

Résilience de Paris au risque de raréfaction de l'eau

NOTE D'ENJEU

Étude sur la gestion du risque de raréfaction de la ressource en eau liée au changement climatique dans l'aire urbaine fonctionnelle de Paris

Note d'enjeu

25 Janvier 2023

Cette note présente les enjeux de l'aire urbaine fonctionnelle de Paris face au risque de raréfaction de la ressource en eau. Elle présente également les objectifs de l'étude conduite par l'OCDE qui vise à évaluer les coûts économiques d'une raréfaction de la ressource en eau et la robustesse du cadre institutionnel en place pour accroître la résilience du territoire.

Xavier Leflaive: Xavier.Leflaive@oecd.org
Catherine Gamper: Catherine.Gamper@oecd.org
Sophie Lavaud : Sophie.Lavaud@oecd.org

Table des matières

1 Introduction	3
2 Un risque accru par le changement climatique	5
La raréfaction de l'eau, un phénomène connu	5
Le changement climatique accroît le risque de raréfaction de l'eau	7
Incertitudes sur les impacts attendus	9
3 Des enjeux environnementaux, sociaux et économiques pour l'aire urbaine fonctionnelle de Paris	10
Des enjeux liés à une demande croissante en eau	10
Des enjeux économiques	13
Des enjeux sociaux	16
Des enjeux environnementaux	17
Des enjeux liés à la concomitance d'aléas	18
4 Une gestion intégrée et déconcentrée du risque de raréfaction	19
5 Objectifs de l'étude	23
Analyse des impacts socio-économiques et environnementaux	23
Évaluer le cadre mis en place pour l'adaptation au risque de raréfaction de la ressource	24
Références	25

GRAPHIQUES

Graphique 2.1. Étiages sévères au cours du XXème siècle à Paris	5
Graphique 2.2. Température moyenne annuelle en Ile-de-France : écart à la référence 1976-2005	7
Graphique 3.1. Présentation des systèmes de l'aire urbaine fonctionnelle de Paris et de leurs usages de l'eau	11
Graphique 3.2. Évolution des prélèvements dans l'aire urbaine fonctionnelle et répartition par usage et selon le type de ressources	12
Graphique 3.3. Poids des consommations dans l'aire urbaine fonctionnelle et le bassin et répartition temporelle sur le périmètre EPTB Seine Grands Lacs	12
Graphique 4.1. Acteurs impliqués dans la gestion de la ressource en eau	22

TABLEAUX

Tableau 1.1. Enjeux socio-économiques et environnementaux d'une raréfaction de l'eau	4
Tableau 3.1. Activité économique de l'aire urbaine fonctionnelle	14

ENCADRÉS

Encadré 2.1. Différents types de sécheresse et raréfaction de la ressource en eau	6
Encadré 3.1. Aire urbaine fonctionnelle fonctionnelle de Paris	10
Encadré 3.2. Projet Explore 2070	13
Encadré 3.3. Projet de développement de la logistique fluviale urbaine	14

1 Introduction

Les effets du changement climatique sont déjà perceptibles à Paris et devraient s'accroître dans les décennies à venir. Alors que la canicule de 2003 est souvent citée comme l'une des pires, (+190% de surmortalité à Paris), les épisodes de forte chaleur tendent à se répéter ces dernières années (épisodes caniculaires en 2015, 2018, 2019, 2020 et 2022) (Ville de Paris, 2021^[1]). De même, la ville de Paris et sa région plus largement, ont été sujettes à des épisodes de sécheresse presque chaque année depuis 2003 (DRIEE, 2012^[2]) parfois concomitantes aux canicules, qui en aggravent les effets.

La sécheresse n'est pas un événement nouveau pour la ville, des épisodes étant recensés depuis le XVI^{ème} siècle. En effet, il s'agit d'un phénomène naturel résultant de variabilités climatiques telles qu'un déficit de précipitations, ou un déficit du bilan hydrique induit par une plus grande évapotranspiration lors de températures élevées. Toutefois, ces épisodes de sécheresses tendent à se répéter ces dernières années. 2019 fut ainsi marquée par une sécheresse historique, après 2 années consécutives de sécheresse. L'été 2022 a été marqué par le pire épisode de sécheresse en Europe depuis 500 ans selon le Centre commun de recherche de la Commission européenne, plaçant certains départements d'Ile de France en état de crise impliquant des restrictions d'usage drastiques.

Alors que le seuil symbolique d'augmentation de 2°C par rapport à l'ère préindustrielle à l'échelle mondiale est considéré comme déjà atteint en Ile-de-France (Météo France, 2022^[3]), la région anticipe des périodes de journées chaudes et canicules plus fréquentes et plus longues. Les projections climatiques suggèrent également des périodes de sécheresse (éclaircies ou longues) plus fréquentes et sévères, créant un risque de raréfaction de la ressource en eau, c'est-à-dire un risque que les ressources en eau ne suffisent pas à assurer la demande des différents usagers.

Ce risque sera d'ailleurs d'autant plus grand que les épisodes de canicule vont également accroître la demande en eau. En effet, les effets du changement climatique sont exacerbés par le peu d'espaces végétalisés conduisant à des phénomènes d'îlots de chaleur urbain et à une augmentation de la demande en eau tant pour l'hydratation des habitants que pour l'arrosage des espaces verts ou le refroidissement d'installations énergétiques ou industrielles. Par conséquent, alors que la demande en eau potable était globalement stable, voire en baisse malgré la croissance démographique et économique de la région (CGEDD, 2019^[4]), l'effet du réchauffement climatique majorerait globalement de 2% la consommation en eau entre 2030 et 2050 (Ville de Paris, 2021^[5]). Ce chiffre est cohérent avec les résultats de nombreuses études indiquant une augmentation de la consommation d'eau liée au changement climatique. Par exemple, en Italie, cette consommation pourrait augmenter de 9 à 15% pour la ville de Naples (Fiorillo et al., 2021^[6]).

La raréfaction de l'eau représente donc un enjeu économique, social et environnemental important pour l'aire urbaine fonctionnelle de Paris (cf. Tableau 1.1 et carte plus loin). En effet, l'aire urbaine fonctionnelle contribue à 32.6% du PIB français (OECD, 2018^[7]) et concentre près de 23.5% des emplois (Institut Paris Région, 2021^[8]; INSEE, 2019^[9]), reflet d'une attractivité qui s'explique en partie par des infrastructures de transport très développées. De plus, l'aire urbaine fonctionnelle abrite un patrimoine naturel composé d'espaces verts, forêts et milieux aquatiques qui produisent des services essentiels.

Enfin, tenir compte de la concomitance d'épisode de raréfaction de l'eau avec des événements extrêmes tels que les feux de forêts, les canicules ou des crises énergétiques constitue un enjeu important de gestion

des risques et de priorisation des usages de l'eau. Par exemple, la sécheresse favorise la propagation de feux de forêt dans un contexte de tension sur la ressource en eau.

Tableau 1.1. Enjeux socio-économiques et environnementaux d'une raréfaction de l'eau

	Exposition	Risques	Impacts socio-économiques
Enjeux économiques	<ul style="list-style-type: none"> • Première région touristique d'Europe • Deuxième plateforme portuaire d'Europe • Un grand nombre d'entreprises industrielles du secteur agro-alimentaire, automobile ou pharmaceutique • Une zone agricole importante 	Restrictions d'usages telles que : <ul style="list-style-type: none"> • Limitation du transport fluvial • Réduction ou arrêt de l'activité des centrales thermiques ou nucléaires • Interdiction d'irrigation • Limitations d'usage pour le refroidissement d'installations industrielles 	<ul style="list-style-type: none"> • Perte d'activité • Retards dans les chaînes d'approvisionnement • Perte d'exploitation • Coupures électriques et impacts sur la productivité
Enjeux sociaux	<ul style="list-style-type: none"> • Populations vulnérables aux fortes températures, ou fragiles • Populations précaires 	Possible augmentation des prix : <ul style="list-style-type: none"> • De l'eau pour absorber des coûts de traitement additionnels • Des produits alimentaires en cas de pertes de récoltes • De l'énergie en cas de baisse de la production Risques sanitaires	<ul style="list-style-type: none"> • Inégalités croissantes • Plus grande précarité des populations vulnérables • Surmortalité ou augmentation de pathologies chez les personnes fragiles
Enjeux environnementaux	Espaces verts, forêts, milieux aquatiques, biodiversité	<ul style="list-style-type: none"> • Sécheresses (sols, éclairs) • Assèchement ou détérioration de la qualité physicochimique des cours d'eau • Restrictions d'arrosage des espaces verts 	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de biodiversité • Perte des services écosystémiques (récréation, dépollution, filtration, régulation...)

Source : Revue de littérature OCDE

Aujourd'hui, la population a été relativement épargnée par le risque de raréfaction de l'eau, grâce à une grande étendue d'aquifères et au soutien des lacs réservoirs qui régulent les niveaux des eaux de surface (AESN; DRIEE, 2016_[10]). Ainsi, lors des épisodes de sécheresse de 2003, 2006 et 2011 et 2022, les axes fluviaux régulés par les lacs réservoirs n'ont pas été concernés par les arrêtés sécheresse restrictifs contrairement à leurs affluents (ONERC, 2016_[11]). Toutefois, ce soutien pourrait s'avérer insuffisant pour assurer des niveaux de débit suffisant (AESN; DRIEE, 2016_[10]), engendrant des impacts socio-économiques et environnementaux plus importants que ceux observés ces dernières années (EPTB Seine Grands Lacs, 2021_[12]). Anticiper la raréfaction de la ressource en eau est donc essentiel pour assurer la résilience de l'aire urbaine fonctionnelle.

Ce type d'évènements est cependant beaucoup plus complexe à appréhender que les aléas climatiques tels que les inondations ou tempêtes car les sécheresses revêtent différentes réalités. La sécheresse est un phénomène à évolution lente et d'intensité variable. Les impacts ne sont pas visibles directement en raison du caractère progressif et cumulatif lié aux variations de précipitations et températures.

L'étude conduite par l'OCDE, en partenariat avec la Ville de Paris, la Métropole du Grand Paris et l'EPTB Seine Grands Lacs, a pour but d'évaluer les impacts de la raréfaction de la ressource en eau pour l'aire urbaine fonctionnelle. Elle analysera également la robustesse du cadre institutionnel et l'efficacité des politiques publiques mises en place pour faire face à ce risque. À l'issue de cette étude, l'OCDE proposera des recommandations pour renforcer la résilience de l'aire urbaine fonctionnelle de Paris.

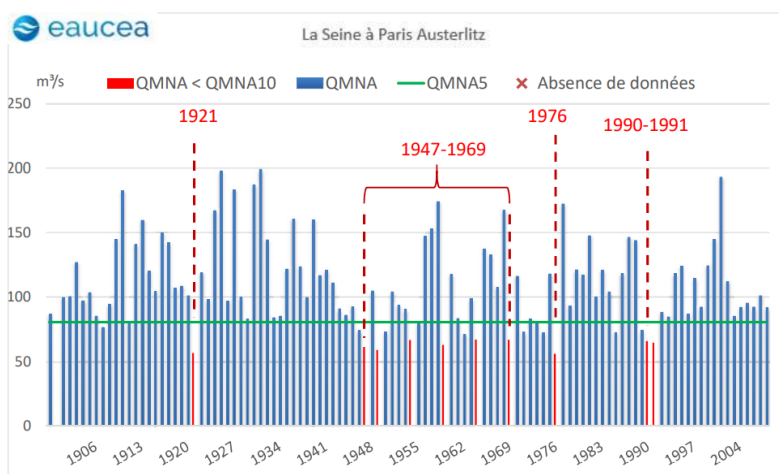
Cette note d'enjeu vise à présenter les facteurs conduisant au risque de raréfaction de la ressource en eau. Elle présente également les enjeux de cette raréfaction pour l'aire urbaine fonctionnelle de Paris

2 Un risque accru par le changement climatique

La raréfaction de l'eau, un phénomène connu

La raréfaction de l'eau engendrée par des épisodes de sécheresse ou d'étiages sévères n'est pas un risque nouveau à Paris. L'EPTB Seine Grands Lacs a par exemple recensé un certain nombre d'étiages sévères au cours du XX^{ème} siècle (cf. Graphique 2.1). Des historiens ont également reconstitué des épisodes de sécheresse depuis le début du XVI^{ème} siècle (Garnier, 2012^[13]). Toutefois, ces épisodes tendent à se répéter ces dernières années. En 2019, la sécheresse qui frappa le pays a placé Paris en situation de vigilance, et certains cours d'eau de la région ont été classés en situation de crise telle que définie par les arrêtés sécheresse. Cet événement est survenu après deux années successives de sécheresse et dans un contexte de records de chaleur. Plus récemment, l'été 2022 a été marqué par le pire épisode de sécheresse à l'échelle européenne depuis 500 ans selon le Centre commun de recherche de la Commission européenne. Si Paris, les Hauts-de-Seine et la Seine-Saint-Denis étaient en alerte vigilance, beaucoup de communes de l'aire urbaine fonctionnelle ont subi des restrictions d'usage importantes. Par exemple, les départements en état de crise ont interdiction de prélever de l'eau hors usages prioritaires. D'importants impacts économiques sont attendus, en particulier pour le secteur agricole qui a été directement affecté par la sécheresse.

Graphique 2.1. Étiages sévères au cours du XX^{ème} siècle à Paris



Note : En rouge figurent les étiages sévères identifiés par l'EPTB Seine Grands Lacs au cours du XX^{ème} siècle. Ils correspondent à des niveaux d'étiages plus importants en comparaison d'une moyenne mensuelle de plus bas débit qui ne se produit, en moyenne, qu'une année sur cinq (QMNA : débit moyen mensuel le plus bas de l'année, QMNA 5 (10) : débit moyen mensuel sec de période de retour 5 (10) ans).

Source : (EPTB Seine Grands Lacs, 2021^[12])

La sécheresse est un phénomène naturel lié à des déficits de précipitations, ou fortes températures qui augmentent l'évapotranspiration de l'eau. L'aire urbaine fonctionnelle de Paris, a déjà été sujette à des épisodes de sécheresse. Ceux-ci s'expliquent par des précipitations globalement plus faibles que celles observées dans d'autres bassins, des reliefs peu marqués générant des débits naturellement faibles, et une forte artificialisation des sols qui réduit l'absorption des pluies (AESN; DRIEE, 2016_[10]). Le volume de précipitations qui s'écoulent sur le bassin et assurent la recharge des nappes est ainsi estimé à seulement 30% des précipitations totales (Rousset et al., 2004_[14]).

Les épisodes de sécheresse peuvent être plus moins intenses (cf. Encadré 2.1) et longs. Ces caractéristiques entraînent des impacts différents.

Encadré 2.1. Différents types de sécheresse et raréfaction de la ressource en eau

La variabilité climatique peut conduire à 3 grands types de sécheresse :

- **La sécheresse météorologique** correspond à un déficit de précipitations durant une longue période. L'étude de vulnérabilité conduite par la ville de Paris conclut à un signal très faible pour ce type de sécheresse, à l'exception du scénario du pire, qui montre une tendance à l'augmentation de ce type de sécheresse à la fin du siècle.
- **La sécheresse du sol ou agricole** se caractérise par un déficit en eau des sols superficiels (entre 1 et 2m de profondeur), suffisant pour altérer le bon développement de la végétation. Elle dépend des précipitations et de l'évapotranspiration, et est donc sensible à l'humidité, la température de l'air, le vent et la nature des plantes et sols. Elle peut survenir suite à une sécheresse météorologique, mais pas nécessairement.
- **La sécheresse hydrologique** se manifeste lorsque les lacs, rivières ou nappes souterraines montrent des niveaux anormalement bas. Elle dépend des précipitations et de l'état du sol, influant sur le ruissellement et l'infiltration. Elle survient généralement suite à des épisodes de sécheresse agricole et peut avoir des effets plus durables.

Dans cette étude, le **risque de raréfaction de la ressource en eau** correspond au risque que les volumes d'eau disponibles ne suffisent pas à assurer le fonctionnement des systèmes, qu'il s'agisse d'un problème quantitatif ou qualitatif. Il peut s'agir d'un risque temporaire (e.g un épisode de sécheresse plus ou moins long) ou pérenne. Dans ce dernier cas, on parle alors de rareté de l'eau.

La « **rareté de l'eau** » est définie par la Commission Européenne comme une situation où les besoins en eau sont supérieurs aux ressources hydriques exploitables dans des conditions durables.

Source : (United Nations office for disaster risk reduction, 2021_[15]) ; Météo France

Grâce au soutien des aquifères et des lacs réservoirs, l'aire urbaine fonctionnelle de Paris a été protégée d'une raréfaction durable de la ressource en eau. Elle bénéficie d'aquifères nombreux, permettant de stocker de grands volumes d'eau. Les eaux souterraines contribuent à 80% des débits naturels d'étiage, permettant de réguler les variations climatiques (CGEDD, 2019_[4]). Par ailleurs, si les recharges hivernales des nappes ont parfois été insuffisantes pour pallier les étiages saisonniers, le niveau des nappes s'est globalement reconstitué correctement¹. En août 2022, alors que la région parisienne était en état de vigilance sécheresse, le niveau des nappes souterraines était considéré comme « *proche de la moyenne ou modérément bas* »². En outre, les quatre lacs réservoirs gérés par l'Établissement Public Territorial de

¹ À partir des rapports hydrologiques annuels BRGM

²D'après une interview d'Eau de Paris

Bassin Seine Grands Lacs, assurent une régulation des débits depuis les années 1970s et permettent de soutenir les étiages. Ce soutien est estimé entre 50% et 70% du débit durant les périodes d'étiage (AESN; DRIEE, 2016_[10]).

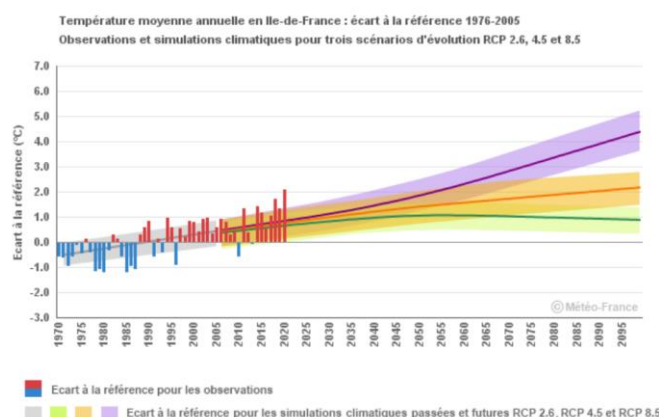
En cas de réduction des volumes stockés dans les nappes, ce rôle de soutien des lacs réservoirs pourrait s'avérer insuffisant pour faire face aux impacts du changement climatique (CGEDD, 2019_[4]). Or, quel que soit le scénario climatique, la quantité et la qualité de l'eau à l'échelle du bassin versant seront affectées.

Le changement climatique accroît le risque de raréfaction de l'eau

Les projections climatiques fournies par Météo France pour la région Ile-de-France indiquent une variabilité des cumuls de précipitations annuels stable d'ici 2100 (Météo France, 2022_[3]) par rapport à la période de référence 1976-2005, quel que soit le scénario d'émissions « Representative Concentration Pathway » (RCP). Toutefois, les modèles projettent des variations saisonnières plus marquées avec davantage de précipitations en hiver et légèrement moins durant les périodes estivales dans le scénario d'émission RCP 8.5 que dans le scénario RCP 2.6. Si certains modèles climatiques estiment que le nombre de jours de pluie pourrait diminuer légèrement dans le futur (réduction moyenne des précipitations de 12% d'ici 2100 par rapport à la période de référence 1970-2005³), d'autres modèles suggèrent des pluies plus intenses mais plus courtes.

De même, les projections climatiques montrent une augmentation de la température moyenne annuelle jusqu'à 2050 par rapport à la période 1976-2005, quel que soit le scénario d'émission RCP (Météo France, 2022_[3]). À plus long terme, cette évolution diffère significativement selon le scénario RCP considéré, avec un extrême à plus de 4.4°C en 2100 dans le scénario RCP 8.5. La fréquence et l'intensité des épisodes de forte chaleur devraient s'accroître dans le futur. Le nombre de journées chaudes⁴ en Ile-de-France pourrait augmenter de 26 jours d'ici la fin du siècle par rapport à la période 1976-2005 dans le scénario RCP 4.5 (50 jours en RCP 8.5 et stable en RCP 2.6).

Graphique 2.2. Température moyenne annuelle en Ile-de-France : écart à la référence 1976-2005



Source : (Météo France, 2022_[3])

³ Projections obtenues à partir d'une moyenne des « Special Report on Emissions Scenario » traduisant différents scénarios d'émissions de gaz à effet de serre. Ces projections sont considérées sur les périodes 2046-2065 (2050 dans le texte) et 2070-2100 (2100 dans le texte). Les tendances hydrologiques déduites de ces projections ont été confirmées par des modèles plus récents (Comité de Bassin Seine Normandie, 2016_[16])

⁴ Nombre de journées dans l'année où la température dépasse 25°C

Les impacts sur la ressource en eau pourront être progressifs (sécheresse, pollution et indisponibilité temporaire) ou extrêmes (rareté de l'eau). Parmi les principaux impacts envisagés, sont attendus :

- Des épisodes de sécheresse allant jusqu'à une sécheresse hydrologique voire à la rareté de l'eau
- Des étiages sévères plus fréquents et intenses menaçant la qualité des milieux aquatiques et la disponibilité de la ressource en eau. Ces impacts sont liés en partie aux épisodes de sécheresse qui accentuent le risque d'étiage sévère.

Des sécheresses plus intenses et fréquentes

Face à l'élévation des températures, le phénomène d'évapotranspiration va s'accroître. On estime ainsi que l'évapotranspiration potentielle augmentera en moyenne de 16% en 2050 et 23% en 2100 par rapport aux moyennes journalières sur la période 1970-2000⁵ (Comité de Bassin Seine Normandie, 2016_[16]). Ce scénario est confirmé par les projections climatiques pour la région Ile-de-France qui indiquent un assèchement des sols (« sécheresse agricole ») important prévu dès 2050 avec un allongement moyen de la période de sol sec de 2 à 4 mois et donc une réduction des périodes humides par rapport à la période 1961-1990⁶ (Météo France, 2022_[3]). L'humidité moyenne du sol en 2100 pourrait donc correspondre aux situations de sécheresse extrême des sols actuels selon le scénario SRES A2. Ce type de sécheresse, combinée à des températures élevées entraînent une recharge des nappes moins « efficace » et un risque de sécheresse hydrologique (Boé et al., 2018_[17]), (Soubeyroux et al., 2012_[18]).

Des étiages sévères

D'ici la moitié du siècle, la durée passée en sécheresse augmentera sensiblement par rapport à la période 1961-1990 selon un scénario 8.5. Certaines simulations prévoient même une multiplication par 10 du nombre de jours en sécheresse hydrologique sur le bassin de la Seine (Boé et al., 2018_[17]). Une baisse générale de la recharge des nappes aux alentours de 2100 avec des diminutions particulièrement fortes dans la Beauce est également très probable (Ville de Paris, 2021_[5]). On estime ainsi que le niveau moyen des nappes du bassin versant pourrait correspondre à celui des 10% des années les plus sèches connues à ce jour⁷ par rapport à 1970-2005 (Comité de Bassin Seine Normandie, 2016_[16]).

Une variation des précipitations et une plus grande évapotranspiration peuvent également conduire à une baisse des débits d'étiage (Soubeyroux et al., 2012_[18]). Une baisse des débits des cours d'eau de 10 à 30 % par rapport à la période 1970-2005 pourrait survenir à horizon 2070-2100⁸, impactant aussi la qualité de la ressource en eau (Comité de Bassin Seine Normandie, 2016_[16])⁹.

Une étude récente de l'EPTB Seine Grands Lacs (EPTB Seine Grands Lacs, 2021_[19]) a permis d'analyser la dynamique de mise en place des étiages sévères à partir d'exemples historiques représentatifs. Par exemple, en cas de recharge pluviométrique hivernale faible, l'entrée en étiage peut être précoce et la durée de l'étiage relativement longue. En cas d'étiage long, les nappes jouent un rôle de soutien, ce qui crée un déficit des nappes souterraines. Ce déficit sera d'autant plus important que les niveaux seront déjà bas, aggravant la sécheresse hydrologique. Les projections climatiques utilisées par l'EPTB Seine

⁵ Projections obtenues à partir d'une moyenne des « Special Report on Emissions Scenario » (SRES) traduisant différents scénarios d'émissions de gaz à effet de serre. Ces projections sont considérées sur les périodes 2046-2065 (2050 dans le texte) et 2070-2100 (2100 dans le texte). Les tendances hydrologiques déduites de ces projections ont été confirmés par des modèles plus récents (Comité de Bassin Seine Normandie, 2016_[16])

⁶ SRES-A2 (scénario légèrement moins pessimiste que le RCP 8.5)

⁷ cf note 5

⁸ *ibid*

⁹ *ibid*

Grands Lacs laissent ainsi suggérer des étiages de plus en plus précoces et s'étalant sur de longues périodes. Enfin, cette étude a montré que les étiages sévères se produisaient sur tout le bassin.

Une dégradation de la qualité de l'eau

Le réchauffement climatique contribuera à augmenter la température de l'eau, jusqu'à de 2°C en moyenne à l'horizon 2100 par rapport à 1976-2005¹⁰ (Comité de Bassin Seine Normandie, 2016_[16]). D'autres facteurs anthropiques contribuent à ce phénomène, comme les rejets thermiques (systèmes de refroidissement, eau usées traitées, ...) et l'aménagement des berges (recalibrage, atteintes à la végétation rivulaire, ...). Cette augmentation de la température de l'eau est variable au sein du bassin. À l'horizon 2050, l'EPTB Seine Grands Lacs estime que la température de l'eau pourrait par exemple augmenter de 0.2°C en amont du bassin, et de 0.9°C en aval (EPTB Seine Grands Lacs, 2021_[19]). En plus d'affecter directement la biodiversité aquatique, ce réchauffement de l'eau renforce le risque d'eutrophisation des milieux et de multiplication d'agents pathogènes.

La diminution des débits induite par le changement climatique limite la capacité de dilution des milieux. En présence de polluants, la qualité des eaux superficielles dépend pourtant de cette capacité pour conserver des propriétés nécessaires à leur équilibre. 41% des eaux de surface et 77% des nappes sont impactées par les pesticides, résultat de l'agriculture intensive du bassin versant (AESN, 2019_[17]). Les rejets de fertilisants diminuent la concentration en oxygène des milieux par des phénomènes d'eutrophisation et les produits phytosanitaires génèrent une toxicité qui porte atteinte à la biodiversité et remet en cause la production d'eau potable. Selon les mêmes mécanismes, les rejets d'eaux usées, industrielles ou domestiques (e. g réseaux d'assainissement) participent à la dégradation de la qualité des eaux de surface. Alors que la population du bassin continuera à augmenter, les rejets des collectivités pourraient d'ailleurs croître (AESN, 2019_[17]).

Les pressions hydromorphologiques limitent par ailleurs la résilience des milieux superficiels aux sécheresses. C'est par exemple le cas des activités portuaires et de fret dont le développement a nécessité l'aménagement des cours d'eau ou la création de canaux (e.g. canal Seine-Nord). De même, les pressions telles que les activités de drainage agricole ou d'urbanisation qui conduisent à une artificialisation des sols, limitent l'infiltration des eaux et la recharge des nappes souterraines.

Incertitudes sur les impacts attendus

Analyser les impacts du changement climatique sur la ressource en eau reste néanmoins un exercice délicat en raison des nombreuses incertitudes entourant les projections climatiques et leur utilisation dans les modèles hydrologiques. Tout d'abord, relier projections climatiques et hydrologie est un exercice qui nécessite des données adaptées aux conditions climatiques locales. Or, les modèles climatiques de circulation atmosphérique sont réalisés au niveau mondial et traduits au niveau régional au moyen de techniques telles que la descente d'échelle statistique (GIEC, 2022_[20]). Ces techniques comportent des limites, car elles ne permettent pas de reconstruire des détails importants du climat à des échelles suffisamment fines. Indépendamment des enjeux d'échelle, les modèles climatiques donnent lieu à une grande variabilité de projections selon leur conception (Lehner et al., 2020_[21]). S'il est possible d'encadrer cette variabilité en comparant les résultats d'un ensemble de modèles distincts ou en réalisant de nombreuses simulations de concentrations de gaz à effet de serre (e.g. modèles CIMP-5 et CIMP-6 utilisés par le GIEC), certains paramètres restent particulièrement complexes à anticiper. Ainsi, les précipitations et le phénomène d'évapotranspiration varient selon les modèles utilisés et leur évolution reste incertaine (GIEC, 2022_[21]). Enfin, il est important de prendre en compte la saisonnalité, l'intensité des précipitations et les changements attendus en termes de phénomènes extrêmes afin d'évaluer les risques extrêmes de raréfaction de l'eau.

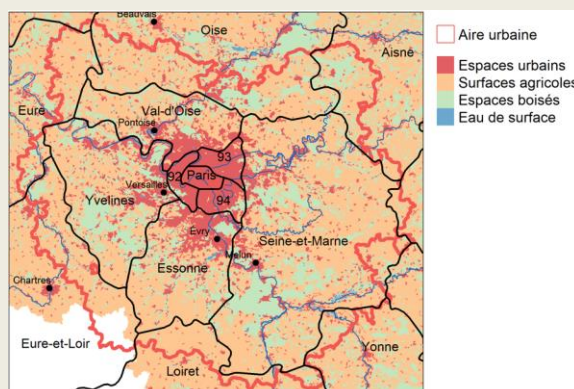
¹⁰ *ibid*

3 Des enjeux environnementaux, sociaux et économiques pour l'aire urbaine fonctionnelle de Paris

Pour caractériser les enjeux, l'unité utilisée est l'aire urbaine fonctionnelle de Paris telle que définie par Eurostat et l'OCDE (ou aire d'attraction selon la nomenclature INSEE). En effet, l'aire d'attractivité de la Ville de Paris influe sur les dynamiques de développement d'un vaste espace dépassant la région Île-de-France, s'étendant sur douze départements (INSEE, 2019^[9]). Cette unité permet donc de refléter l'attractivité de Paris et de comparer les métropoles entre elles. L'aire urbaine fonctionnelle de Paris (aire urbaine fonctionnelle dans ce qui suit), recouvre l'Île-de-France et plus de 700 communes réparties dans 9 départements limitrophes tels que l'Oise, L'Aisne, la Marne ou l'Yonne.

Encadré 3.1. Aire urbaine fonctionnelle de Paris

Une aire urbaine fonctionnelle se compose ainsi d'un centre urbain et de sa zone de navettage. Le centre urbain est défini comme une ou plusieurs communes qui regroupent au moins 50 000 habitants. La zone de navettage correspond à l'ensemble des communes dont au moins 15% des résidents actifs en emploi travaillent dans le centre urbain.

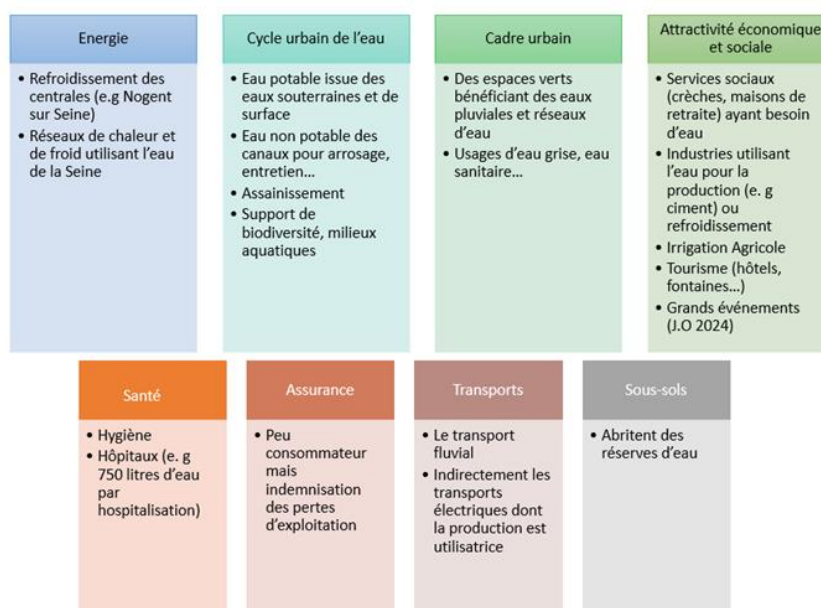


Source : (OECD, 2019^[24]) ; Carte OECD

Des enjeux liés à une demande croissante en eau

La plupart des systèmes, c'est-à-dire des sphères de politiques publiques telles que définies par la ville de Paris, qui caractérisent l'activité du territoire sont dépendants de la ressource en eau. Le graphique 3.1 présente brièvement les principaux usages de l'eau pour l'aire urbaine fonctionnelle.

Graphique 3.1. Présentation des systèmes de l'aire urbaine fonctionnelle de Paris et de leurs usages de l'eau



Note : Analyse croisée reprenant le découpage en système de la ville de Paris et des documents décrivant les systèmes

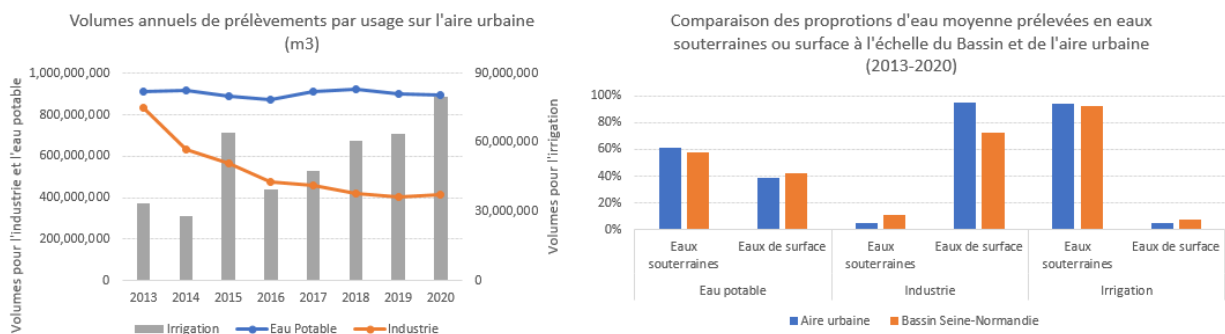
Source : (Ville de Paris, 2021^[5]) ; (APUR, 2019^[25]) ; (APUR, 2006^[26]) ; (CPCU, 2019^[27]) (CGEDD, 2019^[4]) (Institut Paris Région, 2021^[8]) (Région Ile-de-France, 2012^[28]) (EPTB Seine Grands Lacs, 2021^[19]) ; (RTE, 2020^[29])

En période de sécheresse, ces systèmes peuvent être affectés par des arrêtés sécheresse et autres réglementations qui sont un indicateur de gravité de la sécheresse en cours. D'autres systèmes tels que les espaces verts du cadre urbain ou activités agricoles peuvent aussi être affectés directement par les sécheresses agricoles qui affectent la croissance des plantes ou les milieux naturels. Ces impacts peuvent d'ailleurs être amplifiés, la sécheresse favorisant un sol sec avec un faible taux d'humidité propice à la propagation de feux de forêts (United Nations office for disaster risk reduction, 2021^[15]), ajoutant une pression supplémentaire sur la demande en eau. L'aire urbaine fonctionnelle exerce une pression importante sur la ressource en eau en raison de sa densité de population et de l'importance de son activité économique qui joue tant sur la qualité de l'eau que sur la quantité de volumes prélevés.

Selon l'INSEE, la croissance démographique de l'Ile-de-France se poursuivra à un taux annuel moyen de 0.05% d'ici 2070 (INSEE, 2022^[30]). Cette croissance génère une hausse de la demande en eau. Enfin, alors que la population augmentera, les rejets des collectivités pourraient croître également (AESN, 2019^[20]), mettant sous pression les capacités de dilution importantes des milieux aquatiques.

L'Agence de l'Eau du bassin Seine-Normandie a évalué que 23% des masses d'eau souterraines seraient impactées par les prélèvements d'ici 2027 contre 7% en 2019 (AESN, 2019^[20]). À l'échelle du bassin, les pressions liées aux prélèvements industriels ont diminué (-18% entre 2016-20) en raison du déclin de certaines industries (e. g sidérurgie ou chimie) et d'une plus grande efficacité des usages de l'eau. Ce n'est pas le cas de l'agriculture qui pourrait nécessiter davantage d'irrigation, ne serait-ce que pour faire face à l'évapotranspiration croissante induite par le changement climatique. Entre 2013 et 2020, on considère d'ailleurs que les prélèvements agricoles ont plus que doublé tant au niveau du bassin que de l'aire urbaine fonctionnelle (cf. Graphique 3.2).

Graphique 3.2. Évolution des prélèvements dans l'aire urbaine fonctionnelle et répartition par usage et selon le type de ressources

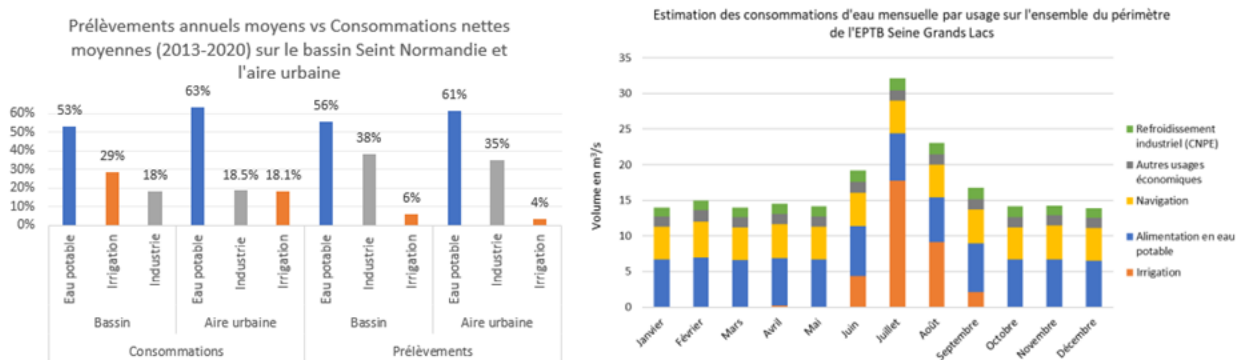


Note : Les données de prélèvements utilisées ne tiennent pas compte des volumes d'eau utilisés non déclarés à l'agence de l'eau soit en raison des limites de volume qui imposent de déclarer ces prélèvements, soit en raison de prélèvements non déclarés. Ils sont probablement sous-estimés. Par ailleurs, les prélèvements en eaux littorales n'ont pas été prises en compte à l'échelle du bassin.

Source : Analyse des données de la Banque Nationale des Prélèvements quantitatifs en eau (BNPE)

Ces tendances reflètent les volumes d'eau nécessaires aux différents systèmes, sans tenir compte d'échanges possibles entre rejets des usagers en amont et prélèvements des usagers en aval. Or, si les volumes consacrés à l'irrigation, représentent une faible part des volumes prélevés, ces proportions changent en raisonnant en consommation¹¹. Par ailleurs, en tenant compte des saisonnalités, on constate que les consommations sont les plus importantes en période estivale en raison des besoins d'irrigation. C'est également la période où la ressource est naturellement plus rare, créant davantage de tensions sur les usagers.

Graphique 3.3. Poids des consommations dans l'aire urbaine fonctionnelle et le bassin et répartition temporelle sur le périmètre EPTB Seine Grands Lacs



Source : Analyse des données de la Banque Nationale des Prélèvements quantitatifs en eau (BNPE) et utilisation des coefficients de consommation tels que suggérés par l'EPTB Seine Grands Lacs (EPTB Seine Grands Lacs, 2021^[19]). Les activités de refroidissement sont incluses dans la catégorie industrie. Le graphique à droite provient de (EPTB Seine Grands Lacs, 2021^[19])

Ces pressions pourraient augmenter pour faire face aux impacts du changement climatique. Les phénomènes d'îlots de chaleur urbains observés pourraient devenir plus fréquents. Par exemple, durant la canicule de 2003, Paris a enregistré des températures plus élevées de 8°C par rapport à ses départements voisins (Ville de Paris, 2021^[11]). Or, en période de canicule, la consommation d'eau potable

¹¹ Volumes prélevés mais non restitués au milieu

peut augmenter de 15 à 20% (CGEDD, 2019^[4]). Les prélèvements liés aux besoins de refroidissement pourraient également augmenter.

Il est donc important d'évaluer conjointement l'évolution des pressions et l'évolution de la demande liée au changement climatique. En effet, ces deux impacts se cumulent, voire se complètent, les pressions anthropiques pouvant accélérer les impacts du changement climatique. C'est l'objectif de l'étude Explore 2070 (cf. Encadré 3.1) qui a permis de définir des scénarios plausibles d'évolution de ces pressions et de définir des mesures d'adaptation au changement climatique.

Encadré 3.2. Projet Explore 2070

Le projet Explore 2070 réalisé en 2012 avait pour objectif d'évaluer les impacts du changement climatique sur les milieux aquatiques et la ressource en eau à horizon 2070, à l'échelle nationale. Le projet proposait alors des stratégies d'adaptation possibles. Ce projet, porté par le Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires, a réuni plus de 100 experts.

À partir d'un scénario climatique médian, Explore 2070 évalue les impacts du réchauffement climatique sur l'hydrologie de surface et souterraine (débits, température de l'eau, recharge des nappes...). En parallèle, le projet a modélisé les pressions anthropiques futures à partir de scénarios socio-économiques et démographiques (occupation des sols, usages, ...). Le risque de raréfaction de la ressource est mesuré par le degré de satisfaction des usagers.

Enfin, le projet définit des stratégies d'adaptation et évalue leur efficacité en estimant le risque de raréfaction de la ressource avec ou sans application de ces stratégies.

Cette étude a permis d'évaluer ce risque de façon prospective en identifiant les sources de pression sur l'eau possibles. L'identification de ces pressions a permis de définir 3 grandes stratégies d'adaptation allant d'une sobriété des usages à un accroissement des besoins incompressibles. L'évaluation de ces stratégies a permis de mesurer leur efficacité en termes de réduction des prélèvements. Toutefois, les auteurs insistent sur la fragilité de cette analyse, liée en partie à des données peu fiables. Le projet a surtout permis de montrer l'intérêt de décloisonner le sujet de l'adaptation au changement climatique et celui de la gestion de l'eau.

Source : (Ministère de l'Écologie, 2012^[31])

Des enjeux économiques

L'aire urbaine fonctionnelle de Paris regroupe 13.1 millions d'habitants¹² soit 19.4% de la population française. L'essentiel de la population est concentré dans la région Ile-de-France (63% de la surface de l'aire urbaine fonctionnelle, mais 93.5% de la population). L'aire urbaine fonctionnelle concentre près de 23.5% des emplois et contribue à plus de 32.6% du PIB français (OECD, 2018^[7]) (Institut Paris Région, 2021^[8]), ce qui en fait le premier centre économique français et le deuxième de la zone euro.

Le tissu économique de l'aire urbaine fonctionnelle est largement tertiarié (75.7% de la valeur ajoutée, (INSEE, 2019^[9])). Son attractivité se concentre sur la région Ile-de-France, notamment grâce à un réseau de transports très développé et à l'implantation de grandes entreprises financières et industrielles qui rendent la région très dynamique. Avec un quartier d'affaire majeur et des pôles de compétitivité, la région

attire un tissu de Petites et Moyennes Entreprises (PME). Elle accueille régulièrement de grands événements tels que des congrès ou expositions, et accueillera en 2024 les Jeux Olympiques et Paralympiques. Le secteur tertiaire marchand en Ile-de-France correspond d'ailleurs à 71.9% de la valeur ajoutée de la région, et à 56.9% de la France (Institut Paris Région, 2021^[8]). Ceci s'explique également par l'importance du tourisme, l'Ile-de-France étant la première région touristique d'Europe. L'aire urbaine fonctionnelle regroupe également une majorité des administrations nationales et d'infrastructures sociales pour répondre aux besoins de la population. Ces services représentent 9.4% de la valeur ajoutée de l'aire urbaine fonctionnelle. L'économie de l'aire urbaine fonctionnelle repose également sur une large tradition industrielle et accueille d'importantes entreprises du secteur agro-alimentaire, automobile ou pharmaceutique. Enfin, la géographie de l'aire urbaine fonctionnelle fait de ce territoire une zone agricole importante.

Tableau 3.1. Activité économique de l'aire urbaine fonctionnelle

	Aire urbaine fonctionnelle	Ile-de-France
Nombre d'établissements actifs fin 2019	482 278	461 365
Part d'établissements dans l'agriculture	0.7%	0.4%
Part d'établissements dans l'industrie	4.2%	4%
Part d'établissements dans la construction	10.1%	10%
Part d'établissements dans le secteur tertiaire marchand	75.7%	76.5%
Part d'établissements dans le secteur tertiaire non marchand	9.4%	9.1%

Note : L'établissement est une unité de production géographiquement individualisée, mais juridiquement dépendante de l'unité légale. Il produit des biens ou des services : ce peut être une usine, une boulangerie, un magasin de vêtements, un des hôtels d'une chaîne hôtelière, la « boutique » d'un réparateur de matériel informatique... (INSEE)

Source : INSEE Tableau comparateur territoires 2019 et Chiffres de l'Institut Paris Région 2020 Transports et fret fluvial

Transports

L'aire urbaine fonctionnelle joue un rôle stratégique dans les échanges européens et internationaux grâce à son attractivité mais aussi à des infrastructures qui en font un nœud logistique majeur. L'aire urbaine fonctionnelle dispose du premier « hub » aérien d'Europe ainsi que de plus de 70 ports, faisant de l'Ile-de-France la deuxième plateforme portuaire d'Europe. Près de 60% du trafic fluvial est destiné au secteur du bâtiment et travaux publics (BTP) suivi du secteur automobile (25.2%) (HAROPA Port, 2019^[32]). Le trafic fluvial pourrait d'ailleurs se développer pour le fret (cf. Encadré 3.3).

Encadré 3.3. Projet de développement de la logistique fluviale urbaine

Afin de limiter les nuisances liées au trafic routier, la Région Ile-de-France et Voies Navigables de France (VNF) ont lancé un projet expérimental avec des grands groupes pour la livraison de colis en centre-ville. Ce trafic pourrait ainsi se développer plus largement. De même, dans le cadre des travaux du Grand Paris Express, il est envisagé d'utiliser la voie fluviale pour l'évacuation de déblais de chantier. C'est également le choix qui est fait pour l'évacuation des déblais des chantiers de construction du Village des athlètes, dans le cadre des Jeux Olympiques 2024. Ce chantier sera en grande partie ravitaillé par voie fluviale.

Source : (Voies Navigables de France Bassin de la Seine, 2019^[33])

Alors que 25.3 millions de tonnes de marchandises sont acheminées à Paris par la Seine (Institut Paris Région, 2021^[8]), un étiage sévère pourrait par exemple générer des coûts liés aux retards de livraison,

retards de construction, ou perte d'activité pour certains secteurs. Ce risque est d'autant plus important que le fret fluvial anticipe une croissance de 5% par an dans les années à venir (Institut Paris Région, 2021^[8]).

Tourisme

L'Ile-de-France, au cœur de l'aire urbaine fonctionnelle est la première région touristique mondiale. Outre son patrimoine culturel, Ports de Paris est par exemple le premier port touristique au monde avec près de 7,9 millions de passagers transportés dans la capitale (Institut Paris Région, 2021^[8]). Le tourisme fluvial génère près de 2 480 emplois et un poids économique de 344 millions d'euros par an. Le secteur de l'hôtellerie, de la restauration, les musées et salles de conférences bénéficient aussi largement du tourisme. L'économie touristique représente 11.7% des emplois salariés de la Métropole du Grand Paris en 2018 et l'hôtellerie réalise 4.5 milliards d'euros de chiffre d'affaires en 2019 (Ville de Paris, 2021^[5]). Ces secteurs sont de grands consommateurs d'eau potable et bénéficient des réseaux de chaleur et froid.

Une raréfaction de la ressource en eau pourrait également créer une perte d'activité touristique en cas d'étiages entravant le tourisme fluvial en cas de restrictions de navigation (e. g fermeture du canal de Bourgogne en 2022) ou perte d'attrait lié à la dégradation des sites naturels. De plus, l'aire urbaine fonctionnelle dispose d'un riche patrimoine naturel avec une diversité spécifique comparable à celle des régions voisines (SCRE Ile-de-France, 2013^[34]). L'Ile-de-France abrite 24% de forêts, dont 57% sont classées Natura 2000. La forêt de Fontainebleau accueille en moyenne 15 millions de visiteurs chaque année (Office de tourisme du pays de Fontainebleau, 2022^[35]). La dégradation des espaces naturels pourrait réduire l'attrait touristique de ce patrimoine.

Agriculture

L'aire urbaine fonctionnelle est également propice à l'activité agricole, elle-même consommatrice importante d'eau et dépendante de sols peu secs. Située au cœur du Bassin parisien, l'aire urbaine fonctionnelle a un poids agricole important. Avec plus de 50% des terres destinées à l'agriculture, l'aire urbaine fonctionnelle fournit le marché national en blé tendre (4.5%), betterave (10.2%) ou colza (4.9%). Au sein de l'aire urbaine fonctionnelle, la région Ile-de-France approvisionne le Nord de l'Europe en orge (9.1% de la production française (Institut Paris Région, 2021^[8])).

Une raréfaction de la ressource en eau peut conduire à une diminution des rendements agricoles. Par exemple, les pertes de rendement de culture du blé peuvent atteindre entre 10 et 30% en période de sécheresse en France (Debaeke and Bertrand, 2008^[36]) (INRA, 2006^[37]). À la suite de la sécheresse de l'été 2022, on estime entre 20 et 50% les pertes sur les récoltes de maïs en Ile-de-France et il semblerait que les cultures de tournesol et betterave soient également impactées (France, 2022^[38]). Ce risque est d'autant plus grand que l'aire urbaine fonctionnelle présente des cultures très consommatrices d'eau (e. g pommes de terre, maïs, betteraves...). Ces impacts affecteraient également les échanges commerciaux de la région alors qu'elle est aujourd'hui un exportateur de céréales important en Europe.

Industrie

De même, le secteur industriel est vulnérable car il dépend de la ressource en eau tant pour sa production que pour le refroidissement des installations. Or, la région Ile-de-France est aujourd'hui le principal pôle industriel en termes d'emplois. Parmi les secteurs les plus importants figurent, l'industrie automobile, l'électronique, l'aéronautique mais aussi l'agro-alimentaire (Institut d'aménagement et d'urbanisme, 2016^[39]). Dans une moindre mesure, l'industrie pharmaceutique et chimique sont tributaires de la Seine (EPTB Seine Grands Lacs, 2021^[19]) et peuvent être impactés par les normes de qualité de l'eau en cas de rejets.

Energie

L'aire urbaine fonctionnelle est dépendante des ressources énergétiques pour ses activités économiques et sociales. Elle consomme plus de 25% de la consommation nationale d'électricité (RTE, 2021^[40]), produite sur tout le territoire national. La centrale de Nogent sur Seine produit à elle-seule 4.5% de la production nationale en 2021 soit l'électricité de 2.5 millions d'habitants (équivalent à 19% de la population de l'aire urbaine fonctionnelle). En cas d'arrêt des centrales lié aux températures, ou couple débit/température réglementaire, il est plus que probable que d'autres centrales du pays soient également affectées de façon similaire, exposant l'aire urbaine fonctionnelle à des risques de coupure. RTE a par exemple évalué que pour des coupures de plus de 30 minutes, le coût économique unitaire moyen pour une entreprise augmente fortement, pour atteindre 15 000 euros. De même, une panne de plus de 3 minutes coûte 26€/kWh aux usagers en moyenne (19€/kWh pour les ménages et 34€/kWh pour les entreprises), un coût bien supérieur au coût de l'électricité (Mignon Hervé, 2022^[41]). C'est sans compter sur les impacts indirects liés à de telles coupures.

Enfin, l'aire urbaine fonctionnelle s'est dotée de réseaux de chaleur et de froid, fonctionnant à partir des ressources en eau. Les réseaux de chaleur alimentent tous les hôpitaux de Paris en eau chaude sanitaire, 40% du tertiaire et 45% du résidentiel social (CPCU, 2019^[27]) (APUR, 2006^[26]). Les réseaux de froid, alimentés en grande partie par l'eau de la Seine, desservent musées, hôtels et bureaux à hauteur de 17% de leurs besoins (APUR, 2019^[25]). Ces réseaux calorifiques devraient se développer davantage. Si les réseaux de chaleur sont relativement peu menacés par une raréfaction de l'eau, les réseaux de froid doivent respecter des températures de rejet limites et utilisent de l'énergie pour le rafraîchissement. En cas de hautes températures, la ressource pourrait donc s'avérer indisponible, ou les coûts de refroidissement (« cooling ») augmenteraient fortement. Enfin, en l'absence de réseaux de froid, on peut anticiper des impacts sanitaires (impacts d'une canicule), énergétiques (plus grande consommation d'électricité pour des solutions de remplacement) et économiques (moindre fréquentation des commerces et touristique).

Cadre bâti

L'aire urbaine fonctionnelle héberge 34 quartiers d'affaires, 54.5 millions de m² de bureaux et l'espace bâti se compose à 46.3% d'habitats individuels (Institut Paris Région, 2021^[8]). Le risque lié au retrait-gonflement des sols argileux entraîne des dommages sur le bâti et donc des coûts (38% des indemnités du dispositif CatNat) (Ministère de l'Environnement et de la Cohésion des Territoires, 2022^[42]).

Télécommunications

Le système de télécommunication francilien repose sur un réseau de fibre optique, plusieurs centaines d'antennes et plus d'un tiers des datacenters de France (123 en Ile-de-France) (Ville de Paris, 2021^[5]), (Institut Paris Région, 2021^[8]). Le système est très énergivore et peut utiliser l'eau à des fins de refroidissement, tout en veillant à respecter une température maximale de rejet. Les datacenters peuvent éventuellement utiliser des systèmes de refroidissement additionnels. Les impacts en cas d'incapacité de refroidissement ne sont pas connus à ce jour.

Des enjeux sociaux

Les enjeux sociaux liés à une raréfaction en eau sont étroitement liés à la vulnérabilité de certaines populations qui les expose à des risques sanitaires ou de précarité accrue.

Un moindre accès à l'eau potable ou une perturbation des réseaux de froid peuvent entraîner des conséquences désastreuses sur les populations vulnérables (e. g surmortalité lors des canicules, risques

sanitaires...). Aujourd'hui, on estime à 58% les morts d'événements météorologiques extrêmes liées à des épisodes de sécheresse en raison des impacts de ces aléas sur la sécurité alimentaire, la qualité de l'eau voire son indisponibilité. (United Nations office for disaster risk reduction, 2021^[15]). Ces conséquences seront d'autant plus importantes que la population connaîtra des canicules à la fois plus fréquentes et plus longues et verra donc ses besoins en eau augmenter.

Aujourd'hui, le risque d'indisponibilité en eau potable est jugé peu probable, notamment en raison d'une solution de secours consistant à puiser dans la nappe de l'Albien, une réserve stratégique pour l'alimentation en eau potable en cas de crise majeure (Ville de Paris, 2021^[5]) pour laquelle un nombre limité de nouveaux forages est autorisé et précisé pour chaque département de l'aire urbaine fonctionnelle. Toutefois, le prix de l'eau pourrait augmenter face aux traitements additionnels nécessaires en cas de contamination ou augmentation des températures affectant les réseaux d'eau. Ceci aggraverait la précarité des ménages les moins aisés et affecterait certaines entreprises.

En effet, la concentration en polluants induite par des volumes d'eau plus faibles et le développement de pathogène lié à des températures plus élevées crée des risques sanitaires et pourrait nécessiter davantage de traitements. Au-delà des impacts sur l'eau potable, une contamination des eaux de surface (pathogènes ou polluants) peut également conduire à des rejets toxiques interdisant par exemple la baignade ou la pisciculture (AESN, 2019^[20]).

Les impacts de la sécheresse sur l'agriculture pourraient également fragiliser à la fois la sécurité alimentaire de la région et créer une hausse des prix des produits alimentaires. Une perte de rendements de blé de 10 à 30% peut par exemple conduire à une augmentation des prix de 16% en France (Debaeke and Bertrand, 2008^[36]) (INRA, 2006^[37]). Or, le Plan régional pour une alimentation locale, durable et solidaire adopté en février 2021 a vocation à renforcer l'indépendance alimentaire des franciliens. En cas de pertes agricoles importantes, ce plan pourrait être remis en cause et le pouvoir d'achat des consommateurs serait affecté, au risque d'augmenter la précarité des ménages les moins aisés.

Alors que le modèle économique de certains systèmes sera impacté, la raréfaction de la ressource en eau risque de se répercuter sur les emplois, avec à nouveau un risque de précarité accru pour certains secteurs.

Enfin, ces risques généreront des tensions sur les usages de l'eau en raison des priorités données à certains secteurs. Il y a donc un enjeu social de maîtrise d'éventuels conflits qui surviendraient lors du partage de la ressource.

Des enjeux environnementaux

L'aire urbaine fonctionnelle de Paris abrite une grande biodiversité qui fournit des services écosystémiques (cycle de l'eau, alimentation...). Par exemple, les zones humides (4% du territoire de la région Ile-de-France (Région Ile-de-France, 2019^[43])) filtrent l'eau naturellement (épuration par dégradation de l'azote, phosphore...) et la régulent (rétention/restitution d'eau). Plus généralement, les milieux aquatiques assurent une continuité écologique indispensable au transport de sédiments, reproduction des espèces et fonctionnement naturel des cours d'eau.

Or, les épisodes de sécheresse sont propices à la prolifération d'algues en raison de concentrations chimiques d'éléments nutritifs dans l'eau défavorables au bon état écologique. Cette prolifération prive les eaux de surface en oxygène, affectant directement la biodiversité aquatique. Les rejets de l'agriculture et de l'assainissement entraînent des perturbations des masses d'eau telles qu'un manque d'oxygène, ou une toxicité qui remet en cause la production d'eau potable, la baignade et le bon état écologique. En cas de sécheresse, ces impacts seront accentués. Enfin, la sécheresse peut également limiter les réserves en eau des nappes superficielles qui ne pourront plus assurer leur fonction de soutien au débit d'étiage ou le maintien des zones humides.

Par ailleurs, les villes disposent d'infrastructures « vertes » telles que des parcs et jardins qui ont un rôle primordial dans la vie des citoyens. Au-delà des services récréatifs qu'ils offrent, ces espaces naturels permettent de limiter les phénomènes d'îlots de chaleur mais également de réguler les eaux pluviales. La Ville de Paris envisage par exemple de planter plus de 170 000 arbres pour lutter contre les canicules (Ville de Paris, 2021^[1]). L'eau est indispensable à la préservation de ces services écosystémiques. Des épisodes de sécheresse et les restrictions d'usage de l'eau qui y sont associées pourraient avoir des effets dévastateurs sur ces espaces et leurs services.

Enfin, l'aire urbaine fonctionnelle abrite également des espèces animales et végétales, avec plus de 1 300 espèces animales dont 129 protégées et plus de 630 espèces de plantes (Ville de Paris, 2018^[44]). Ces espèces dépendent d'environnements naturels sains, eux-mêmes dépendants de la ressource en eau. Les impacts des sécheresses sur les zones humides, forêts ou prairies pourraient également être dévastateurs pour la faune et la flore locales.

Des enjeux liés à la concomitance d'aléas

Au-delà des effets sur l'environnement et les services écosystémiques, le risque de raréfaction de la ressource en eau peut générer des effets dominos importants. Par exemple, la sécheresse favorise les incendies de forêts et de champs (GIEC, 2022^[23]). Une telle concomitance d'événements est particulièrement dangereuse dans un contexte de ressources en eau déjà sous tension.

De même, canicules et sécheresses peuvent se produire simultanément avec des enjeux de gestion d'allocation de l'eau importants pour préserver les écosystèmes, l'agriculture, la production électrique et la santé des populations. Durant l'été 2022, alors que les températures de l'eau remettaient en cause l'activité de certaines centrales nucléaires sur le territoire français, des dérogations ont permis de réduire leur production à condition de limiter les impacts sur les milieux aquatiques (Ministère de la Transition Energétique, 2022^[45]). Un arrêt de ces centrales affecterait directement la consommation d'électricité de l'aire urbaine fonctionnelle. Ce type de décisions résulte d'arbitrages mettant en avant les priorités d'usage définies dans un contexte de crise énergétique, de canicule et de sécheresse simultanés.

En cas de raréfaction de l'eau, la concomitance d'aléas climatiques et de crises énergétiques ou sanitaires augmentent par ailleurs les risques de perte de biodiversité, aggravant parfois les épisodes de sécheresse et donc la raréfaction de l'eau. De façon similaire, les épisodes de sécheresse des sols favorisent le risque d'inondation lié à un plus grand ruissellement. Au-delà des dommages causés par les inondations, le ruissellement augmente également le lessivage et la saturation des réseaux, dégradant la qualité des eaux de surface. Une gestion holistique et intégrée des risques climatiques est donc un enjeu en cas de raréfaction de la ressource en eau.

4 Une gestion intégrée et déconcentrée du risque de raréfaction

La stratégie nationale d'adaptation au changement climatique prévoit « l'intégration des enjeux de résilience des écosystèmes et de la disponibilité en eau présente et future dans toutes les politiques publiques et schémas sectoriels des activités économiques ».

Au niveau du bassin versant, la stratégie d'adaptation au changement climatique définit 8 grandes orientations et 33 dispositions pour assurer la résilience du bassin. Il s'agit de mieux anticiper et gérer les épisodes de sécheresse, protéger la ressource, adapter la demande et limiter les ruissellements et autres effets de l'urbanisation. À terme, le bassin doit assurer l'équilibre entre offre et demande en eau.

Dans son Plan Climat Air Energie adopté en 2018, la Métropole du Grand Paris a analysé la vulnérabilité de la ressource en eau. Jugée faible à moyenne, le plan mentionne des tensions locales sur certaines ressources souterraines qui pourraient être accentuées par l'augmentation des épisodes de sécheresse. De plus, la Métropole s'interroge sur les risques futurs induits par l'augmentation projetée de la population, le développement économique et des usages tels que la végétalisation de la ville ou le développement de l'agriculture urbaine.

Au niveau des villes, des stratégies et plans se développent pour diversifier les sources d'eau et limiter les effets du réchauffement climatique. À Paris par exemple, le plan Paris Pluie prévoit de valoriser les eaux pluviales pour lutter contre les inondations et rafraîchir la ville en été. La ville a d'ailleurs publié un certain nombre de plans stratégiques et d'analyses de vulnérabilité qui tiennent compte du risque de raréfaction (Plan climat, stratégie de résilience...).

Enfin, la gestion des sécheresses est aujourd'hui très encadrée (arrêté n°2015103-0014 du 13 avril 2015 et arrêté n°IDF-2022-02-22-00008 du 22 février 2022). En effet, en situation d'étiage, des seuils permettent de mettre en place des mesures progressives de restrictions d'usages. Ces seuils sont définis à partir de chroniques de débits recensés sur une période allant jusqu'à 2006 qui permettent de jauger de la gravité relative des situations en cours. Ils permettent aux préfets de déclarer l'état de vigilance, d'alerte, d'alerte renforcée ou de crise.

Pour comprendre comment ce risque est géré, il est important de comprendre qui sont les acteurs impliqués dans sa gestion.

La gestion de l'eau se fait de manière intégrée, impliquant à la fois des organismes gestionnaires de la ressource et les autorités administratives de l'État. Elle est encadrée par une législation européenne retranscrite dans le droit français et implique de multiples acteurs.

Les services de l'État

Acteurs nationaux

- **Le Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires (MTECT)** élabore les politiques publiques de gestion de la ressource en eau. Plusieurs directions et organes y contribuent :
 - *La Direction de l'eau et de la biodiversité* conçoit, évalue et met en œuvre les politiques de l'eau, des espaces naturels, de la biodiversité terrestre et marine et des ressources minérales

- non énergétiques en vue de garantir la préservation et un usage équilibré de ces ressources. La direction s'appuie sur les organismes de gestion de l'eau et des services déconcentrés.
- *La Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR)* a pour mission d'identifier et quantifier l'ensemble des risques, y compris la sécheresse pour mener les politiques de prévention adaptées.
 - *Le Comité de l'Eau* est un organe consultatif rattaché au MTECT pour examiner les questions relatives aux grands bassins hydrographiques et proposer des mesures. Il est constitué de 166 membres, y compris des usagers, des collectivités et les présidents des comités de bassin. Il formule notamment des avis sur la qualité des services publics de distribution et d'assainissement de l'eau et sur les projets des bassins versants.
 - *Le Commissariat Général au Développement Durable (CGDD)*, rattaché au MTECT permet d'évaluer, *a posteriori*, l'action des acteurs responsables de la gestion de la ressource en eau afin de la faire évoluer. Par exemple, le CGDD a été mandaté pour formuler un retour d'expérience à la suite de l'épisode de sécheresse de 2019 afin de proposer des recommandations pour améliorer l'anticipation et la gestion de ce type d'évènements.
- **L'Office Français pour la Biodiversité (OFB)** contrôle et surveille des milieux aquatiques. Il est responsable de l'Observatoire National Des Étiages (ONDE) qui permet de caractériser les étiages estivaux. Il permet de visualiser l'état d'écoulement des petits cours d'eaux, ce qui en fait un outil d'anticipation essentiel des sécheresses (les « petits cours d'eau » réagissant plus vite).
 - **Le ministère de l'Agriculture** est responsable du développement durable des filières agricoles, alimentaires et forestières. À ce titre, il intègre la préservation de la ressource en eau à ses politiques et finance des ouvrages hydrauliques. C'est toutefois la politique agricole commune décidée au niveau européen qui définit les grands principes donnant droit aux régimes d'aides nécessaires à la construction d'infrastructures hydrauliques par exemple.
 - **Le ministère de l'Économie et des Finances** assure la tutelle des agences de l'Eau et participe à la régulation du régime d'indemnisation Cat Nat. Le ministère peut également participer au Fonds National de Gestion des Risques en Agriculture (FNGRA) qui indemnisent les agriculteurs en cas de dommages liés aux calamités agricoles, parmi lesquelles figurent les sécheresses.

Services déconcentrés de l'État

- **La Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement, l'Aménagement et des Transports (DRIEAT Ile-de-France)** joue un rôle de police de l'eau (ensemble des activités d'instruction et de contrôle de la protection et de la qualité de l'eau dépendant de l'État et visant l'application des lois concernant la ressource en eau). Elle instruit donc les demandes d'autorisation de prélèvements, contrôle les installations et formule des avis techniques.
- **Les directions départementales des territoires (DDT)** jouent un rôle de police de l'eau pour les projets situés en grande couronne
- **La Mission Interdépartementale et Interservices de l'Eau et de la Nature (MISEN), sous l'autorité de la DRIEAT**, coordonne les services de l'État et les organismes publics de gestion de l'eau. La MISEN veille par exemple à l'articulation des politiques de l'eau avec les politiques sanitaires ou la gestion des axes fluviaux et leur intégration dans les politiques sectorielles locales.

- **Les préfets de département** sont responsables de la mise en place d'arrêtés départementaux ou interdépartementaux de « vigilance et gestion des usages de l'eau en cas de sécheresse ou de risque de pénurie ».

Les acteurs du Bassin Versant

Le bassin Versant Seine-Normandie est incarné par le préfet coordonnateur de bassin, le Comité de bassin, l'Agence de l'Eau et le conseil d'administration du bassin

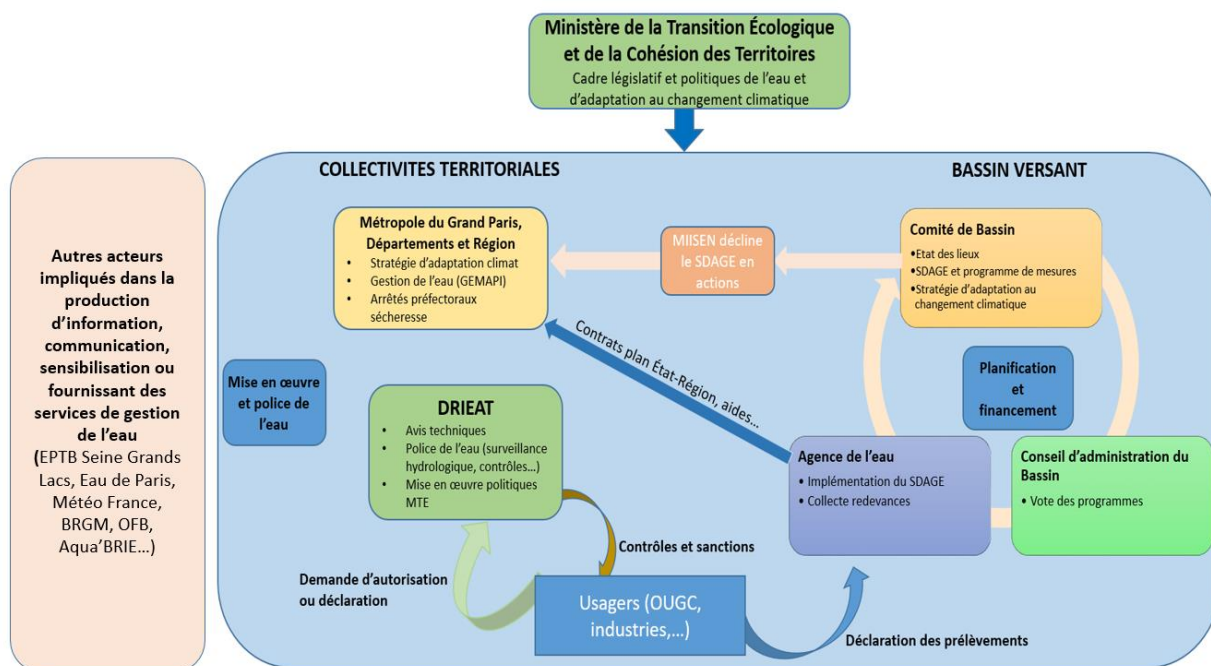
- **Le préfet coordonnateur de bassin** est l'autorité compétente désignée par l'État français pour l'application de la directive cadre sur l'eau au sein de chaque bassin versant. Il anime et coordonne l'action des préfets des départements et des régions. Il définit les zones de répartition d'eau, affectant ainsi les règles de prélèvement et a un pouvoir de gestion des crises. Il peut également formuler les arrêtés sécheresse et les seuils limites qui permettent de définir ces arrêtés.
- **Le comité de Bassin Seine Normandie** regroupe des acteurs publics (40% issus des collectivités locales, 20% représentant l'État) et des représentants des usagers et associations (40%). Il définit et approuve les grands axes de politique de gestion de l'eau. C'est notamment le comité qui élabore les Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des eaux (SDAGE) et le plan d'adaptation au changement climatique du bassin. Le SDAGE est un outil de planification essentiel de la gestion de l'eau au niveau du bassin à valeur juridique. Par exemple, le dernier SDAGE (2022-2027) précise que « les services de l'État s'assurent que le volume total des prélèvements autorisés ne dépasse pas 140 000 m³ /jour dans l'objectif de préserver l'équilibre quantitatif ». Ils suggèrent également de « favoriser l'infiltration à la source et la végétalisation de la ville ».
- **L'agence de l'Eau Seine Normandie** : établissement public de l'État à caractère administratif. Il finance les projets de protection de la ressource et du milieu naturel. L'agence de l'eau est placée sous la tutelle du MTECT et du ministère de l'Économie et des finances. L'Agence de l'eau reçoit les déclarations de prélèvements des usagers et se finance en partie grâce aux redevances liées à ces usages.
- **Établissement public territorial de bassin (EPTB)** : Syndicat mixte qui permet d'apporter aux collectivités une cohérence de bassin en assurant un rôle de coordination, d'animation, d'information et de conseil dans ses domaines et périmètres de compétences. Parmi les EPTB, l'EPTB Seine Grands Lacs assure la protection et la prévention contre les inondations, ainsi que le soutien d'étiage, grâce à 4 lacs réservoirs. Paris, les départements des Hauts-de-Seine, de Seine-Saint Denis et du Val-de-Marne, la Métropole, la région Grand Est et de trois communautés d'agglomérations sont membres de cet EPTB.

Les acteurs des collectivités territoriales

Les collectivités territoriales sont responsables des intérêts des populations tels que la salubrité ou la sécurité (accès à l'eau potable, services d'assainissement, ...). Au-delà des compétences liées à la gestion de l'eau, les collectivités territoriales sont encouragées à proposer une stratégie d'adaptation au changement climatique tenant compte des spécificités locales et du risque de sécheresse.

- **La région Ile-de-France** est responsable de l'aménagement du territoire et de l'environnement (parcs naturels régionaux, gestion des déchets, transports...), du développement économique et de la gestion des programmes européens (développement rural, social...). À ce titre, elle publie un schéma directeur pour la région (SDRIF) et un schéma régional de cohérence écologique qui encadrent les plans d'urbanisme communaux et guident les stratégies de développement des communes ou de la Métropole du Grand Paris. Un SDRIF environnemental pour 2040 devrait être adopté d'ici 2024. Ce plan régional intègre les enjeux climatiques aux projets d'aménagement du territoire (e.g. sobriété foncière, expansion des terres agricoles, préservation de trames bleues...)
- **La Métropole du Grand Paris (en concertation avec des élus et délégués des communes)** aménage l'espace métropolitain et est garante de la politique locale de l'habitat. Elle a une compétence de gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations (GEMAPI) qui lui permet d'aménager le bassin versant, les cours d'eau et la rend responsable de lutter contre le risque d'inondation, restituer les continuités écologiques et préserver les zones humides. La Métropole du Grand Paris a approuvé en 2022 son Schéma de Cohérence Territoriale qui intègre des références à la gestion des eaux pluviales, notamment pour une meilleure rétention des eaux dans le sol.

Graphique 4.1. Acteurs impliqués dans la gestion de la ressource en eau



Note : OUGC : Organisme Unique de Gestion Collective ; MISEN : Mission Interdépartementale et Inter-services de l'Eau et de la Nature ; DRIEAT : Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement, l'Aménagement et des Transports
Source : OECD

Il existe donc un enjeu de cohérence et de complémentarité entre ces acteurs, qui nécessite coordination et concertation. Il est également nécessaire de s'assurer que les acteurs en première ligne dans la gestion du risque de raréfaction de la ressource en eau, disposent des moyens suffisants (politiques, légaux, humains, financiers) pour y faire face.

5 Objectifs de l'étude

La Ville de Paris, la Métropole du Grand Paris et l'EPTB Seine Grands Lacs ont souhaité initier une étude visant à mieux connaître les impacts socio-économiques et les effets combinatoires de la raréfaction de la ressource en eau dans un contexte de changement climatique, du risque d'étiage à l'échelle du bassin versant de la Seine et à identifier les leviers de résilience à activer.

Cette étude aura donc pour objectifs :

- L'évaluation des impacts socio-économiques d'une raréfaction de l'eau à l'échelle de l'aire urbaine fonctionnelle de Paris, dans une perspective de moyen/long terme. Elle complétera ainsi l'étude menée par l'EPTB sur le risque d'étiage sévère, par un approfondissement des impacts socio-économiques, qui seront estimés de la manière la plus exhaustive possible sur l'ensemble des systèmes potentiellement touchés.
- L'analyse des possibles effets dominos d'un étiage sévère, grâce à la simulation de scénarios combinatoires (avec des chocs tels que des canicules ou incendies ou des stress tels qu'une perte de biodiversité). Ce regard systémique devrait permettre de mieux comprendre les interdépendances entre les aléas, entre les systèmes, et entre les acteurs.
- L'analyse des mesures en place en matière d'eau potable, de gestion du fleuve et des cours d'eau, de l'eau de pluie, des eaux usées, des filières d'énergie, des usines, de l'approvisionnement alimentaire, de protection des infrastructures...
- De proposer et promouvoir des mesures permettant d'améliorer la résilience de l'aire urbaine fonctionnelle face à la raréfaction de la ressource en eau

Cette étude intervient dans le cadre des travaux plus larges de la Ville de Paris, la Métropole du Grand Paris et l'EPTB Seine Grands Lacs. En effet, ces travaux ont révélé une relative capacité d'adaptation au risque de raréfaction de l'eau grâce à des plans stratégiques (Plan Climat de la ville de Paris, stratégie de résilience, Plan Climat Air Energie de la Métropole, ...) et des mesures de gestion mises en place par les institutions (Préfecture, lacs réservoirs de l'EPTB Seine Grands Lacs...). Toutefois, ces travaux indiquent également un besoin d'amélioration de la gouvernance (outils, partage des données entre acteurs, etc.) pour faire face aux enjeux futurs. Les réponses aux crises devront être pensées de façon systémique et indépendante des frontières territoriales et administratives

Cette étude prospective sera la première à évaluer la robustesse du cadre mis en place pour faire face au risque de raréfaction de l'eau et à analyser de façon systématique les impacts d'une raréfaction future sur les systèmes de l'aire urbaine fonctionnelle.

Analyse des impacts socio-économiques et environnementaux

L'analyse des impacts permettra d'identifier les systèmes les plus impactés et les conséquences économiques du changement climatique sur la ressource en eau pour l'aire urbaine fonctionnelle Paris. Des travaux de modélisation permettront d'estimer l'impact d'un changement dans l'offre d'eau sur les différents secteurs économiques, puis l'impact global sur la région Parisienne, voire le pays. L'analyse quantitative et qualitative d'autres phénomènes déterminants (ex. santé, environnement – qualité de la

ressource, pollution, biodiversité, sera intégrée aux projections d'une manière quantitative (si les données existent) et qualitative (revue de littérature, questionnaires, entretiens).

Afin d'évaluer les impacts du changement climatique sur la ressource en eau, l'évolution des pressions anthropiques sera également analysée. Cet exercice de prospective nécessite donc de construire des scénarios socio-économiques plausibles à des horizons de temps plus ou moins lointains. Si les scénarios de l'INSEE pourront être utilisés pour les projections démographiques, les scénarios d'usage des sols, d'évolutions des pratiques agricoles, industrielles, d'accès à l'eau potable ou toute activité économique nécessitent une concertation entre experts sectoriels et décideurs. Ces scénarios permettront de qualifier la demande en eau future et la vulnérabilité des usagers face au risque de raréfaction de l'eau.

Évaluer le cadre mis en place pour l'adaptation au risque de raréfaction de la ressource

L'OCDE analysera les mesures en place pour réduire l'exposition et la vulnérabilité au risque de raréfaction de l'eau. Ces mesures peuvent être réglementaires (régime d'allocation de l'eau en cas de pénurie, arrêtés préfectoraux et restriction des usages), structurelles (réservoirs et maillage des réseaux d'approvisionnement, actions sur le réseau d'assainissement, soutien d'étiage), écologiques (préservation, restauration des zones humides et des lits majeurs des cours d'eau), voire liées à des compensations pour certains acteurs (agriculteurs, producteurs). Par exemple, pour le réseau d'eau potable, l'OCDE évaluera le niveau d'interconnexion des réseaux d'eau, la diversité des ressources mobilisées, le dimensionnement des infrastructures pour pallier un pic de demande, et plus largement les politiques mises en place aux différentes échelles géographiques pour s'adapter au risque futur de raréfaction de l'eau. L'étude conduite par l'OCDE évaluera donc la robustesse du cadre mis en place pour faire face à ces défis. Cette analyse reposera en partie sur des recherches, questionnaires et entretiens. Elle sera complétée par une analyse par des pairs, et une comparaison entre la gestion du bassin Seine Normandie et celle de bassins/régions similaires. Le cadre s'entend comme les lois, les mesures et la gouvernance mises en place pour anticiper le risque de raréfaction de la ressource. Cette analyse s'appliquera autant aux élus, qu'aux acteurs privés et services de l'État. En effet, les leviers de résilience existent à la fois dans l'optimisation de la demande en eau et dans la gestion de la ressource.

Dans un cadre de gestion de l'eau à plusieurs échelles, il sera important d'évaluer le soutien apporté par le gouvernement aux acteurs locaux pour assurer la gestion du risque de raréfaction de la ressource. De même, l'étude cherchera à comprendre les mécanismes utilisés par les acteurs locaux, ainsi que les défis rencontrés pour faire face au risque de sécheresse. En parallèle, l'étude évaluera la connaissance du risque des secteurs consommateurs d'eau et les moyens mis en place pour adapter la demande en eau.

L'OCDE préparera donc un questionnaire afin de collecter des informations sur le degré de connaissance du risque (évaluation de l'exposition, de la vulnérabilité, projections, méthodes utilisées) et les mesures mises en place par les parties concernées pour la gestion du risque. Les acteurs visés sont :

- Les acteurs publics responsables d'infrastructures critiques
- Les acteurs privés
- Les élus des collectivités couvertes par l'étude.

L'analyse du questionnaire est complétée par :

- Des entretiens.
- Une analyse par les pairs : l'objectif est d'associer des représentants de villes similaires afin de fournir une analyse comparative de la gestion du risque de pénurie d'eau.

Références

- AESN (2019), *Etat des lieux du bassin versant Seine Normandie*. [20
]
- AESN; DRIEE (2016), *Mission sur le fonctionnement hydrologique du bassin de la Seine*, Agence Eau Seine Normandie, <https://doi.org/10.5194/hess-2016-308>. [10
]
- APUR (2019), *Les besoins en froid des bâtiments parisiens*, https://www.apur.org/sites/default/files/documents/publication/etudes/note_149_besoins_froid_batiments_parisiens.pdf?token=s7MetKvA (accessed on 2 August 2022). [25
]
- APUR (2006), "Les réseaux de chaleur à Paris et en petite couronne". [26
]
- Boé, J. et al. (2018), *Scénarios sécheresse sur le bassin Seine-Normandie*. [17
]
- CGEDD (2019), *Retour d'expérience sur la gestion de la sécheresse 2019 dans le domaine de l'eau*. [4
]
- Comité de Bassin Seine Normandie (2016), *Stratégie d'adaptation au changement climatique du Bassin Seine-Normandie*, Comité de Bassin Seine-Normandie. [16
]
- CPCU (2019), *Informations et chiffres clés 2018*, <http://www.cpcu.fr/Nos-engagements/NOS-ENJEUX> (accessed on 2 August 2022). [27
]
- Debaeke, P. and M. Bertrand (2008), "Évaluation des impacts de la sécheresse sur le rendement des grandes cultures en France", *Cahiers Agricultures*, Vol. 17/5, pp. 437-443, <https://doi.org/10.1684/agr.2008.0230>. [36
]
- DRIEE (2012), *Note sur les enjeux dans le domaine de l'eau*. [2
]
- EPTB Seine Grands Lacs (2021), *Etude globale sur l'incidence socio-économique et environnementale des étiages sévères sur le bassin amont de la Seine*. [12
]
- EPTB Seine Grands Lacs (2021), *Etude globale sur l'incidence socio-économique et environnementale des étiages sévères sur le bassin amont de la Seine*. [19
]
- Fiorillo, D. et al. (2021), "Assessing the Impact of Climate Change on Future Water Demand using Weather Data", *Water Resources Management*, Vol. 35, <https://doi.org/10.1007/s11269-021-02789-4>. [6
]
- France, C. (2022), *Sécheresse: Retours au 1er Septembre 2022*. [38
]
- Garnier, E. (2012), *Sécheresses et canicules avant le global Warming – 1500-1950*. [13
]
- GIEC (2022), *6ème évaluation, Groupe de Travail 1: Les fondements scientifiques- Chapitre 8: Les changements des cycles de l'eau*. [23
]
- GIEC (2022), *6ème Evaluation, Groupe de Travail 2: Impacts, Adaptation et Vulnérabilité*, <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/> (accessed on 17 October 2022). [21
]

- HAROPA Port (2019), *Rapport d'Activité 2019*, <https://www.haropaport.com/fr/publications/rapport-dactivite-2019> (accessed on 2 August 2022). [32]
- INRA (2006), *Sécheresse et agriculture - Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau*. [37]
- INSEE (2022), "Projections démographiques en Ile-de-France à horizon 2070: vieillissante, la région resterait la plus jeune de France" INSEE Flash Ile-de-France n°72, <https://www.insee.fr/fr/statistiques/6666275>. [30]
- INSEE (2019), *Organisation, fonctionnement et dynamiques de l'espace autour de Paris et de l'Île-de-France - Insee Dossier Ile-de-France*, <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4172612> (accessed on 2 August 2022). [9]
- Institut d'aménagement et d'urbanisme (2016), *Les lieux de l'industrie en Ile-de-France*, https://www.institutparisregion.fr/fileadmin/NewEtudes/Etude_1244/Les_lieux_de_l_industrie_en_IDF.pdf (accessed on 8 September 2022). [39]
- Institut Paris Région (2021), "Chiffres-clés de la région Île-de-France 2021". [8]
- Lehner, F. et al. (2020), *Partitioning climate projection uncertainty with multiple large ensembles and CMIP5/6*, pp. 491-508. [22]
- Météo France (2022), *Climat HD, Les tendances des évolutions du climat au XXème siècle*, <https://meteofrance.com/climathd>. [3]
- Mignon Hervé (2022), "Quelle valeur attribuer à la qualité de l'électricité? L'avis des consommateurs", *La Revue de l'Energie*, Vol. 608, <https://www.larevuedelenergie.com/wp-content/uploads/2019/03/Quelle-valeur-attribuer-qualite-electricite.pdf> (accessed on 3 August 2022). [41]
- Ministère de la Transition Énergétique (2022), *Arrêté du 15 juillet 2022 portant homologation de la décision n° 2022-DC-0729 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 15 juillet 2022 fixant, de manière temporaire, de nouvelles limites de rejets thermiques applicables aux réacteurs de la centrale nucléaire*. [45]
- Ministère de l'Écologie, D. (2012), *Projet Explore 2070*. [31]
- Ministère de l'Environnement et de la Cohésion des Territoires (2022), *Sols argileux, sécheresse et construction*, <https://www.ecologie.gouv.fr/sols-argileux-secheresse-et-construction>. [42]
- OECD (2019), "The EU-OECD definition of a functional urban area", *OECD Regional Development Working Papers*, No. 2019/11, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/d58cb34d-en>. [24]
- OECD (2018), *Regions Cities Atlas*, https://regions-cities-atlas.oecd.org/FUA/x/x/T_T/2018. [7]
- Office de tourisme du pays de Fontainebleau (2022), *La forêt de Fontainebleau, un patrimoine exceptionnel à protéger*, <https://www.fontainebleau-tourisme.com/fr/preparer-son-sejour/destination-durable-et-en-transition/la-foret-de-fontainebleau-un-patrimoine-exceptionnel-a-proteger/>. [35]
- ONERC (2016), *Adaptation au changement climatique : Evaluation de la démarche nationale et recommandations. Rapport au Premier ministre et au Parlement*, La Documentation française. [11]
- Région Ile-de-France (2019), *Biodiversité en ile-de-France : une richesse à préserver*, [43]

- <https://www.iledefrance.fr/biodiversite-en-ile-de-france-une-riche-esse-preservee#anchor-4>.]
- Région Ile-de-France (2012), *Schéma régional du Climat, de l’Air et de l’Energie de l’Ile-de-France*. [28]
- Rousset, F. et al. (2004), *Hydrometeorological modeling of the Seine Basin using the SAFRAN-ISBA-MODCOU system*. [14]
- RTE (2021), *Futurs énergétiques 2050*. [40]
- RTE (2020), *L’équilibre offre-demande d’électricité pour l’été 2020*. [29]
- SCRE Ile-de-France (2013), *Les composantes de la trame verte et bleue, Chapitre 1*. [34]
- Soubeyroux, J. et al. (2012), “Caractérisation des sécheresses des sols en France et changement climatique: Résultats et applications du projet ClimSec”, *La Météorologie, Météo et Climat*, Vol. 78, pp. 21-30, <https://doi.org/10.4267/2042/47512i>. [18]
- United Nations office for disaster risk reduction (2021), *Global Assessment Report on disaster risk reduction 2021: Special report on drought*. [15]
- Ville de Paris (2021), *Actualisation du diagnostic de vulnérabilités et de robustesse de Paris face aux changements climatiques et à la raréfaction de la ressource en eau*. [5]
- Ville de Paris (2021), *L’adaptation aux vagues de chaleur à Paris*. [1]
- Ville de Paris (2018), *Plan biodiversité de Paris 2018-2024*. [44]
- Voies Navigables de France Bassin de la Seine (2019), *Transport et tourisme fluvial Les chiffres clés 2019*. [33]

Résilience de Paris au risque de raréfaction de l'eau

L'Europe est de plus en plus touchée par des épisodes de sécheresse intenses et longs. La sécheresse de 2022 est considérée comme la pire des 500 dernières années et pourrait devenir un scénario normal d'ici 2050. Outre les impacts immédiats sur la quantité d'eau disponible, ces changements climatiques entraîneront des conséquences profondes, notamment sur la pollution de l'eau et les risques pour la santé publique, les perturbations économiques ainsi que des risques liés aux incendies de forêt.

La raréfaction de la ressource en eau a été identifiée comme l'un des principaux risques auxquels l'aire urbaine de Paris pourrait être confrontée à cause du changement climatique. Avec des canicules plus fréquentes et un tissu urbain dense, la demande en eau potable pourrait augmenter dans un contexte de ressources en diminution. Les ressources en eau sont pourtant essentielles pour la santé publique, la production d'énergie, le fret fluvial, les écosystèmes, le tourisme ou l'agriculture. En cas de raréfaction de l'eau, l'aire urbaine subirait de lourds impacts économiques, sociaux et environnementaux.

Cette note d'enjeu présente les risques associés à la raréfaction de l'eau pour l'aire urbaine de Paris, précise le cadre de gestion du risque actuel et introduit les objectifs d'une étude approfondie.

Pour en savoir plus :

 www.oecd.org/climate-change/theme/resilience/

 Sophie.Lavaud@oecd.org
Catherine.Gamper@oecd.org

 @OECD_ENV

 OECD Environment

