



# LES CANICULES



## Question 1

Vous souvenez-vous de 2003? \_\_\_\_\_

Si les fortes chaleurs ne sont pas une caractéristique prépondérante du climat parisien, il n'en demeure pas moins que **certains épisodes caniculaires récents ont marqué fortement la mémoire collective** à l'image de la canicule de l'été 2003 et, dans une moindre mesure, celle de l'été 2006.

Ces étés là, on se souvient par exemple des nuits chaudes interminables, des températures journalières insupportables, de la chaleur du métro et du RER insupportables. **Des solutions de rafraîchissement, hier improbables**, étaient alors devenues particulièrement appréciées : galeries marchandes et salles de cinéma climatisées, brumisateurs – notamment ceux de Paris Plages – fontaines, etc.

Mais l'on se souvient aussi des conséquences sanitaires et économiques de l'épisode de 2003 : 1070\* décès en excès directement attribuables à la canicule sur Paris, des hôpitaux et services de secours débordés, une baisse de productivité observée dans les entreprises.

\*INSERM, 2003.



Paris Plages sur les quais de Seine  
© S. Robichon / Mairie de Paris



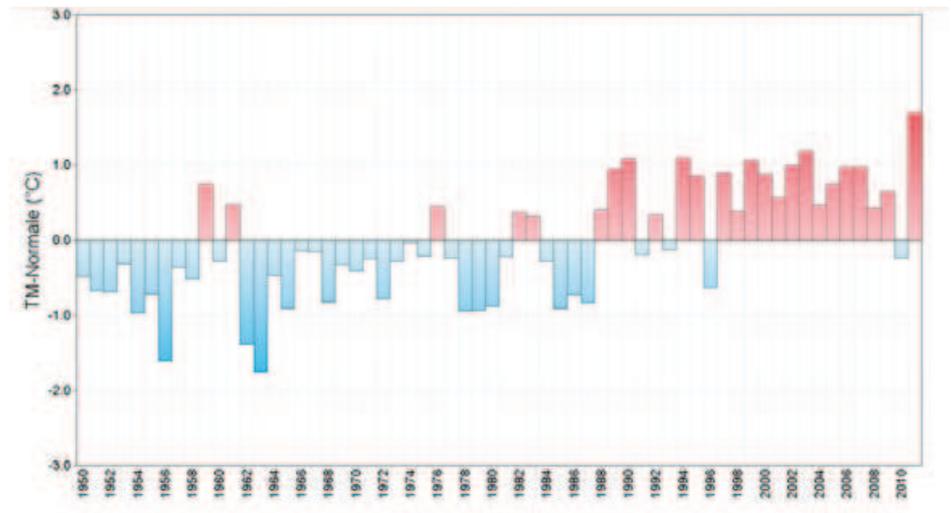
## Question 2

Avec le changement climatique, doit-on s'attendre à une augmentation des épisodes de fortes chaleurs? \_\_\_\_\_

Le climat de la ville de Paris s'est réchauffé sur la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle. Les observations montrent par ailleurs que les dernières décennies comptent parmi les plus chaudes, comme en atteste le graphique ci-contre.

Les recherches sur les futurs climatiques du territoire parisien – notamment le projet EPICEA\* – indiquent globalement une forte tendance à l'augmentation du nombre d'épisodes caniculaires dans le siècle à venir : le nombre de jours chauds pourrait ainsi doubler à l'horizon 2080 et le nombre de jours très chauds être multiplié par quatre.

Pour résumer : l'été 2003, aujourd'hui exceptionnel, pourrait devenir l'été « normal » de demain. Ainsi, avec le changement climatique, le climat parisien devrait continuer à se réchauffer et les épisodes caniculaires augmenter dans le siècle à venir.



Écart à la moyenne de la température moyenne entre 1950 et 2011 à Paris Montsouris

Source : Météo-France.

\*EPICEA : Étude Pluridisciplinaire des Impacts du Changement climatique à l'Échelle de l'Agglomération parisienne, 2012, réalisée par Météo France et CSTB, financée par la Mairie de Paris.



### Question 3

## Pourquoi fait-il si chaud en ville ?

Les épisodes de fortes chaleurs se font généralement plus ressentir en ville qu'à la campagne. En cause, les microclimats urbains qui peuvent retenir la chaleur et

augmenter ainsi encore plus la température de la ville. Autrement dit, le climat est généralement plus chaud en ville qu'à la campagne pour les raisons suivantes :

- l'importante minéralisation de l'espace (chaussées, toitures, bâtiments) favorise le stockage de la chaleur en journée et ralentit le refroidissement ambiant la nuit,
- dans une moindre mesure, la forte concentration des activités humaines (climatisation, circulation automobile, production industrielle, etc.) amplifie la température au niveau local.



La coupe ci-contre montre très bien le «dôme de chaleur» sous lequel se retrouve le centre de Paris. Lors de la canicule de l'été 2003, l'écart entre le centre de Paris et les zones rurales environnantes a pu atteindre, la nuit, 8°C.



### Question 4

## Concrètement, que peut-il arriver ?

#### Des publics particulièrement sensibles

Les fortes chaleurs peuvent directement impacter la population. Les risques de mortalité, de maladies et d'infections liés par exemple à l'accentuation des pics d'ozone ou à une dégradation de la qualité de l'eau, sont plus importants en période de canicule. En particulier, les personnes âgées et les enfants (notamment les nouveau-nés) sont les plus sensibles à leurs effets : phénomène de déshydratation accentué, risque cardiovasculaire potentiellement amplifié, etc.

#### Des conséquences économiques

D'autres effets d'ordre économique peuvent être ressentis : les conditions de travail des actifs ne sont plus les mêmes et la productivité baisse. Les habitudes et les comportements changent : les restaurateurs installent des systèmes de ventilation et de brumisation afin d'attirer les touristes, les parcs publics sont beaucoup plus investis par les populations par exemple.

#### Des réseaux et infrastructures potentiellement fragilisés

Les effets des canicules sur les populations et leurs comportements mais aussi sur l'environnement entraînent toutes sortes de complications pour les infrastructures et les réseaux qui font vivre la ville. Les services et infrastructures d'eau, de santé, d'énergie et de trans-

port peuvent être durement touchés :

- l'eau potable et son assainissement sont spécifiquement concernés. La chaleur implique le développement de microbes ainsi qu'une pollution plus concentrée dans l'eau qui altèrent sa qualité ; de même, la chaleur augmente le besoin de rafraîchissement des populations (douches, besoins d'hydratation) qui peut se traduire par une augmentation de la demande en eau potable,
- les systèmes de santé peuvent être sensiblement sollicités comme ce fut le cas en 2003. La chaleur étant particulièrement ressentie dans les zones urbaines, les publics sensibles (personnes âgées, enfants en bas âge) sollicitent en général les personnels de santé plus que d'habitude. Le problème est d'autant plus important qu'en période estivale, les services fonctionnent souvent avec de moindres effectifs,
- le système énergétique est également très sollicité alors qu'il s'agit traditionnellement de la période de l'année où les consommations sont les plus faibles avec plusieurs centrales de production à l'arrêt. Ainsi, une forte augmentation de la consommation liée aux climatiseurs est observée. Le réseau de distribution est aussi fragilisé. En effet, les températures élevées peuvent

entraîner des problèmes pour acheminer l'énergie depuis la centrale jusqu'aux utilisateurs finaux. On estime qu'il peut y avoir des pertes à hauteur de 11% de l'énergie acheminée contre 7 à 8% en temps normal ! Enfin, le système de refroidissement des centrales d'Île-de-France est potentiellement mis à mal. La Seine n'est pas suffisamment froide pour assurer un bon refroidissement et les rejets se font à des températures très élevées pour le milieu ambiant et les écosystèmes,

- au niveau des transports, des limitations de vitesse voire une circulation alternée des véhicules personnels peuvent être décidées afin de réduire les émissions de pollution, ce qui entraîne de sérieux problèmes de gestion des flux de transports en commun du fait d'un report modal. L'infrastructure ferroviaire se dégrade aussi sous les fortes chaleurs avec notamment la déformation des rails et la rupture de caténaires.

#### Des impacts sur les écosystèmes et espaces verts

La faune et la flore parisiennes risquent de subir un stress plus difficile à gérer si des périodes de canicule deviennent de plus en plus nombreuses. Par ailleurs, les parcs sont extrêmement sollicités en période de chaleur par le public.



Parc des Buttes-Chaumont  
© G. Maroussie / Mairie de Paris

## **?** Question 5 Quels sont les moyens et pistes de réflexion pour anticiper les futures canicules parisiennes ?

Des actions sont déjà mises en œuvre. Parmi celles-ci figurent la prévention et la gestion des canicules. D'autres pistes permettant de réduire les effets des canicules devront aussi faire l'objet d'un travail de réflexion puis d'évaluation.

### **Prévenir**

La **sensibilisation des citoyens**, en particulier des personnes à risque, est essentielle. Elle passe par la mise en œuvre de campagnes de communication, d'accompagnement personnalisés (numéro vert par exemple) qui relaient les gestes et les messages clefs pour faire face aux canicules (rester hydraté, éviter de sortir l'après-midi, fermer volets et fenêtres la journée et ventiler au maximum la nuit, etc.).

### **Gérer la canicule**

Le **système d'alerte canicule et santé (Sacs)** permet de déclencher le **Plan Canicule** dès que le premier seuil d'alerte météorologique est dépassé (21°C la nuit et 31°C le jour pendant 3 jours consécutifs). Le niveau de mise en œuvre du Plan dépend de l'évolution et de l'intensité de la canicule observée. Les autorités compétentes mettent alors en place des dispositifs de mobilisation exceptionnelle des services publics (santé, infrastructures, etc.).

### **Repenser la ville pour mieux s'adapter à la chaleur**

Il est également possible d'**adapter la ville et l'urbanisme aux vagues de chaleur**. Des projets de recherche commencent ainsi le travail de défrichage en la matière (EPICEA à Paris) et doivent permettre de dégager des pistes d'action qui permettraient de baisser la température urbaine.

Les grands principes sont de penser une ville :

- capable de « transpirer » grâce à une présence plus forte des végétaux et des plans d'eau,
- avec une architecture qui garantisse la circulation de l'air dans les nouveaux développements urbains,
- qui intègre de nouveaux matériaux permettant de réfléchir l'énergie solaire (à l'image de maisons blanches que l'on trouve dans le bassin méditerranéen),
- moins polluée : pour diminuer les conséquences cumulées des fortes chaleurs et de la pollution sur la santé des habitants.

### **Poursuivre les réflexions**

Parmi les interrogations qui peuvent déjà nourrir la réflexion dans une visée d'application concrète de ces principes pour Paris, on peut noter :

- **Comment organiser la naissance de la ville végétalisée sur le tissu urbain existant ?**
  - Quels sont les quartiers prioritaires pour une végétalisation efficace en termes de rafraîchissement de la ville ?
  - Quels sont les végétaux à privilégier dans un contexte d'évolution de la ressource en eau et de ses usages et d'augmentation de la fréquence de pics de températures ?
- **Quel est le potentiel d'application de nouvelles formes urbaines et d'utilisation de nouveaux matériaux ?**
  - Quels types d'architecture permettraient de garantir une meilleure circulation de l'air dans les nouveaux développements urbains ?
  - Comment le bâti existant peut-il être modifié pour intégrer de meilleures conditions de vie, de confort et d'ambiance, notamment en période de fortes chaleurs ?
  - Quels types de matériaux peuvent-ils être utilisés sur le bâti existant pour diminuer l'îlot de chaleur urbain ?





# LES INONDATIONS

## Question 1 Par le passé Paris a-t-elle été inondée ?

Paris – et aussi une grande partie de l’Île-de-France – connaît régulièrement des épisodes d’inondations. Mis à part les pieds dans l’eau du zouave du pont de l’Alma, la plupart du temps, les conséquences sont peu visibles pour les Parisiens. Il arrive toutefois plusieurs fois par décennie que le phénomène soit plus marqué.

Paris a d’ailleurs connu **une crue majeure en 1910** laissant des marques encore perceptibles aujourd’hui. Cette crue reste bien entendue exceptionnelle et ne peut, statistiquement, se produire que tous les 100 ans. Il n’est cependant pas impossible que ce phénomène se produise deux fois dans une même année !

La différence entre 1910 et aujourd’hui, c’est, d’une part, une meilleure gestion des débits de la Seine et de ses affluents et, d’autre part, une urbanisation en nette progression. Ainsi, **s’il fallait des conditions plus défavorables pour atteindre les niveaux de crue de 1910, les conséquences seraient en revanche bien plus importantes.**

## Question 2 Avec le changement climatique, peut-on envisager une augmentation des inondations à Paris ?

Avant d’envisager une évolution des inondations sur le territoire parisien, voici les facteurs qui favorisent ce type d’événement :

- de fortes pluies durant une longue période – entraînant un gonflement des cours d’eau et une saturation des sols en eau,
- du gel et/ou de la neige – imperméabilisant les sols et constituant un stock important d’eau pouvant fondre très rapidement,
- une simultanéité des crues des affluents de la Seine.

Les dernières recherches montrent que le changement climatique ne modifie pas les risques d’inondations sur Paris : **une crue comme celle de 1910 ne devrait se reproduire ni plus ou ni moins fréquemment.**



Crue de la Seine en février 2013  
© F. Grunberg / Mairie de Paris

## Question 3 Pourquoi faut-il s’adapter aux inondations ?

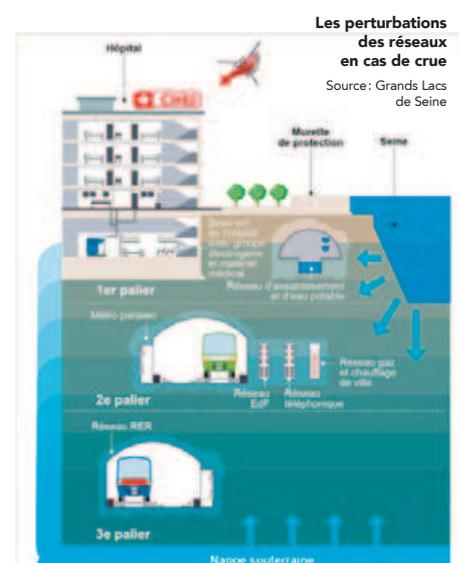
La crue de 1910 a eu des conséquences majeures – notamment la très forte perturbation des transports en commun – et aussi inattendues, comme en témoigne l’accès à l’Assemblée Nationale en barque. Si un tel exemple peut prêter à sourire aujourd’hui, il est nécessaire de se rendre compte qu’un **même événement provoquerait des dégâts et des perturbations exceptionnelles dans le Paris du XXI<sup>e</sup> siècle.**

Le territoire francilien s’est densifié – l’aire urbaine passant de 4,5 millions d’habitants à plus de 12 millions – et, en même temps, il s’est complexifié. Le sous-sol du cœur de l’agglomération est désormais un véritable gruyère parsemé de réseaux de transport, d’énergie, de communica-

tion mais aussi d’eaux potables, pluviales et usées.

Cet ensemble complexe présente une particularité : il est **très dépendant du réseau électrique**. Or, l’architecture de ce système électrique est particulièrement sensible aux inondations. L’interconnexion de l’ensemble de ces réseaux étendrait ainsi les conséquences bien au-delà des 850 000 habitants et 170 000 entreprises de Paris situés en zone inondable.

À l’image du rapport Stern sur les coûts de l’inaction face au changement climatique, un tel événement aurait un impact économique de l’ordre de 20 à 25 milliards d’euros soit cinq fois le budget annuel de la Région Île-de-France.



Les perturbations des réseaux en cas de crue  
Source : Grands Lacs de Seine



## Question 4 Concrètement, que peut-il arriver ?

L'expérience et les constats des précédentes inondations sur le territoire francilien permettent d'identifier clairement les conséquences :

### **Le réseau électrique : pierre angulaire de tous les systèmes**

L'architecture du réseau électrique est sensible aux inondations, notamment en bord de Seine. Ce sont donc des ruptures d'électricité qui seraient à prévoir pour la population adjacente et pour des hauts lieux de l'attractivité parisienne autant commerciale (les Halles, les Grands Magasins) que professionnelle (Saint Lazare, Gare de Lyon), touristique (Musée du Louvre, Musée d'Orsay), ou encore relative à la santé publique (Hôpital Georges Pompidou ou Salpêtrière). Par effet de château de cartes, c'est l'ensemble des réseaux de la capitale qui se trouverait aussi perturbé.

### **Des réseaux de chaleur potentiellement affectés**

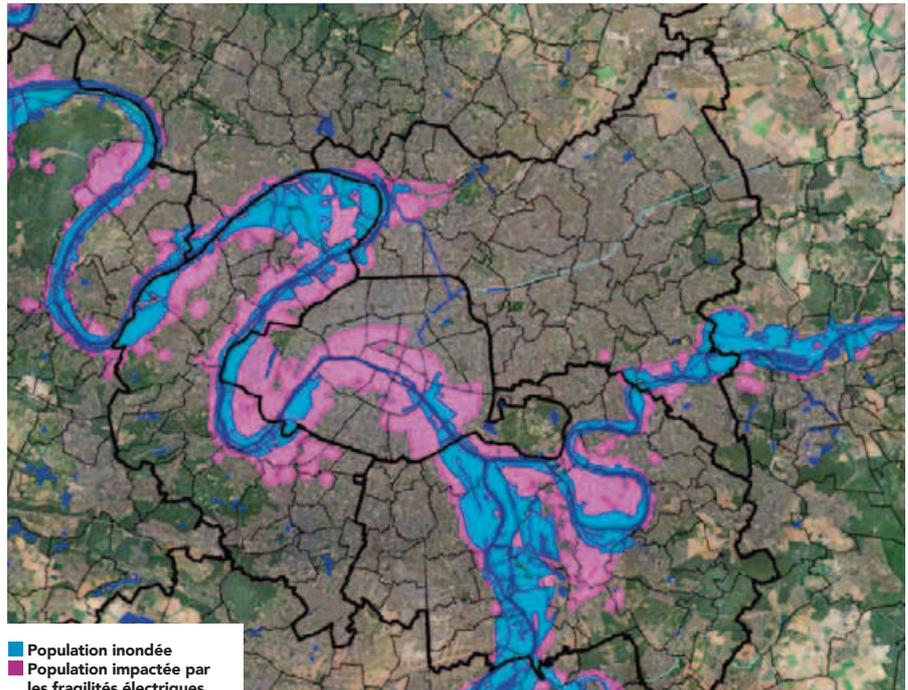
Les inondations ou les pluies intenses peuvent entraver la qualité du service et toucher directement les installations : l'eau s'infiltrerait dans les réseaux par les ventilations et des ruptures de canalisations peuvent alors survenir. Ces ruptures ponctuelles s'avèrent très problématiques, notamment pour le confort des populations, puisqu'elles peuvent conduire à des coupures de chauffage.

### **Le réseau de gaz : un réseau plus robuste**

Intrinsèquement, le réseau de gaz ne sera que peu affecté par les inondations. Il y aura donc une continuité de l'approvisionnement pour les foyers et les activités économiques. Néanmoins, il y a toujours une dépendance à l'électricité – matériel de contrôle et de distribution – qui provoquera tout de même quelques perturbations.

### **Le réseau de transport : un territoire coupé en deux**

Le réseau électrique conditionnant le contrôle de la signalisation – routière et transport en commun – et apportant l'alimentation des métros, tramways et trains, on conçoit que toute rupture de système serait préjudiciable. Cela engendrerait notamment un report vers d'autres moyens de mobilité eux-mêmes en difficulté : de nombreux ponts et tunnels seraient infranchissables tandis que certains axes routiers majeurs seraient cou-



■ Population inondée  
■ Population impactée par les fragilités électriques

Population impactée par les zones de fragilité électrique en 2000, dans l'hypothèse d'une crue de type 1910

Source : Secrétariat Général de la Zone de Défense et de sécurité (SGZD) avec zoom sur Paris

pés. Le déplacement des franciliens serait donc rendu particulièrement délicat avec des embouteillages encore jamais vus. En ce qui concerne la Seine, celle-ci ne pourrait plus être utilisée en tant que voie de navigation. C'est une part non négligeable de l'approvisionnement en matières premières (travaux publics, construction) et en denrées alimentaires qui se trouverait altérée. Par ailleurs, les dégâts engendrés sur l'ensemble du réseau de transport seraient particulièrement lourds et plusieurs années seraient nécessaires pour sa remise en état.

### **Les déchets : une désorganisation probable de la collecte**

Particulièrement liée aux infrastructures de transport, la collecte des déchets serait très affectée par une inondation majeure : incapacité de ramassage, indisponibilité de nombreux bâtiments de stockage et de traitement des déchets. L'accumulation de déchets non traités pourrait poser des problèmes de pollution et de santé publique.

### **L'eau potable : une organisation plus indépendante**

Le fonctionnement, principalement gravitaire, du réseau d'eau potable le rend moins sensible que les autres réseaux aux

ruptures d'électricité. Cependant les usines de traitement nécessitent une alimentation électrique et un approvisionnement en matières premières pour une parfaite opérationnalité.

### **Le réseau d'assainissement : des faiblesses liées à sa mise en place**

La principale station d'épuration étant située en zone inondable, cela constitue une faiblesse marquée de fait. Par ailleurs, si le réseau peut résister à des inondations dites décennales, il n'a pas été conçu pour des événements plus importants (crues centennales comme celle de 1910).

### **Le cadre bâti : un secteur non préparé**

Le bâti parisien n'a pas été conçu pour résister aux inondations : au-delà des pertes liées aux équipements et aux biens des caves qui seraient sous l'eau, ce sont les fondations de nombreux bâtiments qui seraient mises à mal.

### **Le réseau de télécommunication : un soutien à la vie économique**

Objectivement moins sensible à une inondation que d'autres réseaux parisiens, une interruption du réseau de télécommunication mettrait en difficulté une partie de la vie économique et locale.



## Question 5

### Quels sont les moyens et pistes de réflexion pour anticiper les inondations à Paris ?

Des actions sont déjà mises en œuvre tant en termes de prévention que de gestion. D'autres pistes permettant de réduire les effets des inondations sur le territoire devront aussi faire l'objet d'un travail de réflexion puis d'évaluation.

#### Prévenir

Le Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRI) de Paris, élaboré par la Préfecture de la région d'Île-de-France et approuvé par la Ville de Paris, traduit de manière cartographique l'exposition de Paris au risque d'inondation par débordement direct de la Seine (tel qu'il est actuellement connu) et réglemente l'utilisation et l'occupation du sol en fonction de l'incidence de l'inondation.

La Ville a également mis en place un **triple système de vigilance** (suivi du niveau des nappes, de la Seine et de la météorologie) afin de pouvoir prévenir la population et mettre en œuvre les dispositifs de protection (comme des protections mobiles) dans les plus brefs délais. L'échelle graduée, installée en 1851 au Pont d'Austerlitz, constitue un élément clé du dispositif de prévision des inondations à Paris. Elle est utilisée quotidiennement pour mesurer la hauteur d'eau. En amont de Paris, **des lacs artificiels** ont été créés en collaboration avec d'autres départements, pour réguler le débit de la Seine et de la Marne. Ces grands lacs réservoirs

sont gérés par l'Établissement Public Territorial de Bassin (EPTB) Seine Grands Lacs dont la Ville de Paris est membre. Ils ont deux fonctions : d'une part, agir comme une protection contre les inondations en stockant l'eau et, d'autre part, conserver un débit minimum sur la Seine en période de sécheresse afin de permettre la navigation.

#### Réagir

Comment faire, qui prévenir, qui est responsable ? Le dispositif de gestion de crise contre les risques majeurs de la Ville de Paris permet d'informer la population, d'organiser les secours et les moyens publics et privés susceptibles d'être mis en œuvre en cas d'inondation. Si ce dispositif est opérationnel, il convient toutefois de poursuivre les efforts de coordination des différents plans existants entre les opérateurs publics et privés pour assurer son efficacité globale.

#### Poursuivre les réflexions

Au-delà, il convient de poursuivre les réflexions pour améliorer la prévention et la gestion des inondations sur le long terme :

#### Quels modes de gouvernance permettraient de gérer efficacement les inondations ?

Par exemple, un acteur unique de bassin pourrait-il coordonner l'accompagnement des conceptions de projet sur la prise en compte du risque d'inondation ?

#### Comment intégrer les inondations de manière plus robuste dans l'aménagement du territoire ?

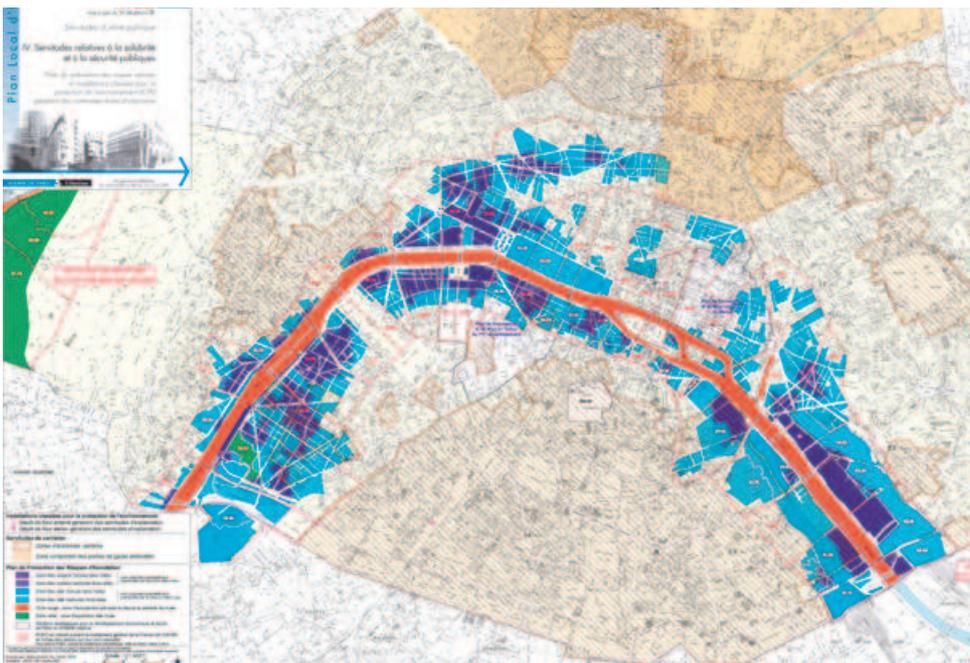
- Comment renforcer le PPRI en tenant compte des projets et constructions existants en zones inondables ?
- Comment sensibiliser les maîtres d'ouvrage pour intégrer ce risque dans leurs cahiers des charges ?

#### Quelles actions à intégrer dans la conception des bâtiments (modes de protection, matériaux, aménagement des zones basses, fondations, surélévations, « siphon » automatique, etc.) ?

#### Quelles pistes pour améliorer la culture du risque des acteurs et de la population (sensibilisation, communication, etc.) ?

#### Quelle gestion des dégâts résiduels ?

Dans le cadre d'un événement majeur comme une crue centennale, il n'est pas possible d'éviter certains dégâts, la gestion ne pourra être parfaite. Une comparaison entre le coût d'un investissement d'adaptation par rapport au coût des réparations pourrait être menée afin de choisir la solution la plus pertinente, entre la prévention ou la gestion des dégâts après coup, sans oublier d'inclure dans l'évaluation le facteur humain, c'est-à-dire les conséquences sur la vie locale.



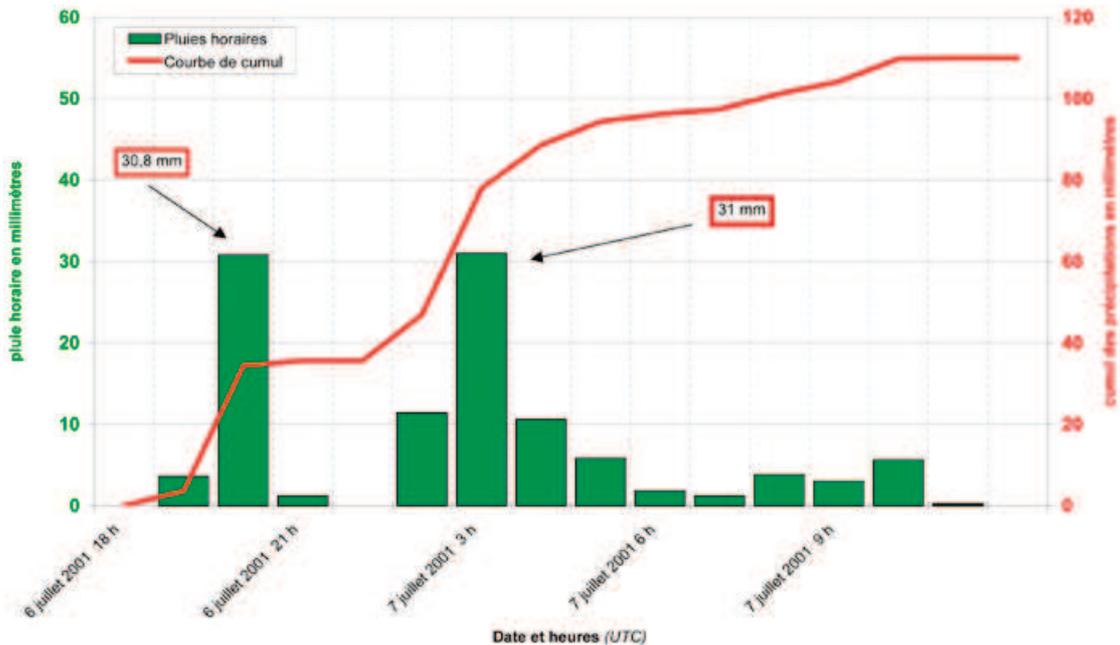




# LES FORTES PLUIES

## Question 1 Paris a-t-elle connu des épisodes de fortes pluies par le passé ?

Précipitation à Paris-Montsouris du 6 au 7 juillet 2001, de 18h à 11h UTC (19h à 12h heure locale)  
Source : Météo-France.



Bien que les épisodes de fortes pluies ne soient pas très fréquents sur Paris, la ville a déjà connu **plusieurs événements marquants** : en 1982 par exemple et plus récemment en 2001.

Cette nuit du 6 au 7 juillet 2001, l'ensemble de l'Île-de-France a été surpris par une succession d'**épisodes orageux** entraînant des précipitations abondantes : pas moins de 110 mm sont tombés en 24 heures,

note-t-on à la station météorologique de Paris-Montsouris. En témoigne, le graphique ci-dessus qui retrace l'évolution du cumul des précipitations sur la station cette nuit-là : on voit clairement qu'un premier épisode orageux survient en début de soirée et durera près de 3 heures. Un second épisode, plus long, se produira plus tard dans la nuit et durera environ 7 heures. On remarque par ailleurs que l'essentiel des pluies se concentre sur un temps très court :

30 mm sont tombés en moins d'une heure sur chacun des épisodes orageux.

Ces épisodes orageux accompagnés de pluies abondantes ont entraîné d'importantes inondations dans le métro, dans certains secteurs résidentiels mais aussi dans les bâtiments communaux et quelques espaces verts\*.

\*Source : Météo France (<http://pluiesextremes.meteo.fr/2001-07-06/orage-sur-paris-et-petite-couronne.html>)

## Question 2 Avec le changement climatique, doit-on s'attendre à une augmentation des épisodes de fortes pluies ?

Les observations sur les 50 dernières années ne laissent pas apparaître d'évolution marquée du nombre de jours de fortes pluies à Paris (précipitations supérieures à 10 mm en 24 heures).

Les recherches sur les avènements climatiques du territoire parisien menées par Météo-France montrent que **ces phénomènes devraient rester stables ou augmenter légèrement** dans le siècle à venir. D'autres projets de recherche soulignent **une tendance à l'augmentation** (de 10 à 15%) du nombre de jours avec de très

**fortes précipitations** (supérieures à 20 mm) en été. Il n'existe pas de tendances claires en revanche concernant les pluies les plus extrêmes, comme les orages générant plus de 30 mm en 1 heure\*.

Beaucoup d'incertitudes entourent encore l'évolution des événements de fortes pluies en région parisienne sur le long terme et, bien que rares aujourd'hui, leurs effets sont suffisamment importants pour être anticipés.

\*Agence Parisienne du Climat, Météo-France et Mairie de Paris, Le changement climatique à Paris, 2012.



### Question 3

#### Concrètement, que peut-il arriver ?

##### **Un réseau de collecte des eaux pluviales plutôt efficace**

En milieu urbain, l'importante imperméabilisation des sols requiert inévitablement la mise en place d'un système de collecte et de traitement des précipitations et ce, afin de se prémunir notamment d'éventuelles inondations. **Le réseau parisien d'assainissement est correctement dimensionné et performant, protégeant ainsi efficacement la ville des inondations par ruissellement.** Toutefois, lors de rares épisodes orageux particulièrement intenses, **le réseau de collecte ainsi que les unités de traitement peuvent être saturés. Des rejets d'eau peuvent avoir lieu sur les chaussées et voiries mais aussi dans la Seine.**

Si les déversements directs dans le fleuve ont largement diminué depuis la modernisation du réseau d'assainissement, ils peuvent néanmoins continuer d'être problématiques surtout dans un contexte de changement climatique. Plus particulièrement en période estivale, une augmentation des pluies les plus fortes pourrait entraîner **des rejets d'eaux polluées dans la Seine** de façon plus fréquente. Or le niveau du fleuve est amené à baisser à cette même période (effets couplés d'une hausse des sécheresses et des fortes chaleurs). Les polluants se retrouveraient donc plus concentrés dans la Seine. **Une hausse de la pollution du fleuve peut s'avérer néfaste pour les écosystèmes aquatiques: mortalité de poissons, prolifération d'algues toxiques, etc.**

##### **Un réseau de distribution énergétique sensible**

**Des inondations par ruissellement des eaux de pluie sont susceptibles de causer des ruptures de services (électricité, chauffage) lors d'épisodes orageux.** Les infrastructures du réseau électrique situées en galeries ou dans des zones à risques d'inondation sont concernées par des infiltrations d'eau tout comme certains postes de stockage (appareils qui

modifient les caractéristiques du courant électrique afin de le rendre utilisable pour les consommateurs) situés sous les chaussées. Le réseau de chaleur peut aussi être affecté par les inondations: l'eau s'infiltrerait dans les réseaux par les ventilations et des ruptures de canalisations peuvent alors survenir. Les infrastructures enterrées du réseau de gaz sont, elles, globalement bien protégées des inondations à l'exception de quelques postes de stockage.



Épisode pluvieux à Paris  
© S. Robichon / Mairie de Paris



### Question 4

#### Quels sont les moyens et pistes de réflexion pour anticiper les fortes pluies ?

Des actions sont déjà mises en œuvre tant en termes de prévention que de gestion. D'autres pistes permettant de réduire durablement les effets des fortes pluies devront aussi faire l'objet d'un travail de réflexion puis d'évaluation.

##### **Prévenir et gérer les fortes pluies**

La prévention et la gestion des inondations par ruissellement sont des questions déjà très étudiées à Paris.

Dès les années 1990 de grands travaux de **modernisation des équipements et des systèmes de gestion des réseaux ont été entrepris.** Ces projets ont été menés à l'échelle parisienne avec les services de la Ville mais également à l'échelle interdépartementale grâce aux coopérations avec le Syndicat Interdépartemental de l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne (SIAAP). Parmi les principales actions de gestion qui ont permis d'améliorer considérablement les conséquences des fortes pluies on peut noter :

- la mise en place d'un système d'information géographique permettant de **prévenir des effondrements d'ouvrages,**
- l'automatisation du système de gestion du réseau d'assainissement permettant **d'optimiser l'utilisation des déversoirs d'orages et des ouvrages de stockage** et de limiter les rejets dans la Seine par temps de pluie,
- la mise en œuvre d'un système de **gestion du réseau en temps réel et multi-acteurs** (il inclut notamment les prévisions météorologiques de Météo-France),
- l'**installation de réservoirs** permettant de maintenir une quantité d'oxygène suffisante pour les poissons,
- la mise en œuvre d'un chantier de rénovation de la plus grosse usine de traitement avec la constitution d'une nouvelle filière biologique de traitement (prévue pour fin 2017).

En ce qui concerne **les réseaux de distribution de l'énergie, plusieurs mesures** ont été mises en place :

- pour le réseau électrique: protection des postes électriques aux infiltrations d'eau, disjoncteur de sauvegarde pour une remise en route plus rapide,
- pour les réseaux de gaz et de chaleur: identification et travaux spécifiques de protection des points sensibles.

##### **Poursuivre les réflexions sur la maîtrise du ruissellement pluvial**

Paris doit toutefois continuer de s'interroger sur la politique à mener en matière de **maîtrise des eaux de pluie.** Une étude menée par la Ville en 2007 a permis de montrer que certaines actions pouvant par exemple contribuer à diminuer l'îlot de chaleur urbain étaient aussi bénéfiques pour favoriser l'infiltration des eaux dans le sol et limiter le ruissellement pluvial: renforcement des végétaux en ville, utilisation de matériaux poreux et non étanches pour les chaussées, etc. Ces pistes de réflexion doivent aujourd'hui faire l'objet d'une évaluation approfondie.



# LES SÉCHERESSES

## Question 1 La région parisienne connaît-elle des périodes de sécheresse ?

Les périodes de sécheresse à Paris ne se perçoivent pas comme dans le Sud de la France. En effet, la végétation typique – platanes, marronniers, ormes, etc. – et l’environnement urbain ne transmettent que **peu d’indices sur ce phénomène**. Pour en prendre conscience, il faut être attentif aux arrêtés limitant provisoirement les usages de l’eau (comme l’interdiction du nettoyage des rues par exemple).

Néanmoins, dans un passé pas si lointain – lors de sévères épisodes de sécheresse au XIX<sup>e</sup> siècle – il fut possible de **traverser**

**à pied la Seine et la Marne** ! Grâce à une gestion optimisée des débits des fleuves et au stockage de l’eau (via des barrages), ces situations furent évitées au XX<sup>e</sup> siècle.

Toutefois, les épisodes de sécheresse, comme ceux constatés sur la période 2004-2006, diminuent considérablement le volume d’eau disponible du fait d’une moindre recharge des nappes souterraines et d’une baisse du niveau des fleuves. Une quantité d’eau moins importante implique alors une plus forte concentration des pol-

luants et donc une diminution de la qualité de la ressource.

**Une sécheresse prolongée dans le temps pourrait dégrader considérablement la qualité de l’eau voire engendrer une pénurie d’eau potable.**

Aujourd’hui, si les problèmes quantitatifs et qualitatifs liés à l’eau sont plutôt gérés aisément, ils pourraient devenir plus critiques en raison du changement climatique et de l’évolution des modes de consommation.

## Question 2 Quels sont les usages potentiellement impactés par les sécheresses ?

À l’échelle du Bassin Seine-Normandie (soit une zone encore plus large que l’Île-de-France), une sécheresse est susceptible d’affecter tous les usages, à savoir :

- la production d’eau potable,
- la production d’énergie pour les turbines et le refroidissement des centrales électriques,
- les usages industriels,
- l’irrigation agricole,
- le réseau d’eau non potable de la Ville de Paris alimenté par la Seine et le Canal de l’Ourcq permettant l’entretien des réseaux, l’arrosage des espaces verts, l’alimentation des lacs des Bois de Boulogne et de Vincennes et même la fourniture de certains clients privés (notamment la Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain et Climespace pour le réseau de froid urbain).

À noter également, le rôle particulier de la Seine pour la centrale nucléaire de Nogent-sur-Seine. En effet, son rôle de source froide indispensable à la sûreté du site montre que le maintien du débit du fleuve a une importance non négligeable même dans la production d’électricité.



Fontaine à boire  
© S. Robichon / Mairie de Paris

## Question 3 Avec le changement climatique, les sécheresses vont-elles être plus fréquentes ?

Une sécheresse est la conséquence d’un manque important de précipitations sur une zone géographique donnée.

Plusieurs projets de recherche – CLIMSEC\* et REXHySS\*\* notamment – ont montré que le territoire parisien devra faire face à des sécheresses météorologiques (au sens pluviométrique) et agricoles (au sens de l’humidité des sols) plus fréquentes et d’ampleur inégalée dans le siècle à venir. Les principales modifications climatiques qui peuvent expliquer cette évolution sont les suivantes :

- une modification du rythme des précipitations : bien moins en été et un peu plus en hiver,
- une augmentation importante des jours sans pluie et des jours sans pluie consécutifs,
- une évolution marquée de la température de l’air engendrant plus d’évaporation.

Les sécheresses pourront entraîner plusieurs conséquences sur les ressources en eau :

- pour les eaux de surface une diminution des débits des principaux cours d’eau franciliens est attendue, notamment celui de la Seine où son débit devrait être réduit d’un quart dès 2050. La période de l’année qui présentera les plus faibles débits sera l’automne, en raison de la diminution des apports en eaux de pluie durant la période estivale,
- pour les eaux souterraines exploitées par Paris, les conséquences seront moins sensibles, surtout à moyen terme. Ainsi, le niveau haut des nappes attendu vers 2050 correspondra au niveau bas actuel,
- les problèmes de pollution déjà à déplorer sur un certain nombre de masses d’eaux souterraines devraient s’accroître.

\*CLIMSEC : Projet sur « l’Impact du changement climatique en France sur la sécheresse et l’eau du sol », 2008, Météo-France, CERFACS, UMR Sisyphe, CEMAGREF

\*\*REXHySS : Projet sur « l’Impact du changement climatique sur les Ressources en eau et les Extrêmes Hydrologiques dans les bassins de la Seine et de la Somme », 2009, CNRM/Météo-France, CERFACS, UMR-Sisyphe, CEMAGREF de Lyon, BRGM-Orléans, Sogreah, Hydratec, centre de Géosciences de MINES-Paristech.



## Question 4

### Quelles seront alors les conséquences directes pour Paris ?

#### De possibles tensions entre les différents usages sur la ressource en eau

Lors de périodes de sécheresse, les pressions pourraient s'accroître du fait d'une ressource en eau moins disponible à la qualité dégradée, couplée à une augmentation du nombre d'habitants mais aussi à l'accroissement général des besoins. Cet accroissement des besoins concernerait principalement :

- les besoins en termes de rafraîchissement et d'hydratation des populations (eau potable, piscines, etc.) et des espaces végétalisés (arrosage notamment),
- les besoins pour les systèmes de production et distribution énergétiques (refroidissement des installations du réseau de froid par exemple),
- les besoins en irrigation pour l'agriculture – ces besoins pourraient augmenter de plus de 50% pour la fin du siècle.

De fortes tensions et compétitions d'accès à l'eau pourraient alors apparaître entre les différents consommateurs. Des restrictions d'usage pourraient s'avérer plus fréquentes en période estivale et ainsi impacter de plein fouet les activités et les écosystèmes concernés. De même, les problèmes relatifs à la qualité de l'eau pourraient devenir plus problématiques et avoir des répercussions en cascade (maladies transmises par l'eau aux populations, etc.).

#### Des enjeux liés à la qualité de l'eau pour le réseau d'assainissement de la Ville

Si les déversements d'eaux polluées dans le fleuve ont largement diminué depuis la modernisation du réseau d'assainissement, ils peuvent néanmoins continuer d'être problématiques surtout dans

un contexte de changement climatique. Avec des sécheresses plus fréquentes et une baisse attendue du niveau de la Seine en période estivale, on assisterait à une hausse de la pollution fluviale. Particulièrement néfaste pour les milieux aquatiques, elle pourrait entraîner des mortalités piscicoles, la prolifération d'algues toxiques, etc.

#### Une modification nécessaire des prélèvements

Pour satisfaire l'ensemble des besoins franciliens, l'utilisation de la ressource en eau doit donc répondre à des enjeux à la fois quantitatifs et qualitatifs. L'évolution de cette ressource, compte tenu de son état actuel – pollution présente et pérenne pour certaines sources souterraines – suggère qu'il sera nécessaire de modifier singulièrement les prélèvements en eau potable.

À terme, il sera donc pertinent d'utiliser davantage les eaux de surface pour les besoins en eau potable. S'agissant du premier prélèvement – presque 50% à l'échelle du bassin - cette nouvelle demande spécifique engendrera des tensions sensibles pour la gestion des principaux cours d'eau déjà exploités par la Ville de Paris, à savoir la Marne, l'Oise et la Seine. Ces prélèvements seront alors une pression supplémentaire pour ces cours d'eau dont les débits sont déjà attendus à la baisse.

Un nouveau conflit d'usage pourrait alors apparaître car il s'agit de voies navigables, clefs pour le transport de marchandises. La situation la plus critique, notamment à l'automne, concernerait l'Oise qui ne dispose pas d'infrastructures permettant de soutenir son débit en cas de besoin.



## Question 5

### Quels sont les moyens et pistes de réflexion pour anticiper les futures sécheresses parisiennes ?

Des actions sont déjà mises en œuvre. D'autres pistes permettant de réduire les effets des sécheresses devront aussi faire l'objet d'un travail de réflexion puis d'évaluation.

#### Prévenir

La Mairie de Paris assure une double vigilance : surveillance de l'étiage des cours d'eau (niveau le plus bas d'un fleuve) et veille météorologique.

Le schéma d'approvisionnement en eau de Paris paraît quant à lui assez efficace pour contenir aujourd'hui les effets des sécheresses :

- la ressource est particulièrement diversifiée tant au niveau des nappes souterraines\* que des cours d'eau exploités. Cette flexibilité permet de sécuriser l'approvisionnement,
- Paris dispose de cinq réservoirs en eau potable – Montsouris, Ménilmontant, Saint-Cloud, Belleville et L'Häy-les-Roses – représentant une réserve de consommation de deux jours,
- les barrages des Grands Lacs de Seine constituent un atout significatif à la fois dans la gestion des débits de la Seine mais aussi dans la disponibilité d'une

source alternative d'eau potable,

- le maintien et la restauration du réseau d'eau non potable devraient permettre de limiter les usages de l'eau potable pour certains usages comme l'arrosage des espaces verts.

Un enjeu majeur lié aux sécheresses est aussi le maintien de la qualité des eaux. La réglementation européenne pourrait d'ailleurs devenir plus stricte sur le sujet. Les actions de modernisation et d'amélioration du système d'assainissement (installation de réservoirs d'oxygène pour les poissons, mise en œuvre d'une nouvelle filière biologique de traitement) devront être poursuivies.

#### Gérer les sécheresses de façon intégrée

En période de sécheresse, le Préfet peut prendre des arrêtés limitant provisoirement les usages de l'eau et accentuant la surveillance de la Seine, de ses affluents et de la nappe souterraine.

Mais la gouvernance intégrée de l'eau et le dialogue entre les différentes parties prenantes à l'échelle du bassin Seine-Normandie demeure l'enjeu central ; d'autant plus en période de tension sur la ressource. L'Établissement Public Territorial de Bassin

(EPTB) Seine Grands Lacs pourrait jouer ce rôle de coordinateur des usages et de facilitateur du dialogue entre parties prenantes.

#### Poursuivre les réflexions pour une meilleure anticipation des tensions sur la ressource en eau

En rapport avec la baisse attendue des volumes d'eau disponibles sur le bassin parisien, plusieurs éléments demandent une vigilance particulière et l'identification de solutions :

- la gestion des pics de consommation en période estivale,
- la gestion de potentiels conflits d'usage sur la Seine et la Marne, avec des étiages plus sévères annoncés,
- l'évolution du territoire liée notamment au projet de Grand Paris, qui pose la question de la compétition possible pour l'accès à l'eau entre différents usages (agriculture, eau potable),
- la prise en considération des enjeux de préservation de la qualité dans un contexte d'urbanisation croissante,
- la prise en compte des effets d'une dégradation de la qualité de l'eau et de l'approvisionnement de Paris.

\*À noter que la Ville de Paris possède les droits de propriété sur les nappes exploitées, cela sécurise donc la diversité de son approvisionnement.



# LES MOUVEMENTS DE TERRAIN



## Question 1

Paris connaît-elle des mouvements de terrain ? \_\_\_\_\_

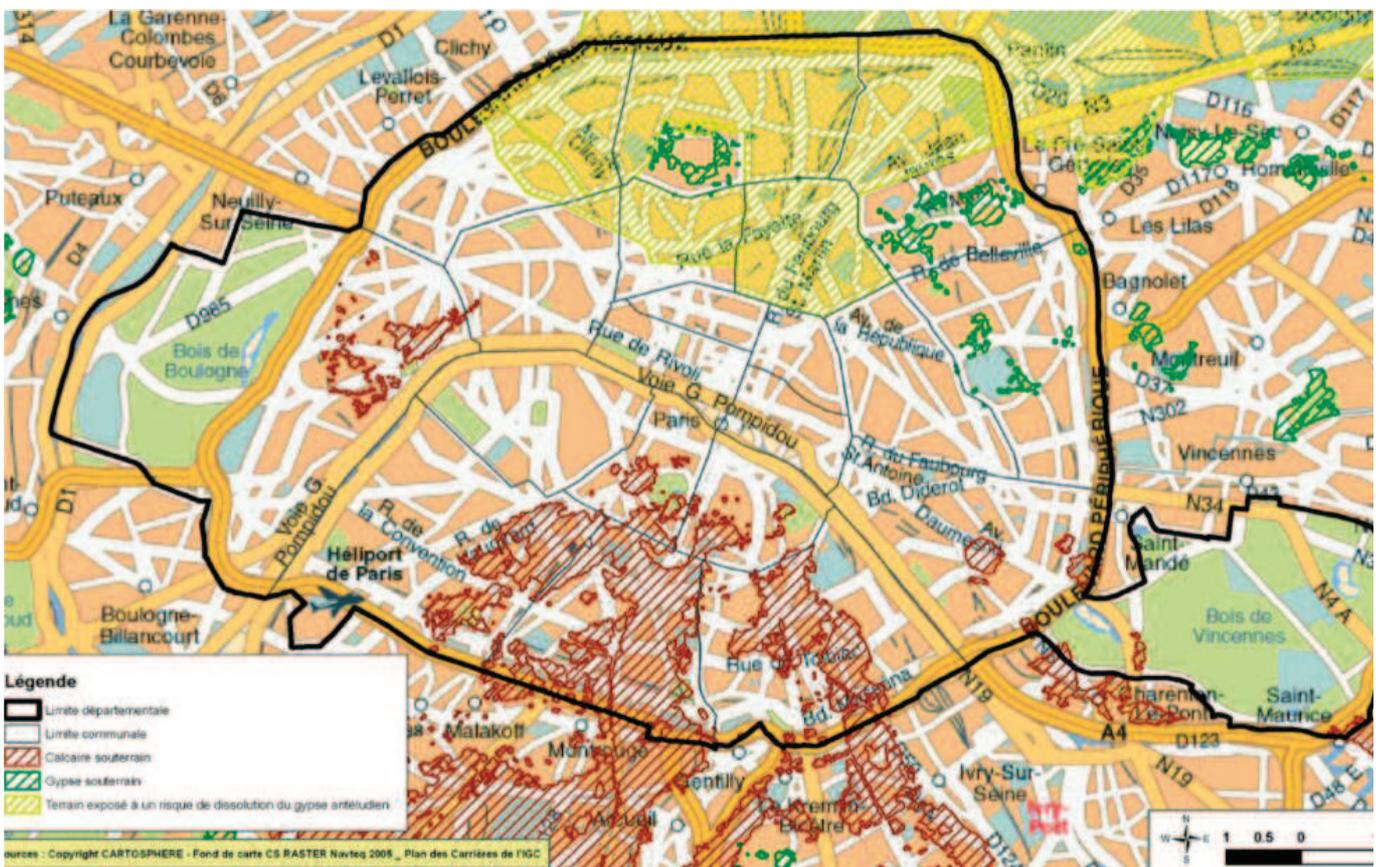
La richesse du sous-sol de la région parisienne en matériaux de construction a constitué un des atouts historiques de son développement. Dès l'époque gallo-romaine et encore jusqu'au 19<sup>e</sup> siècle, le calcaire de la colline Sainte-Geneviève (5<sup>e</sup>) et le gypse de la butte Montmartre (18<sup>e</sup>) ont été exploités pour produire de la pierre à bâtir et du plâtre. L'exploitation de ces matériaux a laissé de nombreuses carrières et cavités dans le sous-sol.

Ces cavités, qu'elles aient été creusées par l'homme ou soient d'origine naturelle, sont ainsi particulièrement sensibles aux variations du niveau d'humidité des sols et aux phénomènes de ruissellement des eaux. Elles induisent principalement des risques de fissuration, d'affaissement voire d'effondrement du sol, dangereux pour la stabilité du bâti et pour les personnes.

La dissolution naturelle du gypse – suite à des infiltrations d'eaux (fuites de canalisations, infiltration d'eaux pluviales, etc.), à une variation du niveau des nappes ou à des circulations d'eau souterraine dues notamment aux pompages – provoque également la formation de cavités souterraines. Le gypse constitue en effet l'un des minéraux les plus solubles dans l'eau. La localisation des anciennes carrières souterraines connues et de la zone de dissolution du gypse dans le département de Paris sont présentées sur la carte ci-dessous :

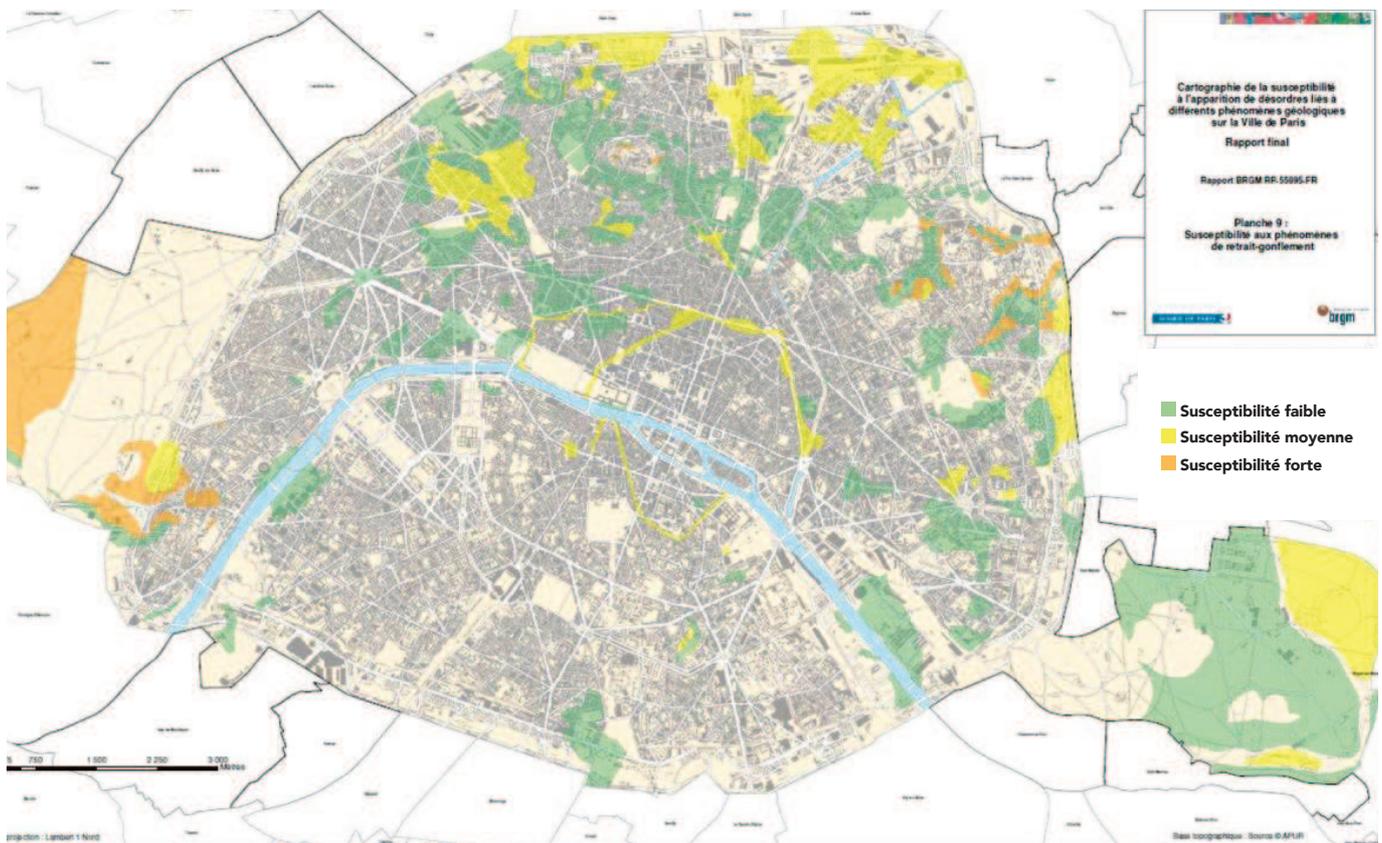
La Ville de Paris est soumise à d'autres risques de mouvements de terrain plus rares tels que le retrait-gonflement des terrains argileux. Ces mouvements de terrain sont consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols et peuvent entraîner d'importantes dégradations sur le bâti (fissures, effondrements, etc.).

La localisation des zones susceptibles de connaître des mouvements de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des terrains argileux dans le département de Paris sont présentées sur la carte en page suivante.



Localisation du calcaire et du gypse souterrains à Paris

Source : Préfecture de Police de Paris, Dossier départemental des risques majeurs.



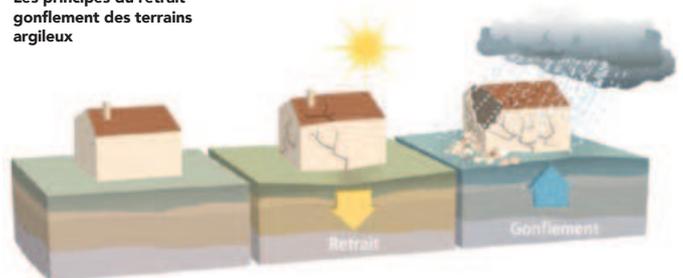
Localisation des zones de susceptibilités au retrait-gonflement des argiles à Paris  
Source: Mairie de Paris/BRGM.

## Question 2 Avec le changement climatique, doit-on s'attendre à une augmentation des mouvements de terrain ?

Il est aujourd'hui difficile de prévoir l'évolution du risque de mouvements de terrain dans un contexte de changement climatique.

Toutefois, les principales modifications attendues des paramètres climatiques, telles que la perturbation du cycle de l'eau engendrée par l'évolution des températures de l'air et la variation du régime de précipitations et des extrêmes, pourraient avoir des impacts importants sur les sols, en particulier sur leur température et leur taux d'humidité, et donc sur leur stabilité générale. Il convient donc de rester vigilant quant à l'évolution de ces phénomènes.

Les principes du retrait-gonflement des terrains argileux



## Question 3 Concrètement, que peut-il arriver ?

### Le bâti particulièrement concerné

Tous les bâtiments situés dans des zones à risques peuvent subir divers dommages allant de la dégradation partielle jusqu'à l'effondrement, à l'image de l'affaissement de deux immeubles de la rue Papillon en 1995. En 2003, c'est la voûte du tunnel en construction pour le pro-

longement de la ligne de métro 14 qui s'était effondrée, entraînant la formation d'un fontis (cratère) dans la cour de l'école maternelle Auguste Perret et la destruction de certains locaux. Heureusement, cet événement est survenu en période de vacances scolaires mais aurait pu avoir des conséquences bien plus dramatiques

dans d'autres circonstances. À titre de précaution, les habitants des immeubles mitoyens avaient alors été évacués et l'Avenue de Choisy fermée à la circulation pendant quelques jours.

Ces mouvements de terrain brutaux peuvent donc remettre en cause la sécurité

des personnes et entraîner aussi la délocalisation durable des populations ou des activités, comme ce fut le cas pour cette école maternelle.

Ces mouvements de terrain engendrent potentiellement des **surcoûts assurantiels** importants pour les détenteurs de biens immobiliers situés dans les zones à risque.

#### **Des perturbations dans le fonctionnement du territoire**

Les effondrements de terrain peuvent causer des **dommages aux différents réseaux du territoire**, qu'ils soient souterrains ou extérieurs, et entraîner dans certains cas, des perturbations significatives du territoire.

Certains **réseaux énergétiques** peuvent se rompre. Ces ruptures localisées peuvent alors entraîner des coupures de services pour les habitants et entreprises (chauffage, climatisation par exemple).

Les parties enterrées des réseaux de télécommunications ainsi que des composantes secondaires (câbles, fibre optique, etc.), situées dans des zones à risques (dans les 16<sup>e</sup>



et 20<sup>e</sup> arrondissements notamment) sont aussi concernées par des ruptures ponctuelles.

Les réseaux de transports ferrés en surface et souterrains (tram, métro) sont aussi potentiellement affectés. Les mouvements de terrain engendrent souvent d'importantes déformations des chaussées.

Les canalisations enterrées du réseau d'assainissement situées dans les quartiers à risques peuvent aussi subir des dommages. Les coûts de remise en fonctionnement sont en général particulièrement élevés. Ces dégradations engendrent de **surcroît des risques de fuite et de pollution des eaux.**

## **Question 4** **Quels sont les moyens et pistes de réflexion pour anticiper les mouvements de terrain sur Paris ?**

Des actions sont déjà mises en œuvre tant en termes de prévention que de gestion. D'autres pistes permettant de réduire les effets des mouvements de terrain devront aussi faire l'objet d'un travail de réflexion puis d'évaluation.

#### **Informer les populations**

Depuis le 1<sup>er</sup> juin 2006, vendeurs et bailleurs, le cas échéant avec l'aide d'un professionnel qui intervient dans la vente ou la location du bien, sont dans l'obligation de fournir à l'acquéreur ou au locataire un état des risques relatifs à l'immeuble concerné, établi moins de six mois avant la date de conclusion du contrat.

Les documents établis par le Préfet sont consultables à la Préfecture de Paris et à la Mairie de Paris, et de façon plus générale sur le site Internet officiel de la prévention des risques majeurs ([www.prim.net](http://www.prim.net)).

#### **Maîtriser l'aménagement du territoire dans les zones à risques**

L'Inspection Générale des Carrières (IGC), service de la Mairie de Paris, est l'acteur central en la matière. Ses missions consistent à établir, tenir à jour et publier **les cartes des carrières souterraines**. L'inventaire de ces zones a permis d'établir des **Plans de Préventions des Risques Naturels (PPRN)** ainsi que de définir des périmètres de risque de mouvements de terrain.

Ces documents sont annexés au plan local d'urbanisme (PLU) de la Ville de Paris qui stipule que les **modalités de construction et modifications de bâtiments** sur des zones sensibles sont soumises à des conditions spéciales (adaptation des fondations des bâtiments à risques par exemple). D'autres mesures visant à prévenir les mouvements de terrain peuvent être instaurées (comme la maîtrise des rejets d'eaux pluviales).

#### **Gérer les dégâts résiduels**

Lors de dégâts sur les différents réseaux (énergie, télécommunication, eaux, transports), les tronçons impactés sont isolés et traités au cas par cas afin de protéger le réseau d'une éventuelle « diffusion » de l'incident.

#### **Poursuivre les réflexions pour une meilleure maîtrise des mouvements de terrain**

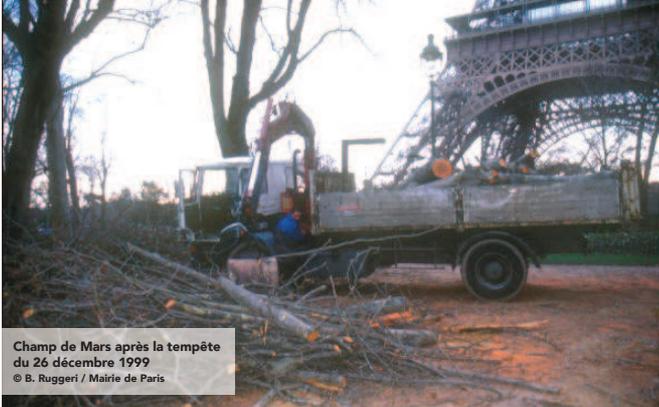
Parmi les interrogations qui peuvent déjà nourrir la réflexion on peut noter :

- **Comment améliorer la prise en compte des mouvements de terrain dans un contexte de pression foncière sur la Ville de Paris ?**
- **Comment améliorer le suivi de l'infiltration des eaux et la régulation des nappes en milieu urbain afin de réduire le phénomène de dissolution du gypse à Paris ?**
- **Comment penser un aménagement global des réseaux urbains qui tiennent compte de ces risques dans le contexte du changement climatique ?**





# LES TEMPÊTES



Champ de Mars après la tempête du 26 décembre 1999  
© B. Ruggeri / Mairie de Paris



Bois de Boulogne après la tempête du 26 décembre 1999  
© H. Garat / Mairie de Paris



## Question 1

Vous souvenez-vous de 1999 ?

Si les tempêtes ne sont pas une caractéristique prépondérante du climat parisien, il n'en demeure pas moins que certains épisodes ont durablement marqué la mémoire collective à l'image de la tempête de 1999.

Ce matin du 26 décembre 1999, Paris et ses environs offraient un spectacle de désolation, après le passage de celle qu'on appellera plus tard « la tempête du siècle » : 5000 interventions de pompiers recensées sur Paris, 5 personnes décédées dans les départements franciliens et de nombreux dégâts matériels et écologiques constatés. Plusieurs monuments historiques sont

fortement dégradés (Sainte-Chapelle, Notre-Dame-de-Paris, Panthéon notamment), des cheminées et toitures sont littéralement arrachées, des arbres sont déracinés, des grues et balisages de chantier ainsi que des feux tricolores finissent par tomber. Certaines rues se retrouvent complètement paralysées, des véhicules sont endommagés. Les bois de Boulogne et de Vincennes ressemblent à un champ de bataille. « C'est un désastre, une dévastation. Il faudra environ trois ans pour déblayer ces bois et pour reconstituer le patrimoine vert, il faudra compter des décennies » s'exprimait alors l'adjointe des Espaces Verts à la Mairie de Paris.



Enlèvement de 2 platanes dans le jardin du Maire de l'Hôtel de Ville après la tempête du 26 décembre 1999  
© Henri GARAT / Mairie de Paris



## Question 2

Avec le changement climatique, doit-on s'attendre à une augmentation des épisodes de tempêtes ?

Une tempête peut être décrite comme une zone étendue de vents violents générés par un système de basses pressions (dépression). On parle plus précisément de tempête quand la dépression entraîne des rafales supérieures à 90 km/h. Ces tempêtes ont principalement lieu en automne et en hiver. À Paris, 16 jours avec des rafales supérieures à 100 km/h ont été comptabilisés entre 1971 et 2000 par Météo-France. Lors de la tempête de 1999, le vent a soufflé jusqu'à 169 km/h (Parc Montsouris), record historique pour Paris.

Les recherches menées par Météo-France sur les avenir climatiques du territoire parisien ne permettent pas aujourd'hui de conclure quant à l'évolution de ces événements extrêmes. Au regard des dommages potentiellement importants qu'ils occasionnent en ville, ils requièrent toutefois une vigilance toute particulière.



### Question 3

## Concrètement, que peut-il arriver ?

#### Des réseaux de transport terrestres et fluviaux perturbés

Les tempêtes peuvent endommager sérieusement le fonctionnement des réseaux de transport qu'ils soient ferré, fluvial ou routier. Elles occasionnent notamment des ruptures de caténaires, des chutes d'objets sur les voiries (panneaux de circulation, cheminées d'immeubles, etc.) voire des dégradations des moyens de transport (tramways, RER, trains, voitures, bateaux). Ces dégâts peuvent alors engendrer des ruptures de service: restrictions de circulation fluviale et routière (voie expresse de la rive gauche, tronçon entre les ponts Garigliano et Bir-Hakeim par exemple), fortes perturbations dans les transports en commun.

#### Des ruptures potentielles d'alimentation en énergie

Si les réseaux de distribution d'énergie sont en grande partie enterrés et donc protégés du vent, les réseaux de transport d'énergie en amont de Paris peuvent en revanche être affectés par les tempêtes et ainsi provoquer une rupture d'approvisionnement dans la ville: rupture des lignes de transport électrique et rupture de la chaîne de distribution de carburants pour les bus de la RATP par exemple. Compte tenu de l'extrême dépendance des réseaux urbains (transport, assainisse-

ment, etc.) au réseau électrique, une rupture d'alimentation peut alors engendrer des coupures de services beaucoup plus généralisées comme des coupures d'électricité et de chauffage dans les logements et bureaux, des ruptures de service dans les transports en commun, etc.

#### Des atteintes aux biens privés et aux personnes

Les tempêtes peuvent causer de nombreux dégâts pour les particuliers: toitures et cheminées détruites, antennes arrachées, vitres brisées, voitures écrasées par la chute d'arbres par exemple. En 1999, les couvreurs de Paris demandaient ainsi l'aide des pouvoirs publics et de l'armée pour la fourniture du matériel d'intervention. Ces événements peuvent aussi engendrer des coupures d'électricité et de chauffage si les systèmes de production et d'approvisionnement se retrouvent touchés. Ils peuvent aussi causer des dommages aux personnes (chutes d'arbres ou de cheminées notamment).

#### Un patrimoine public endommagé

Le patrimoine, tels que les écoles et les monuments historiques, peuvent être sévèrement atteints ce qui entraîne parfois des fermetures prolongées. Par exemple, en 1999, des dégâts importants ont été

déplorés sur nombre de sites: charpente enfoncée de la maison-musée Balzac, dôme du Panthéon perdant une quinzaine de feuilles de plomb de 100 kilos chacune, etc. Selon l'Observatoire National de la Sécurité des établissements scolaires, ce sont, à Paris, 128 écoles, 46 collèges, 49 lycées et 35 établissements privés qui ont été endommagés à des titres divers.

#### Des parcs, jardins, bois et cimetières durement touchés

Les tempêtes peuvent entraîner une dégradation massive pour les arbres (chutes, déracinements d'arbres centenaires, etc.) à l'image de celle observée lors de la tempête de 1999 dans les bois de Boulogne et de Vincennes ou bien encore au cimetière du Père-Lachaise. Des espaces publics peuvent alors fermer durablement afin d'effectuer des remises en état. L'attractivité récréative et touristique de ces espaces s'en retrouve d'autant plus dégradée.

#### Des conséquences économiques potentiellement considérables

Que ce soit pour les particuliers, la collectivité ou les assurances, le coût des réparations de ce type d'événement peut vite devenir considérable. En 1999, le coût économique a été très élevé avec des pertes dépassant 6,5 milliards d'euros en France.



### Question 4

## Quels sont les moyens et pistes de réflexion pour anticiper les tempêtes à Paris ?

Des actions sont déjà mises en œuvre tant en termes de prévention que de gestion. D'autres pistes permettant de réduire les effets des tempêtes devront aussi faire l'objet d'un travail de réflexion puis d'évaluation.

#### Prévenir

À la suite de la tempête de 1999, Météo-France a mis en place une carte de vigilance météorologique permettant d'anticiper l'apparition de tels phénomènes, de diffuser les mesures de précaution et d'anticiper la gestion de crise (mobilisation des équipes d'intervention, des professionnels de santé, etc.). Cette carte est ainsi diffusée auprès de la population et des pouvoirs publics (sécurité civile, autorités sanitaires, etc.) en cas d'annonce de phénomènes dangereux lors des prochaines 24 heures (alertes « orange » et « rouge »). Les parcs et jardins publics sont alors fermés par précaution.

#### Gérer

À la suite de la tempête de 1999 qui a frappé de plein fouet les bois parisiens, une politique de diversification des essences implantées à été mise en place pour renforcer notamment leur résistance face à ce type d'événement (systèmes racinaires plus profonds, etc.).

#### Réfléchir à l'intégration du risque de tempêtes dans l'organisation de la ville

Parmi les interrogations qui devront nourrir la réflexion, on peut noter:

- Comment renforcer la protection des réseaux et maintenir la sécurité et les services auprès de la population (transports de personne, distribution d'énergie, etc.) lors d'épisodes de vents violents ?
- Quelles actions sur l'urbanisme et le bâtiment seraient susceptibles de diminuer les effets des tempêtes (formes urbaines, matériaux pour les toitures, disposition de la végétation, etc.) ?

#### Les différents niveaux de vigilance Météo-France

- **Une vigilance absolue s'impose**, des phénomènes dangereux d'intensité exceptionnelle sont prévus; tenez-vous régulièrement au courant de l'évolution de la situation et respectez impérativement les consignes de sécurité émises par les pouvoirs publics.
- **Soyez très vigilant**, des phénomènes dangereux sont prévus; tenez-vous au courant de l'évolution de la situation et suivez les conseils de sécurité émis par les pouvoirs publics.

- **Soyez attentifs**, si vous pratiquez des activités sensibles au risque météorologique ou à proximité d'un rivage ou d'un cours d'eau; des phénomènes habituels dans la région mais occasionnellement et localement dangereux (ex. mistral, orage d'été, montée des eaux, fortes vagues submergeant le littoral) sont en effet prévus; tenez-vous au courant de l'évolution de la situation.

- **Pas de vigilance particulière.**



# LES GRANDS FROIDS



## Question 1

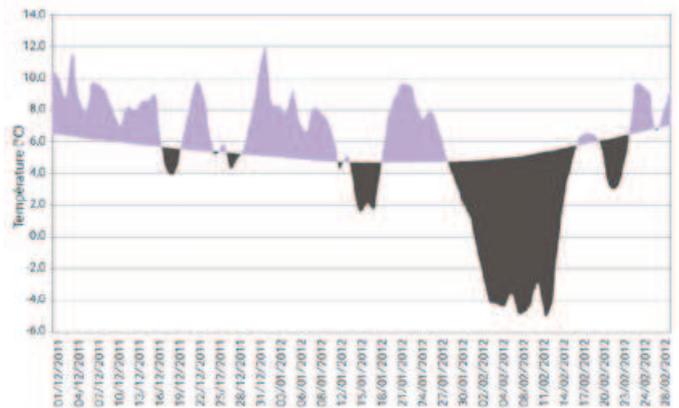
Paris a-t-elle connu des épisodes de grand froid ? \_\_\_\_\_

Si les épisodes de grand froid ne sont pas une caractéristique prépondérante du climat parisien, il n'en demeure pas moins que certains épisodes passés ont marqué la mémoire collective et ce depuis plusieurs siècles.

Lors de l'hiver 1788-1789 par exemple, les Parisiens assistèrent au gel de la Seine pendant près de 24 jours. En 1954, la rigueur extrême des températures hivernales avait conduit l'Abbé Pierre à lancer des appels médiatiques nationaux à la solidarité sociale pour venir en aide aux pauvres et sans domicile fixe.

En février 2012, l'épisode de grand froid qui a touché la France a engendré un record de consommation d'électricité jamais observé jusqu'alors en France\*. La courbe d'évolution de la température en France au cours de cet hiver-là montre clairement l'épisode de grand froid avec une chute impressionnante des températures durant les 15 premiers jours de février.

\*Source : RTE, 2012: [http://www.rte-france.com/uploads/media/pdf\\_zip/alaune/Rex\\_Vague\\_froid\\_V2.5.pdf](http://www.rte-france.com/uploads/media/pdf_zip/alaune/Rex_Vague_froid_V2.5.pdf)



Évolution de la température en France au cours de l'hiver 2011-2012

Source : Météo- France, dans rapport RTE (Réseau de Transport d'électricité), la vague de froid de février 2012.



## Question 2

Avec le changement climatique, doit-on s'attendre à une persistance des épisodes de grand froid ? \_\_\_\_\_

Le climat de la Ville de Paris s'est réchauffé sur la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle. Les observations montrent par ailleurs que les dernières décennies comptent parmi les plus chaudes jamais observées.

Les recherches sur les avènements climatiques menées sur le territoire parisien montrent globalement que le réchauffement du climat parisien, y compris en hiver, devrait se poursuivre dans le siècle à venir. Les jours de gel devraient baisser, la période hivernale devenir plus courte.

Les épisodes ponctuels de grand froid pourraient toutefois persister mais survenir moins fréquemment. Une vigilance à l'égard des grands froids doit donc être maintenue au regard des conséquences qu'ils peuvent engendrer.

### Pourquoi la France est plus "électriquement sensible" au froid ?

Au niveau européen -1°C de baisse générale des températures.

Une surconsommation électrique de 5 000 MW (équivalent à la consommation cumulée de Paris et Lyon)

dont

FRANCE	+ 2 300 MW
Grande-Bretagne	+ 600 MW
Allemagne	+ 500 MW
Italie	+ 300 MW
Autres	+ 1 300 MW

Les pics de consommation électrique en France :

Puissance maximale en MW

17 déc. 2001	19h	79 590
10 déc. 2002	19h	79 730
9 janv. 2003	19h	83 540
22 déc. 2005	19h15	86 020
28 fév. 2006	19h	86 280
27 janv. 2007	19h	88 960
17 déc. 2009	19h	92 400
15 déc. 2010	19h	93 080
7 janv. 2010	18h55	94 600
11 fév. 2010	19h	96 710

Source : RTE - Ademe



Canal de l'Ourcq gelé en février 2012, Paris © S. Robichon / Mairie de Paris



### Question 3

## Concrètement, que peut-il arriver ?

#### Des publics particulièrement sensibles

Le grand froid, comme la canicule, constitue un danger pour la santé de toutes les populations. Il diminue souvent les capacités de résistance de l'organisme, peut aggraver l'état de santé de populations déjà malades et entraîne parfois la mort de certaines personnes. Les premières personnes touchées en général sont les personnes fragiles (personnes âgées, nourrissons), les populations pauvres ou en situation de précarité (SDF, population en habitat précaire) et celles atteintes de maladies respiratoires ou cardiaques. Les personnes bien portantes peuvent également éprouver les conséquences du froid, notamment celles qui exercent un métier en extérieur (agents de la circulation, travailleurs du bâtiment par exemple).

Par ailleurs, en période de grand froid, les populations peuvent être amenées à se chauffer davantage en recourant à des méthodes moins conventionnelles (chauffage d'appoint, poêles notamment). Il existe un risque d'intoxication au monoxyde de carbone plus élevé si ces installations ne sont pas bien entretenues.

La qualité de l'air est susceptible par ailleurs de se dégrader en période de grand froid, d'anticyclone et d'absence de vent notamment. Cela peut entraîner des épisodes de pollution aux particules fines : l'air ne se renouvelant pas, les taux de particules fines en suspension augmentent considérablement dans l'atmosphère. Certains problèmes de santé, notamment les maladies respiratoires, peuvent apparaître ou sont aggravés.

#### Des transports potentiellement perturbés

L'ensemble des moyens de transport peut être affecté par un épisode de grand froid :

- le transport ferroviaire est principalement touché par des risques de ruptures de caténaies. Une telle rupture peut engendrer des perturbations significatives du transport à différentes échelles (régionale, nationale),
- les grands froids et risques de gel associés rendent la circulation automobile parfois dangereuse ; par ailleurs, ils peuvent amener à des limitations de vitesse si un épisode de pollution atmosphérique aux particules fines apparaît,
- un épisode de gel de la Seine engendrerait quant à lui de fortes perturbations du transport fluvial.

#### Des réseaux d'eau potable et non potable également concernés

Ces réseaux d'eau se révèlent inadaptés à des températures très basses. Les canalisations peuvent casser sous l'effet du gel,

en particulier les conduites non enterrées situées en bord de Seine. Le réseau d'eau non potable est par ailleurs potentiellement fragile en cas de grand froid du fait de la transformation possible de l'eau en glace par endroit dans certaines canalisations.

Les dégâts occasionnés sur l'ensemble des réseaux impliquent potentiellement un coût élevé de réparation. Certains surcoûts peuvent d'ailleurs se répercuter sur les usagers.

#### Des espaces publics touchés

Les parcs et jardins de la Ville de Paris peuvent subir des dommages principalement liés au gel de certaines essences d'arbres. Certaines infrastructures publiques peuvent fermer pour cause de grand froid, en raison de leur incapacité à fournir une température suffisante pour le confort des populations. Par exemple, lors de la vague de froid de février 2012, sept bibliothèques municipales avaient dû fermer.

#### Des réseaux énergétiques sollicités et fragilisés en période de grand froid

Les réseaux de distribution électrique et de chaleur, dont les composantes sont enterrées, sont protégés par le sol. En revanche, de très basses températures endommagent dans certains cas les unités de production et installations extérieures (ruptures de câbles électriques par exemple). À cela s'ajoute une demande énergétique en forte hausse en période de grand froid. Des pics de consommation sur le réseau de distribution de chaleur urbaine comme sur le réseau électrique peuvent survenir et compliquer la gestion des réseaux.

On peut alors assister à une détérioration de la qualité des services (comme une température de la chaleur livrée plus faible) voire à des ruptures ponctuelles d'approvisionnement (rupture de chauffage notamment). En particulier, une rupture d'alimentation électrique peut engendrer une cascade de perturbations sur le territoire (perturbations du transport ferré, blocage des télécommunications, etc.). Ces ruptures ponctuelles s'avèrent très problématiques, notamment pour le confort des populations, puisqu'elles peuvent conduire à des coupures de chauffage.



### Question 4

## Quels sont les moyens et pistes de réflexion pour anticiper les grands froids sur Paris ?

Des actions sont déjà mises en œuvre. Parmi celles-ci figurent la prévention et la gestion des épisodes de grand froid. D'autres pistes permettant de réduire les effets des grands froids devront aussi faire l'objet d'un travail de réflexion puis d'évaluation.

#### Prévenir et gérer les épisodes de grands froids

À partir de 2004, Météo-France a mis en place une carte de vigilance météorologique relative aux grands froids permettant d'anticiper l'apparition de tels phénomènes, de diffuser les mesures de précaution auprès des services publics et de la population et d'anticiper la gestion de crise (mobilisation des équipes d'intervention, des professionnels de santé, etc.).

Par ailleurs, la Ville de Paris et la Préfecture peuvent déployer le Plan Grand froid au niveau départemental. Ce plan est opéra-

tionnel en cas de températures négatives pendant toute la période hivernale, à compter du 1<sup>er</sup> novembre et jusqu'au 31 mars.

Ce dispositif comporte trois niveaux : « temps froid », « grand froid » et « froid extrême », et est déclenché en fonction des températures ressenties. Les autorités compétentes mettent alors en place des dispositifs de mobilisation exceptionnelle des services publics (santé, hébergements provisoires, etc.).

#### Renforcer les différents réseaux face aux grands froids

Plusieurs actions pourraient permettre de diminuer les effets des grands froids sur les réseaux. Parmi celles-ci on peut noter :

- un meilleur entretien des réseaux d'eau potable et non potable ainsi que la recherche de technologies permettant de réduire le risque de gel et de rupture des canalisations,

- une densification du réseau électrique permettant de multiplier les sources locales de production d'électricité ; le gestionnaire du réseau met par ailleurs en œuvre un remplacement des boîtiers électriques fragiles.

#### Améliorer les prévisions climatiques et la prévention

Plusieurs questionnements doivent être posés afin de préparer l'avenir :

- Comment prioriser les actions de prévention et de sécurisation des infrastructures face aux épisodes grands froids ?
- Comment améliorer la diffusion des alertes dans le cadre du Plan Grand froid ?
- Comment améliorer les prévisions météorologiques concernant les épisodes de grand froid ?
- Comment maintenir un service d'alerte pour des épisodes de moins en moins fréquents ?



# CHUTES DE NEIGE ET VERGLAS

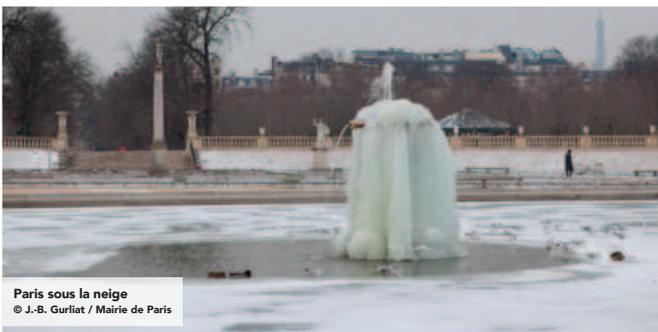
## Question 1 Vous souvenez-vous de l'hiver 2010 ?

Le climat parisien est tempéré, les hivers sont donc plutôt doux. Cette relative douceur n'empêche pas la survenue d'épisodes de grand froid qui peuvent être accompagnés de verglas ou de chutes de neige pendant plusieurs jours.

En remontant dans l'histoire de Paris, trois faits particulièrement marquants apparaissent: le gel de la Seine pendant 24 jours durant l'hiver 1788-1789, l'hiver particulièrement rigoureux de 1956 et les précipitations neigeuses exceptionnelles de décembre 2010.

Ce 8 décembre 2010, 12 cm avaient été relevés sur Paris\*. Le caractère exceptionnel de ces précipitations avait provoqué un véritable blocage de Paris et sa banlieue: 300 km d'embouteillages soit 50% de plus que la normale, un trafic de bus paralysé et des retards pour les métros, RER et les trains\*\*.

\*Source : Météo-France \*\*Source : France Soir



Paris sous la neige  
© J.-B. Gurliat / Mairie de Paris

## Question 2 Avec le changement climatique, comment vont évoluer les chutes de neige et le verglas ?

Les recherches sur les futurs climatiques menées sur le territoire parisien montrent globalement que le réchauffement du climat parisien, y compris en hiver, devrait se poursuivre dans le siècle à venir. Les jours de gels devraient baisser, la période hivernale devenir aussi plus courte.

Les dernières recherches ne permettent cependant pas d'écarter la survenue ponctuelle de chutes de neige et de verglas, les épisodes de grand froid pouvant persister tout en survenant moins fréquemment.

Ainsi, au regard des conséquences qui peuvent être engendrées, une vigilance est à maintenir à l'égard des phénomènes de chutes de neige et de verglas pour le territoire parisien.

## Question 3 Concrètement, que peut-il arriver ?

### La mobilité des Parisiens potentiellement ralentie

Les chutes de neige, les pluies verglaçantes et le verglas peuvent temporairement perturber la circulation :

- concernant les trains et les RER : des ruptures de caténaires sont possibles sous le poids de la neige,
- concernant les bus et les voitures : la circulation peut être ralentie voire interrompue sur les tronçons routiers gelés ou enneigés,
- concernant la circulation piétonne : la persistance de verglas sur les trottoirs et rues peut mettre en danger les passants.

Néanmoins, le salage / sablage préventif des chaussées et trottoirs permet de limiter l'intensité du phénomène et les conséquences associées. La vigilance reste de rigueur puisque lors des épisodes neigeux de 2010/2011 le fort besoin en sel (supérieur à la quantité stockée) a obligé la Ville, prise au dépourvu, à en importer d'urgence depuis l'Amérique du Sud. Un manque de glycol pour les aéroports avait également été rapporté.

### Des parcs, jardins, bois et cimetières affectés

Certains végétaux des parcs, jardins, bois et cimetières de Paris sont affectés par le gel ainsi que le poids de la neige amoncelée sur les branches. En cas de risques pour la sécurité des usagers (sols glissants dus au verglas, risque de chutes de branches), la Ville de Paris décide de fermer les parcs et jardins municipaux au public.

### Des conséquences à « effet retard »

L'évacuation de la neige fondue peut poser problème. En effet, lors de la fonte de la neige, l'eau rejoint les systèmes classiques de collecte mais, dans de rares cas pour Paris, lorsque la quantité de neige est très importante, des débordements sur les voiries et chaussées sont possibles.

Au-delà de potentielles inondations de sous-sols des bâtiments, la conséquence la plus problématique concerne le réseau de distribution d'énergie avec :

- des ruptures de ventilation de postes électriques par entrées d'eau dans les grilles de ventilation,
- des perturbations possibles des postes de détente et de comptage du réseau de gaz,
- des créations de « bouchons » par condensation de la vapeur dans les canalisations immergées des réseaux de chaleur.

Les perturbations sur les réseaux peuvent entraîner des coupures ponctuelles de chauffage et d'électricité et nuire ainsi au confort des populations.

Ces dysfonctionnements sont alors des contraintes additionnelles durant la période hivernale où les consommations énergétiques sont particulièrement élevées.

## Question 4

# Quels sont les moyens et pistes de réflexion pour anticiper les futures chutes de neige et l'apparition du verglas à Paris ?

Des actions sont déjà mises en œuvre, parmi celles-ci figurent la prévention et la gestion des chutes de neige et du verglas. D'autres pistes permettant de réduire les effets de ces phénomènes devront aussi faire l'objet d'un travail de réflexion puis d'évaluation.

### Prévenir

Chaque année, du 15 novembre au 15 avril, 24h/24, 7j/7, le service technique de la propreté de Paris met en place le « plan d'alerte neige », l'objectif étant de maintenir la circulation au sein de la capitale. Des plans d'action, comportant essentiellement des opérations de salage et de passages de chasse-neiges, ont ainsi été élaborés et couvrent pas moins de 600 km de voies. À tout moment, le service technique dispose d'une centaine d'agents, de 34 saleuses, et 30 chasse-neiges.

Ensuite, en ce qui concerne les parcs, jardins, bois et cimetières, une démarche préventive vis-à-vis de la neige est mise en place. Elle consiste notamment en la pose de protections telles que des toiles d'hivernage.

La « gestion » de la fonte de la neige est à la charge du service d'assainissement et de gestion des eaux pluviales. Plusieurs actions concrètes ont été menées pour réaliser l'évacuation de l'eau dans les meilleures conditions notamment avec la surveillance accrue des ouvrages et l'automatisation des systèmes de gestion permettant le stockage de l'eau.

Enfin, pour les réseaux de distribution d'énergie, plusieurs approches ont été mises en place :

- pour le réseau électrique : protection des postes électriques aux infiltrations d'eau, disjoncteur de sauvegarde pour une remise en route plus rapide,
- pour les réseaux de gaz et de chaleur : identification et travaux spécifiques de protection pour les points sensibles.

### Gérer la neige et le verglas

En temps normal, avec des chutes de neige modérées et des températures proches de 0°C le partage des tâches entre services municipaux et riverains s'établit ainsi :

- les services de la propreté procèdent au salage préventif des 600 km d'axes prioritaires, voies où passent les lignes de bus, voies rapides (dont le périphérique), voies dont la pente est supérieure à 5%,
- les services locaux de propreté salent 20 000 points stratégiques pour les piétons dont : 17 147 passages piétons, 324 escaliers, 703 accès aux bouches de métro, 1933 abris bus, 196 ponts et emplacements où se tiennent des marchés alimentaires,
- les autres directions de la ville traitent à l'aide du sel et du sable mis à leur disposition les abords de leurs différents équipements (espaces verts, équipements sportifs, écoles, etc.).

Les riverains, les propriétaires, les locataires ou occupants de boutiques, de magasins

et de tous locaux ayant immédiatement accès sur la voie publique, ont l'obligation de procéder à un salage préventif (arrêté inter-préfectoral du 16 juin 1937).

### Améliorer la gestion des eaux pluviales

La gestion alternative des eaux de fonte apparaît comme le principal enjeu face aux chutes de neige et verglas. Elle reste cependant à développer sur Paris.



Affiche neige de la ville de Paris

Source : Mairie de Paris



Paris sous la neige  
© A. Thomes / Mairie de Paris