique

Source : site internet de Clichy-Batignolles © Agence Polymago

« Le projet est ambitieux car il implique tous les partenaires et propose une méthode de gouvernance innovante. »

Agathe Cohen et Roxanne Billion-Prunier

Projet réalisé avec le soutien financier du Fonds européen pour le développement régional (FEDER) et Urban Innovative Action

EN SAVOIR PLUS:

Sites

<http://cordees.paris/>

Personne référente

Sabine Romon, Responsable du Pôle innovation, Ville de Paris

Fabienne Giboudeaux, Coordinatrice du projet, Ville de Paris

Localisation

Paris



RÉGION :
**Normandie,
Outre-Manche**

PORTEUR DU PROJET :
**Conservatoire du
littoral**

THÈMES : **Changements
côtiers**

TERRITOIRES :
**Zones littorales
(y compris urbaines)**

COÛTS : **2,5 M€**

DATES :
2011 – 2014

APPEL À PROJET
RÉFÉRENT :
Interreg IVa

RÉSULTATS
ATTENDUS :
**Aider les populations
côtières à anticiper
le changement
climatique sur
le littoral**

LiCCo - Littoraux et Changements Côtiers – Projet franco-britannique

CONTEXTE ET ENJEUX

Les enjeux des zones littorales sont aussi bien environnementaux qu'économiques liés aux risques d'érosion, de modification du trait de côte et des habitats, et d'évolution des usages de ces zones où il existe souvent des conflits d'usage entre l'agriculture, le tourisme, l'urbanisation.

L'objectif était de travailler sur des questions d'adaptation au changement climatique sur des territoires littoraux disposant de linéaires côtiers assez équivalents à la France en termes de géomorphologie côtière, de biodiversité, de gouvernance et d'usages.

Les littoraux anglais et gallois représentaient ces caractéristiques et, en outre, avait déjà été initiée depuis les années 90 la réflexion sur les risques de submersion côtière suite à des inondations importantes.

Localisé autour de la Manche le projet visait à échanger et comparer les approches possibles pour résoudre notamment les questions autour de la montée des eaux.

En s'appuyant sur des données historiques et le retour d'expérience des partenaires anglais, deux horizons temporels ont été étudiés :

> 2025 : Echelle de temps adaptée aux documents d'urbanisme et aux projets ;

> 2050 : Échéance de référence pour le GIEC, compatible avec le temps long des mouvements fonciers (action du Conservatoire du littoral).

Ce sont deux approches qui permettaient d'envisager les différents scénarios.

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

Parmi les trois grands scénarios autour de la montée des eaux induites par le changement climatique résister (compliqué et coûteux), subir (dénier du risque) ou s'adapter, le projet s'est concentré sur l'adaptation.

L'adaptation nécessite d'anticiper les évolutions du territoire (trait de côte) et les évolutions des écosystèmes. L'objectif était donc de proposer des orientations pour l'adaptation des zones littorales mobiles et fragiles.

ENJEUX SOCIAUX

L'enjeu social principal du projet était de le faire partager et d'associer les différentes parties prenantes : élus, associations, scientifiques etc.

L'idée était de partager les connaissances et compétences de chacun pour sortir d'approches d'urgence et définir les trajectoires du territoire pour les horizons 2025 et 2050.

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Le cadre européen est plutôt favorable à une prise en compte du changement climatique à travers différentes directives. Il est plutôt complexe administrativement, autant au niveau d'un Life que d'un Interreg.

Le cadre français lui est celui d'un cadre budgétaire classique.

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

CONCEPTION

Pour lancer ce projet, un tour de table des parties prenantes a été réalisé. Les acteurs sont partis des cœurs de site, des terrains du Conservatoire du littoral. Par la suite, ils ont élargi aux zones bâties adjacentes pour intégrer des approches qui ne soient pas seulement centrées sur les espaces naturels.

Les parties prenantes intègrent les intercommunalités, l'Agence de l'eau, les associations de riverains, les acteurs du tourisme... Une gouvernance a été mise en place pour chacun des cinq sites : le Havre de la Sienna, les marais du Val de Saire (intrusions salines), le Nord Cotentin, la baie des Veys (sites de la Manche), l'estuaire de l'Orne (Calvados) et la vallée de la Saône sur la Côte d'Albâtre en Seine-Maritime.

Le choix de ces sites a été fait pour qu'ils soient représentatifs des enjeux inhérents à la Normandie et aux littoraux normands. Les critères suivants ont été évalués : géomorphologie côtière, phénomène d'érosion, trait de côte, biodiversité, représentatifs de tous les événements côtiers.

OBJECTIFS FIXÉS

Un état zéro, fourni par les images lidar (laser aéroporté) a été réalisé. La question qui se posait était « Comment le territoire s'appuie sur les enjeux socio-environnementaux et d'aménagement pour enclencher des stratégies d'adaptation ? ». Pour certains territoires, il s'agissait de trouver comment vivre avec la nature. D'autres territoires à faible densité urbaine avaient une stratégie de relocalisation ou bien une stratégie de confortement d'ouvrages, de défense, à court terme mais pas à moyen et long terme.

Les solutions, et trajectoires proposées ont été discutées avec les parties prenantes, dans un cadre de gouvernance organisé pour chacun des sites.

En terme d'objectif sur le projet, nous avons des engagements vis-à-vis de l'Europe :

► **D'un point de vue quantitatif**, il y avait des expertises à mener, des réunions etc. Tous ces objectifs ont été atteints.

► **D'un point de vue qualitatif** : une communication à l'échelle des représentants des associations, de structures organisées, d'associations de riverains, de randonneurs, de protection de la nature, était attendue. L'idée était d'assurer une représentativité des acteurs du territoire dans chacun des ateliers.

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS

| 2010 | Septembre 2012 | Décembre 2013 | | Fin 2014 | |
|--|--|--|---|--|---|
| Étape 1 | Étape 2 | Étape 3 | Étape 4 | Étape 5 | Étape 6 |
| <ul style="list-style-type: none"> > Phase d'élaboration de la candidature (2 ans) avec les partenaires Français (Régions et Agence de l'Eau) et les Britanniques. | <ul style="list-style-type: none"> > Explicitation du projet et articulation avec les démarches en cours. > Restitution de la remise en perspective historique. > Partage avec tous les acteurs. | <ul style="list-style-type: none"> > Restitution de l'expertise évolution du trait de côte de 1947 à aujourd'hui. > Confrontation des enjeux des partenaires britanniques. Beaucoup d'intérêt et de réflexion auprès des élus. Plans d'action de prévention des inondations... | <ul style="list-style-type: none"> > Résultats des expertises techniques et scientifiques (approche diachronique du trait de côte, évolution des habitats naturels, perception sociale des acteurs locaux). | <ul style="list-style-type: none"> > Diagnostic partagé de vulnérabilité du territoire. Trois scénarios ont été proposés et les acteurs ont dû identifier en fonction de ces projections, quelles sont les actions sur lesquelles on pouvait partir. > Co-construction de scénarios prospectifs 2025 & 2050. | <ul style="list-style-type: none"> > Restitution finale ouverte (grand public et presse) pour chaque territoire. > Évaluation du projet auprès des partenaires et des financeurs. |

RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

3 équivalents temps plein : 1 chef de projet, 1 géomaticien, 1 secrétaire
 Partenaires du Devon, du Dorset, de Normandie : **Région Haute Normandie, Région Basse Normandie, Gemel Normandie, Cerrev, UniCaen, National trust**

Porteur

Environment agency, coordonné en France par le Conservatoire du littoral

Partenariat scientifique et technique

Expertise naturalistes et socio-économiques : **Gemel Normandie, Cellule de Suivi du Littoral Normand**

Expertises trait de côte : **Conservatoire du littoral**

Gestion des terrains du Conservatoire dans la Manche : **Syndicat mixte des espaces littoraux de la Manche**

Autres : Conservatoire national botanique de Bailleul, Agence de l'Eau Seine Normandie, Réserves naturelles de France, laboratoire du Cerrev, de l'université de Caen, et le Centre de Recherche de l'Histoire Quantitative de l'université de Caen.

MOYENS TECHNIQUES

Survol lidar (prestation CLAREC)
Partenariat avec l'IGN : géoportail, approche diachronique, centre de documentation de la Défense, acquisition de cartes anciennes.

MOYENS FINANCIERS

Coûts 2,5 millions d'euros comprend les survols lidar (environ ¾ du prix) et les partenaires experts scientifiques CBN, CERREV, GEMEL etc.

Principaux financeurs

- Europe** : 50%
- Agence de l'eau Seine Normandie** : 20%
- Région Basse Normandie** : 6,80%
- Région Haute Normandie** : 4%
- Conservatoire du littoral** : 3%

SUIVI ET ÉVALUATION

QUEL SUIVI ?

Une évaluation financière du projet a été réalisée, ainsi qu'un bilan sur les partenariats, objectifs, expertises demandées.

QUEL BILAN ?

Les objectifs du projet Interreg ont été tenus.
 Pour les sites, les exemples de déclinaisons opérationnelles sont :
 > Havre de la Sienne : les collectivités concernées ont formé un programme d'action PAPI (Programmes d'Actions de Prévention des Inondations) lié au risque naturel et risque inondation. Les orientations de LiCCo ont été reprises ;
 > Val de Saire : les orientations LiCCo sont traduites dans un document de gestion qui oriente la gestion des sites à 10 ans ;
 > Estuaire de l'Orne : les conclusions ont été reprises par le volet paysager du projet Life Adapto afin d'échanger avec la ville de Caen et la métropole de Caen la mer ;
 > le projet territorial de la Saône : stratégie de recomposition spatiale d'un site. C'est probablement l'un des projets les plus ambitieux en terme d'adaptation au changement climatique sur cette façade de la Manche.

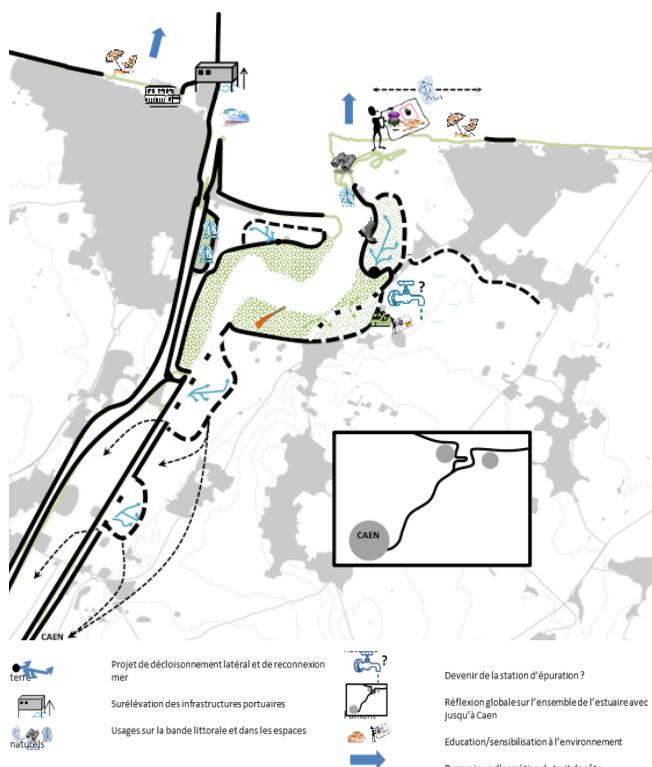


Schéma des scénarios de prospective, estuaire de l'Orne
 Source : LiCCo/Stratys

RETOUR D'EXPÉRIENCE BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

- > Les parties prenantes de cinq sites bénéficient aujourd'hui des orientations et résultats du projet LiCCo.
- > Certaines collectivités et le Conservatoire du littoral se sont appropriés ces éléments et ont mis en œuvre une déclinaison opérationnelle.
- > La Région Normandie s'est inspirée de LiCCo pour élaborer l'appel à projet « Notre Littoral pour demain ».

OBSTACLES

Les obstacles étaient directement liés au fait qu'il s'agissait d'un projet Interreg :

- > la complexité administrative est importante ;
- > le temps de rédaction, d'élaboration du projet est long ;
- > il y a une réelle difficulté à anticiper le planning (à n-3) puis le respecter dans la mise en œuvre du projet (année n).



Marais du Val de Saïre

© Conservatoire du littoral/F Larrey

« L'homme doit accepter d'accompagner les phénomènes et travailler avec la nature. »

Régis Leymarie

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

Pistes d'amélioration

Une approche intégrant plus les aspects paysages a manqué afin de traduire pour le grand public les évolutions du « quotidien ».

En terme de communication « grand public », les documents n'étaient pas toujours adaptés. En effet notre approche était très technique. En contrepartie, cela donne une crédibilité très forte, cautionnée par les universitaires, et les services de l'État.

Il aurait fallu six mois de plus au projet pour approfondir le volet communication du projet.

Enseignements utiles à d'autres territoires ?

Pour calibrer la méthode de travail, trois séquences ont été nécessaires :

- > l'approche historique et l'approche de terrain ;
- > un diagnostic partagé ;
- > une projection socialement et techniquement acceptable, qui « parle » aux gens et qui soit crédible.

Il faut garder en tête que la mise en œuvre se fait sur 20 à 25 ans. La technique est au service de l'accompagnement des territoires littoraux sur la résilience de la nature.

PERSPECTIVES

Sur chacun des sites il y a une gouvernance en place, des comités de gestion, instances locales qui font l'état des démarches. Même si LiCCo est un projet clos, le Conservatoire du littoral fait l'état de ce qui est suivi.

Le Conservatoire du littoral a lancé la démarche ADAPTO au niveau national, sur différentes façades, Méditerranée (Corse, Provence Alpes Côtes d'Azur, Languedoc Roussillon), trois sites sur l'Atlantique, trois sites sur la Manche (dont l'estuaire de l'Orne), un site en Outre-mer.

EN SAVOIR PLUS:

Sites

www.licco.eu

Site du projet territorial de la Saône_

<http://www.conservatoire-du-littoral.fr/117-projets-de-territoire.htm>

www.conservatoire-du-littoral.fr

<http://www.conservatoire-du-littoral.fr/38-changement-climatique.htm>

Personne référente

Régis Leymarie, Délégué adjoint au Conservatoire du littoral

Localisation

Normandie et Outre-Manche



RÉGION :
Normandie

PORTEUR DU PROJET :
SEMEDI et SEDIBEX

THÈMES : **Valorisation
du CO₂ sous forme
gazeuse**

TERRITOIRES :
**Le Havre, usine
SEDIBEX**

COÛTS : **5 à 15 M€**

DATES :
2011 à nos jours

RÉSULTATS
ATTENDUS :
**Diminution de
l'énergie utilisée
pour la valorisation
du CO₂, et donc des
émissions de gaz
à effet de serre.**

Projet Siroco – Et si on recyclait le CO₂ ?

CONTEXTE ET ENJEUX

SEDIBEX est une usine d'incinération de déchets industriels dangereux qui a été créée en 1977 par la SEMEDI. Elle est aujourd'hui la propriété de SEMEDI qui en assure le financement et elle est exploitée par SARP Industries, filiale du groupe Veolia. La zone industrielle dont elle fait partie a d'ailleurs reçu le label de Plateforme industrielle impliquant la fourniture de différentes matières premières, dont le CO₂.

La SEMEDI a pu constater la consommation importante de CO₂ de la part d'industries chimiques à proximité de son site. Or, les usines d'incinération de déchets produisent du CO₂, rarement valorisé. SEMEDI a donc eu l'idée d'offrir la possibilité aux industries de racheter le CO₂ issu de l'incinération locale de leurs propres déchets.

L'idée du projet est donc de développer le territoire localement, au travers de l'économie circulaire, en récupérant le CO₂ issu des fumées d'incinération de déchets industriels et en le revendant directement sous forme gazeuse à leurs producteurs. Cela permet notamment d'éviter les étapes de liquéfaction, transport et re-vaporisation du CO₂, qui sont coûteuses sur le plan financier, énergétique et donc environnemental.

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

- > **Economie circulaire.**
- > **Réduction des émissions de gaz à effet de serre.**
- > **Economies d'énergie.**

La valorisation locale du CO₂ gazeux permet de limiter l'utilisation d'énergies pour son transport, sa liquéfaction et sa re-vaporisation une fois arrivé en industrie, et par conséquent évite des émissions de gaz à effets de serre.

Ce projet favorise l'image des entreprises partenaires, des industriels, et des villes du territoire. Il y a davantage de bénéfices environnementaux que de bénéfices économiques. Ce projet est une première mondiale en matière de valorisation locale de CO₂ sous forme gazeuse au sein d'une zone industrielle.

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Il n'y a pas de réglementations spécifiques sur ce type de valorisation. Elle suit la réglementation classique des réseaux de distribution de fluide et des installations classées pour la protection de l'environnement.

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

CONCEPTION

L'initiative du projet vient du président de la SEMEDI. La solution pour extraire le CO₂ a été choisie de manière à optimiser les performances. La technologie utilisée est un procédé connu qui a déjà fait ses preuves de façon à éviter une prise de risque inutile. Ce choix a été fait en partenariat avec l'INSA de Rouen, la SEMEDI et SEDIBEX.

Des études préalables ont été menées pour connaître la quantité d'énergie économisée lors du transport, de la liquéfaction et de la re-vaporisation. Lors de la demande de subventions, ces études servent le bilan gaz à effet de serre qui permet d'étayer la pertinence du projet.



Usine SEDIBEX

© Photothèque Veolia

OBJECTIFS FIXÉS

Fournir aux industriels sous forme gazeuse la quantité de CO₂ dont ils ont besoin ;

Disposer d'un réseau qui permet d'alimenter ultérieurement les autres consommateurs potentiels de CO₂.

CHIFFRES CLÉS

**12 000 TONNES DE CO₂
VALORISÉES PAR AN**

**4 MILLIONS D'EUROS
D'INVESTISSEMENT,
HORS RÉSEAU DE TRANSPORT DU CO₂**

**VALORISATION DES DÉCHETS
DE 450 INDUSTRIELS**

**9,5 MILLIONS DE KWH
D'ÉLECTRICITÉ PRODUITE**

**300 000 TONNES
DE VAPEUR PRODUITE**

**200 000 TONNES
DE VAPEUR VALORISÉE**

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS

2011

Approbation de la méthode d'absorption du CO₂ des fumées

> Études menées par l'INSA et l'université de Rouen pour trouver une méthode d'absorption du CO₂ de fumées d'incinération de déchets dangereux, à partir d'expériences sur un pilote.

2017

Approbation du gaz pour sa transformation en produits chimiques

> Le gaz a été envoyé aux industriels potentiels afin qu'ils puissent vérifier sa qualité pour son utilisation dans la fabrication de produits chimiques.

Recherche d'un spécialiste du gaz industriel pour développer le réseau de distribution de gaz

> SEDIBEX et la SEMEDI n'ont pas la compétence sur la distribution de CO₂. Leur objectif est donc de s'associer à un spécialiste qui pourra fournir les appuis techniques pour distribuer et utiliser le CO₂ produit.

...

Demande de subventions

RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

Maître d'ouvrage

Maître d'œuvre :
SEDIBEX (opéré par Veolia)

Partenaires

Direction technique : **Sarpi Veolia**
Études : **Institut national des sciences appliquées (INSA), Rouen, Veolia**

Autres partenaires :
Industriels fournisseurs de déchets dangereux et/ou consommateurs de CO₂

MOYENS TECHNIQUES

Construction d'un pilote, raccord de lignes de prélèvements sur les cheminées d'incinération, prototype de captation installé sur le site, mise en bouteille du CO₂ sur l'installation, utilisation d'appareils de mesure et de suivi.

Maintenance et entretien :

Lorsque le projet à l'échelle industrielle sera développé avec un partenaire industriel, SEDIBEX aura à sa charge la maintenance et l'entretien de l'installation. Le maintien en bon état des équipements nécessitera notamment des études de corrosion.

Des supports alternatifs sont là pour alimenter l'installation lors d'arrêts potentiels en phases de maintenance et d'entretien.

MOYENS FINANCIERS

Coûts **Coûts des tuyaux de CO₂ et des installations réalisées sur place :**
entre 5 et 15 M€

Financement **SEMEDI et partenaire** qui est en cours de recherche

SUIVI ET ÉVALUATION

QUEL SUIVI ET QUELLE FRÉQUENCE ?

Suivi continu au niveau industriel. Les partenaires vérifient qu'ils ont la quantité de CO₂ convenue.

QUELS INDICATEURS ?

> Quantité de CO₂.
> Coûts et impacts évités : transport, liquéfaction, re-vaporisation.

QUEL BILAN ?

Jusqu'à présent, le système de récupération du CO₂ dans les fumées d'incinération a été approuvé, et la qualité du CO₂ obtenu démontrée.



Objectifs atteints pour le pilote CO₂

© SEDIBEX

RETOUR D'EXPÉRIENCE BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

> Première usine d'incinération de déchets en France à mettre en place un partenariat pour valoriser localement le CO₂ sous forme gazeuse.

> Une démarche d'économie circulaire est mise en place à l'échelle d'une zone industrialo-portuaire. Cela permet de limiter les impacts sur l'environnement et de réduire les émissions de GES, dans une boucle d'amélioration continue.

> Pour la collectivité : bénéfices sur l'image de la ville et du territoire, facteur de développement du territoire.

OBSTACLES

> **Obstacle économique** : il faut trouver des technologies rentables, où le CO₂ produit ne coûte pas plus cher que le CO₂ disponible sur le marché.

> **Retard sur le projet lié à la recherche d'un partenaire distributeur.**



Écologie industrielle et économie circulaire

© SEDIBEX

« Le bénéfice est double, diminuer directement les émanations de CO₂ et diminuer les énergies pour le liquéfier, le transporter et le vaporiser. L'impact positif est dans la logistique du CO₂. »

Michel Capitaine

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

Le projet est duplicable là où il y a besoin et production de CO₂. Néanmoins ce type de projet prend beaucoup de temps pour identifier les synergies entre industriels puis pour passer à la phase opérationnelle. Ce type de démarche ne constitue pas forcément une priorité chez les industriels et nécessite donc beaucoup d'énergie pour être développé.

PERSPECTIVES

- > Recherche d'un partenaire industriel pour la distribution de CO₂.
- > Recherche de subventions.
- > Diffusion du projet à grande échelle.



Objectifs atteints pour le pilote CO₂

© SEDIBEX

EN SAVOIR PLUS:

Sites

Et si on recyclait le CO₂ ? -

Solution-climat présentée par Veolia_

<https://www.plateformesolutionsclimat.org/solution/et-si-on-recyclait-le-co2/>

Personne référente

Michel Capitaine, Président directeur général de la SEMEDI
François Thuillier, Directeur de SEDIBEX

Localisation

Le Havre



Réutilisation des eaux traitées pour le golf du Cap d'Agde



RÉGION :
Occitanie

PORTEUR DU PROJET :
Commune d'Agde

THÈMES : **Réutilisation des eaux usées traitées**

TERRITOIRES :
Ville d'Agde

COÛTS : **5,5 M€ HT**

DATES :
2003 – 2020

APPEL À PROJET RÉFÉRENT : **AP de l'Agence de l'Eau RMC**

RÉSULTATS ATTENDUS :
Baisse des dépenses d'achat d'eau, baisse des pollutions émises, économie de la ressource en eau

CONTEXTE ET ENJEUX

La Ville d'Agde présente une activité économique fortement influencée par le tourisme (25 000 habitants en hiver contre 200 000 en été). Par ailleurs, l'augmentation démographique de la ville est prévue entre 4 000 et 5 000 habitants au terme du PLU, aux horizons 2030-2035. De fait, concilier les besoins en eau avec le développement du territoire est une problématique centrale.

Ainsi, la rationalisation des consommations en eau potable produite à partir de ressources sous tension constitue une priorité de la politique de l'eau de la Ville.

Dans un premier temps, la Commune a travaillé sur les pertes en réseau via le déploiement de dispositifs de télérelève installés au droit des bâtiments communaux puis étendus aux particuliers. Le réseau d'eau potable a été équipé de compteurs de sectorisation et de débitmètres. Ceci a permis d'atteindre un rendement de réseau entre 87 et 89%.

Le défi de la Ville est alors de maintenir ce niveau de rendement, et d'éviter les gaspillages. La recherche de ressources alternatives à l'eau potable est apparue comme une évidence, notamment pour l'arrosage du golf international du Cap d'Agde.

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

> Minimiser les impacts sur la ressource en eau.

La réutilisation d'eaux usées traitées permet de réduire les prélèvements dans des ressources naturelles en eau sous tension, ce qui est le cas des ressources alimentant la commune d'Agde.

> S'adapter aux effets du changement climatique.

La réutilisation d'eaux usées traitées permet de palier la diminution des ressources en eau en période d'étiage sévère.

ENJEUX SOCIAUX

La réutilisation des eaux usées traitées permet d'inscrire la consommation d'eau dans une logique d'économie circulaire : les eaux usées traitées issues de la station d'épuration de la commune sont réutilisées pour arroser les terrains du golf international du Cap d'Agde.

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

L'arrêté du 2 août 2010 modifié par l'arrêté du 25 juin 2014 encadre la réutilisation des eaux usées traitées pour garantir la protection de la santé publique et de l'environnement, en protégeant les personnes qui manipulent les récoltes et les consommateurs des produits ainsi irrigués, ainsi que les professionnels de l'irrigation, le public fréquentant les espaces verts irrigués et les riverains. Il s'applique aux stations d'épuration d'eaux usées urbaines et aux installations d'assainissement non collectif de plus de 20 équivalents-habitants.

Seule l'irrigation de cultures ou d'espaces verts est autorisée. L'arrêté définit des contraintes d'usage, de distance et de terrain, en fonction du niveau de qualité des eaux usées traitées. Il impose la mise en place d'un programme de surveillance de la qualité des eaux usées traitées et de la qualité des sols qui seront irrigués, ainsi que la traçabilité des opérations d'irrigation.

L'autorisation relève d'une décision du Préfet du Département, prise après avis de l'ARS et du CODERST.

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

CONCEPTION

Le projet de réutilisation des eaux usées traitées pour le golf du Cap d'Agde s'inscrit dans un projet communal de développement durable. Ce projet bâti sur 15 ans fait partie des objectifs décrits par le maire d'Agde, Gilles D'Etorre, dans son programme politique, et portés au cours de ses différentes campagnes. Ce projet constitue l'aboutissement d'une démarche de rationalisation des consommations d'eau débutée en 2003.

Dans ce cadre, quatre études de faisabilité ont été menées entre 2003 et 2014 reprenant à chaque fois l'état des lieux sur les volets technique, réglementaire et administratif. Toutefois, aucune suite n'a été donnée compte tenu du contexte réglementaire bloquant de l'époque. Étudier plus précisément la faisabilité du projet représentait alors des coûts élevés (200 k€) sans certitude quant à une possible mise en œuvre.

Parallèlement, la mise en place d'une unité d'ultrafiltration au niveau de la station d'épuration des eaux usées de la commune débutée en 2011 et achevée en 2013 a permis d'obtenir une eau en sortie de station d'épuration d'une qualité plus compatible aux exigences réglementaires pour une réutilisation potentielle.

En 2015, la révision de la réglementation a enfin permis d'envisager le développement du projet. Ainsi, la caractérisation poussée des eaux issues de la station d'épuration a été établie au regard des exigences réglementaires. L'année 2016 a été consacrée aux études de projet, et à la rédaction des documents de marché de travaux. Le dossier de demande d'autorisation a été déposé (incluant l'environnement météorologique de la réutilisation d'eau usée).

Au printemps 2017, le projet a reçu un avis favorable du CODERST, et l'arrêté d'autorisation a été obtenu en juillet 2017. En parallèle, les demandes de financement ont été faites. Les travaux ont débuté

en septembre 2017. Ces derniers se déroulent en deux phases pour un achèvement prévu en 2020 : en effet, il est nécessaire de prendre en compte les contraintes de fréquentation du golf. De fait, les travaux ne peuvent avoir lieu qu'une partie de l'année, en dehors des compétitions locale, régionale, nationale, ou internationale.

OBJECTIFS FIXÉS

- ▶ **Offrir une eau de qualité se rapprochant de celle de l'eau potable.**
- ▶ **S'inscrire dans une économie circulaire.**
- ▶ **Économiser plus de 200 millions de litres d'eau sans pénaliser la ressource.**



Cartographie des lieux

Source : Communauté d'agglomération Hérault Méditerranée

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS

| 2003-2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2020 |
|---|---|--|--|--|---|
| Études de faisabilité | Caractérisation de l'eau en sortie de STEP | Études techniques | Démarches administratives | 1^{ère} phase de travaux | 2^{ème} phase de travaux |
| > 4 études de faisabilité reprenant à chaque fois l'état des lieux sur les volets technique réglementaire et administratif. | > Avril-novembre 2015 : Analyse de l'eau ultrafiltrée. | > Janvier – mai 2016 : études préalables. > Mai 2016 : Avant-projet. > Juin 2016 : dossier de demande d'autorisation. > Juillet-octobre 2016 : dossier de consultation des entreprises. | > Janvier 2017 : dossier de demande de subvention. > Mars 2017 : validation du CODERST. > Mai 2017 : signature de l'avenant. Juillet 2017 : délivrance de l'arrêté. Septembre 2017 : démarrage des travaux. | > Un poste de refoulement reprenant l'ensemble des eaux traitées de la station d'épuration est construit. > 3 km de canalisation entre le golf et la station d'épuration. > un réservoir de 1600 m ³ . > aménagements extérieurs et périphériques. > Juin 2018 : mise en eau d'une partie du golf. | > Une seconde partie du golf sera traitée en 2019, pour une fin de travaux en 2020. |

RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

Maître d'ouvrage

Ville d'Agde
Communauté d'agglomération Hérault Méditerranée

Partenaires

Un soutien fort au-delà de l'aspect financier :
Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse
Délégitaire et partie prenante du projet : **SUEZ**
Techniciens et spécialistes en la matière : **Gaxieu**

MOYENS FINANCIERS

Coûts

Études préalables : 400 k€ HT
Travaux : 5,5 M€ HT
MOE : 200 k€ HT
Exploitation : 0,15€/m³ d'eaux usées traitées repris pour irrigation, 400 k€/an

Financement

Financé à 50 - 80% par **l'Agence de l'eau RMC** sur les études préalables
La Communauté d'agglomération Hérault Méditerranée finance le reste.
Montant global des travaux de 5,5 M€ HT financé à 80% par **l'Agence de l'Eau RMC**

SUIVI ET ÉVALUATION

QUEL SUIVI ?

La méthode d'évaluation du projet va être mise en place grâce à des indicateurs. Les informations recueillies seront rentrées dans une base de données.

QUELLE FRÉQUENCE ?

Fréquence mensuelle.

QUELS INDICATEURS ?

- > Consommation des eaux usées traitées.
- > Produits de traitement.
- > Durée des carences d'arrosage.
- > Conditions météorologiques (paramètres non maîtrisés).

QUEL BILAN ?

Le premier bilan sera fait en 2020 sur l'ensemble des opérations. Il est envisagé un suivi mensuel avec un tableau de bord incrémenté au fur et à mesure.



Arrosage automatisé du golf
Source : Communauté d'agglomération Hérault Méditerranée

RETOUR D'EXPÉRIENCE, BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

- > **Volume d'eau économisé important.**
- > **Diminution de moitié de la facturation d'achat d'eau pour le golf.**
- > **Sensibilisation de la population aux enjeux des ressources en eau.**

OBSTACLES

- > Contraintes réglementaires encore fortes.
- > Disponibilités des données climatiques (notamment sur le vent).
- > Pérennité liée aux contextes réglementaire et économique.

CHIFFRES CLÉS

CE GOLF CONSOMME ENTRE 300 000 ET 350 000 m³ D'EAU POTABLE PAR AN. C'EST L'ÉQUIVALENT DE L'AUGMENTATION DÉMOGRAPHIQUE DE LA VILLE D'AGDE ÉVALUÉE ENTRE 4 000 ET 5 000 HABITANTS AU TERME DU PLU, AUX HORIZONS 2030-2035.

GRÂCE À CE PROJET VERTUEUX, QUI RESPECTE PAR AILLEURS TOUS LES AXES DE DÉVELOPPEMENT DURABLE PRÔNÉS DANS LES INSTITUTIONS, EN 2035, LA VILLE D'AGDE NE CONSOMMERA PAS UN LITRE DE PLUS QUE MAINTENANT.

« Ce projet est l'aboutissement d'un processus de rationalisation des consommations d'eau sur toute la collectivité qui a débuté il y a 15 ans. »

Olivier Archimbeau

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

- > Adéquation entre les besoins et la ressource.
- > Volet communication important.
- > Portage politique nécessaire.
- > Attention aux évolutions du cadre réglementaire, notamment européen.

PERSPECTIVES

- > Opportunité renforcée avec l'augmentation des stress hydriques.
- > Développer l'irrigation avec de l'eau traitée des espaces verts de la ville d'Agde.
- > Conditions réglementaires et économiques.



Le cap d'Agde

Source : Communauté d'agglomération Hérault Méditerranée

EN SAVOIR PLUS:

Sites

Site internet de la ville d'Agde
<https://www.ville-agde.fr/actualites/economie/actualites/reutilisation-des-eaux-traitees-la-ville-d-agde-a-lance-le-compte-a-rebours>

Personne référente

Olivier Archimbeau,
responsable de service à la mairie d'Agde

Localisation

Ville d'Agde

ACTION(S)



Adaptation



COÛTS : 1,57 M€ HT (phase 1), 256 k€ HT (phase 2)

DATES : 2013 - 2015 (phase 1) 2016 - 2018 (phase 2)

APPEL À PROJET (PHASE 2) : AP REUT 2016, AE RMC 2017-2018

RÉSULTATS ATTENDUS : Développer une pratique raisonnée, compétitive et économiquement viable de l'irrigation de la vigne avec une eau traitée

IrriAlt'Eau : Une ressource en eau alternative de qualité et quantité maîtrisées pour l'irrigation de la vigne

RÉGION : Occitanie

PORTEURS DU PROJET : Consortium IrriAlt'Eau

THÈMES : Réutilisation des eaux traitées, adaptation au changement climatique

TERRITOIRES : Occitanie

CONTEXTE ET ENJEUX

Le projet IrriAlt'Eau est un projet de recherche et développement collaboratif initié par les professionnels en 2012, qui aborde la micro irrigation de la vigne, maîtrisée en terme de qualité et de quantité, avec des eaux résiduaires urbaines traitées.

Le suivi, sur le domaine de l'INRA Pech Rouge, des précipitations, de l'évapotranspiration, et de l'indice de sécheresse, montre que depuis l'an 2000 le secteur de Gruissan est en déficit hydrique chronique. Le manque de précipitations pendant les phases végétatives de la vigne, impacte les rendements comme la qualité des vins produits. L'irrigation et l'adaptation de l'itinéraire cultural peuvent apporter une réponse aux phénomènes de sécheresse (dont l'occurrence et la durée sont accentuées par le changement climatique), et redonner de la compétitivité aux caves exposées au risque climatique, comme la cave coopérative de Gruissan.

Dans ce contexte, et afin d'apporter des réponses scientifiques et technico-économiques adaptées un consortium Recherche Entreprises Collectivité a été monté en 2013, avec l'appui de l'agence régionale de développement économique AD'OCC. Veolia et Aquadoc ont en assuré la coordination. Le projet a bénéficié de co-financements Europe (Fonds Feader), Région Occitanie, Agglomération Grand Narbonne, Bpi France, Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse. Il a été labellisé par le Pôle AquaValley.

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

> **Recours à une ressource alternative, et adaptation au changement climatique.**

Dans des zones littorales en déficit hydrique, favoriser la réutilisation multi usages (y compris pour usages non actuellement réglementés) des eaux traitées, dans un cadre maîtrisé.

> **Prévenir la détérioration de la qualité physico chimique et bactériologique des cours d'eau, des lagunes.**

Réceptacles des rejets issues des unités d'épuration, notamment en période estivale.

ENJEUX SOCIAUX ET SOCIÉTAUX

Favoriser l'économie circulaire, en assurant un suivi qualité « eau réutilisée » et « vin produit », au travers de nouvelles techniques analytiques. Informer/former pour mettre en œuvre des bonnes pratiques, favoriser l'acceptation sociale. Maintenir une production viticole locale de qualité, et regagner en compétitivité.

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

L'Arrêté du 02.08.2010 relatif à l'utilisation d'eaux issues du traitement d'épuration des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation de cultures intégrait des nouveaux paramètres (BASR et phages ARN) et quatre niveaux de qualité à respecter en fonction des usages. Il y avait alors peu de connaissances sur ces paramètres. Une phase expérimentale a donc été menée, afin de tester des filières de traitement aptes à produire des qualités intermédiaires (B, C), la qualité B étant requise pour l'irrigation des vignes.

L'Arrêté modificatif du 25.06.2014 et son instruction interministérielle ont amené une évolution, notamment la prise en compte de la technique d'irrigation. Un niveau de qualité C est aujourd'hui requis pour la micro irrigation de vignes. La normalisation, avec la norme NF ISO 16075 « Lignes directrices pour l'utilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation - Partie 1 à 4 » publiée en 2015 a également apporté des éléments positifs.

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

CONCEPTION

A l'origine, la cave coopérative de Gruissan cherchait une ressource en eau pour irriguer les parcelles de vigne en exploitation (environ 200 ha), l'eau traitée étant la seule ressource disponible de proximité, dans ce secteur (plaine littorale et versant sud du massif de la Clape). Les rendements à l'hectare pour les parcelles en AOC Corbières sont ici bas, 31 hl/ha/an, alors que la limite de l'appellation se situe à 50 hl/ha/an.

En regard d'une réglementation existante (02.08.2010), et afin de mettre en œuvre des solutions de réutilisation pérennes, les différentes parties prenantes se sont réunies en consortium R&D, avec l'appui de l'agence régionale de développement économique régionale AD'OCC. L'INRA au travers de deux de ses laboratoires spécialisés, les collectivités locale de Gruissan et territoriale du Grand Narbonne, la cave coopérative de Gruissan, et Veolia qui est l'exploitant des unités d'épuration pour le Grand Narbonne ont construit le projet collaboratif régional IrriAlt'Eau. Celui-ci a abordé les volets technologique, économique, sociétaux, ainsi que l'Analyse du Cycle de Vie (ACV).

Post étape de R&D concluante, l'acquisition de connaissances supplémentaires s'est opérée dans le cadre d'un Observatoire de la pratique sur la période 2016-2018, avec le soutien financier de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse (RMC).

Pour Veolia, trois motivations principales existaient :

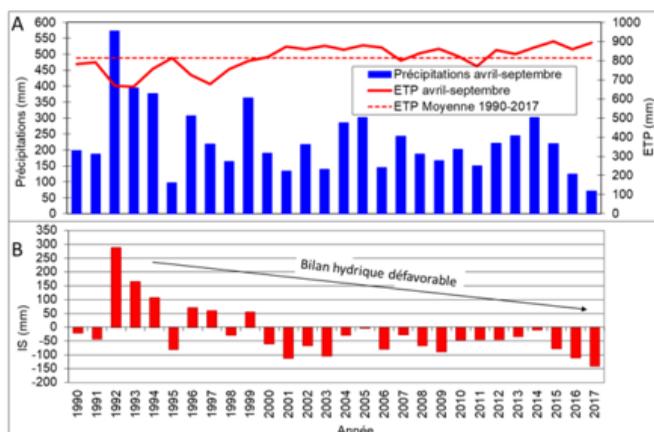
- > valider le process qui permet de produire une eau de qualité B ou C à partir de l'eau sortant des stations d'épuration, en relation avec une réglementation nouvelle ;
- > approcher la faisabilité économique de l'irrigation des vignes avec des eaux traitées ;
- > construire une nouvelle offre technique et commerciale, au travers de partenariats industriels avec des professionnels de l'irrigation, notamment Aquadoc qui développe les réseaux intelligents et connectés.

OBJECTIFS FIXÉS

Lever trois verrous

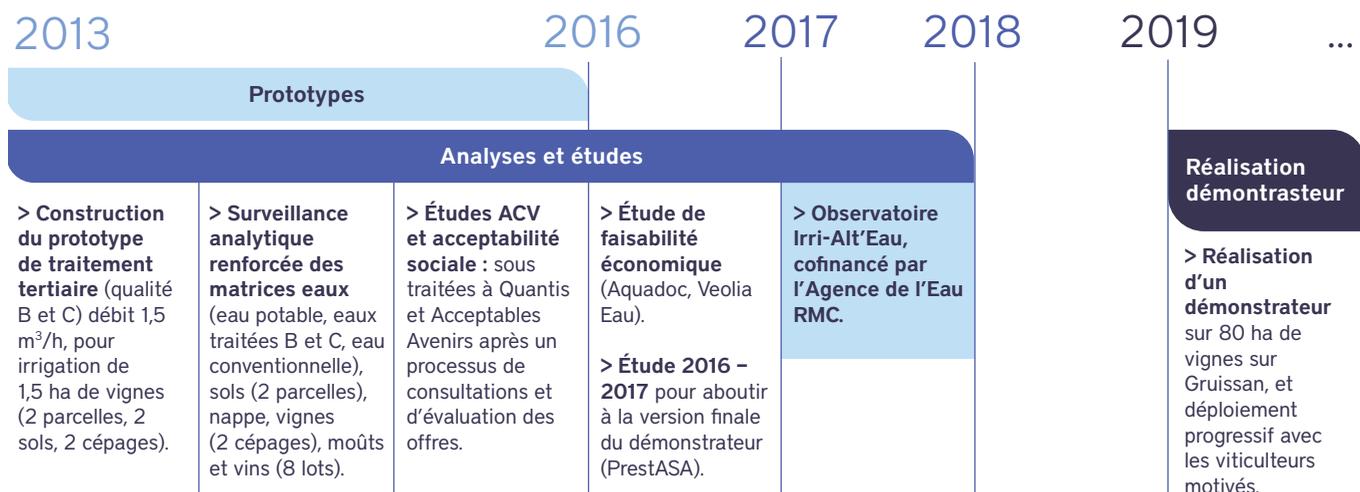
- > Technique : renforcer les compétences et savoir-faire (traitement - exploitation) et maîtriser les risques sanitaires et environnementaux.
- > Social : favoriser l'acceptation sociale de l'irrigation de la vigne par des eaux traitées.
- > Économique : évaluer l'intérêt économique (coûts, bénéfices, scénarios).

Développer une pratique raisonnée, compétitive, économiquement viable, scientifiquement étayée et durable de la micro irrigation de la vigne à partir d'une ressource alternative de quantité et qualité physico-chimique et microbiologique maîtrisées.



A: Evolution de l'évapotranspiration potentielle totale (ETP) et des précipitations, période avril - septembre; B: Evolution de l'Indice de Sécheresse (IS: Tonietto et Carbonneau 2004). Période 1990-2017. INRA, Unité Expérimentale de Pech Rouge, Gruissan, France. (H. Ojeda)

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS



RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

Partenaires

Veolia, Aquadoc, SCV : La Cave de Gruissan, Institut national de la recherche agronomique (INRA), Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement (LBE) de l'INRA, Communauté d'agglomération du Grand Narbonne

Co financeurs : **Union Européenne et Région Occitanie, Communauté d'agglomération du Grand Narbonne, Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, BPI France**

Labellisation : **Aqua-Valley**

Accompagnement : **Agence de développement économique de la Région Occitanie (AD'OCC)**

MOYENS TECHNIQUES

Prototype de traitements, réseaux intelligents de transport et micro irrigation, comptages, capteurs qualité, chambre à pression, analyses spécifiques, laboratoires agréés.

MOYENS FINANCIERS

Coûts R&D : 1,57 M€ HT

Financement Région Languedoc Roussillon (puis Occitanie) – DESR et DDE, Feader, BPI, AE RMC : 641 k€ HT. Grand Narbonne : 929 k€ HT

SUIVI ET ÉVALUATION

Suivi du bon avancement du projet dans le cadre du contrat de consortium, via des comités de pilotage et réunions techniques. Ce projet peut être considéré comme pionnier tant du point de vue des industriels du consortium (Aquadoc, Veolia) que de celui de l'agglomération du Grand Narbonne (GN) pour décliner les opportunités de déploiement de l'irrigation à partir d'une ressource alternative sur un territoire. La motivation et implication des viticulteurs, comme des élus, est remarquable.

BILAN

Enjeux environnementaux et sanitaires

Le bilan du suivi renforcé des quatre matrices (eaux, sols, nappe, vigne et vins) est très positif :

> le suivi des quatre paramètres bactériologiques permet de valider les filières de traitement pour répondre aux qualités B et C. Le suivi des micropolluants significatifs révèle des concentrations en dessous des valeurs limites pour les eaux potables et la présence à l'état de traces des trois substances médicamenteuses (carbamazépine, paracétamol, hormones) ;

> pas d'impact sur les sols et sur aquifère superficiel ;

> pas d'impact sur la vigne, les mouts et les vins produits. Pas de présence des contaminants bactériologiques dans les vins.

Acceptabilité sociale

Travaillée avec l'ensemble des acteurs (viticulteurs, négociants, consommateurs), elle montre le besoin d'une communication adaptée et en correspondance de leurs préoccupations.

Faisabilité économique des projets

Beaucoup de composantes entrent dans l'étude économique d'un projet de réutilisation d'eau :

> les caractéristiques de la ressource alternative (quantité et qualité de l'eau disponible, éventuelle salinité à surveiller, caractéristiques des milieux naturels) ;

> les enjeux environnementaux : opportunité si le rejet s'opère en milieu sensible ou en mer, car on prévient d'éventuelles contaminations ; contrainte si le rejet contribue de manière prépondérante au soutien d'étiage. Un stockage hivernal peut permettre d'augmenter les surfaces à irriguer ;

> le contexte viticole : proximité des surfaces à irriguer avec l'unité d'épuration, structuration du parcellaire, structuration territoriale : producteurs indépendants ou regroupés en caves coopératives, valeur économique de la production, coût d'accès à l'eau traitée) ;

> le rôle des collectivités dans les projets : disponibilité du foncier pour le traitement tertiaire, priorisation des projets, contribution aux investissements lors des extensions d'unité d'épuration ;

> le gain économique attendu pour les utilisateurs finaux : L'irrigation permet de gagner et de sécuriser dans le temps le rendement des cultures, à condition que l'irrigation soit maîtrisée (adaptée au stress hydrique et aux politiques de production). Les besoins complémentaires en eau d'irrigation vont de 500 à 1200 m³/ha/an en fonction des productions viticoles et de la pluviométrie. Ils sont apportés au minimum sur trois mois (juin, juillet, août) et au maximum sur cinq à six mois. Cette sécurisation du rendement est le paramètre clé de la faisabilité économique. Les charges des nouveaux services induites par la mise en place de l'irrigation avec des eaux traitées doivent rester inférieures au gain net apporté par l'irrigation, et aux bénéfices indirects.

RETOUR D'EXPÉRIENCE, BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

> **Maintien de l'activité viticole dans les secteurs sans ressource en eau conventionnelle, gain et sécurisation de la productivité.**

> **L'irrigation par les eaux traitées représenteraient 12 à 18% des besoins en eau des vignes sur le secteur Languedoc Roussillon.**

> **Pour la collectivité : contribution active à l'économie du territoire et à l'économie circulaire.**

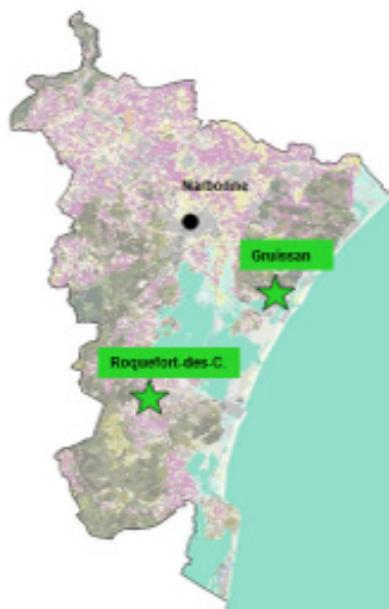
OBSTACLES

> Obstacles règlementaires : peu de connaissance sur certains des paramètres qualité à respecter, dossier d'autorisation préfectoral spécifique à obtenir pour chaque projet (le projet Irrialt'eau a fait l'objet de deux arrêtés d'autorisation pour les phases expérimentales avec prototype de traitements).

> Technologies rustiques utilisées, afin d'impacter le moins possible le volet économique.

> La multiplicité des acteurs est une difficulté : des clients différents (futurs irrigants agricoles et propriétaires des parcelles, la collectivité), le gestionnaire du nouveau service (ASA, syndicat d'irrigants, ...), la collectivité maître d'ouvrage de l'unité d'épuration et son exploitant. En conséquence, il faut un leader porteur de projet, en rapport de la mise en œuvre des investissements et d'un nouveau mode de gestion, suivi de la réutilisation, qui ne sont pas dans les compétences conventionnelles des collectivités.

> Acceptabilité sociale : Le viticulteur, l'exploitant agricole, est motivé et souvent très favorable, car il a besoin d'eau. Les autres acteurs économiques, les populations doivent être informés objectivement, afin de faciliter la compréhension des projets.



ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

Irrialt'Eau au travers de ses volets R&D et acquisition de connaissances complémentaires par un observatoire de la pratique de réutilisation est un projet pluri annuel (six ans), unique en France.

Le savoir faire acquis est conséquent, avec de réelles avancées (analyses, réseau d'irrigation intelligent), et peut être mis en œuvre sur d'autres sites dans le cadre de collaborations formalisées avec les demandeurs.

PERSPECTIVES

> Démonstrateur réalisé prioritairement sur Gruissan.

> Déploiement sur autres sites viticoles du territoire du Grand Narbonne, après validation par études techniques et économiques supplémentaires.

CHIFFRES CLÉS

19 600 ha DE VIGNES

33 STATIONS D'ÉPURATION + 1 EN PROJET

8 Mm³ D'EAU USÉE REJETÉE PAR AN SANS RECYCLAGE

1 PROJET R&D COLLABORATIF IRRIALT'EAU À GRUISSAN

1 AUTRE PROJET PILOTE À ROQUEFORT DES CORBIÈRES

UN FORT INTÉRÊT DES PROFESSIONNELS AGRICOLES ET DES COMMUNES

« Ce projet a été conduit par un consortium où chaque partenaire a apporté ses compétences. [...] L'objectif principal est atteint, nous allons déployer notre savoir faire auprès des collectivités et des acteurs du monde viticole. »

Brigitte Goral

EN SAVOIR PLUS:

Personnes référentes :

Brigitte Goral, Veolia Eau Montpellier
Lionel Palancade, Aquadoc
Frédéric Vrinat, SCV La Cave de Gruissan
Hernan Ojeda, INRA UEPR Pech Rouge
Claudine Vibert, Grand Narbonne
Jean Michel Clerc, AD'OCC

Localisation: Narbonne Plage/Gruissan

ACTION(S)



Atténuation



RÉGION : Occitanie

PORTEUR DU PROJET : SYDED du Lot

THÈMES : Réduction des déchets

TERRITOIRES : 6 collectivités de communes du territoire à compétence collecte*

COÛTS : 820 k€ HT

DATES : 2015 -2018

APPEL À PROJET RÉFÉRENT : Appel à projets Territoires zéro déchet, zéro gaspillage 2014, ADEME

RÉSULTATS ATTENDUS : Atteinte des taux de réduction et de valorisation fixés par la loi TEPCV

Projet de territoire zéro déchet, zéro gaspillage du Syded du Lot

CONTEXTE ET ENJEUX

Le Syded est compétent pour le traitement des déchets ménagers des 200 000 habitants du département du Lot.

En 2014, le Syded a répondu à l'appel à projets « Territoires zéro déchet, zéro gaspillage » (TZDZG) de l'ADEME, et a été retenu parmi 54 territoires. Cela lui a permis d'approfondir des démarches déjà engagées notamment sur le compostage, la lutte contre le gaspillage alimentaire, le réemploi, etc. Dans ce cadre, des actions innovantes ont également été mises en place, telles que le développement d'un composteur électro-mécanique, des essais pour valoriser les gravats avec des entreprises locales, etc.

L'objectif principal de ce projet est donc de trier et valoriser au maximum les déchets et de faire la preuve de solutions applicables aux territoires ruraux.

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

> Valoriser plus d'emballages.

Préserver la ressource en matières premières, favoriser la réutilisation et le réemploi, etc.

> Réduire les déchets.

Et par conséquent, réduire les transports liés à la collecte, les transports vers les sites de traitement, de stockage ou de valorisation.

> Éviter les pollutions.

La réduction de l'enfouissement et de l'incinération permet de réduire les impacts sur l'environnement.

ENJEUX SOCIAUX

Pour le projet, une équipe d'animation et de sensibilisation a été dédiée à la mise en place du compostage, et à l'aide des producteurs de biodéchets les plus importants. Le projet est également facteur d'emploi et d'activité locale. Des acteurs de l'Economie Sociale et Solidaire ont été engagés pour développer le réemploi des déchets.

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Ce projet s'inscrit dans le volet d'Economie Circulaire de la Loi sur la Transition Energétique pour la Croissance Verte d'août 2015. A cela s'ajoutent des réglementations sur la lutte contre le gaspillage alimentaire (février 2016), sur la valorisation des biodéchets, sur le compostage de proximité, etc. La réglementation constitue donc plutôt un levier pour ce projet.

* Communauté d'Agglomération du Grand Cahors, Communauté de communes de la Vallée du Lot et du Vignoble, Communauté de communes Causses et Vallée de la Dordogne, Communauté de communes Grand-Figeac, SYMICTOM du Pays du Gourdon, SICTOM des Marches du Sud Quercy

TERRITOIRE ZÉRO DÉCHET



GASPILLAGE

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

CONCEPTION

La volonté politique est très forte dans ce projet. Les actions du Syded et en particulier sa réponse à l'appel à projets TZDZG, entrent dans divers plans de lutte contre le changement climatique du territoire (type PNACC, PCAET, etc.). Ces actions sont motivées par une volonté d'une gestion performante des déchets. L'appel à projets est une occasion pour le Syded d'aller plus loin dans cette gestion, d'accompagner les collectivités en charge de la collecte sur le territoire dans leur réduction des déchets, et de fédérer tous les partenaires.

Deux actions phares de la stratégie de développement de l'économie circulaire du Syded du Lot sont ici développées : l'équipement en **compostage** pour les habitants et les gros producteurs de biodéchets, et le développement d'une **comptabilité analytique, tarification incitative et redevance spéciale**.

Le compostage a été choisi comme une solution très efficace et concrète en matière de traitement in situ des biodéchets.

La tarification incitative constitue un levier supplémentaire de réduction des déchets, thématique sur laquelle le Syded du Lot travaille depuis plusieurs années. La tarification incitative permet de poursuivre la progression sur la base de résultats déjà encourageants.

Un état des lieux a été réalisé en respectant le cahier des charges fixé par l'ADEME. Pour cela, différents paramètres ont été évalués : les quantités annuelles de déchets produits, le nombre de logements ou de structures productrices de biodéchets à équiper en composteurs individuels ou collectifs, ainsi que différents indicateurs sur la comptabilité analytique en lien avec la tarification incitative.

OBJECTIFS FIXÉS

Sur le compostage :

- > équiper un maximum de foyers d'un composteur individuel ;
- > équiper les gros producteurs d'un système de compostage collectif (EHPAD, maisons de retraite, campings, écoles, restaurants, etc.) ;
- > équiper les très gros producteurs de biodéchets d'un composteur électromécanique adapté à des producteurs isolés et produisant un compost dans des délais raccourcis.

Sur la comptabilité analytique : mieux connaître les coûts de gestion.

Sur la tarification incitative :

- > étude de faisabilité pour connaître l'impact de cette mesure sur la maîtrise des coûts sur le territoire ;
- > trouver la meilleure structure tarifaire pour qu'il y ait un effet sur le geste de l'habitant afin qu'il trie mieux et réduise ses déchets.

Sur la redevance spéciale : accompagner les collectivités qui ont la compétence collecte dans leur réflexion sur le tarif de la redevance spéciale.

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS

14 septembre 2015

2016

2017

2018

15 septembre 2018

Amplification du compostage individuel et collectif

Pour le compostage individuel et collectif :

- > communication par un bulletin annuel et site internet ;
- > désignation dans chaque commune d'un référent environnement bénévole. Le Syded le forme, organise des réunions annuelles, des ateliers et des opérations « challenge », et lui fournit des outils concrets pour aller sur le terrain et sensibiliser les habitants.

Mise en place d'un composteur électromécanique

Partenariat avec un gros producteur de biodéchets : Centre hospitalier de Cahors

- > Mise en place du tri des biodéchets dans les différents services, dans la cuisine centrale, dans le self, etc.
- > Dimensionnement du tri de la collecte.
- > Communication et formation du personnel.

Conception et essais sur le composteur électromécanique

Comptabilité analytique : aide au remplissage de la matrice des coûts de l'ADEME chaque année

Étude de « pré-faisabilité » de la tarification incitative

RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

3,5 ETP par année de programme pour la mise en œuvre du programme et la communication

0,50 ETP pour l'étude de faisabilité (EFA) tarification incitative - collectivités de collecte incluses

0,75 ETP pour le composteur électromécanique

Maître d'ouvrage

SYDED du Lot

Partenaires

Six collectivités territoriales en charge de la collecte :

Communauté d'agglomération du Grand Cahors, Communauté de communes de la Vallée du Lot et du Vignoble, Communauté de communes Causse et Vallée de la Dordogne, Communauté de communes Grand-Figac, Symictom du Pays de Gourdon, Sictom des Marches du Sud Quercy

Essais sur le composteur électromécanique : **Lacaze Energies**

Études sur la tarification incitative : **Terroirs et communautés**

Financement :

ADEME, Département du Lot, Région Occitanie

MOYENS TECHNIQUES

Compostage

> Composteur individuel : 1 bac en plastique de 300L, petit seau, tige aérateur.

> Composteur collectif : 2 bacs en bois de 600L, 1 de 300L, une griffe, une tige aérateur, 15 petits seaux.

> Composteur électromécanique fabriqué en France sur la base d'un brevet acheté aux États-Unis.

> Comptabilité analytique : matrice des coûts de l'ADEME.

Maintenance et entretien pour le compostage à la charge du Syded. Pour les composteurs électromécaniques, nettoyage et petites réparations.

MOYENS FINANCIERS

Coûts

Compostage électromécanique : 170 k€ dont 120 k€ pour le prototype, 30 k€ pour la collecte et les moyens humains

Compostage individuel : 270 k€ et collectif, 51 k€

Tarification incitative : 55 k€

Financement

ADEME : financements de 90 k€ sur le composteur électromécanique, 38 k€ de l'**EFA** Tarification Incitative, 50 % d'aides sur le matériel du compostage collectif

SUIVI ET ÉVALUATION

QUEL SUIVI ?

Évaluation de l'efficacité du compostage et de la tarification incitative.

QUELLE FRÉQUENCE ?

Compostage : au moins une fois par an pour un suivi de fonctionnement.

La première année, trois fois par an, puis les autres années, une fois par an.

QUELS INDICATEURS ?

> Composteurs individuels et collectifs : nombre de sites équipés, nombre de composteurs vendus, quantité de déchets évités.

> Composteur électromécanique : temps consacré au fonctionnement de la machine, qualité du compost, coûts de fonctionnement.

> Tarification incitative : suivi en analytique des coûts de prévention + matrice des coûts SYDED et collectivités adhérentes.

QUEL BILAN ?

Compostage individuel :

> 25 % des foyers équipés ;

> 2 230t de déchets de cuisine détournés par an.

Compostage collectif :

> 240 sites équipés, 10 sites arrêtés ;

> 40 % des écoles, 90 % des lycées, 70 % des collèges et 50 % des maisons de retraite équipés ;

> 365 t détournées par an.

De plus, le nombre de sites équipés par an a doublé.

Tarification incitative :

> Quatre des six collectivités ont délibéré pour mettre en place la redevance incitative et ont été retenues dans le cadre de l'appel à projets de l'ADEME Occitanie. Une cinquième intègre le groupement de commande constitué pour la mise en place de la tarification incitative.

RETOUR D'EXPÉRIENCE BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

> **Compostage adapté à un territoire rural** : Il y a de nombreuses maisons individuelles avec jardin sur ce territoire ce qui permet de traiter les déchets là où ils sont produits.

> **Compostage électromécanique innovant** : Le Syded du Lot a mis en relation l'entreprise Lacaze Energies et une société américaine pour l'achat d'un brevet et faire fabriquer un composteur prototype. Celui-ci présente l'avantage de produire du compost en moins d'une semaine contre deux à trois semaines pour des composteurs électromécaniques plus courants sur le marché.

> **La tarification incitative est un levier à la réduction des déchets** : Les territoires du Lot ont décidé de lancer des études approfondies sur la tarification incitative et de poursuivre ou renforcer la redevance spéciale.

Pour les collectivités :

> **Des déchets évités** : Réduction du transport pour la collecte et le traitement, diminution des coûts de traitement, moins d'émissions pour l'environnement.

OBSTACLES

Identifiés dès la conception et levés par la suite :

Compostage

> Certains foyers faisaient déjà du compostage avant le projet avec d'autres techniques. Ils n'ont donc pas été équipés par des composteurs individuels.

> Pour mettre en place le compostage collectif, la formation des gros producteurs mobilise beaucoup de personnel.

> L'existence de marchés pour le composteur électromécanique n'a pas encore été étudiée. Sa commercialisation reste à évaluer.

Comptabilité analytique/tarification incitative/redevance spéciale

> Pas de maîtrise sur le choix final car ce sont les collectivités à compétence collective qui prennent la décision.



Compostage collectif

Source : Syded du Lot

« *Le réseau des référents environnement est un outil très utile pour déployer des actions sur le terrain.* »

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

Compostage

> Il reste à consolider les projets de compostage collectif afin d'optimiser le temps de travail et les déplacements.

> C'est une démarche intégrée avec des outils spécifiques à chaque catégorie. Les solutions doivent être adaptées à chaque producteur de biodéchets.

> Enseignements techniques : le réseau des référents environnement est un outil très utile pour déployer des actions sur le terrain.

PERSPECTIVES

Compostage

> Consolidation pour connaître les coûts et bénéfices.

> Accompagnement de la commercialisation du composteur électromécanique.

Comptabilité analytique/tarification incitative/redevance spéciale

> Accompagnement des collectivités : mutualisation selon le besoin (groupement de commandes).



Composteur électromécanique

Source : Syded du Lot

EN SAVOIR PLUS:

Sites

<https://syded-lot.fr/>

Personnes référentes

Pour le composteur électromécanique :

M. Bernard Tissot, Responsable Projets et énergies renouvelables du Syded du Lot

Pour la prévention des déchets et la tarification

incitative : Mme Armelle Moreau, Responsable animation territoriale du Syded du Lot



VEGDUD Rôle du végétal dans le développement urbain durable



RÉGION :

Pays de la Loire

PORTEUR DU PROJET :

IRSTV

THÈMES :

îlots de chaleur urbains

TERRITOIRE :

Nantes MétropoleCOÛTS : **6,5 M€**

DURÉE /DATES :

2010 - 2014

RÉSULTATS

ATTENDUS :

Amélioration de la connaissance sur l'îlot de chaleur urbain à Nantes

CONTEXTE ET ENJEUX

Le projet VEGDUD (rôle du végétal dans le développement urbain durable) est porté par l'IRSTV, Institut de recherche en sciences techniques de la ville. Il s'avère que le végétal a des incidences sur la qualité de vie d'une zone urbaine : la consommation d'énergie, l'hydrologie, l'hydrogéologie, la qualité de l'air, la biodiversité, les ambiances urbaines et le microclimat.

VEGDUD est une première démarche sur la question de la connaissance du climat urbain Nantais, notamment sur la question d'îlot de chaleur urbain. Il vise à acquérir des données fondamentales sur le végétal à Nantes et améliorer les modèles de climatologie urbaine à partir d'une meilleure compréhension des processus physiques associés à la nature en ville.

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX ET SOCIAUX

> Répondre au problème d'îlot de chaleur.

Même si la ville de Nantes est assez végétalisée avec une présence forte d'eau superficielle, on peut quand même y observer un phénomène d'îlots de chaleur urbain. Lors de la canicule de 2003, Nantes a été une des villes les plus touchées en France par la mortalité, notamment chez les personnes fragiles.

L'idée est d'analyser le microclimat donc à l'échelle de l'espace urbain pour développer à termes des îlots de fraîcheur. Ce sont de petits espaces en ville où on va trouver de l'eau et du végétal : deux déterminants pour avoir de la fraîcheur. Ces espaces vont pouvoir bénéficier de conditions climatiques favorables pour se rafraîchir et se régénérer avec un objectif notamment de santé publique.

VEGDUD a également permis d'analyser les techniques alternatives de gestion des eaux pluviales (infiltration, rétention de l'eau) pour éviter dans le cadre de changement climatique les problèmes sanitaires liés aux eaux stagnantes, notamment concernant l'apparition des maladies à vecteurs.

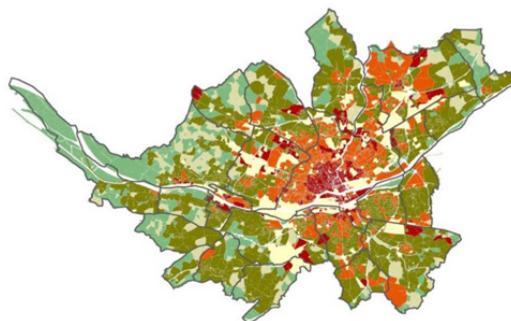
> Explorer la question des usages et des ambiances.

Dans le cadre de projet VEGDUD un rapport sur la question du lien entre des usages et des ambiances a été produit. Il est observé que parfois il y a une dichotomie entre les usages et les opérations urbaines : les usages liés à certaines opérations sont parfois très médiocres et l'ambiance en termes de ressenti n'est alors pas satisfaisante. VEGDUD aborde les ambiances, notamment l'approche physique du confort à travers les aspects thermique et acoustique.

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Le projet s'inscrit dans le PCAET (Plan Climat Air Énergie Territoire) de Nantes Métropole. La Métropole a développé un volet adaptation autour de deux orientations stratégiques « mieux vivre avec un climat plus chaud » - « se préparer à de nouveaux types d'évènements climatiques extrêmes au changement climatique » et de quatre enjeux :

- > **favoriser les changements de pratiques** (ex. journées d'étude sur l'îlot de chaleur urbain à Nantes) ;
- > **préservier la santé et la qualité de vie** : comment végétaliser la ville ;
- > **protéger les ressources**, notamment en eau ;
- > **renforcer la résilience et gérer les crises** : comment absorber le choc lors d'un aléa et revenir à la normalité.



Urbanisation de la Ville de Nantes

Source : Plante & Cité

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

ÉTAT DES LIEUX

Le projet a démarré avec la création d'une **typologie du végétal urbain** en se focalisant sur les fonctions et les services rendus par les différentes formes du végétal en milieu urbain. Le projet a retenu quatre types de végétation : les toitures et façades végétalisées, les alternatives de gestion des eaux pluviales utilisant le végétal, les surfaces enherbées, les arbres.

Deux groupes de paramètres ont été pris en compte: le mode de gestion (extensif ou intensif) et la forme urbaine.

Trois échelles ont été étudiées : le bâtiment, la rue et le quartier, ou la ville.

Pour obtenir des données plus précises sur la végétation, la **télé-détection** (images satellites et aériennes) à très haute résolution spatiale et spectrale a été utilisée.



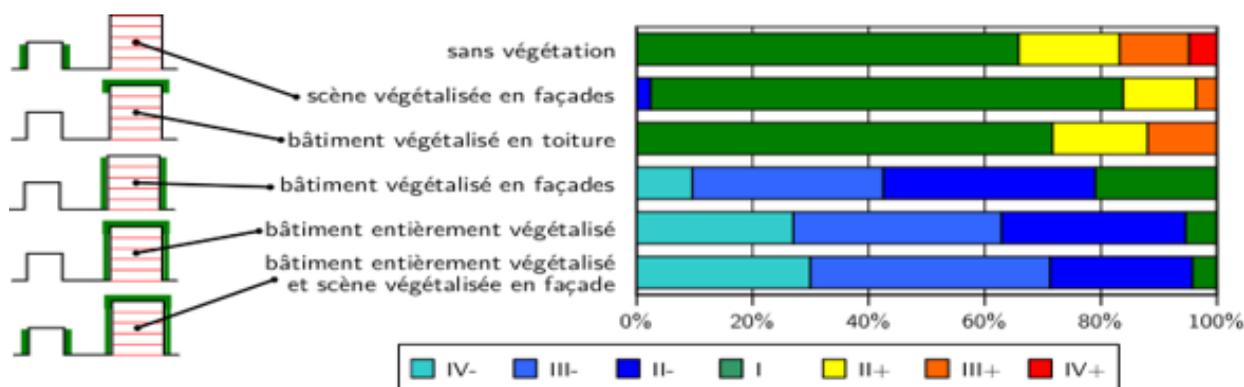
L'augmentation de la résolution spatiale permet de distinguer des espaces verts de plus en plus petits (image du milieu). L'augmentation de la résolution spectrale permet de distinguer le type de végétation, ici : surface herbacée, trois types de conifères et cinq types de feuillus (image de droite). Source : LPGN, ONERA.

APPROCHES EXPÉRIMENTALES

Deux campagnes expérimentales (2010 et 2012) et des **mesures permanentes** à l'aide des capteurs positionnés dans la Ville de Nantes ont été réalisées afin d'obtenir des données quantitatives et qualitatives sur les phénomènes climatiques, hydrologiques, thermiques et acoustiques liés à la présence de la végétation en ville.

MODÉLISATION (SCÉNARIOS)

Plusieurs modèles ont été développés qui permettent d'évaluer des enjeux et des échelles différentes. Ils renvoient à des configurations spécifiques et ont été obtenus à l'aide d'hypothèses simplificatrices parce que **les modèles physiques urbains ne permettent pas une description in fine du végétal**.



Impact des toitures et façades végétalisées sur le confort thermique à l'intérieur des bâtiments. I correspond à des conditions thermiques agréables, IV- à un inconfort froid, et IV+ à un inconfort chaud. II et III sont des conditions intermédiaires considérées comme acceptable. Source : Malys L. Thèse, résultats produits avec le modèle Solene-microclimat

RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

Articulation recherche – collectivité organisée autour des réunions de l’IRSTV

Maître d’ouvrage/suivi

Institut de Recherche en Sciences et Techniques de la Ville (IRSTV)
Agence Nationale de la Recherche (ANR)

Partenaires

Plante & Cité :

Ingénierie de la nature en ville
Nantes Métropole
IFSTTAR

Autres partenaires :

LaSIE (Université de la Rochelle), LPGN (Université de Nantes),
Game (CNRM), Dota (Onera), IRSN, CSTB Ephyse (Inra de Bordeaux)

Autres structures impliquées :

Service Espaces Verts et Ville de Nantes

MOYENS FINANCIERS

Coûts 6,5 M€

Principaux financeurs

ANR : 550 k€

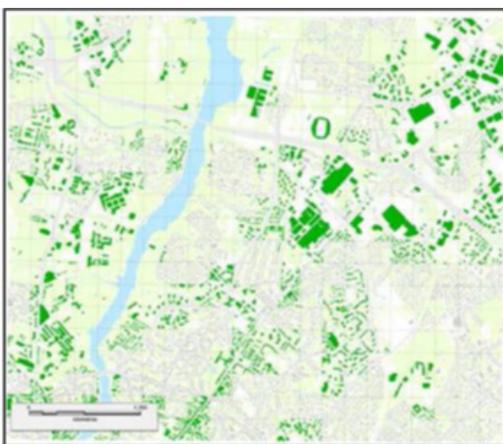
Autres ressources qui seront sollicitées :

ADEME, projets européens, etc.

SUIVI ET ÉVALUATION

Un cadre strict de suivi et d’évaluation de ce projet est assuré par l’IRSTV qui n’a pas été audité lors de la réalisation de ce projet.

À ce jour le projet VEGDUD a donné des résultats intéressants comme le montre la figure ci-dessous



| | |
|-----------------------|----------------------------|
| Écart à l'état actuel | Toitures végétalisées (8%) |
| Température à 2m | - 0.25°C |
| Ruissellement total | - 3.9 % |
| L'évaporation | +9% |

Impact des toitures à l’échelle de la ville de Nantes, simulation pour la période de mai 2011 à septembre 2012. Comparaison entre un état de référence (à gauche) et un scénario de végétalisation des toitures (en vert foncé), soit 50% des bâtiments selon le type : administratif et collectif (image du milieu) en termes de température à 2m, de ruissellement total et d’évapotranspiration (image de droite). Végétaliser la moitié des bâtiments sur le domaine étudié, revient à végétaliser 8% de la surface totale du domaine.

RETOUR D'EXPÉRIENCE BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

- > **Innovation et expertise de pointe capitalisable pour les collectivités partenaires.**
- > **Préconisations techniques pour développer des solutions fondées sur la nature pour le PCAET volet adaptation. Concept d'îlot de fraîcheur intégré dans le PLUi.**
- > **Création de dialogue entre la recherche locale et la collectivité de Nantes.**

OBSTACLES

- > Prise en compte de la végétation dans les différents modèles demandant **un important travail de validation.**
- > **Manque en amont de travail de co-construction** de projet entre Nantes Métropole et l'IRSTV.
- > **Difficilement duplicable** vu les montants engagés.

« C'est un travail qui vise à changer des pratiques professionnelles, amener une culture autour de l'adaptation, notamment au travers du végétal urbain, c'est du long terme. »

Alban Mallet

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

- > **Difficulté à capitaliser** des projets de recherche qui ne couvrent qu'une partie du territoire.
- > **Préparation en amont** : sujets abordés, avantages, coût, durée, accessibilité, spécificités de l'étude, etc.

PERSPECTIVES

- > Utilisation d'une partie des résultats de VEGDUD dans le développement d'un modèle pour caractériser l'îlot de chaleur urbain.

EN SAVOIR PLUS:

Sites

https://www.plante-et-cite.fr/ressource/fiche/85/vegdu_impact_du_vegetal_en_ville

Référents du projet :

L'IRSTV, Alban Mallet, chargé de développement climat
Nantes Métropole



RÉGION :
Pays de la Loire

PORTEUR DU PROJET :
Nantes Métropole

THÈMES :
Pluies extrêmes

TERRITOIRES :
Nantes Métropole

COÛTS :
54 à 64 k€

DATES :
2016 – 2019

SOURCE:
Nantes Métropole
et élus

RÉSULTATS ATTENDUS :
Éviter l'aggravation
du ruissellement
et poursuivre
l'urbanisation sans
intensifier l'exposition
de la population au
risque d'inondation

Projet : Zones inondables par ruissellement

CONTEXTE ET ENJEUX

Le projet Zones inondables par ruissellement de Nantes Métropole a pour objectif principal de prendre en compte le risque d'inondation par ruissellement. Il s'est déroulé en deux phases : une première qui consiste à élaborer une cartographie des zones inondables par ruissellement et une deuxième qui vise à retranscrire cette connaissance dans le Plan local d'urbanisme intercommunal (PLUi) afin de poursuivre l'urbanisation sans aggraver la vulnérabilité au ruissellement. L'initiative est de Nantes Métropole, suite au constat de l'augmentation, en intensité et en fréquence, des débordements ponctuels. Elle est soutenue par des élus dont certains étaient jusqu'à présent démunis pour pouvoir réglementer l'urbanisation dans des zones inondables en absence de Plan de prévention du risque inondation (PPRI).

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

> Protéger la population contre le risque d'inondation par ruissellement.

Le territoire de Nantes Métropole connaît une croissance urbaine très importante. Cette urbanisation aggrave l'imperméabilisation (et donc les écoulements). Par ailleurs, la pression foncière engendre des constructions dans des zones vulnérables, comme à proximité des cours d'eau. La cartographie des zones inondables sert à identifier les zones inondables par ruissellement (cuvettes topographiques, talweg, axes naturels d'écoulement) existantes sur le territoire. La retranscription dans le PLUi permet d'y réglementer l'urbanisation future, pour éviter l'exposition au risque de population nouvelle, soit en adaptant les constructions (réhaussement du premier plancher par exemple), soit en les limitant là où le risque est le plus fort.

> Anticiper le changement climatique.

En anticipant et en fixant les compatibilités ou les adaptations que peuvent avoir les constructions par rapport au phénomène d'inondation, on anticipe les événements pluvieux, leur évolution en termes de fréquence ou d'intensité tel qu'on peut le prévoir avec le changement climatique.

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

La connaissance du risque d'inondation et sa traduction réglementaire, à travers notamment les PPR, relèvent de la responsabilité de l'État. Aucune obligation n'incombe aux collectivités territoriales, sauf celle de prendre en compte la connaissance du risque dans les documents d'urbanisme. Des PPR ruissellement existent sur certains territoires mais il faut que les enjeux soient très forts. Or, le risque d'inondation par ruissellement est un enjeu majeur en France, dont il faut dès maintenant se préoccuper.



Orage du 9 juillet 2017 localisé sur Nantes

Source : Nantes Métropole

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

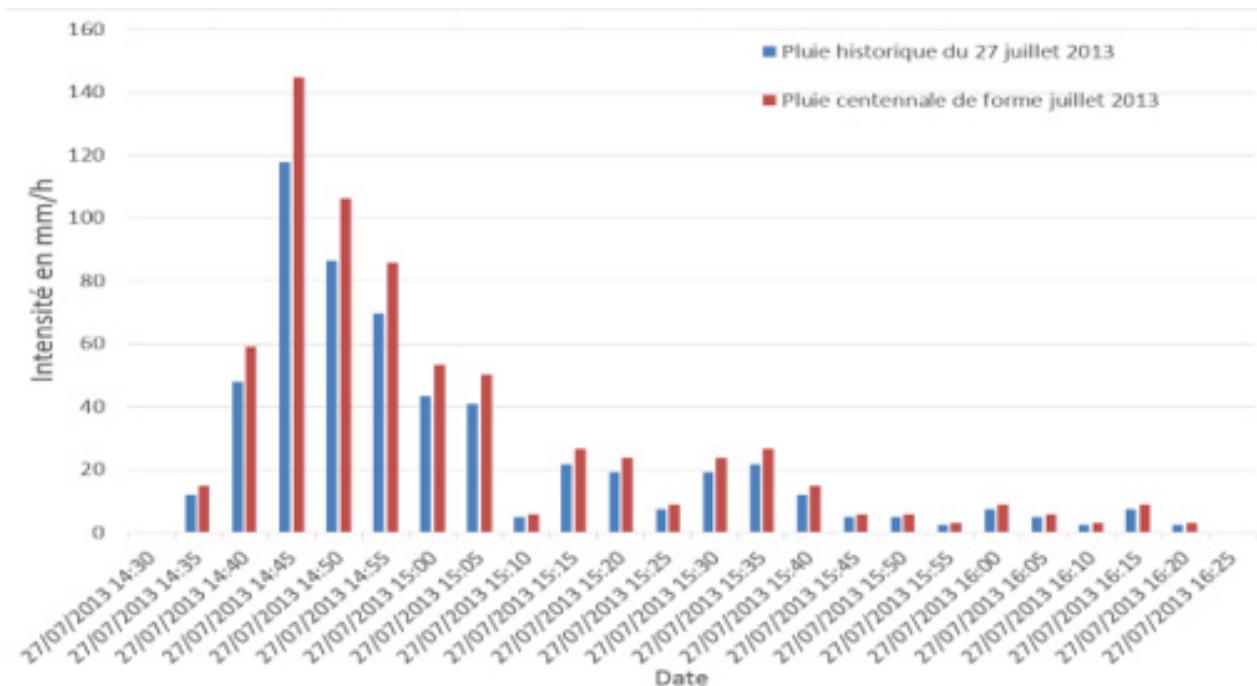
CONCEPTION

Une modélisation hydraulique qui simule un orage d'intensité exceptionnelle sur l'ensemble de l'agglomération a été réalisée. Cela a permis de produire la carte des zones inondables par ruissellement, sur la base de la topographie fine du territoire. La Métropole a choisi de modéliser une pluie avec une période de retour centennale, généralement utilisée en terme de gestion de risques en urbanisation.

OBJECTIFS FIXÉS

Objectif n° 1 : mieux connaître le risque d'inondation par ruissellement sur le territoire.

Objectif n° 2 : fonder les règles du PLUi et prendre en compte le risque dans les constructions et l'aménagement urbain.



Pluie d'été centennale

Source : Nantes Métropole/Prolog Ingénierie

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS

Janvier
2016

Septembre 2016
- fin 2017

| Étape 1 | Étape 2 | Étape 3 | Étape 4 | Étape 5 | Étape 6 |
|--|---|---|--|--|---|
| > Établissement d'un état des lieux des connaissances de risque d'inondations sur le territoire. | > Modélisation hydraulique, création des données. | > Confrontation des résultats de la modélisation avec les résultats des retours d'expérience sur le terrain afin de valider les résultats de la modélisation. | > Diffusion des résultats et des informations auprès des communes. | > Organisation de réunions pour communiquer sur l'étude et pour commencer à établir le niveau d'ambition en termes de traduction dans le PLUi. | > Présentation du projet et de la concertation avec les élus : quelle règle prescrire, quelle contrainte apporter à l'urbanisation au regard des connaissances de risque d'inondations par ruissellement. |

RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

Les personnes qui ont contribué au projet pour l'instant sont les personnels de Nantes Métropole (service Cycle de l'Eau, service de prévention et gestion des risques, service du développement urbain) et les élus. Dans les prochaines étapes les instructeurs du droit des sols vont aussi être impliqués.

Maître d'ouvrage

Nantes Métropole

Partenaires

Accompagnement dans l'écriture des prescriptions :

Centre Européen de Prévention du Risque Inondation (CEPRI)

Bureau d'études pour la modélisation hydraulique :

Prolog Ingénierie

MOYENS TECHNIQUES

Moyens techniques : la base de données Système d'information géographique (SIG) et l'outil de modélisation

Maintenance et entretien : éventuelles mises à jour de la modélisation

MOYENS FINANCIERS

Coûts

Le coût global du projet est entre

54 k et 64 k€ TTC (hors moyens humains internes).

Financement

Le projet est entièrement financé par le budget général de **Nantes Métropole**.

SUIVI ET ÉVALUATION

QUEL SUIVI ?

Non établi mais à développer autour du nombre de projets urbains concernés et de la nature des avis délivrés dans les permis de construire et autres autorisations d'urbanisme.



Cartographies de risque

Source : Nantes Métropole / Prolog Ingénierie

RETOUR D'EXPÉRIENCE, BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

- > **Connaissance sur le risque de ruissellement sur 24 communes.**
- > **Obtention des données relativement fiables par rapport à l'échelle d'application.**
- > **Prescription des règles dans le PLUI selon les choix politiques de Nantes Métropole vis-à-vis des constructions par rapport à ce risque.**
- > **Les maires assurent la protection des citoyens et évitent les dépenses liées aux équipements publics de protection et de régulation hydraulique.**

OBSTACLES

- > Confrontation des enjeux risques avec les enjeux urbains et la difficulté de répondre à tous les enjeux.
- > Faire dialoguer les agents de différents métiers.
- > Savoir comment traduire les prescriptions en termes d'instruction et d'avis dans les autorisations d'urbanisme.

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

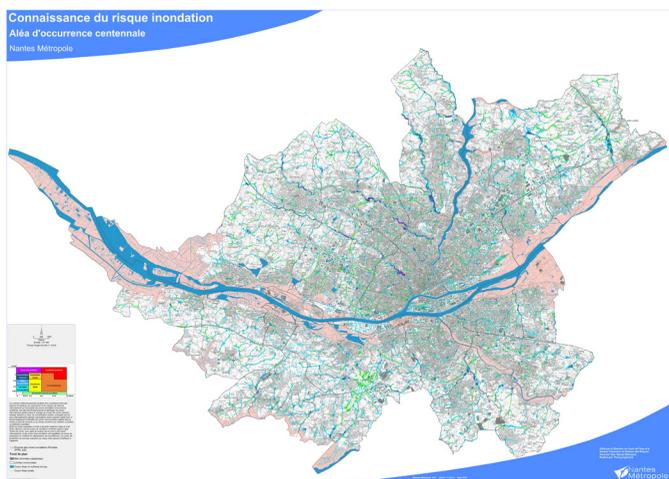
- > Impliquer un nombre important d'acteurs et d'élus.
- > Avoir une cohérence générale des politiques publiques.
- > Avoir les bons interlocuteurs et les informations pertinentes.
- > Avoir un tiers externe qui puisse jouer le rôle de médiateur et conciliateur au regard des différents enjeux.

PERSPECTIVES

- > Mise en œuvre de PLUI.
- > Diffusion de la carte et de l'étude des enjeux.

« Pour ce type de projet, il est recommandé d'utiliser des guides qui montrent la méthode de concertation des sujets transversaux et de confrontation des enjeux. »

Elise Vadaine



Cartographies de risque

Source : Nantes Métropole

EN SAVOIR PLUS:

Sources :

Rapport de l'étude de modélisation de ruissellement

Personne référente

Elise Vadaine, Direction du cycle de l'eau, Nantes Métropole

Localisation

Nantes Métropole



RÉGION :
Pays de la Loire

PORTEUR DU PROJET :
Nantes Métropole

THÈMES :
**Transport des déchets
en déchetteries**

TERRITOIRES :
Nantes Métropole

COÛTS :
**Compris dans un
coût de prestation
globale**

DATES :
2014 - 2015

SOURCE :
Nantes Métropole

RÉSULTATS
ATTENDUS :
**Optimisation du
remplissage des
bennes afin de
diminuer le nombre
de rotations des
camions**

Transport des déchets en déchetteries

CONTEXTE ET ENJEUX

Nantes Métropole s'engage dans une démarche d'optimisation de remplissage des bennes pour le transport des déchets dans les déchetteries. Il existe deux modes de gestion de cette activité : sur le périmètre de la Ville de Nantes la collectivité est en régie. Sur le périmètre hors Nantes, la collectivité a recours à des prestations de service dans le cadre de marchés publics.

L'étude de la prestation d'enlèvement des bennes sur le marché précédent de Nantes Métropole a démontré qu'il existe des marges de progrès et que le nombre de rotations des bennes peu remplies peut être limité. Les prestataires se sont engagés sur un pourcentage de bennes évacuées avec un minimum de contenu, sachant qu'ils ont tout intérêt à optimiser le remplissage des bennes.

Le projet s'inscrit dans le plan Climat, et également dans la démarche d'achat responsable formalisée en 2017 dans le Schéma de Promotion des Achats Responsables (SPAR).

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

> Limiter les émissions de polluants et de GES.

Afin de réduire les déplacements inutiles, de limiter les émissions de polluants et de GES, et de consommer moins d'énergie (carburants), il a été décidé d'optimiser le remplissage des bennes pour le transport des déchets en déchetteries. Ainsi, les prestataires ont mis en place des compacteurs Packmat pour optimiser le remplissage des bennes pour le territoire hors Nantes. Dans un objectif d'optimisation sur la Ville de Nantes, la Métropole a également mis en place des compacteurs pour réduire certains flux.

> Améliorer la qualité de service de gestion des déchets.

La gamme des compacteurs mis en place Packmat permet de gagner en qualité de service, notamment les week-ends où les évacuations ne sont pas forcément possibles.

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

La Loi sur la transition énergétique pour la croissance verte d'août 2015 favorise le déploiement de ce type de mesures. Le projet s'inscrit plus largement dans les ambitions nationales de réduction des déchets et d'augmentation de la valorisation. Nantes Métropole est ainsi inscrite dans la démarche Zéro Déchets Zéro Gaspillage (TZDZG).

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

CONCEPTION

Une analyse des rotations des bennes sur une année a été réalisée sur toutes les déchetteries pour les déchets verts, cartons et bois. Elle a montré des pratiques différentes selon les opérateurs et de meilleures performances chez certains. Elle a également permis de déterminer les tonnages minimums admissibles pour fixer des pénalités si ceux-ci ne sont pas respectés par les prestataires. Le montant de la pénalité a été calculé comme une « Taxe carbone ».

Ensuite, il a été possible de définir des objectifs en termes de kilomètres économisés et équivalents en GES non émis. Les calculs ont été faits à partir des facteurs d'émissions des outils Bilan Carbone de l'ADEME avec des caulettes maison adaptées utilisant les extractions du logiciel déchets de Nantes Métropole « GASTON ».

OBJECTIFS FIXÉS

3% en émission de GES globales en introduisant un poids minimal en deçà duquel les bennes ne peuvent pas être évacuées selon les paramètres suivants : minimum quatre tonnes de déchets verts, une tonne de carton, deux tonnes de bois. Cela correspond à plus de 3 000 km de trajets pour le transport en déchetteries évités, soit 2,9 t eq CO₂.

15% de diminution d'émission de GES globales en introduisant un poids minimal plus important : minimum 5 tonnes de déchets verts, 1,5 tonnes de carton, 3,5 tonnes de bois. Cela correspond à plus de 13 600 km de trajets pour le transport en déchetteries évités, soit 13 t eq CO₂.

Ces objectifs différenciés sont adaptés et cohérents avec les pratiques constatées. Les deux objectifs sont mis en place concomitamment.

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS

2014

Étape 1

> Réalisation de étude.

2015

Étape 2

> Rédaction du marché exploitation.

En cours

Étape 3

> Suivi de l'exécution.

RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

Pour les clauses Carbone, une Assistance à Maitrise d'Ouvrage (AMO) interne propose d'accompagner le service et d'aider à la définition des besoins et le calibrage des critères ou clauses d'exécution. Les tableaux de suivi ont été mis au point en coordination.

Maître d'ouvrage

Nantes Métropole

Partenaires

SUEZ
Coved Environnement
Paprec Group
Veolia

MOYENS TECHNIQUES

Moyens techniques :

Des Packmats et des camions avec des remorques pour optimiser l'équipement. La Métropole a des collectes en fond mouvant, notamment sur les déchets verts. Sur les gravats elle a mis en place des véhicules adaptés.

Maintenance et entretien :

Le prestataire fournit le personnel et les véhicules.

MOYENS FINANCIERS

Coûts

Le coût est difficilement identifiable puisqu'il est compris dans un coût de prestation global.

Financement

Le service est financé par la taxe d'enlèvement des ordures ménagères récoltée par **Nantes Métropole**.

SUIVI ET ÉVALUATION

QUEL SUIVI ?

Identification des bennes n'ayant pas respecté les conditions de tonnage.

QUELLE FRÉQUENCE ?

L'évaluation est mensuelle. À l'année la Métropole contrôle le pourcentage global.

QUELS INDICATEURS ?

Extraction des données sur les bennes.

QUELLES DIFFICULTÉS ?

Si des pannes de Packmat se produisent, dans certaines conditions particulières de fonctionnement les vendredis ou les lundis, il n'est pas possible pour les services d'appliquer des pénalités car la priorité est donnée au service à l'usager ainsi que le besoin d'accueillir tous les flux en déchèterie et pas au remplissage des bennes.

QUEL BILAN ?

Le bilan est globalement positif (diminution des trajets et des émissions de GES) mais nécessite un suivi renforcé.

RETOUR D'EXPÉRIENCE BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

> Le projet incite à réfléchir sur les circuits de collecte et sur les processus d'optimisation.

> **Bénéfices pour la collectivité : affichage et cohérence avec les autres politiques publiques concernées par le Plan Climat et la feuille de route de la transition énergétique.**

OBSTACLES

> Le système ne peut pas toujours être mis en œuvre le vendredi car les bennes sont toutes vidées en perspective des flux importants du week-end.

> Il faut qu'il existe un flux minimal sur chaque déchèterie pour que le système soit intéressant.

> Cela complexifie le cahier des charges et le suivi de l'exécution des marchés d'exploitation: il faut analyser de nouveaux indicateurs, les extraire, et traiter la donnée.

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

La distance entre les déchèteries et les exutoires impacte la pertinence du système. Ainsi quand les déchèteries sont situées à proximité d'un exutoire de traitement, le système n'est pas intéressant à mettre en place. En revanche, plus les distances sont importantes et plus le système montre son intérêt.

« C'est important que cette stratégie se décline dans les marchés publics. Il s'agit d'impliquer les entreprises du territoire au côté de la collectivité qui ne peut agir seule. »

Céline Bertrand Fuzet



Accueil du public en déchèterie

© Nantes Métropole

EN SAVOIR PLUS:

Personne référente

Céline Bertrand Fuzet, Nantes Métropole

Localisation

Nantes Métropole



RÉGION :
Pays de la Loire

PORTEUR DU PROJET :
Nantes Métropole

THÈMES : Zones
inondables en fond
d'estuaire – risque de
montée des eaux en
fort débit fluvial et
surcote marine

TERRITOIRES :
Nantes (Pirmil)
et Rezé (les Isles)

COÛTS : 1 M€ HT
Études préalables,
126 M€ Opérationnel

DATES : préparation
2007 - 2017,
opération
2018 - 2037

APPEL À PROJET
RÉFÉRENT :
AAP ADEME 2015

RÉSULTATS
ATTENDUS :
Construire en zone
inondable un quartier
résilient

Construire sur une zone inondable : ZAC de Pirmil les Isles

CONTEXTE ET ENJEUX

La zone d'aménagement concerté (ZAC) de Pirmil – les Isles est un projet d'aménagement urbain visant à créer de nouveaux quartiers de la centralité métropolitaine (logements, emplois, équipements, réseaux de transports, animation urbaine...) en améliorant la prise en compte des problématiques environnementales. L'enjeu est de redonner une dynamique à un territoire bien placé mais grevé par son héritage suburbain et par le risque inondation, en faisant de la Loire un atout : redonner sa place à la nature en ville, réduire l'imperméabilisation des sols, aménager dans une meilleure économie des ressources.

L'opération d'aménagement se développe sur deux secteurs en berge sud de la Loire face à l'île de Nantes : Pirmil à Nantes, à la confluence de la Loire et de la Sèvre, et les Isles à Rezé, face au futur centre hospitalier universitaire (CHU).

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

> Désimperméabiliser les sols en redonnant sa place à la nature.

Les remblaiements du 20ème siècle pour les activités économiques ont réduit la trame verte à une ripisylve résiduelle : le projet épaissira et maillera cette trame dans l'intérieur du quartier au bénéfice de la flore et de la faune, du paysage mais aussi du confort climatique.

> S'adapter aux contraintes d'inondations.

Les nouveaux immeubles resteront fonctionnels lors des crues par des continuités hors d'eau vers les secteurs non inondables. La résilience des réseaux est à l'étude.

> Aménager dans une meilleur économie des ressources.

L'aménagement privilégiera des processus constructifs et des matériaux locaux et sobres en énergie et en émissions de GES.

> Préserver les espèces protégées et développer la biodiversité.

L'angélique des estuaires est prise en compte, la trame verte offrira des opportunités à la faune et à la flore.

ENJEUX SOCIAUX

Les nouveaux quartiers accueilleront 3500 à 4000 habitants (3300 logements) et 2500 emplois (50 000 m² de bureaux) à 10 minutes à vélo ou quatre stations de tramway de l'hypercentre de Nantes.

La programmation tiendra compte des besoins de l'environnement (nouveau CHU sur l'île de Nantes, développements tertiaires sur la berge Sud) et assurera la mixité : 25 à 30% de logements sociaux, 25 à 30% de logements abordables, 45% de logements libres.

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Le projet s'adaptera à la décision concernant le plan d'exposition au bruit de l'aéroport.

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

CONCEPTION

L'initiative vient des communes de Rezé et Nantes, toutes deux familières des crues de la Loire. Les villages anciens - des îles avant les remblaiements du 20ème siècle - sont aujourd'hui isolés derrière de vastes emprises économiques extensives, avec un poids démographique insuffisant pour développer services et équipements. Le projet apporte habitants et emplois, mais aussi le tramway, de meilleurs dessertes en vélo et en bus, des équipements de proximité (groupe scolaire, gymnase, crèche...). La concertation a montré un accueil favorable : le projet, en s'adaptant finement au contexte ligérien, reconnaît l'identité singulière et l'attractivité de la berge Sud de la Loire.

Études préalables et études d'impact

La résilience du territoire fait partie intégrante des études : résilience à l'inondation et adaptation au changement climatique.

L'aménageur (Nantes Métropole Aménagement) a réalisé un bilan d'émissions de GES avec Artelia qui a utilisé le logiciel GES OPAM (Gaz à Effet de Serre - OPérations d'AMénagement). Lors de ce bilan, différents scénarios d'aménagement et leurs impacts sur les émissions de GES ont été étudiés afin d'avoir des éléments d'appréciation. Par exemple, le bilan a montré l'intérêt de l'arrivée du tramway en accompagnement du projet pour diminuer les impacts climatiques.

Études relatives au risque inondation

L'étude a été pilotée par le groupement d'intérêt public Estuaire qui associe les services de l'État, les collectivités et des associations de la gestion de la nature et de la gestion de l'eau. Les Plans de Prévention du Risque inondation (PPRI) sont basés sur le risque centennal, calculé en chaque point du territoire avec une part fluviale (crue de Loire, par exemple) et une part maritime (surcote marine, par exemple en cas de tempête atlantique). La survenue de la tempête Xynthia en 2010 a permis de valider le modèle. Par la suite, la ligne d'eau centennale a été stabilisée en 2012 ce qui a permis d'élaborer le PPRI, et de réaliser les modélisations hydrauliques du projet de ZAC en 2016.

OBJECTIFS FIXÉS

Nantes Métropole privilégie le développement urbain à l'intérieur du périphérique, territoire présentant les plus fortes opportunités socio-économiques et le mieux desservi en équipements et en services de transports. L'objectif est de proposer de nouveaux quartiers où habiter, travailler et accéder aux services avec de courtes distances de déplacements. Densifier la berge Sud, vaste zone d'activités extensives au contact de la centralité métropolitaine, répond à cet objectif. La présence de la Loire, avec son grand paysage et son risque inondation, est un atout pour déployer un nouveau quartier offrant un cadre de vie original avec davantage de place à l'eau et à la nature.

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS



RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

Maître d'ouvrage

Nantes Métropole et Nantes Métropole Aménagement

Partenaires

Maîtres d'œuvre :

Artelia, Obras

Gouvernance :

Ville de Rezé, Ville de Bouguenais, Ville de Nantes

Autres partenaires :

DREAL, DDTM 44, Groupement d'intérêt public Estuaire associant les services de l'État, les collectivités et des associations de la gestion de la nature et de la gestion de l'eau

MOYENS TECHNIQUES

Système d'informations géographiques (SIG) de Nantes Métropole complété par des modélisations acquises lors d'événements particuliers (levé topographique). Croisement des données avec carte AZI de l'État.

Maintenance et entretien :

Actions à définir.

> Nantes Métropole sera chargé des voiries et espaces publics.

> Parc en bord de Loire : soit Nantes Métropole soit Rezé.

> Espaces verts privés : gestion des copropriétés avec des orientations de gestion.

MOYENS FINANCIERS

Coûts

Études préalables : 1 M€ HT

Phase opérationnelle : 126 M€ de budget

De faibles coûts d'entretien sont prévus.

Financement

Nantes Métropole, la Caisse des Dépôts et Consignation, ADEME

SUIVI ET ÉVALUATION

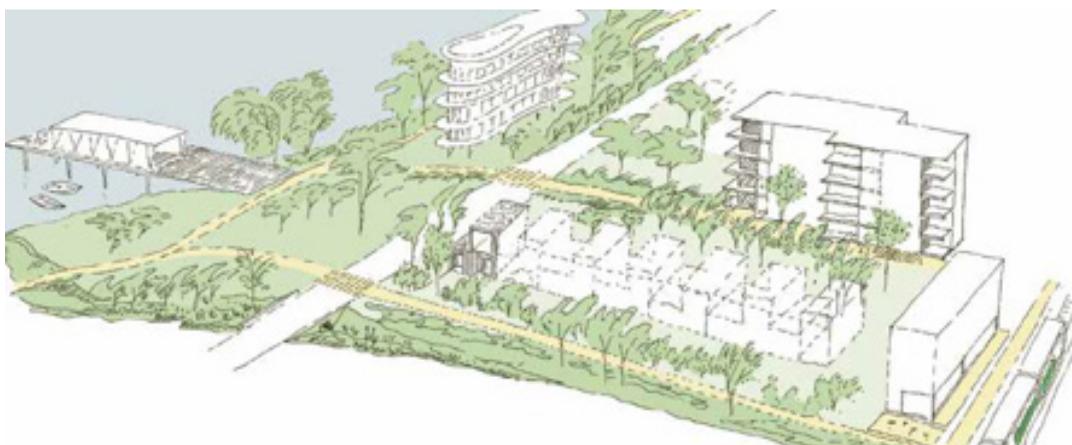
À l'heure actuelle, il n'y a pas encore de résultats sur le suivi et l'évaluation du projet. Un suivi des opérations d'aménagement par la mesure d'indicateurs classiques (surface, nombre d'habitants, etc.) sera réalisé en phase opérationnelle.

Cependant d'autres initiatives en lien avec le projet ont déjà commencé à voir le jour :

> dans le cadre de l'aménagement, le recyclage des terres est une autre préoccupation étudiée avec le projet « Cascade », qui intègre aussi un volet de transport fluvial pour les déchets et les matériaux ;

> un projet d'implantation d'un site de traitement des déchets de terre est à l'étude à Cheviré, à l'est de l'opération ;

> à Nantes Métropole sur la partie quantification de GES, d'autres secteurs d'aménagement font l'objet de calculs et de démarches Bas Carbone. Elles intègrent ainsi des objectifs pour les constructions neuves et les travaux. L'économie circulaire et le recyclage des déchets de chantier et des remblais avec leur meilleure valorisation sont des axes explorés, en particulier sur l'île de Nantes et les grands chantiers autour du centre ville comme le Bas Chantenay et Pirmil-les-Isles.



Basse Île - Croquis d'ambiance*

* À titre d'illustration dans le cadre de la concertation

Source : Journal de projet Pirmil - les Isles

RETOUR D'EXPÉRIENCE BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

> La prise en compte du risque inondation est le point fort du projet.

> Bénéfices pour la collectivité : l'étude de la résilience des réseaux.

En effet, certains réseaux peuvent fonctionner localement en cas de crue, mais si la station d'épuration ou l'usine d'eau potable sont inondées, le système global sera déficient. Cela oblige à travailler ces questions fondamentales sur tout le périmètre des services publics d'eau potable, d'assainissement, de réseau de chaleur, d'électricité et de gaz en lien avec les concessionnaires et opérateurs.

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

Prendre en compte tous les acteurs des services urbains et opérationnels en lien avec la gestion des risques.

PERSPECTIVES

Partager les savoir faire sera essentiel pour alimenter les réflexions sur les autres territoires concernés, et mettre en œuvre les bonnes pratiques.

OBSTACLES

Inondation

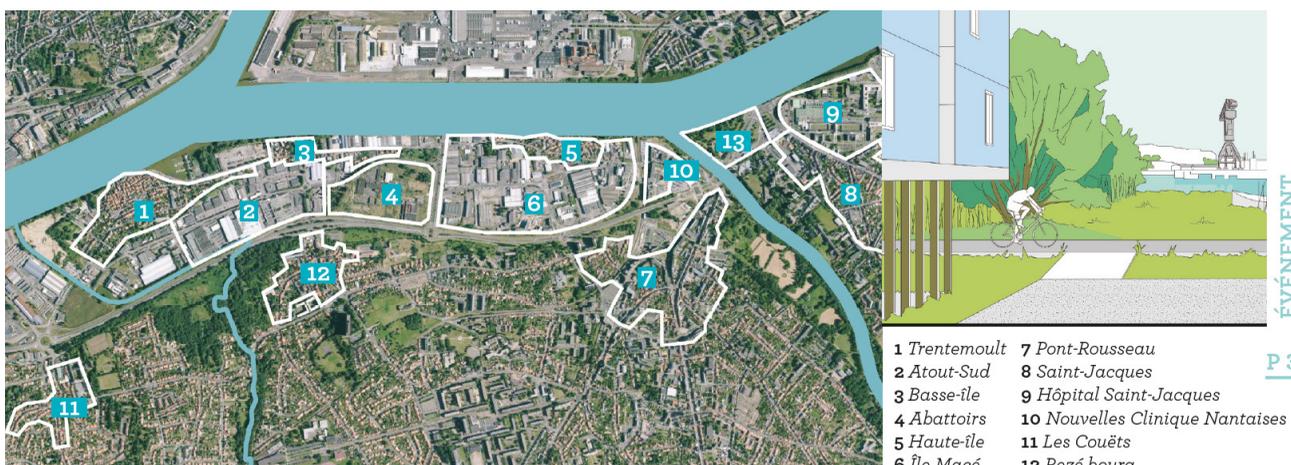
L'état des lieux est fait et donne des connaissances sur le risque, le territoire concerné et les moyens à mettre en œuvre. Il reste à montrer que les immeubles prévus sont résilients pour obtenir les permis de construire.

La résilience des réseaux

Ceux-ci doivent continuer à fonctionner en cas de crue. Ce travail prend du temps et il est réalisé en collaboration avec les gestionnaires des réseaux, notamment dans le cadre de la démarche de la métropole, la Stratégie Locale de Gestion des Risques Inondations (SLGRI). Cette démarche détermine des solutions opérationnelles pour réagir en cas d'inondation. Les acteurs des infrastructures de réseaux secs recherchent à positionner leurs équipements en dehors des zones inondées.

Foncier

Le foncier n'est pas encore totalement maîtrisé mais cela avance depuis 2007. Deux tiers sont acquis ce qui correspond à un bon avancement. L'aménageur s'occupera du tiers restant.



Source : Pirmil - les isles, Le journal de projet, juillet 2015

« Par rapport à d'autres projets de ZAC et de renouvellement urbain de la métropole, la contrainte d'inondabilité est inédite. On l'a transformée en levier qualitatif : laisser la place à l'eau donne de la place à la nature et permet de proposer un cadre de vie original dans la centralité. »

Olivier Corbineau

EN SAVOIR PLUS :

Sites

<https://www.nantes.fr/pirmil-les-isles>
<https://www.reze.fr/la-ville/le-territoire/les-grands-projets/zac-pirmil-les-isles/>
<http://www.nantes-amenagement.fr/>

Personnes référentes

Matthias Trouillaud, Nantes Métropole Aménagement
 Olivier Corbineau, Nantes Métropole

Localisation

Nantes Métropole



RÉGION :
Pays de la Loire

PORTEUR DU PROJET :
Nantes Métropole

THÈMES : **Incinération
des déchets**

TERRITOIRES : **Une
partie du territoire de
Nantes Métropole
(24 communes) et de
la CARENE (St Nazaire)**

COÛTS : **1 200€ HT**

DATES :
**janvier 2012
- juin 2012**

SOURCE: **Nantes
Métropole**

RÉSULTATS
ATTENDUS :
**Meilleure
connaissance
de l'origine des
émissions de GES
du traitement des
ordures ménagères
et des leviers
d'atténuation**

Bilan Carbone des unités de valorisation énergétique par incinération

CONTEXTE ET ENJEUX

L'action « Bilan Carbone de l'usine de valorisation énergétique d'incinération d'ordures ménagères (UVE) Arc-en-ciel à Couëron (Nantes Métropole) » consiste, grâce à l'outil Bilan Carbone® de l'ADEME, à évaluer les émissions de gaz à effet de serre de l'installation d'incinération des déchets à Nantes Métropole et à identifier des leviers pour réduire ces émissions.

À l'origine, il s'agissait d'une suggestion du délégataire de l'UVE de Couëron qui en avait fait la proposition dans le cadre du contrat de délégation de service public. Ce dernier s'était inscrit dans une démarche avec l'École Centrale de Nantes pour faire travailler des étudiants de l'option Ville durable en première année sur un projet professionnel pour réaliser le Bilan Carbone du site d'Arc-en-ciel.

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX ET SOCIAUX

> Diminuer les émissions élevées de GES de l'incinération.

Le projet a été centré sur la diminution des émissions élevées de gaz à effet de serre (GES) de l'incinération des déchets, et notamment des plastiques non triés à la source. Le Bilan Carbone a montré que les émissions directes de GES de l'incinération étaient le premier poste d'émissions du bilan des émissions de gaz à effet de serre (BEGES), ce qui en fait un poste stratégique pour la politique climat « interne » et la démarche d'exemplarité.

Le projet peut également être utile pour l'élaboration de bilans simplifiés de l'incinération avec une liste des données à collecter pour effectuer le bilan carbone du site.

> Optimiser la valorisation énergétique des matières plastiques.

Le projet a montré les enjeux particuliers sur les matières plastiques comme par exemple l'extension des consignes de tri sur les films plastiques et pots de yaourts. Il a ainsi souligné l'importance de leur meilleure valorisation énergétique et du recyclage, malgré l'absence parfois de filières adaptées. Aujourd'hui un réseau de chaleur est en cours de développement depuis l'usine et l'extension des consignes de tri est en test sur certains quartiers de Nantes.

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Le contexte réglementaire n'est pas très favorable à ce type de démarche, qui reste optionnelle. Cela pose notamment un souci pour la réduction des obligations de quantification aux scopes 1 (émissions directes) et scope 2 (émissions indirectes, ex: consommation d'énergie), ainsi que l'absence de pénalités pour ceux qui ne respectent pas ces obligations.



Le site de traitement Arc - en - Ciel
Source : Nantes Métropole

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

CONCEPTION

Le diagnostic et le postulat initial du projet se sont basés sur l'appropriation du guide Record, guide de référence en matière de calcul d'émissions de GES dans le domaine des déchets.

La méthode utilisée lors du projet a été la **méthode Bilan Carbone® de l'ADEME**. Le Bilan Carbone permet d'identifier les leviers d'atténuation et de faire des scénarii quantifiés, avec notamment des indicateurs en pourcentage d'émissions atténuées qui permettent à Nantes Métropole de les situer dans les objectifs nationaux du facteur 4 (diviser par 4 les émissions de GES d'ici 2050 par rapport aux années 90), mais aussi des indicateurs €/kg équivalent CO₂. La Métropole a constitué une Assistance à Maîtrise d'Ouvrage (AMO) Carbone en interne avec un agent formé à l'Association Bilan Carbone et habilité à certifier les bilans carbone de la structure.

En parallèle, le délégataire disposait en son siège d'un expert Bilan Carbone également agréé.

OBJECTIFS FIXÉS

Évaluer les émissions des déchets incinérés, selon leur composition (papier, plastique, alimentaires...).

Modéliser les types d'émissions de l'usine sur le cycle de vie considéré (depuis la collecte, et le tri, jusqu'à la valorisation des déchets de l'usine tels que les mâchefers).

Identifier des leviers d'atténuation de ces émissions avec des scénarii de changement des modes de tri et de collecte.

RÉSULTATS

Les résultats sur l'usine ont montré que les émissions approchaient les 33 600 t eq CO₂ en 2010. Ces émissions incluent le fret de la collecte et le traitement aval des déchets de l'incinération. Sur le périmètre du BEGES réglementaire - Grenelle II -, SCOPEs 1 et 2 (périmètres énergétiques et émissions directes) de Nantes Métropole, les déchets sont le premier poste d'émissions, avec 41 % des émissions totales.

Un potentiel de réduction des émissions de -67% a été identifié et doit être soumis à l'étude. Il concerne essentiellement l'incinération du plastique, identifié comme le principal émetteur de l'UVE.

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS

2012

Étape 1

> Bilan Carbone : point de départ avec la quantification des émissions.

> Six mois pour partager les résultats entre les services de Nantes Métropole et avec leurs hiérarchies respectives, et en tirer les enseignements.

2013

Étape 2

> Intégration des données dans le BEGES.

2017

Étape 3

> Les enseignements ont été utilisés pour la rédaction d'un nouveau contrat de délégation de service public en cours de négociation.

RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

Projet porté par le **Directeur Général Adjoint Environnement et Services Urbains**

Partie-prenantes: **la direction Déchets**

Maître d'ouvrage

Nantes Métropole

Inscrit les clauses Carbone dans la DSP et négocie les moyens de mettre en œuvre le plan d'actions à l'issue de la quantification Bilan Carbone avec le délégataire.

Partenaires

École Centrale Nantes

Contractualise avec les entreprises et institutions du territoire pour des projets réalisés par les étudiants

Délégataire de l'UVE de Couëron

Collecte les données d'activité, réalise les calculs et propose les scénarii d'atténuation. Il se dote d'une expertise interne ou externe

L'AMO Carbone

Assiste les directions pour réaliser leurs Bilans Carbone ou inscrire des clauses dans les marchés publics pour les faire réaliser à leurs prestataires

MOYENS TECHNIQUES

Co-tutorat des étudiants par les experts internes délégataire et déléguant.

MOYENS FINANCIERS

Coûts

Le coût du projet est environ 1 200 € et comprend le temps-homme mobilisé et la formation Bilan Carbone.

Financement

Le projet a été financé par **le délégataire** et **Nantes Métropole** pour ce qui est de l'encadrement du travail des étudiants de Centrale Nantes par les experts Carbone.

SUIVI ET ÉVALUATION

QUEL SUIVI ?

Un suivi continu a été développé sur la méthode d'approche de la quantification Carbone.

QUELLE FRÉQUENCE ?

Elle évolue en fonction des catégories de marchés (DSP, marchés de travaux, de service ou de fournitures, marchés de maîtrise d'œuvre).

QUELS INDICATEURS ?

L'indicateur €/kg eq CO₂ de mesure des actions est très intéressant, mais encore difficile à exploiter pour les arbitrages en raison d'un management des GES non complètement intégré dans Nantes Métropole, malgré une expérimentation du SM-GES proposé par l'ADEME.

L'autre indicateur est le pourcentage d'émissions potentielles évitables au regard du global, qui montre le levier atteignable de manière réaliste au regard des économies déjà menées, et des possibilités techniques, réglementaires, ou financières.

QUEL BILAN ?

Nantes Métropole a mesuré les émissions périmètre bilan Carbone de l'usine en 2010 (33 600 teq CO₂), et poursuit les évaluations tri-annuelles dans le cadre du BEGES. Le choix a été de poursuivre les évaluations de la collecte des déchets pour améliorer les connaissances, et d'étudier également le compostage, plutôt que de ne se concentrer que sur l'UVE. Nantes Métropole développe aussi ses approches dans les domaines de l'eau, de l'assainissement, de l'éclairage public ou des travaux de voirie. Le travail se poursuit dans les différentes directions, et le plan de progrès se met en place.

RETOUR D'EXPÉRIENCE BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

Disposer de quantifications de type Bilan Carbone permet :

> **d'avoir une aide à la décision sur le volet environnemental pertinente ;**

> **de sensibiliser au changement climatique et de mobiliser des entreprises pour contribuer à l'atténuation.**

Le travail collaboratif avec le délégataire a été très précieux pour Nantes Métropole dans la connaissance de certaines données, notamment énergétiques.

OBSTACLES

> À l'époque où le projet a été mené, il y avait peu de Bilans Carbone d'usine d'incinération réalisés et Nantes Métropole **manquait de guide sectoriel et de données comparatives.**

> Pour le projet lui-même, les **changements de référents à Nantes Métropole, et au sein du délégataire** avant la mise en œuvre du plan d'actions ont été un frein à la poursuite du projet et au maintien d'une connaissance délicate et complexe.

« Il serait intéressant de développer un outil simplifié Bilan Carbone de l'incinération pour établir des scénarii d'atténuation. »

Tatiana Lécossais

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

Les conditions de la pérennité d'un projet type Bilan Carbone :

> **la pertinence de l'approche** : si elle est trop générale, elle ne permet pas de déterminer les leviers ;

> **la participation de l'acteur propriétaire de la donnée ;**

> **la volonté du délégant pour inscrire la démarche de progrès dans le contrat ;**

> **la compréhension mutuelle et partagée des enjeux**, et la maîtrise des calculs GES, relativement complexes, pour construire un plan d'actions partagé.

Pour concevoir ce type de projet, il serait utile d'avoir à sa disposition des synthèses de bilans Carbone de services publics de déchets afin d'identifier les principaux enjeux sur le cycle de vie, et aider à développer les stratégies d'atténuation adaptées.

PERSPECTIVES

> Nantes Métropole est dans l'attente d'un outil qui développe les autres évaluations de pollutions au-delà des GES avec les nouveaux indicateurs environnementaux comme l'eutrophisation des sols, les particules, etc.

> Une nouvelle délégation de service public est en cours de négociation.

EN SAVOIR PLUS:

Personne référente

Tatiana Lécossais, Nantes Métropole

Localisation

Nantes Métropole



RÉGION :
Pays de la Loire

PORTEUR DU PROJET :
Nantes Métropole

THÈMES :
Réduction des
émissions des GES

TERRITOIRES : Nantes
Métropole

COÛTS :
Intégrés dans les
investissements
des prestataires

DATES :
2007 - 2017

RÉSULTATS
ATTENDUS :
Optimisation
de la performance
environnementale
de la collecte des
ordures ménagères

Optimisation de la collecte des ordures ménagères

CONTEXTE ET ENJEUX

Nantes Métropole a entamé une démarche ambitieuse d'optimisation de collecte des ordures ménagères. Le service en charge de la gestion des opérateurs et des prestations avec l'appui de l'Assistance à Maîtrise d'Ouvrage Interne Carbone, a intégré des clauses spécifiques dans le cahier des charges du contrat de collecte, clauses qui font l'objet d'un suivi dans le cadre de l'exécution du contrat. Le projet s'inscrit dans le Plan Climat Énergie de Nantes Métropole et aujourd'hui dans la feuille de route pour la transition énergétique. Il est aussi intégré à l'économie circulaire pour le réemploi, le recyclage et la valorisation énergétique des déchets.

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX ET SOCIAUX

> Limiter les émissions des polluants et des GES.

Les carburants sont des contributeurs importants en termes d'impacts écologiques pour la collecte à travers leur émission des particules fines et de GES.

Nantes Métropole a introduit des clauses dans le contrat visant à inciter le prestataire à organiser les collectes de manière à minimiser les distances parcourues, par conséquent à réduire les consommations de carburant donc les émissions de GES. De plus, les impacts sont réduits par exemple en utilisant des lève-bacs électriques ou en optant pour des motorisations limitant la consommation de carburant.

De plus, le système de pré-collecte Tri'sac des déchets mis en place par la Métropole, (sacs bleus et jaunes mis ensemble dans les bas et triés sur un site de manière automatique) permet de réduire les tournées de collecte.

> Améliorer la qualité de la collecte des déchets.

Sur la partie collecte, les véhicules qui ont des lève-bacs électriques, génèrent moins de bruit pour les usagers.

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Pour les prestations de collecte réalisées en régie, la réglementation prévoit une contrainte environnementale avec des véhicules propres pour le parc des collectivités territoriales et l'État.

Au plan national, des obligations globales de réduction des consommations d'énergie et d'atténuation des émissions de GES sont définies, mais ne sont pas déclinées au niveau local des métropoles.

Il existe des recommandations, comme dans le guide GEM Climat, pour intégrer dans la commande publique des critères de choix liés au changement climatique.

Globalement, l'intégration de critères de développement durable dans les marchés publics relève de l'initiative des collectivités. Nantes Métropole s'est dotée d'un Schéma de Promotion des Achats Responsables en 2017 pour définir ses objectifs et ses priorités, notamment en matière de transition énergétique. À ce jour les objectifs de réduction des consommations de carburant pour la collecte ne sont pas encore déclinés et précis.

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

CONCEPTION

Une étude de diagnostic et d'optimisation sur les marchés de collecte a été réalisée par le bureau d'études Verdicité en 2007. Elle a permis de réduire les fréquences de collecte sur les précédents marchés. La collecte des ordures ménagères est passée d'une fréquence de une à six fois par semaine à une fréquence de une à deux fois par semaine. En ce qui concerne les déchets recyclables, la Métropole est arrivée à optimiser la collecte et une redevance spéciale a été appliquée pour les producteurs non ménagers.

L'étude a également permis d'orienter les choix pour les marchés passés en 2010. En 2012, le Bilan des Emissions de Gaz à Effet de Serre (BEGES) a démontré l'importance des émissions de GES liées à la collecte des déchets.

OBJECTIFS FIXÉS

- Optimisation des circuits et des kilomètres parcourus.
- Utilisation des carburants alternatifs.



Collecte des bacs en soirée © Nantes Métropole

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS

2007

Étape 1

> Réalisation d'étude Verdicité.

2015 et 2016

Étape 2

> Demande de nouveaux véhicules.

2017

Étape 3

> Application du dernier marché qui a permis d'orienter les choix pour les marchés de collecte lancés en 2010.

RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

Pour les clauses Carbone, la Mission d'Intégration des Services Publics (MISP) propose d'accompagner le service et d'aider à la définition des besoins et le calibrage des critères ou clauses d'exécution. Les tableaux de suivi ont été mis au point en coordination.

Maître d'ouvrage

Nantes Métropole

Partenaires

Urbaser Environnement
SUEZ
Coved Environnement
Veolia

MOYENS TECHNIQUES

Moyens techniques :

Véhicules, mise en place des GPS pour optimiser les circuits et contrôler les kilomètres parcourus.

Maintenance et entretien :

Le prestataire fournit le personnel et les véhicules.

MOYENS FINANCIERS

Coûts

Le coût est intégré dans les investissements de marché et amortis sur la durée du marché.

Financement

Le service est financé par la taxe d'enlèvement des ordures ménagères récoltée par Nantes Métropole.

SUIVI ET ÉVALUATION

QUEL SUIVI ?

Un suivi de l'engagement kilométrique pris par les prestataires dans le cadre de leur marché est réalisé.

QUELS INDICATEURS ?

Les indicateurs concernent les émissions de CO₂ évitées, sur la base des facteurs d'émissions de l'ADEME, tenant compte des émissions de la fabrication du carburant et de sa combustion.

Pour appréhender les émissions de GES, Nantes Métropole utilise les comparatifs suivants :

- > équivalent en émissions d'un habitant ;
- > équivalent en années de chauffage au gaz d'un appartement à Nantes ;
- > équivalent en nombre de tours du monde en avion.



Aperçu du système de guidage par GPS dans les véhicules
© Nantes Métropole

RETOUR D'EXPÉRIENCE BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

- > Le projet incite à réfléchir sur les circuits de collecte et sur les processus d'optimisation.
- > Le projet est mené en cohérence avec les autres politiques publiques intégrées dans le Plan Climat et dans la feuille de route de la transition énergétique.

OBSTACLES

- > Ce type d'action a un coût sur le budget de la collectivité et complexifie le cahier des charges : il faut suivre davantage de périmètres et d'indicateurs.
- > Les lèves-bacs électriques sont limités en puissance.

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

- > Les prestataires de collecte doivent être guidés dans cette démarche qui est nouvelle pour eux.
- > Les équipements spécifiques (benne, lève-conteneurs électriques) doivent pouvoir être amortis sur la durée du marché.
- > Le suivi d'une telle démarche nécessite des ressources internes à la collectivité.

PERSPECTIVES

Il faut trouver un bon terrain d'entente entre la théorie et la pratique pour avancer.



Des camions en stationnement © Nantes Métropole

« Il est important que les politiques se déclinent dans les marchés publics. Il s'agit d'impliquer les entreprises du territoire au côté de la collectivité qui ne peut agir seule. »

Laurence Dausque

EN SAVOIR PLUS:

Personne référente

Laurence Dausque, Nantes Métropole

Localisation

Les circuits de la collecte se déploient dans toute l'agglomération



RÉGION :
Pays de la Loire

PORTEUR DU PROJET :
Syndicat Mixte Centre Nord Atlantique (SMCNA)

THÈMES : **Lutte contre le gaspillage alimentaire, prévention déchets**

TERRITOIRES :
Syndicat Mixte Centre Nord Atlantique

COÛTS : **970 k€**

DATES :
2016 - 2019

APPEL À PROJET RÉFÉRENT :
« Territoire Zéro Déchet Zéro Gaspillage » - ADEME

RÉSULTATS ATTENDUS : **Diminuer la quantité de déchet de 3% en trois ans**

SMCNA : Territoire zéro déchet, zéro gaspillage ?

CONTEXTE ET ENJEUX

Le Syndicat Mixte Centre Nord Atlantique (SMCNA) compétent pour le traitement et la valorisation des déchets des cinq communautés de communes (40 communes) membres :

- > Communauté de communes du Pays de Blain ;
- > Communauté de communes d'Erdre et de Gesvres ;
- > Communauté de communes de Pontchâteau-Saint Gildas des Bois ;
- > Communauté de communes de la Région de Nozay ;
- > Communauté de communes Estuaire et Sillon.

En lien avec ses collectivités membres, il a répondu à l'appel à projets « Territoire zéro déchets, zéro gaspillage » de l'ADEME. Il a éga-

lement entrepris de faire évaluer la démarche en signant un Contrat d'Objectifs Déchets et Economie Circulaire (CODEC) avec l'ADEME.

L'objectif du projet est de diminuer la quantité de déchets de 3% en trois ans.

Pour cela trois grands axes de travail ont été identifiés :

- > le broyage des déchets verts (aide à la location de broyeurs) ;
- > la lutte contre le gaspillage alimentaire (formation des acteurs en lien avec la restauration scolaire) ;
- > le réemploi, la réparation et l'économie circulaire (Recyclerie, Répar'acteur, EIT, ...).

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

L'objectif est de réduire les déchets pour baisser le recours à l'enfouissement pour les déchets résiduels.

La diminution de la quantité de déchets permet de limiter les coûts de transport, de traitement, de réduire les émissions de CO₂ et la production de lixiviats issus de l'enfouissement.

ENJEUX SOCIAUX

Le projet est directement lié à l'émergence ou à la consolidation d'une économie de territoire. Il s'agit de développer les coopérations au niveau des entreprises, de mettre en place de nouveaux services.

Un travail spécifique est mené sur l'alimentation : apprendre à mieux s'alimenter en faisant appel aux structures du territoire et permettre le renforcement de l'économie agricole.

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Le contexte réglementaire global est plutôt favorable car cette démarche s'inscrit pleinement dans les objectifs de la loi sur la transition énergétique pour la croissance verte d'août 2015, de réduction de 10% à échéance 2020 les déchets ménagers et valorisation de ceux produits.

Sur le territoire, les possibilités de tri vont encore s'élargir dans les années qui viennent. En effet, l'extension des consignes de tri (ECT) à l'ensemble des emballages plastiques comme les pots de yaourts par exemple va permettre de recycler davantage et donc de diminuer encore les quantités de déchets résiduels enfouis.

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

CONCEPTION

L'initiative de la réponse à l'Appel à projets « Territoire Zéro Déchet Zéro Gaspillage », de décembre 2014 de l'ADEME, et les actions du syndicat s'inscrivent dans la poursuite de celles déjà menées par les collectivités membres (Plan Local de Prévention, PLP). Pour initier le projet, une étude de caractérisation des déchets sur leur type, nature, et quantité a été réalisée pour chaque territoire de chacune des collectivités.

OBJECTIFS FIXÉS

Objectifs quantitatifs :

- > Dans le cadre de la convention CODEC signée avec l'ADEME, une diminution de 1% par an des déchets ménagers et assimilés est attendue.
- > Au delà, il s'agit de réduire la part de déchets destinés à enfouissement (actuellement 34% de la masse totale soit 203 kg/hab).

Objectifs qualitatifs :

De nombreuses actions et réflexions sont également menées dans le cadre de ce projet en lien avec la prévention des déchets :

- > poursuivre le déploiement du réemploi, promouvoir l'économie sociale et solidaire ;
- > renforcer la sensibilisation dans les entreprises, les cantines, les établissements de santé ;
- > réfléchir sur les modes de financements : redevance incitative (CCRN, CCEG et CCLS y sont déjà, CCRB : passage 1er janvier 2019), redevance spéciale (Pays de Blain et CCPSG) ;
- > modifier les pratiques d'achat public : intégration de critères de performances environnementales, élargir la démarche à la réduction d'impact sur le climat et analyse du cycle de vie (ACV) ;
- > soutenir les filières REP (responsabilité élargie des producteurs) existantes et favoriser l'émergence d'autres filières responsabilité élargie du producteur (REP).

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS

| 2015 | septembre 2016 | début 2017 | sept à déc 2017 | 2018 | 2019 |
|--|---|---|---|---|---|
| Étape 1 | Étape 2 | ... | ... | ... | Étape n |
| <ul style="list-style-type: none"> > Réponse Appel à Projet « Territoire zéro déchet, zéro gaspillage ». | <ul style="list-style-type: none"> > Mise en place de bons de réduction pour la location de broyeurs. > Soutien au réseau recyclerie. | <ul style="list-style-type: none"> > Signature d'un Contrat d'Objectif Déchets et Économie Circulaire (CODEC) avec l'ADEME. > Lancement de l'axe « Lutte contre le gaspillage alimentaire » En partenariat avec le GAB 44. > Partenariat avec la Chambre des Métiers et de l'Artisanat (CMA) pour les actions de réemploi, recyclage. | <ul style="list-style-type: none"> > Formation des animateurs « réduction du gaspillage alimentaire et alimentation durable » dans les restaurants scolaires pilotes. | <ul style="list-style-type: none"> > Déploiement sur les collectivités du syndicat. > Test de zones de dons en déchèteries. | <ul style="list-style-type: none"> > Essaimage sur d'autres restaurants scolaires. > Réflexion sur un nouveau schéma directeur du réemploi. |

RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

Maître d'ouvrage

Syndicat Mixte Centre Nord Atlantique (SMCNA)

Partenaires

Co-financeur : **ADEME**

Les cinq communautés de communes membres

Opération sur la suppression des sacs plastiques :

Association Consommation Logement Cadre de Vie (CLCV)

Recyclerie : **Association Accès Réagis/Aire et Trocants**

réparation, réemploi, économie circulaire, travail avec les acteurs économiques du territoire :

Chambre de Métiers et de l'Artisanat

Gaspiillage alimentaire et approvisionnement durable :

Groupe d'Agriculteurs Bio/Aux Goûts Du Jour

Acteurs économiques : **Les loueurs du territoire**

Sensibilisation Zéro déchets, ateliers de ramassage et collecte

de déchets : **Association les Têtàpoux**

Les groupes d'entreprises (EIT)

MOYENS TECHNIQUES

Boîtes à outils pour le gaspiillage alimentaire, caissons maritimes pour la recyclerie, palettes, pinces à déchets etc.

MOYENS FINANCIERS

Coûts

970 k€ sur 3 ans hors études préalables

Financement

50% **ADEME**
50% **autofinancement**

SUIVI ET ÉVALUATION

QUEL SUIVI ?

Le suivi du projet est réalisé une fois par an. Trois axes doivent pouvoir être évalués : l'écologie industrielle et territoriale, le taux d'enfouissement des déchets, et le taux de réduction des déchets.

QUELS INDICATEURS ?

Indicateur de flux de déchets

L'idée a été de conserver les indicateurs en place :

- > baisse des quantités d'OMR et OMA /hab/an ;
- > tonnages détournés de l'enfouissement par réemploi ;
- > traçabilité.

Une réflexion a été menée sur les possibilités de disposer d'une meilleure quantification des flux de déchets: les pistes suivies sont la mise en œuvre d'une opération MODECOM, la caractérisation de la benne tout venant...

Un travail spécifique est mené pour une quantification et des actions de sensibilisation associées visant à la diminution des flux en déchèterie (recyclerie, test zones de dons, ...).

Un suivi plus régulier à une fréquence semestrielle est envisagé.

Indicateurs de participation

Nombre de participants à des animations. Nombre d'animation de sensibilisation.

Indicateurs de changement de comportements

Nombre d'utilisateurs efficaces. Indicateur obtenu par le biais d'une enquête terrain.

QUEL BILAN ?

Beaucoup de choses ont été mises en place, les partenaires sont satisfaits. Il faut développer d'autres actions pour étoffer celles qui ont été lancées.

RETOUR D'EXPÉRIENCE BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

> **Les bénéficiaires directs sont les habitants et les structures du territoire qui dépendent du service de traitement des déchets.**

> **Pour les collectivités, il y a un bénéfice économique : moins il y a de déchets, moins la part à faire payer aux administrés est importante. Un autre bénéfice est de pouvoir créer de la transversalité entre les différents métiers d'un territoire, cela crée des synergies positives.**

OBSTACLES

> La réduction des déchets et l'augmentation du recyclage et du réemploi butent parfois sur le manque de filières locales pour les prendre en charge. Il y a une difficulté réelle à disposer du flux à recycler et des filières de recyclage dans une même échelle de temps.

> Les acteurs économiques sont parfois fragiles. Le projet a été ralenti par le désengagement de certains partenaires.



Atelier broyage Grandchamps des Fontaines (CEG) – 2018

Source : Service déchets CCEG

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

> Connaître l'historique des relations entre les structures, ce qui est propre à chaque territoire.

> Travailler en réseau, mettre en place des instances de concertation.

> Travail à mener en partenariat avec les collectivités et acteurs économiques du territoire.

> Trouver des passerelles entre les thématiques, créer des synergies de territoires qui permettront aussi de démultiplier les effets par des actions de bénévolat.

> Réussir à trouver des points communs entre la structure porteuse et les partenaires pour que les partenariats soient constructifs et s'inscrivent dans la durée.

PERSPECTIVES

Le projet en lui-même est court (3 ans). La pérennité des actions lancées dépend du financement public et de la volonté politique.

« Le mode d'emploi ? Garder en tête les spécificités du contexte local. Cela permet de travailler en réseau et de mettre en place des instances de concertation. »

Nolwenn Chollet, Coordinatrice prévention / recyclerie

EN SAVOIR PLUS:

Sites

<https://www.smcna.fr/>

Personne référente

La Coordinatrice prévention – Recyclerie
coordination.prevention@smcna.fr

Localisation

Siège SMCNA : 9 rue de l'église – 44170 NOZAY
Site de traitement : Les Briulles – 44170 Treffieux



Atténuation



Adaptation

DEMOS : Dessalement d'Eau de Mer par Osmose Inverse Solaire



TERRITOIRES :
Bora Bora, Abu Dhabi

COÛTS : **3,5 M€**

DATES :
2015 - 2018

APPEL À PROJET
RÉFÉRENT : **ADEME,
Programme Réseaux
électriques intelligents
des investissements
d'avenir (PIA 2)**

RÉSULTATS ATTENDUS :
**Apporter de l'eau
potable aux espaces
insulaires en zone de
stress hydrique**

RÉGION :
Polynésie française

PORTEUR DU PROJET :
Mascara NT

THÈMES : **Ressource en
eau potable, Captage
et production**

CONTEXTE ET ENJEUX

Le projet de Dessalement d'Eau de Mer par Osmose Solaire (DEMOS) a pour objectif d'utiliser le **processus d'osmose inverse pour transformer l'eau de mer en eau potable**, tout en utilisant de l'énergie renouvelable solaire sans batteries de stockage pour la produire. Le concept a été démontré en 2015 sur un pilote implanté à Chartres travaillant avec de l'eau de mer synthétique. La technologie permettant ce processus s'appelle **OSMOSUN®** et a été développée par la société Mascara NT.

Au sein du projet DEMOS, deux démonstrateurs ont été mis en place. L'un à **Abu Dhabi**, en collaboration avec MASDAR, a montré de bonnes performances dans les pays du Golfe entre septembre 2016 et décembre 2017, puis a été démonté. L'autre à **Bora Bora**, avec la filiale de la Société Polynésienne des eaux filiale de SUEZ, de 2016 à 2018 pour étudier ses performances dans un contexte climatique tropical avec moins d'ensoleillement lors de la saison des pluies. Afin d'assurer une alimentation continue en eau potable, une solution hybride entre l'énergie solaire et l'énergie du réseau a été développée.

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX ET SOCIAUX

> Répondre à l'augmentation de la demande en eau.

Entre 2012 et 2050, il y devrait y avoir une augmentation de 2.3 milliards de personnes (plus de 40 % de la population mondiale) qui seraient amenées pour beaucoup à vivre dans une zone en situation de stress hydrique d'après l'OCDE. Il est donc nécessaire d'adapter l'utilisation de la ressource en eau notamment dans les pays émergents et les espaces insulaires qui seront fortement touchés.

> Réduire les émissions de gaz à effet de serre via la réduction des émissions de CO₂.

Le projet propose d'utiliser une énergie renouvelable qui ne produit pas de CO₂ contrairement à l'énergie fossile utilisée dans le procédé conventionnel.

> Fournir à la population des espaces insulaires un accès à l'eau potable moins coûteux par rapport à l'eau issue de procédés conventionnels.

Actuellement, 34 sites de la Polynésie française ne sont pas desservis en eau potable. L'objectif est que d'ici 2030, toutes ces populations y aient accès.

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Il y a deux contraintes réglementaires principales qui sont plutôt défavorables au projet :

> Les membranes d'osmose inverse doivent bénéficier d'un **Agrément de Conformité Sanitaire (ACS)** délivré par le Ministère de la Santé, afin d'être acceptables pour produire de l'eau potable. Cette procédure est très longue ce qui fait qu'on trouve peu de membranes bénéficiant d'un ACS (une seule membrane d'osmose inverse en France) ;

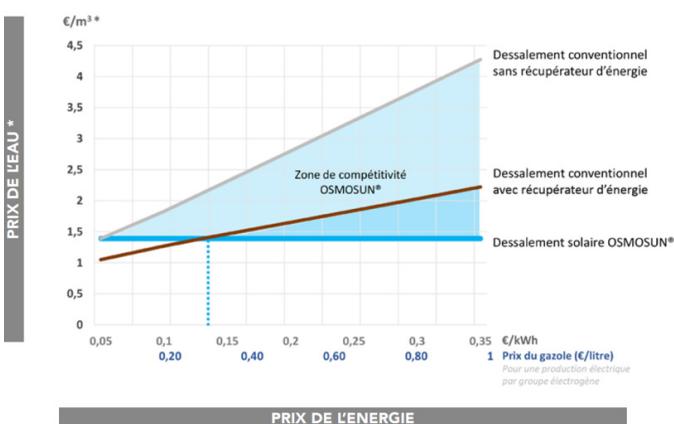
> en Polynésie française les taux de sodium, chlorure, et la conductivité sont fixés par un **décret datant de 1999** à des seuils inférieurs à ceux fixés par la **directive européenne** relative à la qualité des eaux destinées à consommation humaine (EU n°98/83/CE) et transposée dans la réglementation française.

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

CONCEPTION

Les études réalisées à Chartres par les Ingénieurs de Mascara-NT, sur un prototype OSMOSUN avec de l'eau de mer reconstituée et avec un simulateur du gisement solaire, ont permis de montrer la pertinence du concept.

Les données des sites de démonstration (topologie, couverture solaire, données de qualité d'eau de mer, etc.) ont été échangées avec les ingénieurs de MASDAR (société aux Emirats Arabes Unis construisant une smart city du même nom) et de la SPE (Société Polynésienne des Eaux).



OBJECTIFS FIXÉS

Sur le plan qualitatif, l'objectif est de fournir de l'eau potable définie soit selon une réglementation nationale, soit au regard des recommandations de l'OMS.

Sur le plan quantitatif, on vise à Abu Dhabi et Bora Bora une consommation d'énergie comprise **entre 2,7 et 3,0 kWh par m³** d'eau de mer, pour une salinité initiale comprise **entre 36,0 et 42,5 g/L**.

En comparaison, pour des installations de dessalement à énergie traditionnelle, la consommation est du même ordre pour des grandes installations, **mais beaucoup plus élevée pour des petites installations** (jusqu'à 6 ou 8 kWh /m³ d'eau de mer). Une petite installation est définie ici par une capacité de production de l'ordre de 80 m³ d'eau par jour mais qui peut atteindre 1000 m³ par jour. Aujourd'hui, des projets d'installations sont à l'étude pour atteindre des capacités de production modulaires de 600 m³ /j par unité.

Concernant les coûts, l'objectif est d'obtenir une production livrée sur le réseau pour moins de 1,5 €/m³.

Rentabilité de la technologie OSMOSUN® par rapport à une installation de dessalement conventionnelle consommant 5 kWh/m³; avec une eau de salinité 35 g/L

Source : D. Villessot, M. Vergnet, D. Vallon, 97e Congrès de l'ASTEE, Marseille

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS

2015

Septembre 2016

Décembre 2017

Fin 2018

Preuve de concept

> Définir les conditions nécessaires pour que l'idée initiale soit testée et validée et le prototype dimensionné.

Installation des démonstrateurs

> Installer un démonstrateur en concertation avec MASDAR à Abu Dhabi.
> Installer un démonstrateur à Bora Bora.

Validation des performances

> Valider les performances à Abu Dhabi.

Hybridation énergie solaire - réseau

> Hybrider courant continu photovoltaïque et courant alternatif du secteur du démonstrateur de Bora Bora pour assurer une production 24/24H, 7/7j.

Électro-chlorateur

> Compléter la chaîne de traitement et production d'eau potable avec un électrochlorateur solaire testé en Savoie au mois de mai.

Études de performances

> Réaliser des études de performances et d'amélioration possible des équipements actuels.

RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

14 personnes : 6 de Mascara NT, 2 de l'IEM, 6 de SUEZ

Maître d'ouvrage

Mascara NT

Partenaires

Financement : **ADEME**

Maintien/suivi : **SUEZ, Société Polynésienne des Eaux**

Recherche sur le vieillissement des membranes :

Institut Européen des Membranes, Université de Montpellier

MOYENS TECHNIQUES

Acquisition de données par télétransmission

Maintenance et entretien assurés avec le concours des agents de la Polynésienne des eaux

MOYENS FINANCIERS

Coûts

Travaux de recherche préalable, construction et conception des démonstrateurs, essais sur sites : 3,8 M€

Exploitation et maintenance : à déterminer
(objectifs : production < 1,5 €/m³)

Financement

PIA 2 ADEME : 1,7 M€ sous forme de subventions allant à Mascara NT et aux sous-traitants dont l'IEM : 900 k€
À SUEZ et à la Société Polynésienne des Eaux : 800 k€
2,1 M€ sous-forme d'avance partiellement remboursable par Mascara-NT

SUIVI ET ÉVALUATION

QUEL SUIVI ?

Le suivi est informatisé et télétransmis au siège de SPE et de Mascara NT à Chartres.

QUELLE FRÉQUENCE ?

Toutes les semaines initialement puis toutes les deux semaines.

QUELS INDICATEURS SPÉCIFIQUES ?

Les tests sont journaliers et mesurent les énergies captées, les quantités d'eau produites, la qualité en termes de salinité, concentrations en chlorures et sodium, la conductivité, et la consommation en énergie électrique.

QUELLES DIFFICULTÉS ?

Pas de difficulté particulière car le suivi est automatisé. Parfois quelques difficultés de disponibilité des outils de télétransmission.

| Paramètres de performances garantis | Unité | Valeur limite | Valeur obtenue |
|--|--------------------|---------------|----------------|
| Production nette de perméat selon l'irradiance disponible ¹ | m ³ /j | 30 | 29,162 |
| Qualité du perméat (TDS) ² | mg/l | < 1.000 | 651 |
| Consommation énergétique globale de l'unité/m ³ de perméat ³ | kWh/m ³ | < 3,8 | 3,23 |
| Disponibilité de l'unité | % | > 83 | 105 |
| Teneur en Bore | B mg/l | < 2,4 | 1,4 |

¹ Ou capacité nominale de production sous irradiance 275 W/m²

² TDS eau de mer : 42g/l

³ Pompes de forage et de gavage de l'unité d'osmose inverse

Performances mesurées à Abu Dhabi

Source : completion tests signés par MASDAR

QUEL BILAN ?

> Objectifs atteints à Abu Dhabi.

> À Bora Bora, l'ensoleillement est beaucoup moins régulier, ce qui provoque des arrêts fréquents. Des optimisations réalisées en conséquence ont permis de réduire la puissance consommée en fonctionnement, entraînant deux fois moins d'arrêts machine et permettant de gagner 10 m³ d'eau produite par jour.

RETOUR D'EXPÉRIENCE, BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

> Production d'eau potable à partir d'eau de mer par énergie décarbonée, et à terme, sans utilisation de réactifs chimiques.

> Réduction de la concentration en sels des saumures produites par rapport aux procédés de dessalement conventionnels. Ces saumures, lorsqu'elles sont fortement concentrées, peuvent provoquer des chocs osmotiques nuisibles pour la faune et la flore lorsqu'elles sont rejetées en mer.

> Production de chlore par électro-chloration solaire, utile pour la désinfection de l'eau.

> Développement d'une solution innovante en fonctionnement hybride entre l'énergie solaire en courant continu et le réseau principal en courant alternatif. Elle permet à l'unité de fonctionner en continu, 24/24h, 7/7j, et de multiplier la capacité de production par 2 ou 2,5 pour un même investissement.

OBSTACLES

> **Obstacles psychologiques, propres à l'innovation.**

Il faut démontrer les performances pour convaincre les décideurs et les investisseurs.

> **Obstacles technologiques.**

L'énergie solaire est irrégulière, contrairement à l'énergie carbonée, ce qui entraîne des variations de pression susceptibles d'altérer les membranes d'osmose inverse. Ce frein a été levé au cours du projet grâce à des accumulateurs tampons hydrauliques et un pilotage automatisé. Il a été confirmé par les essais sur bancs hydrauliques de l'ITEM.

> **Obstacles sur la surface disponible pour les panneaux solaires.**

D'une part, il faut optimiser la surface à utiliser pour les panneaux solaires car à l'heure actuelle, 5 à 7 m² de panneaux sont nécessaires par mètre cube d'eau produite. De l'autre, il n'y a pas de cadastre en Polynésie et on ne sait pas toujours à qui appartiennent les terrains. Cela peut retarder les projets de deux ou trois ans parfois.



Vue du générateur solaire de 60kWc de l'installation de l'OSMOSUN@80 – Source : Mascara-NT

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

Pistes d'amélioration :

> Réflexions approfondies sur l'emplacement des panneaux photovoltaïques ;

> Trouver comment optimiser le prétraitement.

Enseignements utiles à d'autres territoires :

> disponibilité du terrain pour les panneaux solaires ;

> possibilité d'accès à une prise d'eau de mer de bonne qualité (type « beach-well »). Sinon réflexion sur le prétraitement.

Couplage d'un savoir-faire solaire et d'un savoir-faire de dessalement par des membranes d'osmose inverse. L'hybridation entre énergie du réseau et l'énergie solaire permet notamment d'améliorer les performances.

PERSPECTIVES

Projet ECODESS orienté sur deux axes :

> chercher à optimiser le prétraitement de l'eau de mer ;

> augmenter les capacités de production grâce à une amélioration de la capture de l'énergie solaire, l'hybridation, et à un processus de dessalement revisité ;

> Commercialisation avec des premiers succès (Rodrigues, Mozambique, Cap Vert, Afrique du Sud).

« Il est nécessaire de prendre en compte les spécificités du gisement solaire pour définir une filière de dessalement par osmose inverse pour divers usages (domestiques, industrie, irrigation, etc.) »

Daniel Villessot

EN SAVOIR PLUS:

Daniel Villessot, Marc Vergnet, Didier Vallon, Titouan Garel, Jean Chesneau, TSM 2019, 1/2, pp 27-38

Sites internet

www.ademe.fr/invest-avenir

www.mascara-nt.fr

www.astee.org/evenement/97eme-congres-de-lastee/

Personnes référentes

Marc Vergnet, Président de Mascara-NT

Daniel Villessot, DV-consulting

Localisation

Abu Dhabi et Bora Bora



Projet « Vaimarama » Production électrique à Papeete par turbinage d'eau potable



TERRITOIRES : Tahiti

COÛTS : 144 k€ TTC

DATES :
2012 - 2015

RÉGION :
Polynésie française

PORTEUR DU PROJET :
Société Polynésienne
des Eaux

THÈMES : Réduction
des GES, énergie
renouvelable,
environnement

APPEL À PROJET
RÉFÉRENT :
Proposition de la
municipalité

RÉSULTATS ATTENDUS :
Couvrir 80% des
besoins énergétiques
de la SPE à Papeete
par des énergies
renouvelables

CONTEXTE ET ENJEUX

La Société Polynésienne des Eaux (SPE), filiale du groupe SUEZ, est délégataire du service public d'eau potable de la commune de Papeete. En 2009, la collectivité a sollicité la SPE pour réfléchir à l'utilisation du potentiel hydro-électrique du réseau d'eau potable, l'objectif à terme étant de réduire les besoins et d'augmenter l'autonomie énergétique. Cette initiative a conduit au lancement du projet en 2012, mené par la SPE, avec le soutien financier de :

- > la représentation territoriale de l'ADEME en Polynésie française ;
- > la défiscalisation Outremer.

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX ET SOCIAUX

> Réduire l'impact sur l'environnement.

En réduisant l'utilisation d'hydrocarbures, le projet vise à diminuer les pollutions locales susceptibles d'affecter l'environnement terrestre et marin, notamment les récifs coraliens frangeant du littoral de Tahiti.

> Réduire les émissions de gaz à effets de serre via la réduction des émissions de CO₂.

Le projet utilise une énergie renouvelable qui ne produit pas de CO₂, contrairement à l'énergie fossile utilisée dans le procédé conventionnel. Il s'agit ici de remplacer l'usage d'hydrocarbures pour produire l'électricité utilisée par la SPE pour la production et la distribution de l'eau potable, par de l'électricité renouvelable.

> Fournir à la population des espaces insulaires un accès à l'eau potable moins coûteux par rapport à l'eau issue de procédés conventionnels.

Pour couvrir ses besoins en énergie, la SPE utilisait l'électricité du concessionnaire (à 70% d'origine fossile) dont le coût actuel est de l'ordre de 0,20€/Kwh. L'objectif est ici de baisser ce coût et de le stabiliser, alors que le prix des hydrocarbures augmentera dans le long terme. Cela doit permettre de réduire l'impact du coût de l'énergie sur le prix de l'eau potable payé par la population de Papeete.

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Des contraintes réglementaires à surmonter :

- > Le contexte réglementaire est peu favorable à ce type de projet, car il est peu adapté aux petites installations. En effet, les procédures d'instruction sont les mêmes pour une puissance de 20 kW que pour une puissance de 500 kW ;
- > Le coût de rachat de l'électricité hydroélectrique est très bas (0.1€/kwh), puisqu'il est inférieur au coût annoncé de production thermique (0.15€/kwh). Cette situation ne pousse pas au développement des énergies renouvelables, pour les opérateurs qui revendent leur électricité à Electricité de Tahiti (EDT).



GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

CONCEPTION

Des études internes à la SPE ont été réalisées afin de caractériser les sites potentiels. Les études de dimensionnement des sites retenus ont été menées à bien par un bureau d'étude technique spécialisé, MHYLAB, incluant la consultation de nombreux fournisseurs d'installations de turbinage.

Le projet comporte deux microturbinés de type pompes inversées de puissance nominale 15 et 30 kW.

La durée de vie prévue est de 15 ans.



Installations de turbinage de la SPE à Titioro (Papeete, Tahiti)

Crédit : Michel Lafforgue

OBJECTIFS FIXÉS

L'objectif affiché est de réduire la facture d'achat électrique de la SPE, et de disposer d'un mix énergétique (diversification des sources d'énergie) en réduisant la part actuelle des hydrocarbures. L'objectif est d'avoir 30% d'énergie renouvelable au niveau global de l'ensemble des consommations électriques de la SPE. Au niveau local à Papeete (Tahiti), il y a un potentiel hydroélectrique disponible sur les réseaux d'eaux existants permettant de viser une production d'électricité par turbinage d'environ 130 MWh/an sur une consommation totale de 160 MWh/an du siège de la SPE à Titioro (Papeete).

L'objectif fixé dans le cas spécifique du projet de turbine Vaimarama à Titioro portait sur la production par la turbine de 95 MWh/an, pour une économie escomptée de 22,6 k€/an.

Les bénéficiaires principaux attendus sont la SPE et les habitants de la commune de Papeete.

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS

| 2012 | Fin 2012 | 2012-2014 | 2014 | Début 2015 | Fin 2015 |
|--|--|------------------------------------|--|--------------------------------------|-------------------------------|
| Études techniques | Montage dossiers administratifs | Obtention des autorisations | Consultation des fournisseurs | Construction | Mise en œuvre |
| > Identification des sites, et dimensionnement des installations (six mois). | > Préparation des dossiers administratifs (quatre mois). | > Deux ans de délai. | > Un an de consultation et choix de l'entreprise de travaux. | > Six mois de délai de construction. | > Deux mois de mise en œuvre. |

RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

Bureau d'étude MHYLAB pour le dimensionnement
SPE pour la conception, construction et exploitation

Maître d'ouvrage

Société Polynésienne des Eaux

Exploitation/suivi

Partenaires

Financement :

ADEME, Société Polynésienne des Eaux, SUEZ

Défiscalisation Outremer

Exploitation/suivi :

Société Polynésienne des Eaux

MOYENS TECHNIQUES

Suivi hebdomadaire.

Maintenance et entretien assurés par les agents de la Polynésienne des eaux, suivant les recommandations du fournisseur.

MOYENS FINANCIERS

Coûts

Conception et construction : 133 k€ HT, 144 k€ TTC
(Conception 5%, réalisation 95%)

Exploitation et maintenance : 6,6 k€/an

Financement

ADEME : 36 k€ TTC

Défiscalisation Outremer : 17 k€ TTC

Société Polynésienne des Eaux : 91 k€ TTC

SUIVI ET ÉVALUATION

QUEL SUIVI ?

Sur la base des recommandations du fournisseur.

Maintenances préventives selon les fréquences et recommandations des fournisseurs (environ une fois par semaine).

QUEL BILAN ?

> En 2015 : production de 83,5 MWh, légèrement en deçà des objectifs en raison d'une fuite sur le réseau.

> En 2016 : réparation de la fuite et travaux complémentaires. La production atteint 130 MWh, soit une économie de plus de 26 k€.

> En 2017 : la production atteint 141 MWh, bien au-delà de l'objectif assigné.

| | | | 2015 | 2016 | 2017 |
|-----------|-------------------|--------|------|------|------|
| OBJECTIFS | Production | Mwh/an | 95 | 95 | 95 |
| | Économie | k€/an | 22.6 | 22.6 | 22.6 |
| RÉALISÉS | Production | Mwh/an | 83.5 | 130 | 141 |
| | Économie | k€/an | | 26 | >26 |

Comparaison des objectifs assignés de productions et économies budgétaires avec les résultats effectifs

Source : H. Carle (SPE)

RETOUR D'EXPÉRIENCE, BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

> **Faibles investissements en regard d'autres ressources renouvelables** : en comparaison avec les barrages hydro-électriques, le microturbinage sur canalisation d'eau potable demande peu de travaux.

> **Peu de modifications environnementales ou pollutions visuelles** : en comparaison avec la production d'énergie par panneaux solaires, ce microturbinage ne génère pas de déchets futurs. Par rapport à l'énergie éolienne, la production d'énergie est plus maîtrisable et constante.

> **Réduction des émissions de gaz à effet de serre** : les 160 MWh/an d'électricité consommée par la SPE à Papeete était majoritairement originaire d'énergie fossile. Plus de 80% de cette électricité est désormais produite par turbinage.

> **Économies budgétaires** : le projet a coûté 144 k€ TTC. L'économie budgétaire réalisée est de 26 k€/an (économie qui devrait s'accroître avec le renchérissement du prix des hydrocarbures). Les investissements seront donc amortis en moins de six ans. Avec une durée de vie des équipements de 15 ans, le projet générera des économies, qui permettront de réduire la facture d'eau des usagers desservis par SPE.

OBSTACLES

> Obstacles réglementaires

Le traitement réglementaire était fastidieux car il n'y a pas de différenciation suivant la taille du projet. Deux ans ont été nécessaires pour l'obtention de l'autorisation.

> Obstacles techniques

Il faut bien intégrer les contraintes liées aux réseaux de distribution d'eau potable. Les installations et notamment les turbines doivent avoir la certification Attestation de Conformité Sanitaire (ACS).

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

Pistes d'amélioration

> Bien anticiper les contraintes réglementaires.

Enseignements utiles à d'autres territoires

> Le microturbinage sur adduction d'eau potable permet à la fois de disposer d'une énergie renouvelable, pérenne, et économiquement rentable.

> Il faut être vigilant sur la technicité du projet, en choisissant des sites, des turbines ou des paramètres de fonctionnement adaptés au cas par cas.

PERSPECTIVES

En Polynésie française, 70 % de l'énergie électrique provient d'énergie fossile. La mise en place de micro-turbines sur canalisation d'adduction d'eau potable est une vraie option à rechercher sur d'autres sites. Un autre projet similaire est développé à Nuku Hiva dans les Îles Marquises.

« Le projet répond à l'augmentation de consommation d'énergie fossile pour la production d'électricité en la remplaçant par une énergie renouvelable qui diminue ses impacts sur l'environnement. »

Heimata Carle

EN SAVOIR PLUS:

Sites internet

www.ademe.fr/emr

www.polynesie-francaise.ademe.fr

www.polynesienne-des-eaux.pf

Personne référente

Heimata Carle, Responsable du Développement commercial Polynésienne des Eaux

Localisation

Siège de la SPE, vallée de Titiro, Papeete, Tahiti



L'assainissement de Marseille face aux changements climatiques



RÉGION :
Sud Provence-Alpes-
Côte d'Azur

PORTEUR DU PROJET :
SERAMM

THÈMES :
Assainissement

TERRITOIRES :
Métropole Aix
Marseille Provence

COÛTS :
500 k€ HT par an

DATES :
À partir de 2018

INITIATIVE : **Constat de Seramm sur les mauvaises odeurs et la montée du niveau de la mer**

RÉSULTATS ATTENDUS :
Réduction des odeurs, sécurité du personnel, maintien des ouvrages et de leur fonctionnement

CONTEXTE ET ENJEUX

Le réseau d'assainissement de la ville de Marseille date de la fin du 19^{ème} siècle. Il est exploité par le Service d'Assainissement Marseille Métropole (SERAMM), filiale du groupe SUEZ. Le territoire rencontre déjà des dysfonctionnements du système d'assainissement liés à l'augmentation des températures de l'air, de l'eau, et du niveau de la mer. Depuis les années 1980, la température de l'air a augmenté de 1,5°C, et la température des effluents dans les réseaux a augmenté de 2 à 3°C. Le niveau de la mer est, quant à lui, monté de 20 cm depuis la fin du 19^{ème} siècle.

Face à ces problématiques liées aux changements climatiques, SERAMM a mis en place un plan de lutte contre les odeurs et particulièrement celles liée à l'hydrogène sulfuré (H_2S), avec une analyse des expériences menées dans d'autres villes, un outil cartographique, une modélisation des phénomènes en réseau et des solutions techniques. Une réflexion sur la gestion des déversoirs d'orage est également engagée pour contrer la montée du niveau de la mer.

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

> Hausse des températures.

La hausse des températures a des conséquences sur les activités biologiques dans les effluents en réseau, et en particulier sur les bactéries sulfato-réductrices qui transforment les sulfates en sulfures. Les sulfures peuvent ensuite se transformer en H_2S qui pose plusieurs problèmes : mauvaises odeurs, danger pour les agents qui interviennent dans les réseaux, corrosion des infrastructures, perturbation du fonctionnement des stations d'épuration.

> Hausse du niveau de la mer.

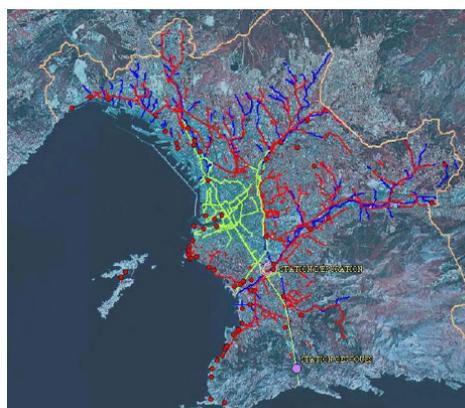
Lors de régimes dépressionnaires, l'eau de mer peut entrer dans le réseau par les déversoirs d'orage, ce qui contrarie d'une part leur fonctionnement s'il pleut et d'autre part apporte des eaux salées à la station d'épuration, ce qui gêne le traitement biologique.

ENJEUX SOCIAUX

Les plaintes pour odeurs ont grandement augmenté ces dernières années avec environ 300 plaintes par an dans les années 2000 et jusqu'à 600 plaintes en 2018. Une sociologue travaille également sur le projet pour recueillir le ressenti des riverains. Une application a été développée pour cartographier les odeurs.

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Il n'existe pas de réglementation sur les odeurs en réseau d'assainissement. Les stations d'épuration sont soumises à la réglementation ICPE, mais il n'y a rien sur les pollutions olfactives diffuses issues des réseaux. Seule une réglementation existe sur la sécurité des travailleurs pour les interventions dans les espaces confinés avec des valeurs d'exposition. Lorsque les valeurs sont dépassées, le personnel a l'obligation d'évacuer et de se mettre en sécurité. En été, dans certains ouvrages il peut y avoir trop d' H_2S pour intervenir.



Réseau unitaire
Réseau sanitaire
Réseau pluvial

Réseau d'assainissement de la ville de Marseille
Source : SERAMM

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

RÉALISATION

Pour lutter contre les odeurs et l' H_2S un plan d'actions concrètes est mis en place :

> retour d'expériences avec des confrères afin d'identifier les solutions qui fonctionnent ailleurs ;

> réalisation d'une cartographie des odeurs pour voir où agir en priorité et permettre d'évaluer les résultats obtenus ;

> modélisation des sulfures pour en comprendre la dynamique dans les réseaux d'assainissement : une augmentation de la température de l'effluent de 3°C induit 20% de sulfures en plus par rapport aux années 2000, ce qui se traduit par 300 plaintes supplémentaires par an ;

> tests numériques et expérimentations sur le terrain, comme diluer les effluents par temps sec avec des apports d'eau de rivière, ou encore introduire de l'oxygène dans les réseaux pour diminuer l'activité des bactéries sulfato-réductrices ;

> pendant les mois d'été, certains ouvrages posent problème car il y a trop d' H_2S . En effet il y a des seuils à ne pas dépasser donnés par la VLE (Valeur limite d'exposition) fixée à 10ppm et par la VME (Valeur moyenne d'exposition) fixée à 5ppm. Aujourd'hui tout le personnel est équipé de détecteurs d' H_2S , CO, O₂ et Explosivité. Lorsque la VLE est dépassée, le travail est interdit. Soit le personnel ne descend pas, soit il évacue s'il est dans l'ouvrage, après avoir mis un masque auto-sauveteur ;

> le Service Clientèle reçoit les plaintes, les redirige vers le Service Enquête qui va analyser le problème sur site. En solution immédiate, il est possible de mettre en place un « Désodav ». Ce dispositif diffuse automatiquement et à intervalles réguliers un produit neutralisant d'odeurs dans l'avaloir incriminé. En solution plus pérenne, l'effluent du collecteur peut être traité avec un produit qui va neutraliser la formation d' H_2S . Enfin, les avaloirs peuvent aussi être équipés de clapets pour ne pas laisser remonter les mauvaises odeurs de l'égout vers la surface.

OBJECTIFS FIXÉS

À court terme, les principaux objectifs sont de lutter contre l' H_2S pour garantir la sécurité du personnel d'exploitation, réduire le nombre de plaintes des riverains, préserver le patrimoine et ne pas gêner la station d'épuration.

À plus long terme, Marseille sans odeurs pour les JO 2024.

Un schéma directeur de modernisation des déversoirs doit être réalisé par rapport à la montée du niveau de la mer.

**+3°C SUR LES EFFLUENTS
EN RÉSEAU INDUISENT
20% DE PRODUCTION DE
SULFURES EN PLUS.**

**+3 mm PAR AN ACTUELLEMENT
DE HAUSSE DU NIVEAU DE LA
MER, SOIT + 30 cm
À L'HORIZON 2050 PAR
RAPPORT À L'ÉPOQUE DE
LA CONCEPTION DU RÉSEAU.**

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS

2017

Analyse des retours
d'expérience

Début 2018

Identification de
solutions techniques

Été 2018

Cartographie
Tests en réseau

Fin 2018

Analyse des résultats
et perspectives

À partir de 2019

Déploiement
de solutions dans le
centre ville de Marseille

> Test de capteurs H_2S
en ville.

RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

Maître d'ouvrage

Métropole Aix Marseille Provence

Maître d'œuvre

SUEZ | SERAMM

MOYENS TECHNIQUES

- > Solutions de neutralisation de la création d'H₂S.
- > Dispositif Désodav pour lutter contre les odeurs.
- > Modélisation des phénomènes.
- > Cartographie des odeurs.
- > Capteurs d'H₂S en ville.
- > Clapets d'avaloirs.

MOYENS FINANCIERS

Coûts

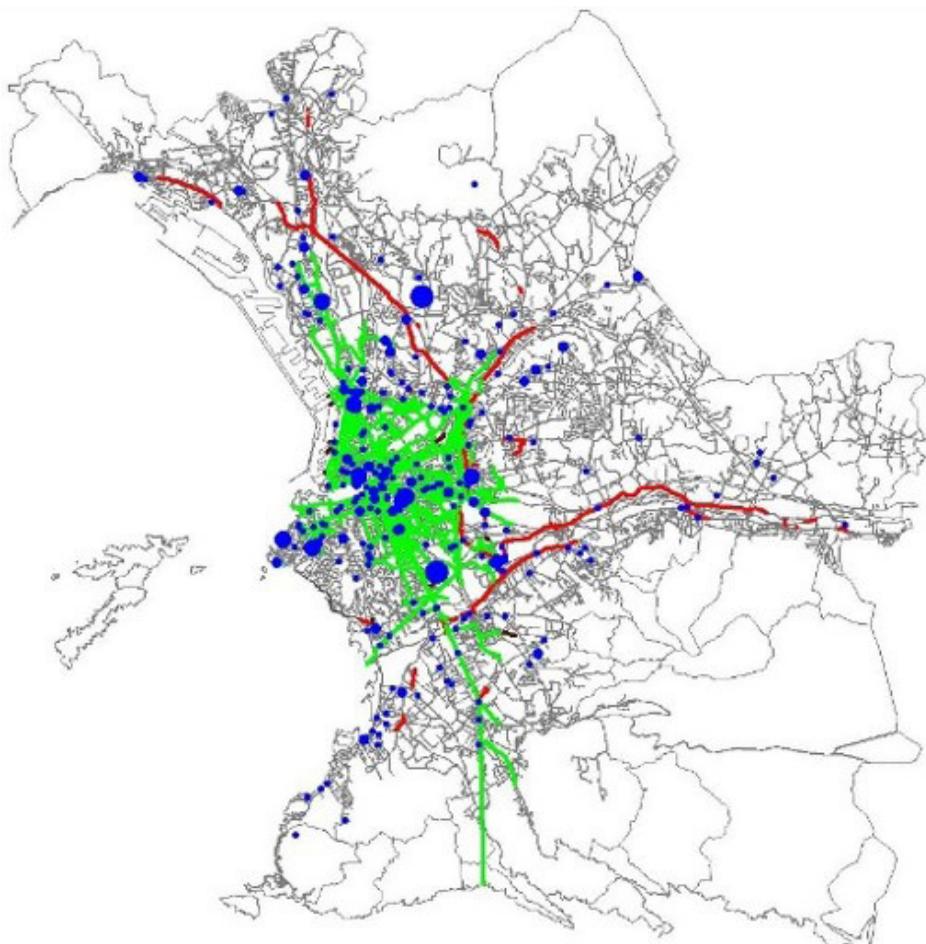
Tests été 2018 : 40 k€ HT

Déploiements prévus en centre ville de Marseille 500 k€ HT d'installation + 500 k€ HT de fonctionnement par an.

Financement

A évaluer, par exemple en augmentant la taxe d'assainissement de 0,01 € par m³.

SUIVI ET ÉVALUATION



LA PRÉSENCE D'ODEURS EST ESSENTIELLEMENT LIÉE AU RÉSEAU UNITAIRE.

Cartographie des odeurs à Marseille :

En vert : réseau unitaire

En rouge : réseau séparatif

Points bleus : Présence d'odeurs

Source : SERAMM

RETOUR D'EXPÉRIENCE, BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

- > **Pour la population : réduction des mauvaises odeurs.**
- > **Pour le personnel : amélioration de la sécurité avec la réduction de l'H₂S en réseau.**
- > **Pour la collectivité : garantir le bon fonctionnement du système avec la diminution de la corrosion en réseau et le maintien des capacités d'épuration.**

« *Il n'existe pas de solution miracle à ce jour. Il faut innover, échanger, tester, puis déployer à grande échelle.* »

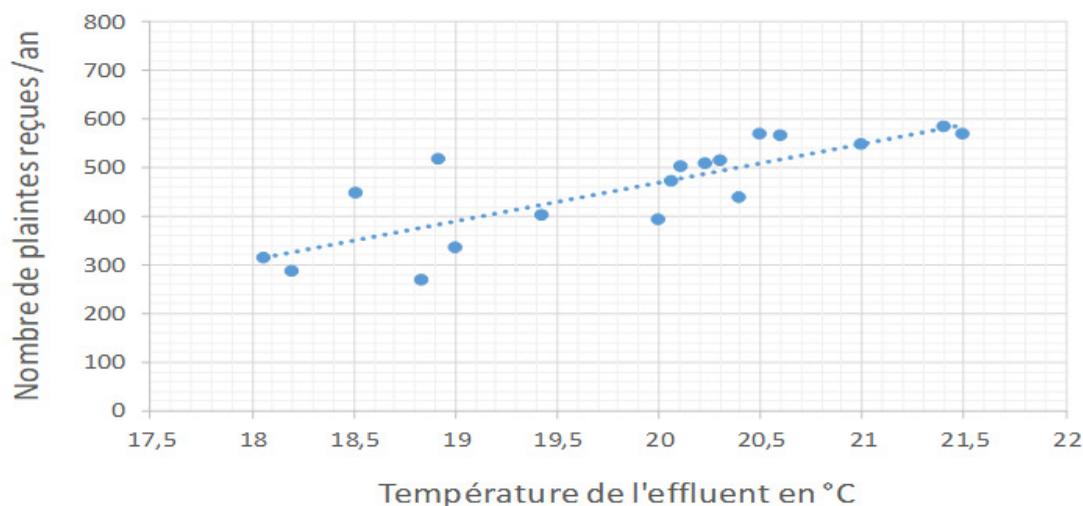
Dominique Laplace

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

- > Déployer plus de tests en parallèle.
- > Rehaussement des déversoirs de 20 cm à revoir pour l'horizon 2050 voire plus tôt.
- > Démarche innovante d'intérêt pour d'autres territoires .

OBSTACLES

- > **Impact économique :** Coût conséquent non pris en charge actuellement dans l'économie du contrat.
- > **Obstacle technique :** La solution idéale n'existe pas. Toutes présentent des avantages et des inconvénients.



Plaintes odeurs reçues par an en fonction de la température de l'effluent

Source : SERAMM

EN SAVOIR PLUS:

Sites internet

<http://www.seram-metropole.fr/grands-projets/innovations/presentation/>
http://www.seram-metropole.fr/services_aux_usagers/bouquet-dapplis/marseille-infos-odeurs/

Personne référente

Dominique Laplace, Directeur Scientifique et Innovation, SERAMM

Localisation

Marseille



RÉGION :
**Sud Provence-Alpes-
Côte d'Azur**

PORTEUR DU PROJET :
**Syndicat du bassin
versant de l'Huveaune**

THÈMES :
**Aménagement
de l'Huveaune,
inondations, milieu
aquatique, usages**

TERRITOIRES : **Auriol**

COÛTS : **800 k€ HT**

DATES :
2016 - 2019

APPEL À PROJET
RÉFÉRENT : **AP GEMAPI
de l'Agence de l'eau
Rhône Méditerranée
Corse**

RÉSULTATS ATTENDUS :
**Réduction des
inondations et
restauration des
écosystèmes de rivière**

Parc de la confluence de l'Huveaune à Auriol

CONTEXTE ET ENJEUX

Le projet d'aménagement de l'Huveaune a pour objectif premier la création d'un parc en bord de rivière. Il vise en parallèle à réduire la vulnérabilité du territoire aux inondations, à travers la restauration des berges et du lit de la rivière. Il valorise aussi les différents usages par la création du parc de la confluence et d'une voie verte en cheminement doux (vélos, piétons, personnes à mobilité réduite, etc.).

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

> Qualité écologique des berges.

La qualité écologique et la tenue des berges sont améliorées grâce à leur végétalisation.

> Adaptation aux inondations.

L'aménagement de l'Huveaune s'est appuyé sur des scénarii de modélisation afin de réduire la vulnérabilité aux inondations.

> Création d'une zone humide et restauration du milieu.

La végétation permet d'absorber l'humidité et de créer une zone de fraîcheur. La zone humide présente aussi une richesse écologique qui favorise la biodiversité. Cela permet également au cours d'eau d'être plus résilient vis-à-vis du changement climatique.

> Diminution des émissions de GES.

La valorisation du cheminement doux peut induire la diminution de l'utilisation de véhicules motorisés.

ENJEUX SOCIAUX

L'enjeu social principal est de protéger les populations des inondations et de valoriser le cadre de vie des Auriolais. D'autre part, sur le plan foncier, le projet utilise des terrains publics (95%) et des terrains privés. Il est donc nécessaire de bien gérer en amont cette problématique en communiquant sur le projet pour convaincre les riverains d'y participer. Il y a également un enjeu de sensibilisation des différents publics à la gestion de l'eau.

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

La réglementation concernant ce type de projet n'est pas une procédure extrêmement lourde mais elle s'avère relativement longue (près d'un an). Le projet a nécessité une demande d'autorisation au titre de la loi sur l'eau, ainsi que divers diagnostics (archéologie, amiante, faune-flore etc.). A ce titre, des mesures relatives à la qualité des milieux ont été définies pour les travaux.



Confluence Huveaune (gauche) - Vède (droite) au niveau des Pibles
Source : SMBVH



Appel à projets GEMAPI
Source : Agence de l'eau

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

RÉALISATION

Dans le cadre de la définition du programme d'actions de Contrat de Rivière, la ville d'Auriol souhaitait inscrire et porter la réalisation du parc de la Confluence Huveaune-Vède, dans lequel les questions de la réduction de la vulnérabilité ainsi que de la restauration du cours d'eau n'avaient pas été évoqués. Du fait d'un manque de moyens, la ville d'Auriol a sollicité le SMBVH afin que ces aspects puissent être pris en compte. Ce projet a ainsi pu bénéficier des fonds débloqués par l'Agence de l'eau dans le cadre de son appel à projet « renaturer les rivières et lutter contre les inondations ». La première étape a été la réalisation d'une étude hydraulique afin de valider la faisabilité et la pertinence du projet du point de vue de la réduction de la vulnérabilité. Par la suite, une maîtrise d'œuvre a été mandatée pour la conception globale du projet sur l'ensemble des volets hydrauliques, écologiques, morphologique, d'aménagement et de valorisation de la confluence en parc.

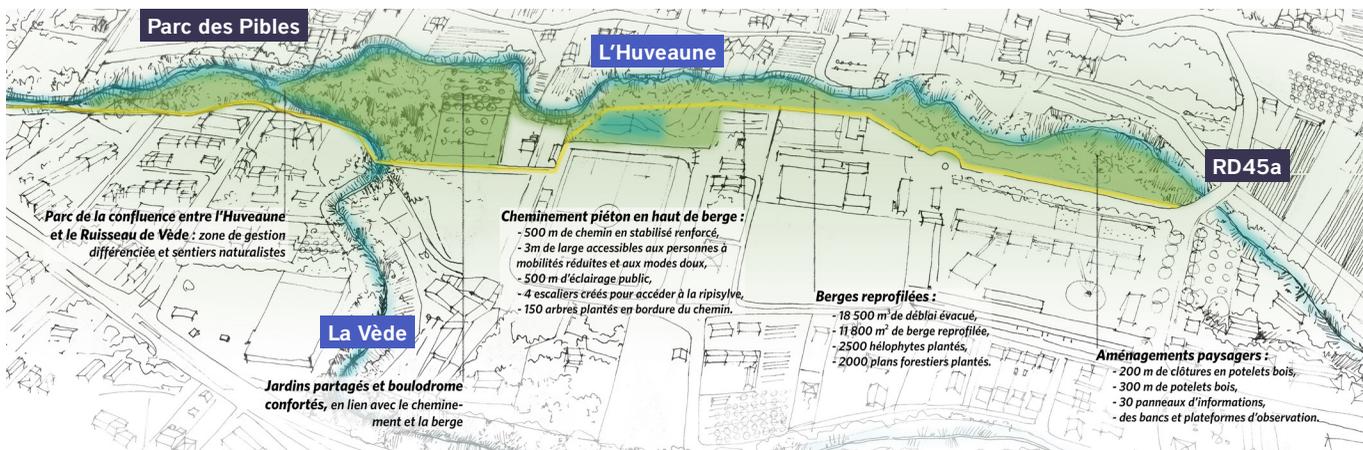
L'acquisition de données topographiques complémentaires en rivière s'est révélée nécessaire afin de bénéficier d'un modèle hydraulique le plus juste possible, dans le but de définir précisément les aménagements à réaliser pour diminuer le risque inondation

sur le secteur. En effet, la vulnérabilité des inondations des habitations en rive droite est fortement diminuée du fait de l'abaissement de la rive gauche, permettant un débordement du cours d'eau préférentiellement sur des parcelles communales, sans enjeu « d'habitation ».

La berge rive droite a bénéficié d'une restauration morphologique et écologique, en concertation avec les riverains concernés. Dans le cadre d'un tel projet, la question de l'emprise et de la disponibilité foncière est capitale et détermine l'ambition des aménagements réalisés. En parallèle, des inventaires faunistiques et floristiques ont été réalisés afin de dresser un état des lieux initial et de réaliser les dossiers réglementaires nécessaires.

OBJECTIFS FIXÉS

- ▶ Réduire la vulnérabilité aux inondations – Valoriser l'Huveaune et la Vède et créer un cheminement mode doux.
- ▶ Atteindre un état écologique satisfaisant : Restaurer la ripisylve et les berges du cours d'eau.



Plan général de principe du projet

Source : SMBVH

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS

| 2016 | 2017 | Novembre 2018 | Avril 2019 |
|-----------------------------|--|---|---|
| Réponse à l'Appel à projets | Étude de faisabilité > Diagnostics, études, concertation. | Autorisation préfectorale pour démarrer les travaux | Travaux > Terrassement en rive gauche Création d'une zone humide sur cette partie abaissée pour encaisser les débordements. > Restauration des berges rives droites et gauche et de la ripisylve. > Création d'un cheminement mode doux et du parc. |

RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

Maître d'ouvrage

Syndicat du Bassin Versant de l'Huveaune (SMBVH)

Mairie d'Auriol

Aix-Marseille-Provence Métropole

Partenaires

Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse

Région Sud PACA

Fédération départementale de la pêche 13

Département du Bouches-du-Rhône

Réglementation : **Agence Française pour la Biodiversité (AFB), Agence Régionale de Santé (ARS) et l'État français**

Bureau d'études maître d'œuvre : **Riparia**

Partenaires sociaux :

Riverains : société civile

MOYENS TECHNIQUES

Moyens techniques spécifiques au génie écologique

Maintenance assurée par la commune d'Auriol et le Syndicat de l'Huveaune :

Le syndicat fait appel à des entreprises spécialisées pour entretenir la végétation, dans le cadre de son programme annuel d'intervention sur les cours d'eau.

> Débroussaillage et taille des arbres, arrosage des plantes.

> Sensibilisation par l'accueil d'écoles.

> Entretien deux à trois fois par an.

MOYENS FINANCIERS

Coûts

Études, conception et réalisation : 800 k€ HT

Exploitation, entretien, maintenance :

à déterminer (environ 10 k€ par an)

Suivi pendant six ans pour évaluer l'impact des travaux :

environ 16 k€ HT par an

Financement

Étude : (40 % SMBVH et 60 % Agence de l'eau)

Travaux et maîtrise d'œuvre : (14 % SMBVH, 13 % CD13 et Mairie d'Auriol, 60 % Agence de l'eau)

Suivi et évaluation : pas encore engagé (50 % SMBVH et Agence de l'eau)

SUIVI ET ÉVALUATION

QUEL SUIVI ? QUELLE FRÉQUENCE ?

Le SMBVH a mis en place un suivi du projet sur différents volets :

> hydraulique (suivi annuel) ;

> hydrobiologique (IBD et IBG - suivi annuel) ;

> physique (évolution des processus hydromorphologiques – une fois tous les deux ans) ;

> phyto-sociologique (suivi de la végétation – suivi annuel) ;

> social/communication (suivi annuel).

QUELS INDICATEURS ?

Suivi écologique :

> Invertébrés aquatiques.

> Algues aquatiques : diatomées.

> Suivi des végétaux qui ont été plantés et vont s'installer sur plusieurs années.

Suivi social :

> Évolution de la perception des habitants par rapport au parc, au travers de micro-trottoirs par exemple.

> Fréquentation (nombre de personnes).



Plantations en cours sur l'aval du projet, après abaissement de la rive gauche

Source : SMBVH

RETOUR D'EXPÉRIENCE, BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

- > Répondre aux objectifs du SDAGE.
- > Amélioration du cadre de vie local et développement des usages : loisirs, mobilité douce quotidienne.
- > Diminution de la vulnérabilité aux inondations des riverains en rive droite (diminution des hauteurs d'eau selon les crues de référence). Réponse à plusieurs objectifs hydrauliques, écologiques, sociaux et économiques.

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

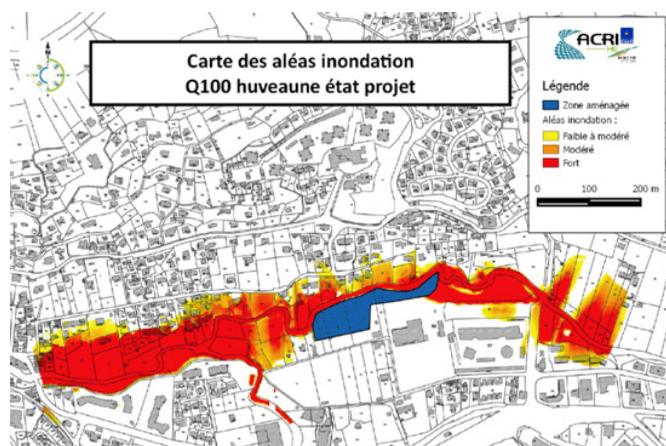
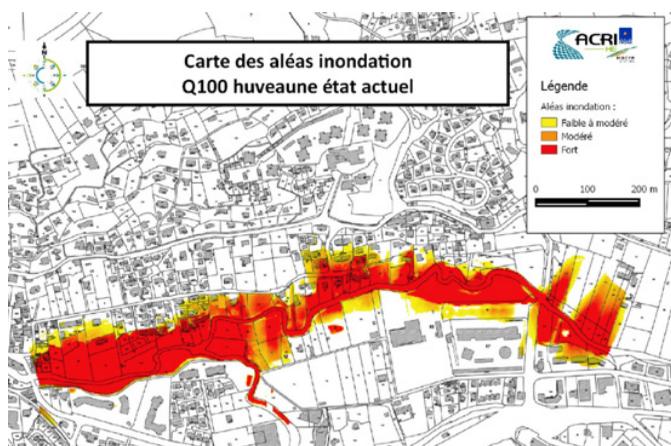
Soigner la concertation avec les riverains : prendre en compte le contexte social, les jeux d'acteurs, l'historique et la perception des riverains.

PERSPECTIVES

- > Fin des travaux en juin 2019.
- > Valoriser les aménagements réalisés.
- > Mettre en place un suivi évaluation adapté pour avoir un retour d'expérience pertinent de ce type d'opération.

DIFFICULTÉS RENCONTRÉES ET POINTS DE VIGILANCE :

- > **Foncier** : l'Huveaune étant un cours d'eau non domanial, sur les parties privées (berge droite), les travaux ont été réalisés dans le cadre d'une Déclaration d'Intérêt Général et en fonction de l'acceptation et de la volonté des riverains concernés. La mise en place d'une concertation en amont est donc essentielle pour la bonne réalisation des aménagements.
- > **Réglementaire** : certains aspects en lien avec les dossiers réglementaires non anticipés ont causé un léger retard du dossier (diagnostic archéologique notamment). Il est donc primordial d'être bien au fait des procédures en vigueur.
- > **Montage des travaux** : ces travaux faisant appel aux compétences de plusieurs collectivités, le montage administratif a été complexe à mettre en place (convention de co-maîtrise d'ouvrage avec transfert temporaire d'une maîtrise d'ouvrage à une autre).
- > **Problématiques inhérentes à la gestion de chantier en rivière** : aléas météorologiques et techniques, etc.



Carte des aléas inondation lors de l'aménagement (état avant/après les travaux)

Source : SMBVH

« C'est un projet qui a comme atout principal la synergie qu'il crée entre les différents domaines. Il reprend les principes du développement durable en répondant à des enjeux économiques, sociaux et environnementaux. »

Estelle Fleury

EN SAVOIR PLUS:

Sites

www.syndicat-huveaune.fr

Personne référente

Estelle Fleury, directrice du SMBVH
Roxane Roy, chargée de mission au SMBVH

Localisation : Auriol, quartier des Artauds



TERRITOIRES : **Plaine de la Crau en rive gauche du Rhône**

RÉGION : **Sud (Provence Alpes Côte d'Azur)**

COÛTS : **189 k€ HT inscrits dans le contrat de nappe**

PORTEUR DU PROJET : **SYMCRAU**

DATES : **2016 – 2019**

CO-MAÎTRE D'OUVRAGE : **BRGM**

RÉSULTATS ATTENDUS : **Réseau de surveillance, acquisition de connaissances et données, modélisation**

THÈMES : **Biseau salé, hausse du niveau de la mer**

Projet SIMBA : Surveillance des Intrusions Marines en Basse Crau

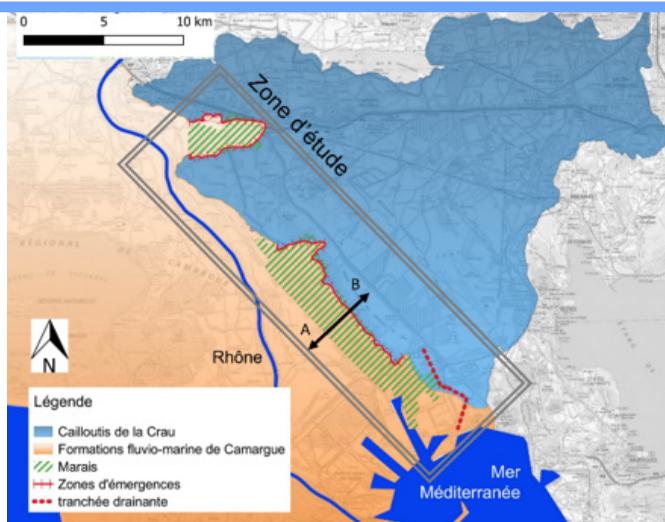
CONTEXTE ET ENJEUX

L'aquifère des cailloutis de la Crau est affleurant sur une partie du territoire, jusqu'à la zone de marais qui borde la Crau depuis le Mas Thibert jusqu'à la mer. L'aquifère est ensuite recouvert plus à l'ouest par des limons peu perméables, puis par des formations fluviomarines quaternaires de Camargue. La nappe de la Crau s'écoule depuis le nord-est vers le sud-ouest en direction de la Camargue et de la mer. Cette nappe donne naissance à une zone d'émergence d'eau douce au contact des dépôts limoneux du Rhône, mais elle continue également de s'écouler sous la Camargue où elle rencontre une nappe d'eau salée. La zone de transition entre ces deux masses d'eau constitue une interface plus ou moins franche entre l'eau douce et l'eau salée, ce qui constitue le biseau salé.

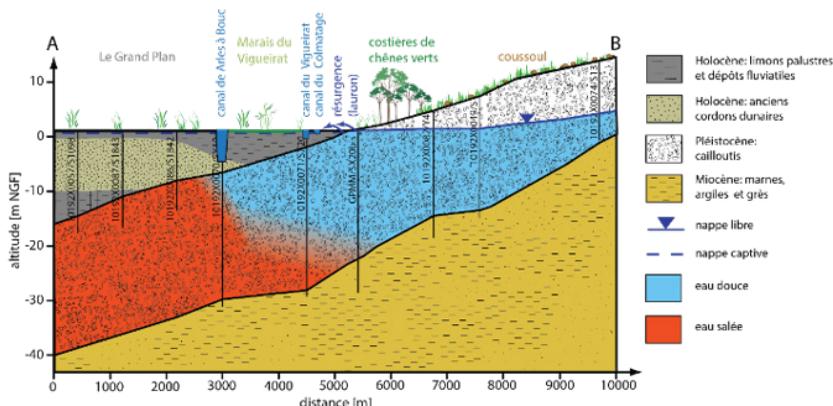
ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

De la nappe phréatique de la Crau sont extraits 30 Mm³/an d'eaux brutes destinées à l'alimentation en eau potable de près de 300 000 personnes, implantées sur le territoire ou en périphérie. Cette ressource est également exploitée pour les usages agricoles et industriels. Par ailleurs, les émergences de la nappe de la Crau permettent d'alimenter en eau douce des zones humides, classées en Natura 2000 faune flore (zone spéciale de conservation FR9301596).

Dans le cadre de ses prérogatives, et conformément au SDAGE du bassin RMC ainsi qu'au programme de mesures associées, le Syndicat Mixte de Gestion de la Nappe Phréatique de la Crau (SYMCRAU) souhaite mieux connaître les processus qui pilotent la salinité au sein de l'aquifère afin de dimensionner un réseau de suivi patrimonial adapté et d'intégrer la dimension littorale dans un plan de gestion intégré de la ressource en eau à moyen et long terme.



Plan de localisation général de la zone d'étude (SYMCRAU-BRGM)



Coupe hydrogéologique représentant le contact entre l'aquifère des cailloutis de la Crau et les niveaux perméables des limons et alluvions de la Camargue, emplacement A-B positionné sur le plan de localisation général (SYMCRAU)

GENÈSE DU PROJET : CONCEPTION ET RÉALISATION

OBJECTIF

Intégrer la dimension littorale de l'aquifère dans la gestion intégrée, afin d'assurer la compatibilité entre la salinité de la nappe et les usages.

Quelle est l'origine de la salinité observée en basse Crau ?
 Quel est l'état actuel de salinisation de l'aquifère de la Crau ?
 Quels sont les facteurs de contrôle ?

CONNAÎTRE

OBSERVER

Comment peut-on optimiser la surveillance de la salinité ?

GÉRER

Quels sont les secteurs les plus vulnérables ?

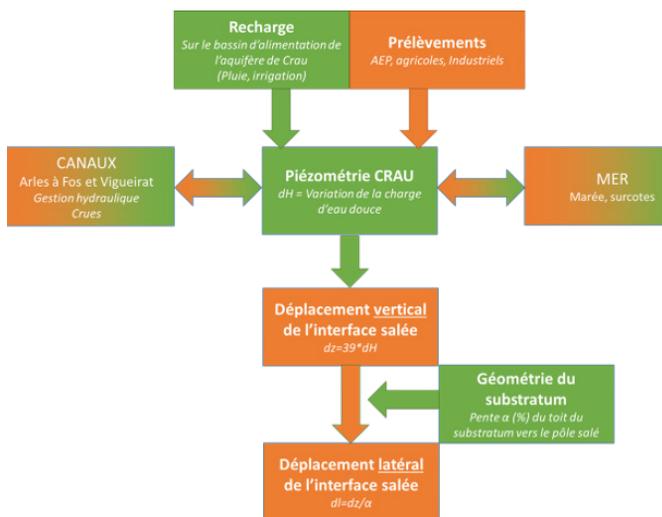
RÉSULTATS

Le projet SIMBA a mis en évidence que la salinité de la nappe en basse Crau est principalement contrôlée par :

- > la variabilité saisonnière de la piézométrie (recharge, prélèvements et conditions aux limites) ;
- > la géométrie du substratum qui contrôle la variabilité spatiale de la position de l'interface salée ;
- > la variation du niveau marin à l'échelle journalière ou événementielle (surcotes liées aux tempêtes).

MÉTHODES

- > Suivis haute fréquence des paramètres « pression – température – conductivité électrique de l'eau ».
- > Géométrie des formations aquifères.
- > Production de cartes piézométriques interpolées.
- > Tests de conductivité hydraulique.
- > Analyses chimiques et isotopiques.
- > Adaptation et application de la relation théorique de Ghyben-Herzberg, validation avec les observations de terrain.
- > Analyses corrélatoires.



Représentation schématique des processus qui influencent la position de l'interface eaux douces

(SYM CRAU – BRGM)

RÉALISATION : ÉTAPES CLÉS

2014-2016

Étape 1

- > Préparation et montage du projet SIMBA.
- > Étude préalable menée par le SYM CRAU afin de savoir où placer les réseaux de suivi, avec des diagraphies et logs de conductivité.

2016-2018

Étape 2

- > Compréhension de l'historique / Synthèse bibliographique / Quantification des impacts des aménagements sur l'intrusion saline / Mise en place d'un réseau de suivi.
- > Interprétation des six premiers mois de suivis : analyse de la forme des signaux (niveaux piézométriques, salinité), résultats de tests de perméabilité locales, campagnes trimestrielles de diagraphies, etc...

2018-2019

Étape 3

- > Acquisition de données complémentaires pour connaître le contexte l'hydrogéologie et la géochimie.
- > Interprétation et représentation du biseau salé, proposition d'un réseau de surveillance.

RESSOURCES

MOYENS HUMAINS

1 équivalent temps plein (ETP) chef de projet et implication de toute l'équipe du SYMCRAU (cinq personnes) dans le suivi.

Maître d'ouvrage

SYMCRAU

Partenaires

Partenaires scientifiques et financiers :

BGRM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières)

Partenaires financiers :

Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse

Région Sud PACA

MOYENS TECHNIQUES

Mobilisation d'une pluralité d'acteurs ...

- > ARS sur les normes sanitaires ;
- > Agence de l'eau sur les normes environnementales ;
- > services d'eau potable du territoire qui exploitent la ressource ;
- > agriculteurs et les industriels qui exploitent également la ressource.

... afin de proposer des modèles d'aménagements durables du territoire, adaptés à la disponibilité actuelle et future de la ressource en eau.

MOYENS FINANCIERS

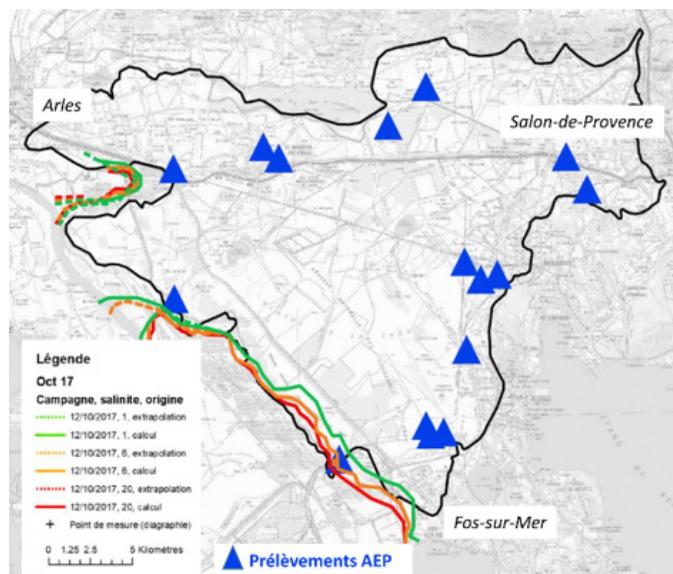
| | ÉTUDE (fonctionnement) | | OBSERVATOIRE (investissement) | |
|------------------------|------------------------|------|-------------------------------|-----|
| | € HT | % | € HT | % |
| SYMCRAU | 18 900 | 15 | 12 480 | 20 |
| Agence de l'eau | 47 250 | 37,5 | 31 200 | 50 |
| Région SUD | 28 350 | 22,5 | 18 720 | 30 |
| BRGM | 31 500 | 25 | - | - |
| TOTAL | 126 000 | 100 | 62 400 | 100 |

SUIVI ET ÉVALUATION

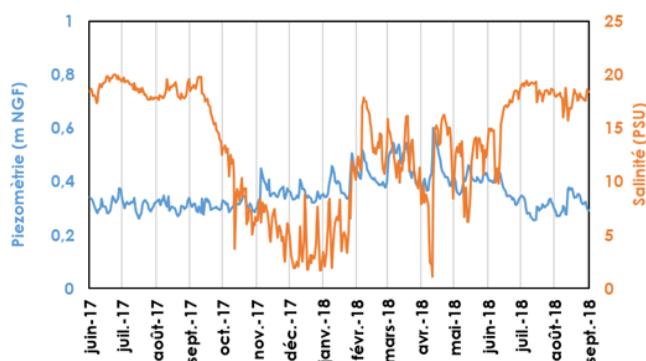
Au terme de l'étude, le réseau de surveillance sera optimisé et pérennisé en considérant deux critères fondamentaux qui permettent de définir les niveaux de risque d'altération de la qualité des eaux souterraines :

1 - les enjeux : alimentation en eau potable des populations, alimentation en eau des industries, exploitation agricoles bénéficiant des eaux souterraines.

2 - la vulnérabilité : amplitude du déplacement du front de salinité vers l'intérieur des terres en cas de perturbation de l'hydro-système (recharge, prélèvements, conditions aux limites, niveau marin).



Position du front de salinité dans l'aquifère des cailloutis de la Crau (SYMCRAU - BRGM)



Évolution croisée de la piézométrie et de la salinité sur un point d'observation en basse Crau (SYMCRAU-BRGM-GPMM)

RETOUR D'EXPÉRIENCE, BILAN DU PROJET

BÉNÉFICES

- > **Les bénéficiaires principaux sont les exploitants de la ressource en eau : les collectivités, les adhérents du syndicat, les usagers etc.**
- > **D'autres territoires littoraux, confrontés à des problématiques similaires, pourront s'appuyer sur la méthodologie développée dans le cadre du projet SIMBA.**
- > **Le réseau de surveillance déployé sur l'aquifère des cailloutis de la Crau comptera parmi les observatoires pérennes sur le long terme de la salinité au sein d'un aquifère alluvial méditerranéen. Ces données publiques pourront être mises à la disposition de la communauté scientifique dans le cadre des recherches sur l'impact des changements climatiques.**

ET SI REPRODUIT PAR D'AUTRES ?

- > Valorisation des méthodes développées, avec une adaptation au contexte local nécessaire.
- > Exemple de partenariat gestionnaire/organisme de recherche appliqué aux besoins des territoires.
- > Exemple d'un projet réalisé à l'échelle de la masse d'eau souterraine, avec une importante diversité d'acteurs et d'enjeux.

« De l'association d'un syndicat de gestion avec un organisme de recherche, apportant l'expertise scientifique, ont émergé les connaissances fondamentales mises au service des Élus territoriaux. »

David Villesseche
Florence Rivet

LIMITES

- > Le cadre réglementaire n'est pas très explicite sur l'exercice des compétences en lien avec la gestion des eaux souterraines. Cela est de nature à fragiliser les montages financiers de ce type d'étude, malgré les enjeux cruciaux pour les territoires.
- > Ce type d'étude nécessite de s'appuyer sur des observations in situ, sur lesquelles on ne dispose souvent que d'une faible période de recul. Cela induit une indispensable précaution quant aux interprétations qui peuvent être déduites de ces données. Dans la mesure du possible il est donc judicieux, bien avant le lancement d'un projet de cette nature, d'instrumenter le site d'étude.
- > Le projet SIMBA a été conduit à l'échelle d'une masse d'eau souterraine. Il est donc probable que certains processus localisés, ayant une influence sur la distribution locale de la salinité, n'aient pas pu être observés (salinité dans les formations de couverture, hétérogénéité dans la lithologie et donc les transmissions, écoulements verticaux, ...).
- > Certaines contraintes techniques, qui n'avaient pas été prévues initialement, ont été rencontrées en cours du projet. Cela a nécessité l'ajustement de certaines opérations (campagnes de prélèvements par exemple), mais aucun blocage n'a modifié de manière conséquente le projet.

PERSPECTIVES

- > Réseau de suivi patrimonial de la salinité sur nappe de la Crau.
- > Développement du modèle hydrogéologique de la nappe de la Crau.
- > Proposition de règles de gestion.

EN SAVOIR PLUS :

Rapports :

Rapport intermédiaire : BRGM/RP-67606-FR
Rapport de synthèse : BRGM/RP-68687-FR
Rapport final : BRGM/RP-68639-FR

Personnes référentes :

David Villesseche & Charlotte Alcazar - SYMCRAU
Vincent Bailly-Comte & Florence Rivet - BRGM

Localisation :

Plaine de la Crau (Bouches-du-Rhône)

SYNTHÈSE 1

CHANGEMENT CLIMATIQUE : IMPACT SUR LES RESSOURCES

97^{ème} congrès de l'Astee - Session 8

> Session présidée par Béatrice Arbelot, SUEZ Eau France

Les études mettent en lumière les impacts du changement climatique à moyen et long terme, mais des phénomènes se font également sentir à court terme : à la mi-août 2017, 84 départements avaient pris des arrêtés sécheresse, le niveau le plus élevé jamais enregistré par rapport à une moyenne de 50. Ces faits interrogent sur les mesures à adopter pour sécuriser la ressource en eau, depuis les études aux mesures d'intervention, dans un contexte rendu complexe par le niveau d'incertitude des prévisions climatiques. Les témoignages qui suivent apportent des visions complémentaires selon les échelles : bassin versant, territoire, service.

FACE AU CONSTAT DE VULNÉRABILITÉ AU CHANGEMENT CLIMATIQUE, COMMENT ET OÙ AGIR POUR S'ADAPTER, AVEC LE BON NIVEAU D'EFFORT ?

>>> Thomas Pelte, Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse

L'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse a commencé à travailler sur le changement climatique il y a 10 ans, en sollicitant d'abord la communauté scientifique puis les acteurs institutionnels. Cela s'est traduit par l'élaboration d'un **plan de bassin d'adaptation au changement climatique** paru en 2014 pour le bassin Rhône-Méditerranée. À partir d'un bilan des connaissances, ce plan propose une stratégie et des mesures concrètes d'adaptation.

Le Plan bassin d'adaptation Rhône-Méditerranée propose 60 mesures opérationnelles

À quoi faut-il s'attendre ? La nature des phénomènes est certaine, c'est sur leur ampleur que portent les incertitudes. Globalement, un climat plus chaud et plus sec l'été signifie des ressources en eau moins abondantes et plus variables, alors même que doivent augmenter la demande en eau et les besoins en eau de la végétation. La hausse des températures et de l'assèchement amène à prévoir une baisse des débits et de la recharge des nappes souterraines, d'où une diminution de la ressource en eau. Au-delà de l'impact quantitatif sur la ressource en eau, les habitats naturels seront concernés, en particulier les zones humides qui doivent connaître un phénomène d'assèchement. Des problèmes de qualité viennent s'ajouter : à niveau d'effluent égal, la capacité d'auto-épuration des milieux et de dilution des rejets diminue en lien avec la baisse des débits. Les phénomènes d'eutrophisation augmentent.

Porté par le préfet coordinateur de bassin en lien avec le comité de bassin et en partenariat avec les régions, le Plan

bassin d'adaptation Rhône-Méditerranée propose 60 mesures opérationnelles pour s'adapter au changement climatique, composant ainsi une véritable feuille de route. Les actions visent en premier lieu à lutter contre le gaspillage via deux leviers : le partage de l'eau pour limiter les tensions et l'optimisation de la performance des réseaux d'eau potable. Certaines mesures passent par des usages moins sensibles aux aléas et moins dépendants de l'eau : diversifier les ressources d'approvisionnement, substituer les prélèvements, réutiliser les eaux pluviales ou usées, diminuer le besoin en eau... L'analyse des interactions eau-sol amène à développer des mesures pour limiter leur assèchement et maintenir les débits, avec des champs d'intervention en milieux urbains (diminution de l'imperméabilisation des sols) et agricoles (modification des pratiques culturales). Les zones humides et milieux aquatiques étant fortement exposés au réchauffement, des actions de protection et restauration sont à envisager pour assurer le maintien d'habitats fonctionnels.

Les outils existent, nombre de mesures s'inscrivant dans le cadre du retour au bon état écologique de l'eau. Le défi tient au niveau d'effort requis et au niveau d'urgence : comment aller plus vite et plus loin ? Il convient donc de graduer les efforts à partir d'une analyse des vulnérabilités. La vulnérabilité n'est autre que le croisement entre la sensibilité d'un territoire (plus ou moins affecté par une variation hydro-climatique donnée) et son exposition (selon les variables climatiques à la source de l'impact prévisible et leur évolution). C'est dans cette optique que l'agence de l'eau a entrepris la réalisation de **cartes de vulnérabilité** pour déterminer les territoires prioritaires. Cette approche croise des facteurs de sensibilité du territoire avec des données de modélisation sur le climat.

Le défi tient au niveau d'effort requis et au niveau d'urgence : comment aller plus vite et plus loin ?

Le degré de convergence des modèles est pris en compte pour intégrer le niveau d'incertitude et adopter des actions proportionnées. Ces cartes de vulnérabilité portent sur plusieurs typologies d'enjeux tels que la biodiversité, le niveau trophique des eaux ou la disponibilité en eau.

Une grande partie des mesures est finançable au travers du 11e programme de l'agence de l'eau, avec un milliard d'euros attribué à des mesures utiles pour l'adaptation face aux changements climatiques, même si elles n'ont pas été conçues dans cette perspective. En complément, l'agence de l'eau a décidé de consacrer 30 millions sur six ans à des actions spécifiques au changement climatique.

Pour en savoir plus : eurmc.fr

IMPACT DES CHANGEMENTS GLOBAUX SUR L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE MONTPELLIER MÉDITERRANÉE MÉTROPOLE.

>>> Jean-Christophe Maréchal, BRGM, Université de Montpellier

Comment évaluer l'impact des changements climatiques sur l'alimentation en eau potable de la métropole de Montpellier à l'horizon 2040 - 2060 et comment s'y préparer ? La question prend un relief particulier au regard de deux caractéristiques de la métropole : le dynamisme de la croissance démographique et l'origine de l'eau potable. La source du Lez fournit en effet pratiquement 90 % de l'eau potable des 355 000 habitants actuels de la métropole avec un débit moyen de 1 050 L/s, soit un volume prélevé sous terre d'environ 33 millions de m³ par an. Rien d'étonnant alors à ce que le pompage du Lez soit l'un des plus gros pompages d'eau souterraine au monde.

Pour se projeter dans l'avenir, il est nécessaire de comprendre comment s'effectuent actuellement les prélèvements : trois pompes (et une quatrième rajoutée récemment) assurent un pompage techniquement possible jusqu'à 20 m d'altitude. Quand la source ne déborde pas (seuil de débordement à 65 m d'altitude), une partie du débit pompé (entre 180 et 230 L/s) est rejetée dans le Lez qui traverse la ville de Montpellier. Un chiffre est déterminant : l'altitude de 35 m est la limite fixée par déclaration d'utilité publique au-delà de laquelle les rabattements induits par les pompages ne doivent pas descendre.

L'exemple de Montpellier montre la complexité des simulations climatiques à l'échelle d'un territoire. Pour la variable démographique, les scénarios de prélèvement ont été réalisés à partir d'une hypothèse de croissance de la population de 0,9% /an avec un maintien de la consommation d'eau actuelle par habitant. Deux hypothèses de périmètre (stable ou élargi) ont été réalisées. Alors qu'ils correspondent à une échelle de plusieurs milliers de km² pour chacune des mailles, un changement d'échelle a dû être réalisé grâce aux travaux du CERFACS pour obtenir des données climatiques à l'échelle de 64 km². Pas moins de neuf modèles climatiques

ont été utilisés. La variabilité des données obtenues par la modélisation traduit le niveau élevé d'incertitude de modèles climatiques associés aux modèles hydrogéologiques.

Les résultats (moyenne multi modèles) montrent une augmentation de température dans une plage de 1,5 à 2°C sur le périmètre d'étude, pour la période 2046-2065 et une baisse d'environ 10 % des précipitations annuelles, parallèlement à une augmentation de l'évapotranspiration. Il en résulte une diminution encore plus importante des précipitations efficaces qui alimentent la source. Les volumes de prélèvement testés sur les modèles oscillent entre 33 millions de m³ (situation actuelle) et 44 millions de m³ par an. Avec une hypothèse de prélèvements comparables à ceux enregistrés actuellement, se dessine une baisse du niveau d'eau de 3 m à l'horizon 2040 imputable au seul changement climatique. La limite autorisée de 35 m n'est en moyenne pas atteinte dans cette hypothèse. Par contre, dans le cas d'un scénario d'augmentation des prélèvements de 30%, la limite des 35 m serait dépassée, sans pour autant que l'on soit en surexploitation : le système continue à se réalimenter chaque année et le niveau d'eau reste au-dessus du niveau des pompes. Dans ce cas, il faudrait modifier la déclaration d'utilité publique (DUP) pour répondre aux besoins en eau. Face à ces résultats, un double approfondissement reste à mener : mettre à jour les simulations en fonction des dernières données du GIEC ; dans l'hypothèse d'un prélèvement en eau supplémentaire de 30 %, réaliser des tests de pompage pour vérifier le « bon comportement » du système karstique en dessous des 35 m actuels.

... une baisse du niveau d'eau de 3 m à l'horizon 2040 imputable au seul changement climatique

PLAN CLIMAT EAU ÉNERGIE : LES ENGAGEMENTS DU SEDIF EN FAVEUR DE L'ATTÉNUATION ET DE L'ADAPTATION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

>>> Delphine Angibault, Sedif

Le Sedif a souhaité s'impliquer sur le sujet du changement climatique via la démarche volontaire d'élaboration d'un Plan Climat Eau - Énergie. L'enjeu est de taille puisque le syndicat alimente en eau potable 150 villes d'Île-de-France, avec l'objectif quotidien de produire et distribuer de l'eau en continu, en quantité et qualité suffisante pour 4,6 millions d'usagers, dans un contexte de maîtrise des coûts. Sur ce vaste territoire, ce sont plus de 8 600 km de réseau eau potable.

Cette réflexion s'inscrit dans une démarche engagée depuis le début des années 2000 avec une certification ISO 14001 obtenue en 2002. Les objectifs de développement durable ont été intégrés lors du lancement du contrat de délégation de service public en 2011, notamment sur les émissions de gaz à effet de serre. Adopté en 2017 à l'unanimité, le Plan Climat Eau - Énergie entend formaliser et consolider cette démarche mais aussi partager les enjeux avec les collectivités adhérentes au syndicat. L'ambition est de pouvoir continuer à assurer les missions de production et de distribution, tout en réduisant l'impact du Sedif sur le territoire.

Dans cette perspective, un état des lieux a mis en lumière deux tendances positives : essentiellement d'origine électrique, les consommations énergétiques (197 GWh en 2016) sont en baisse de 2,2% par rapport à 2011 ; les émissions de gaz à effet de serre (46 400 t eq CO₂ en 2016), imputables essentiellement à l'exploitation et aux travaux, sont en baisse de 24% par rapport à 2011. Les facteurs de vulnérabilité aux changements climatiques sont multiples : baisse de la ressource (sécheresse, canicule), dégradation de la qualité de la ressource (impact des crues, hausses des températures,...), risques naturels pour la mission de distribution (inondations, gonflement-retrait des argiles...), disponibilité en énergie du territoire.

Le Plan Climat Eau - Énergie du Sedif comprend cinq orientations et 17 engagements. Trois orientations concernent l'énergie : consolider la diminution des consommations énergétiques notamment en travaillant sur l'efficacité énergétique des bâtiments et le rendement du réseau (réduire les pertes en eau) ; augmenter les capacités de production d'énergie renouvelable et d'énergie de récupération ; poursuivre la diminution des émissions de GES au travers via un ensemble d'actions : substituer les énergies fossiles, intégrer le critère GES dans la commande publique, mettre en place des pratiques vertueuses, poursuivre la compensation volontaire des émissions de GES...

Pour préserver la ressource en eau, l'accent est mis sur la sensibilisation des usagers à la maîtrise des consommations d'eau potable, la promotion de solutions de recyclage de l'eau

et les actions en faveur de la qualité de la ressource, le tout en collaboration avec les parties prenantes du territoire.

Enfin, l'une des grandes orientations vise à garantir l'alimentation en eau potable à long terme en anticipant les besoins en eau en lien avec la croissance de la population. Il convient également de limiter la vulnérabilité aux phénomènes extrêmes et consolider la résilience du Sedif.

Un bilan est donné sur l'avancement. La consommation énergétique est en diminution de 2% par rapport à 2011 (objectif de -6% de la consommation d'énergie électrique pour 2020 sur le poste « exploitation »). L'exploitation est certifiée ISO 50 001 depuis 2015 et l'outil ServO a été mis en place pour optimiser la stratégie du service en intégrant le volet énergétique. Le Sedif travaille sur de nouvelles filières comme l'osmose inverse basse pression pour diminuer la dureté de l'eau, et ainsi réduire la consommation d'énergie chez les usagers.

Plusieurs projets avancent dans le domaine des énergies renouvelables : installation d'un système de pompe à chaleur sur la filière nanofiltration à Méry-sur-Oise, se traduisant par une diminution de 50% de la consommation d'électricité achetée pour l'unité de régénération des membranes ; projet d'autoconsommation photovoltaïque à Choisy-le-Roi en phase de lancement ; géothermie à l'Albien... Les émissions de GES ont enregistré en 2016 une réduction de 35,8% par rapport à 2011 pour un objectif de 33% à 2020. Un des leviers majeurs a été le passage en énergie électrique 100% renouvelable sur l'exploitation.

Dans le cadre de la préservation de la ressource en eau, des actions de sensibilisation des usagers sont mises en œuvre, notamment vers les enfants avec le site web Kezakeau. Le déploiement de la télérelève depuis fin 2015 assure une meilleure maîtrise des consommations par l'utilisateur, avec une facturation au réel. Pour limiter l'impact des eaux pluviales sur les réseaux, le Sedif favorise l'infiltration à la parcelle dans les opérations de renouvellement du patrimoine. Enfin, le Sedif travaille pour intégrer l'empreinte eau à l'outil de pilotage ServO.

Comment garantir l'alimentation en eau potable sur le long terme ? Avec MUSE - Modélisation Urbaine Systémique appliquée à l'Eau -, le Sedif a fait le choix de l'innovation pour planifier les besoins en eau. En parallèle, la nécessité d'anticiper et de planifier les réponses aux crises majeures potentielles a amené le Sedif à mettre en place un Plan Ultime Secours en Eau, parallèlement à des réflexions sur la mutualisation des moyens en cas de crise.

Pour en savoir plus :

<https://www.sedif.com/plan-climat-eau-energie.aspx>

SYNTHÈSE 2

CHANGEMENT CLIMATIQUE : EXEMPLES D' ACTIONS SUR LES TERRITOIRES

97^{ème} congrès de l'Astee - Session 11

> Présidée par Pierre Hirtzberger, Vice-président de l'Astee en charge du climat et des ressources

Les incidences du changement climatique touchent aussi bien les milieux urbains que les milieux ruraux ou naturels. Un panel d'initiatives lancées par des territoires est présenté dans les domaines de la gestion de l'eau, de l'assainissement et des déchets. Le temps s'impose comme un facteur clé pour ces retours d'expérience, avec un double enjeu : implémenter des solutions opérationnelles à court terme et s'inscrire dès à présent dans une dynamique d'adaptation à plus long terme.

EAU ET ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS ET ARBORÉS À L'AULNE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE : IMPACT ET MOYENS D'ATTÉNUATION

>>> Michel Lafforgue, SUEZ Consulting

C'est bien l'ensemble de la France qui sera impacté par le changement climatique : baisse de la ressource en eau superficielle, déstabilisation des sols, modification des équilibres écosystémiques, risques accrus de feux de forêt... Les cartes bioclimatiques à l'horizon 2050 et 2100 montrent une évolution significative des typologies d'habitats, avec des effets en cascade sur le cycle de l'eau, les usages et le cadre de vie. Or, les forêts participent à l'atténuation du changement climatique : elles stockent les gaz à effet de serre, protègent les sols et la qualité de l'eau, protègent le littoral contre l'érosion, préservent la faune et la flore, rafraichissent les températures, améliorent le cadre de vie... Si la forêt est impactée par le changement climatique, il devient important de « protéger les arbres pour qu'ils nous protègent en retour ».

L'état des forêts est influencé aussi bien par les conditions météorologiques (température, ensoleillement, pluies, vent...) que les dépôts atmosphériques et la composition des sous-sols. De multiples processus physico-chimiques et biologiques se produisent en effet au niveau des végétaux, des sols ou sous-sols et des écosystèmes aquatiques, avec de complexes interactions. Le changement climatique se traduit par un accroissement de l'évaporation/évapotranspiration et par une plus grande capacité d'infiltration des sols. Il en résultera une plus grande sensibilité à la sécheresse parallèlement à une plus grande sensibilité aux fortes pluies, avec une conjonction de phénomènes négatifs s'auto-alimentant entre eux : bourgeonnement et floraison précoces, infestations de ravageurs et parasites, stress hydrique, feux de forêts, désynchronisation entre la croissance et la disponibilité des nutriments... L'impact sur la productivité des forêts est plus complexe à cerner : la production primaire pourrait augmenter à court terme, pour ensuite décliner à long terme en raison d'une baisse de la capacité nutritive des sols. Les réactions liées au changement climatique devraient se pro-

duire en chaîne. Ainsi, la baisse de la capacité de fixation des sols se traduit par une baisse du rôle d'épuration et donc une réduction de la capacité des forêts à protéger la qualité de l'eau. D'autres effets collatéraux sont attendus : dégradation des sols et des écosystèmes aquatiques, impact sur les activités économiques dont le tourisme, baisse de la biodiversité... L'ensemble de l'hexagone devrait être impacté négativement à l'horizon 2070, à l'exception du Massif Central et de l'arc alpin, seul le nord de l'Europe étant touché positivement. Des phénomènes sont déjà identifiables, à l'instar de la défoliation des arbres enregistrée en métropole suite à la canicule de 2003.

En un mot, « il faut agir maintenant pour pérenniser notre futur ».

Pouvoir compter sur des forêts pérennes, capables de protéger les ressources, nécessite de prendre des mesures dès maintenant. Cette urgence à agir est d'autant plus grande que les forêts connaissent un développement lent. En un mot, « il faut agir maintenant pour pérenniser notre futur ». Les mesures concernent en premier lieu les espèces d'arbres : il convient de planter des espèces mieux adaptées au climat de demain tout en augmentant la biodiversité, la mixité des espèces permettant de réduire les risques liés aux ravageurs et aux aléas comme les tempêtes. Les actions qui visent à réduire la densité des arbres leur permet de mieux résister en situation de stress hydrique. Enfin, les recommandations portent sur l'adoption de pratiques forestières durables, consistant notamment à éviter de mettre à nu des sols lors de coupes pour réduire le risque de lessivage lors de pluies intenses. Dans cette optique, le développement de l'agroforesterie fait partie des solutions préconisées.

ÉTUDE DU POTENTIEL DE DÉCONNEXION DES EAUX PLUVIALES

>>> Michel Benard, INFRA Services

Les solutions de gestion alternative des eaux pluviales sont parfaitement maîtrisées dans les zones d'urbanisation nouvelles (nouveaux lotissements notamment), se substituant fréquemment à la création d'ouvrages hydrauliques de stockage des eaux pluviales tels que les bassins. Mais, la déconnexion des eaux pluviales est-elle envisageable quand la ville existe déjà, en particulier en centre urbain ?

L'urbanisation favorise l'augmentation des surfaces d'imperméabilisation des sols, avec en conséquence une saturation des réseaux d'assainissement en période de pluie. Face à ce constat, les solutions traditionnelles (telles que les bassins enterrés de stockage) s'avèrent coûteuses à la fois en investissement et en exploitation. A contrario, les solutions consistant à déconnecter les eaux pluviales en secteur urbanisé représentent des coûts d'investissement et d'entretien jusqu'à 10 fois plus faibles. Au-delà des avantages économiques, ces dernières offrent d'importants avantages environnementaux notamment en termes de biodiversité, de résorption des inondations et rejets polluants et de recharge des nappes phréatiques. Capables d'apporter des îlots de fraîcheur, elles contribuent également à l'atténuation du changement climatique. La gestion intégrée des eaux pluviales, les solutions de stockage et d'infiltration à la source permettent de repenser la ville.

En milieu déjà urbanisé, la déconnexion des eaux pluviales consiste principalement à remettre à contribution les « ouvrages d'infiltration » que sont les sols. Il s'agit d'abord de déterminer, sur les espaces publics et privés, quelles sont les possibilités de déconnexion des eaux pluviales. Pour ce faire, le bureau d'études est amené à sillonner la ville rue par rue, bâtiment par bâtiment. À partir de cet état des lieux, une carte peut être dressée en prenant en compte la complexité technique des travaux de déconnexion et la complexité administrative, principalement liée à la maîtrise foncière. Cette évaluation permet d'alimenter une base de données sur un territoire donné pour hiérarchiser les actions à mener, identifier les opportunités de mutualisation des interventions, esti-

mer les coûts et les impacts hydrauliques. Ainsi la présence de toits plats ouvre la voie à des solutions simples ; la rénovation d'une copropriété privée impliquera des solutions administratives plus complexes que la rénovation d'équipements publics. La codification de cette complexité est ensuite cartographiée.

La gestion intégrée des eaux pluviales, les solutions de stockage et d'infiltration à la source permettent de repenser la ville.

L'expérience montre que la déconnexion est plus simple en secteur péri-urbain que dans un centre historique. Le plus souvent, la simple déconnexion des secteurs codifiés en vert (solutions faciles à mettre en œuvre) permet d'atteindre des résultats comparables à ceux d'un bassin de stockage en raison de l'importance des volumes d'eau pouvant être infiltrés. Ce type d'approche devrait certainement demander d'appréhender le risque d'inondation autrement, à partir d'une échelle fine à la micro parcelle.

Pour mener avec succès un tel projet, il est recommandé de cibler les secteurs à fort potentiel, en incitant les particuliers à agir sur leurs parcelles et en mutualisant les interventions avec d'autres projets (voirie, assainissement, amélioration du cadre de vie...) dans une optique de limitation des investissements.

Des retours d'expérience sont déjà disponibles sur des villes comme Brest (suite à une étude du potentiel de déconnexion), Vincey dans les Vosges, Les Mureaux (dans le cadre du renouvellement urbain) ou encore Le Havre. Dans ces exemples, les copropriétés sont progressivement déconnectées et les terrains centraux des voiries sont végétalisés pour recueillir les eaux pluviales. La démarche de déconnexion est généralement couplée avec une réintroduction de la nature en ville.

TRAITEMENT DES DÉCHETS ET CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LES PAYS ÉMERGENTS : SOLUTIONS POUR RÉDUIRE LES ÉMISSIONS DES GES

>>> Pierre-Yves Pouliquen, SUEZ

La réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) est devenue une orientation majeure pour contenir le réchauffement climatique. Si dans les pays développés, les émissions liées aux activités de déchets représentent seulement 2 à 3 % des émissions (avec une tendance stable), le constat est très différent dans les pays émergents, appelant la mise en place de solutions innovantes pour la gestion des déchets.

Dans les pays développés, les potentiels de réduction des émissions de GES concernent principalement les secteurs du transport et des activités industrielles. Dans les pays émergents, la proportion des émissions liées aux déchets est de l'ordre de 5 % pour les GES et 12 % pour le méthane, ces dernières émissions étant 28 fois plus impactantes que celles de CO₂. Or, la production de déchets devrait doubler d'ici 2025 en lien avec la croissance démographique et la progression de l'urbanisation : les émissions de gaz à effet de serre provenant des activités de déchet devraient alors représenter 8-10 %.

L'enjeu est donc majeur, d'autant que 80 % des déchets des pays émergents sont éliminés dans des décharges à ciel ouvert ou dans des sites d'enfouissement généralement non conformes aux normes internationales. Progressivement insérées dans le tissu urbain, les décharges à ciel ouvert sont génératrices de problèmes sanitaires, de pollutions de l'environnement et des océans, d'incendies et effondrements... Les désastres se multiplient : 17 morts au Mozambique en 2018, 31 morts au Sri Lanka en 2017. 50 mega-décharges réparties dans le monde affectent 64 millions de personnes dont 36% en Afrique, 34% en Asie et 16% en Amérique latine.

Pourtant des solutions existent et sont maîtrisées, largement déployées dans les pays industrialisés : réhabilitation des décharges, captage et valorisation du biogaz, tri mécano biologique, incinération pour produire de l'énergie sous forme de chaleur ou d'électricité... Ces solutions éprouvées peuvent être appliquées aux pays émergents pour mettre sous contrôle les décharges. Le défi se situe plutôt sur le terrain du financement que sur celui des technologies : alors

que le coût des infrastructures requises s'avère élevé pour nombres de pays, l'innovation est à rechercher au niveau du modèle économique, par exemple en intégrant au financement la vente de l'énergie générée par la valorisation des déchets. Mais surtout, la mise en place de ce type de projet impose au préalable une prise de conscience et une volonté politique forte. Il convient alors d'ériger des priorités, la fermeture des décharges, trouver de nouveaux terrains pour les infrastructures, mener les investissements requis, soit sur des budgets locaux soit à partir de financements internationaux... Autre facteur de réussite, les budgets doivent englober non seulement la construction des infrastructures mais aussi l'exploitation, en vue de la pérennisation des solutions de valorisation des déchets.

80 % des déchets des pays émergents sont éliminés dans des décharges à ciel ouvert ou dans des sites d'enfouissement

Les exemples mis en lumière confirment la faisabilité de tels projets, à partir d'une volonté politique forte et d'un solide modèle économique : extension d'un centre de stockage au sultanat d'Oman, réhabilitation de la décharge de Saïda au Liban, réhabilitation de la décharge de Meknès au Maroc... La décharge de Saïda est devenue un parc urbain après 30 mois de travaux, alors qu'elle représentait un mont de 58 m de haut se jetant dans la mer, soit 1,5 millions de m³ de déchets accumulés sur 40 ans. Le projet de Meknès s'inscrit dans l'objectif de valorisation d'au moins 25% des déchets du pays d'ici 15 ans, en application d'un plan de mise aux normes des décharges. En plus d'un modèle économique innovant pour financer l'investissement, un véritable accompagnement a conditionné la réussite du projet en intégrant notamment un important volet social. L'un des enjeux consiste en effet à devoir intégrer les populations qui travaillaient sur la décharge en leur proposant des conditions de travail décentes dans des installations offrant tous les gages de sécurité.

LE SYSTÈME D'ASSAINISSEMENT DE MARSEILLE FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

>>> Dominique Laplace, SERAMM, SUEZ et Jean-Marc Mertz, Métropole AMP

Marseille dispose d'un réseau d'assainissement unitaire (eaux usées et eaux pluviales) dimensionné à la fin du XIXe siècle pour répondre aux besoins d'un bassin versant alors beaucoup moins artificialisé. Ce réseau, situé en zone littorale, avec une faible pente, est soumis à différents aléas : intempéries, inondations, hausse des températures et du niveau de la mer. Dans ce contexte, certains impacts du changement climatique affectent déjà le système d'assainissement de Marseille et appellent des mesures d'intervention.

Quels sont les constats ? Certes, en matière d'inondation, la métropole de Marseille a plutôt été épargnée avec seulement deux événements graves subis en 2000 et 2003. Il convient néanmoins de rester vigilant et ne pas perdre la culture du risque. Une tendance à la diminution du cumul annuel de la pluviométrie se dessine depuis 1990, de même que diminue le nombre de jours de pluie par an. Parallèlement, les graphiques démontrent un réchauffement de 1,5° C sur Marseille sur ces 40 dernières années. L'augmentation des températures conjuguée à une diminution des entrées d'eaux parasites dans les réseaux se traduit par une élévation de 3°C de la température des effluents depuis les années 2000. Ce phénomène provoque une augmentation des sulfures dans l'eau. Résultat : la zone desservie par le réseau unitaire enregistre des nuisances croissantes en termes d'odeurs, passant de 300 plaintes par an dans les années 2000 à 600 plaintes à ce jour.

L'autre phénomène préoccupant est lié à la hausse du niveau de la mer de 30 cm, depuis la construction du réseau unitaire, de sorte que l'eau salée a tendance à entrer dans les ouvrages d'assainissement. L'eau de mer (qui contient des sulfates et des chlorures) accentue le risque de production de sulfures, donc d'H₂S et d'odeurs, et gêne le fonctionnement du traitement biologique de la station d'épuration. De plus,

l'augmentation du niveau de la cote de rejet au milieu naturel contrarie les écoulements par temps de pluie et lors d'événements pluvieux importants, les déversoirs ne pouvant pas évacuer tous les volumes d'eau, il se produira des inondations dans les zones en amont. Selon les prévisions réalisées, si la hausse du niveau de la mer (+ 3 mm/an à Marseille) se poursuit, ce niveau pourrait être relevé de 10 cm en 2050 par rapport à 2018. Des actions ont déjà été menées pour éviter d'embarquer de l'eau de mer dans le réseau. Ainsi, les déversoirs d'orage calés à l'origine à la cote + 0,4 m NGF ont été remontés de 20 cm en 2010, pour être calés à ce jour à la cote + 0,60 m NGF.

Les retours d'expérience disponibles au sein du groupe ont facilité l'identification des solutions.

Face à ces constats, SERAMM, filiale du groupe SUEZ, a été sollicitée pour envisager des solutions à court, moyen et long terme. Il en a résulté la mise en place d'un « plan odeur et H₂S », parallèlement aux réflexions sur les déversoirs. Les retours d'expérience disponibles au sein du groupe ont facilité l'identification des solutions. Une cartographie des odeurs, liées principalement au réseau unitaire a été réalisée. Après une phase de test numérique des expérimentations ont été lancées sur le terrain. Cela permettra ensuite de procéder au déploiement de solutions, à l'échelle du réseau unitaire. Concernant les déversoirs, des exhaussements ont été effectués là où c'était possible. D'autres solutions sont à trouver par ailleurs, notamment avec la pose de clapets hydromécaniques pour éviter l'entrée d'eau salée dans le réseau.

SYNTHÈSE 3

CRUES ET INONDATIONS : RETOURS D'EXPÉRIENCE

97^{ème} congrès de l'Astee - Session 16

> Présidée par Pierre-Alain Roche, MTES

Les inondations peuvent générer d'importants sinistres, en particulier en zones urbaines. Chaque événement est un cas particulier en raison de la multiplicité des contextes et des facteurs de crues. Aussi, chaque retour d'expérience apporte de précieux enseignements, tant sur les modalités de préparation que sur les processus de gestion pendant la crise et après la crise. Dans tous les cas, le développement d'une culture du risque et la qualité des processus d'anticipation apparaissent comme des facteurs clés pour atténuer les impacts d'aléas qui pourraient s'accroître sous l'influence du changement climatique.

LES ENSEIGNEMENTS DE LA CRUE DE JUIN 2016 POUR LA SÉCURITÉ DES INSTALLATIONS DU SEDIF

>>> Sylvie Thibert, Sedif

La crue de 2016 a été riche en enseignements, alors même que le Sedif s'était préparé aux impacts des crues. Ce retour d'expérience a contribué à l'élaboration d'un plan d'action destiné à améliorer la robustesse du Sedif et, plus largement, la résilience de l'alimentation en eau potable en Ile-de-France.

Ce sont 4,6 millions d'habitants sur 150 communes qui sont alimentés en eau potable par le Sedif à partir de trois usines installées à Choisy-le-Roi, Neuilly-sur-Marne et Méry-sur-Oise, les ressources superficielles représentant 97 % de l'eau potable du territoire. Localisées au plus près de la ressource, ces usines sont sur des zones d'expansion des crues. Dans ce contexte de vulnérabilité, les dispositifs doivent assurer, en cas de crue, la continuité de la production et de la distribution d'eau potable. Les plans régionaux d'alimentation en eau potable et les plans de crise de la Préfecture ont adopté la crue de 1910 comme crue de référence. En complément, le Sedif s'est préparé selon plusieurs axes : interconnexion des usines ; élaboration d'un « plan de continuité d'activité crue » pour chaque usine ; investissement de 10 millions d'euros depuis 2005 pour permettre aux usines de fonctionner en cas de forte crue ; préparation opérationnelle avec des exercices de simulation de crue (plan Lutèce en 2006, exercice européen Sequana en 2016...).

Survenue à la fin du printemps, la crue de 2016 se caractérise par une montée soudaine du débit (1 200 m³/s) de la Seine et dans une moindre mesure de la Marne, avec une forte dégradation de la qualité de la ressource. Dès l'identification du phénomène, les équipes du Sedif ont déclenché une cellule de crise et le plan de continuité crue. Les équipes d'exploitation (Veolia) ont été mobilisées en astreinte pour assurer la protection et le fonctionnement des ouvrages : monter des barrières anti crue, mettre en place des pompes,

assurer la gestion des capacités de stockage des réservoirs... Les traitements de l'eau brute ont dû être renforcés par des doses accrues de produits chimiques. L'ensemble du pilotage a été réalisé au travers de l'outil ServO.

Conséquence des interventions, il n'y a pas eu de rupture de l'alimentation en eau potable. Outre, le bon fonctionnement des dispositifs anti-crue, le retour d'expérience montre l'utilité des exercices de préparation aux crues. De même, la cellule de crise mise en place avec la préfecture de police a fonctionné correctement, avec un partage d'informations facilité par le portail Crisorsec. Cette coordination est d'autant plus importante que le Sedif est dépendant d'autres infrastructures et services : robustesse des réseaux d'électricité, capacité d'acheminement des produits chimiques... Néanmoins, le Sedif a dû faire face à la diffusion de fausses rumeurs sur les réseaux sociaux sur l'état de potabilité de l'eau. La capacité à diffuser rapidement des messages fiables à la population n'est donc pas un détail. Enfin, les contrats avec les fournisseurs stratégiques (dont les produits chimiques) doivent être bien étudiés.

Ce retour d'expérience a contribué à l'élaboration d'un plan d'action destiné à améliorer la robustesse du Sedif.

Les coûts de la crue de 2016 sont estimés à 1,4 milliards d'euros en Île-de-France, pour 180 000 sinistrés. Pour limiter les impacts économiques des crues, il faut donc d'une part être en mesure de limiter les dégâts par une gestion efficace et d'autre part favoriser le retour à la normale au plus vite. En 2016, la qualité des eaux brutes s'est rétablie au bout d'un mois environ.

INTEMPÉRIES DE 2015 : RETOUR D'EXPÉRIENCE POUR LES SERVICES D'EAU ET D'ASSAINISSEMENT DU BASSIN CANNOIS

>>> Denis Snidaro, SUEZ

Le 3 octobre 2015 est un jour noir pour la Côte d'azur. L'événement pluvieux (200 mm en 2 heures, soit 20% de la quantité d'eau de pluie en un an sur Cannes) a engendré le chaos : 20 morts, 650 millions d'euros de dégâts et plusieurs semaines de crise. Comment expliquer un tel désastre ? Quels enseignements en tirer ?

Les premiers enseignements sont à trouver dans le niveau de préparation. Dans cette région dite préservée, aucune culture de risque n'avait été développée en matière d'inondation. De plus, l'événement pluviométrique avait lui-même été mal anticipé : d'une vigilance orange déclarée la veille dans une certaine indifférence de la population, l'intensité des pluies aboutit à un événement tri centennal. Outre son intensité, le phénomène est inhabituel dans sa durée et provoque deux mois de crise pour le réseau d'assainissement : conduites arrachées, station d'épuration inondée avec 1,5 m d'eau (obligeant à fonctionner en mode très dégradé pendant 15 jours), 20 postes de relèvement inondés, réseaux d'assainissement endommagés et remplis de gravats... Sur ces deux mois, le groupe SUEZ estime à 1 500 le nombre d'interventions (soit un coût de 2,5 millions d'euros) : environ 1 500 m de vallons sont nettoyés, 40 km de réseaux d'eaux usées sont curés, 1 000 tonnes de gravats sont évacuées...

Cet événement a mis en lumière l'importance de la communication quotidienne entre les différents acteurs dont les collectivités locales, afin de prendre les décisions optimales et prioriser les actions en période de crise. Il est également important de savoir communiquer en externe alors que les questionnements sont nombreux. Dans le cas des inondations de Cannes, la cellule de crise a continué à se réunir régulièrement pendant les deux mois. Par ailleurs, force est de constater que la hiérarchie des valeurs change en période de crise. Des écarts peuvent naître entre les priorités des collectivités, de l'État et du délégataire. Ainsi, dans les premiers jours, l'as-

sainissement n'était pas une priorité pour l'État à Cannes, alors que le délégataire cherchait à remettre en état le plus rapidement possible ses installations. Une autre difficulté à surmonter réside dans la gestion de crises longues : gérer l'énergie des équipes dans la durée amène à revoir l'organisation.

Suite aux intempéries de 2015, de nouveaux outils et processus ont été mis en place pour mieux anticiper les aléas et réduire les impacts. Les équipes ont capitalisé sur les modalités de gestion des pluies à Cannes : des seuils de débordement ont été définis en fonction du couple intensité et durée de pluie, aboutissant à un zonage ; les interventions sont graduées selon les seuils atteints. Des efforts ont été menés pour mieux connaître le réseau et identifier les points de débordement grâce à la modélisation. Une nouvelle procédure de gestion de crise a été élaborée puis partagée avec la collectivité. C'est une nouvelle culture du risque qui a été développée : l'anticipation a été renforcée car dès l'alerte orange, une surveillance étroite de la météo est assurée pour disposer d'une

Une nouvelle procédure de gestion de crise a été élaborée puis partagée avec la collectivité.

vision précise de ce qui va se produire dans les deux heures et prévoir les renforts d'équipe et d'astreinte en conséquence. Un renfort d'astreinte au centre de pilotage assure la gestion des alarmes et le pilotage des astreintes. Enfin, des exercices de crise sont organisés depuis lors.

Quant à l'adaptation des infrastructures des gestion des eaux pluviales, elle s'avère complexe dans un contexte de réseaux installés dans les vallons. Pour une réelle efficacité, il faudrait restructurer les réseaux sur plusieurs kilomètres, y compris en intervenant chez les particuliers. Le projet est à l'étude.

LES DÉCHETS POST-CATASTROPHE : LE CAS DES INONDATIONS ET SUBMERSIONS

>>> Juliette Aubert, GEIDE post-catastrophe

Les inondations produisent en quelques minutes une grande quantité de déchets, jusqu'à 15 fois la production habituelle de déchets sur une semaine. Ces déchets post-inondation sont pour la plupart non dangereux mais les mélanges augmentent leur dangerosité avec la présence de déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE), de véhicules (batteries, hydrocarbures...), de déchets infectieux, de déchets spécifiques détenus par des particuliers et artisans, de sédiments pollués... L'enjeu est de parvenir à collecter et trier ces déchets pour les diriger vers les filières adaptées, alors que leur quantité exceptionnelle dépasse fréquemment les capacités ordinaires de collecte, transit, tri et traitement des collectivités.

Seule une prise en charge rapide de ces déchets permet de limiter les risques sanitaires et environnementaux. La liste des risques est à la hauteur de la diversité des situations : prolifération de rats et de moustiques qui sont vecteurs de maladies, pollution des sols pouvant s'avérer durable, déchets dangereux dans les coulées de boues en présence de carburants ou d'huiles, incendies générant des émissions de fumées toxiques, risques de pillage... Des amas « provisoires » peuvent se transformer en décharges sauvages en l'absence de gestion, d'autant que nombre de déchets tendent à s'accumuler dans des zones difficiles d'accès tels que des ravins. Difficiles à collecter, ils peuvent alors rester en place plusieurs semaines ou mois.

L'enjeu est de parvenir à collecter et trier ces déchets pour les diriger vers les filières adaptées.

Que prévoit la réglementation ? Des dispositions viennent compléter le cadre réglementaire des déchets. En particulier, les articles L541-13 et R541-16 du Code de l'Environnement prévoient que les plans régionaux de prévention et de gestion des déchets intègrent un dispositif pour prévenir la production de déchets en cas de catastrophe naturelle et la gestion de ces déchets dans les meilleures conditions en vue d'un retour à la normale. Une disposition récente permet, en cas d'inondation, la création d'installations de transit temporaires avec une rubrique ICPE spécifique (n°2719) pour des

volumes supérieurs à 100 m³. Cela permet un fonctionnement simple mais sur une zone adaptée et de façon contrôlée, pour éviter toute sur-pollution (comme ce fut le cas en 2016 pour certaines installations en bordure de cours d'eau). Les éco-organismes qui collectent les DEEE et les déchets dangereux spécifiques ont également une obligation de reprise des déchets dans les meilleurs délais.

Le GEIDE a réalisé plusieurs guides pour aider les particuliers, les collectivités territoriales et les acteurs économiques : disponibles sur internet, ils intègrent des conseils de prévention (par exemple : surélever les déchets phytosanitaires ou tout autre déchet dangereux), de gestion en tant de crise et de retour à la normale. En parallèle, un rapport d'une quarantaine de pages propose un retour d'expérience sur l'inondation de 2016. Plusieurs dispositifs ont bien fonctionné : ce sont notamment les éco-organismes qui ont repris les déchets, ou encore les ICPE de grande taille qui ont adopté les mesures d'urgence adaptées, bénéficiant d'une culture du risque. Par contre, la prévention et les mesures d'urgence ont moins bien fonctionné sur les ICPE de petite taille, de même que chez les artisans et les particuliers.

Le rapport met en lumière un certain nombre de dysfonctionnements : des installations destinées au traitement de déchets ont été inondées, notamment des incinérateurs, des déchetteries, des sites de regroupement des camions de collecte, des bacs de tri sélectifs... Certains sites ont été inaccessibles faute de voies d'accès praticables. D'autre part, des basculements de cuves ont généré de mini marées noires qui auraient pu être évitées si les cuves avaient été correctement arrimées. Globalement, les collectivités et les services de voirie n'étaient préparés ni à la collecte d'importants volumes de déchets, ni à la création de stockages temporaires.

À partir de ces constats, il apparaît nécessaire que les collectivités territoriales et les entreprises réévaluent régulièrement leur situation. Les installations de gestion des déchets doivent rester fonctionnelles lors de crues, à un moment où elles sont tant sollicitées. Le GEIDE recommande une analyse de la vulnérabilité des sites, sans omettre une cartographie des lieux d'habitation des salariés pour s'assurer de leur disponibilité en cas d'aléa.

SYNTHÈSE 4

LA RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES : ENFIN UNE RÉALITÉ !

97^{ème} congrès de l'Astee - Session 20

> Présidée par Christine Gandouin, Présidente de la Commission Assainissement de l'Astee

85% des eaux usées sont traitées et réutilisées en Israël, 25% en Tunisie, 17 % en Australie... La France est loin de ces ratios mais des projets intéressants se développent. Ainsi, 25% de la consommation d'eau potable estivale doit être réutilisée à Agde. Dans un contexte de changement climatique générateur de tensions sur la ressource en eau, la réutilisation des eaux usées traitées apparaît comme un levier d'action à étudier : quelles sont les motivations pour l'utilisation de cette ressource alternative ? Quels sont les freins à lever, y compris dans l'inconscient collectif ? Certains usages sont-ils plus pertinents que d'autres ? Quel modèle économique envisager ?

INFLUENCE MÉDIATIQUE SUR LES PERCEPTIONS ET JUGEMENTS SOCIAUX DE LA RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES

>>> Benjamin Noury, SCP, IRCIC, Irstea

Il suffit de se pencher sur quelques projets emblématiques de réutilisation des eaux usées traitées pour comprendre combien le sujet est sensible. Les premiers résultats de la thèse de Benjamin Noury, issu du projet READAPT coordonné par la société du Canal de Provence et financé par l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, amènent à investiguer le champ de l'acceptabilité sociale avec pour objectif la formulation de recommandations en termes de communication et de concertation pour la mise en place de projets de réutilisation des eaux usées.

La thématique de l'acceptabilité est historiquement issue de la gestion des risques. En 1974, le géographe américain Baumann avait déjà souligné l'importance de l'enjeu d'acceptabilité sociale. Deux cas emblématiques, les villes de Toowoomba et San Diego, ont porté cette question au premier plan. À la fin des années 1990, la ville de San Diego a la volonté de mettre en place un projet de REUT pour l'eau potable suite à des sécheresses répétées. Malgré un budget de communication élevé (450 000 \$), le projet a dû être retiré après une forte opposition de la population. Le même phénomène s'est produit à Toowoomba, ville du Queensland en Australie, où le projet à des fins d'eau potable a été rejeté par 60% de la population par référendum. Même importante, une communication de crise n'a pas permis à ces deux villes de reprendre la main.

Le projet de San Diego est revenu dans les années 2000 et a alors obtenu un soutien d'environ 70% de la population en 2012 après un investissement massif dans la recherche et l'engagement du public, ouvrant la voie à un programme sur 20 ans pour l'utilisation des eaux traitées à des fins d'eau potable.

Ces exemples démontrent que, s'il faut communiquer, c'est avant que naisse la controverse. Les revendications sociales sont susceptibles de mettre à mal de tels projets malgré d'importants efforts de communication, mais elles peuvent évoluer dans le temps.

En France, des études menées pour le CGDD en 2014 et le CI-EAU en 2017 ont montré que près de 50% des français refuseraient que les eaux usées soient redistribuées directement au robinet et 30% refuseraient de consommer des fruits et légumes arrosés avec des eaux usées traitées. Certes, des produits sont déjà irrigués avec des eaux usées traitées, mais l'origine des eaux n'est jamais communiquée.

La question de l'acceptabilité a principalement été abordée en psychologie sociale, notamment par la théorie du comportement planifié d'Ajzen. Cette démarche consiste à identifier les facteurs qui influencent l'attitude, en faveur ou défaveur d'un sujet, de façon à estimer les intentions de comportement. Ainsi, différents facteurs ont été testés : âge, sexe, religion, sensibilité à l'environnement, confiance dans les nouvelles technologies... Mais cette démarche qui s'intéresse aux individus trouve ses limites pour la réutilisation des eaux usées traitées (REUT). Pour cette pratique, il convient de s'intéresser aussi aux dynamiques sociales d'un territoire. Cela signifie prendre en compte les influences collectives pour comprendre comment un territoire va se positionner sur le sujet. Se pose également la question de l'effet de l'information apportée au grand public. En effet, la suite causale « si l'on informe la population elle va comprendre, si elle comprend elle va accepter » n'est pas nécessairement vérifiée.

Afin de cerner les perceptions, Irstea a lancé une recherche dans le cadre du projet SoPoLo financé par l'agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse : 845 enquêtes ont été conduites avec le concours d'étudiants en Master Eau, pour interroger les citoyens sur la REUT. Le sujet des eaux usées traitées a généré chez les personnes interrogées un champ lexical peu développé, significatif d'une thématique peu évocatrice.

Le sujet des eaux usées traitées a généré chez les personnes interrogées un champ lexical peu développé, significatif d'une thématique peu évocatrice.

Face à la pauvreté des réponses obtenues, une analyse des médias a été conduite. Ainsi, 156 articles de presse ont été identifiés pour la période 2000 - 2017, mentionnant la réutilisation ou le recyclage des eaux usées traitées. Seuls 30% de ces articles étaient dédiés à cette thématique, la plupart mentionnant la réutilisation dans une énumération de solutions potentielles pour faire face au changement climatique. Ces chiffres démontrent un faible espace médiatique pris par la REUT, même si quelques événements ont marqué le flux médiatique :

- > 2011 : Plan national d'adaptation au changement climatique qui mentionne la REUT ;
- > 2014 : Consultation publique de l'Union européenne qui a été bien relayée ;
- > 2015 : Appel à projets de l'Agence de l'eau RMC ;
- > 2016 : Instruction interministérielle sur la réutilisation des eaux usées traitées ;
- > 2017 : Déclarations des ministres, Journée mondiale de l'eau 2017 qui traitait du sujet et rapport sénatorial ;
- > 2018 : La tendance reste comparable à 2017, avec notamment le golfe d'Agde et le rapport de l'ARPE.

Un travail de simulation a été mené auprès des 845 personnes interrogées afin d'étudier les effets de la communication selon les typologies d'information véhiculée. Les personnes ont été réparties en quatre groupes : pas d'information (groupe test) ; réception d'une information neutre (information technique) ; information positive ou persuasive (« agissez sur l'environnement ») ; communication dite engageante (la communication sur la REUT est précédée d'un acte préparatoire, par exemple une pétition sur les circuits courts). Ce dernier type d'information est issu de la théorie de l'engagement, destinée à réduire les écarts entre les intentions de comportement et les comportements effectifs.

Les résultats montrent l'existence d'un léger effet lié à l'âge, au genre et les catégories socio-professionnelles : il semblerait que plus on est âgé, plus on est réticent à consommer des produits issus de l'irrigation à partir d'eaux usées traitées, de même que les catégories les plus éduquées seraient les plus favorables. L'éloignement est également un facteur d'influence puisque 90% des personnes interrogées sont favorables à irriguer des parcs et jardins avec de l'eau retraitée, alors que ce taux descend à 70% pour le maraîchage. Enfin, un effet de l'information a également été constaté avec des résultats contrastés en fonction du type d'informations. L'information qualifiée de « neutre » a eu des effets allant jusqu'à 20% d'avis favorable en plus pour certains usages.

Plus globalement, l'intervention met l'accent sur la nécessité de développer des stratégies d'engagement des acteurs et de sortir de la logique causale d'information selon laquelle plus on est informé, plus on adhère. Il s'agit de dépasser les stratégies de communication pour aller vers une stratégie de concertation et d'engagement. Encore faut-il que les arènes de discussion soient ouvertes, pour que la population puisse exprimer ses attentes et inquiétudes.

LA RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES À LA CROISÉE DES CHEMINS EN TUNISIE : RETOUR D'EXPÉRIENCE.

>>> Jacques Beraud, Société du Canal de Provence

La Tunisie dispose de quasiment 50 ans de retours d'expérience en matière de réutilisation des eaux usées traitées. De nombreux enseignements découlent de cette durée. Néanmoins, les tendances récentes en matière de réutilisation des eaux usées amènent à s'interroger sur les facteurs limitants et surtout à analyser comment redonner un nouveau souffle à cette spécificité tunisienne.

La réutilisation a démarré en 1965 en Tunisie, sur une orange-raie à La Soukra à proximité de Tunis, en réponse à la problématique de salinisation des eaux souterraines. De nombreuses opérations ont ensuite été mises en place. En 2017, le bilan fait état de 66 stations d'épuration sur 115 pratiquant la réutilisation des eaux usées traitées : 62 millions de m³ sont valorisés annuellement, majoritairement (54%) pour un usage environnemental. Ce dernier usage, mal caractérisé, couvre notamment la réalimentation de cours d'eau. Les usages agricoles représentent un tiers avec 8 500 ha ainsi irrigués.

Alors même que la réutilisation des eaux usées traitées est une priorité nationale pour l'agriculture, l'analyse de la situation révèle une stagnation, voire même une baisse du taux d'intensification (rapport surface irriguée/surface irrigable), parallèlement à une détérioration des infrastructures et de la qualité de l'eau. Ces constats en demi-teinte ont amené le Ministère de l'agriculture à lancer une étude de diagnostic financée par la Banque mondiale, allant jusqu'à l'élaboration de recommandations. Principalement focalisée sur l'usage agricole, l'étude a ciblé trois grandes problématiques : la gouvernance, la qualité de l'eau et le modèle économique.

Concernant la gouvernance, l'analyse met en lumière un jeu d'acteurs particulièrement complexe entre les producteurs d'eaux usées traitées (Office National de l'Assainissement (ONAS)), le distributeur (Ministère de l'agriculture), les usagers que sont les agriculteurs, les contrôleurs (Ministère de la santé, de l'environnement, ONAS, CRDA). Ces interactions multiples sont génératrices de complexités additionnelles. D'autre part, les normes s'appliquant à la qualité de l'eau s'avèrent difficiles à appliquer. Les préconisations réalisées à partir du diagnostic mettent l'accent sur la nécessité de fluidifier les processus décisionnels par un meilleur partage de l'information. Dans cette perspective, il faudrait envisager une certaine centralisation ou consolidation des informations. Il conviendrait également d'augmenter la capacité de décision des structures nationales et locales de concertation. Parallèlement, un travail

doit être entrepris pour faire évoluer les normes en créant des classes de qualité d'eau pour des usages différenciés permettant de mieux valoriser les EUT.

La dégradation de la qualité d'eau dans les réseaux tient principalement à l'ancienneté des ouvrages qui, pour la plupart, ont été installés dans les années 1980. Il convient donc de continuer le chantier de rénovation du parc épuratoire en Tunisie, de même que celui des infrastructures hydrauliques des périmètres irrigués. Les recommandations émises visent par conséquent à garantir l'efficacité épuratoire du traitement secondaire et à adapter le traitement effectué (désinfection ou non) à l'usage de l'eau.

La relance de la réutilisation des eaux usées traitées en Tunisie, dans un contexte de changement climatique et en réponse aux enjeux de sécurité alimentaire.

Enfin, c'est le modèle économique qui doit être consolidé pour pérenniser le recours aux eaux usées traitées. En effet, le prix de vente des EUT est fixé réglementairement à 20 millimes par m³ soit environ 0,7 centimes d'euros. Ce tarif, particulièrement bas, ne permet pas de financer les frais de pompage et rend difficile la maintenance courante. L'étude préconise par conséquent de lever le plafond des 20 millimes pour les eaux usées traitées affinées, en progressant sur la qualité de l'eau et la continuité de service pour les usagers. En parallèle, il faudrait élargir la liste des cultures autorisées avec ce mode d'irrigation.

La relance de la réutilisation des eaux usées traitées en Tunisie, dans un contexte de changement climatique et en réponse aux enjeux de sécurité alimentaire, passe par la réhabilitation des infrastructures, qu'il s'agisse des stations d'épuration ou des réseaux d'irrigation. L'étude d'un plan national directeur REUSE 2050 a été récemment lancé, sur financement de l'AFD. Parallèlement, l'Institut méditerranéen de l'eau, avec l'appui technique de la Société du Canal de Provence et de la Société des Eaux de Marseille, accompagne l'amélioration du fonctionnement de deux projets pilotes de REUT agricole, dans une approche pluridisciplinaire.



CHAPITRE 6

PERSPECTIVES

1 Ce qu'il manque aujourd'hui en termes d'outils

LES PROFESSIONNELS ÉVOQUENT CE QUI MANQUE AUJOURD'HUI POUR APPRÉHENDER LES PROJETS

> En termes de connaissances

La grande difficulté pour les professionnels est de pouvoir anticiper les impacts du changement climatique, afin de pouvoir s'adapter, mais aussi atténuer les émissions de gaz à effets de serre et limiter la dégradation des milieux. Des outils et des modèles prospectifs, il en existe, mais il en manque aussi : par exemple des méthodes de hiérarchisation des impacts, de modélisation de la qualité des ressources, des applications simples basées sur les rapports du GIEC. Il faudrait aussi davantage de données climatiques locales, souvent éparpillées, et qui manquent sur le long terme. Il y a aussi nécessité à traduire les modèles de manière concrète et didactique, pourquoi pas pédagogique dans le but de sensibiliser les citoyens et les élus.

Les chercheurs ont à cœur ce rôle de construction de la connaissance : comment le changement climatique va-t-il affecter les ruissellements pluviaux, les performances des stations d'épuration, la qualité des milieux ?

Enfin, la coopération est essentielle à la réalisation de projets qui prennent en compte le changement climatique : on peut parfois avoir l'impression que chaque territoire avance dans son coin, d'où un besoin de partager les expériences locales et diffuser les connaissances acquises.



<https://youtu.be/Xi4hucoxXI>

> En termes d'outils et méthodes

Le partage d'expériences existantes est un élément clef pour favoriser la prise en compte du sujet. Là où il y a des incertitudes, il y a aussi des réponses à travers de la mobilisation des acteurs, mobilisation qui se doit d'être pluridisciplinaire. L'alliance de projets de recherche avec des projets opérationnels permet d'acquérir de la donnée, de se l'approprier et d'établir des projections. Se ressent aussi un besoin d'accompagnement, notamment financier, par exemple au travers d'une expertise terrain, ou des méthodologies spécifiques. Sur-tout, il y a un besoin d'une vision globale de la problématique, moins morcelée, illustrée par des exemples opérationnels qui fonctionnent.



ILS TÉMOIGNENT :

- > Rémi BARBIER, Professeur à L'École Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg
- > François BORDEAU, Directeur du Cycle de l'Eau, Chartres Métropole
- > Magali DECHESNE, Chercheure, Département Environnement et Santé, Veolia
- > Johnny GASPERI, Enseignant chercheur, Laboratoire Eau Environnement et Système Urbains (Leesu), Université Paris Est - Créteil
- > Pierre HIRTZBERGER, Directeur Général des Services Techniques du Sycotm, Vice-président de l'Astee en charge du climat et des ressources.
- > Michel LAFFORGUE, Directeur de projet, SUEZ Consulting
- > Mireille PERNOT, Vice-Présidente en charge du petit cycle de l'eau, Nantes Métropole
- > Emmanuel PEZET, Président du Syndicat Intercommunal pour l'Assainissement de la région de Pontoise (SIARP)
- > Florence SOUPIZET, Responsable du Pôle Environnement, Eau de Paris
- > Nicolas ROCHE, Professeur à Aix Marseille Université, Chercheur au Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement
- > Isabelle THOMAS, Responsable Service Santé Qualité de Vie, Bordeaux Métropole

> Changer, partager, agir ensemble

Une multitude d'impacts sont pressentis : au niveau de l'eau (réflexion sur les usages et l'allocation des ressources), des déchets (émissions de GES, économie circulaire) et l'aménagement de l'espace urbain (confort climatique, dimensionnement et typologie des ouvrages). Il faut accepter de changer les pratiques, concevoir une ville plus résiliente : surtout que la prise de conscience s'accélère. Les diagnostics et états des lieux réalisés, il faut réussir à convaincre les donneurs d'ordre qu'il y a des moyens d'agir, d'anticiper les risques. La meilleure méthode reste la démonstration par l'exemple, au travers de projets qui ont abouti à des résultats probants.

Une réalité évidente pour les professionnels de l'environnement, chacun est attentif aux changements et aux évolutions du secteur : dans le but de réussir à transposer les bonnes idées d'un territoire à un autre, en accord avec les spécificités locales.



2 Mécanismes de financements: les évolutions à imaginer

Les enjeux sont différents pour les services de l'eau et des déchets. Pour les services des déchets, il s'agit davantage de financer l'atténuation en limitant les émissions de GES, alors que pour les services de l'eau, peu émetteurs de GES, il s'agit plutôt de trouver des financements pour des solutions d'adaptation.

1. SERVICES DES DÉCHETS

Le SEQE-UE (Système d'Échange de Quotas d'Émissions de l'UE) constitue un outil pertinent sur le papier pour diminuer les émissions de GES. Néanmoins, le fait d'avoir permis aux établissements financiers de participer aux échanges a partiellement vidé le dispositif de son sens et de sa pertinence. Si on ajoute le fait que beaucoup trop de quotas gratuits ont été mis sur le marché au départ, le système global est peu efficace.

La taxe carbone peut constituer un système plus simple à mettre en place et dont les recettes sont plus faciles à prédire. Le développement de cet outil, notamment pour la gestion des déchets est cependant à remettre en perspective avec les événements récents de rejet par une partie de la population française de l'augmentation de la contribution climat énergie sur les carburants.

Le terme de taxe est négativement connoté et le fait que les produits de la taxe ne soient pas affectés en totalité au développement de politiques environnementales vertueuses constitue le principal talon d'Achille d'un tel dispositif.

L'annonce de l'augmentation massive de la TGAP déchets a eu le même effet de rejet de la part des collectivités locales que l'augmentation de la contribution climat énergie sur les carburants pour les usagers : augmentation trop importante et pas d'affectation des recettes aux politiques déchets vertueuses.

Dans ce contexte, l'assujettissement de l'activité d'incinération soit à une taxe carbone, soit au SEQE-UE ne paraît pas politiquement possible, notamment si la TGAP est maintenue.

Il serait envisageable de faire rentrer l'activité d'incinération et d'enfouissement dans un système de fiscalité carbone, à partir du moment où il n'est pas mis en place une double peine avec la TGAP. Dans ce cas, une taxe carbone serait davantage adaptée au secteur public que le SEQE-UE. En effet, il est compliqué pour les collectivités locales de ne pas avoir de visibilité en matière de programmation budgétaire. D'où le choix de la taxe par rapport au marché.

Pour que cette taxe soit davantage pertinente, elle pourrait prendre la forme d'un système de « bonus-malus » basé sur les résultats simplifiés de BEGES. Ainsi les émissions directes, incinération et mise en décharge seraient pénalisées en proportion des facteurs d'émissions de chacun des deux modes de traitement. Les émissions évitées¹⁸ seraient valorisées sous la forme d'un bonus prenant en compte les quantités de déchets recyclées et les quantités d'énergie produites et venant se substituer aux consommations d'énergie fossile. Un système simple de bonus ne serait cependant pas forcément évident à bâtir car ces émissions évitées sont for-

18. La détermination des émissions évitées est une question en soi. Elles ne pourront pas être directement déduites des quantités recyclées ou des quantités d'énergie non-fossile, qui seront plutôt des données d'entrée aux méthodes à construire. Ces méthodes devront bien sûr être validées et reconnues, et s'appuyer sur des valeurs de référence à définir (moyennes sectorielles, autre filière de référence ou filière alternative, seuils réglementaires...).

tement dépendantes de l'éloignement des sites de recyclage et du choix des énergies fossiles. Le calcul du bonus pourrait donc s'avérer complexe.

Pour conclure, il est certain qu'un système de fiscalité carbone pour la gestion des déchets est envisageable mais uniquement en substitution à la TGAP. Il ne serait d'ailleurs pas inintéressant de supprimer cette taxe, ne serait-ce qu'à cause de son titre qui donne une image partiellement fautive des activités auxquelles elle s'applique.

2. SERVICES DES EAUX

L'adaptation au changement climatique est transverse. Dans le domaine de l'eau, les enjeux se doivent d'être considérés de manière globale, pour une gestion durable des ressources en eau, en équilibrant usages de l'eau, protection des ressources et restauration des milieux. Mais de façon plus large, l'adaptation concerne l'aménagement de l'ensemble d'un territoire, les questions de l'eau touchant à la planification urbaine et périurbaine, la santé, la biodiversité, la gestion des risques, l'énergie ...

Comment prévoir dans l'incertitude ? Financer des actions d'adaptation implique d'intégrer la variabilité des aléas climatiques. L'enjeu devient alors celui de la résilience des projets et des territoires. Les mesures d'adaptation dites « sans regret », c'est-à-dire utiles quelles que soient les évolutions du territoire, sont à privilégier. Les acteurs préféreront ainsi investir dans des projets qui améliorent la résilience des territoires (champs d'expansion des crues, restauration morphologique des rivières) et la transversalité des usages (réutilisation d'eaux usées traitées, zones humides). Quant aux infrastructures coûteuses (réseaux, digues), parfois indispensables, elles devront être dimensionnées en intégrant cette variabilité hydrométéorologique sur le long terme, afin d'éviter qu'elles ne deviennent obsolètes.

Un point fort à souligner est la nécessaire évolution du mode de financement actuel de la gestion de l'eau, aujourd'hui largement dépendant de la consommation d'eau potable. Les services d'eau, les services d'assainissement et les programmes d'action des agences de l'eau sont financés par la facture d'eau. C'est donc le consommateur d'eau potable qui paie l'eau. Cet équilibre financier est précaire : la consumma-

tion diminue depuis les années 1990, ce qui induit une baisse des recettes, alors que les dépenses liées à l'assainissement ne sont pas directement proportionnelles à l'eau consommée, et que les dépenses des services d'eau sont essentiellement des coûts fixes (Barraqué, B. et al. 2011). Il est peu vraisemblable que les factures d'eau pourront payer à elles seules les investissements nécessaires pour faire face au changement climatique. Une évolution du mode de financement est donc nécessaire, pour à la fois inciter aux économies d'eau, partager le financement entre tous les usagers (particuliers, agriculteurs et industriels), et dégager des fonds pour l'adaptation. Une piste de réflexion est la tarification « équitable » de l'eau prélevée au milieu naturel, qui éviterait les différences tarifaires entre les usagers et inciterait aux économies d'eau, avec une progression des tarifs selon les volumes consommés (Smets, H. 2011).

Les collectivités devront néanmoins rechercher d'autres sources de financement pour adapter leurs investissements à l'évolution climatique. Associer le financement des projets de gestion de l'eau à des budgets de l'aménagement du territoire ouvre l'investissement à des collectivités compétentes en aménagement, telles que les Régions. Cette approche transverse des investissements peut se heurter aux instances actuelles de décision et de financement, qui demeurent très spécialisées par domaine de compétence (eau, biodiversité, traitement des déchets, énergie). Toutefois, les projets d'adaptation sont une belle opportunité de diversifier les sources de financement (sources nationales, régionales, européennes ou privées) et d'aller vers de nouveaux partenariats. Citons pour exemple :

> les programmes d'action des Agences de l'eau (voir encart, page suivante) ;

> le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER) qui a pour vocation de renforcer la cohésion économique, environnementale et sociale dans l'Union européenne en corrigeant les déséquilibres entre ses régions. Le FEDER finance des actions soutenant l'adaptation au changement climatique ;

> la Climate-KIC qui vise à accélérer la transition vers une économie sans carbone. Soutenue par l'Institut Européen d'Innovation et de Technologie (EIT), la Climate-KIC appuie financièrement des innovations d'atténuation et d'adaptation au changement climatique, notamment sur la transition urbaine et l'occupation durable des sols.

Les programmes d'action des Agences de l'eau

Les six Agences de l'eau françaises ont pour mission de contribuer à réduire les pollutions de toutes origines, protéger les ressources en eau, et restaurer les milieux aquatiques. Elles disposent pour cela d'instruments économiques (redevances et subventions), dont les lignes directrices sont fixées par des programmes d'action pluriannuels établis par chaque agence. Les Agences perçoivent des redevances auprès des usagers de l'eau (collectivités, particuliers, associations, agriculteurs et entreprises). Les particuliers contribuent à plus de 70 % des redevances au travers d'une taxation sur les usages domestiques de l'eau. Ces recettes sont reversées sous forme d'aides à des porteurs de projet (collectivités, particuliers, associations, agriculteurs et entreprises) pour financer des actions visant à améliorer la gestion des ressources en eau. Un bilan sur les 10^{èmes} programmes des Agences (2012-2018) montre que la gestion quantitative et l'adaptation au changement climatique ont représenté 6,5 % des subventions des agences, soit environ 86 millions d'euros¹⁹.

Les 11^{èmes} programmes sont entrés en vigueur le 1^{er} janvier 2019 pour une durée de six ans (2019-2024). Le budget des Agences sera en baisse car d'une part, les redevances vont diminuer pour répondre à l'objectif national de réduction des prélèvements obligatoires, et d'autre part, les Agences vont faire des redevances un outil incitatif aux économies d'eau.

L'adaptation au changement climatique devient un élément structurant des programmes. Par exemple, l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse annonce que 40 % du montant total de ses aides seront versés à des projets aidant à l'adaptation des territoires. Comme nous l'avons vu tout au long de ce document, l'atténuation et l'adaptation au changement climatique concernent le cycle de l'eau dans sa globalité et de nombreux types de projets sont susceptibles d'y contribuer. Les Agences auront tendance à privilégier :

- > les approches transverses, affectant plusieurs compartiments du cycle de l'eau ;
- > le changement de pratique (systèmes agricoles, procédés industriels, assainissement et gestion des eaux pluviales en milieu rural et urbain) et les économies d'eau ;
- > les solutions fondées sur la nature (les services écosystémiques) ;
- > les projets établis en concertation entre les différents acteurs ;
- > l'innovation.

19. Les leviers d'action des agences de l'eau. <http://www.lesagencesdeleau.fr/les-agences-de-leau/les-leviers-daction-des-agences-de-leau/>

LA CRISE GROENLANDAISE : COMMENT CETTE EXPÉRIENCE INVITE À REPENSER LES STRATÉGIES GLOBALES DE DÉVELOPPEMENT ?

Résilience, ultime secours, gestion de l'eau et des déchets, et leçons pour des scénarios alternatifs dans le cadre d'une adaptation disruptive

Daniel Kuhnt nous invite à la réflexion en retraçant l'une des expériences les plus originales de gestion de crise liée à une modification soudaine du climat et ses conséquences sur l'utilisation des ressources en situation d'urgence et les mesures d'adaptation prises, très contextuelles, ayant abouti à repenser complètement le développement humain sur ce territoire.

La civilisation des Vikings au Groenland a duré 450 ans, de 980 à 1430. Une civilisation qui a vécu plus longtemps que les actuels États-Unis d'Amérique.

Là, au milieu des glaces, dans cet avant-poste le plus éloigné de la civilisation européenne, des Scandinaves érigèrent une cathédrale et des églises, écrivirent des textes en latin, fabriquèrent des outils métalliques, élevèrent pendant près de cinq siècles des animaux de ferme, fabriquèrent du fromage, pratiquèrent de l'agriculture, partirent à la chasse au caribou, au phoque et au morse, établirent un grand commerce trans-océanique d'ivoire et d'objets d'art avec l'Occident, s'habillèrent à la dernière mode vestimentaire européenne... puis disparurent. Totalement.

Les Vikings se sont éteints au Groenland, sans que l'on sache exactement aujourd'hui, ni pourquoi, ni comment. C'est une des grandes énigmes de l'histoire, toujours non résolue, et très disputée, par les spécialistes. Les hypothèses sont nombreuses.

Rapporté à nous aujourd'hui, cette expérience Viking, c'est à dire l'inadaptation d'un système de développement mis en œuvre par une civilisation sur un territoire donné, éclaire de manière vertigineuse les limites de notre propre développement au 21^{ème} siècle, à l'échelle de la planète entière.

Plénière d'ouverture - 97^{ème} congrès de l'Astee :
Irma, Éléonor... les prénoms dévastateurs de l'actualité.
Quels enseignements tirer des événements extrêmes en matière de résilience ?



<https://youtu.be/pFzkUFMNHU>

POUR EN SAVOIR PLUS

www.verticaldetour.fr



Frédéric FERRER : Auteur, acteur, metteur en scène et géographe.

Non-conclusion

L'Astee a sillonné la France (Métropole et Outre-mer) durant deux ans pour observer. Observer comment les services publics de l'eau et des déchets réagissent face au changement climatique.

Par obligation, les services publics de l'eau et des déchets se sont saisis du sujet car oui, ils subissent d'ores et déjà, comme leurs territoires, les conséquences du changement climatique. Ils se révèlent porteurs de solutions d'atténuation au-delà de la nécessaire adaptation au phénomène.

Ces effets s'ajoutent aux nombreuses pressions exercées par l'Homme sur le milieu naturel (démographie, urbanisation et artificialisation des territoires, pollution, exploitation des ressources). Les risques s'intensifient et les impacts sont multiples. Pour les services publics de l'eau et des déchets, des stratégies d'adaptation sont nécessaires pour faire face aux risques sanitaires, à la montée du niveau de la mer, au stress hydrique, aux aléas climatiques extrêmes (inondations...), et la disparition de la biodiversité. Les dommages et dysfonctionnements des infrastructures ainsi que les conséquences assurantielles devront également être pris en compte.

Ces stratégies doivent être élaborées en cohérence avec le territoire et de manière transversale, alliant gouvernance, économie et mutualisation des ressources (énergie, eau, matières premières), symbiose territoriale, et aussi laissant une réelle place à l'innovation dans tous les domaines.



Le changement climatique présente de nombreux risques et a des effets déjà visibles. Il est aussi source d'opportunités économiques et sociales. Les services publics de l'eau et des déchets ont tout intérêt à se saisir du sujet pour assurer leurs missions sur le long terme, et ainsi mettre en avant leur rôle dans les territoires d'acteur sur les champs de l'adaptation et de l'atténuation.

La difficulté reste d'avancer dans un domaine où l'incertitude est très présente, où la projection à moyen terme est nécessaire, où de nombreuses connaissances restent à acquérir et des outils à inventer. L'incertitude et l'absence de changements rapidement identifiables, ne doivent pas être l'excuse à l'inaction. Et sur nombre de nos territoires elle ne l'est pas.

Près de 1000 projets ont été identifiés à l'occasion des travaux du groupe Eaux, Déchets et Changement Climatique : des projets, susceptibles de participer à l'atténuation ou à l'adaptation, soutenus par les institutions par le biais d'appel à projets ou des projets auto-portés par des métropoles, des structures intercommunales ou des agglomérations visionnaires, avec les innovations développées par les acteurs privés et publics.

Nous sommes allés à la rencontre d'une quarantaine d'entre eux pour regarder ce qui se fait déjà tant sur l'eau que sur les déchets ou ce qui était en gestation. S'il faut tirer quelques enseignements des rencontres, des interviews, des projets, nous appuierions sur les nécessités suivantes :

S'ENGAGER

Tous les acteurs socio-économiques peuvent s'engager dans une démarche pour soutenir l'atténuation et l'adaptation au changement climatique. De nombreuses mesures incitatives sont envisageables. Enrayer la hausse des émissions de gaz à effet de serre devrait devenir une priorité. Les institutions et les entreprises pourraient intégrer cette problématique dans leurs stratégies. La réduction des risques liés aux aléas climatiques devrait bénéficier de bonus assurantiels. Les économies d'eau, d'énergie, le recyclage et la préservation des ressources peuvent constituer des critères pour comparer les solutions et privilégier les plus vertueuses.

CONNAÎTRE ET DÉVELOPPER DES OUTILS

La grande difficulté reste de pouvoir anticiper les impacts du changement climatique. Nous devons encore acquérir des données, de la connaissance, car les effets sont très variés sur nos territoires. Souvent éparse, la connaissance manque pour évaluer les impacts locaux sur le long terme, pour se projeter avec cette nouvelle donne climatique. Nous devons inventer des outils et des modèles prospectifs, par exemple des méthodes de hiérarchisation des impacts, de modélisation de la qualité des ressources, des outils d'aide à la décision.

Les chercheurs ont à cœur ce rôle de construction de la connaissance. Les collaborations recherche - territoires font émerger des projets qui participent à l'enrichissement de la connaissance, point de départ à l'émergence de solutions durables et opérationnelles.

LEVER LES FREINS

Les freins à lever sont encore nombreux : techniques (prévisions, modélisation, solutions méthodologiques ou technologiques), socio-économiques (concertation de l'ensemble des acteurs, évolution des comportements, ...), organisationnels (gouvernance), ou encore réglementaires. Pour lever ces freins, il est indispensable de compléter les collaborations recherche / territoires par un partenariat avec les institutions.

Si nous prenons pour seul exemple la problématique de l'accès à l'eau, avec l'aggravation de la rareté des ressources, l'expansion des zones et des périodes de stress hydrique, il va être nécessaire de trouver des alternatives pour s'alimenter en eau et gérer les conflits d'usage. Parmi celles possibles, la réutilisation des eaux usées traitées selon des niveaux de traitement appropriés, et dont les projets sont aujourd'hui compliqués à faire émerger dans le contexte réglementaire et socio-économique, français et européen.

Le changement climatique nécessite également la prise de décisions courageuses et visionnaires. Ceci ne va pas de soi compte tenu des calendriers de la vie publique qui sont souvent « court-termistes » par rapport aux enjeux qui nous préoccupent ici.

JOUER COLLECTIF

Toutes les énergies sont nécessaires pour avancer. Le bénéfice du découplage des services et des compétences est global. Nous créons de l'énergie électrique à partir de l'eau potable (Fiche 35 de l'ouvrage), de l'énergie, de la chaleur, et des matières premières secondaires à partir des eaux usées (Fiches 1 et 11), des boues ou des déchets. Nous captons du CO₂ pour le convertir en énergie (Fiches 15 et 16).

En travaillant avec les services d'urbanisme, nous favorisons la désimperméabilisation des sols, nous luttons ainsi contre les îlots de chaleur et nous préservons les zones habitées des conséquences des inondations pluviales, fluviales, et maritimes.

Et si comme Eau de Paris (Fiche 14), Nantes Métropole (Fiche 27) et d'autres vous voulez rationaliser l'usage de vos infrastructures et de votre foncier par la végétalisation ou l'implantation d'une agriculture biologique, il vous faut mutualiser vos compétences et travailler dans la transversalité.

Les services publics ont besoin d'impliquer l'ensemble des acteurs du territoire, jusqu'aux citoyens, dans le processus d'identification et d'élaboration des solutions (Fiche 7).

Cet ouvrage se veut comme le début d'un cheminement commun et une source d'inspiration.

Que ses lecteurs s'en saisissent et y trouvent l'énergie pour partager avec nous :

- > leurs propres retours d'expérience ;
- > leurs méthodes, approches et réflexions ;
- > leurs besoins de connaissances et d'outils.

C'est une première version d'un ouvrage qui se veut dynamique et qui ne demande qu'à s'enrichir.

Bibliographie

- ADEME.** 2013a. *Indicateurs de vulnérabilité d'un territoire au changement climatique.* 64 p.
<https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/indicateurs-vulnerabilite-territoire-changement-climatique-7406.pdf>
- ADEME.** 2013b. *Objectif Climat : méthode de suivi-évaluation des politiques d'adaptation au changement climatique.* 59 p.
- ADEME.** 2016. *Quantifier l'impact GES d'une action de réduction des émissions.*
<https://www.ademe.fr/quantifier-limpact-ges-dune-action-reduction-emissions-v2>
- ADEME.** 2017a. *Filières à responsabilité élargie du producteur, résumé.* 16 p.
<https://www.ademe.fr/filieres-a-responsabilite-elargie-producteur>
- ADEME.** 2017b. *Déchets chiffres-clés.* 96 p.
<https://www.ademe.fr/dechets-chiffres-cles>
- Andrew, B., Andrew, J., Kaidonis, M.A.** 2010. *Carbon Tax: Challenging neoliberal solutions to climate change. Critical Perspectives on Accounting.* Science Direct. Vol 21 (N°7). Science Direct.
- Asconit, Biotope, Crédoc.** 2009. *Le Millenium Ecosystem Assessment appliqué à la France. Étude exploratoire pour une évaluation des services rendus par les écosystèmes en France.*
- Astee. PFE.** 2018. *ÉLUS, COLLECTIVITÉS : découvrez votre rôle pour l'atteinte des cibles eau et assainissement des objectifs de développement durable.* 23 p.
<http://www.astee.org/publications/elus-collectivites-decouvrez-votre-role-pour-latteinte-des-cibles-eau-et-assainissement-des-objectifs-de-developpement-durable/>
- Astee.** 2018a. *Guide méthodologique des émissions de gaz à effet de serre des services de l'eau et de l'assainissement.* 100 p.
<http://www.astee.org/publications/guide-methodologique-des-emissions-de-gaz-a-effet-de-serre-des-services-de-leau-et-de-l-assainissement/>
- Astee.** 2018b. *Ingénierie écologique appliquée aux milieux aquatiques - pour qui ? pour quels bénéfices ?* 133 p.
<https://www.astee.org/publications/ingenierie-ecologique-appliquee-aux-milieux-aquatiques-pour-qui-pour-quels-benefices/>
- Barraqué, B., et al.** 2011. *Baisse des consommations d'eau potable et développement durable. Annales des Mines - Responsabilité et environnement, 2011/3 (N° 63).* Pages 102-108.
- Bebbington et al.** 2008. *Corporate Social Reporting and Reputation Risk Management.* Accounting, Auditing and Accountability Journal, Vol 21 (N°3). Pages 337-62.
 Cité dans (Andrew, 2010, p. 616)
- Bériot, N.** 2014. *Dossier Changements climatiques : Les espaces naturels, lieux d'observation privilégiés.* Revue Espace naturels Avril 2014 (N°46). Pages 22-23.
<http://www.espaces-naturels.info/file/2396/download?token=XnSDB2PM>
- CERRD.** 2015. *Planification et adaptation au changement climatique.*
<http://www.cerdd.org/Parcours-thematiques/Changement-climatique/Ressources-climat/Dossier-documentaire-Planification-et-adaptation-au-changement-climatique>
- CITEPA.** 2018. *L'essentiel sur la pollution atmosphérique et l'effet de serre. C'est dans l'air (N°221).* Page 3. Cité dans Smailagic B. 2018, op.cit., p. 12.
- CITEPA.** 2018. *Rapport National d'Inventaire pour la France au titre de la Convention cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques et du Protocole de Kyoto.* 700 p.
https://www.citepa.org/images/III-1_Rapports_Inventaires/CCNUCC/CCNUCC_france_2018.pdf
- CGDD.** 2014. *Les déterminants du coût des catastrophes naturelles : le rôle du changement climatique en France.* Commissariat Général au Développement Durable.

- CGDD.** 2017. *La résilience des territoires aux catastrophes*. Collection THEMA. 48 p.
- Chauveau, M., Chazot, S., Perrin, C. et al.** 2013. *Quels impacts des changements climatiques sur les eaux de surface en France à l'horizon 2070 ?*. La Houille Blanche - Revue internationale de l'eau, EDP Sciences. Pages 5 à 15.
- Commission européenne.** 2018. *Quotas et plafonds d'émissions.*
https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/cap_fr
 Cité dans Smailagic B. 2018.
- Desarthe, J.** 2013. *Le temps des saisons*. Hermann. 350 p.
- Dictionnaire environnement.** *Définition Marché du carbone.*
https://www.dictionnaire-environnement.com/marche_du_carbone_ID5266.html
 (page consultée le 13 juin 2018)
- Dictionnaire environnement.** *Définition de la taxe carbone.*
https://www.dictionnaire-environnement.com/taxe_carbone_ID5760.html
- Douane.** 2018. *La taxe générale sur les activités polluantes (la TGAP)*. Douane.gouv.fr.
<http://www.douane.gouv.fr/articles/a11847-taxe-generale-sur-les-activites-polluantes-tgap>
 (page consultée le 10 août 2018)
- Economics Online.** *Quotas and tariffs.*
http://www.economicsonline.co.uk/Global_economics/Tariffs_and_quotas.html
 (page consultée le 2 août 2018)
- EFESE.** 2019. *La séquestration du carbone par les écosystème en France. Ministère de la transition écologique et solidarité.* Collection THEMA Biodiversité. 248 p.
<https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/Th%C3%A9ma%20-%20Les%20milieux%20humides%20et%20aquatiques%20continentaux.pdf>
- Équiterre.** 2017. *Analyse du Cycle de Vie de la Maison du Développement Durable.*
https://equiterre.org/sites/fichiers/rapportacv_final_web.pdf
- Fédération Française de l'Assurance.** 2015a. *Changement climatique et assurance à l'horizon 2040.* 36 p.
<https://www.ffa-assurance.fr/content/etude-changement-climatique-et-assurance-horizon-2040>
- Fédération Française de l'Assurance.** 2015b. *Livre blanc pour une meilleure prévention et protection contre les aléas naturels.* 36 p.
<https://www.ffa-assurance.fr/content/livre-blanc-pour-une-meilleure-prevention-et-protection-contre-les-aleas-naturels>
- Filali, A., Bollon, J., Fayolle, Y., Gillot, S.** 2017. *Emissions de protoxyde d'azote (N₂O) par les procédés intensifs et extensifs de traitement des eaux résiduaires urbaines.* 96^{ème} Congrès de l'Astee, Liège, BEL, Juin 2017.
- Galliot, M.** 2013. *Le plan national d'adaptation au changement climatique. Bulletin de l'association de géographes français*, 90-1 | pp 55-67.
- GIEC.** 2007. *Climate Change : The Physical Science Basis.*
<https://www.ipcc.ch/report/ar4/wg1/>
- GIEC.** 2014. *Changements climatiques : Rapport de synthèse.* 180 p.
https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_fr.pdf
- GIEC.** 2000. *Special Report on Emissions Scenarios.* 608 p.
- Gilbert, D.** 2009. *Mystérieuses et étonnantes tourbières. En direct – Le journal de la recherche et du transfert de l'arc jurassien.* 24 p.
- Helpin, N.** 2014. *Vers une pluralité des échelles de fourniture des services urbaines : quels impacts d'une décentralisation des techniques sur la mise en œuvre des services publics en termes de gestion, suivi et prise de décision ?* Mémoire de stage. p.96

Hicks, N., Ward, B. 2012. What is the 'polluter pays' principle ? The Guardian.

<https://www.theguardian.com/environment/2012/jul/02/polluter-pays-climate-change>

Hourcade, J.C. 2015. *La taxe carbone : une idée toujours d'avenir si...* Revue de l'OFCE, vol. 3 (N°139). Page 169, CAIRN

Humeau, P., Le Cloirec, P. 2010. *Émissions gazeuses et traitement de l'air en compostage*. Document G 1 925. Éditions T.I.

IRESP. 2008. *Changement climatique et risques sanitaires : la France aussi est concernée. Questions de santé publique*. Mai 2008 (N°1). 4 p. http://www.iresp.net/iresp/files/2013/04/080515113108_qspnumero1climat.pdf (Consulté le 11/01/2019)

Jacob, D., et al. 2014. *EURO-CORDEX: New high-resolution climate change projections for European impact research. Regional Environmental Change*, 14 (2). Pages 563 à 578.

Labouze, E., Beton, A., Michaud, J.C., et al. 2008. *Bilan Carbone aux activités de gestion des déchets - Bio Intelligence Service*.

Lafforgue, M., 2016 : *Climate change impacts on forest-water interactions and on forest management. In Forest and the Water Cycle: Quantity, Quality, Management*, edited by P Lachassagne and M Lafforgue, published by Cambridge Scholars Publishing, pages 612 – 649.

Lafforgue, M., Pons, M.N., Chantepy, N., Bortoli J., Pichard T., Gandouin, C., 2017. *Le recyclage des eaux usées: Exemples européens. Ouvrage introductif du 96^{ième} congrès de l'ASTEE* (Liège, Belgique), pages 143-147.

Lafforgue, M., Lenouvel, V. 2018. Chapitre 4. *Lorsque la rareté fait stratégie. Singapour et Windhoek*. Dominique Lorrain éd., Villes sobres. Nouveaux modèles de gestion des ressources. Presses de Sciences Po. Pages 111 à 132.

Les Cahiers du Développement Durable. *L'analyse du cycle de vie d'un produit ou d'un service*.

<http://les.cahiers-developpement-durable.be/outils/analyse-du-cycle-de-vie/>

Louineau, I. 2014. *Rapport Biodiversité et Services Écosystémiques - Services retirés par l'Homme de la Nature - État des réflexions et bibliographie vers des axes de travail pour Nantes Métropole*. Nantes Métropole, juillet 2014, 353 p.

Mansanet-Bataller, M. 2015. *Les enjeux de l'adaptation aux changements climatiques*

<https://www.i4ce.org/download/etude-climat-n21-les-enjeux-de-ladaptation-aux-changements-climatiques/>

MEDDE. 2012. *Projet Explore 2070 : Eau et changement climatique*.

<http://www.gestveau.fr/document/bilan-du-projet-explore-2070-eau-et-changement-climatique>

MEDDE. 2014. *Le climat de la France au 21^{ème} siècle - Volume 4 - Scénarios régionalisés*. Edition 2014 pour la métropole et les régions d'Outre-mer. 64 p.

https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/ONERC_Climat_France_XXI_Volume_4_VF.pdf

Météo France. 2019. *Impacts du changement climatique sur les phénomènes hydrométéorologiques*.

<http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/>

[impacts-du-changement-climatique-sur-les-phenomenes-hydrometeorologiques](https://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/impacts-du-changement-climatique-sur-les-phenomenes-hydrometeorologiques)

Météo-France, CERFACS, IPSL. 2018. *Drias, les futurs du climat, projections climatiques pour l'adaptation de nos sociétés*.

Mouelhi, S. 2003. *Vers une chaîne cohérente de modèles pluie-débit conceptuels globaux aux pas de temps pluriannuel, annuel, mensuel et journalier*. Thèse de Doctorat, ENGREF, IRSTEA Antony, 323 p.

MTES. 2017. *Impacts du changement climatique : Littoral et Milieu marin*.

<https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/impacts-du-changement-climatique-littoral-et-milieu-marin>

MTES. 2018. 2^{ème} Plan National d'Adaptation au Changement Climatique (PNACC 2).

<https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/francois-rugy-lance-deuxieme-plan-national-dadaptation-au-changement-climatique>

- ONERC.** 2009. *Changement climatique, Coûts des impacts et pistes d'adaptation*. 195 p.
https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/ONERC_Rapport_2009_CoutsImpacts_WEB.pdf
- ONERC.** 2012. *Les Outre-mer face au défi du changement climatique*. 218 p.
https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/ONERC_Rapport_2012_OutreMer_WEB.pdf
- ONERC.** 2015. *Le littoral dans le contexte du changement climatique*. 180 p.
https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/ONERC_Rapport_2015_Littoral_WEB.pdf
- Perrin, C.** 2000. *Vers une amélioration d'un modèle global pluie-débit au travers d'une approche comparative*. Thèse de Doctorat, INP Grenoble, CEMAGREF Antony, 530 p.
- Perrin, C. et al.** 2007. *Modèles hydrologiques du Génie Rural (GR)*. Rapport CEMAGREF, 16 p,
http://webgr.irstea.fr/wp-content/uploads/2012/08/Modeles_GR_Resume.pdf
- pS-Eau.** 2018. *Les services d'eau et d'assainissement face au changement climatique. Quels impacts ? Comment agir ?*
https://www.pseau.org/outils/ouvrages/ps_eau_les_services_eau_et_assainissement_face_au_changement_climatique_2018.pdf
- Quinet, A.** 2019. *La Valeur tutélaire du carbone. Rapport de la commission présidée par Alain Quinet. La Documentation française*. 190 p.
https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/fs-2019-rapport-la-valeur-de-laction-pour-le-climat_0.pdf
- Ritz, R., Van Bethem, A.** 2018. Europe Needs a Minimum Price on Carbon Emissions. Handelsblatt Global. <https://global.handelsblatt.com/opinion/europe-price-floor-carbon-emissions-948696>
- Roussel, F.** 2018. *Fiscalité déchets : Les collectivités déchantent*. Actu Environnement.
<https://www.actu-environnement.com/ae/news/fiscalite-dechets-collectivites-dechantent-31322.php4>
- Smailagic, B.** 2018. *Mécanismes financiers autour du changement climatique : zoom sur le service des déchets*. Mémoire de fin d'études.
- Smets, H.** 2011. *La tarification progressive de l'eau potable*. Editions Johanet. 170 p.
- Soubeyroux, J.M., Kitova, N., Blanchard, M., et al.** 2012. *Sécheresses des sols en France et changement climatique : Résultats et applications du projet ClimSec*. La Météorologie. Août 2012 (N°78). Pages 21-30.
http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/47512/meteo_2012_78_21.pdf?sequence=1
- Soubeyroux, J.M., Vidal, J.P., Najac, J., et al.** 2011. *Impact du changement climatique en France sur la sécheresse et l'eau du sol*. Rapport final du projet ClimSec. 72 p.
https://www.umn-cnrm.fr/IMG/pdf/2011_fmaif_rapport_final_v2.2.pdf
- Stricker, A-E., Husson, A., Pierre, M., et al.** 2018. *Consommation énergétique des filières intensives de traitement des eaux résiduaires*. 23^{ème} édition des Journées Information Eaux (JIE). 9-11 octobre 2018, Poitiers.
- Taschini, L., Dietz, S., Hicks, N.** 2013. *Carbon tax v cap-and-trade: which is better?* The Guardian.
<https://www.theguardian.com/environment/2013/jan/31/carbon-tax-cap-and-trade>
- UNISDR.** 2004. *ONU. Secrétariat Inter-Institutions de la Stratégie Nationale de Prévention des Catastrophes Genève*
- Université Paris-Dauphine.** 2018. *Chaire Économie du Climat. 3 questions à Raphaël Trotignon*.
<https://www.chaireconomieduclimat.org/publications/interviews/3-questions-a-raphael-trotignon/>
- WRI.** 2015. *Aqueduct - Water Risk Atlas*.
<https://www.wri.org/our-work/project/aqueduct/>
- World Bank.** 2012. *State and Trends of the Carbon Market 2012*. World Bank Report, Washington DC. Page 18.

La vocation de l’Astee est de fabriquer du consensus, d’élaborer des référentiels et des recommandations partagées, de produire et diffuser de l’information technique de référence.

L’Astee souhaite accompagner la prise de conscience nécessaire des territoires sur la question du changement climatique, en privilégiant les dynamiques transversales eau - assainissement - déchet.

Cet ouvrage de référence apporte un éclairage sur la façon dont les services publics de l’eau et des déchets atténuent leurs impacts environnementaux et s’adaptent au changement climatique.

Il apporte des témoignages recueillis dans le cadre du 97^{ème} congrès annuel qui s’est déroulé à Marseille du 5 au 8 juin 2018. Il soulève des questionnements sur les connaissances, outils et méthodes dont on dispose, et apporte aussi des réponses pour éclairer les projets.

Il démontre à travers près de 40 retours d’expérience que les acteurs de l’eau et des déchets sont déjà engagés dans l’atténuation et dans l’adaptation au changement climatique.

Retrouvez dans cet ouvrage la réponse aux questions suivantes :

- > Sur mon territoire aujourd’hui, quels sont les cadres qui me sont imposés ?
- > Quels sont les impacts, directs et indirects, du changement climatique sur mon territoire : en termes de santé publique, de sécurité des biens et des personnes, de biodiversité, d’activités économiques ?
- > Quels sont aujourd’hui sur le territoire national les projets, pratiques ou politiques publiques locales qui peuvent être source d’inspiration ? Comment les services publics de l’eau et des déchets peuvent ils atténuer leur contribution aux gaz à effet de serre, améliorer leur résistance et leur résilience au changement climatique et adapter leur organisation ?