

EXAMEN PROFESSIONNEL DE PROMOTION INTERNE D'INGÉNIEUR TERRITORIAL

SESSION 2020

ÉPREUVE DE PROJET OU ÉTUDE

ÉPREUVE D'ADMISSIBILITÉ :

L'établissement d'un projet ou étude portant sur l'une des options choisie par le candidat, au moment de son inscription.

Durée : 4 heures
Coefficient : 5

SPÉCIALITÉ : URBANISME, AMÉNAGEMENT ET PAYSAGES

OPTION : PAYSAGES, ESPACES VERTS

À LIRE ATTENTIVEMENT AVANT DE TRAITER LE SUJET :

- ♦ Vous ne devez faire apparaître aucun signe distinctif dans votre copie, ni votre nom ou un nom fictif, ni initiales, ni votre numéro de convocation, ni le nom de votre collectivité employeur, de la commune où vous résidez ou du lieu de la salle d'examen où vous composez, ni nom de collectivité fictif non indiqué dans le sujet, ni signature ou paraphe.
- ♦ Sauf consignes particulières figurant dans le sujet, vous devez impérativement utiliser une seule et même couleur non effaçable pour écrire et/ou souligner. Seule l'encre noire ou l'encre bleue est autorisée. L'utilisation de plus d'une couleur, d'une couleur non autorisée, d'un surligneur pourra être considérée comme un signe distinctif.
- ♦ L'utilisation d'une calculatrice électronique programmable ou non-programmable sans dispositif de communication à distance est autorisée.
- ♦ Le non-respect des règles ci-dessus peut entraîner l'annulation de la copie par le jury.
- ♦ Les feuilles de brouillon ne seront en aucun cas prises en compte.

Ce sujet comprend 67 pages (dont 4 annexes) et 3 plans (dont 2 plans à rendre avec la copie).

**Il appartient au candidat de vérifier que le document comprend
le nombre de pages indiqué.**

S'il est incomplet, en avertir le surveillant.

- ♦ Vous répondrez aux questions suivantes dans l'ordre qui vous convient, en indiquant impérativement leur numéro.
- ♦ Vous répondrez aux questions à l'aide des documents et de vos connaissances.
- ♦ Des réponses rédigées sont attendues et peuvent être accompagnées si besoin de tableaux, graphiques, schémas ...
- ♦ Pour les dessins, schémas, cartes et plans, l'utilisation d'une autre couleur que le bleu ou le noir ainsi que l'utilisation de crayons de couleur, feutres, crayon de papier sont autorisées.

Vous êtes ingénieur territorial, responsable du service espaces verts de la commune d'INGEVILLE qui compte 100 000 habitants sur une superficie de 11,2 km² et qui possède un climat méditerranéen.

Dans le cadre de son plan climat air énergie territorial (PCAET) sur la période 2020 – 2030, INGEVILLE décide d'orienter sa stratégie sur la préservation de la ressource en eau et la lutte contre le réchauffement climatique notamment par la création d'îlots de fraîcheur grâce à la présence de l'eau en ville.

La surface totale d'espaces verts d'INGEVILLE est de 65 ha sur 25 parcs et jardins. Votre service a mis en œuvre depuis plus de 8 ans les modes de gestion différenciés des espaces verts :

- 30 % des espaces sont en catégorie 1 : c'est-à-dire à gestion horticole, couverts par des réseaux d'arrosage automatique et des bornes fontaines ;
- 50 % des surfaces sont en catégorie 2 : espaces à gestion extensive, non couverts par un réseau d'arrosage intégré, mais équipés de bouches d'arrosage et de bornes fontaines ;
- 20 % des surfaces sont en catégorie 3 : gestion naturelle sans bouche d'arrosage, ni borne fontaine.

Votre service gère également 3 fontaines d'agrément situées sur des places publiques.

La consommation annuelle moyenne en eau potable pour les espaces verts est d'environ 54 000 m³, auxquels s'ajoutent 1 000 m³ puisés dans le cadre de 5 forages déclarés auprès de l'Agence Régionale de Santé (ARS).

Sur les 15 ans à venir, votre commune prévoit d'aménager 2 zones urbaines dans le cadre d'opérations de ZAC créant ainsi 5 000 logements, des voiries et places publiques d'une surface d'environ 35 000 m² et d'1 ha d'espaces verts nouveaux.

À l'aide des documents et annexes, le Directeur Général des Services vous demande de répondre aux questions suivantes :

Question 1 (6 points)

- a) Dans le cadre du plan climat air énergie territorial 2020 – 2030 d'INGEVILLE, vous détaillerez les principaux enjeux de l'eau en ville. (2 points)
- b) Après avoir défini les différentes formes de la présence de l'eau en ville, vous décrierez en quoi elles peuvent contribuer à créer des îlots de fraîcheur. (2 points)
- c) Avec l'objectif de créer des îlots de fraîcheur, vous proposerez et argumenterez un plan d'actions à mettre en œuvre d'ici 2025, ainsi qu'un ensemble d'axes de développement d'ici 2030. (2 points)

Question 2 (6 points)

Pour vous conformer aux objectifs du PCAET, vous rédigerez une note à l'attention du Directeur Général des Services (DGS), formulant des propositions pour réduire la consommation d'eau potable pour les espaces verts de 10% à l'horizon 2022 et de 30% à l'horizon 2025. Vous préciserez dans cette note les enjeux réglementaires, économiques, techniques, managériaux et en termes de communication.

Question 3 (8 points)

- a) Vous proposerez un aménagement du parc public du quartier des sœurs sur la thématique de l'eau sur le plan 2 en respectant les prescriptions architecturales et paysagères détaillées en Annexe 4. (4 points)
- b) Vous déclinerez les différents niveaux de gestion différenciée sur le plan 3. (2 points)
- c) Vous argumenterez vos propositions d'aménagement exposées en question 3)a) et 3)b). (2 points)

Liste des documents :

- Document 1 :** « Comment adapter le territoire parisien aux futures canicules ? » (extraits) – *bibliotheque.meteo.fr* – juillet 2014 – 6 pages
- Document 2 :** « La réutilisation des eaux usées pour l'irrigation : une solution locale pour les situations critiques à l'avenir ? » – *developpement-durable.fr* – juin 2014 – 4 pages
- Document 3 :** « Réduire sa facture d'eau et ses consommations » – *Horticulture & Paysage* – 2015 – 2 pages
- Document 4 :** « Saint Martin d'Hères. La place Lucie Aubrac, un archipel de jardins de pluie » – Emmanuel Jalbert – *documents.irevues.inist.fr* – 2014 – 6 pages
- Document 5 :** « Gestion intégrée des eaux pluviales. Pourquoi ? Comment ? » – Agence de l'eau Loire-Bretagne – *eau-loire-bretagne.fr* – mai 2016 – 8 pages
- Document 6 :** « Un arrosage (plus) économe » – Magalie Delivet – *aitf.fr* – septembre 2016 – 1 page
- Document 7 :** « Les jardiniers se mobilisent pour le climat » (extraits) – *jardinot.org* – 2015 – 13 pages

Liste des annexes :

- Annexe 1 :** « Le plan climat-air-énergie territorial d'INGEVILLE de 2014 - 2018 devient le plan climat-eau-air-énergie territorial de 2020 - 2030 (extraits) - INGEVILLE – INGEVILLE – septembre 2019 – 5 pages
- Annexe 2 :** « Fiche PCAET de 2020-2030 : Préserver la présence et la qualité de l'eau » – INGEVILLE – janvier 2020 – 1 page
- Annexe 3 :** « Fiche PCAET de 2020-2030 : Réduire la vulnérabilité du territoire et des habitants pour les adapter à l'évolution du climat pour aller vers une ville à haute qualité de vie » – INGEVILLE – janvier 2020 – 1 page
- Annexe 4 :** « Cahier des prescriptions architecturales urbaines, paysagères et environnementales (CPAUEP) du quartier des sœurs » (extraits) – INGEVILLE – février 2020 – 16 pages

Liste des plans :

- Plan 1 :** « Plan du parc du quartier des sœurs » – INGEVILLE – 2020 – échelle 1/1000^{ème} – format A3 – 1 exemplaire
- Plan 2 :** « Plan d'aménagement » – INGEVILLE – 2020 – échelle 1/500^{ème} – format A3 – 1 page – 2 exemplaires dont 1 à rendre avec la copie
- Plan 3 :** « Plan de gestion » – INGEVILLE – 2020 – échelle 1/500^{ème} – format A3 – 1 page – 2 exemplaires dont 1 à rendre avec la copie

Attention, les plans 2 et 3 en format A3 utilisés pour répondre aux questions 3 a) et 3 b) sont fournis chacun en deux exemplaires dont un à rendre avec votre copie, même si vous n'avez rien dessiné.

Veillez à n'y porter aucun signe distinctif (pas de nom, pas de numéro de convocation ...).

Documents reproduits avec l'autorisation du C.F.C.

Certains documents peuvent comporter des renvois à des notes ou à des documents non fournis car non indispensables à la compréhension du sujet.

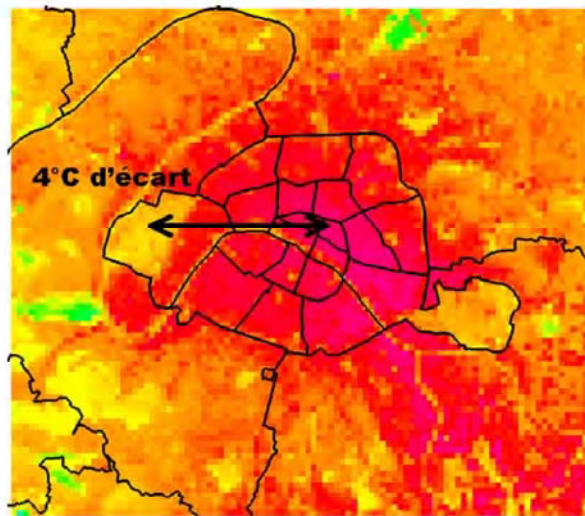
Qu'est-ce qu'une canicule dans une ville dense ?

Qu'est-ce qu'une canicule ?

Le mot « canicule » désigne un épisode de températures élevées, de jour comme de nuit, sur une période prolongée. La différence avec un épisode de chaleur « classique », c'est cette absence de refroidissement pendant la nuit. Une forte chaleur qui dure plus de trois jours constitue un danger pour la santé de tous.

Les villes plus sensibles aux canicules à cause de l'effet d'îlot de chaleur urbain

Par nuit calme, on observe que la température en ville reste souvent plus élevée que dans les zones rurales alentour ; il se crée une sorte de « bulle de chaleur » sur la ville appelée « îlot de chaleur urbain » (ICU).



ICU simulé lors de la nuit du 12 au 13 août 2003, nuit la plus chaude de l'épisode caniculaire. Source : Météo-France, EPICEA®.

Avec son tissu urbain très dense, la ville de Paris influe sur son environnement météorologique en générant un micro climat urbain. Cet îlot de chaleur se traduit par des différences de température nocturne, de l'ordre de 2,5°C en moyenne annuelle entre Paris et les zones rurales alentour (comme les forêts de Meudon ou Fontainebleau). Lors de canicules, ces différences peuvent atteindre près de 10°C. **La ville de Paris est particulièrement sensible aux fortes chaleurs en raison de ce phénomène.**

La canicule de 2003 à Paris

Du 2 au 14 août 2003, la France a connu une canicule exceptionnelle par son intensité et sa durée. Des températures très élevées ont été relevées à Paris : elles ont atteint 40°C le jour et ne sont pas descendues au-dessous de 20°C la nuit. Lors de cet épisode caniculaire, une surmortalité a été enregistrée.

Pendant cette canicule, un ICU de l'ordre de 4 à 8°C apparaissait en fin de nuit entre le centre de Paris et les zones moins urbanisées alentour. On a également observé la formation de « micro ICU » au sein même de la capitale, d'une intensité de 2 à 4°C. Les simulations de Météo-France ont permis d'identifier les zones les plus sensibles aux fortes températures pendant la canicule d'août 2003 à Paris. Ce sont les arrondissements fortement urbanisés du centre (2^{ème}, 3^{ème}, 8^{ème}, 9^{ème}, 10^{ème} et 11^{ème}) ainsi que les zones situées dans ce que l'on appelle le « panache urbain » (arrondissements périphériques et communes proches).

Prévention des risques sanitaires liés aux canicules

Quelles conséquences sanitaires ?

Une forte chaleur devient dangereuse pour la santé dès qu'elle dure plus de trois jours.

Les personnes déjà fragilisées (âgées, atteintes d'une maladie chronique, nourrissons, etc.) sont particulièrement vulnérables. Elles risquent une déshydratation ou un coup de chaleur. Ce dernier survient lorsque le corps n'arrive plus à contrôler sa température qui augmente alors rapidement. Il doit être signalé aux secours dès que possible. Les personnes en bonne santé (notamment les sportifs et travailleurs exposés à la chaleur) ne sont cependant pas à l'abri des effets des canicules.

Plan canicule et vigilance canicule

À la suite de la canicule de 2003, les pouvoirs publics ont mis en place un **Plan national canicule pour anticiper et réduire les effets sanitaires des vagues de chaleur exceptionnelles**. Il est activé chaque année par le Ministère de la Santé du 1^{er} juin au 31 août.

Depuis le 1^{er} juillet 2004, la carte de vigilance intègre le risque de canicule. Accessible en permanence sur Internet et via des applications mobiles, elle signale les départements concernés et renseigne sur les précautions à prendre pour se protéger.

La vigilance météorologique est conçue pour informer la population et les pouvoirs publics. Les services de la sécurité civile et les autorités sanitaires peuvent ainsi alerter et mobiliser respectivement les équipes d'intervention, les professionnels et structures de santé. Pour cela, **une veille météorologique est activée pendant toute la saison estivale.**

À la suite de la canicule d'août 2012, le plan canicule a été revu afin de renforcer l'adéquation des niveaux de vigilance météorologique et les niveaux du Plan national canicule.

Si un épisode de fortes chaleurs est prévu, Météo-France met en vigilance le ou les départements concernés. Les autorités décident de mettre en œuvre les mesures prévues par le Plan national canicule (renforcement de l'accueil aux urgences, information des acteurs locaux et des populations, contact téléphonique régulier au niveau communal auprès des personnes fragiles isolées, etc.).

En cas de vigilance rouge, c'est-à-dire de canicule exceptionnelle par sa durée, son intensité et ses effets, une cellule interministérielle de crise coordonne les services de l'Etat et des mesures de mobilisation maximale peuvent être prises au niveau national.

En savoir plus sur les canicules et chaleurs extrêmes : www.sante.gouv.fr/canicule-et-chaleurs-extrêmes

En 2100, un été sur deux sera aussi chaud qu'en 2003

L'évolution du climat à Paris

D'après les simulations climatiques élaborées par Météo-France dans le cadre de l'actualisation du Plan Climat Energie de Paris, la capitale devra faire face à un **réchauffement renforcé d'ici la fin du siècle**.

L'îlot de chaleur urbain, particulièrement intense en période de fortes chaleurs, va amplifier localement le risque de stress thermique associé.

Stress thermique

Le confort thermique correspond à un état d'équilibre entre le corps humain et les conditions extérieures. Il dépend de la température de l'air, du vent et de l'humidité, mais aussi de l'habillement, de l'activité physique et de la sensibilité des individus. Une personne subit un stress thermique lorsqu'elle ne parvient plus à réguler la température de son corps. Lors d'une canicule, elle risque ainsi une déshydratation, l'aggravation de ses éventuelles maladies chroniques ou encore un « coup de chaleur » qui peut être mortel.

L'Organisation météorologique mondiale a développé un indice universel du climat thermique (Universal Thermal Climate Index, UTCI), utilisé dans le cadre du projet VURCA*. Cette échelle associe à une température ressentie un niveau de stress thermique subi.

Température ressentie au sens UTCI (°C)	Niveau de Stress
Au-dessus de +46	Stress thermique extrême
+38 à +46	Stress thermique très élevé
+32 à +38	Stress thermique élevé
+26 à +32	Stress thermique modéré
+9 à +26	Pas de stress thermique

L'attention est ici portée sur les températures élevées mais l'échelle complète décrit le stress subi lors d'une exposition à la chaleur ainsi qu'au froid.

Davantage de vagues de chaleur et canicules

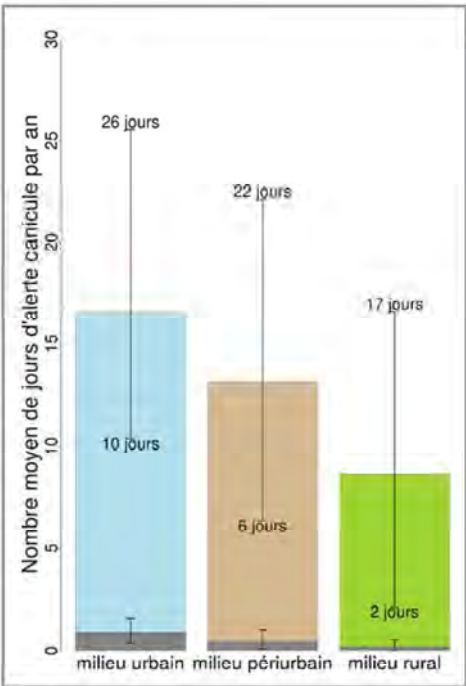
Les simulations climatiques de Météo-France réalisées dans le cadre du projet EPICEA* pour Paris prévoient une augmentation des températures moyennes quotidiennes de l'ordre de +2 à 4°C. L'augmentation de la température de l'air sera plus importante l'été que l'hiver.

Pour suivre cette évolution, les climatologues utilisent les indices climatiques de température suivants pour les situations estivales :

- le nombre de **jours chauds** ($T_{MAX} \geq 25^{\circ}C$),
- le nombre de **jours très chauds** ($T_{MAX} \geq 30^{\circ}C$),
- les jours de **vigilance orange pour la canicule** (déterminée à l'aide d'indices biométéorologiques et de températures ; $T_{MAX} > 31^{\circ}C$ et $T_{MIN} > 21^{\circ}C$ sur au moins 3 jours consécutifs).

A Paris, **ces trois indicateurs seront en nette augmentation** dans le contexte du changement climatique. Ainsi à la fin du 21^{ème} siècle, le nombre de jours de vigilance orange pour canicule passe de 1 jour par an en moyenne à :

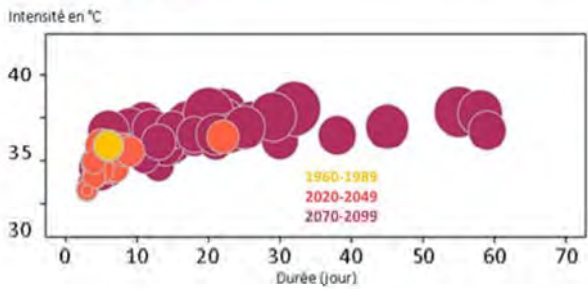
- 10 à 26 jours par an dans les zones urbaines,
- 6 à 22 jours par an dans les zones périurbaines,
- 2 à 17 jours dans les zones rurales.



Nombre de jours de vigilance orange pour la canicule, en moyenne annuelle sur l'agglomération parisienne, aujourd'hui (en gris) et pour la période 2079-2099 (en couleur). Source : Météo-France, EPICEA.

Des canicules plus fréquentes et plus longues

Les climatologues de Météo-France ont établi, dans le cadre du projet VURCA*, que **les vagues de chaleur les plus extrêmes pourraient, à la fin du siècle, durer 2 à 3 fois plus longtemps que celles d'aujourd'hui**, soit jusqu'à une soixantaine de jours !



Evolution de l'intensité et de la durée des canicules sur Paris, dans le cadre d'un scénario pessimiste d'évolution des concentrations de gaz à effet de serre. Source : Météo-France, VURCA.

Vers une aggravation du stress thermique

L'agglomération parisienne, comme l'ensemble des grandes villes, devra faire face à une amplification du stress thermique en raison de son îlot de chaleur urbain particulièrement intense en période de fortes chaleurs. Les résultats du projet VURCA indiquent qu'à la fin du 21^{ème} siècle, les Parisiens pourraient subir en moyenne (en l'absence de développement de la climatisation) :

- un « stress thermique élevé » dans les logements de près de 7h30 par jour, c'est-à-dire une température ressentie (UTCI) supérieure à 32°C en cas de canicule,
- un « stress thermique élevé » dans la rue, même à l'ombre, de près de 15h par jour.

Dans cette perspective, des mesures d'adaptation sont indispensables.

Paris : territoire de recherches, d'expérimentations et de réalisations

Adapter Paris aux canicules et aux ICU

Comment adapter un territoire dense et construit comme Paris aux canicules et aux îlots de chaleurs ? C'est l'un des défis du Plan Climat Energie de Paris. Le premier axe de travail depuis 2007 a été de renforcer et améliorer les connaissances dans ce domaine, en particulier :

- en soutenant des programmes de recherche comme le projet EPICEA mené par Météo-France et le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB),
- en travaillant étroitement avec l'Agence Spatiale Européenne (développement d'outils satellitaires),
- en échangeant sur des pratiques innovantes ou expérimentales avec des grandes villes du monde : New-York (toits blancs), Chicago (repérage des hot spots), Buenos-Aires (végétalisation...).



Photo aérienne du cimetière de Montmartre et de ses environs.



Thermographie d'été par satellite (°C à la surface) le 30 juin 2006 à 10h30 et photo aérienne.

Les chercheurs des projets EPICEA et VURCA ont réalisé des simulations afin de quantifier l'impact de différents paramètres sur le climat urbain parisien, dans les conditions de la canicule d'août 2003 :

- propriétés radiatives des surfaces (toitures, murs, rues),
- isolation des bâtiments,
- présence de "zones vertes" (végétales),
- présence de "zones bleues" (aquatiques),
- variation des températures de consigne pour la climatisation.

L'efficacité de différentes solutions a ainsi été évaluée. Certaines tendent à **réduire les effets d'îlot de chaleur urbain**, autrement dit à faire baisser la température nocturne en zone urbaine dense pour permettre à la population de récupérer, durant son sommeil, du stress thermique subi au cours de la journée. D'autres visent à **procurer aux citadins des points de rafraîchissement durant la journée**.

Dès les premiers résultats, des expérimentations ont été menées pour confronter les modélisations aux résultats obtenus sur le terrain. Des travaux et aménagements divers se poursuivent pour limiter la formation des îlots de chaleurs urbains et mettre en place des îlots de fraîcheur.

Limiter les effets nocturnes de l'ICU

L'îlot de chaleur urbain

L'effet d'îlot de chaleur urbain n'est pas dû à la pollution. L'ICU se forme parce que l'air en ville se refroidit plus lentement qu'à la campagne !
L'effet d'ICU est plus marqué la nuit que le jour.

Des matériaux réfléchissants

Les climatologues du projet EPICEA ont simulé l'utilisation de **matériaux capables de réfléchir le rayonnement solaire** sur l'ensemble des façades et toitures d'immeubles parisiens durant la canicule de 2003. Cette mesure a pour effet de faire baisser nettement la température dans la capitale : 1°C de moins en moyenne sur toute la durée de la canicule ; 3°C de moins au maximum, à un instant donné de la nuit, dans les arrondissements du centre.



ADAPTATION

Le laboratoire des essais des matériaux de la Ville de Paris mène en 2014 des études pour préciser les propriétés thermiques des matériaux de revêtements de voiries et des trottoirs à Paris (asphalte, dalle de granit, stabilisé, gazon...). Ces informations seront ensuite inscrites dans les fiches techniques du catalogue des revêtements à destination des prescripteurs.

L'isolation des bâtiments

Une meilleure isolation des bâtiments permet de **ralentir leur réchauffement**, et ainsi de maintenir des températures relativement fraîches à l'intérieur pendant l'été. Ce levier, utile par ailleurs pour réduire la consommation d'énergie due au chauffage l'hiver, peut limiter la vulnérabilité aux canicules. Un scénario volontariste supposant de nouvelles réglementations thermiques strictes et des améliorations techniques au cours des années qui viennent permettrait de réduire le temps passé en stress thermique élevé de près de 2h par jour dans les logements, sans avoir recours à la climatisation (projet VURCA).

Le Plan Climat Energie de Paris prescrit des obligations thermiques (pour la rénovation ou pour le neuf) au-delà des réglementations nationales, insistant sur le confort thermique estival, le rafraîchissement naturel, l'intégration du bioclimatisme, ou encore la pose de protections solaires extérieures. Parmi les opérations exemplaires :



ADAPTATION

- le puits canadien de la Halle Pajol,
- les bâtiments bioclimatiques de la Zone d'Aménagement Concerté (ZAC) Clichy-Batignolles.



Photo : Pare-soleil dans l'école Lamoricière, école conforme au Plan Climat Energie de Paris, 12^{ème} arrondissement. © Marie Gantois/Mairie de Paris

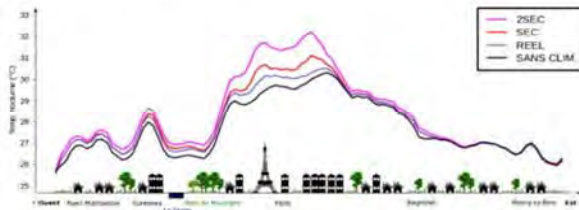
Cette mesure favorise également une baisse de l'ICU et de la température dans les rues. En effet, une meilleure isolation des bâtiments entraîne une utilisation moins fréquente de la climatisation et donc une diminution des rejets de chaleur associés.

Paris : territoire de recherches, d'expérimentations et de réalisations

La climatisation

Face à l'augmentation des besoins en froid (raisons sanitaires, commerciales, industrielles ou de confort), le recours à la climatisation semble inévitable. **Pourtant, au-delà de la question énergétique, l'usage de la climatisation provoque des rejets de chaleur à l'extérieur des bâtiments qui renforcent l'ICU.** Le parc actuel de systèmes de refroidissement provoque ainsi une augmentation locale de la température nocturne dans les rues allant jusqu'à 1°C.

Dans un scénario de doublement de la puissance globale de climatisation (installations individuelles), le projet CLIM2 révèle que la température nocturne pourrait augmenter jusqu'à 3°C. Il en résulterait un ICU nettement plus étendu et intense incitant à recourir encore davantage à la climatisation.



Profil de température à Paris et ses environs avec plusieurs hypothèses, notamment aucune climatisation (courbe noire) et doublement de la puissance de climatisation (courbe rose). Source : Météo-France, CLIM2.

La consommation d'énergie et les rejets de chaleur liés à la climatisation dépendent de l'usage et notamment de la température que l'on choisit de maintenir dans les bâtiments. **Plus la température de consigne est basse en été, plus la consommation d'énergie et les rejets de chaleur sont importants.** Les moyens mis en œuvre pour satisfaire les besoins en froid des bâtiments parisiens lors d'une canicule ont donc un impact sur la température des rues et l'îlot de chaleur.

Les climatologues du projet VURCA ont simulé un développement massif de la climatisation (ensemble des logements et bureaux équipés d'ici la fin du 21^{ème} siècle) et le maintien d'une température de consigne de 23°C dans tous les bâtiments, avec les résultats suivants :

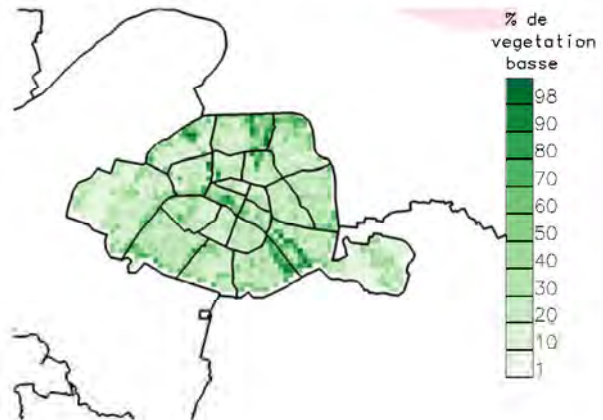
- un impact important sur les températures extérieures (plus marqué la nuit que le jour) : 20 minutes supplémentaires, par jour, de temps passé dans les rues en condition de fort stress thermique,
- une augmentation de la consommation électrique moyenne en été en Ile-de-France de plus de 50%.



Depuis 1990, la climatisation a plus que doublé dans le tertiaire et entraîné une forte augmentation de la consommation électrique et des émissions de gaz à effet de serre. Le Plan Climat Energie de Paris interdit la climatisation dans les équipements publics, sauf cas de nécessité de service (salle de reprographie en sous-sol par exemple). Le rafraîchissement naturel est favorisé. A cet effet, une étude sur la climatisation a été réalisée en 2013, afin d'étudier les différentes pistes favorisant un rafraîchissement « vertueux » des bâtiments parisiens (sans consommer trop d'énergie et sans réchauffer encore plus la ville). Le raccordement au réseau de froid de la Ville de Paris apparaît comme l'une des premières solutions. Quand le réseau est absent, des solutions alternatives existent : puits canadiens, brassage de l'air, free-cooling, climatisation magnétique, rafraîchissement adiabatique, etc. Ces dernières pistes, plus expérimentales, seront à explorer dans les années à venir.

La végétalisation

La végétation permet de refroidir l'air ambiant en journée **naturellement grâce à l'évapotranspiration** (phénomène cumulé de la transpiration des plantes et de l'évaporation de l'eau présente dans le sol). Développer la végétation en ville sur les surfaces minérales (chaussées, toitures, murs) limite l'amplitude des vagues de chaleur en favorisant le refroidissement nocturne.



Pourcentage de végétation basse, de type pelouse, ajoutée à Paris intramuros dans le scénario de verdissement du projet EPICEA. Source : Météo-France, EPICEA.

Le scénario simulé par le projet EPICEA recouvre de végétation basse (type pelouse) l'ensemble des terres nues dans Paris intramuros (862 hectares) et la moitié des chaussées de largeur supérieure à 15 m (300 hectares). Ce type de verdissement permet une diminution nocturne de l'ICU de 0,5 à 1°C pendant une canicule comme celle de 2003, lorsque la végétation est arrosée.

La disponibilité de l'eau, en période de canicule, dans un scénario de végétalisation important devient un enjeu crucial. En effet, sans eau, l'effet d'évapotranspiration ne fonctionne plus et le pouvoir rafraîchissant des plantes diminue fortement.



ADAPTATION

Le Plan Climat et le Plan Biodiversité de Paris mettent l'accent sur la végétalisation à tous les niveaux (parcs, rues, murs, toitures...). D'ici 2020, le Plan biodiversité de Paris prévoit de développer 7 hectares de toitures végétalisées qui joueront un triple rôle de rafraîchissement, d'isolation et d'accueil de biodiversité. L'appel à projet de végétalisation innovante lancée en 2013 a montré le dynamisme de la recherche ainsi que les jeunes entreprises présentes dans le domaine. Plus de 30 projets lauréats seront testés en 2014 et 2015 sur Paris. A terme, le développement de la trame verte et bleue de Paris devrait aussi permettre de créer de véritables corridors de rafraîchissement.



Photo : Toiture végétalisée expérimentale du 103 avenue de France, 13^{ème} arrondissement. © Marie Gantois/Mairie de Paris

Paris : territoire de recherches, d'expérimentations et de réalisations

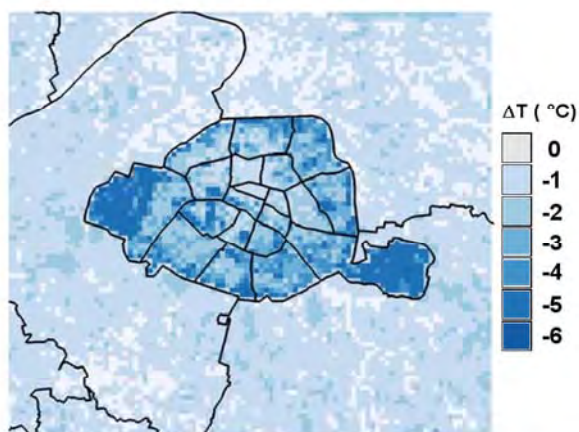
Créer des îlots de fraîcheur en journée

Un îlot de fraîcheur urbain peut se définir comme un **périmètre urbain dont l'action rafraîchissante permet d'éviter ou de contrer les effets de l'ICU**. L'existence d'un îlot de fraîcheur est conditionnée par :

- la présence de végétation qui contribue par l'ombrage ou l'évapotranspiration à rafraîchir l'air,
- l'utilisation de matériaux généralement clairs, présentant un albédo élevé, qui contribuent à renvoyer la chaleur ambiante vers l'atmosphère,
- la présence d'eau qui rafraîchit l'air par son évaporation.

Verdissement et végétation arrosée

Les espaces verts urbains (parcs, squares boisés) jouent un rôle d'îlots de fraîcheur et atténuent les effets de l'ICU. **L'augmentation de la quantité de végétation permet d'ombrager les villes, de les protéger du rayonnement solaire et de favoriser l'évapotranspiration, tout en limitant l'augmentation de la température de l'air.**



Baisse maximale des températures à 2m (en °C) en journée obtenues en ajoutant de la végétation et en arrosant. Source : Météo-France, EPICEA.

Avec un arrosage suffisant, le verdissement permet de faire baisser la température de 3 à 5°C, à un instant donné, pendant une canicule comme celle de 2003.



ADAPTATION

Depuis 2003, plus de 40 nouveaux hectares végétalisés ont été ouverts dans Paris. Une attention particulière est portée sur le choix des végétaux (endémiques, résistant au stress hydrique et adaptés au milieu urbain), mais aussi à la gestion de cette végétation pour garantir un bon niveau d'hygrométrie à tout moment et le rafraîchissement du territoire. Les rues sont un autre espace privilégié pour végétaliser la ville. Différentes essences d'arbres y sont plantées avec une attention particulière à leur effet d'ombrage. Il existe aujourd'hui plus de 100 000 arbres d'alignement dans Paris. Dans les prochaines années, une forêt linéaire poussera le long du boulevard périphérique au niveau de la porte d'Aubervilliers.



Photo : Perspective de la future forêt linéaire, plantée en 2013, 19^{ème} arrondissement. © Arpentier Paysagistes / Mairie de Paris

Humidification des chaussées

Les chercheurs de Météo-France ont simulé dans le projet EPICEA l'humidification de la ville par aspersion d'eau (non potable) dans les rues pendant la journée. Celle-ci a un faible impact sur l'intensité de l'îlot de chaleur urbain. La baisse de la température est inférieure à 0,5°C en moyenne pendant toute la durée d'une canicule comme celle de 2003, avec des baisses instantanées comprises entre 1 et 2°C. **L'impact de cet arrosage est beaucoup plus important le jour que la nuit.**



Photo : arrosage de la rue du Louvre, 1^{er} arrondissement © Martin Hendell/Mairie de Paris



ADAPTATION

Cette mesure d'adaptation au changement climatique a déjà été expérimentée par la Ville de Paris, de nuit sur les rues du Louvre et du Faubourg-Poissonnière pendant l'été 2012. A cette occasion, la chaussée a été arrosée une fois entre 22h et 22h30 par laveuse, avec de l'eau non potable. L'expérience a été renouvelée durant l'été 2013, cette fois-ci en journée. Les mesures relevées étaient par ailleurs plus poussées (multiplication des points de mesure et diversification des paramètres mesurés). L'objectif de cette expérimentation est de vérifier sur le terrain les résultats issus des modélisations.

Eau et changement climatique

Intégrer et utiliser l'eau en ville pour ses capacités de thermorégulation figure parmi les solutions du Plan Climat Energie de Paris pour améliorer le confort des Parisiens l'été. L'eau participe à la création d'îlots de fraîcheur dans la ville et sa disponibilité devient un enjeu capital dans un scénario de végétalisation étendu.

Paris a la particularité de disposer, depuis le 19^{ème} siècle, d'un double réseau : eau potable et eau non potable. Cette dernière est utilisée pour le nettoyage de la voirie et l'arrosage des espaces verts. Une étude sur les usages possibles du réseau d'eau non potable sur le long terme, notamment face au changement climatique, a été réalisée en 2011.

Outre son utilisation pour des mesures d'adaptation, l'eau apparaît dans les enjeux majeurs de l'étude sur les forces et faiblesses de Paris face au changement climatique menée en 2012 ; notamment en termes de :

- qualité et disponibilité de la ressource en eau,
- événements extrêmes et catastrophes naturelles (fortes pluies, crues, sécheresses, etc.).

Paris : territoire de recherches, d'expérimentations et de réalisations

Combinaisons gagnantes

Limitier les effets nocturnes de l'ICU	Créer des îlots de fraîcheur la journée
Le verdissement pour limiter les restitutions de chaleur la nuit	Le verdissement et la végétation arrosée pour diminuer la température
L'isolation des bâtiments pour une plus longue protection contre la chaleur	L'humidification des chaussées pour rafraîchir
Des matériaux réfléchissants pour emmagasiner moins d'énergie	L'usage de l'eau dans les villes (fontaines, canaux, fleuves, etc.)
Un usage maîtrisé de la climatisation	

La végétation arrosée et l'humidification des chaussées présentent l'avantage certain de faire baisser la température en journée, et donc de diminuer le stress thermique des citadins en journée. Elles ont cependant un faible impact la nuit, lorsque l'ICU est à son maximum. Il est donc primordial de coupler ces mesures à des dispositifs limitant l'apport d'énergie à l'intérieur des bâtiments, à une utilisation de matériaux urbains plus réfléchissants et à un usage maîtrisé de la climatisation.

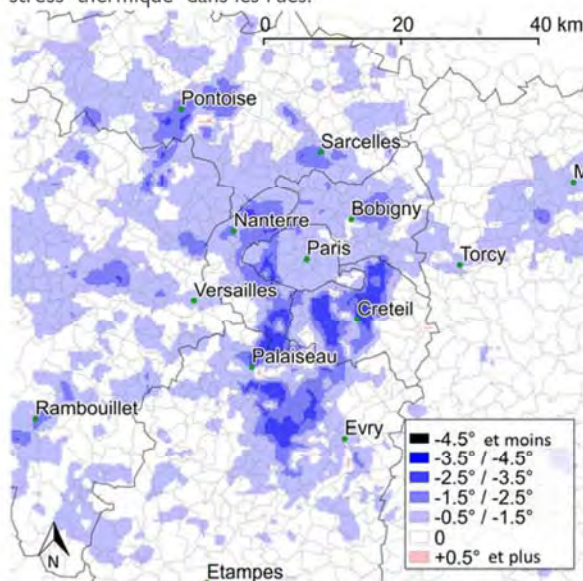
Les mesures visant à limiter les effets nocturnes de l'ICU et à créer des îlots de fraîcheur durant la journée sont complémentaires.

Combiner trois mesures pour plus d'efficacité

Avec le projet VURCA, Météo-France a étudié la combinaison de trois mesures :

- la création de vastes espaces verts dans l'agglomération,
- une stricte réglementation en matière d'isolation des bâtiments et la mise en œuvre de matériaux réfléchissants sur les murs et les toits,
- un usage modéré de la climatisation, avec des températures de consigne de 28°C dans les logements et 26°C dans les bureaux, au lieu de 23°C.

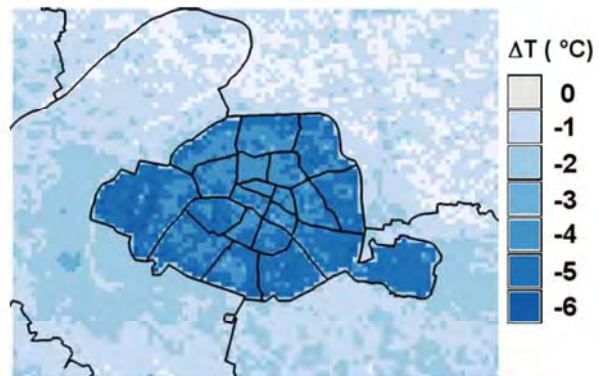
D'après les simulations, la combinaison de ces trois mesures pourrait diviser par deux la consommation d'énergie liée à la climatisation. Cela permettrait également de réduire d'une heure la durée quotidienne passée en conditions de fort stress thermique dans les rues.



Baisse des températures simulée grâce à la mise en place des 3 mesures, dans le cas d'une canicule similaire à celle de 2003. Source : Météo-France, VURCA.

Le scénario du projet EPICEA

En combinant matériaux réfléchissants, verdissement et humidification des chaussées, ce scénario donne les meilleurs résultats sur la température. L'intensité de l'ICU diminue de 1 à 2°C en moyenne pour un épisode caniculaire comme celui de l'été 2003, avec des baisses maximales pouvant atteindre 6°C en journée grâce à la création d'îlots de fraîcheur.



Atténuation maximale de la température à 2 m (en °C) obtenue dans le projet EPICEA pour chaque point de grille du domaine. Source : Météo-France, EPICEA.

Ces scénarios à moyen ou long terme permettent d'explorer le potentiel de différentes solutions d'adaptation. Bien entendu, ce type d'études ne constitue qu'un élément parmi d'autres dans un processus de prise de décision, qui prend également en compte les coûts d'investissement et de maintenance des mesures mises en place, l'acceptabilité par les autorités et les usagers de la ville ainsi que leur incidence sur d'autres facteurs sociétaux.



Depuis 2007, la Ville de Paris a entrepris diverses actions, dont la végétalisation, pour rafraîchir la ville tout en essayant à chaque fois que cela est possible de tester des solutions innovantes pour mieux comprendre les effets des îlots de chaleur et limiter le développement de ces phénomènes. La prochaine étape sera l'intégration de prescriptions spécifiques dans la réglementation, par l'intermédiaire du Plan Local d'Urbanisme ou de la stratégie d'adaptation de la ville de Paris, mais aussi par le biais du plan pluie (enquête publique en 2014). La végétalisation se trouve au croisement de ces différentes politiques, permettant aussi bien de ralentir ou contrer le développement des inondations que de rafraîchir localement la ville.

*Focus sur deux projets de recherche à Paris

EPICEA : Étude Pluridisciplinaire des Impacts du Changement climatique à l'Échelle de l'Agglomération parisienne, 2012, Météo-France et le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), financement Mairie de Paris.

VURCA : Vulnérabilité URbaine aux épisodes Caniculaires et stratégies d'Adaptation, 2013, CNRM-GAME (Météo-France/CNRS), Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement (CIRED) et CSTB (projet ANR-08-VULN-013/VURCA).

[...]

DOCUMENT 2

« La réutilisation des eaux usées pour l'irrigation : une solution locale pour les situations critiques à l'avenir ? » – developpement-durable.fr – juin 2014

La réutilisation des eaux usées pour l'irrigation : une solution locale pour des situations critiques à l'avenir

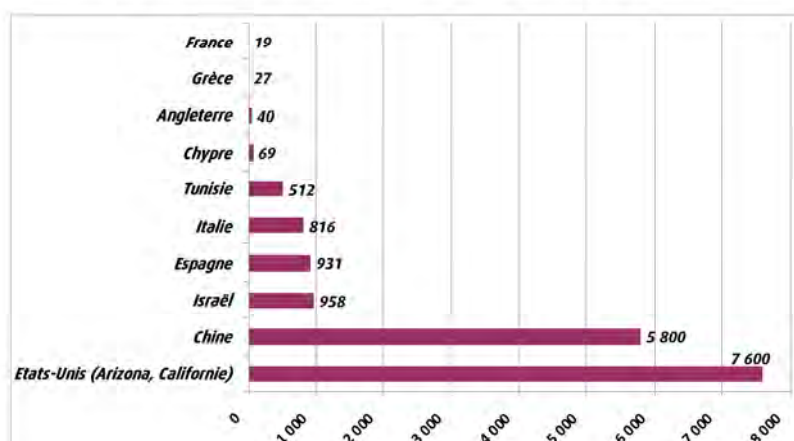
La réglementation permet la réutilisation après traitement des eaux usées pour l'irrigation des cultures. Mais cette possibilité est peu mise en œuvre : d'une part, la France est peu confrontée à des situations de rareté de la ressource en eau et, lorsque c'est le cas, cela reste local et ponctuel ; d'autre part, le prix plus élevé des eaux traitées que celui de l'eau prélevée dans le milieu n'est pas incitatif. Les Français sont réticents face à cette pratique de réutilisation et ne souhaitent pas payer la totalité du surcoût de l'eau traitée par rapport au prix de l'eau prélevée. Pourtant, cette pratique est une solution pour augmenter l'offre en eau dans les zones critiques comme le font déjà plusieurs régions ou pays étrangers. L'exemple d'Israël, qui mutualise des coûts entre les différents usagers, pourrait être une piste pour anticiper la pénurie dans les zones concernées en France.

La réutilisation des eaux usées est une des mesures inscrites dans la feuille de route issue de la conférence environnementale de 2013. Cette mesure vise à contribuer à la sécurisation à court et long termes des ressources en eau dans un contexte local et saisonnier (printemps/été) de hausse de la demande en eau, tirée par le développement de la population et de la production agricole irriguée, conjuguées à une baisse de la disponibilité en eau, due notamment au changement climatique [1]. Les eaux usées

sont récupérées en sortie de station d'épuration, au lieu d'être normalement restituées dans les cours d'eau. La réutilisation des eaux usées après traitement concerne principalement l'irrigation. La réglementation française prévoit également l'arrosage des espaces verts, publics ou privés (terrains de golf). La réutilisation des eaux pluviales récupérées, qui est une autre solution pour augmenter l'offre en eau pour l'irrigation, n'est pas traitée dans ce document.

La réutilisation des eaux usées est encore peu développée en France

Figure 1 : Volume moyen journalier des eaux recyclées pour l'irrigation de cultures (en milliers de m³/j) [2]



Source : Jimenez B., Asano T., 2007

La réutilisation des eaux usées est encore très peu développée sur le territoire français (19 200 m³/jour) : les volumes concernés correspondent à environ 2 % des volumes réutilisés dans d'autres pays européens, tels que l'Espagne et l'Italie (cf. figure 1). Dans le monde, il y aurait 20 millions d'hectares de cultures irriguées avec des eaux usées traitées, ce qui représente près de 10 % des surfaces irriguées, mais seulement 1,7 % des surfaces agricoles mondiales [2]. C'est une pratique répandue dans les régions du monde affectées par des pénuries de ressources en eau. Dans certains pays, cette pratique est encadrée réglementairement. Pour ces pays, des estimations de volumes concernés sont disponibles. Une réutilisation des eaux usées simple et non programmée peut exister dans d'autres pays, notamment les pays en développement. Dans ces cas-là, des estimations robustes de volumes concernés ne sont pas disponibles.

La France ne connaît que des épisodes locaux et saisonniers de déficit de la ressource en eau. De ce fait, la réutilisation des eaux usées est restreinte à des régions particulières (notamment insulaires).

Dans les îles de Ré, Noirmoutier, Oléron, Porquerolles, la réutilisation des eaux usées a permis de maintenir ou de développer une activité agricole dans un contexte insulaire où la ressource en eau est rare. Les autres exemples de réutilisation des eaux usées concernent des usages pour lesquels la demande en eau est importante et en conflit potentiel avec l'eau potable. C'est le cas de golfs à l'instar de celui de Sainte-Maxime (Var).

Les eaux usées sont également utilisées pour l'irrigation des espaces verts (jardins publics, terrains de sport ou golfs), principalement dans les pays soumis à un fort stress hydrique : jardins publics et golfs d'Abu Dhabi aux Émirats Arabes Unis, parc olympique, parc zoologique, jardins publics en Australie [2].

L'encadrement réglementaire limite les risques sanitaires et environnementaux.

La réutilisation des eaux usées s'inscrit dans le cadre réglementaire de protection de la santé publique et de l'environnement. Les eaux usées sont réutilisées après avoir été traitées. Ce traitement vise au respect des prescriptions réglementaires mises en place par les pays. Celles-ci concernent aussi bien les normes de qualité des eaux utilisées, que les distances

minimales à respecter entre les zones irriguées avec des eaux usées traitées et les activités ou les milieux à protéger.

Ces prescriptions réglementaires dépendent du type d'usage : ainsi, les cultures qui sont consommées crues (cas des fruits ou certains légumes) ou les espaces ouverts au grand public sont soumis à des normes de qualité plus exigeantes que les cultures consommées après transformation ou destinées à des usages non alimentaires (horticulture).

En France, la réglementation définit quatre catégories d'usage des eaux usées traitées. La catégorie dont les normes associées sont les plus exigeantes (catégorie A) vise l'irrigation de cultures maraîchères non transformées et l'arrosage d'espaces verts ouverts au grand public (tels que les golfs). La catégorie dont les normes associées sont les moins exigeantes (catégorie D) vise l'irrigation de forêts d'exploitation avec un accès contrôlé du public [3].

Le coût de la réutilisation des eaux usées est un déterminant important de son développement

Plus les normes de qualité des eaux usées sont exigeantes, plus les traitements associés sont complexes. Plus les traitements associés sont complexes, plus le coût de production d'une eau réutilisable est élevé. Or, le développement d'une telle pratique dépend fortement de son coût par rapport aux autres sources d'approvisionnement en eau (notamment le prélèvement dans le milieu).

Les normes retenues par la France sont similaires à celles de la Californie, l'Australie, l'Espagne ou l'Italie, pays qui ont un niveau de protection sanitaire de leurs populations similaire à celui de la France [2].

Afin de réduire les coûts relatifs entre une eau prélevée dans le milieu et des eaux usées traitées, certains pays, comme Israël ou l'Espagne, accompagnent le développement de projets de réutilisation des eaux usées par des politiques de transfert des coûts. Ces politiques « mutualisent » les surcoûts liés au traitement des eaux usées avec l'ensemble des usagers de l'eau de la zone géographique concernée (cf. encadré). Cette « mutualisation » qui répartit les surcoûts permet de prévenir les conflits d'usages, par le recours à des ressources alternatives économiquement rentables pour les usagers (agriculteurs) puisque subventionnées.

Encadré : Les politiques de soutien au développement de la réutilisation des eaux usées pour l'irrigation en Israël [4]

Israël a engagé une politique volontariste de développement de l'utilisation d'eaux usées traitées pour l'irrigation, en « mutualisant » le coût de traitement de l'eau réutilisé avec les autres usagers de l'eau. Israël a ainsi mis en place un ensemble de mesures afin d'inciter au développement de projets de réutilisation des eaux usées dans le domaine agricole :

- La mise en place de quotas de prélèvements non échangeables par exploitation agricole (un quota d'eau prélevée dans le milieu et un quota d'eaux usées traitées).
- L'instauration d'un tarif progressif sur la base des quotas alloués par exploitation agricole.
- Une hausse importante du prix de l'eau afin de refléter la rareté locale des ressources en eau. Entre 1995 et 2005, les prix de l'eau à usage agricole ont augmenté de 68 %.
- Des subventions pour la réutilisation des eaux usées pour l'irrigation permettant de créer un différentiel de prix incitatif entre eau vierge et eaux usées domestiques traitées et recyclées. Le prix des eaux usées domestiques traitées est ainsi trois fois moins élevé que le prix de l'eau vierge (0,34 US\$/m³ contre 1 US\$/m³ en 2010). La différence entre le coût de production des eaux usées traitées et leur prix de vente aux agriculteurs est pris en charge par la facture des usagers domestiques.
- L'allocation d'un bonus de 20 % du volume d'eaux usées pour les agriculteurs qui acceptent d'échanger une partie de leur quota annuel d'eau prélevée dans le milieu contre un volume d'eaux usées.

Par ailleurs, du côté des ménages, Israël a développé également une politique de réduction de la demande via la mise en place d'une tarification progressive en deux paliers (données 2013) :

- 2,5 US\$ /m³ – pour une consommation inférieure à 3,5 m³/pers./mois ;
- 4,0 US\$ /m³ – pour une consommation supérieure à 3,5 m³/pers./mois.

A titre de comparaison, la consommation moyenne en France est d'environ 4 m³/pers./mois et le prix moyen de l'eau en France est d'environ 3,4 €/m³, soit 4,6 US\$/m³ (données SOEs 2008).

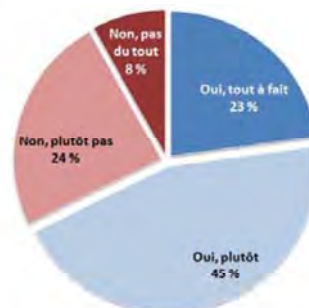
Ces réformes ont encouragé la mise en œuvre de techniques d'irrigation plus efficaces, ainsi que des solutions de substitution aux prélèvements d'eau, telles que la réutilisation des eaux usées recyclées et retraitées. 85 % des effluents domestiques sont réutilisés dans le secteur agricole en Israël en 2010. Entre 2000 et 2005, le secteur des fruits a augmenté sa production de 42 % malgré une baisse des volumes d'eau prélevée dans le milieu de 35 %.

L'acceptabilité sociale mitigée des Français peut être un frein

Au-delà de la rareté de la ressource en eau et de l'importance des prescriptions réglementaires, la réutilisation des eaux usées peut aussi être déterminée par son acceptabilité sociale.

Les Français consomment déjà des fruits et légumes importés de pays où la réutilisation des eaux usées pour l'irrigation est fréquente (Espagne notamment). Pourtant, un tiers des Français dit ne pas être prêt à consommer des fruits et des légumes irrigués avec des eaux usées traitées (cf. figure 2) [5]. Cela laisse supposer que les consommateurs connaissent peu l'existence de ces pratiques à l'étranger.

Figure 2 : Acceptabilité de la consommation de fruits et de légumes qui ont été arrosés avec des eaux usées traitées dans le but de participer aux efforts en faveur de la préservation des ressources en eau



Source : CGDD, mai 2014, Résultats d'enquête.

Les Français sont réticents à payer la totalité du surcoût lié à cette pratique

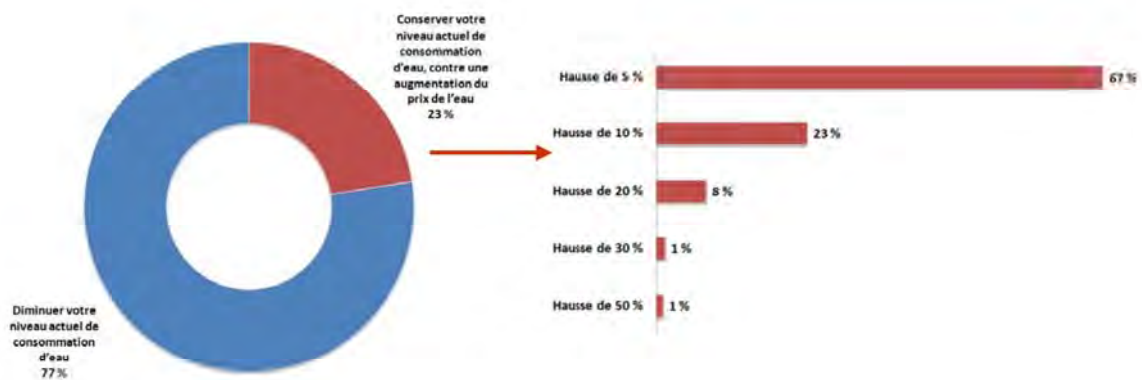
Dans le cas où la raréfaction des ressources en eau s'accentuerait, la réutilisation des eaux usées pour l'irrigation peut permettre aux ménages de maintenir leur niveau de consommation. Le consentement à payer des Français pour ne pas avoir à réduire leur consommation d'eau en situation de rareté accrue de la ressource reste néanmoins modeste.

En effet, seul un quart des Français déclare préférer conserver leur niveau actuel de consommation, contre une augmentation du prix de l'eau.

De plus, ce quart de Français accepterait dans ce cas-là une augmentation de leur facture d'eau de l'ordre de 14,5 €/an [5]. Ceci correspondrait à une augmentation du prix de l'eau de 0,26 €/m³, soit 8 % du prix moyen de l'eau actuel (cf. figure 3).

La faiblesse de cette valeur provient probablement du fait que les ménages ont du mal à se projeter dans une véritable situation de tension sur les ressources en eau, y compris dans les zones critiques. Ils n'ont généralement jamais subi les conséquences d'une sécheresse, car l'eau potable est l'usage qui est préservé en priorité en cas de crise. En effet, une majorité des français pense que la quantité d'eau disponible en France est suffisante et le sera également à l'avenir.

Figure 3 : Scénario d'évolution privilégié par les répondants en cas de baisse de la quantité d'eau disponible en France



Source : CGDD, mai 2014, Résultats d'enquête.

Réduire sa facture d'eau et ses consommations

Pour réussir à faire face aux nouvelles contraintes budgétaires, les collectivités doivent, entre autres, trouver des solutions pour réaliser des économies. La gestion de l'eau s'avère donc un enjeu capital !

Entre enjeux sociaux, écologiques et économiques, les Villes doivent aujourd'hui agir activement pour limiter leur consommation (et le gaspillage) d'eau dans la gestion et l'entretien de leurs espaces publics (espaces verts, voiries...). D'autant plus qu'à l'heure actuelle, 91 % des communes utilisent l'eau potable comme principale source d'approvisionnement pour l'arrosage. Pour cela, plusieurs solutions s'ouvrent à elles : réduire leur consommation, rénover leur réseau d'arrosage, multiplier les sources d'eau, limiter les impacts dus au vandalisme...

Réduire ses consommations

La palette végétale va grandement influencer les consommations en eau du service espaces verts. Afin de les minimiser, il est donc conseillé de s'orienter vers des plantes peu consommatrices, telles que les vivaces, les arbustes... C'est tout le travail qu'a entrepris la Ville de Bourgoin-Jallieu ces dernières années. Entre 2010 et 2014, la production d'annuelles et de bisannuelles a ainsi diminué de 70 000 plants ! Tandis que certains massifs ont entièrement été supprimés, d'autres ont été remplacés par des mélanges d'arbustes et de vivaces. Certaines pelouses ont également été remplacées au profit de prairies fleuries. Par ailleurs, pour agrémenter ces nouveaux massifs, le service espaces verts met aujourd'hui systématiquement en place un paillage qui préserve l'humidité du sol en limitant l'évaporation. Les paillages utilisés (principalement minéraux) ont aussi l'avantage de participer au décor, sans toutefois occulter le fleurissement. Depuis 2009, la Ville a également diminué la part de son fleurissement hors-sol. Entre 2009 et 2015, le nombre de point de fleurissement hors-sol est ainsi passé de 266 à

33, lui permettant de réduire par quatre ses consommations d'eau pour l'arrosage des jardinières et de réaffecter le temps de travail des agents sur d'autres tâches. D'autres pratiques, plus ou moins répandues, s'avèrent efficaces pour réduire les consommations d'eau. Parmi ces dernières on peut citer : privilégier la plantation en automne ; augmenter la capacité de rétention en eau du sol en apportant de la matière organique ; contrôler la croissance par une fertilisation raisonnée ; privilégier les arrosages nocturnes ; favoriser un enracinement plus en profondeur des végétaux en ayant recours au stress hydrique... La sensibilisation et la formation du personnel s'avèrent également essentielles. A Valence, les agents municipaux ont, par exemple, reçu une formation qui leur permet de mieux connaître les besoins des végétaux utilisés et donc d'adapter leurs techniques d'entretien.

Rénover son réseau d'arrosage

La Ville de Valence, qui a souhaité mettre en place une politique globale de réduction de ses consommations d'eau, a réalisé un diagnostic de ses pratiques pour identifier les postes les plus consommateurs. Il a ainsi été mis en évidence que des économies substantielles (près de 200 000 €/an) pouvaient être réalisées. La Ville a ainsi supprimé la totalité de ses bouches de lavage et a installé, en remplacement, 10 bornes de puisage avec un système à carte pour que chaque partenaire (prestataire d'entretien, entreprise privée) puisse payer ses propres consommations. Les compteurs inutilisés ont été recensés puis définitivement fermés. "Autant d'abonnements inutiles que nous n'avons plus à payer" précise Emilie Burtin, responsable des espaces verts. "Le réseau d'arrosage



© Ville de Valence

D'ici 2016, la Ville de Valence souhaite diminuer de 300 000 € son budget consacré à l'eau (diminution des consommation et réduction du nombre de forfait). Pour cela, différentes actions, comme l'arrêt de l'arrosage des pelouses des cours d'école en été, ont déjà été mises en place.

de la Ville, parfois vétuste, comprend énormément de bouches d'arrosage qui sont autant de points de fragilité et de fuites potentielles. Rien qu'au niveau du cimetière (réseau d'eau, bornes fontaines et bornes d'arrosage), nous avons estimé les pertes à 50 000 €/an. Ce constat est aujourd'hui pour nous un argument de poids en faveur d'une rénovation complète de notre réseau d'arrosage. Certes, cela représenterait un coût d'investissement important pour la Ville (autour de 400 000 €), mais il serait vite amorti", poursuit la responsable. Second argument pour le service espaces verts et nature en ville : la mauvaise identification de son réseau. Pour leur consommation d'eau destinée à l'arrosage, les services espaces verts des villes ne paient pas de forfait d'assainissement. En effet, les eaux sont infiltrées directement dans les sols et ne passent donc pas par les stations d'épuration. "Or une partie

de notre réseau n'est pas correctement identifiée et séparée au niveau des compteurs, nous obligeant à payer la part d'assainissement. En reprenant l'ensemble de notre réseau d'arrosage, nous pourrions ainsi diminuer nos coûts de gestion liés à l'eau de moitié" explique Emilie Burtin.

Limiter les actes de vandalisme

D'après une enquête menée en 2014 par Plante&Cit , l'arrosage représente en moyenne 6 % du budget de fonctionnement des services espaces verts. Par ailleurs, l'enquête a révélé que 87 % des collectivités interrogées sont confrontées à des actes réguliers de vandalisme sur les systèmes d'arrosage : coups de pieds volontaires dans les arroseurs, tuyaux de goutte-à-goutte sectionnés, matériels déplacés ou volés... Ce qui représenterait environ 1 % du budget de fonctionnement des services espaces verts.



© Ville de Bourgoin-Jallieu

Pour réduire leurs factures d'eau, les collectivités peuvent utiliser des sources alternatives : eaux usées traitées, eaux pluviales...

A Cavaillon, dans le Vaucluse, Nicolas Charreton, responsable de la cellule arrosage du service espaces verts, constate régulièrement des actes de dégradation, comme la plupart des collectivités. *"Il nous est arrivé qu'une rampe de 10 arroseurs, alimentée par un débit de 10 m³/h, soit entièrement arrachée, engendrant des pertes d'eau inutiles jusqu'à ce qu'on puisse détecter et réparer la fuite !"* explique-t-il. Mais depuis que le service s'est équipé d'un système de gestion centralisé, la tendance semble s'inverser. *"Les 3/4 de nos programmeurs sont équipés de sondes calibrées, autrement dit des débitmètres, qui vont être capables d'isoler l'électrovanne défaillante en cas de sur-débit. Si un arroseur est volé ou détérioré, le sur-débit est automatiquement détecté via des capteurs et l'arrosage se coupe sur le secteur"* poursuit-il. Par l'intermédiaire de la gestion centralisée, le responsable en charge de l'arrosage est averti et l'arroseur peut être remplacé dans les plus brefs délais par la maintenance.

Utiliser des sources d'eau alternative

Plusieurs autres sources d'eau peuvent être utilisées pour l'arrosage des espaces verts et le net-

toyage de la voirie :

- les eaux usées traitées. Cette pratique, encore très peu rependue en France, est rendue possible suite à l'arrêt du 2 août 2010 ;
- les eaux pluviales. Face à l'imperméabilisation des sols en milieu urbain, la récupération et la réutilisation des eaux pluviales pour l'arrosage des espaces verts permet de limiter leurs impacts (saturation des STEP, inondations...)
- les eaux superficielles, souterraines peu profondes ou les canaux. A Valence, près de la moitié de la Ville est alimentée, entre mars et octobre, par l'eau de la Bourne.

Cependant, l'utilisation de sources d'eau alternatives ne permet qu'une diminution des factures d'eau pour les collectivités et ne répond pas totalement aux enjeux environnementaux qu'elles doivent désormais intégrer dans leurs aménagements ; à savoir des espaces réfléchis et moins consommateurs en eau.



© Ville de Bourgoin-Jallieu

Le choix de la palette végétale influence grandement les consommations en eau. Aussi, il est conseillé de privilégier un fleurissement à base de vivaces et d'arbustes beaucoup moins consommateurs en eau, du fait de leur enracinement.

Connaître son sol pour mieux arroser ses plantations

La nature des sols influence grandement le comportement des végétaux et devrait donc constituer le point de départ de la gestion de l'arrosage. Or une étude Plante&Cité a révélé que seuls 18 % des services espaces verts effectuent des analyses ou des études de sol. Qui plus est, seuls 58 % des gestionnaires d'espaces verts interrogés s'appuient sur la connaissance du sol pour gérer l'arrosage et utilisent dans ce cas différentes notions agronomiques (courbes de rétention en eau, texture, perméabilité, capacité de rétention en eau du sol, réserve utile d'un sol...). Certes ces analyses ont un coup de 150 € à 3 000 €, pour les plus poussées, mais le retour sur investissement pourrait être rapidement effectué grâce aux économies d'eau réalisées, d'autant que la connaissance du sol permettrait également aux services de ne planter que des essences réellement adaptées à ses caractéristiques.

DOCUMENT 4

« Saint Martin d'Hères. La place Lucie Aubrac, un archipel de jardins de pluie » – Emmanuel Jalbert
– *documents.irevues.inist.fr* – 2014

Saint Martin d'Hères – La place Lucie Aubrac, un archipel de jardins de pluie

Saint Martin d'Hères, Lucie Aubrac Place, an archipelago of rain gardens

Emmanuel Jalbert¹, Yann Chabod¹, Rémy Tranchant², Thierry Luppé², Nicolas Martin³, Christophe Sabatier³.

¹ In Situ paysage et urbanisme, 8 quai St Vincent, 69 001 Lyon (e.jalbert@in-situ.fr y.chabod@in-situ.fr). ² Ville de Saint Martin d'Hères, 111 avenue Ambroise Croizat, BP 7, 38401 Saint-Martin-d'Hères. ³ E2ca / Korell, 65 avenue Victor Hugo, 69160 Tassin-La-Demi-Lune.

RÉSUMÉ

À proximité de Grenoble, le concours lancé lors de l'arrivée du tram pour aménager ce carrefour visait à créer une place urbaine aux abords du collège. Le projet d'In Situ tentait d'installer la figure régulière d'un long rectangle dans ce tissu fragmenté. Mais l'agrandissement du carrefour et le phasage des constructions ont amené à reformuler la question initialement posée pour mettre en œuvre un tout autre projet. Le territoire de la plaine de l'Isère conserve les traces de l'ancien parcellaire agricole, des mares et des fossés de drainage accompagnés de grands saules blancs et de peupliers. Ces bouquets d'arbres pompent le surplus d'eau et façonnent le paysage de la ville. La proposition de réinterprétation de cette gestion agricole a consisté à installer un archipel d'îles-jardins sur les différents parvis. Ces « jardins de pluie » qui prennent la forme de galets de diverses tailles, disposés en fonction des points de vues sur les sommets des Alpes et dimensionnés en fonction des quantités des volumes d'eau à infiltrer. Ces jardins en creux sont généreusement plantés et cernés d'un simple cordon de saules tressés. Ils accueillent tout un écosystème de milieu humide, une végétation et une faune inattendue en ville. La disposition des îles-jardins dégage des espaces de déambulation et des parvis revêtus de stabilisé perméable, quelques bancs s'adossent aux jardins de pluie. De facto, le coût d'entretien annuel de cet espace public atypique s'avère très modique. Cette place-jardin manifeste l'idée que la nature peut aussi être urbaine. Ce projet illustre aussi le fait qu'il est souvent pertinent de réinterroger le programme d'un aménagement, de savoir le faire évoluer avec souplesse pour ne réaliser que l'essentiel, ce qui fait sens.

MOTS CLÉS

Infiltration multipoints, jardins de pluie, jardin écologique, jardin économique, place jardin

1 CONTEXTE DU PROJET

1.1 Gérer l'eau sur un espace piétonnier de grande taille

Au départ, le projet avait pour objectif de requalifier la place Lucie-Aubrac dans un contexte urbain en forte évolution : arrivée d'un tramway, projets de constructions d'habitat collectif et d'équipements autour de la place. L'espace est vaste (8000m²) et morcelé par les infrastructures de transport.

L'objectif de gérer sur place les eaux pluviales des d'espaces piétons apparaît dès les premières esquisses de conception. En 2005, ce type d'opération est encore peu développée à l'échelle communale. Se pose alors la question de la technique à employer sur une place soumise à forte fréquentation avec des usages variés. La réalisation d'un bassin unique est abandonné. En effet, il est consommateur d'espace, et non approprié à un contexte de place urbaine.



Configuration actuelle de la place : la surface minéralisée de la place est ponctuée par des jardins de pluie sous la forme d'îles végétalisées. Ce projet redonne une cohérence à un tissu urbain peu homogène

2 DESCRIPTION RAPIDE DE L'AMENAGEMENT

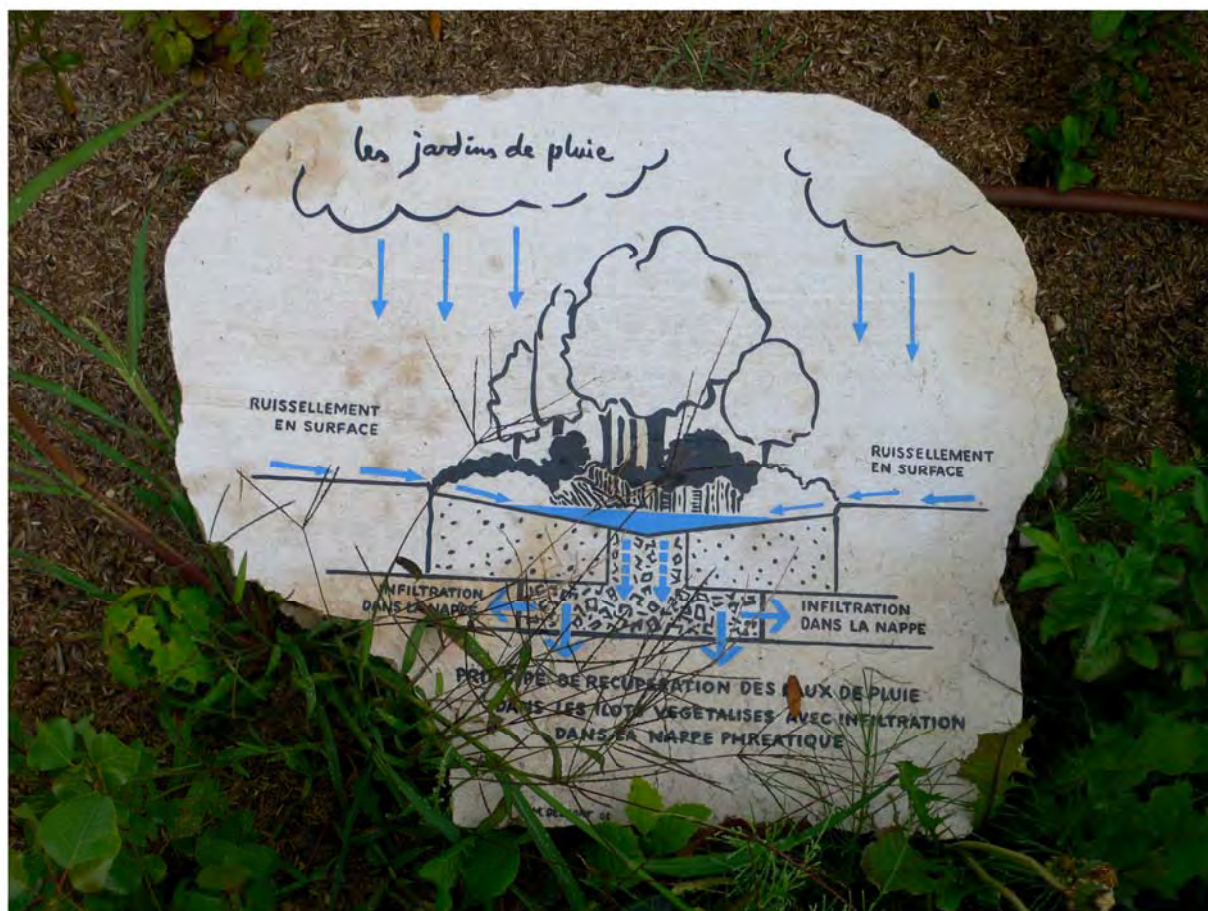
2.1 Des îles végétales qui redonnent une unité à la place

Style "normal" pour la rédaction de votre texte. Sur la place Lucie-Aubrac, la gestion de l'eau pluviale est fractionnée en plusieurs points de collecte. Autrement dit l'eau n'est pas collectée en un seul lieu, un bassin unique, mais est acheminée vers un ensemble d'îles végétales qui collectent et infiltrent les eaux des surfaces piétonnes. Ces îles, de tailles variées, marquent la place, et confèrent à ce lieu l'image d'une place-jardin verdoyante. Elles permettent également d'offrir une même atmosphère à des sous-espaces au départ peu unitaires. En effet, la place Lucie-Aubrac s'inscrit dans un tissu urbain mixte d'habitat collectif, d'habitat et d'équipements en plein renouvellement. Elle accueille un collège, un gymnase, des logements avec commerces en rez-de-chaussée. Un établissement social de travail et d'hébergement, une maison du handicap ont complétés les équipements en place. Ces bâtiments, d'époques et de factures différentes, constituent un tissu urbain peu homogène. L'organisation du bâti est lâche et l'espace est morcelé en 3 parties par un vaste carrefour routier. Un des points forts du projet est d'utiliser un traitement commun à l'ensemble des sous-espaces composant la place : un massif végétal linéaire délimite la place. Le choix d'un matériau de sol unique pour l'ensemble des espaces piétons permet de reconstituer une grande cohérence d'ensemble. Enfin, un archipel d'îles végétales donne à la place une identité forte.



Un exemple d'îlot végétal. Ici il s'agit d'un îlot traversant, planté de saules blancs (*Salix alba*) et de massettes à larges feuilles (*Typha latifolia*). Cet îlot est clôturé par une installation en saule tressé.

3 LE FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE



3.1 Plusieurs îlots d'infiltration plutôt qu'un grand bassin

Le fonctionnement hydraulique de ces jardins de pluies est simple. Les jardins de pluie de cette place piétonne ont pour vocation de collecter :

- les eaux de ruissellement de la place
- les eaux de toiture de certains bâtiments publics

L'eau de voirie est quant à elle, renvoyée au réseau. Le projet initial misait d'abord sur un sol piéton particulièrement perméable. Mais, faute de retours d'expérience suffisant notamment en usure des matériaux et en colmatage, cette option n'a pas été retenue. Un sable stabilisé renforcé, drainant, a finalement été choisi. En cas de très forte pluie, l'infiltration n'est pas suffisante, aussi le ruissellement du sol est géré par les îles végétales.

Toutes les îles végétales n'ont pas vocation à jouer un rôle de jardin de pluie. Certaines îles restent sèches, tandis que d'autres sont destinées à l'infiltration. C'est le cas notamment des deux îles qui traitent les eaux des toitures à proximité du collège et du gymnase. Au centre des îles infiltrantes, un puits perdu en galets capte l'eau et l'amène dans un bassin enterré. L'intensité des pratiques en surfaces amène à développer l'essentiel des capacités de stockage dans des buses en béton enterrées. L'entretien est limité au nettoyage de cette cheminée qui peut potentiellement se colmater.

La végétation plantée est choisie pour sa capacité à supporter des alternances de périodes arrosées à sèches. Autour de chaque île végétalisée, une clôture de saules tressés a été installée. Cette protection initialement temporaire permettait de protéger les jeunes plantations du piétinement. Ces clôtures vivantes, finalement maintenues, participent désormais à l'identité forte au lieu.



Collecte des eaux pluviales. Seuls les îlots marqués en bleu collectent les eaux des surfaces piétonnes, ils sont constitué d'une végétation à large spectre hygrométrique

4 LE FONCTIONNEMENT URBAIN

4.1 Des îles végétales, riches en usages

Le projet d'aménagement de la place Lucie-Aubrac a su tirer parti des multiples contraintes du lieu tout en créant une ambiance de quartier de qualité. Cette place très fréquentée est ponctuée de jardins de pluies qui collectent l'eau du quartier tout en offrant un espace urbain agréable aux usages multiples. Le projet a également revu les circulations et les voiries autour de la place. Le tracé de la voie passant au pied du collège Édouard-Vaillant a été redessiné et recalibrée. L'objectif est de mettre en scène le collège et son gymnase avec un espace piéton généreux qui forme un parvis. L'ensemble offre une visibilité accrue à des équipements jusqu'alors peu mis en valeur.

Les îles végétales de la place constituent des jardins agréables pour la promenade ou le repos. De nombreux collégiens, usagers des transports collectifs ou personnes à mobilité réduite du centre d'accueil voisin s'installent sur les bancs, généreusement disposés autour des îles végétales. Positionnés en groupes ou isolés, des bancs, des chaises, des banquettes, et même des assis-debouts, permettent de nombreux usages.

Les îles végétales procurent également de l'ombre, de la fraîcheur. Ces aménagements isolent l'usager de la fréquentation du carrefour et offrent des ambiances intimistes au coeur de cette grande esplanade. Les îlots concentrent le mobilier : mâts d'éclairage, mobilier d'assise, corbeilles de propreté, arceaux pour vélo. Cela permet de libérer l'espace central. Le sol piéton en stabilisé semi-perméable reste confortable même après une pluie. Un trottoir en béton qui borde la voirie assure un confort par tout temps. Ce trottoir profite de l'ambiance végétale de la place et traverse même certains îlots, sans détour, offrant au simple passant un agrément sur son parcours.

Le principe d'organisation retenu répond également à des contraintes techniques fortes :

Les voies d'accès pompiers aux équipements et aux logements, les contrôles d'accès, les accès livraisons. Toutes ces contraintes s'effacent au profit d'un espace qui reste lisible et dont l'ambiance dégagée est celle d'une place-jardin.



Au pied du collège, les îlots offrent des « assisdebout » permettant d'autres postures et qualités d'attente. Le flux piéton profite également de l'ambiance végétale de la place. Ici, le trottoir traverse à plusieurs reprises les îlots plantés.

5 LES POINTS FORTS

- Inventer un projet d'espace urbain qui exploite et transforme des contraintes fortes en atout.
- Éviter de centraliser la collecte des eaux de pluie vers un aménagement unique.
- Répartir la charge vers plusieurs jardins de pluie qui ponctuent l'espace minéralisé de la place.
- Proposer des jardins de pluie variés en taille, en végétation, en ambiance afin de favoriser des usages multiples.
- Faire disparaître l'aspect technique de la gestion des eaux pluviales au profit d'un aménagement paysager de qualité.

Gestion intégrée des eaux pluviales

Pourquoi ? Comment ?



www.eau-loire-bretagne.fr

**Retour d'expériences
de collectivités
de Loire-Bretagne**



Établissement public du ministère
chargé du développement durable

*Les réseaux saturent lors des forts orages ?
Leurs rejets dégradent les rivières et le littoral ?*

... prévenir les débordements de vos réseaux

Avec l'expansion urbaine et l'imperméabilisation croissante de leur territoire, de nombreuses collectivités du bassin Loire-Bretagne se sont trouvées confrontées à des débordements de réseaux en périodes de forts orages : **Brest, le Mans, Poitiers, les Ponts-de-Cé, Quimper, Rennes, Saint-Hilaire de Riez, Saint-Etienne, Tours, Vendôme, Vichy...**

Pour répondre à cet enjeu dans des conditions économiques acceptables, elles ont dû innover et déployer une double approche,

- **à la fois curative**, via la mise en place d'ouvrages de stockage ou d'infiltration intégrés à l'aménagement urbain,
- **et préventive**, en définissant des prescriptions en matière de gestion des eaux pluviales pour les nouveaux projets.



... préserver la qualité de l'eau et les usages

Les eaux pluviales peuvent transporter des matières en suspension, métaux et hydrocarbures issus du lessivage des voiries. Ou, mélangées aux eaux usées dans les réseaux unitaires, des matières organiques. Autant de polluants susceptibles de se déverser dans le milieu naturel lors de fortes pluies et de dégrader la qualité de l'eau.

En diminuant les volumes rejetés au réseau et en régulant les flux, la gestion intégrée des eaux pluviales permet une **réduction des déversements d'eaux**. En outre, les techniques alternatives favorisent la **décantation** des polluants véhiculés par les eaux pluviales et leur dégradation par **phytoremédiation**.

*A **La Rochelle**, où les enjeux de baignade et de conchyliculture font de la qualité de l'eau un impératif absolu, des solutions ont été trouvées : mise en place d'ouvrages végétalisés dans les nouveaux projets d'aménagement et dispositifs de lagunage en bord de mer.*



*Votre assainissement vous coûte de plus en plus cher ?
La capacité limitée de vos réseaux met en péril vos projets ?*



Naintré – ZAC de la Marouère – noue en bord de voirie, photo : Vincent Moncondhuy – INFRA services

... maîtriser vos dépenses

La gestion intégrée des eaux pluviales permet de réaliser des économies par rapport aux solutions de l'assainissement traditionnel.

Elle évite l'installation d'importants linéaires de canalisations et permet de remplacer des bassins coûteux (jusqu'à 1 000 € du m³ stocké) par des espaces publics assurant eux-mêmes la fonction de stockage (parcs urbains, voiries, espaces récréatifs...).

Sur le territoire de **Vichy Val d'Allier**, la gestion des eaux de voirie par des noues fleuries à Vendat a permis d'économiser tuyaux et avaloirs : 200 000 € d'économies ont été réalisées, soit 40 % du projet d'assainissement pluvial.

A **Lanester** dans le Morbihan, la gestion intégrée des eaux pluviales en collaboration avec le service Espaces verts permet d'ajouter une fonction hydraulique à la fonction paysagère des espaces verts. Cela permet de limiter les contraintes foncières et les coûts associés à des ouvrages classiques de rétention. Cela favorise également des économies au niveau de l'entretien qu'assure le service Espaces verts, au même titre que celui des espaces verts classiques, via une gestion différenciée.

... un aménagement durable de votre territoire

Face à l'augmentation des surfaces imperméabilisées et à la saturation des réseaux, la gestion alternative au « tout-tuyau » est une solution crédible et durable.

A **Limoges**, l'agglomération a engagé dès 2007 une démarche globale pour adapter les projets d'aménagement aux capacités du réseau. Dans un premier temps, d'imposants bassins à ciel ouvert ont été réalisés.

Puis progressivement, pour réduire les coûts d'entretien et optimiser l'espace foncier nécessaire à la rétention de l'eau, l'agglomération a développé des **techniques mieux intégrées à l'aménagement urbain** : des noues et espaces verts creux ont été mis en place, avec une vraie plus-value paysagère pour les habitants.



La Flèche – lotissement – espaces verts creux, photo : Vincent Moncondhuy – INFRA services

Gérer la pluie là où elle tombe

La gestion « **in situ** » des eaux pluviales, également dite « gestion à la source », vise d'une part à maîtriser localement le ruissellement, plutôt que de reporter le problème à l'aval, et d'autre part à réduire les coûts de transport et d'évacuation des eaux pluviales. En pratique, elle peut être mise en œuvre à la parcelle par les particuliers, ou mutualisée sur l'espace public.

A **Laval**, au quartier des Pommeraies, la gestion à la source par un système de noues a permis d'éviter la création d'un nouvel exutoire vers la Mayenne qui aurait nécessité un collecteur pluvial sur 1 km. La collectivité économise ainsi 700 000 €, soit près de 60 % du montant des travaux liés au pluvial.



Laval – place publique avec noues végétalisées et parking en mélange terre/pierre.
photo : Vincent Moncondhuy – INFRA services

Réduire les volumes et les débits rejetés au réseau et au milieu naturel

Pour réduire les volumes et les débits rejetés au réseau et au milieu naturel, plusieurs principes peuvent être déclinés.

- **Limiter l'imperméabilisation des sols.** C'est l'intérêt par exemple des revêtements poreux ou des parkings non revêtus.

Ces techniques ont notamment été développées par la ville de **Rennes**, qui impose en outre des seuils d'imperméabilisation maximum pour tout nouvel aménagement : 90 % en centre ville et 40 % en périphérie.

- **Favoriser l'infiltration.** Des collectivités comme **Luçon**, en Vendée, ou **Naintré**, dans la Vienne, ont profité de sols très perméables pour développer une gestion des eaux pluviales essentiellement basée sur la mise en place de puits d'infiltration chez les particuliers.

- Mettre en place des ouvrages de **stockage / régulation, avec rejet à débit limité au réseau**, lorsque l'infiltration n'est pas suffisante ou contrainte. À **Châteaoux**, située sur un sous-sol calcaire, très perméable et ne favorisant pas la filtration des contaminants par le sol, la DDT a déconseillé l'infiltration. C'est pourquoi la ville privilégie les solutions de rétention temporaire imperméabilisées.
- **Favoriser l'évaporation.** La végétalisation des toitures, et des ouvrages en général, participe à cet objectif. Outre son impact sur la diminution des volumes rejetés au réseau, l'évaporation contribue à abaisser la température dans les centres urbains l'été.



Toits végétalisés sur la piscine des Gayeulles à Rennes, photo : Jean-Louis Aubert



Zénith – Saint-Etienne – chaussées poreuses et tranchées drainantes, photo : Vincent Moncondhuy – INFRA services

Intégrer l'eau dans la ville

La gestion des eaux pluviales se décline en techniques adaptées à l'espace à aménager.

Le pari de la ville de **Nantes** de développer **des espaces verts multifonctionnels** permettant également la gestion des eaux pluviales a contribué à l'obtention du label de « capitale verte européenne ».

Lorsque les contraintes sur le foncier sont importantes, d'autres solutions existent telles que les tranchées drainantes pour gérer les eaux pluviales de parkings, adoptées par la ville de **Vendôme** au lycée Ampère, ou par l'agglomération de **Saint-Etienne** pour son Zénith.



Nantes - ZAC Bottière Chesnaie - noues
photo : Vincent Moncondhuy - INFRA services



Vendôme - lycée Ampère - parkings en tranchées drainantes,
photo : Vincent Moncondhuy - INFRA services

Assumer l'inondabilité du territoire, en la contrôlant



Saint-Malo - hippodrome - bassin de rétention paysager,
photo : Vincent Moncondhuy - INFRA services

La gestion intégrée des eaux pluviales doit permettre d'adapter les objectifs de gestion de la pluie (période de retour décennale, centennale...) à la vulnérabilité du territoire et de passer d'une logique de « stockage/évacuation » à une véritable logique de « gestion in situ ». En d'autres termes, mieux vaut une inondation maîtrisée du territoire aménagé plutôt qu'une augmentation incontrôlée des risques à l'aval.

Ainsi, le débordement d'un bassin de rétention et l'inondation progressive de l'hippodrome de **Saint-Malo** permettent de réduire les apports vers les habitations situées à l'aval lors des pluies exceptionnelles.

Des solutions accessibles à tous

La gestion intégrée des eaux pluviales se développe depuis plus de 20 ans sur le territoire national. Si de grandes collectivités pionnières, telles que Douai, Bordeaux ou Rennes, sont à l'origine de la démarche, elle s'est aujourd'hui étendue à des collectivités de toutes tailles.

Ainsi, dans le Loir-et-Cher, la commune de **Naveil**, de 2 180 habitants, s'est engagée dans une politique de gestion intégrée des eaux pluviales depuis 5 ans pour tous les nouveaux projets d'aménagement. Lorsque l'infiltration est possible, la gestion à la parcelle par infiltration est favorisée. A défaut, la gestion est mutualisée sur l'espace public dans des noues et des espaces verts en creux.

Mieux savoir pour mieux agir : études, schémas directeurs et zonages...

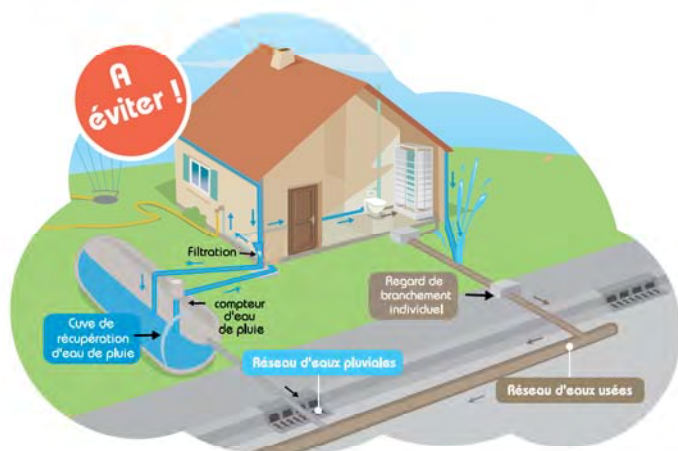
Les collectivités peuvent agir de différentes manières pour mieux gérer leurs eaux pluviales. L'un des leviers les plus efficaces est la **bonne connaissance de l'hydrologie de leur territoire** et de ses enjeux.

***Saint-Etienne Métropole**, après avoir repris la compétence « pluvial » en 2011, a étudié les enjeux de la gestion du pluvial et a formalisé des prescriptions territorialisées. Des groupes de travail réunissant élus et techniciens ont permis de partager les principes de la gestion alternative au « tout-tuyau » et de valider des outils d'aide à la décision. La prochaine étape sera la réalisation du zonage pluvial de l'agglomération.*

Encadrer les nouveaux projets d'aménagement : PLU et règlement d'assainissement

L'inscription des principes de la gestion intégrée des eaux pluviales dans le **PLU ou le règlement d'assainissement** est un levier essentiel. Dans le cadre de la révision des documents d'urbanisme, des prescriptions sur le pluvial doivent être formulées pour garantir la compatibilité avec le Sdage Loire-Bretagne 2010-2015, en application de l'article L111-1-1 du code de l'urbanisme.

***A La Rochelle**, les services de l'agglomération ont intégré des prescriptions sur le pluvial dans le règlement d'assainissement. Pour en renforcer la portée, ils ont accompagné chaque commune pour que ces prescriptions soient reprises dans les POS et PLU. La gestion des eaux pluviales à la parcelle par infiltration est imposée. A défaut, un rejet à 3 l/s/ha est autorisé.*



Extrait du règlement d'assainissement de l'agglomération de La Rochelle, www.illustrabank.com

Les eaux pluviales ne doivent pas être rejetées au réseau d'assainissement, elles sont conservées sur la parcelle ou raccordées au réseau d'eaux pluviales après accord de la mairie.

Assurer la transversalité entre les services

Intégrer la gestion des eaux pluviales dans l'aménagement urbain implique de renforcer l'interaction entre les différents services techniques de la collectivité et de développer de nouvelles approches plus « horizontales ».

***A Vichy Val d'Allier**, un travail important a été réalisé pour renforcer l'intégration de la compétence « pluvial » par les différents services concernés : cadre de vie, aménagement et habitat, développement économique, assainissement, voirie et espaces verts...*



Impliquer tous les acteurs de l'aménagement

Pour renforcer la prise en compte de la gestion intégrée des eaux pluviales, la collectivité peut sensibiliser et impliquer les différents acteurs de l'aménagement : aménageurs, lotisseurs, maîtres d'œuvre, entreprises, particuliers...

A **Rennes**, une sensibilisation et une assistance aux maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre est réalisée par le biais de différents outils : guide des techniques alternatives, cahier des prescriptions générales de l'espace public intégrant un volet eaux pluviales, supports de communication, interventions dans des conférences, et signature d'une charte en 2008 avec l'Ordre des architectes et la Chambre des promoteurs et constructeurs de Bretagne.

Intégrer la gestion des eaux pluviales dans les espaces publics existants : voiries, parcs...



Vendôme - noues en série réalisées dans le cadre d'une opération de rénovation urbaine incluant la reprise des espaces publics, photo : Vincent Moncondhuy - INFRA services

La collectivité peut agir en intégrant des techniques alternatives dans les nouveaux aménagements, lors des rénovations urbaines, mais aussi dans le cadre de la réfection de voiries, de la mise en place de parcs...

A **Chécy**, la reprise d'une voirie en chaussée à structure réservoir par les services d'**Orléans Val de Loire** a permis de réduire les débordements chez les riverains et d'économiser 20 % d'investissement par rapport à un assainissement traditionnel. Le projet a été conçu comme un chantier « test », avec un découpage en tronçons pour expérimenter différentes techniques.

A **Saint-Etienne**, le parc François Mitterrand intègre des noues qui permettent de gérer les eaux pluviales du quartier.

Concevoir l'entretien en amont, pour garantir la pérennité des ouvrages

Le suivi et l'entretien des techniques alternatives au tout-tuyau, tout comme leur réalisation, peuvent demander une adaptation des pratiques. Pour les ouvrages paysagers, il s'agit de bien penser l'**articulation avec les services espaces verts**.

Il s'agit également de bien **formaliser la présence des ouvrages, notamment les ouvrages enterrés**, pour éviter tout dysfonctionnement lié à des travaux ultérieurs. Ainsi, à **Orléans**, les techniques alternatives réalisées par l'agglomération sont matérialisées (voiries avec rebords gris), intégrées à un système d'information géographique (cartographie évolutive) et les plans sont systématiquement transmis aux communes.



Le Mans - bassin de rétention de Jublans - zone de promenade, photo : Vincent Moncondhuy - INFRA services

L'agence de l'eau Loire-Bretagne

Établissement public de l'Etat, l'**agence de l'eau Loire-Bretagne** a pour mission de préserver la ressource en eau et de contribuer à l'atteinte du bon état des eaux.

Dans cet objectif, elle accorde de nombreuses aides aux collectivités et aux activités économiques pour réduire les pollutions entraînées par les eaux pluviales.

Quelles aides pour le pluvial ?

Dans le cadre de son 10^e programme (2013-2018), l'agence de l'eau finance le pluvial à plusieurs titres :

- **études** : schémas directeurs de gestion des eaux pluviales, zonage pluvial, assistance à la mise en place de la gestion intégrée, actions de sensibilisation...
- **travaux** : dispositifs de gestion des eaux pluviales alternative à la collecte en réseau unitaire.

Délégation Armor-Finistère

Parc technologique du Zoopôle
Espace d'entreprises Keraia - Bât. B
18 rue du Sabot
22440 PLOUFRAGAN
Tél.: 02 96 33 62 45 - Fax: 02 96 33 62 42
armor-finistere@eau-loire-bretagne.fr

Délégation Anjou-Maine

17 rue Jean Grémillon • CS 12104
72021 LE MANS CEDEX 2
Tél.: 02 43 86 96 18 - Fax: 02 43 86 96 11
anjou-maine@eau-loire-bretagne.fr

Agence de l'eau Loire-Bretagne

9 avenue Buffon • CS 36339
45063 ORLEANS CEDEX 2
Tél.: 02 38 51 73 73 - Fax: 02 38 51 74 74
webmestre@eau-loire-bretagne.fr

Délégation Centre-Loire

9 avenue Buffon • CS 36339
45063 ORLEANS CEDEX 2
Tél.: 02 38 51 73 73 - Fax: 02 38 51 73 25
centre-loire@eau-loire-bretagne.fr

Délégation Ouest atlantique

1 rue Eugène Varlin - CS 40521
44105 NANTES CEDEX 4
Tél.: 02 40 73 06 00 - Fax: 02 40 73 39 93
ouest-atlantique@eau-loire-bretagne.fr

Délégation Poitou-Limousin

7 rue de la Goëlette • CS 20040
86282 SAINT-BENOIT CEDEX
Tél.: 05 49 38 09 82 - Fax: 05 49 38 09 81
poitou-limousin@eau-loire-bretagne.fr

Délégation Allier-Loire amont

19 allée des eaux et forêts
Site de Marmilhat - Sud
63370 LEMPDES
Tél.: 04 73 17 07 10 - Fax: 04 73 93 54 62
allier-loire-amont@eau-loire-bretagne.fr

Des réalisations près de chez vous



En parallèle de cette étude, l'agence de l'eau Loire-Bretagne a cofinancé la mise en place d'un espace pédagogique sur la gestion des eaux pluviales à l'Office international de l'eau à Limoges. Cet espace, ouvert à la visite sur demande, présente à ciel ouvert l'ensemble des techniques alternatives : noues, tranchées drainantes, chaussées réservoirs, toitures végétalisées...

Un cahier technique a également été réalisé en partenariat avec l'Office international de l'eau et l'agence de l'eau Adour-Garonne. Il est téléchargeable sur le site de l'agence de l'eau Loire-Bretagne.

L'agence de l'eau a confié au groupement SEPIA Conseils / INFRA Services une étude sur la gestion du pluvial sur le bassin Loire-Bretagne.

Au cours de cette étude, 170 collectivités ont été contactées, 70 ont répondu et 30 parmi les plus impliquées du bassin sur le pluvial ont été rencontrées.

Plus d'informations

Fiches de synthèse par collectivité, liste de contacts et divers documents collectés sont téléchargeables sur :

www.eau-loire-bretagne.fr/collectivites/guides_et_etudes/eaux_pluviales



Un arrosage (plus) économe

La consommation d'eau s'élève en moyenne à 250 litres par mètre carré d'espace vert et par an. Comment la réduire ? Comment substituer d'autres ressources à l'eau potable ? Dans ce domaine, des progrès restent à faire.



Avec la tension hydrique lors de fortes chaleurs, la maîtrise de la demande en eau est un fort enjeu : utiliser l'eau de pluie, des eaux usées traitées, mettre en place des dispositifs centralisés, pilotables à distance qui rationalisent l'arrosage, etc.

En France, les consommations d'eau liées à l'arrosage ont baissé de 15 % en dix ans, avec des disparités géographiques, et « dans le Sud, des économies de 25 % en moyenne », explique Olivier Damas, chargé de mission agronomie, sols urbains et innovation végétale, à l'association Plante et Cité.

Avec la tension hydrique lors de fortes chaleurs, la maîtrise de la demande est un fort enjeu. Selon une étude de Plante et Cité en 2013, l'arrosage des espaces verts repré-

senterait 87 millions de mètres cubes par an, presque l'équivalent de la consommation annuelle domestique de 1,6 million de Français.

L'eau potable reste la principale source d'approvisionnement utilisée. Pour l'économiser, plusieurs leviers ont été identifiés. Notamment suivre les quantités et le budget lié à l'eau, qui, aujourd'hui, ne sont connus du service chargé de l'arrosage que dans un cas sur deux.

Les stratégies d'économie combinent différents moyens : diminution à la source avec de bons choix lors de

l'aménagement et la gestion de parcs et jardins publics ; utilisation d'un matériel sophistiqué et d'outils d'aide à la décision fiables, adaptés à la typologie de l'espace vert ; gestion différenciée. Certaines techniques ont le vent en poupe : « 25 % des surfaces arrosées en moyenne le sont de façon centralisée, à distance, depuis un poste informatique », explique Olivier Damas. Après un temps d'appropriation, le taux de satisfaction des agents est élevé.

Réutiliser les eaux de pluie, de piscine, eaux usées traitées, etc.

Pour réduire le besoin en eau potable, le recours à d'autres ressources se développe : eaux brutes, pluviales, en sortie de recyclage de piscines ou eaux usées traitées. Mais pour l'instant, les volumes concernés sont assez faibles.

L'exemple du jardin botanique de Bordeaux mérite d'être évoqué. En 2007, onze cuves de récupération d'eaux pluviales, de 275 mètres cubes, y ont été installées, ce qui assure des économies de 2 500 euros par an. Mais la logique n'est pas uniquement économique ; l'impact pédagogique est important, avec la volonté de familiariser les citoyens avec les techniques de récupération d'eaux pluviales.

Compte tenu du climat, toutes les expériences réussies ne sont pas transférables. En revanche, certaines méthodes simples et efficaces peuvent être généralisées, dont la pose et le suivi de compteurs réservés à ce poste. Ou encore la réalisation d'audits, suivis de la rénovation du réseau, la mise en place de formations dédiées. Des démarches qui se heurtent malheureusement souvent à des obstacles d'investissement et de programmation.

SPÉCIAL TOITURES !

Plante & Cité a coordonné de 2008 à 2014, un programme expérimental, cofinancé par Val'Hor, pour identifier les espèces pouvant s'adapter aux toitures. Après six années d'expérimentations, il a été établi qu'il était possible de végétaliser les toitures, sans arrosage, mais avec une gamme plus diversifiée de plantes, en dehors des Crassulaceae. Plus de deux cents espèces ont été testées positivement sur quatre sites expérimentaux, à Angers, Antibes, Lyon et Paris. L'étude a révélé que sur ces deux cents espèces, un tiers seulement s'accommode des conditions de sécheresse sur toiture. Nous pouvons retenir les Cactacées, Asteraceae, Crassulaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Hypericaceae, Lamiaceae ou encore Rosaceae. Qui peut le plus peut le moins. L'ensemble de ces végétaux est utilisable également en pleine terre, dans d'autres configurations d'espaces verts, de jardins sans arrosage ou jardins secs.

Pour plus d'informations, rendez-vous sur la base documentaire du site Plante & Cité, www.plante-et-cite.fr