



LES

# Rencontres

## Les bénéfices de l'évapotranspiration en milieu urbain

*Retour sur le séminaire organisé le 5 décembre 2023 au sein de l'amphithéâtre Bienvenue de l'université Gustave Eiffel à Champs-sur-Marne dans le cadre du projet de recherche Modélisation multi-échelles de l'évapotranspiration en milieu urbain (ModeIET) porté par le Cerema et l'université Gustave Eiffel.*

*La renaturation et la végétalisation des villes sont des leviers qui font l'unanimité pour faire face à l'effondrement de la biodiversité, pour s'adapter aux effets du dérèglement climatique et pour améliorer la santé et le cadre de vie des citoyens. Le processus d'évapotranspiration, qui intègre l'évaporation de l'eau à la surface urbaine et la transpiration des végétaux, s'avère être un élément clé pour différents bénéfices apportés par cette végétalisation. Le séminaire a permis de dresser un état des lieux des connaissances et de faire émerger des pistes de besoins pour poursuivre la recherche, mais aussi passer à l'action.*

### Introduction : pourquoi un séminaire sur l'évapotranspiration en ville ?

D'immenses défis concernent les villes de demain, souhaitées agréables à vivre, plus végétalisées et avec un fort besoin de résilience. Leur développement dans un contexte de changement climatique nécessite, entre autres, de gérer et valoriser à la source les eaux pluviales afin de limiter les inondations et les altérations sur la ressource, d'assurer un confort thermique lors des épisodes de chaleur et de réintégrer la nature en ville.

Dans ce cadre, favoriser l'évapotranspiration (ET), processus de transformation de l'eau liquide en vapeur via le sol et le métabolisme des végétaux, offre de nombreuses perspectives en matière d'adaptation de la ville aux effets du changement climatique et aux événements extrêmes. L'ET en zone urbaine, à travers une végétalisation de la ville, permet en effet de réduire le ruissellement vers les réseaux et d'abaisser la température de l'air pendant les périodes de chaleur, grâce à l'effet d'« îlots de fraîcheur ».



Jardins de pluie expérimentaux à l'école du Breuil à Paris.



Figure 1-a. Table ronde : de gauche à droite, Alexandre Deloménie, Ronan Quillien (caché), Nadine Aires, Sophie Rousset-Rouvière et Alban Mallet.

Mais de manière plus globale, investir cette question permet de mieux penser le cycle de l'eau en ville et d'intégrer les interactions entre la ville et son milieu (sol, rivière, végétation, atmosphère, etc.) à toutes les échelles spatiales (parcelle, quartier et agglomération) et temporelles (événements de précipitation, infiltration, ruissellement, rejet, etc. ; bilan hydrologique annuel).

Favoriser l'ET relève donc d'un enjeu majeur pour le milieu urbain et pour une bonne gestion de l'environnement dans la ville de demain.



Figure 1-b. Vue depuis la salle.

### Un sujet complexe et récent

Pour autant, ce processus d'ET est particulièrement complexe à représenter, à prévoir et donc à intégrer dans les pratiques actuelles d'aménagement de la ville. À l'interface entre différents compartiments comme le sol, le revêtement urbain,

la végétation ou encore l'atmosphère, l'ET peut varier significativement spatialement et temporellement en lien avec l'hétérogénéité de l'occupation du sol.

Présente à la fois dans les bilans thermiques et hydriques des villes, cette question de l'ET se trouve également à l'intersection de plusieurs enjeux de la

gestion de la ville dans son ensemble, et donc souvent à la jonction de différents services des collectivités, maîtres d'ouvrage des aménagements (voirie, bâtiments, eaux pluviales et assainissement, espaces verts, etc.). L'articulation entre ces différents champs de compétence s'avère souvent indispensable et nécessite ainsi le développement d'une vision commune de

ce sujet. Enfin, la désimperméabilisation, la gestion des eaux pluviales à la source et la végétalisation des villes peuvent se heurter à de nombreux freins socio-économiques, allant de la concurrence pour le foncier aux surcoûts de gestion en passant par le regard porté sur la présence de l'eau et de la végétation dans les espaces publics urbains et les bâtiments (hygiène, sécurité, santé publique, etc.).

## Échange entre scientifiques et opérationnels

Avec la multiplication des épisodes de sécheresse et de surchauffe urbaine, l'ET est entrée au cœur des politiques d'adaptation des villes en réponse aux effets du changement climatique. Un séminaire technique et d'échanges a ainsi été organisé le 5 décembre 2023 à Champs-sur-Marne pour échanger sur l'ET, son rôle et son futur dans l'aménagement des villes de demain.

Les objectifs principaux de la journée :

- faire le point sur l'état des connaissances scientifiques et techniques sur le sujet ;
- recueillir les attentes des acteurs professionnels et des collectivités ;
- faire un retour d'expérience de différentes initiatives existantes sur le territoire métropolitain ;
- favoriser le transfert de connaissance entre ces différents acteurs.

Cette journée a été ainsi placée sous l'angle de l'échange et de l'intermédiation des savoirs entre la recherche scientifique, le monde professionnel et les pouvoirs publics.

## Les besoins autour de l'évapotranspiration en ville, du point de vue des opérationnels

Pour initier les travaux, une table ronde fut l'occasion de recueillir le point de vue et les attentes de quatre représentantes et représentants issus du monde des opérationnels de la gestion de l'eau (animée par Alexandre Deloménie, indépendant) (Figure 1). Car si l'ET est un sujet qui concerne de plus en plus d'acteurs et si tous s'accordent sur le fait de privilégier les solutions fondées sur la nature dans l'adaptation des villes, la manière d'aborder

la thématique peut parfois différer d'une structure à une autre en fonction de son approche historique, des enjeux de gestion et des compétences qui la concernent.

Alban Mallet (Nantes Métropole) a rappelé que si ce sujet était en effet étudié depuis quelques années déjà, c'est avant tout pour son rôle clef dans le rafraîchissement des villes. La sécheresse de 2022 a joué le rôle de catalyseur auprès des élus et a mis cette thématique en avant dans l'adaptation des villes. La végétalisation des villes est ainsi perçue comme une réponse aux épisodes de surchauffe urbaine, répondant à la fois à des attentes techniques d'une ville plus fraîche, mais également à des attentes sociales d'une ville plus verte, avec plus de nature. Alban Mallet a insisté sur la nécessité de porter la connaissance scientifique auprès des acteurs décisionnaires et gestionnaires, d'améliorer les outils de ce transfert et du soutien à des sites pilotes, et de favoriser la recherche-action. Par ailleurs, c'est plus généralement une acculturation des agents à ces thématiques qui permettra de pousser la mise en place de nouvelles politiques publiques d'aménagement.

Sophie Rousset-Rouvière, de l'association ADIVET représentant les entreprises professionnelles des toitures et façades végétalisées, a précisé les attentes de ce secteur vis-à-vis de la recherche scientifique. À nouveau, le caractère « rafraîchissant » des espaces végétalisés, et notamment des toitures des bâtiments, est avancé comme principal moteur du questionnement autour de l'ET en ville. Ici, les attentes sont très techniques : ayant développé un indicateur de performance de la végétalisation des bâtiments, le GreenRoofScore, les professionnels du secteur cherchent à caractériser le mieux possible les services écosystémiques rendus par ces aménagements. Mieux connaître les paramètres influençant la performance des toitures et façades végétalisées relève d'un enjeu majeur pour les acteurs de la filière : du choix du substrat à la gestion à la source des eaux pluviales en passant par le type d'essence à prioriser selon le contexte, les professionnels du secteur ont besoin des dernières connaissances scientifiques en la matière pour proposer les meilleurs aménagements possibles pour rafraîchir et végétaliser la ville de demain. Le besoin de connaissances sur l'irrigation (nécessaire

ou pas, et si oui, avec quelle stratégie ?) a aussi été pointé.

Pour Nadine Aires (Agence de l'eau Seine-Normandie), s'il est évident que l'ET joue un rôle majeur dans la construction d'îlots de fraîcheur en ville, c'est avant tout au regard du ruissellement et des rejets issus du réseau de collecte urbain que la question s'est historiquement posée. La gestion à la source des eaux pluviales par l'ET a ainsi très tôt été envisagée, avec l'infiltration, comme une des solutions possibles pour limiter le ruissellement et la saturation du réseau de collecte lors des épisodes pluvieux, et les inévitables rejets dans le milieu par les déversoirs d'orage. Pour l'Agence de l'eau Seine-Normandie, l'enjeu est donc avant tout d'évaluer avec précision les volumes concernés par l'ET, afin de dimensionner au mieux les ouvrages et permettre de financer des aménagements pérennes, adaptés aux enjeux de la gestion des eaux pluviales en ville. C'est aussi l'occasion de nourrir une réflexion nouvelle sur la place de l'eau dans la ville, la connexion avec les aspects de trames vertes et bleues, et plus généralement la vision d'une meilleure intégration de la ville dans son bassin et son milieu.

Enfin, Ronan Quillien (Conseil départemental de Seine-Saint-Denis) a axé son intervention sur la nécessité d'aller au-delà des demandes techniques vis-à-vis du monde scientifique. Certes, des outils de modélisation toujours plus détaillés, des évaluations toujours plus précises des volumes et des développements de gestion de l'eau toujours plus efficaces sont souhaitables et attendus. Mais il faut garder à l'esprit qu'il s'agit toujours des choix, des leviers et des freins politiques qui conditionnent les aménagements urbains. Dès lors, des outils d'aide à la décision, de scénarisation, de stratégies intégrées avec des sciences humaines et sociales, de la géographie humaine, voire des sciences politiques pourraient fournir des réflexions intéressantes et des arguments plus performants pour mobiliser élus et citoyens dans une meilleure cogestion de l'eau. La politique de l'eau dans la ville ne se résume pas à de la simple plomberie, dans laquelle il faudrait optimiser des débits d'entrée et de sortie en quantifiant précisément les flux et les stocks : il s'agit également de changer notre manière d'envisager l'eau en ville, de questionner son usage, son utilité.

## Un processus complexe et méconnu, particulièrement en ville

En introduction, Sophie Herpin (EPHOR, Institut Agro Angers) et Marc Saudreau (UMR Piaf, INRAE) ont présenté les processus physiques présents dans le phénomène d'ET, rappelant qu'il est à l'interface entre le bilan d'énergie et le bilan hydrique (Figure 2). De ce fait, l'ET dépend du climat, de la physiologie de la végétation et de la disponibilité en eau du sol. La présentation a permis de spécifier les concepts d'ET de référence, qui représente la demande climatique (souvent caractérisée par l'ET potentielle en hydrologie), et d'ET réelle, qui est conditionnée par la régulation de la transpiration par les stomates de la plante, elle-même fortement liée à l'état hydrique du sol. Enfin, quelques méthodes de mesure de l'ET réelle ont été introduites, et l'influence du milieu urbain a été mise en évidence, définissant les facteurs qui génèrent un stress hydrique accru de la végétation et une ET réduite en ville :

- modification de l'état hydrique du sol en lien avec la réduction de l'infiltration liée à la présence de surfaces revêtues ;
- modification de la demande climatique liée à l'ombrage des bâtiments et aux perturbations du vent dans les rues ;
- modification de la physiologie liée aux pratiques de gestion de la végétation (taille).

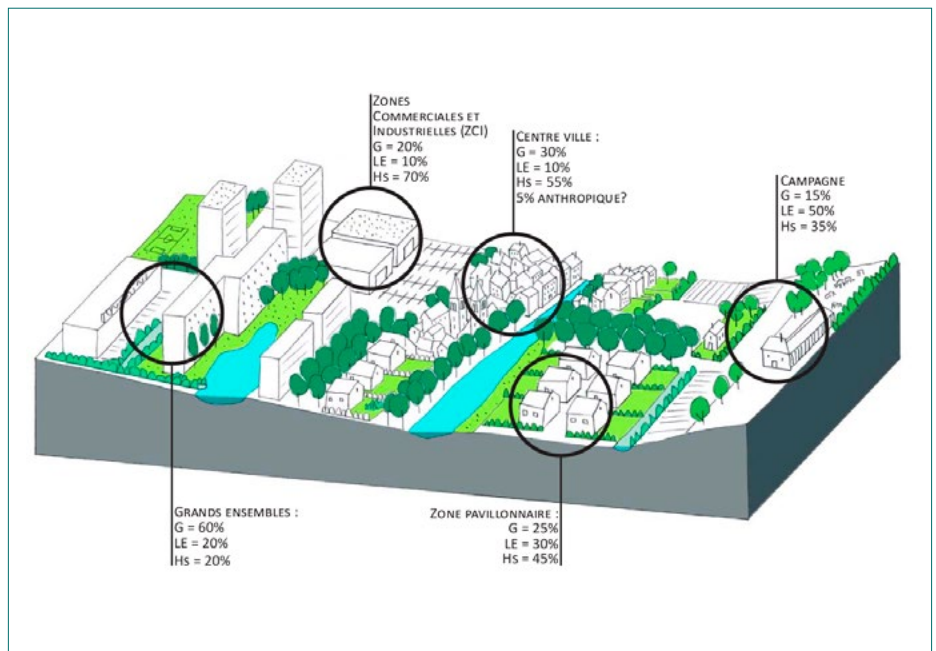
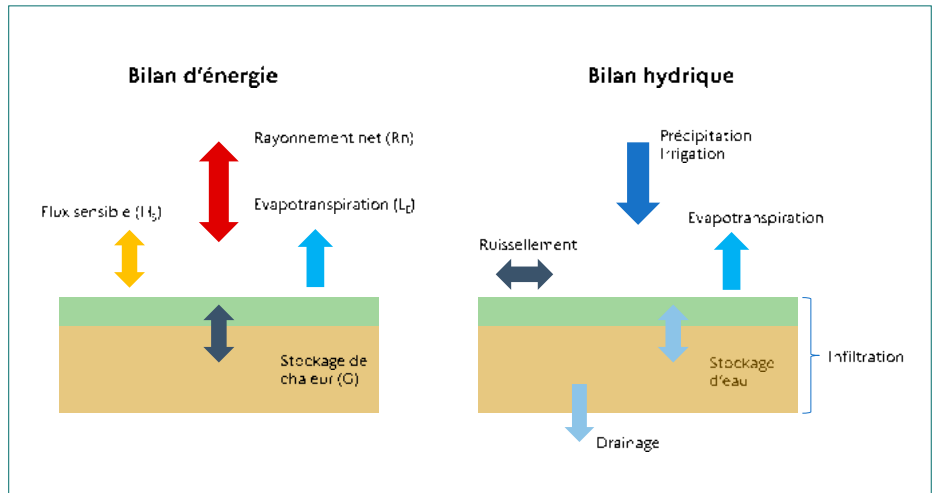


Figure 2. Représentation des bilans hydrique et énergétique d'un espace vert urbain et impact du taux d'urbanisation sur les flux énergétiques (d'après Sylvain Dupont, 2001).

## Un sondage pour mieux se connaître

*Cette journée a rassemblé environ 80 personnes d'horizons variés : monde de la recherche, collectivités et établissements publics, petites et moyennes entreprises, bureaux d'études et associations. En réponse à un sondage, les participant(e)s ont exprimé en un mot les solutions qu'ils imaginent pour favoriser l'évapotranspiration en ville : la désimperméabilisation des surfaces et la végétalisation de la ville sont les plus citées (Figure 3).*

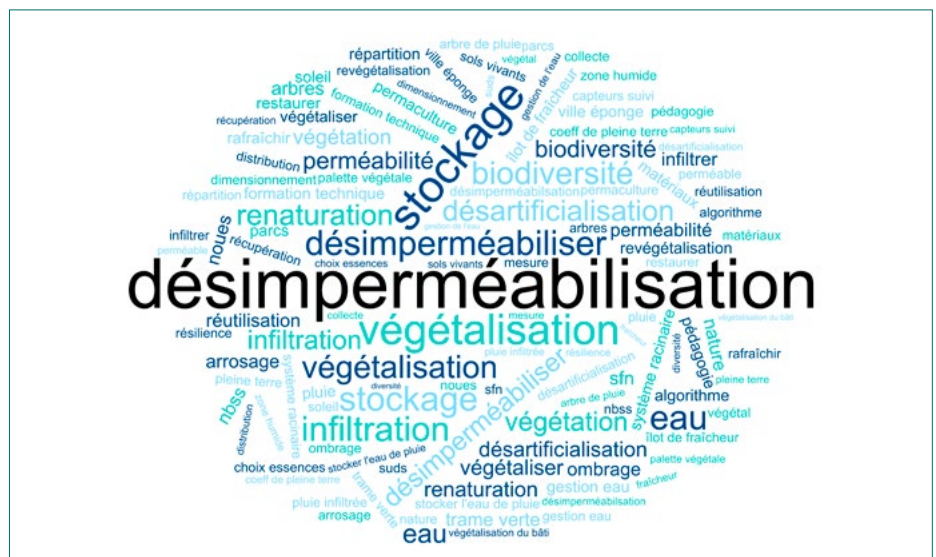


Figure 3. Solutions pour favoriser l'évapotranspiration en ville.

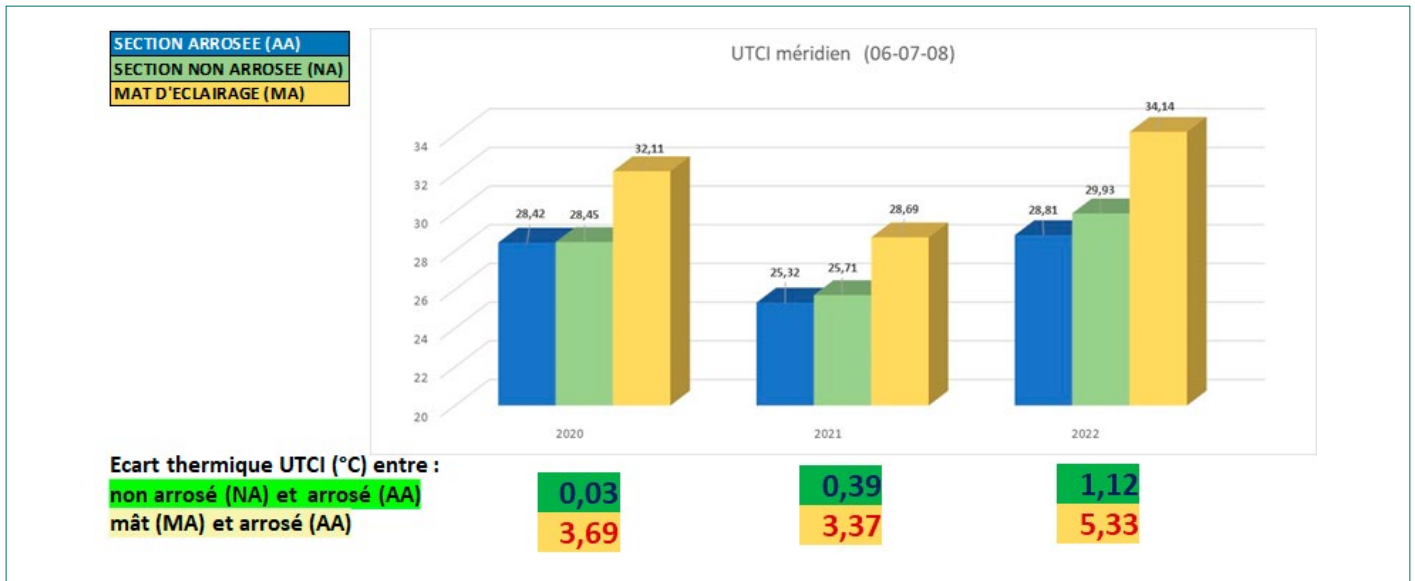


Figure 4. Indice de confort thermique méridien mesuré sur le site de Garibaldi, la mesure correspondant au mât est faite sur un candélabre situé à 20 m du dernier arbre du site (Source : Métropole de Lyon).

## De la recherche-action pour démontrer l'importance du processus

L'évaluation quantitative de l'évapotranspiration est une donnée importante à prendre en considération afin de dimensionner au plus juste les ouvrages de gestion des eaux pluviales.

Richard Filippi et Nicolas Griglio (Source Urbaine) ont présenté les résultats obtenus au niveau de trois sites expérimentaux (deux en Seine-Saint-Denis, et un à l'École des Mines de Saint-Etienne)

par l'utilisation du dispositif de type « Jardin de pluie urbain » alimenté par des eaux de toitures stockées au sein du système. L'évapotranspiration est significative lorsque le complexe substrat/plantes dispose de suffisamment d'eau ; l'abattement en volume atteint environ 80 % de la hauteur d'eau précipitée. L'optimisation du système permettrait d'envisager le « zéro rejet » par temps de pluie à l'échelle d'un bâtiment.

Abdelkader Bensaoud (Hydrasol) a illustré l'intérêt de l'évapotranspiration afin d'assurer le bio-rafraîchissement de trois quartiers de la métropole de Lyon : le quartier Garibaldi et les rues Récamiér

et Vauban dans le 6<sup>e</sup> arrondissement. Si les arbres disposent de suffisamment d'eau, ce qui est favorisé par la désimperméabilisation des surfaces urbaines, pour que l'eau soit dirigée dans les fosses d'arbres, alors ces derniers présentent une meilleure croissance et une meilleure transpiration. Ce dernier effet se visualise par une baisse significative des températures sous la canopée, traduit par la mesure de l'indice de confort thermique méridien (Figure 4). En l'absence de précipitations, particulièrement en été, il est toutefois nécessaire d'arroser les arbres afin de faire perdurer cet effet de rafraîchissement.

Laure Fass (Ville de Paris) et Emmanuel Berthier (Cerema) ont présenté deux expérimentations en cours sur des jardins de pluie : une portant sur des lysimètres de taille réduite, une seconde concernant un jardin de pluie pilote avec l'école du Breuil, école d'horticulture de la ville de Paris. Les résultats présentent des mesures d'évapotranspiration intéressantes en été (> 5 mm.j<sup>-1</sup> ; Figure 5) ce qui laisse entrevoir la possibilité d'abattre les pluies courantes, même en concentrant le ruissellement au sein de ces dispositifs.

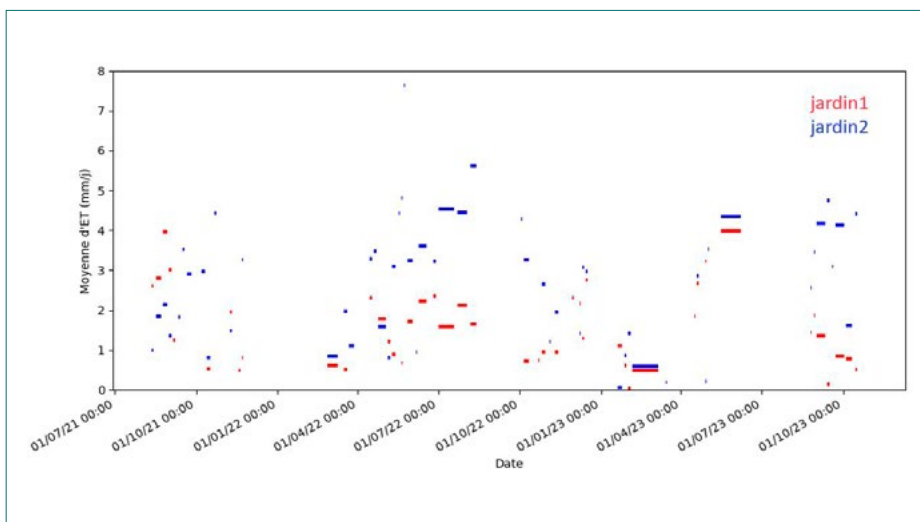


Figure 5. Moyennes du flux d'évapotranspiration observées pendant plus de deux ans sur les deux jardins de pluie expérimentaux de l'école du Breuil. Un tiret représente la valeur pour un événement de séchage, période continue sans pluie (Source : Ville de Paris, Cerema).

## Des travaux de recherche pour améliorer les connaissances

Les travaux de recherche présentés ont tout d'abord permis de mettre l'accent sur les avancées en termes de mesure du phénomène d'ET en milieu urbain. La première présentation a permis de faire un état des lieux des différents dispositifs de mesures de l'ET selon les échelles spatiales considérées. Un focus sur la méthode d'eddy-covariance appliquée à deux échelles spatiales a montré l'intérêt de la méthode pour une mesure en continu et les limites actuelles en termes d'interprétation, liées à l'étendue de la zone contributive de cette mesure et aux conditions de turbulence dans l'atmosphère à proximité de la surface urbaine. David Ramier (Cerema) et Fabrice Rodriguez (Université Gustave Eiffel) ont indiqué que des développements complémentaires sont encore nécessaires pour utiliser cette méthode pour évaluer l'ET de zones végétalisées de taille réduite en ville, ce qui est le cas de certains ouvrages de gestion des eaux pluviales.

Le travail de thèse de Julien Thierry (Institut agro Rennes-Angers et Ville de Paris) a ensuite montré l'intérêt des mesures détaillées et complémentaires réalisées sur un dispositif à échelle réduite pour évaluer les bénéfices climatiques fournis par les arbres d'alignement plantés dans une rue canyon située sur le campus de l'Institut agro à Angers. À travers des mesures réalisées par la méthode du flux de sève

et la micro-dendrométrie en situation de confort et de restriction hydrique, ce travail de recherche a permis de montrer la sensibilité du flux d'ET à la disponibilité en eau, ainsi que l'impact sur la température de l'air ambiant et le confort thermique dans la rue. Enfin, une comparaison de méthodes de mesures (bilan hydrologique, bilan d'énergie et chambre à transpiration) a été réalisée par Ahmeda Ouedraogo (Cerema) sur des toitures végétalisées ; malgré les contrastes de ces estimations entre les méthodes, ce travail de thèse permet de bien cibler les déterminants de l'ET et en particulier le rôle crucial de l'épaisseur du substrat.

Par ailleurs, trois approches de modélisation ont été présentées par Ahmeda Ouedraogo et Xenia Lafaille (Université Gustave Eiffel) :

1. à l'échelle de l'ouvrage de gestion des eaux pluviales, avec le modèle Hydrus 1D (thèse d'A. Ouedraogo) ;
2. à l'échelle du quartier, avec le modèle hydrologique URBS (postdoctorat de X. Laffaille) ;
3. à l'échelle de l'agglomération, avec le modèle hydro-climatique TEB (postdoctorat de X. Laffaille).

Ces travaux montrent la nécessité d'adopter une approche de modélisation qui permet de bien représenter l'état hydrique du sol pour simuler la variabilité de l'ET. Selon l'approche adoptée et l'échelle spatiale considérée, la détermination des caractéristiques du milieu urbain (occupation du sol, réseau hydrographique), et en particulier celles de la végétation, doit être menée rigoureusement, ce qui peut constituer un travail conséquent selon la disponibilité de

ces données dans les bases de données géographiques. Enfin, l'application du modèle Hydrus 1D a également montré l'influence notable du choix de la variable utilisée pour le calage sur la simulation de l'ET, ce qui peut interroger la transposabilité de la méthodologie adoptée sur d'autres ouvrages de gestion des eaux pluviales.

Les efforts doivent donc être encore approfondis pour consolider les approches de modélisation, afin qu'elles soient un jour utiles aux acteurs opérationnels pour bien évaluer les bénéfices des différentes options d'aménagement vis-à-vis de l'ET.

## Besoins et perspectives autour des rôles de l'évapotranspiration urbaine

### Des ateliers de coréflexions pour synthétiser les besoins, freins et solutions

La dernière session de la journée a été consacrée au travail en cinq sous-groupes sous la forme d'ateliers de coréflexion, chaque sous-groupe comportant environ une vingtaine de participants aux profils variés (chercheurs, opérationnels, représentants du milieu associatif et/ou privé). Ces discussions ont permis à la fois d'identifier des freins et des besoins, mais surtout d'imaginer des solutions, pour que la thématique de l'ET en ville devienne prépondérante chez les décideurs.

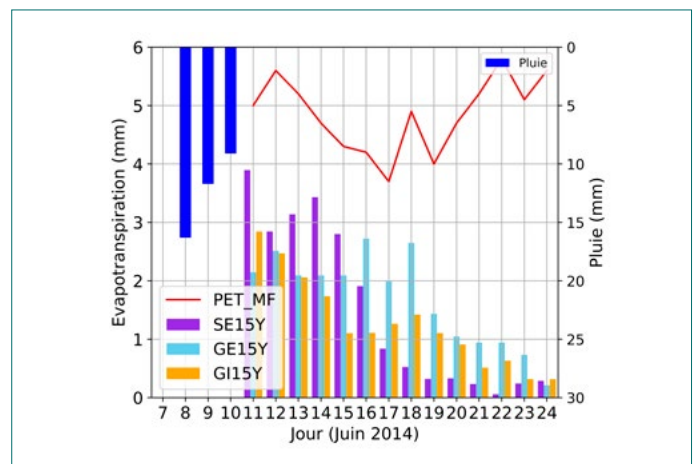
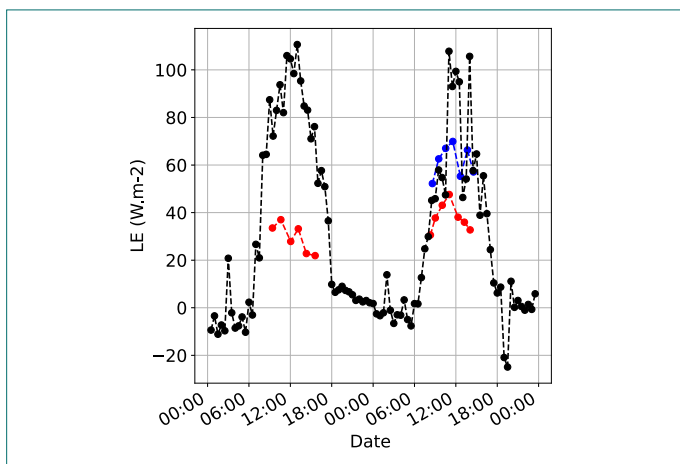


Figure 6. À gauche : comparaison de mesures d'ET par la méthode d'eddy-covariance (en noir) et par une chambre (en rouge et noir) sur une pelouse ; à droite : ET observées juste après un événement pluvieux sur trois types de toitures végétalisées et comparaison avec une ET potentielle (en rouge) [Source : Cerema, Université Gustave-Eiffel].

### Les besoins :

- former les agents et les techniciens sur la thématique de l'ET ;
- développer des outils pour faciliter le dimensionnement des ouvrages et des aménagements favorisant l'ET ;
- fournir aux collectivités et aux associations professionnelles des données chiffrées en matière de bénéfices : gain de rafraîchissement, biodiversité, gestion des eaux pluviales ;
- déterminer pour les aménageurs des essences végétales résistantes à la sécheresse et ayant un bon pouvoir rafraîchissant ;
- réinterroger la politique de végétalisation de la ville, notamment celle des plantations d'arbres, qui ne doit pas être simplement quantitative : beaucoup de collectivités avancent des nombres conséquents d'arbres à planter avec des échéances plus ou moins courtes.

### Les freins :

- une réglementation parfois compliquée à comprendre ou alors absente dans certains cas ;
- la réglementation des plans locaux d'urbanisme, soit pas assez exigeante, soit poussant à la plantation d'arbres, mais sans vérifier si de bonnes conditions sont assurées pour leur développement ;
- une absence d'incitation (financière notamment) à favoriser des aménagements favorisant l'ET dans la réglementation ;
- des coûts de gestion importants des espaces et aménagements végétalisés (1<sup>er</sup> frein dans les collectivités), mais aussi des coûts cachés dans les comparaisons avec des solutions technologiques non végétalisées, par exemple les coûts d'entretien des grands bassins enterrés ;
- la difficulté d'accès à la pleine terre du fait de l'encombrement du sous-sol ;
- la difficulté d'estimer de façon opérationnelle les flux d'évapotranspiration et le manque d'outils pour démontrer la réponse aux objectifs fixés ;
- le manque de connaissance sur les conditions nécessaires au bon développement du végétal, et en particulier de l'arbre.

### Les solutions :

- favoriser le transfert des connaissances aussi bien vers la société qu'entre services techniques au sein des collectivités ;
- sensibiliser et former différents publics (citoyens de tout âge, agents, élus, etc.), par exemple, en créant un module de formation

et d'innovation de « Génie Civil Écologique » permettant de rassembler le monde du végétal et le monde du bâti autour de la thématique de l'évapotranspiration ;

- dans les travaux scientifiques, mais aussi dans les mises en œuvre opérationnelles, favoriser des approches systémique, globale et transversale de l'ET ;
- promouvoir des solutions non technologiques pour maîtriser les coûts d'entretien ;
- donner de l'emprise aux espaces verts urbains afin de favoriser les volumes d'ET (par exemple, les fosses d'arbres sont régulièrement jugées trop petites) ;
- favoriser l'usage des eaux non conventionnelles pour alimenter l'irrigation, dont les besoins risquent d'être croissants. La connexion de surfaces imperméabilisées adjacentes est de ce point de vue une solution pertinente ;
- essayer de développer des outils techniques et juridiques en faveur d'aménagement optimisant l'ET.

### Un enjeu grandissant qui nécessite des échanges réguliers

D'abord considérée comme un enjeu lié à un signal faible (souvent en lien avec l'abatement du ruissellement ou avec la renaturation de la ville), la prise en compte de l'ET revient de plus en plus souvent dans les questionnements relatifs à l'adaptation des villes aux effets du changement climatique.

Cette journée a donc permis de révéler un vrai besoin d'échanges réguliers sur cette thématique, notamment pour rester au fait des initiatives menées dans les différentes agglomérations et essayer de les connecter entre elles, mais aussi pour suivre les avancées de la recherche scientifique en la matière et imaginer des actions communes de science-gestion. La constitution de groupes de travail thématiques et la tenue d'un événement régulier d'échanges pourraient éventuellement répondre à ce besoin.

### Des besoins d'outils techniques, mais aussi d'aide à la sensibilisation et à la décision

Pour de nombreux acteurs, le besoin d'outils de modélisation facilement

mobilisables, d'aide au dimensionnement et à l'évaluation des volumes d'ET et d'expérimentation via des sites pilotes a été exprimé tout au long de la journée. Dans cette perspective, il paraît essentiel de renforcer les initiatives de recherche-action sur cette thématique et de continuer à soutenir les travaux scientifiques en matière de développement de modèles, d'outils techniques et d'instrumentation.

Mais certains acteurs ont également exprimé un besoin de soutien, d'aide, de production d'argumentaires permettant la sensibilisation d'un large public (élus, autres services, citoyens, etc.). La mise en place de politiques publiques et d'investissement liés à l'ET est souvent confrontée à d'autres objectifs (économiques, logistiques, sanitaires, etc.) de gestion urbaine. L'arbitrage en faveur d'aménagements nouveaux favorisant l'ET doit pouvoir être soutenu et intégré dans une perspective plus globale d'évolution de la ville face aux nouveaux enjeux de résilience du XXI<sup>e</sup> siècle. La mobilisation des sciences humaines et sociales, voire des sciences politiques sur ce sujet a ainsi été évoquée, et le transfert de connaissances a également été identifié comme ayant un grand rôle à jouer dans la mise en place de politiques publiques volontaristes sur le sujet.

### Des pistes de recherche pour réduire les méconnaissances

La journée a bien montré la variété des travaux, mais aussi les difficultés et incertitudes associées aux estimations du flux, et les échanges ont permis d'identifier des sujets scientifiques à investiguer ou approfondir.

Un préalable à une meilleure connaissance et reproduction de l'ET en ville est de progresser dans sa mesure. Il s'agirait de consolider les méthodes d'observation et aussi de les intercomparer sur des sites expérimentaux afin d'identifier les intérêts, mais aussi les limites de chacune. La question de l'échelle spatiale est clé pour ces mesures, et les travaux gagneraient à être menés et croisés en considérant une diversité d'échelles : du plant, voire de la feuille, à l'espace vert urbain (souvent multistrates) et au quartier qui mixe une diversité de surfaces. Mener des campagnes de mesures très complètes (multivariées dans le continuum sol-plante-atmosphère) semble aussi nécessaire, intégrant en particulier une caractérisation



fine de la physiologie des végétaux et ses variabilités au cours des saisons (résistance stomatique des feuilles, couverture foliaire, développement racinaire, etc.).

Avancer sur la modélisation numérique, ses schémas et ses précisions est aussi nécessaire et complémentaire aux progrès sur la mesure, là aussi à différentes échelles spatiales. Bien prendre en compte la surparamétrisation intrinsèque des modèles est sûrement un point

d'attention, ainsi que porter une vision critique sur l'utilisation du concept d'ET potentielle en ville. Développer des cadres de modélisation de référence permettant le couplage des bilans hydrique et énergétique des espaces verts urbains, à l'instar du modèle TEB-hydro à l'échelle de l'agglomération, serait aussi une étape importante.

Ces perspectives de travaux sont fortement interdisciplinaires autour des

environnements urbains, et les communautés de chercheurs (hydrologue, climatologue, agronome, botaniste, etc.) doivent aborder le sujet de l'ET urbaine ensemble. Des structures comme Le Service National d'Observation des environnements urbains Observil, labellisé par le CNRS INSU (Institut National des Sciences de l'Univers), le Réseau URBIS en environnement urbain et centré sur l'hydrologie pourraient être des lieux de dialogues et de coordinations des travaux.

### Témoignage d'Isabelle Braud, grande témoin

La journée s'est clôturée par une restitution à travers la voix d'Isabelle Braud (INRAe), spécialiste en hydrologie spatialisée et processus hydrologiques. Elle a d'abord rappelé que les enjeux liés à l'ET sont nombreux, allant de la gestion des eaux pluviales à la source pour permettre le délestage des réseaux au nécessaire rafraîchissement des villes face aux vagues de chaleur répétées, et aussi pour répondre à une volonté de végétaliser les villes associées à une forte demande sociale de « nature en ville » par les citoyens et citoyennes. En ce sens, l'ET s'inscrit bien dans le panel des « solutions fondées sur la nature », en adéquation avec les stratégies d'adaptation aux effets du changement climatique. Mme Braud a également souligné que de nombreuses recherches et initiatives sont menées sur le territoire métropolitain avec des approches différentes, mais de manière parfois déconnectée les unes des autres. Ce type de journée est ainsi l'occasion de faire l'état des connaissances et de mutualiser les retours d'expériences en la matière. Elle a notamment abordé les difficultés encore présentes pour caractériser et modéliser finement le processus d'ET, même si les recherches avancent positivement en ce sens. Enfin, s'il existe des solutions techniques, il demeure également des freins importants qui, pour être levés, nécessitent notamment un accompagnement renforcé des services techniques et des espaces verts des collectivités par des formations adaptées et une réglementation plus simple et plus en adéquation avec les réalités du terrain. Cela passe également et surtout, par un changement des usages et des pratiques d'aménagement.

#### Organisation du colloque :

Le séminaire a été coorganisé par le Cerema, l'Université Gustave Eiffel et l'association ARCEAU ÎdF, avec le soutien financier de l'Office français de la biodiversité et avec la participation de l'Observatoire des polluants urbains en Île-de-France coordonné par l'École nationale des ponts et chaussées.

Les organisateurs tiennent à remercier pour leur implication dans le déroulement du séminaire les orateurs cités dans la note ainsi que Jean Gaber (Cerema) et les animateurs des ateliers : David Ramier et Jérémie Sage (Cerema), Abdelkader Bensaoud (Hydrasol), Katia Chancibault (Université Gustave Eiffel), Marie-Christine Gromaire (Ecole nationale des ponts et chaussées) et Laure Fass (Ville de Paris).

#### Pour en savoir plus :

- Les présentations ainsi que les résultats détaillés du sondage sont disponibles sur le site internet de l'association ARCEAU Île-de-France : <https://arceau-idf.fr/>
- Le projet ModelET a permis de soutenir le travail de thèse d'Ahmeda Assan Ouedraogo intitulé « Evapotranspiration issue de solutions fondées sur la nature pour la gestion à la source des eaux pluviales urbaines : analyse à partir d'observations et de modélisations hydrologiques ».

### LES Rencontres

Directeur de la publication : Olivier Thibault

Coordination : Daria Khliustova

Rédaction : Emmanuel Berthier (Cerema), Fabrice Rodriguez (Université Gustave Eiffel), Stéphane Garnaud-Corbel (Office français de la biodiversité), Alexandre Deloménie (médiateur scientifique indépendant), Irina Severin et François Mercier (association ARCEAU Île-de-France)

Réalisation : Second Regard

Impression : Cloître

Éditeur : OFB – 12, cours Lumière – 94300 Vincennes

Disponible sur : <https://professionnels.ofb.fr/fr/node/1950>

ISBN web : 978-2-38170-199-8

ISBN print : 978-2-38170-200-1

Gratuit

