

EAU&3E

La durabilité des services d'eau dans les grandes villes



**LIVRABLE 2.1
ANR Villes Durables 2008**

Les principaux déterminants de la consommation d'eau à Paris : un état des lieux

**Julien Souriau
Doctorant Eau de Paris - CIRED**

Juillet 2011

Contact :

Julien Souriau

CIRED

AgroParisTech-ENGREF

19 avenue du Maine

75015 PARIS

julien.souriau@engref.agroparistech.fr

Résumé

Depuis une vingtaine d'année, le volume total d'eau potable consommé par an à Paris évolue depuis les années 1990 à la baisse. Pourtant, son évolution intra-annuelle est restée stable, avec des cycles saisonniers (hausse de la consommation totale fortement corrélée à la hausse de la température, lorsqu'elle dépasse 13°C), et des cycles sociaux (baisse des consommations en fin de semaine, lors des vacances scolaires, etc.) qui se répètent chaque année sans grand changement.

Il faut donc distinguer les variations structurelles (baisse globale année après année) des variations cycliques (cf. supra), qui ont des causes et des explications différentes.

La baisse pluriannuelle des consommations annuelle s'explique principalement par le changement de l'activité économique de la capitale, par la gentrification des ménages, ainsi que par le progressif changement des équipements techniques. Cette baisse correspond principalement aux abonnés de type non domestique (entreprises, administrations, etc.) et notamment des grands consommateurs (industries, restaurants, hôpitaux, universités, etc.). Par exemple, l'indice humidex (température ressentie) permet d'expliquer 90% du niveau de consommation d'un jour ouvrable de l'année (hors vacances, fins de semaines et jours fériés).

La baisse intra annuelle des consommations d'eau potable s'explique principalement par la saisonnalité des consommations d'eau d'une minorité d'abonnés, dont le profil reste difficile à cerner, bien qu'il s'agisse principalement d'abonnés « non domestiques » (surtout des professionnels) et qu'il correspond en partie aux mouvements de population vers et hors de Paris (migrations pendulaires ou hebdomadaires, vacances scolaires, etc.)

Enfin, en complément de l'analyse chronologique (diachronique), une étude en coupe transversale (synchronique) nous a permis d'étudier la réalité de l'influence des principales variables évoquées dans la littérature comme les causes de ces évolutions, pour le cas spécifique de Paris. Il en résulte que la consommation d'eau potable d'un arrondissement peut être expliquée à plus de 90% par la population résidante et par le revenu moyen de l'arrondissement concerné.

Des études économétriques complémentaires et le nettoyage de la base de données sur les consommation des abonnés parisiens, devraient permettre d'approfondir notre connaissance des facteurs influençant la consommation d'eau des parisiens dans les mois à venir.

NOTA : Ce rapport a été établi avant la mise en oeuvre du nouveau système d'information de la Régie Eau de Paris. Certaines données statistiques pourraient en conséquence être sujettes à révision.

Liste des abréviations

EDP : Eau de Paris

EPIC : Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial

FNCCR : Fédération Nationale des Collectivités Concédantes et Régies

Ha. : hectare

Hab. :habitant

LPJ : litre par habitant par jour

MAX : maximum

MIN : minimum

MOY : moyenne

RIVP : Régie Immobilière de la Ville de Paris

SEM : société d'économie mixte

Volume mis en distribution : volume d'eau entrant dans le réseau de distribution

Volume consommé : volume d'eau mis en distribution moins les pertes techniques (fuites) et commerciales (non payés)

Sommaire

<u>Résumé.....</u>	<u>2</u>
<u>Liste des abréviations.....</u>	<u>3</u>
<u>Sommaire.....</u>	<u>4</u>
<u>Présentation de l'étude.....</u>	<u>5</u>
A. Origine de l'étude.....	5
B. Motivations de l'étude.....	5
C. Objectifs de l'étude.....	5
D. Méthodologie proposée.....	5
E. Plan proposé.....	7
<u>I. Evolution structurelle depuis 1990.....</u>	<u>8</u>
A. Une tendance lourde à la baisse.....	8
B. Validation empirique des variables explicatives invoquées.....	11
C. Vérification empirique par des variables macro.....	31
<u>II. Evolutions intra-annuelles.....</u>	<u>42</u>
A. Une évolution cyclique.....	42
B. Les cycles climatiques, principale cause d'évolution de la consommation quotidienne.....	49
C. Des cycles sociaux.....	62
<u>Conclusion : causes de l'évolution de la consommation à Paris.....</u>	<u>68</u>
<u>Conclusion : causes de l'évolution de la consommation à Paris.....</u>	<u>68</u>
<u>Annexe 1 : correction des volumes distribués en volumes consommés.....</u>	<u>70</u>
<u>Annexe 2 : Variables explicatives de l'évolution de la demande en eau potable à Paris.....</u>	<u>72</u>
<u>Annexe 3 : Synthèse des causes de la consommation d'eau potable.....</u>	<u>73</u>
<u>Table des matières détaillée.....</u>	<u>82</u>
<u>Bibliographie.....</u>	<u>85</u>

Présentation de l'étude

A. Origine de l'étude

Depuis les années 1990, nous pouvons observer une baisse des consommations d'eau potable, un phénomène qui semble se généraliser progressivement à l'ensemble de la France (BARBIER 2000, ONEMA 2010, FNCCR 2011).

De nombreuses études ont tenté de cerner les causes de cette tendance lourde, sans cependant apporter de réponse définitive (BARRAQUE & NERCISSIAN 2009). Si une multitude de variables explicatives ont pu être identifiées par les travaux de recherche académique et opérationnels (MONTGINOUL 2002), l'incidence respective de ces divers facteurs sur l'évolution de la consommation d'eau potable des villes françaises reste relativement difficile à attribuer et à mesurer.

Nous proposons dans ce rapport d'étudier quelles sont les principales variables qui ont déterminé l'évolution de la consommation d'eau potable à Paris au cours des dernières décennies.

B. Motivations de l'étude

La tendance structurelle observée depuis 1990 se traduit par une baisse annuelle des consommations d'eau potable de -1,4% par an en moyenne, ce qui n'est pas sans conséquences sur les grands équilibres du service public d'eau potable parisien : elle interpelle la durabilité du service public d'eau potable parisien, dans ses aspects autant techniques, que financiers, sociaux, environnementaux, sanitaires, politiques, etc.

Dans un tel contexte, la stratégie de développement du service public d'eau potable **dépendra en grande partie de l'évolution de la demande** : il est donc nécessaire de faire le point sur les **causes des évolutions de la consommation d'eau potable à Paris**, afin de pouvoir répondre de manière optimale aux enjeux actuels et futurs.

C. Objectifs de l'étude

Ce rapport propose de répondre aux trois grands objectifs suivants :

- 1) Déterminer quelles sont les **principales évolutions** de la consommation d'eau potable à Paris en particulier **depuis 1989** (cf. aussi le Rapport n°1 rendu fin 2010) ;
- 2) Analyser quelles sont les **principales variables qui permettent d'expliquer** ces évolutions et ces cycles ;
- 3) **Améliorer la prévision de la consommation** d'eau potable à Paris et ses évolutions futures, au travers d'une modélisation simplifiée de la demande, articulant ces différentes variables.

D. Méthodologie proposée

1. Méthodologie

La méthodologie proposée suit l'enchaînement séquentiel suivant :

(i) réaliser un **état de l'art** détaillé de la littérature scientifique et professionnelle étudiant quelles sont les causes de l'évolution de la consommation d'eau potable ;

(ii) **tester les explications** proposées en comparant de manière diachronique (chronologique) et synchronique (en coupe transversale) l'évolution de la consommation d'eau potable à Paris avec différentes variables potentiellement explicatives, afin d'en analyser les corrélations mathématiques et graphiques.

2. Données utilisées

a) Présentation des données

Les données utilisées sont principalement issues de la littérature académique (diverses recherches scientifiques) et de la littérature « grise » (rapports internes, notes techniques, etc.), que ce rapport vient parfois actualiser ou compléter.

Nous utiliserons principalement les sources de données suivantes :

- **volume d'eau potable distribué, facturé, télérelevé** au cours des dernières années (source : Eau de Paris, données détaillées et agrégées) ;
- **données météorologiques quotidiennes** à Paris (source : Météo France, données détaillées) ;
- **données socio-économiques** annuelles à Paris et par arrondissement (source : INSEE) ;
- volume des **consommations d'eau potable (eau chaude sanitaire et froide) annuelles** et données sur le logement et les ménages (sources : bailleurs sociaux parisiens -RIVP, OPH, etc.- données par ménage et par an) ;
- **données tirées d'analyses** sur le contexte socio-économique, sur les causes de la consommation d'eau potable, etc. au cours des années 2000 (sources : divers, données agrégées) ;
- **données analysées** produites dans le cadre de ce rapport (sources : divers)

b) Difficultés rencontrées : avantages et frustrations du système actuel

Il est important de rappeler les importantes difficultés rencontrées lors de cette étude. Premièrement, nous avons eu des difficultés à récupérer des données brutes complètes, en raison de la propriété des données et des différents formats d'information utilisés à Paris¹. Deuxièmement, nous avons rencontré de nombreux problèmes liés à la qualité de ces données qui s'est avérée être relativement mauvaise (précision, fiabilité, validité, stabilité).

Si ces problèmes « semblent être communs à la plupart des études sur les services d'eau en France » (SMETS 2009), le cas de Paris reste probablement parmi les moins mauvais

¹ Avant la remunicipalisation de 2010, deux distributeurs privés couvraient respectivement les zones de Paris rive gauche et Paris rive droite, avec des systèmes et des bases de données clients indépendantes (différents logiciels, formats, nomenclatures, systèmes de classement, qualité des données, etc.). Les deux opérateurs privés ont continué d'assurer la gestion des bases de données clients dans le cadre d'un contrat de service avec Eau de Paris, jusqu'au 1^{er} juillet 2011 (rive gauche) et octobre 2011 (rive droite), dates à partir desquelles les données seront fusionnées dans un système d'information unifié, dont la qualité est progressivement améliorée.

en France, en raison de l'équipement d'un système de télérelève (permettant un relevé quotidien de l'ensemble des compteurs parisiens).

En effet, Eau de Paris dispose d'un système très moderne de comptage par télérelève, progressivement installé à Paris depuis les années 2005-2006, qui permet un relevé fréquent des volumes d'eau consommés par ses 93 000 abonnés. Ce système permet une précision de l'information incomparablement supérieure aux relevés manuels (souvent semestriels) pratiqués dans la plupart des villes françaises. Cet avantage indéniable avait déjà été mis en valeur dans le cadre de diverses études menées à Paris par le passé (CAMBON 2006, BARRAQUE & NERCISSIAN 2009).

Pourtant, l'usage de cet outil prometteur est resté circonscrit à une utilisation principalement commerciale « a minima » : les opérateurs se limitaient à mesurer le volume par abonné consommé par trimestre, sans mise à jour des informations sur le types d'abonnés, et sans analyser les évolutions de la consommation, en dehors d'études ponctuelles menées depuis les années 2000 par les anciens distributeurs et pour la Mairie de Paris (cf. bibliographie).

Si l'unification des bases de données et du système d'information mi 2011 a permis une amélioration notable de la cohérence et de la précision des données disponibles², la difficulté réside désormais dans l'accès à des informations de qualité, relatives aux facteurs pouvant expliquer les évolutions observées.

E. Plan proposé

Afin de répondre aux objectifs de ce rapport, nous aborderons trois niveaux d'analyses complémentaires :

- (I) **La baisse tendancielle de la consommation d'eau potable** observée entre 1989 et 2010, **et la hausse temporaire** observée de 1998 à 2003 ;
- (II) **L'évolution intra-annuelle de la consommation d'eau potable**, pour différentes phases et « pics » observés chaque année à Paris ;

L'articulation de ces deux niveaux d'analyse permettra de mieux comprendre les différents facteurs qui déterminent la consommation d'eau potable à Paris :

² Ce travail d'amélioration de la qualité des données se continue, notamment avec un nouveau référencement automatique des abonnés, et en collaboration avec des consultants externes qui évaluent de manière quantitative les « patterns » de consommation, pour chacun des 93 000 abonnés.

I. Evolution structurelle depuis 1990

Dans cette première partie, nous proposons de caractériser les principaux facteurs qui ont vraisemblablement déterminé l'évolution de la consommation d'eau potable à Paris sur le long terme. Nous analyserons notamment la baisse structurelle observée depuis 1989-1990.

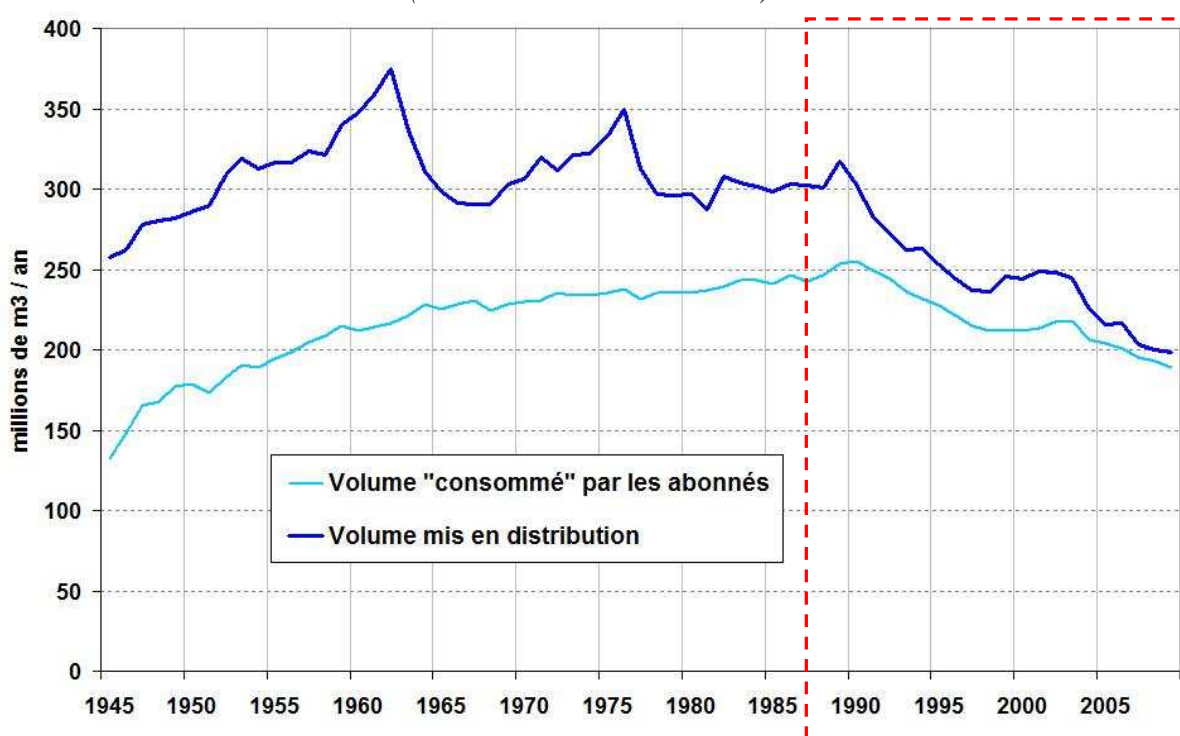
A. Une tendance lourde à la baisse

Depuis 1945, le volume d'eau potable fourni à Paris a été en hausse presque constante : une offre croissante d'eau potable répondait à une demande croissante.

Pourtant, dès les années 1960-1970 se produit un fort ralentissement, suivi depuis les années 1990 par un **inversement de tendance** : le volume d'eau potable distribué et consommé est désormais en baisse à Paris (BARBIER 2000). La consommation d'eau potable à Paris a diminué de **-25% au total depuis 1990**, soit une **diminution de -1,4% par an en moyenne**.

Cette diminution est telle que le volume d'eau potable consommé en 2009 était **équivalent à celui de 1953**, soit 190 000 000 m³ d'eau potable consommés par an.

Figure 1 : Evolution des volumes d'eau potable distribués et consommés à Paris, de 1945 à 2010 (données : Eau de Paris 2010)

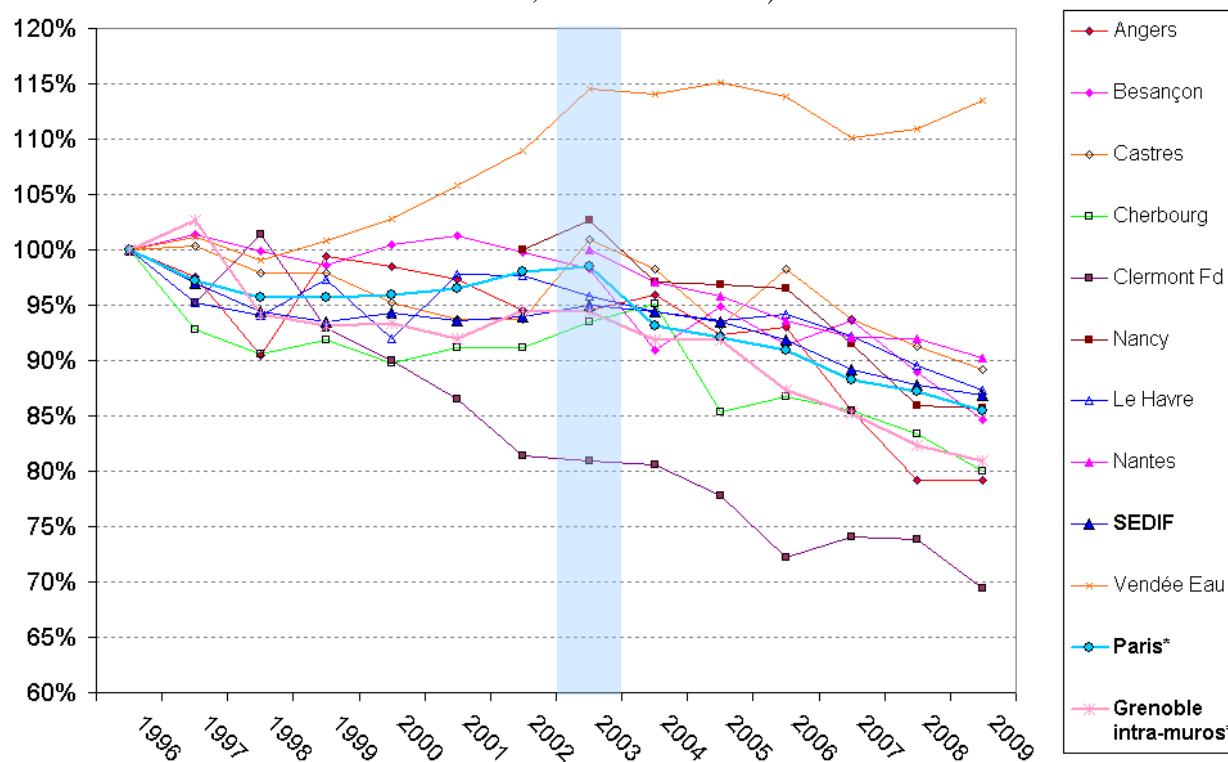


Une tendance comparable peut être observée dans la plupart des grandes villes françaises³ (BARBIER 2000, FNCCR 2010), ainsi que dans plusieurs grandes villes occidentales (MARESCA & al 2006), bien qu'avec des intensités diverses.

Une étude comparative menée par la FNCCR sur un échantillon de plusieurs dizaines de villes françaises nous permet d'observer, à périmètre desservi constant, une tendance générale à la baisse des volumes d'eau potable consommés dans plusieurs villes françaises.

³ Cf. Annexes pour une comparaison de différentes villes en France.

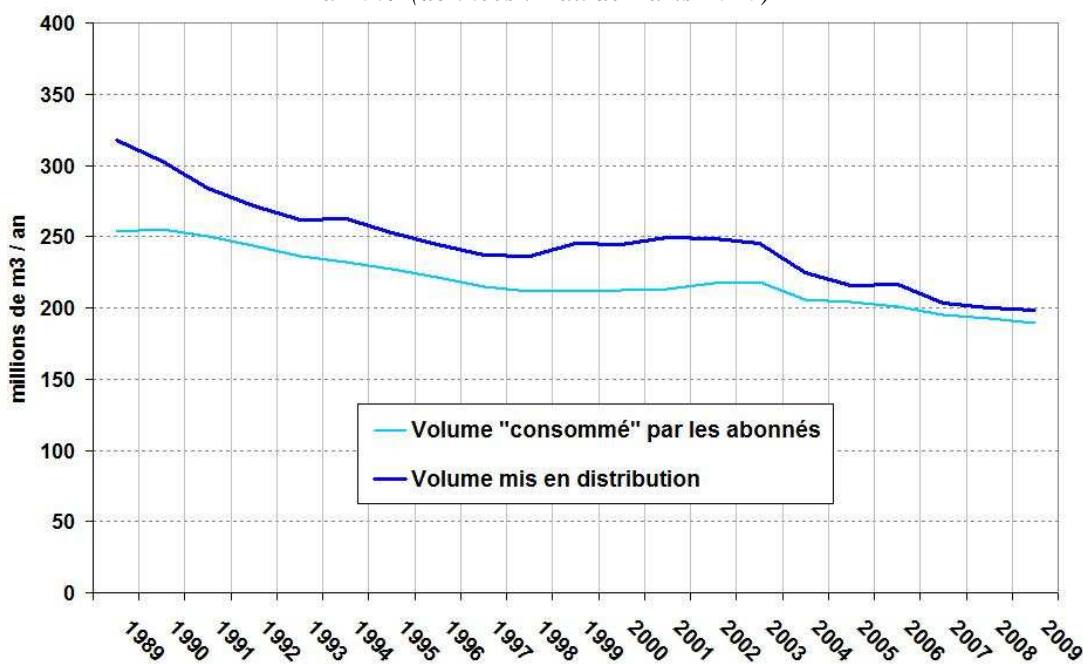
Figure 2 : Evolutions des volumes d'eau potable facturés dans diverses villes et sur un périmètre géographique stable, de 1996 à 2009 (échantillon non représentatif, sources : FNCCR 2011, Grenoble 2010, Eau de Paris 2011)



Dans le cas spécifique de Paris, la baisse observée sur le long terme n'est cependant pas continue : nous pouvons identifier **trois périodes distinctes** entre 1989 et 2009 à Paris :

- une **forte baisse entre 1989-1998** (en seulement 10 ans, baisse de -26% du volume d'eau mis en distribution et de -16% du volume d'eau potable consommé) ;
- une **augmentation entre 1998-2001** (+5% de volumes d'eau potable mis en distribution en 4 ans) **ou entre 1998-2003** (+3% des volumes d'eau potable consommés en 6 ans) ;
- à nouveau une **baisse depuis 2003** (-21% du volume distribué et -13% consommé).

Figure 3 : Volume total d'eau potable (lissage annuel) mis en distribution et consommés à Paris, de 1989 à 2009 (données : Eau de Paris 2010)



Une riche littérature académique et professionnelle s'interroge sur les déterminants de l'évolution de la consommation d'eau potable observée au cours des deux dernières décennies à Paris (CAMBON 1996, STEVENIN & JEAN MARIE 2000, CAMBON GRAU 2000, MONGINOUL 2002, DUJIN et al 2007, MARESCA et al 2005, POQUET & MARSCA 2006, POQUET 2008, SAFEGE 2008, BARRAQUE & NERCISSIAN 2009, etc.). Leurs conclusions, généralement similaires, expliquent l'évolution de la consommation d'eau potable observée depuis 1990 par les facteurs suivants :

- La **tertiarisation de l'économie parisienne** : le remplacement progressif des activités du secteur secondaire (industries, nécessitant d'importants volumes d'eau comme intrants), par des entreprises et des emplois du secteur tertiaire (services, dont les besoins en eau sont bien moins importants) ;
- La **baisse des consommations d'eau des abonnés « grands consommateurs »** : un nombre très restreint d'abonnés utilise la majorité des volumes d'eau potable, et la baisse de leurs consommations depuis les années 1990 a eu un effet majeur sur la consommation totale d'eau potable à Paris ;
- La **consommation résidentielle** des ménages parisiens semble en revanche être restée relativement stable, malgré la généralisation progressive d'équipements domestiques plus économes en eau, accompagné de la hausse des pratiques éco-citoyennes.
- Enfin, la **météo** semble jouer un rôle ponctuellement prépondérant sur l'évolution de la consommation d'eau potable à Paris, en particulier la température et l'humidité (ex : canicule d'août 2003, températures élevées de juillet 2006, etc.).

B. Validation empirique des variables explicatives invoquées

Nous proposons de vérifier la validité de ces conclusions en caractérisant l'**influence respective de différentes variables** sur l'évolution annuelle de la consommation d'eau potable à Paris, au cours de la période 1989-2009⁴.

A cette fin, nous réaliserons une étude détaillée **par variable explicative**, à la fois de manière **chronologique** (en comparant l'évolution respective de la consommation et de cette variable dans le temps), et en **coupe transversale** (en comparant la répartition de cette variable et de la consommation d'eau potable parmi les abonnés).

Nous analyserons pour cela des corrélations graphiques et mathématiques (le coefficient de corrélation linéaire R de PARSONS, et le coefficient de corrélation par rang de SPEARMAN) entre les variables suivantes :

- (i) la **consommation d'eau potable « totale »** (tous types d'abonnés confondus), de façon diachronique (par an depuis 1945, par jour depuis 2010), ou synchronique (répartition par type d'abonné ou par arrondissement en 2008-2009) ;
- (ii) la **consommation d'eau potable « domestique »** (uniquement abonnés « immeubles résidentiels » et « pavillons »), de façon diachronique (par an entre 1994 et 2004) ou synchronique (par arrondissement) ;
- (iii) diverses variables potentiellement explicatives : des **séries de données socio-économiques** (correspondant à la population et aux entreprises de Paris) et des **séries données météorologiques** (climat, météo), de qualité et précision variables.

NB : « corrélation » ne signifie pas obligatoirement « causalité » : faute de pouvoir vérifier l'influence de chaque variable explicative, nous ne pouvons que calculer les corrélations qui les lient aux volumes comptés, et la significativité de ces liaisons.

1. Population officiellement recensée par l'INSEE⁵

Plusieurs études mentionnent la forte corrélation reliant l'évolution de la population et l'évolution de la consommation d'eau potable d'une ville (MARESCA & al 1997, CAMBON GRAU 2000, POQUET 2003, BARRAQUE & NERCISSIAN 2009).

Certains auteurs considèrent cependant que le nombre d'habitants à Paris n'a en réalité qu'une importance « marginale » (STEVENIN & JEAN MARIE 2000), voire qu'*« il n'y a pas de corrélation significative entre l'évolution de la population parisienne et la consommation d'eau potable à Paris »* (POQUET & MARESCA 2006). Qu'en est-il dans le cas de Paris ?

a) Etude chronologique (pluriannuelle)

Depuis la fin de la 2^{ème} Guerre mondiale, la population parisienne totale (INSEE 2007, APUR 2010) et la consommation totale d'eau potable à Paris (Eau de Paris 2010) **ont globalement évolué dans un sens inverse** (coefficient de corrélation linéaire de PARSONS négatif $R = -0,59$) et cette liaison est très significative ($p(t) < 0,01$).

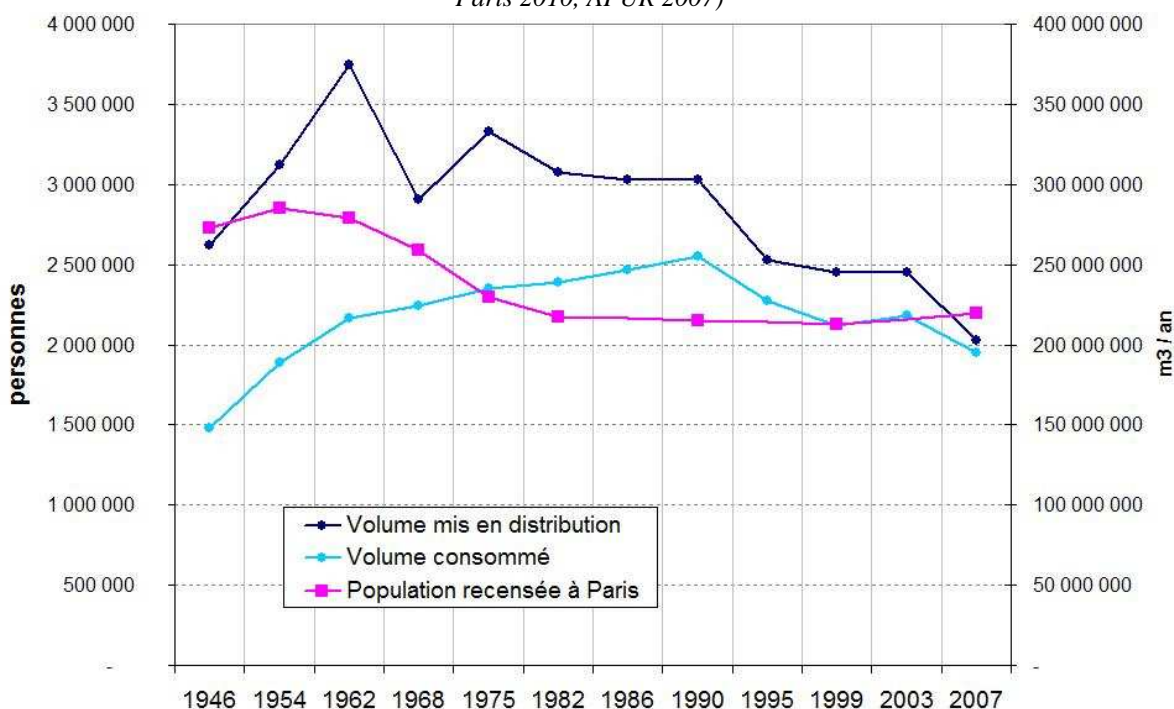
A partir des années 1980, la population parisienne totale est restée relativement stable, alors que la consommation d'eau potable a fortement augmenté (1980-1990), puis fortement décru (1990-

⁴ Un tableau synthétisant les apports des nombreux rapports et études disponibles est proposé en annexe, avec différentes variables explicatives de la consommation d'eau potable étudiées.

⁵ Depuis 2003, la « population municipale » inclut les personnes résidant en caserne (militaires, pompiers, gendarmes, etc.), en centre pénitentiaire (prisonniers, etc.), et les étudiants dont le domicile familial est situé hors de la commune (cf. article R 2151-1 du Code Général des Collectivités Territoriales), ce qui n'était pas le cas lors des recensements de population précédents.

1998), puis re-augmenté (1998-2003), puis re-fortement décro (2003-2007). En conséquence, **l'évolution quantitative de la population parisienne totale ne permet pas d'expliquer l'évolution de la consommation totale d'eau potable à Paris enregistrée depuis 1990.**

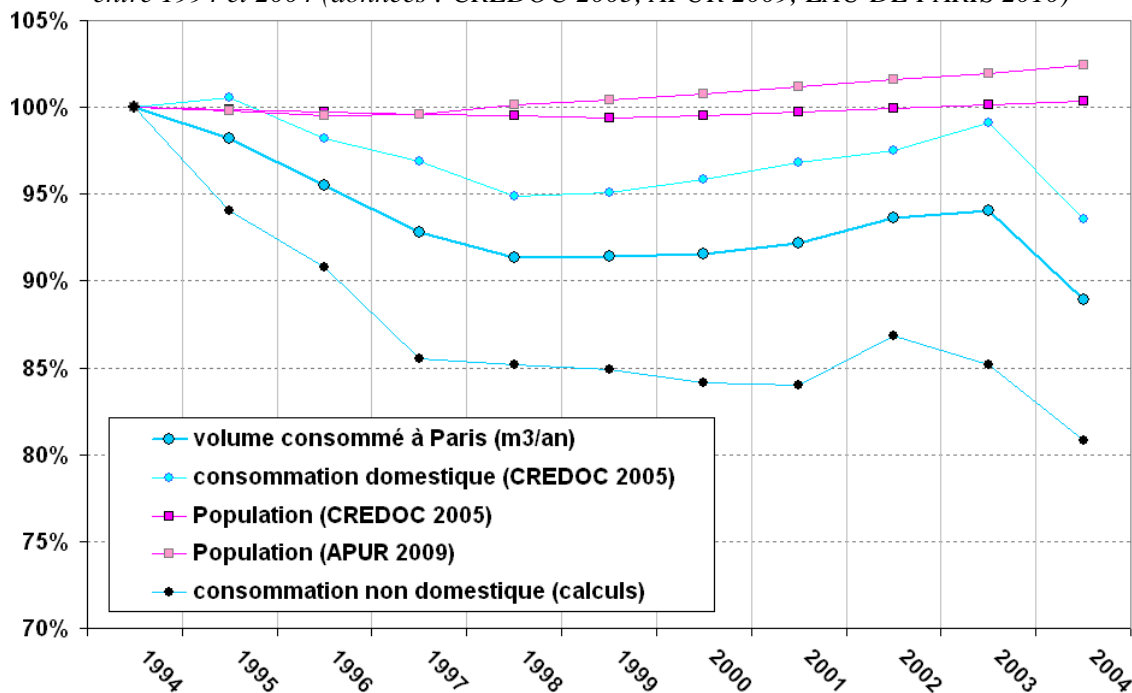
Figure 4 : Population parisienne et volume total d'eau potable fournis à Paris, de 1946 à 2007 (données : Eau de Paris 2010, APUR 2007)



Si nous observons la consommation d'eau potable des seuls ménages parisiens (« consommation domestique totale ») et non plus la consommation de l'ensemble des types d'abonnés :

- une **corrélation positive forte apparaît entre la consommation domestique totale, et le nombre d'habitants recensés à Paris entre 1998 et 2003** (les deux variables évoluent de concert à la hausse)
- mais cette corrélation n'est plus observée après 2003 (la consommation baisse fortement mais la population continue sa lente progression à la hausse).

Figure 5 : Evolutions de la consommation annuelle d'eau potable et population totale recensée à Paris, entre 1994 et 2004 (données : CREDOC 2005, APUR 2009, EAU DE PARIS 2010)

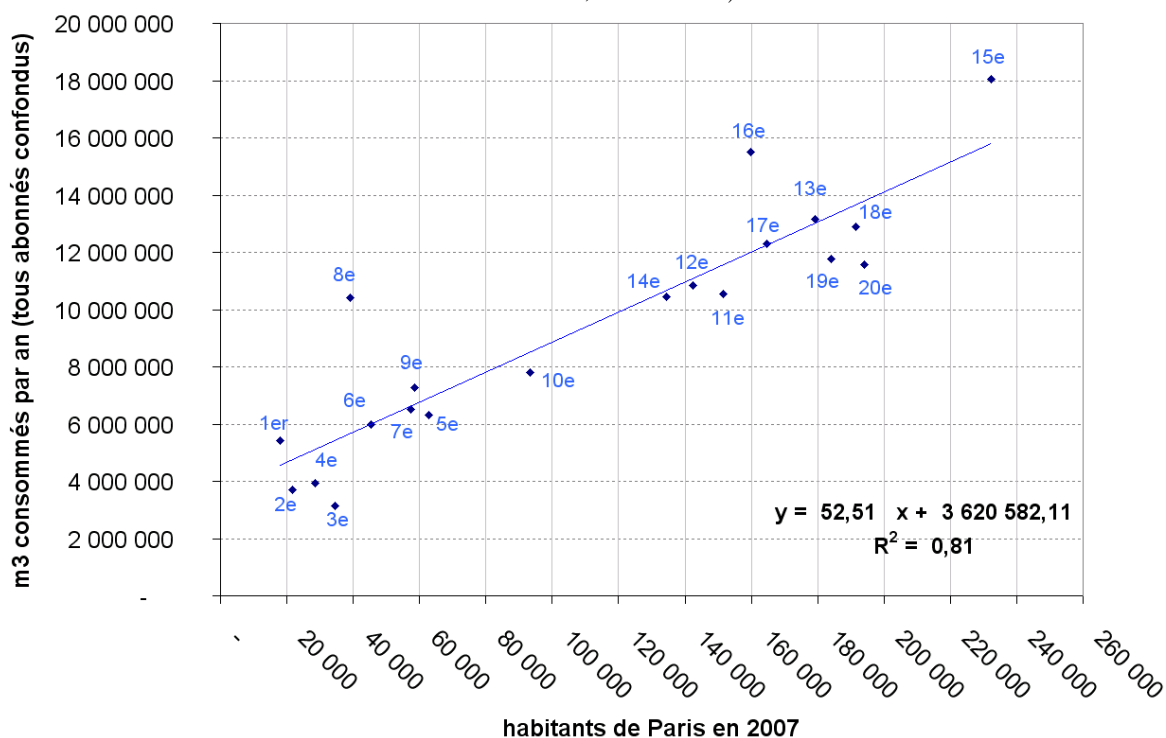


Si l'évolution du nombre total d'habitants résident à Paris pourrait expliquer en partie l'évolution de la consommation d'eau potable observée entre 1989 et 2003, ce n'est plus le cas après 2003. **L'évolution chronologique du nombre d'habitants recensés à Paris ne permet donc pas d'expliquer la forte baisse de consommation d'eau potable observée depuis 1990.**

b) Etude en coupe spatiale (par arrondissement)

Il existe une corrélation linéaire forte ($R= +0.90$) entre la population totale d'un arrondissement et sa consommation totale annuelle d'eau potable : **le volume total d'eau potable consommé est généralement plus élevé dans les arrondissements les plus peuplés** (POQUET & al 2005, BARRAQUE & NERCISSIAN 2009). Notre étude confirme cette analyse.

Figure 6 : Population parisienne et consommation totale d'eau potable en 2007, par arrondissement (données : Eau de Paris 2010, APUR 2007)

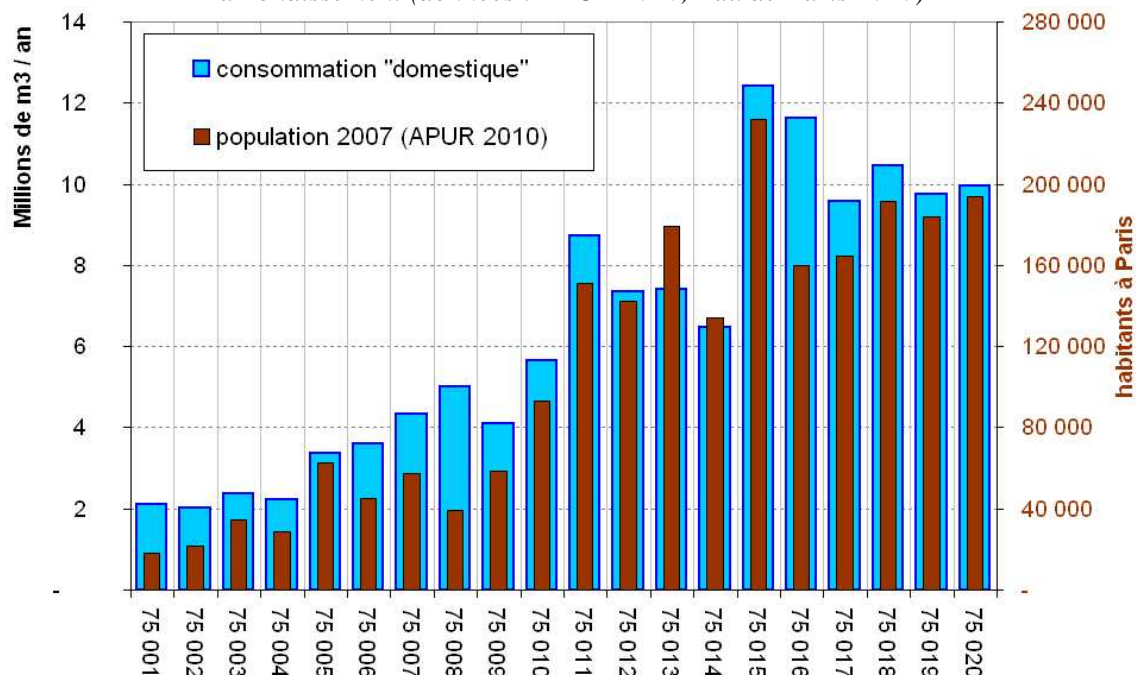


Cette corrélation linéaire forte nous permet de distinguer **deux groupes d'arrondissements**, qui sera également valable pour d'autres variables explicatives :

- d'une part les **arrondissements de l'hyper centre parisien** (du 1^e au 9^e arrondissement), peu peuplés et peu denses, ont une consommation totale d'eau potable plus réduite, mais une consommation moyenne par habitant plus élevée ;
- d'autre part les **arrondissements périphériques** (du 10^e au 20^e), plus fortement peuplés, ont une consommation totale d'eau potable plus élevée, mais une consommation moyenne par habitant plus réduite.

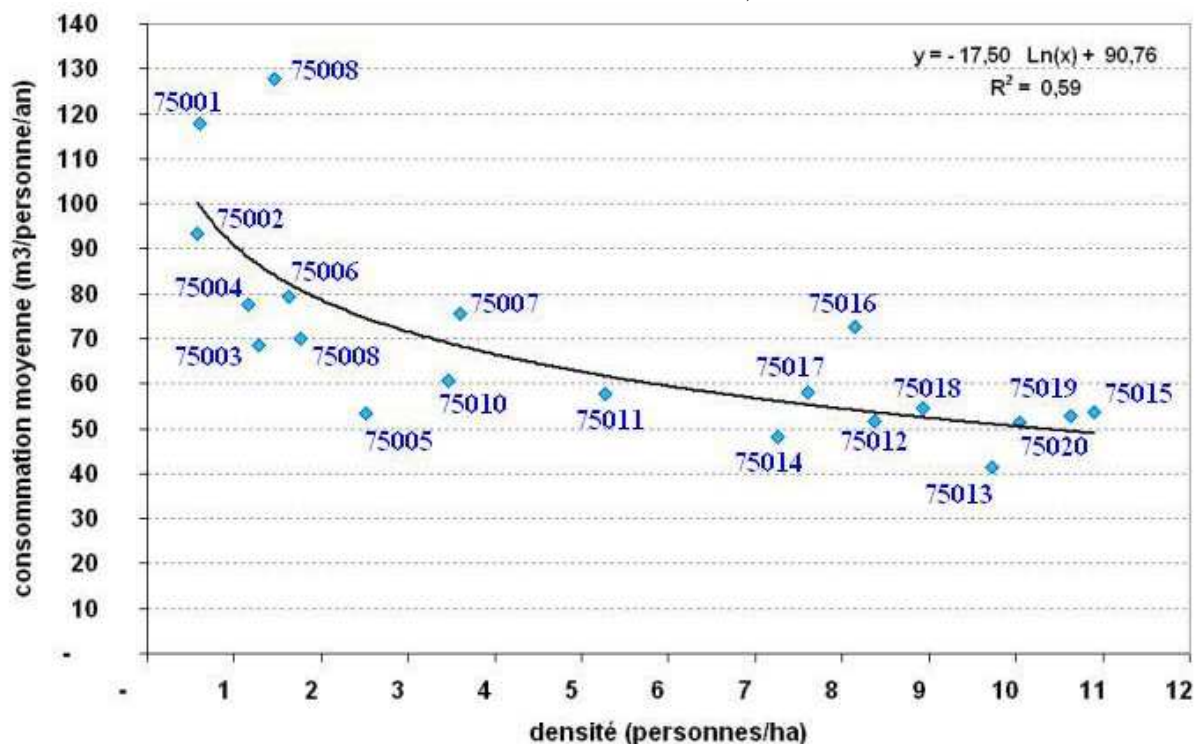
Si l'on considère non plus la consommation totale mais uniquement la consommation « domestique » d'eau potable d'un arrondissement sur une année (soit uniquement la consommation des abonnés résidentiels) nous observons une corrélation linéaire encore plus forte entre la consommation de l'arrondissement et le nombre d'habitants par arrondissement (R=0,95), ou encore avec le nombre de familles résidentes (R=0,94).

Figure 7 : Consommation « domestique » annuelle d'eau potable et population résidente en 2008, par arrondissement (données : APUR 2010, Eau de Paris 2010)



En complément, nous pouvons observer **une corrélation forte entre la densité de population d'un arrondissement et la consommation d'eau potable totale (R=0,87) ou domestique (R=0,91)** : les arrondissements ayant une densité faible (hyper centre de Paris) ont ainsi une consommation moyenne par habitant plus importante que les arrondissements à forte densité de population (R=-0,7). **La consommation d'eau des ménages est donc significativement liée à la densité de population**, comme illustré ci-dessous.

Figure 8 : densité et consommation domestique moyenne par habitant, à Paris en 2007 (données : INSEE 2007, Eau de Paris 2010)



Le nombre d'habitants recensés par arrondissement permettrait d'expliquer 91% de la consommation « domestique » d'eau potable par arrondissement (coefficient de détermination = $R^2=0,95^2=0,91$).

Cette corrélation est cependant également liée à d'autres facteurs, qui sont tout autant corrélés à la densité : la densité d'un arrondissement correspond aussi à des caractéristiques de revenus, d'habitat, etc. (cf. infra).

2. Population « effective » à Paris

La population parisienne recensée par l'INSEE ne correspond pas tout à fait à la population réellement sur place au cours de l'année : il faut y inclure d'autres **populations qui ne sont comptées lors des recensements généraux de population**. Nous proposerons ici trois de ces populations non résidentes, dont la présence peut influencer significativement sur la consommation d'eau potable à Paris, et dont la prise en compte pourrait permettre de mieux appréhender les évolutions de la consommation d'eau potable, passées comme futures.

a) Migrations pendulaires quotidiennes « professionnelles »

En 2008, la population parisienne recensée par l'INSEE s'élevait à 2,2 millions de personnes (INSEE 2008). Sur cette population, environ 1 million de parisiens étaient des actifs de +15 ans ayant un emploi salarié (INSEE 2006, DADS 2008, APUR 2009), dont environ 300 000 « parisiens » avaient un emploi hors de la ville de Paris, tandis qu'environ 900 000 « non parisiens » avaient leur emploi à Paris (APUR 2009), ce qui représente un gain net d'environ **600 000 personnes en plus présentes temporairement à Paris chaque jour ouvré pour des raisons professionnelles** (INSEE DADS 2008, INSEE 2007, CRCI Paris-IDF 2008, APUR 2009).

Cette population migrante « pendulaire » (elle effectue généralement un aller-retour dans la journée) est restée **relativement stable** au cours de la période 1989-2008, en valeur absolue (nombre total) comme en valeur relative (proportion des salariés « non résidents » parmi l'emploi total à Paris).

La population pendulaire professionnelle totale ne permet donc pas d'expliquer l'évolution de la consommation d'eau potable à Paris des dernières années.

Sa prise en compte permettra cependant d'améliorer notre compréhension des variations de la consommation d'eau potable quotidienne au cours de l'année (cf. variables « emplois à Paris », « vacances scolaires », etc. étudiées plus bas).

b) Migrations pendulaires quotidiennes « scolaires »

Au cours des années 2000, le nombre d'enfants scolarisés à Paris (du pré-élémentaire au lycée) est resté relativement stable, avec environ **335 000 enfants scolarisés par an** (recensements INSEE, de 2001 à 2010).

En 2010, cette population correspondait à **305 000 enfants « parisiens »**, auxquels s'ajoutaient **30 000 enfants « non parisiens » mais scolarisés à Paris** (INSEE 2010).

Le **nombre total d'étudiants vivant à Paris** était quand à lui estimé selon les sources à 278 032 étudiants (calculs personnels sur la population 2007⁶), ou 299 352 étudiants (SISE 2007⁷) ou 316 701 étudiants (Académie de Paris 2010), etc. soit **environ 300 000 étudiants à l'année**.

⁶ Le nombre d'étudiants devrait logiquement correspondre aux personnes de 15 à 25 ans, hors scolaires du secondaire et hors actifs avec ou sans emplois. Le RGP 2007 de l'INSEE comptait 589 251 parisiens de -25 ans,

Figure 9 : Nombre d'élèves à Paris par enseignement, en 2009 (Académie de Paris 2010)

	Etablissements	Nb. d'élèves
Enseignement primaire	771 écoles	173 402
Enseignement secondaire (collège et lycée)	354 établissements	157 664
Enseignement supérieur	13 universités	316 701
TOTAL		647 767 élèves

La population des élèves et étudiants permettra notamment de mieux comprendre l'évolution de la consommation d'eau potable des abonnés « établissements scolaires » et « universités » à un pas de temps infra-annuel, et de mieux comprendre l'impact des vacances scolaires sur la consommation totale d'eau potable au cours de l'année.

Ces données ne sont cependant pas assez précises et complètes pour expliquer la baisse de la consommation d'eau potable à Paris depuis 1990.

c) Population touristique

Chaque année **environ 34 millions de touristes**⁸ séjournent à Paris. Cette population est virtuellement équivalente à **93 000 personnes résidant en permanence à Paris**⁹, **en plus de la population recensée par l'INSEE**. Le nombre de touristes aura donc vraisemblablement un impact sur la consommation totale d'eau potable à Paris (BARRAQUE & NERCISSIAN 2009), à la fois directement (hôtels, restaurants, etc.) et indirectement (activités économiquement induites par le tourisme, etc.).

Le nombre total de touristes visitant Paris, très stable au cours des dernières années, est moyennement corrélé avec la consommation totale d'eau potable, par an ou par mois (corrélation linéaire R=0,5).

Le nombre de touristes séjournant à Paris et son évolution n'est cependant pas corrélé à l'évolution pluriannuelle ou annuelle de la consommation d'eau potable des dernières années, bien qu'une corrélation ait été identifiée entre population touristique, température et consommation mensuelle d'eau potable des hôtels-restaurants parisiens (BARRAQUE & NERCISSIAN 2009).

En conclusion, nous pouvons estimer que si la **population officielle** recensée à Paris est de 2,2 millions de personnes, la prise en compte des différentes populations migrantes temporaires (non recensées par l'INSEE) nous amène à considérer une **population effective proche de 3 millions de personnes**, qui vivent à Paris et utilisent le service d'eau potable.

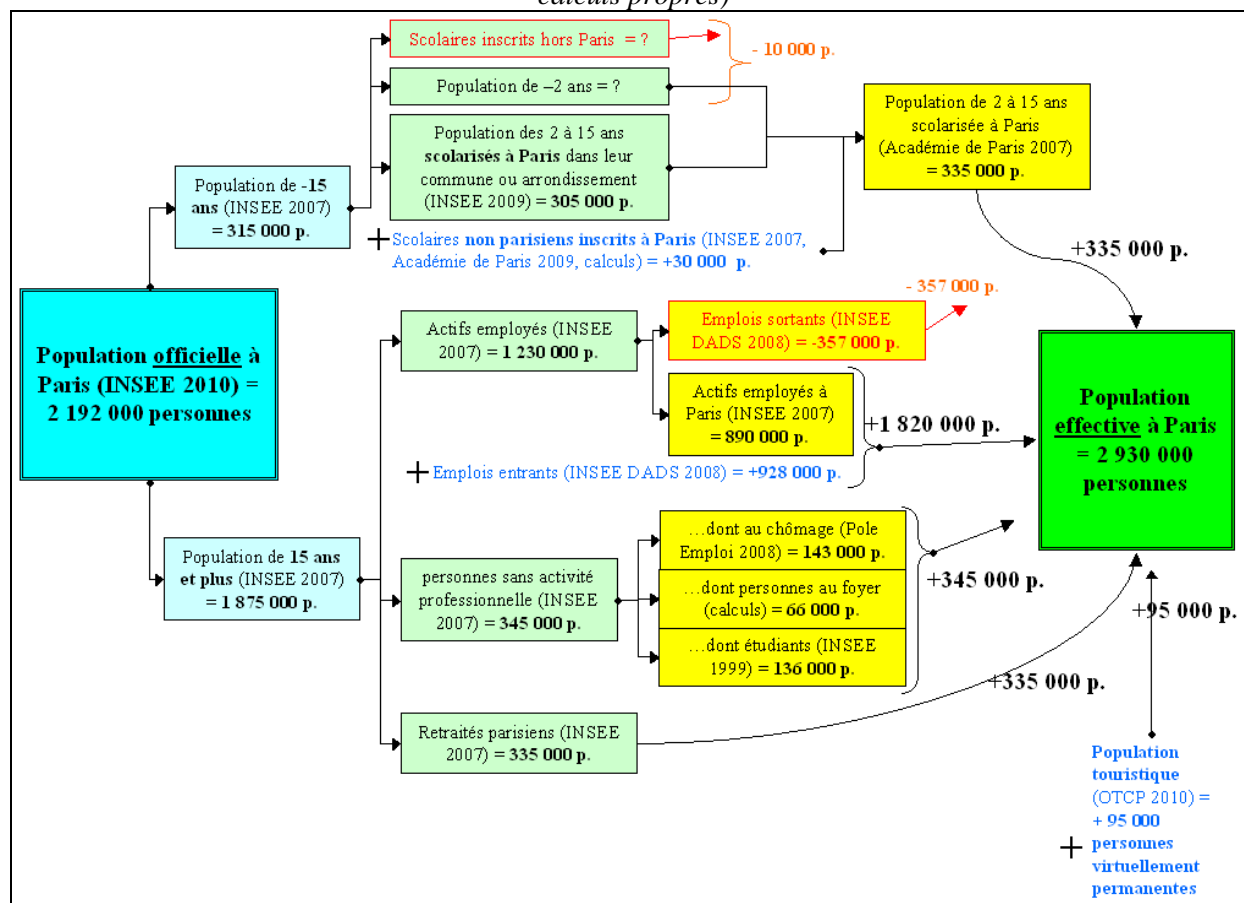
dont 311 219 avaient -15 ans. Le nombre de parisiens entre 15 et 25 ans en 2007 était donc (589 251 – 311 219 ⇒) 278 032 personnes, un résultat proche des décomptes de la population totale d'étudiants vivant à Paris (cf. supra).

⁷ Selon le rapport du système d'information SISE (2007) « Les étudiants : Repères et références statistiques », édition 2007, pp. 180-181, il y aurait au total 299 352 étudiants dans les différentes universités de Paris en 2007.

⁸ 27 millions de nuitées selon le site de la Ville de Paris, (http://www.paris.fr/portail/pratique/Portal.lut?page_id=9634&document_type_id=2&document_id=88098&portlet_id=23708), entre 33,8 et 35,7 millions de nuitées passées à Paris par an entre 2006 et 2009 selon l'Office du Tourisme et des Congrès de Paris décompte (données Excel transmises par l'OTCP).

⁹ Calcul réalisé : sur la base de 1 nuitée = 1 touriste présent pendant 24 heures à Paris, nous pouvons considérer que 34 millions de nuitées à l'année est équivalent à (34M divisé par 365 jours⇒) 93 000 nuits par jour passées à Paris sur l'ensemble de l'année, soit une population virtuellement équivalente présente à l'année, en plus de la population totale recensée par l'INSEE.

Figure 10 : Estimation de la population « effective » à Paris à la fin des années 2000 (données : divers, calculs propres)



NB : ces données peuvent légèrement varier selon les sources d'information considérées et selon les années.

3. Logements à Paris

Le nombre et la qualité du logement est un autre facteur explicatif de l'évolution de la consommation d'eau potable fréquemment cité (MONTGINOUL 2002, RIVP 2009, BARRAQUE & NERCISSIAN 2009).

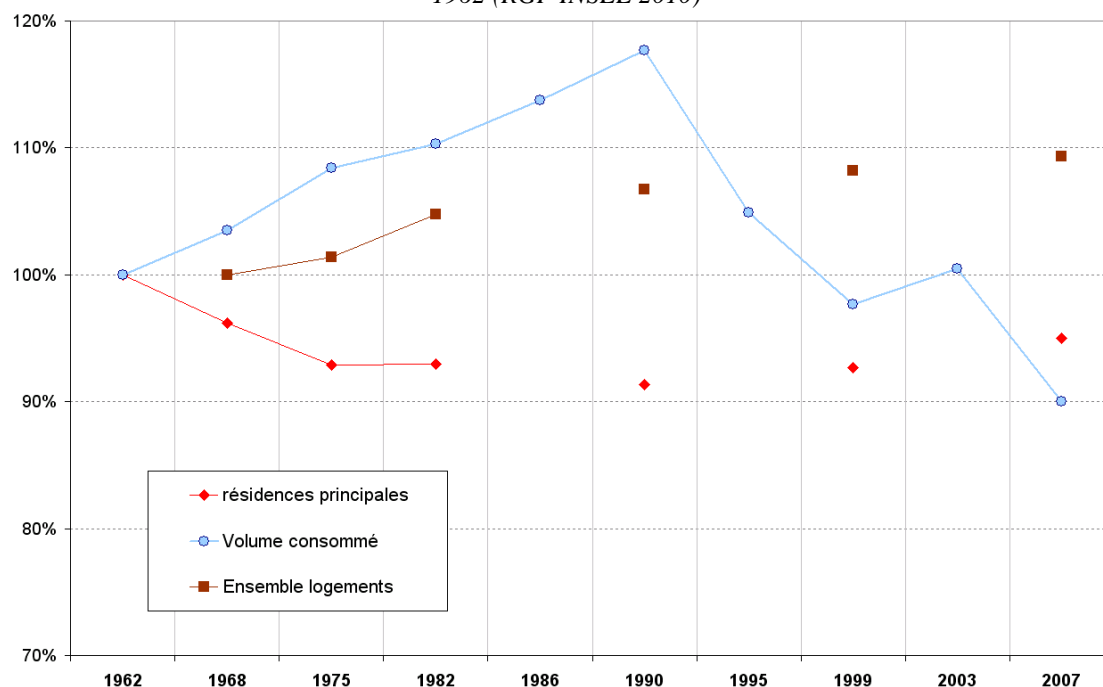
a) Approche quantitative (nombre de logements)

Tout d'abord, le **nombre total de logements à Paris** a continuellement augmenté depuis 1968 (RGP INSEE), tandis que sur cette période la consommation totale d'eau potable augmentait puis diminuait fortement. Cette variable ne permet donc pas d'expliquer l'évolution de la consommation d'eau potable à Paris depuis 1990.

Contrairement aux apparences, cette hausse du nombre total de logements entre 1962 et 2007 (+11% au total) correspond paradoxalement à une baisse du **nombre de résidences principales** à Paris, tandis que le nombre de logements « secondaires » et « inoccupés » explosait (+200%) :

- De 1962 aux années 1990, il ya diminution de la population (-23%) et du nombre de résidences principales à Paris (-9%), tandis que la consommation totale d'eau potable augmentait fortement (hausse d'environ +20%).
- De 1990 à 2009 (période qui nous intéresse plus particulièrement), c'est l'inverse : à partir de 1990 la consommation totale d'eau potable diminuait fortement (-25% au total), alors que les nombres d'habitants et de résidences principales restaient stables.

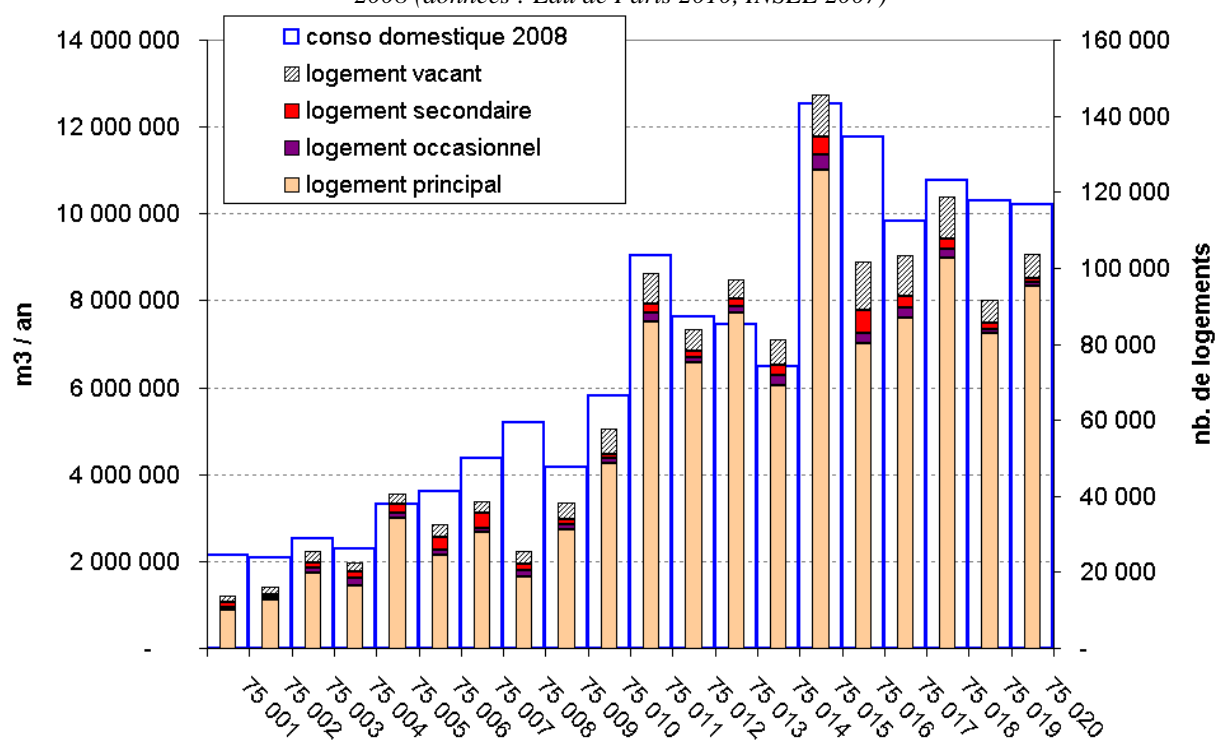
Figure 11 : Nombre de logements (différents types) et consommation totale d'eau potable à Paris, en base 100 pour 1962 (RGP INSEE 2010)



L'évolution du nombre de logements à Paris (total ou de résidences principales uniquement) ne permet donc pas d'expliquer la baisse de la consommation totale d'eau potable observée à Paris depuis 1990.

Néanmoins, une analyse en coupe transversale permet d'observer là encore (cf. supra) une **forte corrélation linéaire entre la consommation « domestique » d'eau par arrondissement et le nombre de logements, total (R=0,96) ou de résidences principales (R= 0,95).**

Figure 12 : Nombre de logements et consommation domestique d'eau potable, par arrondissement à Paris en 2007-2008 (données : Eau de Paris 2010, INSEE 2007)



Certains arrondissements ont là encore une consommation domestique légèrement atypique (notamment les 8^e, 16^e et 19^e arrondissements), ce qui nous permet de postuler que dans ces arrondissements d'autres facteurs spécifiques sont à prendre en compte pour expliquer la consommation totale d'eau potable enregistrée (cf. infra).

Le nombre total de logements par arrondissement est donc fortement corrélé avec la consommation domestique d'eau potable par arrondissement¹⁰.

b) Approche qualitative (types de logements)

Les caractéristiques qualitatives des logements semblent également influencer la consommation d'eau potable à Paris.

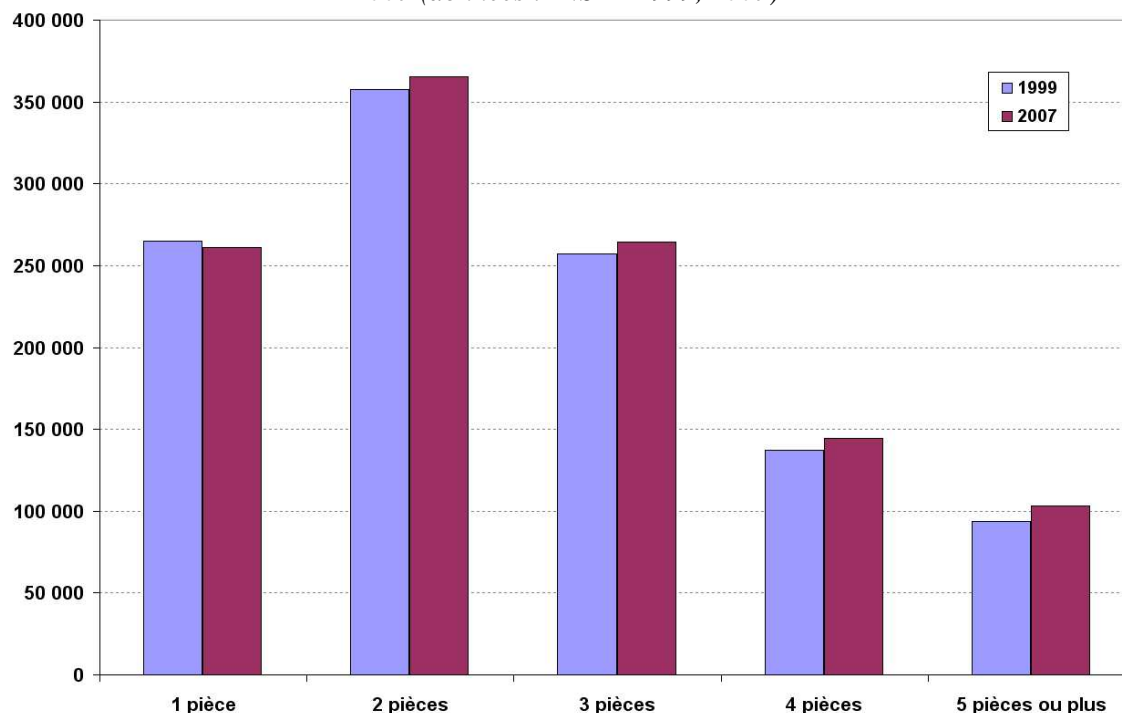
Diverses études relèvent une corrélation significative entre la **date de construction ou de réhabilitation d'un logement** et la consommation d'eau potable correspondante (ALEXANDRE et AZOMAHOU 2000, MONTGINOUL 2002, NAUGES & REYNAUD 2001). Ceci s'expliquerait par le fait que les bâtiments anciens ou non rénovés ont des canalisations potentiellement plus « fuyardes » que les bâtiments neufs ou rénovés. Diverses études démontrent cependant que cette corrélation n'est pas toujours clairement établie (RIVP 2009, DAVID et al 2010) : **le manque de données disponibles ne nous permet pas de conclure sur ce point.**

Le fait que les logements soient **collectifs ou individuels** est également une variable parfois citée pour expliquer l'évolution de la consommation totale d'eau potable en ville (ALEXANDRE & AZOMAHOU 2000, NAUGES & REYNAUD 2001, POQUET 2008). Cette hypothèse s'avère cependant peu pertinente à Paris, où historiquement 95% de logements sont en « habitat collectif » contre 5% seulement de logements « individuels » (pavillons, etc.), des proportions très stables qui ne permettent donc pas d'expliquer la baisse de consommation observée depuis 1990.

La **taille du logement (nombre de pièces, etc.)** est également une cause de l'évolution de la consommation totale d'eau potable à Paris régulièrement citée (MONTGINOUL 2002, BARRAQUE & NERCISSIAN 2009), bien que parfois considérée comme « non significative » (RIVP 2009). Entre les recensements INSEE de 1999 et 2007, le nombre total de pièces à Paris a fortement augmenté (+112 231 pièces au total, soit une évolution de +2,5% du stock parisien), mais le manque de séries chronologiques longues sur la consommation domestique ne nous permet pas d'étudier un éventuel impact de cette évolution.

¹⁰ Ceci illustre la difficulté de considérer un facteur explicatif seul : cette corrélation observée entre consommation et nombre de logement par arrondissement est elle-même explicable par la corrélation entre nombre de logements et nombre d'habitants d'un arrondissement (plus de personnes consomment logiquement plus d'eau), etc.

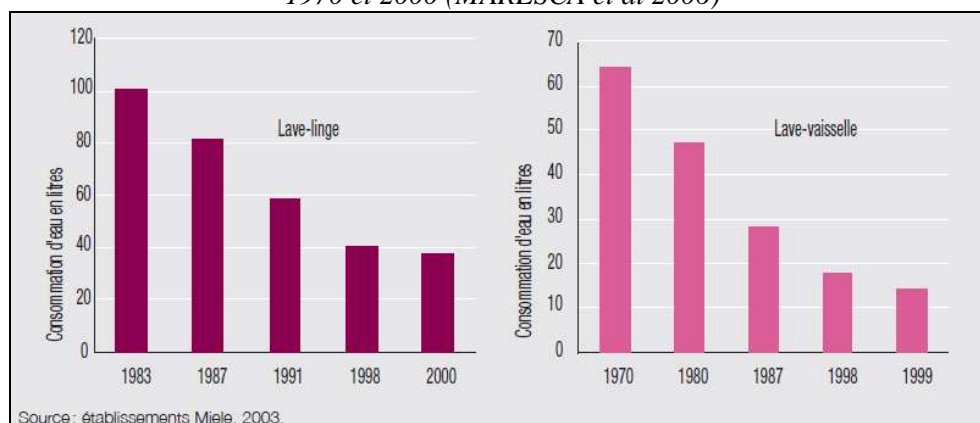
Figure 13 : nombre de logements en résidence principale, par nombre de pièces, à Paris entre 1999 et 2007 (données : INSEE 1999, 2007)



L'évolution des logements parisiens peut être aussi appréhendée par l'évolution de **l'équipement en baignoires et douches** (INSEE 1999, 2007). La situation semble très contrastée puisque environ 10% des résidences principales parisiennes n'en seraient toujours pas équipées, principalement dans les 2^e, 10^e et 18^e arrondissements (APUR 2009, page 27). Si le nombre de logements « avec baignoire ou douches » à Paris s'est accru de 50 000 unités entre 1999 et 2007 (+5,1%), de manière contre intuitive sur la même période la consommation d'eau potable à Paris diminuait fortement. Le manque d'informations détaillées ne nous permet donc pas d'étudier l'impact de cette variable, ni d'expliquer la forte diminution observée depuis 1990.

L'évolution des **appareils électroménagers utilisés dans les logements parisiens** pourrait être un autre variable explicative. De plus en plus économes en eau, les laves linges et les laves vaisselles ont par exemple réduit leur consommation moyenne d'eau dans des proportions allant de 40% à 80% en à peine une vingtaine d'année (MARESCA et al 1997, CAMBON GRAU 2000, BARRAQUE et NERCISSIAN 2009). Bien que cette progression semble s'être atténuée au cours des années 2000, **ce facteur technique pourrait expliquer en partie la baisse faible (mais suivie) de la consommation d'eau des ménages parisiens depuis 1990.**

Figure 14 : Evolution de la consommation moyenne d'eau des laves linges et laves vaisselles entre les 1970 et 2000 (MARESCA et al 2006)



D'autres équipements domestiques peuvent également favoriser une baisse de la consommation d'eau : **les kits économiseurs d'eau** (aérateurs pour robinetterie, robinets mélangeurs, double chasses d'eau, etc.) permettent des économies d'eau conséquentes, bien que le volume économisé fasse l'objet d'estimations variables (CAMBON 1996, LORILLARD 1997, etc.).

Figure 15 : Economie d'eau réalisée par les équipements ménagers (données : MONGINOUL 2002, divers)

	économies min.	économie max.	économie, en m ³ / an / pers.
robinet temporisé		-70%	
robinet aérateur			1 a 2 m ³ /an
robinet poussoir	-50%	-70%	
pommeau douche économe		-50%	
WC accélérateur		-70%	
WC volume réduit	-20%	-35%	
WC interrompu	-30%	-50%	
WC double chasse	-30%	-50%	
compteur	-5%	-30%	
réducteur de pression		-25%	
lave vaisselle	-40%	-79%	passé de 50-70 à 15-30 L
lave linge	-50%	-62%	passé de 120-130 à 50-60 L
eau de pluie récupérée	-5%	-25%	
abandon de climatiseur à eau perdue	-100%		

L'impact de ces équipements reste cependant **sujet à controverse** : si ces solutions techniques permettent en théorie de réduire la consommation d'eau potable des ménages, elles créent également de nouveaux besoins (ou « envies d'eau ») dont le volume peut contrebalancer les économies d'eau attendues (PERIAÑEZ 1996, DUJIN et al 2007). De plus, les économies d'eau sont plus significatives lorsque l'installation de ces équipements **s'accompagne d'une sensibilisation** des ménages aux économies d'eau, venant compléter l'installation d'équipements économes en eau (SAGECO 2008, cité dans BARRAQUE & NERCISSIAN 2009).

Quoi qu'il en soit, ces technologies représenteraient un **très fort potentiel de baisse des consommations domestiques** d'eau potable à Paris au cours des prochaines années, pouvant aller jusqu'à 40% de la consommation domestique totale actuelle (RIVP 2009).

Les **compteurs d'eau** semblent également être un facteur de réduction de la consommation d'eau potable des ménages, bien que certaines études de cas démontrent le contraire (MOUILLART 1995). Il semble même que la seule « annonce de la pose des compteurs d'eau suffit à elle seule à faire à faire baisser les consommations avant même que la pose soit effective » (PERIGEE 1993). La présence des compteurs n'entraîneraient cependant aucune économie d'eau sur le long terme, s'ils ne sont pas accompagnés d'une politique tarifaire incitative. Enfin, la baisse de consommation d'eau parfois observée suite à la pose de compteur d'eau disparaîtrait après 3 ou 4 ans, en raison d'un retour à des habitudes de consommation d'eau moins économes (PERIGEE 1993, BARRAQUE & NERCISSIAN 2009).

Autre cause de diminution des consommations, l'**individualisation** des factures d'eau (permettant de passer d'une facturation « par immeuble résidentiel » à une facturation correspondant au volume réellement consommé « par ménage »), permettrait de réduire les consommations d'eau potable des ménages, dans des proportions qualifiées de « très variables » par diverses études menées sur le sujet (PERIGEE 1993, BARRAQUE & NERCISSIAN 2009, DAVID & al 2010). A Paris, seuls 400 ménages parisiens (moins de 0,05% des ménages parisiens !) sont actuellement « individualisés », et l'étude de leur consommations d'eau potable ne permet pas d'observer une baisse significative (DAVID & al 2010, SOURIAU 2010).

Enfin, les recensements socio-démographiques de l'INSEE permettent d'observer au cours des années 2000 une très forte progression du nombre de logements parisiens équipés en **chauffage individuel « tout électrique » et non plus en chauffage collectif** (+81 756 logements équipés entre 1999 et 2007, soit 7% des logements parisiens). Une étude RIVP a calculé que **les ménages équipés en chauffage collectif ont une consommation moyenne d'eau plus élevée** que les

ménages ayant un chauffage individuel installé au niveau de leur appartement (RIVP 2009, p. 24). Cette évolution pourrait donc expliquer une partie de la baisse de la consommation d'eau potable des ménages observée depuis 1990.

Malgré le manque de données disponibles, nous pouvons conclure que la faible variation des consommations d'eau à l'échelle du logement parisien moyen ne nous permet pas d'expliquer la (forte !) baisse de consommation d'eau potable observée à Paris depuis 1990.

L'amélioration des **appareils domestiques** -plus économes en eau- ont un effet probable sur la consommation d'eau potable domestique (des ménages), mais qui reste difficilement quantifiable à l'échelle de Paris, faute de données suffisamment détaillées sur ce sujet.

4. Les ménages

Si la population et le nombre de logement stagne, la consommation d'eau potable serait alors fonction de l'évolution du **profil des ménages** (MARESCA & al 1997). Vérifions cette hypothèse, par une analyse chronologique et une analyse en coupe transversale.

a) Nombre de ménages

Analyse chronologique

Etant donné que la population parisienne est restée relativement stable depuis 1990, l'évolution du nombre de ménages à Paris nous renseignera sur le profil des ménages parisiens. **Les données disponibles ne permettent pas d'étudier d'évolution de cette variable sur une période suffisante.** Nous devons donc d'autres variables qui caractérisent le profil des ménages parisiens.

Analyse en coupe transversale

Il existe une **forte corrélation linéaire entre le nombre de ménages par arrondissement et la consommation d'eau** potable totale ($R=0.9$) ou de la consommation « domestique » uniquement ($R=0.95$). De plus, les arrondissements ayant le plus de ménages résidents correspondent en général aux arrondissements ayant une consommation domestique moyenne par ménage ou par habitant est la plus faible ($R < -0,6$) (cf. supra).

b) Taille des ménages (nombre de personnes par ménage)

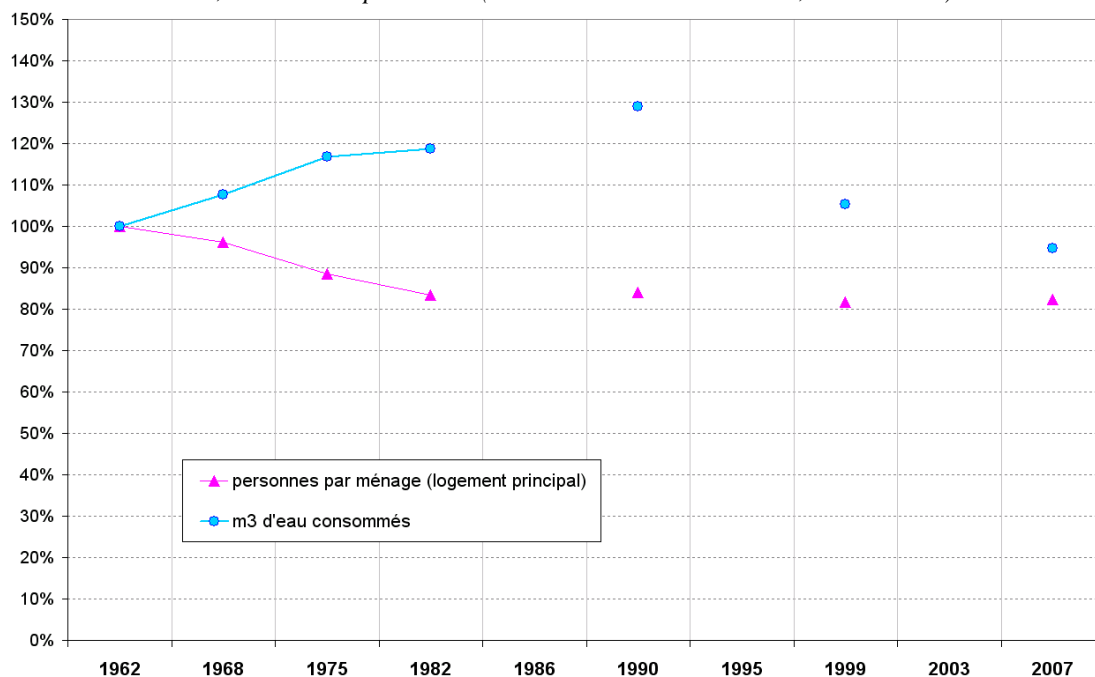
Analyse chronologique

Plusieurs études ont observé qu'à population égale, la consommation domestique d'eau potable d'une ville est en partie **fonction du nombre de personnes par ménage** (NAUGES & REYNAUD 2001, POQUET 2003, POQUET & al 2005, POQUET 2008, RIVP 2009, SOURIAU 2010).

Pour le cas de Paris, nous pouvons observer une corrélation linéaire négative entre 1962 et 1982, mais celle-ci disparaît à partir des années 1990, année à partir de laquelle la consommation chute tandis que la taille des ménages reste stable :

- Entre 1962 et 1982, la taille moyenne des ménages est passée de 2,3 à 1,9 personnes par ménage (-17%), tandis que la consommation totale d'eau potable restait stable (+3%).
- A l'inverse, depuis 1990 la taille moyenne des ménages parisiens est restée identique tandis que la consommation totale d'eau potable diminuait fortement (-25%).

Figure 16 : Evolution de la consommation totale d'eau potable et de la taille des ménages à Paris, entre 1962 et 2007, en base 100 pour 1962 (données : Eau de Paris 2010, INSEE 2007)



Il n'y a donc pas de corrélation significative observée entre l'évolution de la taille moyenne du ménage parisien, et l'évolution de la consommation totale d'eau potable à Paris depuis 1990 ($R = -0,08$).

Les rares données disponibles ne permettent pas de conclure sur l'influence de l'évolution de la taille moyenne des ménages parisiens sur la baisse de la consommation totale d'eau potable à Paris observée depuis 1990.

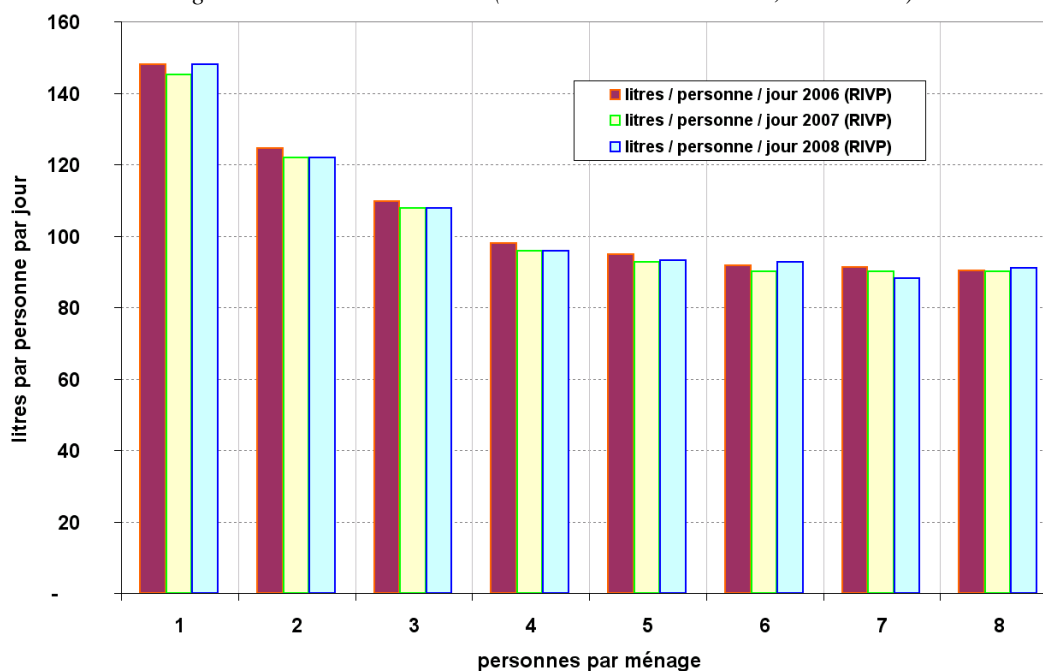
Analyse en coupe transversale

Deux études menées sur un total de plus de 33 000 parisiens permettent d'observer une **corrélation forte et significative entre le nombre de personnes par ménage et la consommation domestique d'eau potable moyenne** (SAGECO 2008, RIVP 2009, BARRAQUE & NERCISSIAN 2009, SOURIAU 2010)¹¹.

L'augmentation de la taille d'un ménage entraînerait une consommation marginale décroissante (LORRILLARD 1997), tendant vers une **consommation « plancher » moyenne d'environ 90 litres/personnes/jour** (SOURIAU 2010). La vie en famille permettrait notamment de mettre en commun certains usages de l'eau pour lesquels le volume d'eau utilisé est relativement indépendant du nombre de personnes présentes (cuisine, propreté du sol, etc.), réduisant ainsi la consommation de chaque individu au sein du ménage.

¹¹ * cf. rapport n°1 sur la consommation d'eau potable à Paris.

Figure 17 : Volume moyen d'eau potable consommé par personne par jour, en fonction du nombre de personnes par ménage à Paris en 2008 ou 2009 (données : SAGECO 2008, RIVP 2009)¹²



A l'échelle des arrondissements de Paris, la corrélation entre la taille moyenne des ménages (personnes/ménage) et la consommation domestique moyenne d'eau potable par ménage ou par habitant est cependant très faible et non significative (coefficient de corrélation linéaire respectivement de $R = +0.06$ et $R = -0,16$).

Etant donnée la stabilité de la taille moyenne des ménages parisiens depuis 1990, nous pouvons conclure que **la taille moyenne des ménages à Paris ne permet pas d'expliquer la forte baisse de consommation d'eau potable observée à Paris depuis 1990.**

Nous devons cependant prendre en compte les diverses études de cas réalisées et la relation entre le nombre de personnes par ménage et la consommation domestique d'eau potable d'un ménage qu'elles mettent à jour.

c) Age du ménage

Paris est le département français dont la moyenne d'âge est la plus élevée (MARESCA & al 2005). Plusieurs travaux de recherche observent que le **vieillissement de la population d'une ville serait un facteur « solide »** pour expliquer la baisse de consommation d'eau potable (MARESCA & al 1997), et ce pour diverses raisons : les personnes âgées consommeraient en moyenne moins d'eau potable que les plus jeunes (MARESCA & al 1997, POQUET & al 2005, POQUET 2008), le vieillissement de la population générant un ralentissement démographique influant sur la progression de la consommation (POQUET 2003) et expliquerait qu'un nombre plus important d'appartements soient vides une partie de l'année (en raison du nombre de logements secondaires), etc. (CAMBON GRAU 2000).

Contrairement aux conclusions du CREDOC de 2005, le vieillissement de la population parisienne ne semble pas clairement prouvé : les recensements INSEE de 1999 et 2007 montrent une répartition stable de la population parisienne par tranche d'âge, voire une légère augmentation de la part des « -20 ans » (sauf dans l'hyper-centre parisien).

¹² Ces résultats sont tirés d'études basées sur des échantillons de populations dont les caractéristiques (habitats d'HLM, faibles revenus, taille du ménage supérieure à la moyenne parisienne, etc.) sont légèrement différentes des moyennes des ménages parisiens.

Dans le contexte français, une population plus âgée correspond généralement à un nombre relatif de décès plus élevé, et à Paris l'évolution du nombre annuel de décès connaît une baisse constante, surtout depuis 2003 (année de la canicule) ($R=0,87$).

Une étude en coupe transversale nous permet de conclure que **la présence de personnes de « plus de 60 ans » dans la population d'un arrondissement n'est pas corrélée avec la consommation domestique d'eau potable d'un arrondissement ($R<0,1$)**, tandis qu'à l'inverse la présence de populations jeunes (« - de 20 ans ») ou d'enfants dans un arrondissement est légèrement corrélée avec la consommation domestique moyenne des ménages ($R= +0,6$).

L'âge moyen des parisiens a très peu changé au cours de la période étudiée, et **il ne permet donc pas d'expliquer la forte baisse de consommation d'eau potable observée à Paris depuis 1990.**

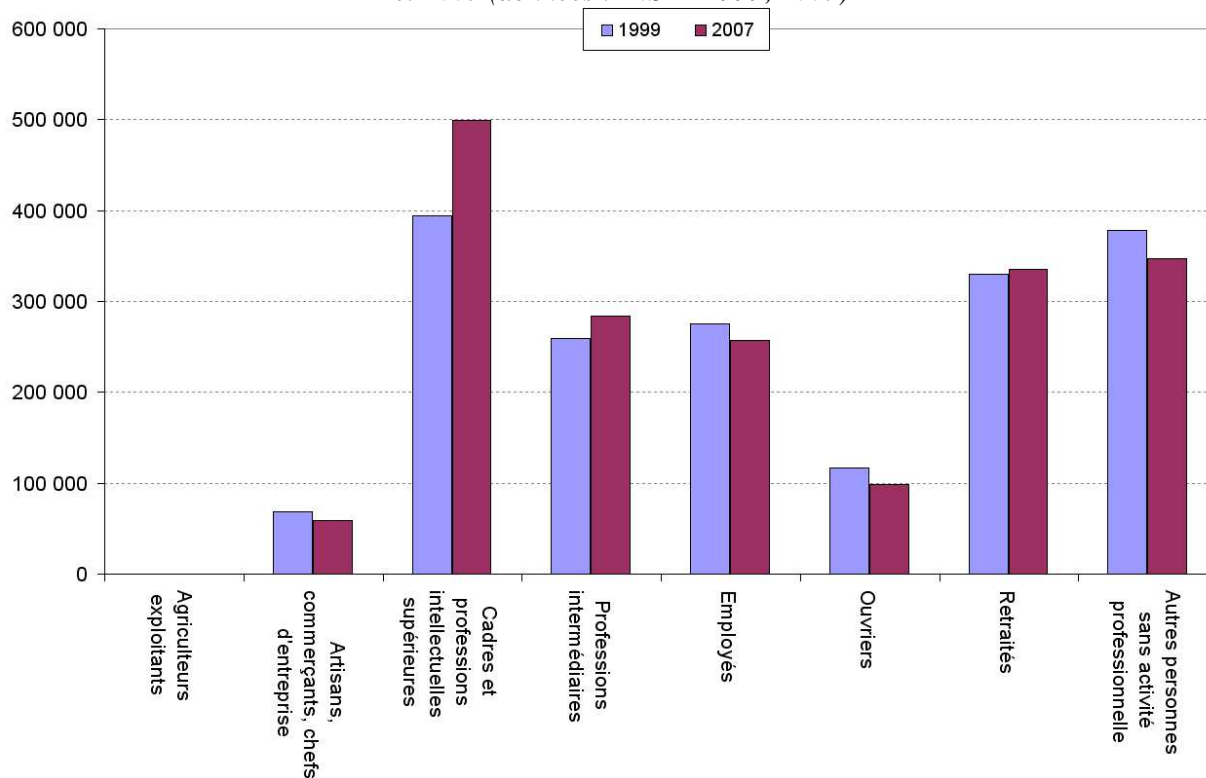
Nous pouvons également observer que la consommation domestique est mieux corrélée avec la présence de « jeunes » qu'à la présence de « personnes âgées »..

d) Catégorie socioprofessionnelle

La catégorie socioprofessionnelle des ménages (CSP) est un autre facteur souvent cité comme déterminant (MARESCA et al 1997, NAUGES & REYNAUD 2001).

La population parisienne se singularise par une **sur-représentation de cadres et chefs d'entreprises (32%), de retraités (22%), et de professions intermédiaires (18%) au sein de la population parisienne.** Ces populations sont en hausse constante **au cours des dernières années** (APUR 2009, p. 20), avec notamment +100 000 cadres et chefs d'entreprises entre 1999 et 2007, devenant la première CSP parmi la population parisienne. A l'inverse, Paris compte une minorité d'ouvriers et d'employés (respectivement 6% et 12% des ménages), dont le nombre total a été divisé par deux depuis 1980.

Figure 18 : Catégories socioprofessionnelle des personnes de plus de 15 ans et actives, à Paris en 1999 et 2007 (données : INSEE 1999, 2007)



Certains auteurs estiment que les cadres supérieurs auraient une consommation d'eau potable 35% supérieure à la consommation moyenne (MARESCA & al 1997), tandis qu'à l'opposé les ouvriers valoriseraient les comportements de non-gaspillage et leur consommation serait plus « économes » (PERIAÑEZ 1996, 2006).

Nous observons également que **la consommation moyenne par ménage est plus élevée dans les arrondissements où les ménages de CSP supérieure sont mieux représentés** (arrondissements 1 à 9, et 16^e), ce que confirment les corrélations obtenues dans des proportions comparables à celles obtenus lorsqu'on étudie l'impact du revenu moyen par ménage ou de la taille des logements (cf. infra).

e) Conscience éco-citoyenne et sensibilité écologique

Peu de ménages parisiens ont connaissance du volume d'eau potable qu'ils consomment, et ce pour plusieurs raisons : peu de ménages sont équipés en compteur d'eau (ce qui limite l'autocontrôle) et la majorité des ménages a une connaissance nulle ou erronée de sa consommation d'eau potable (CAMBON GRAU 2000, PERIAÑEZ 2006, p.5).

La prise de conscience de l'impact environnemental des comportements, notamment depuis les années 1990 en raison d'une diffusion du thème de l'environnement par les médias de masse, ne semble pas avoir d'effet direct sur leur comportement vis à vis de l'eau. Au contraire il semble que la perception de l'eau potable reste celle d'une « eau plaisir » et relève de comportements globalement non-économes (PERIAÑEZ 2006). Plusieurs études font un constat comparable : « les ménages ont bien intériorisé le bien fondé des discours sur l'économie de l'eau mais [...] en dehors d'une minorité éco-agissante ou de fractions aux ressources très limitées, ils continuent à privilégier l'accroissement de leur confort et à ne pas s'imposer de restrictions dans ce domaine » (POQUET & MARESCA 2006).

En conclusion, la baisse de consommation d'eau potable observée depuis 1990 ne semble pas être liée à des changements de comportements des ménages, mais plutôt à une évolution de leurs équipements domestiques : « la chute des consommations d'eau observées dans l'habitat collectif ne tient pas à des changements de comportement des habitants, mais à des économies dans la gestion des parties communes des immeubles et dans les activités très diverses qui sont raccordées aux immeubles d'habitation » (PERIAÑEZ 2006, citant le CREDOC).

La baisse des consommations d'eau observée depuis 1990 pour les immeubles résidentiels parisiens serait donc peu corrélée avec le comportement des ménages.
--

5. Prix et revenu : élasticité et rationalité économique

a) Elasticité-prix de la demande¹³

De multiples rapports et études expliquent la question de la baisse des consommations comme une réaction rationnelle des abonnés et des usagers face à la hausse du prix de l'eau potable (MARESCA & al 1997, MONTGINOUL 2002). La plupart des auteurs concluent à une corrélation négative entre le prix et la consommation d'eau potable, de force variable.

¹³ Il est important de rappeler qu'à Paris les ménages ignorent souvent quelle est leur consommation d'eau et ils ne connaissent généralement pas le prix de l'eau ni le montant de leur facture puisque leur facture est comprise dans leurs charges locatives et qu'ils n'ont ni contrat d'abonnement ni facture d'eau à leur nom. Toute étude de l'élasticité-prix basée sur l'hypothèse de choix rationnel est sujette à caution.

Figure 19 : Elasticité prix de la demande en eau potable, selon diverses études (données : divers)

<u>Auteur et date de l'étude</u>	<u>Volume ou prix considéré</u>	<u>Elasticité prix observée</u>
BOISTARD 1993	Pour une facture type équivalente à 100 m ³ /ménage/an. Elasticité-prix de long terme uniquement, et résultats variables selon la structure tarifaire (prix unique, tranches croissantes, etc.)	-0,33 (sur le long terme) L'élasticité est élevée en cas de forte hausse du prix sur le long terme = pendant 5 à 10 ans. Le prix est de toute façon peu connu par les ménages, mais l'estimation qu'ils en ont faite généralement « juste »
CAMBON 1996	L'élasticité prix ne sera pas un facteur déterminant de l'évolution de la consommation, au deçà d'un seuil symbolique	faible
GEOFFRAY 1997	Cette baisse n'est supposée avoir lieu en pratique que plusieurs mois après la modification des tarifs; le temps que l'abonné reçoive sa facture et se rende compte de sa variation à la hausse	élasticité prix de -0,15 à -0,3.
BEAUMAIS et al 1997	Pour le prix moyen du mètre cube facturé	-0,08 à -0,15 (« élasticité très faible »)
MARESCA et al 1997	Elasticité-prix de long terme et de court terme	-0,15 (à court terme) -0,32 (sur le long terme, mais a très fortement augmenté depuis la fin des années 1980)
NAUGES & al 1998	Elasticité par rapport au prix moyen par m ³ d'eau potable, calculé sur environ 200 communes de Gironde et de Moselle	-0,08 à -0,22
NAUGES & REYNAUD 2001	Facture type équivalent à 100 m ³ /ménage/an	-0,1, donc élasticité-prix très faible
GEOECONOMICS 2002		Elasticité prix presque nulle pour les usages « intérieurs » de l'eau potable
MONTGINOUL & RINAUDO 2003	Elasticité-prix de long terme et de court terme	-0,23 à -0,70 (abonnés domestiques) -0,1 à -0,2 (abonnés non-domestiques à court terme) -0,25 à -0,35 (abonnés non-domestiques à long terme)
POQUET 2003		Pas d'élasticité-prix significative en dessous d'une facture de 60 m ³ /ménage/an
DOMENE & SAURI 2006	Calcul de toutes façon très questionnable vu que peu d'abonnés connaissent le prix du service.	

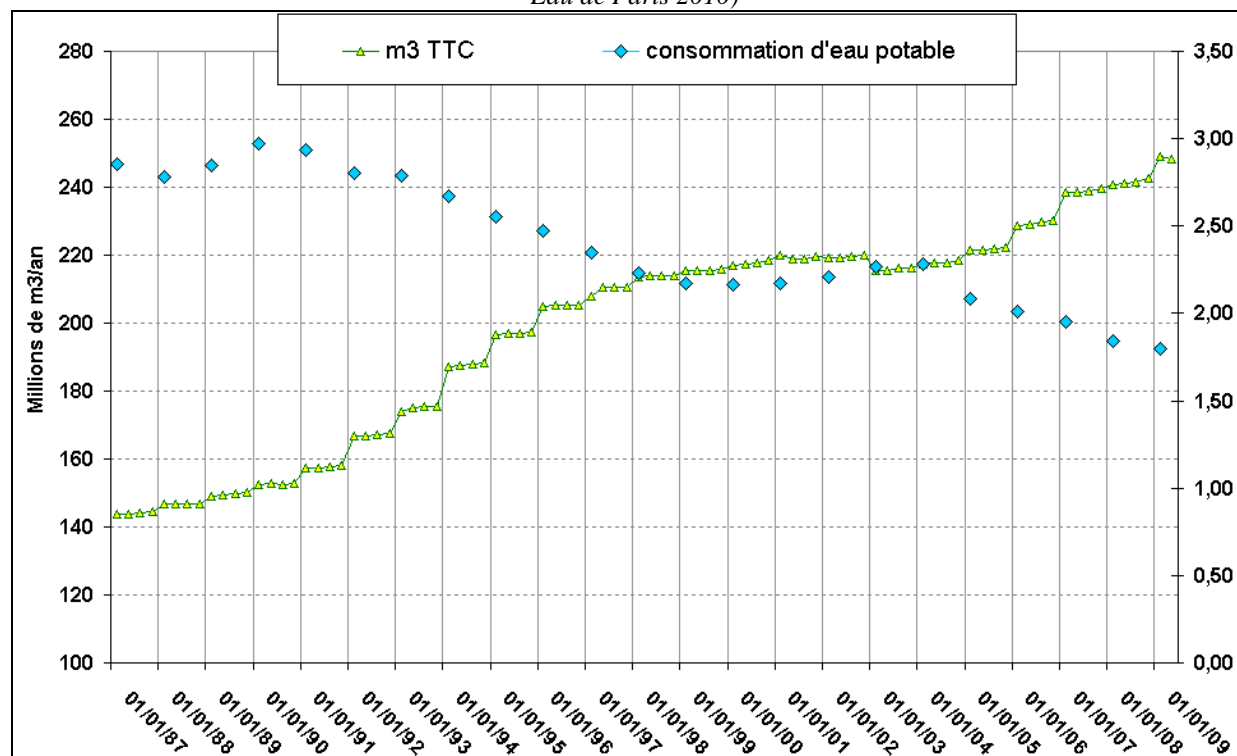
Nous étudierons ici l'élasticité du prix de la « facture d'eau potable », soit de l'agrégat réunissant les prix du service d'eau potable, les redevances, les services d'assainissement et les taxes ; et non le seul prix du service d'eau, qui n'est jamais facturé seul aux abonnés, sauf exceptions.

Depuis 1991, nous pouvons observer une **très forte hausse du prix du m³ d'eau potable** facturé aux abonnés parisiens (MARESCA & al 1997, POQUET 2003). Cette hausse est telle que le prix a été multiplié par 3 entre 1980 et 1995, plus rapide que l'inflation qui n'augmentait que de 2 fois sur cette période. **Il y a une très forte corrélation linéaire entre la**

consommation totale d'eau potable à Paris et le prix du m3 d'eau potable facturé aux abonnés ($R = -0,99$ sur la période 1989-2010), au cours de trois périodes distinctes :

- 1990 à 1998 : la consommation diminue tandis que le prix augmente fortement ($R = -0,99$) ;
- 1998 à 2001 : la consommation augmente légèrement, tandis que le prix stagne ;
- 2002 à 2007 : la consommation totale d'eau potable à Paris baisse à nouveau, tandis que le prix connaît une nouvelle très forte hausse ($R = -0,83$).

Figure 20 : Consommation d'eau potable et prix du m3 d'eau potable facturé, à Paris entre 1987 et 2009 (données : Eau de Paris 2010)



Cette corrélation linéaire très forte et très significative permettrait de déterminer que **la hausse du prix moyen du m3 d'eau potable du service public est un des principaux déterminants de la baisse de la consommation d'eau potable observée depuis 1990** (MARESCA & al 2005), comme pourrait l'illustrer le graphique ci-dessus.

Cependant, cette conclusion peut être nuancée par d'autres observations : **l'élasticité prix est très variable selon les types d'abonnés** considérés (entreprises, administrations, ménages, immeubles résidentiels, etc.). Ainsi, l'élasticité-prix de la consommation d'eau potable sera très forte pour les usages de loisirs et municipaux –arrosage public, piscines municipales, etc.- (corrélation de $R = 0,99$), un peu moins élastique pour les bureaux ($R = 0,57$), et beaucoup moins élastique pour les usages domestiques des ménages ($R = 0,28$) (MARESCA & al, p.50). Nous pouvons ainsi distinguer une corrélation linéaire forte pour la consommation « non domestiques » (entreprises, administrations, etc. avec $R = -0,93$), tandis que la corrélation linéaire est de seulement de $R = -0,69$ pour la consommation « domestique » (immeubles résidentiels, pavillons).

De plus, la pertinence du calcul de l'élasticité prix lorsqu'on cherche à étudier la consommation des ménages parisiens reste méthodologiquement critiquable : dans leur grande majorité les ménages parisiens ne reçoivent pas leur facture d'eau potable, mais paient leur consommation d'eau au travers de leurs charges d'habitation, sans connaître ni le volume consommé, ni le montant facturé correspondant, expliquant **« l'importance minime du prix de l'eau, de son niveau aussi bien que de son évolution dans le temps, sur le comportement et les attitudes**

de la grande majorité des usagers résidentiels de l'eau. [...]. Les attitudes d'économie ou d'insouciance [des ménages], qu'elles soient caricaturales ou pondérées, préexistaient à l'augmentation du prix » (PERIÑEZ 2006).

Il a été observé que parfois les ménages réagissent à des signaux de prix même lorsqu'ils ne sont pas affectés par ces prix (!), par exemple suite à des annonces dans les médias d'une hausse du prix de l'eau (OCDE 1999). De plus, « l'eau étant un service vital, une partie de la consommation est indépendante du prix » (HAEFFNER 2008), étant donné qu'un bien primaire comme l'eau potable a théoriquement une élasticité-prix quasi nulle.

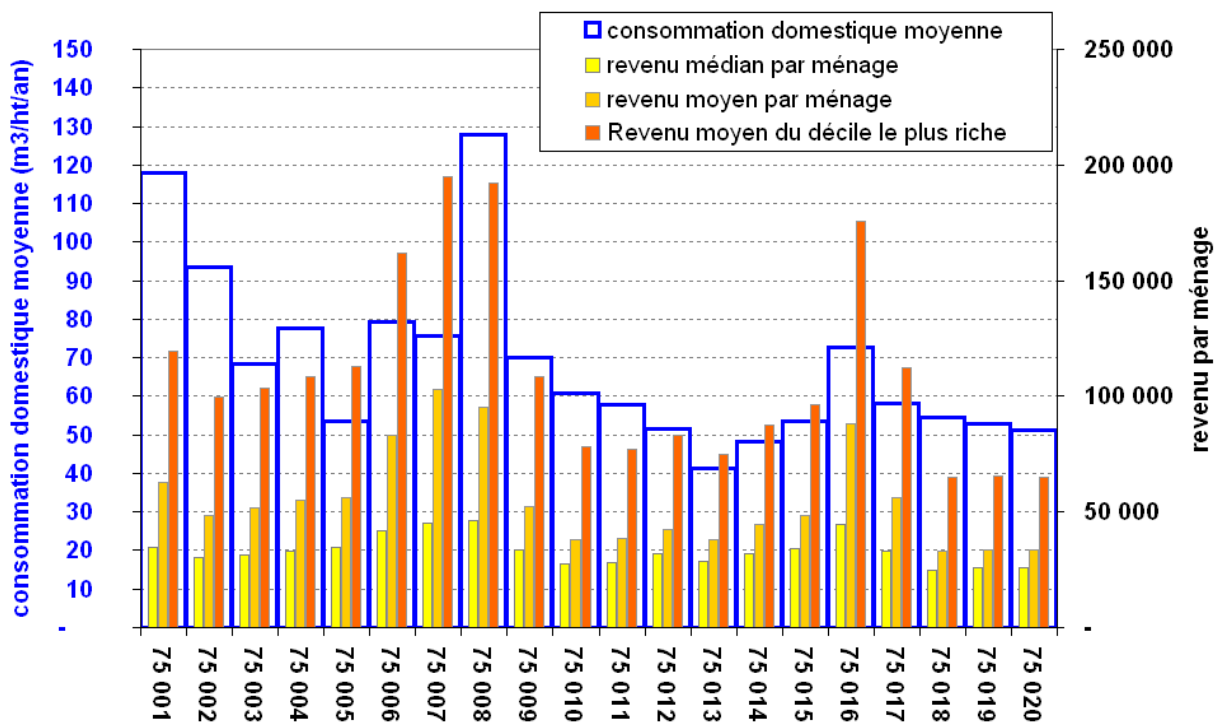
Les élasticités-prix observées à l'échelle de la consommation totale à Paris (tous abonnés confondus) correspondraient donc non pas aux ménages, mais aux **changements de comportement des « gros consommateurs »** (grands ensembles résidentiels, universités, piscines, hôpitaux, etc.) qui consomment d'importants volumes d'eau : « *face à l'augmentation du prix de l'eau, les gros consommateurs « professionnels » semblent avoir réagi fortement en diminuant leur consommation. Cette réaction n'est pas manifeste chez les ménages* » (CAMBON GRAU 2000), une conclusion qui est également partagée par d'autres études (GRANDJEAN & JANIN B. 2000, MARESCA & al 2005, 2006).

L'élasticité prix n'est donc pas une cause déterminante de la diminution de la consommation domestique, mais elle semble **déterminante pour comprendre la baisse de consommation des abonnés non-domestiques** (entreprises, administrations, commerces, équipements publics, bailleurs sociaux, etc.).

b) Elasticité-revenu de la demande

Le **revenu** est cité comme un possible facteur explicatif de l'évolution de la consommation d'eau potable des ménages à Paris depuis 1990 : revenu par habitant (POQUET et al 2005), revenu imposable moyen par foyer (ALEXANDRE & AZOMAHOU 2000), le revenu net d'impôt (NAUGES & REYNAUD 2001), etc. Cette corrélation chronologique entre le revenu et la consommation domestique d'eau potable à Paris serait très faible ($R = -0,06$) mais significative (MARESCA & al 2005).

Une étude par **coupe transversale** permet d'observer une corrélation relativement élevée entre la consommation domestique d'eau potable par ménage et le **revenu imposable moyen par ménage** de l'arrondissement ($R = 0,62$).



Les arrondissements où le revenu est le plus élevé sont ceux où la consommation des ménages est la plus élevée.

« Le revenu et le prix sont insuffisants pour expliquer à eux seuls la consommation d'eau » (MARESCA & al 1997, page 131). Leur élasticité (prix ou revenu) est très variable selon des différents types d'abonnés et usages de l'eau potable à Paris.

En conclusion, il apparaît qu'on ne peut mesurer précisément la plupart de ces corrélations entre la consommation d'eau potable et les diverses variables invoquées ci-dessus. Les divers résultats obtenus nous permettent néanmoins de **relativiser l'importance des baisses de consommation d'eau des ménages** : « les comportements des ménages utilisateurs des réseaux n'expliquent pas clairement le phénomène tendanciel de la baisse des consommations. » (MARESCA et al 1997). Les causes de l'évolution de la consommation totale sont donc à chercher ailleurs que dans la consommation des ménages, soit dans l'évolution de la consommation des « non domestiques », mais également des politiques menées par les gestionnaires d'immeubles résidentiels (syndics, etc.).

C. Vérification empirique par des variables macro

Le contexte économique et climatique semble avoir joué un rôle déterminant dans l'évolution du volume d'eau potable consommé à Paris depuis 1990, indépendamment des consommations finales des ménages parisiens.

1. Variables macro-économiques

L'évolution de la consommation d'eau potable observée à Paris depuis 1990 correspond principalement aux évolutions macro-économiques : le nombre d'emplois et le nombre d'entreprises relevant du **secteur primaire ou secondaire** a été divisé par 2 entre 1993 et 2009 (-51% des emplois et des entreprises du secteur secondaire), tandis que l'emploi du secteur tertiaire passait de 86% à 93% de l'emploi parisien.

Cette **tertiarisation** de l'économie et son impact sur la consommation d'eau potable à Paris a fait l'objet de nombreuses études (MARESCA & al 2005, POQUET 2003 et 2008). La baisse

tendancielle de la consommation observée depuis 1990 serait la conséquence du **remplacement progressif de l'industrie par des services**, dont les activités requièrent des volumes d'eau moins importants (POQUET et MARESCA 2006). L'accroissement du nombre d'immeubles résidentiels reconvertis en bureaux expliquerait aussi en partie cette baisse (CAMBON GRAU 2000).

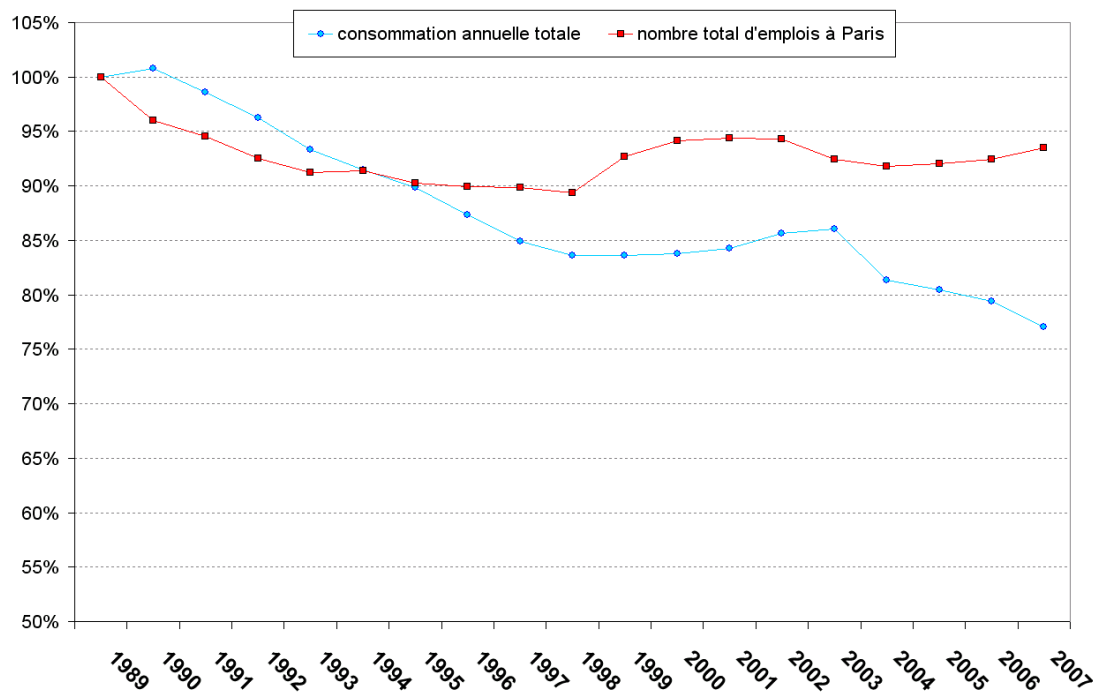
Le contexte macro-économique **constitue la principale cause d'évolution** de la consommation d'eau potable à Paris.

a) L'emploi parisien

Emploi total sur le bassin d'emploi de Paris intra-muros

Le nombre total d'emplois à Paris (salarié et non salarié, tous secteurs d'activité, employés parisiens et non parisiens) a connu une **baisse de 7% entre 1989 et 2009, soit une perte nette de 100 000 emplois** au cours de cette période.

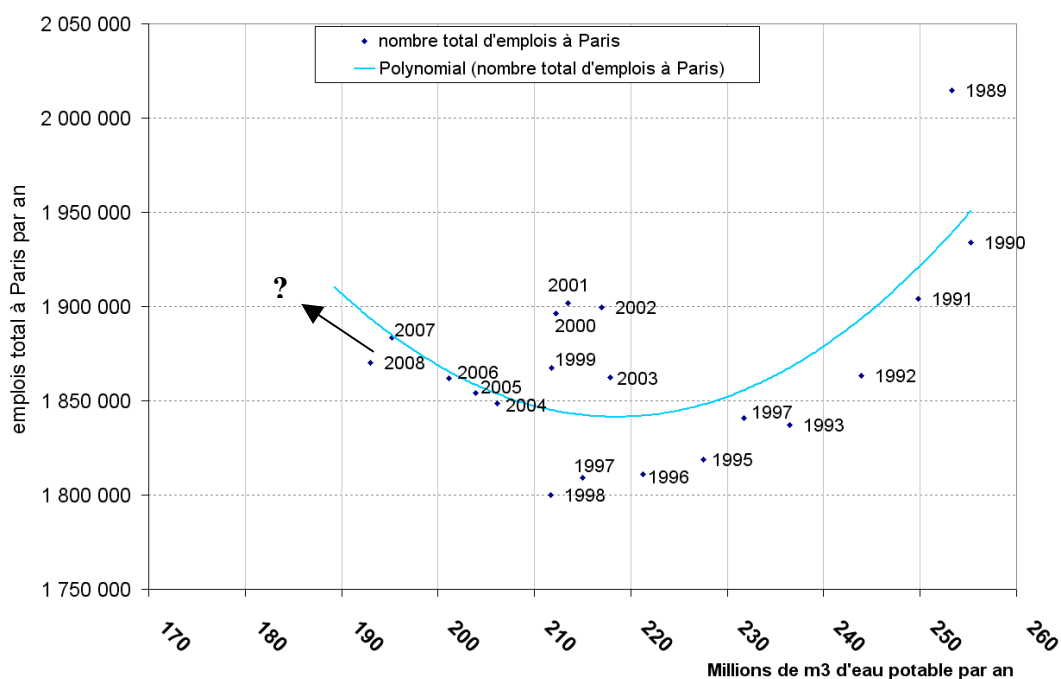
Figure 21 : Evolution de la consommation annuelle d'eau potable à Paris et du nombre total d'emplois sur une année à Paris, entre 1989 et 2007 (données : APUR 2009, INSEE 2009, Eau de Paris 2010)



Il existe une corrélation linéaire positive ($R=0,42$) entre le **nombre total d'emplois à Paris à la fin d'une année** et la consommation totale d'eau potable à Paris : les deux variables ont été en baisse jusqu'en 1998, puis ont augmenté jusqu'au début des années 2000.

Le nombre total d'emplois à Paris pourrait **expliquer en partie la baisse de la consommation totale d'eau des années 1990, mais aussi la stabilisation et la relance** observée entre 1998 et 2002, mais cette corrélation est faible.

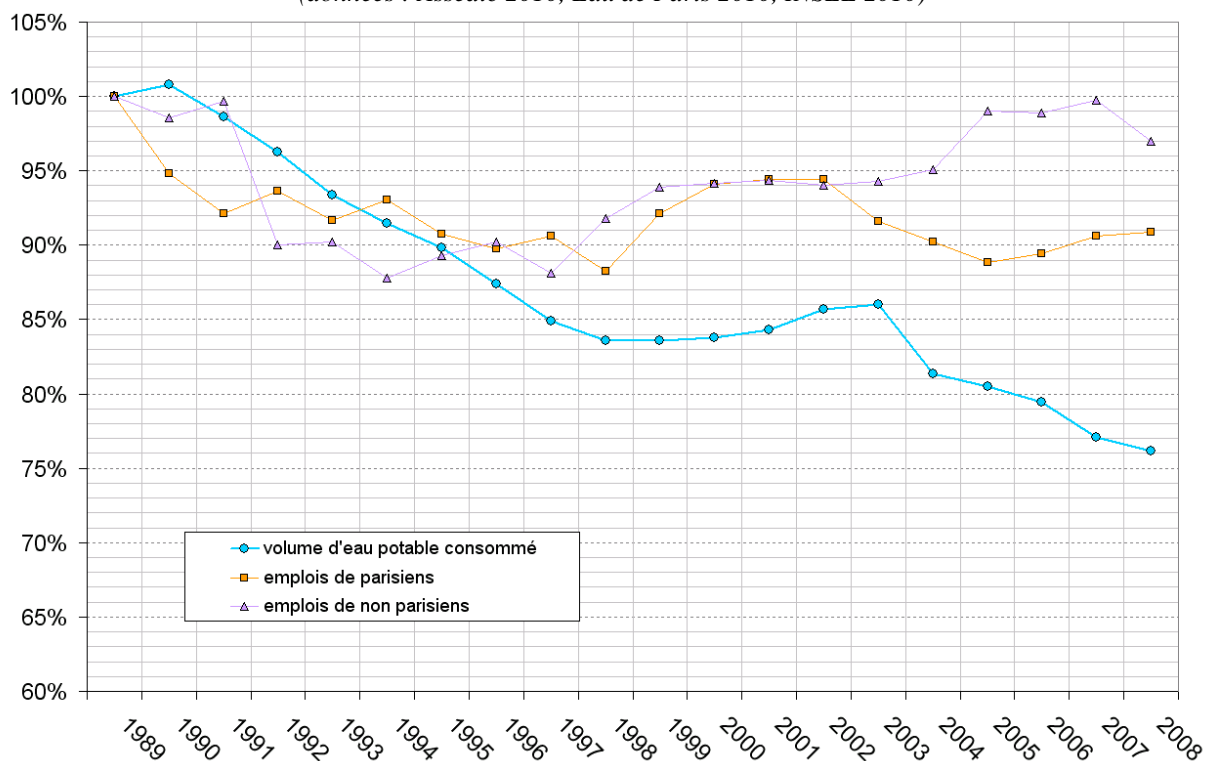
Une étude plus approfondie de cette relation nous permet d'observer que le sens de cette corrélation a changé depuis 2003 : **désormais la consommation totale d'eau potable continue de baisser alors que le nombre total d'emplois à Paris ré-augmente**. Désormais le nombre d'emploi augmente mais la consommation totale d'eau continue pourtant de diminuer...



Emploi total, emploi local ou emploi pendulaire ?

La variable « emploi » correspond en réalité à plusieurs flux de personnes. La consommation totale d'eau potable est **mieux corrélée avec le nombre d'emplois « locaux » ($R = 0,63$)**, peu corrélée avec le nombre d'emplois total à Paris ($R = 0,43$), et pas du tout corrélée avec le nombre d'emplois de personnes non résidentes à Paris ($R = -0,08$), comme illustré dans le graphique ci-dessous.

Figure 22 : Evolutions de la consommation d'eau potable à Paris et de l'emploi au 31 décembre de l'année (données : Assedic 2010, Eau de Paris 2010, INSEE 2010)



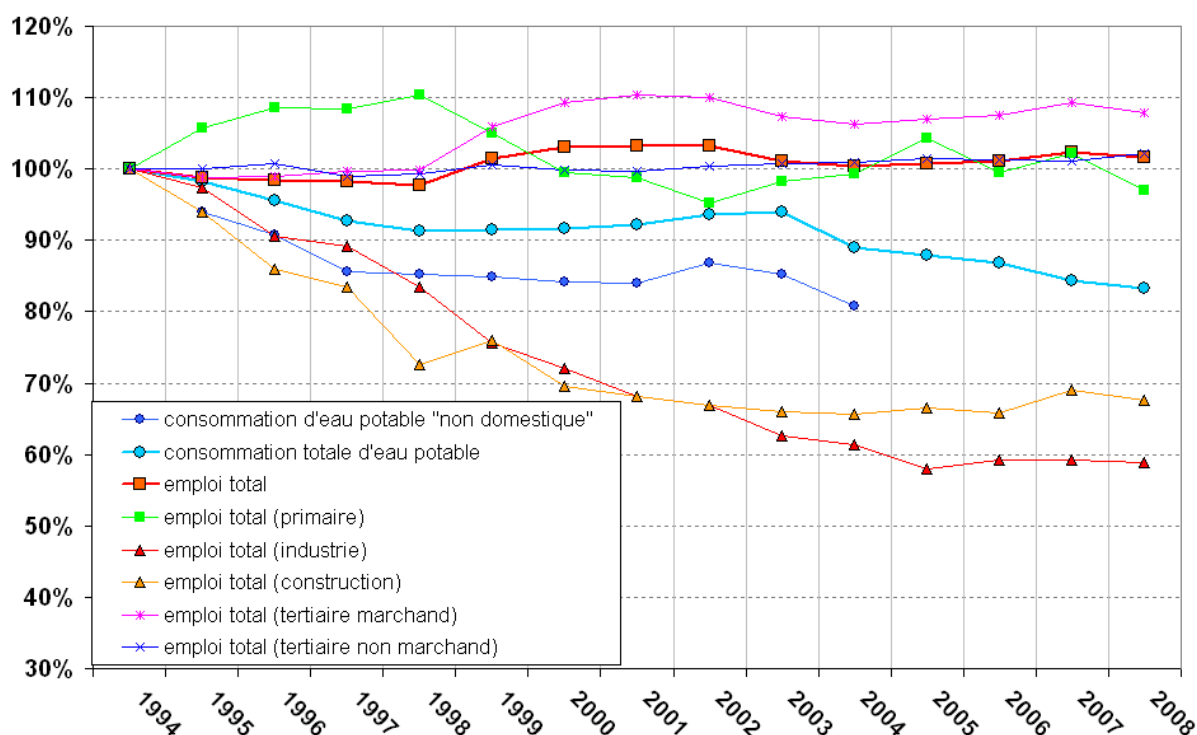
Nous pouvons cependant distinguer la corrélation entre l'emploi « total » à Paris et la consommation totale d'eau potable **entre 1998 et 2002**.

D'autres auteurs ont des conclusions comparables et estiment que l'évolution de l'emploi « local » permet d'expliquer 30% de la baisse de consommation totale d'eau potable observée entre 1990 et 2000 pour la « rive droite » de Paris (STEVENIN & JEAN MARIE 2000).

Emploi par secteur d'activité

De manière encore plus précise, le **nombre d'emplois salariés par secteur d'activité**¹⁴ est une variable explicative de l'évolution de la consommation d'eau potable depuis 1990. En particulier, les **emplois du secteur industriel et de la construction** sont très fortement corrélés avec la consommation totale d'eau potable à Paris (respectivement $R=0,95$ et $R=0,93$), bien plus que l'emploi du secteur tertiaire marchand ($R= -0,49$) ou du tertiaire non marchand ($R=0,42$) ou du secteur primaire (très faible, car $<1\%$ de l'emploi total à Paris).

Figure 23 : Emploi total par secteur d'activité, et consommation totale d'eau potable, à Paris entre 1994 et 2008 (données : Eau de Paris 2010, INSEE 2010)



Si la baisse de l'emploi du secteur secondaire (industrie et construction) permet d'expliquer la baisse tendancielle de la consommation observée depuis 1990, le regain d'activité économique entre 1998 et 2002 (notamment +112 000 emplois tertiaires) correspond à la relance de la consommation observée sur cette même période.

La baisse de la consommation d'eau potable observée à Paris depuis 1990 est en partie causée par la perte prolongée d'emplois industriels, en partie contrebalancée entre 1998 et 2002 par la reprise économique et la hausse de l'activité tertiaire.

Le nombre total d'emplois à Paris par secteur d'activité est donc un **facteur majeur d'explication de l'évolution chronologique de la consommation d'eau potable à Paris depuis 1990.**

¹⁴ Sources de données sur l'emploi à Paris par secteur d'activité : site de l'INSEE http://www.insee.fr/fr/themes/detail.asp?ref_id=ir-eds2008&page=irweb/eds2008/dd/eds2008_emploi.htm

b) Entreprises

Nombre total d'entreprises

Il existe également une corrélation linéaire moyenne entre le nombre total d'entreprises enregistrées à Paris et la consommation totale d'eau potable à Paris entre 1990 et 2009 ($R=0,67$), et avec la consommation « professionnelle » d'eau potable à Paris ($R=0,64$).

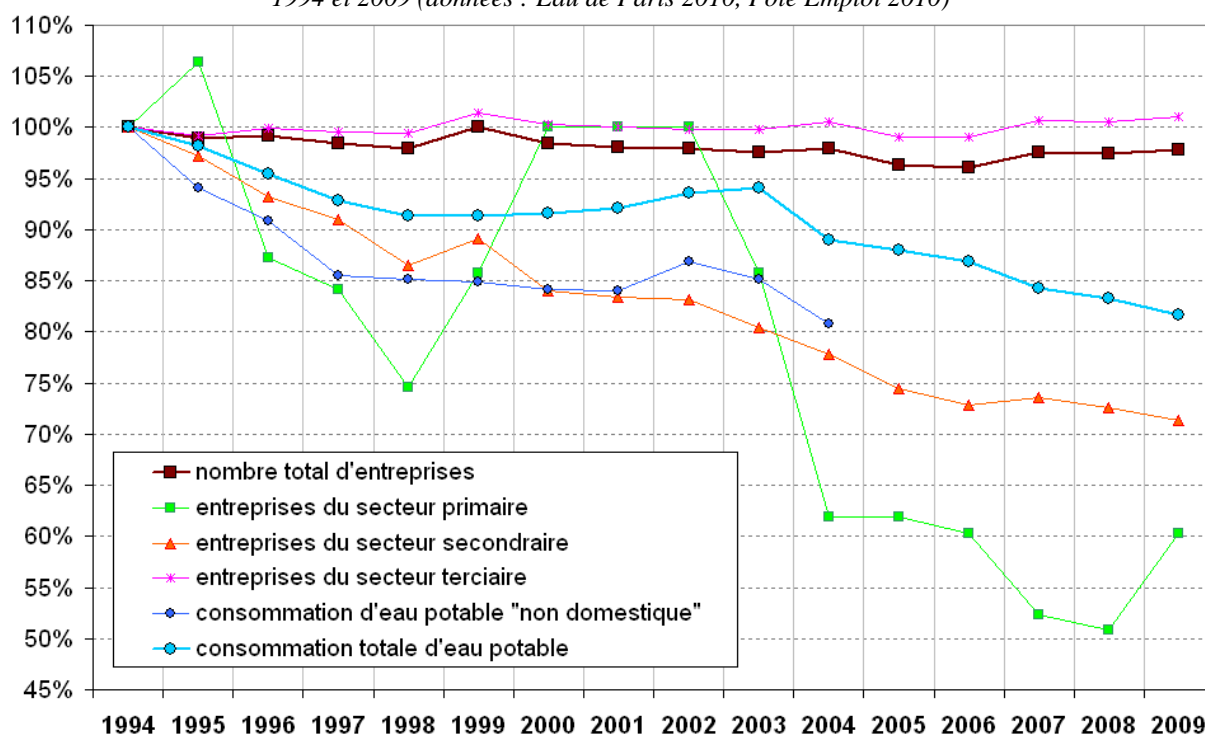
De même, si nous réalisons une étude en coupe, une corrélation linéaire faible relie le nombre total d'entreprises par arrondissement et la consommation « professionnelle » d'eau potable ($R=0,13$).

Le nombre total d'entreprises et son évolution ne permet donc pas d'expliquer l'évolution de la consommation d'eau potable des entreprises à Paris.

- Secteur d'activité des entreprises

Comme pour l'étude des emplois, nous pouvons affiner notre analyse et observer des corrélations linéaires positives avec l'évolution du nombre d'entreprises du secteur primaire ($R=0,84$) ou du secteur secondaire ($R=0,93$), tandis que l'évolution du nombre d'entreprises du secteur tertiaire est corrélé négativement ($R=-0,47$) à la consommation d'eau potable.

Figure 24 : Evolution de la consommation d'eau potable et des entreprises, par secteur d'activité à Paris entre 1994 et 2009 (données : Eau de Paris 2010, Pole Emploi 2010)



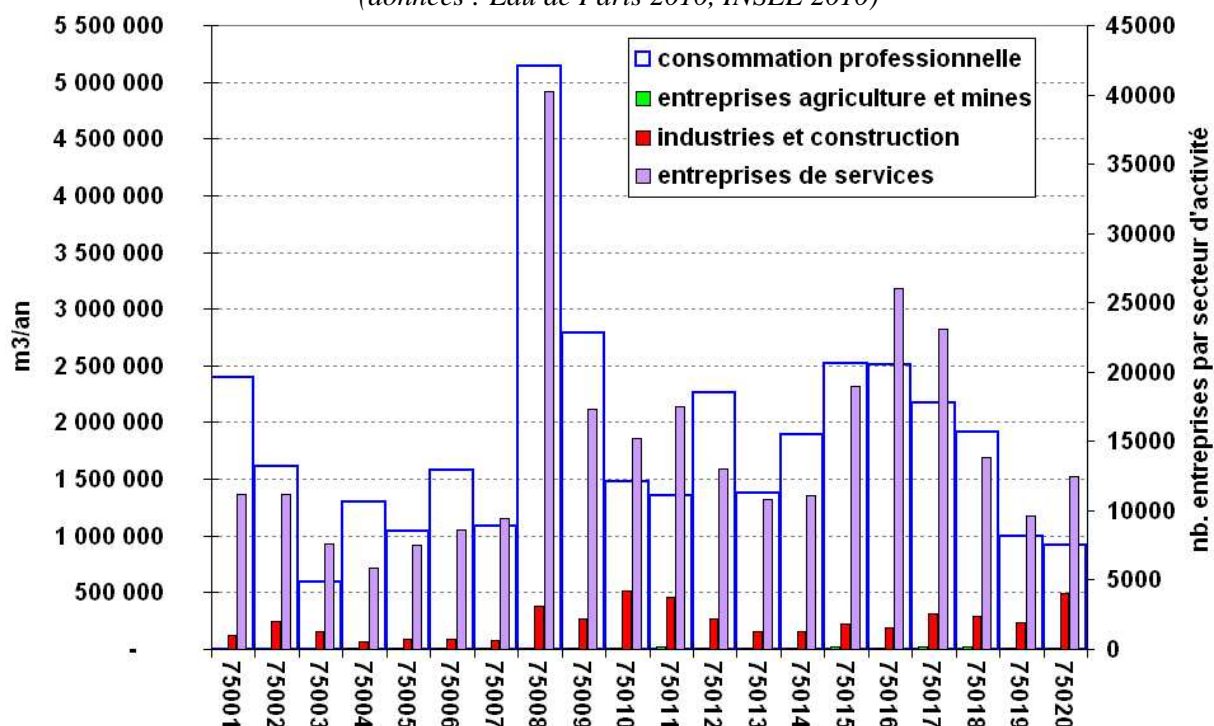
Cependant, à la différence des emplois, la hausse de la consommation totale d'eau potable observée entre 1998 et 2003 n'est pas corrélée avec le nombre d'entreprises du secteur tertiaire, mais aux consommations d'eau des entreprises du secteur primaire (même si elles sont peu nombreuses) et du secteur secondaire (notamment visible entre 1999 et 2002).

L'activité industrielle reste importante à Paris rive droite, notamment dans les 1^{er}, 8^e, 10^e et 11^e arrondissements (CCIP 2010), et se déplacent vers le nord-est de Paris (APUR 2009).

A l'inverse, une **étude en coupe transversale** nous permet d'observer que la consommation d'eau potable des abonnés « professionnels » par arrondissement est principalement corrélée avec le nombre d'entreprises de services implantées dans cet arrondissement ($R=0,86$) et est très

peu corrélée avec le nombre d'entreprises du secteur primaire ou secondaire ($R=0,14$ et $R=0,2$). Cette consommation « professionnelle » est en revanche essentiellement corrélée à la présence d'entreprises de service ($R=0,86$), qui la déterminerait à 74% ($R^2=0,86^2=0,74$).

Figure 25 : consommation des abonnés « professionnels » et nombre d'entreprises, à Paris en 2008 (données : Eau de Paris 2010, INSEE 2010)



Nous pouvons observer dans le graphique ci-dessus que le 8^e arrondissement de Paris se caractérise par une consommation d'eau potable des abonnés « professionnels » élevée, corrélée avec le nombre d'entreprises de services de cet arrondissement.

La **baisse tendancielle** de la consommation d'eau potable est corrélée à la baisse prolongée du nombre d'entreprises du secteur primaire et secondaire.

La hausse ponctuelle de la consommation d'eau potable à Paris **entre 1998 et 2002** est concomitante avec la stabilisation temporaire du nombre d'entreprises des secteurs primaires et secondaires.

c) Activité économique et chômage

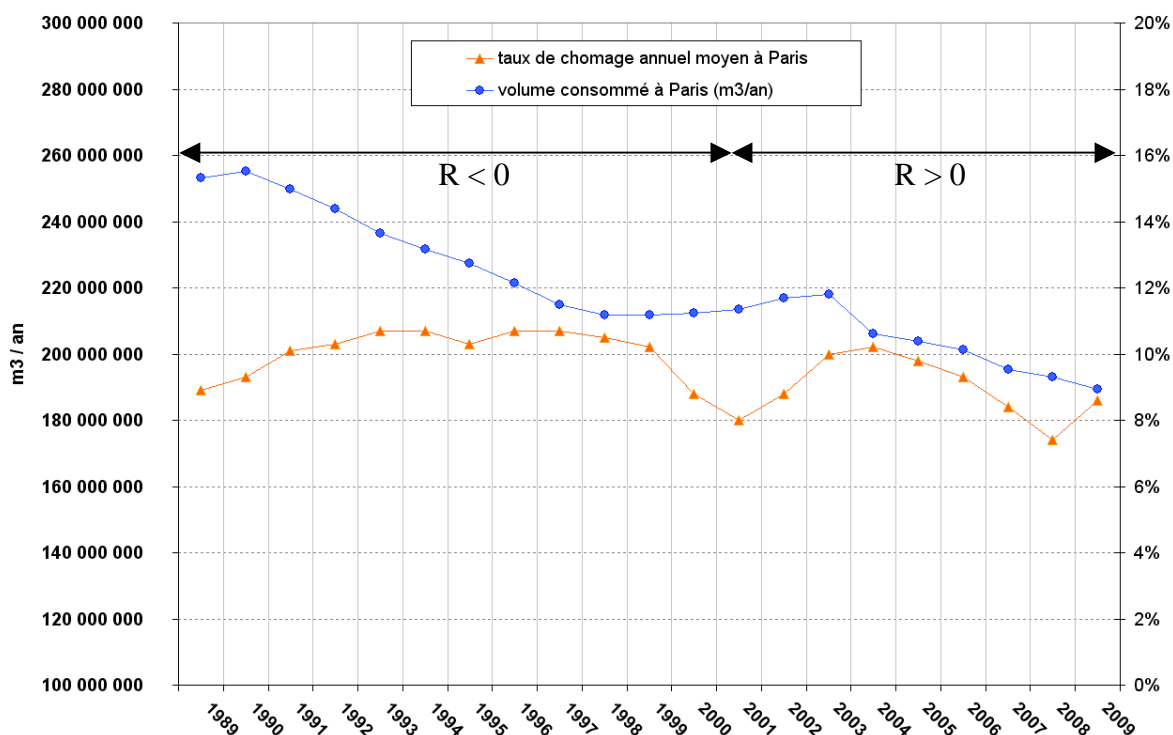
Nous pouvons enfin observer une **corrélation significative entre le taux de chômage moyen annuel à Paris et la consommation totale d'eau potable à Paris ($R= 0,39$)** :

- une première période de corrélation forte mais négative entre 1989 et 2001 ;
- puis une période de corrélation faible mais positive depuis 2001.

Il est donc possible, comme déjà mentionné pour la variable « population parisienne », que le début des années 2000 ait été marqué par un changement structurel dans les variables explicatives de la consommation d'eau potable.

La baisse du chômage observée entre 1997 et 2001 correspond à une période de relance de l'activité économique à l'échelle nationale (IFEN 2009), ainsi qu'à la période de relance de la consommation d'eau potable à Paris. Pourtant, la baisse de chômage observée à Paris à partir de 2004 ne correspond pas à une hausse de la consommation totale d'eau potable.

Figure 26 : Evolution de la consommation d'eau potable et du taux de chômage annuel moyen à Paris, entre 1989 et 2009 (données : Eau de Paris 2010, INSEE 2010)



Cette corrélation chronologique se retrouve **également à l'échelle spatiale** : le taux de chômage par arrondissement est fortement corrélé avec la consommation totale par arrondissement ($R=0,93$), de manière « à peu près aussi importante que le prix » (ALEXANDRE & AZOMAHOU 2000). Les parisiens sans emploi (population active de plus de 15 ans sans emplois) sont essentiellement localisés (84%) dans les arrondissements de Paris où se retrouvent également les consommations moyenne d'eau potable par personne les plus basses (du 10^e au 20^e).

Cette corrélation n'est cependant pas significative, d'autant plus que le nombre de parisiens sans emplois est très réduit (**153 000 personnes** en 2008, soit 4% de la population parisienne résidante seulement) et que leur consommation d'eau n'est pas assez importante pour déterminer la consommation totale ou la consommation domestique d'un arrondissement.

En conclusion, **la baisse pluriannuelle de la consommation totale d'eau potable observée à Paris entre 1990 et 2009 correspondrait principalement au processus de désindustrialisation** (activités et emploi) et de tertiarisation de l'économie parisienne.

La hausse observée à Paris **entre 1997 et 2001** correspond également à la variable macro-économique, et s'explique en partie par la **relance de l'activité économique** à Paris sur cette période, notamment avec la hausse des emplois du secteur tertiaire

La hausse de la consommation d'eau enregistrée **en 2002 correspondrait ainsi en partie à la hausse du nombre d'emplois** du secteur tertiaire, qui ne baissera qu'à partir de 2003.

Si le contexte macro-économique permet d'expliquer les grandes variations de 1990 à 2002, la hausse de la consommation d'eau potable en 2003 dépend d'autres facteurs¹⁵. De plus, l'évolution des années suivantes ne semble plus autant explicable par les évolutions de l'emploi tertiaire ou secondaire.

¹⁵ Comme nous le verrons ci-après, la consommation d'eau potable de 2003 est en hausse pour des raisons principalement climatiques, et non plus macro-économiques.

2. Gros consommateurs

La plupart des études mettent en avant **la prédominance de la réduction des consommations d'eau potable des « gros consommateurs »**, comme principale cause de la baisse de la consommation observée depuis le début des années 1990 à Paris (MARESCA & al 1997, JASKULKE & al 2000, CAMBON GRAU 2000, POQUET 2003). Cette baisse serait la conséquence de divers facteurs conjoints :

- **La tertiarisation** : réduction du nombre d'emplois et d'entreprises du secteur secondaire installés à Paris et hausse des activités tertiaires (MARESCA & al 1997), un phénomène également observé sur l'ensemble de l'Ile de France (POQUET 2003). Délocalisation de certaines activités à forte consommation d'eau (industries) hors de Paris, parallèlement à la hausse du prix de l'eau, sans que la causalité entre les deux évolutions ne soit prouvée.
- Importance des « gros consommateurs » : diverses études ont démontré que les 1% **plus gros consommateurs** expliquent la majeure partie de la baisse du volume total d'eau potable consommé à Paris. Une étude menée sur les 1% plus gros consommateurs à Paris rive droite entre 1991-1998 (CAMBON GRAU 2000), et une étude que nous avons menée sur les 1% plus gros consommateurs à Paris rive gauche entre 2008-2010 (SOURIAU 2010) concordent sur ce point. Nous avons également observé qu'au sein des « très gros consommateurs » les consommations évoluent de façon très hétérogène, y compris parfois à la hausse.
- **Le prix de l'eau** a eu un effet important sur les gros consommateurs : les principaux abonnés professionnels ont mené depuis les années 1990 une importante politique de réduction des charges qui a entraîné une réduction de la consommation d'eau des entreprises (abandon des climatisations à eau perdue, rénovations des réseaux dans les parties privatives, nouvelles technologies plus économes en eau, etc.) (CAMBON GRAU 2000). Les entreprises du secteur secondaire ont également réduit leur consommation d'eau potable notamment grâce à des technologies plus économes en eau. Des politiques de réduction des fuites ont également été mises en œuvre par les gestionnaires de grands ensembles immobiliers (JASKULKE & al 2000, POQUET 2003, 2008, PERIAÑEZ 2006), conjointement à plusieurs autres politiques pro-actives d'économies d'eau (CAMBON GRAU 2000, POQUET & MARESCA 2006, MARESCA et al 1997, BARRAQUE & NERCISSIAN 2009).

A titre de complément, dans des villes comme Bordeaux, si la baisse de la consommation d'eau observée entre 1987 et 2000 correspond aux baisses de consommation des « gros consommateurs », à partir des années 2000 la baisse de consommation est généralisée aux autres abonnés, notamment aux ménages. Reste à savoir quelle est la part des ensembles immobiliers et notamment du parc social dans ces nouvelles baisses.

3. Variables climatiques

Plusieurs études récentes ont permis d'analyser l'influence de la température (EAU DE PARIS 2006), des précipitations et de diverses autres variables climatiques (MARESCA et al 1997), voire du changement climatique dans son ensemble (POQUET 2008), sur l'évolution de long terme de la consommation d'eau potable à Paris. Les facteurs climatiques auraient cependant un impact « dix fois moins important » que les variables démographiques (MARESCA et al 1997).

Nous proposons ici d'étudier **l'impact de différentes variables climatiques sur l'évolution structurelle de la consommation totale d'eau potable parisienne** depuis 1990. Nous disposons pour cela des données climatiques détaillées pour Paris de 1990 à 2009 (Météo France

2010) et du volume total d'eau potable distribué ou consommé à Paris (calcul sur la base des données d'Eau de Paris¹⁶) à divers pas de temps.

a) Tendances annuelles de 1990 à 2009

Au pas de temps annuel, peu de variables climatiques sont corrélées avec la consommation d'eau potable annuelle.

L'évolution annuelle de la consommation totale d'eau potable entre 1990 et 2009 à Paris est **faiblement corrélée avec la moyenne annuelle de différentes variables climatiques ci-dessous.**

Figure 27 : Corrélation linéaire entre la consommation totale d'eau potable sur une année, et diverses variables climatiques (total ou moyenne annuelle), depuis 1990 à Paris (données : Eau de Paris 2010, Météo France 2010)

Coefficient de corrélation linéaire R	Volume distribué (milliers m ³ /an)	Volume consommé calculé (milliers m ³ /an)	Minimum Température MIN (°C)	Température MIN (°C)	Maximum Température MIN (°C)	Minimum Température MOY (°C)	Température MOY (°C)	Max Température MOY (°C)	Minimum Température MAX (°C)	Température MAX (°C)	Maximum Température MAX (°C)	Précipitation totale sur l'année (mm./jour)	Précipitations MAX (mm./jour)	nb. Jours de pluie par an	Ensoleillement (nb. heures d'ensoleillement / an)	Moyenne des indices humidex MAX
R distrib	1,00	0,97	-0,02	-0,18	0,20	-0,02	-0,11	0,19	-0,00	-0,05	0,11	0,00	0,25	-0,01	0,21	-0,03
R conso	0,97	1,00	-0,10	-0,28	0,19	-0,11	-0,22	0,19	-0,08	-0,16	0,09	-0,12	0,22	-0,12	0,19	-0,12

L'évolution pluriannuelle des principales variables climatiques semble correspondre au trois périodes d'évolution de la consommation d'eau potable observées à Paris depuis 1990 (cf. supra), comme illustré dans la table ci-dessous.

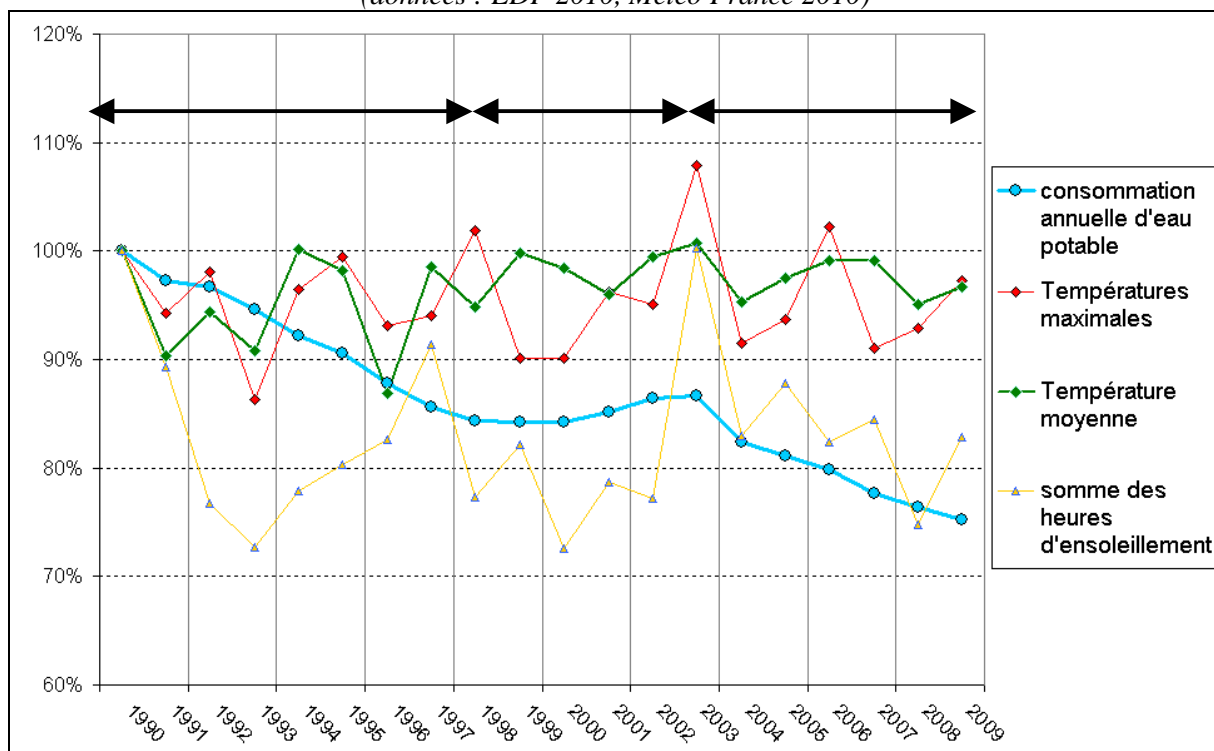
Figure 28 : Evolution annuelle de la consommation d'eau potable et des principales variables climatiques, à Paris de 1989 à 2009 (données : Eau de Paris 2010, Météo France 2010)

	Consommation totale d'eau potable	Température minimum	Température moyenne	Température maximum	Volume annuel de pluie	Heures d'ensoleillement
1990-1998	-16%	-5%	-5%	-5%	34%	-23%
1998-2003	+3%	+7%	+6%	+6%	-32%	+30%
2003-2009	-13%	-4%	-4%	-4%	+22%	-17%

Une telle analyse serait cependant erronée. La représentation graphique des évolutions annuelles des moyennes climatiques (ci-dessus) nous permet d'observer clairement que cette corrélation apparente n'est pas significative.

¹⁶ Cf. Annexes.

Figure 29 : Variables climatiques et consommation annuelle d'eau potable à Paris, entre 1990 et 2009 (données : EDP 2010, Météo France 2010)



La consommation annuelle d'eau potable globalement plus élevée les années ensoleillées, et plus faible les années connaissant des pluies suivies¹⁷. Nous pouvons également observer que les années de températures maximales ou d'ensoleillement particulièrement élevés sont des années pour lesquelles la consommation tend à augmenter (cf. chapitre suivant).

Figure 30 : corrélations entre volume total consommé et moyenne climatique entre 1989 et 2009 (données : Eau de Paris 2010, Météo France 2010)

	Corrélation positive (évoluent dans le même sens)	Corrélation négative (évoluent en sens inverse)	Evolution peu corrélées ou non significatives
Evolution d'une variable climatique, par rapport à celle de la « consommation totale d'eau potable à Paris », au pas de temps annuel	Températures MIN, MOY, MAX Ensoleillement Indice Humidex	Nb jours de pluie par an	Minimum des températures MIN Maximum des températures MOY Maximum des températures MAX Précipitations totales (mm/an) Pluviométrie MAX (mm./jour) Nb jours avec température MAX >13°C

(NB : MIN = minimum, MOY= moyenne, MAX= maximum)

¹⁷ Nous avons relevé d'importantes corrélations entre les grands indicateurs climatiques : ainsi, la température annuelle est corrélée positivement avec l'ensoleillement (R= +0,5) et avec la pluviométrie (R=0,3), mais négativement avec l'humidité (R= -0,6). De plus, l'ensoleillement est corrélé négativement avec l'humidité (R=-0,8) comme avec la pluviométrie (R=-0,6).

Les variables climatiques les mieux corrélées avec la consommation d'eau potable sur une année sont donc la **température maximum** et **l'indice humidex** qui correspond à la température ressentie mesurée selon la température et l'humidité de l'air. Cette dernière variable est celle qui explique le mieux l'impact du climat sur la consommation.

Cependant, la corrélation entre la température ou l'indice humidex, et la consommation d'eau potable à Paris, est très variable d'une année à l'autre.

(corrélation, selon les années)	Corrélation forte (R>0,8)	Corrélation moyenne (R>0,4)	Corrélation faible (R<0,4)
Température Maximum	1991, 1994, 1995, 1996, 2005, 2006	1989, 1992, 2000, 2008	Autres
Indice Humidex	1996, 2005, 2006	1990, 1993, 1994, 1995, 2000	Autres

En conclusion, nous pouvons calculer qu'environ 10% de l'évolution pluriannuelle de la consommation d'eau potable observée à Paris depuis 1990 est explicable par les variations annuelles des températures et du taux d'humidité (indice humidex)¹⁸.

¹⁸ Nous pouvons calculer une corrélation linéaire faible entre l'indice humidex et la consommation d'eau potable d'une année (**R= 0,31**). En prenant pour hypothèse que le climat n'est influencé par aucune autre variable, nous pouvons calculer le coefficient de détermination $R^2 = 0,1$, soit que cette variable climatique permet à elle seule d'expliquer 10% de l'évolution de la consommation annuelle d'eau potable à Paris.

Evolutions intra-annuelles

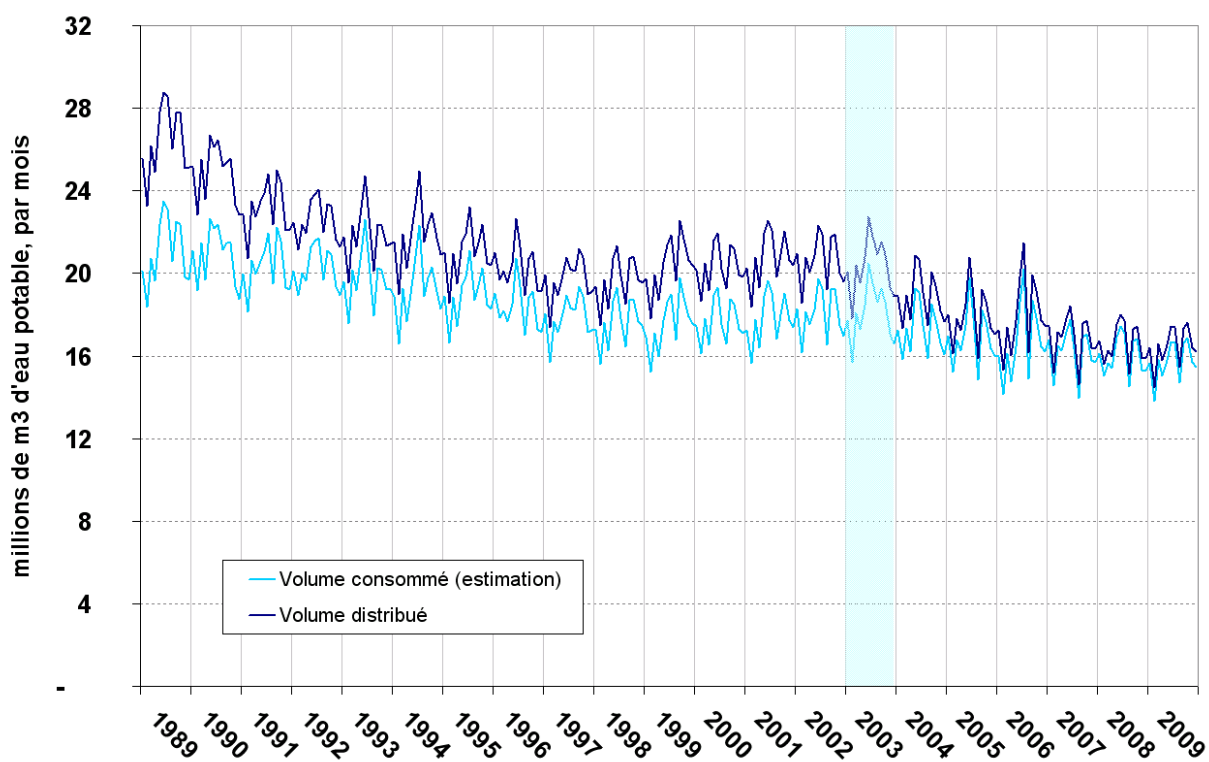
La baisse pluriannuelle de la consommation d'eau potable observée à Paris depuis 1990 ne forme pas une tendance homogène : elle correspond à la combinaison de plusieurs tendances, à différentes échelles de temps. A l'échelle infra-annuelle, les volumes d'eau potable mis en distribution et consommés à Paris progressent selon un cycle de 12 mois, très régulier et récurrent d'une année à l'autre¹⁹.

D. Une évolution cyclique

1. Une évolution cyclique sur les 12 mois de l'année

En complément des évolutions de long terme étudiées précédemment (cf. supra), le volume d'eau potable distribué ou consommé évolue selon un **cycle régulier de 12 mois** qui peut être caractérisé sous la forme graphique d'un « M », observé chaque année avec une très forte régularité.

Figure 31 : Evolution mensuelle du volume d'eau potable distribué et consommé à Paris depuis 1989 (données : Eau de Paris 2010)

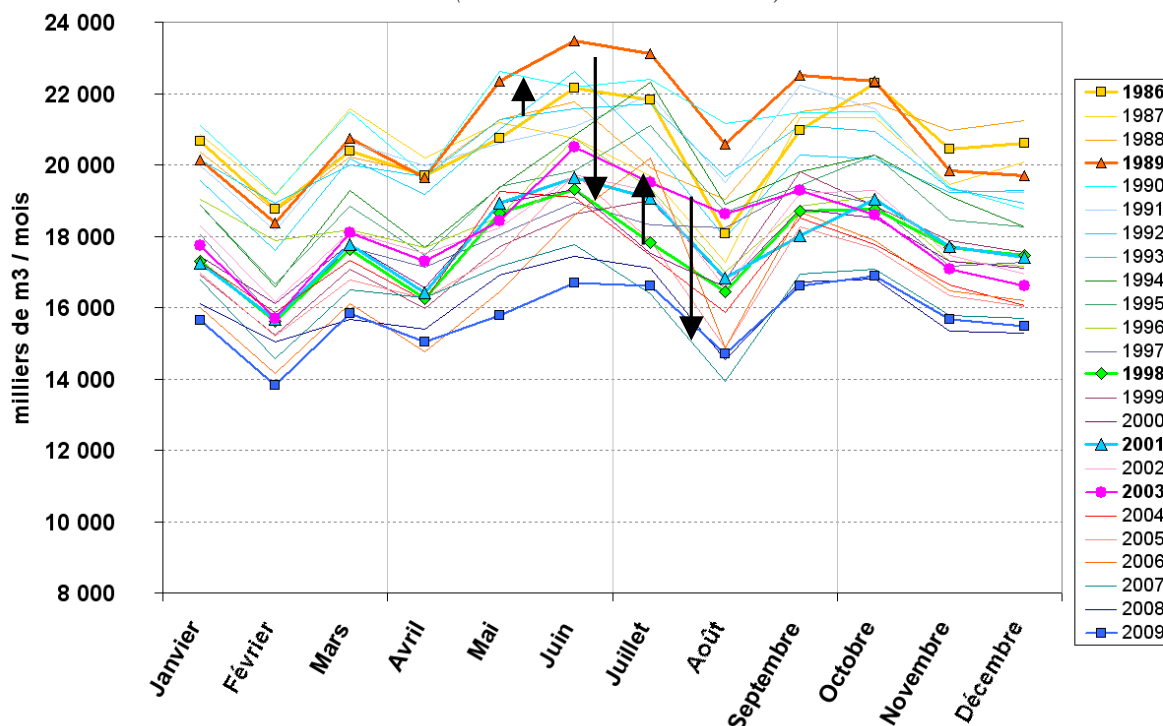


Ce cycle de 12 mois, relativement stable, peut être observé d'année en année, bien que **la courbe du volume d'eau potable se décale d'année en année vers le bas du graphique**, en raison de la baisse structurelle étudiée précédemment (cf. supra).

Malgré cela, l'évolution infra-annuelle de la consommation d'eau potable garde une forme et un rythme comparables d'une année à l'autre, comme illustré dans le graphique ci-dessous.

¹⁹ cf. Annexes 1, pour plus de détails sur la méthode utilisée pour estimer le volume d'eau potable consommé quotidiennement à Paris, qui reprend en grande partie la méthode déjà proposée par Eau de Paris dans son rapport interne sur l'évaluation consommation quotidienne selon la température quotidienne à Paris (Eau de Paris 2008).

Figure 32 : Evolution du volume d'eau potable consommée à Paris au cours des 12 mois de l'année, depuis 1986 (données : Eau de Paris 2010)

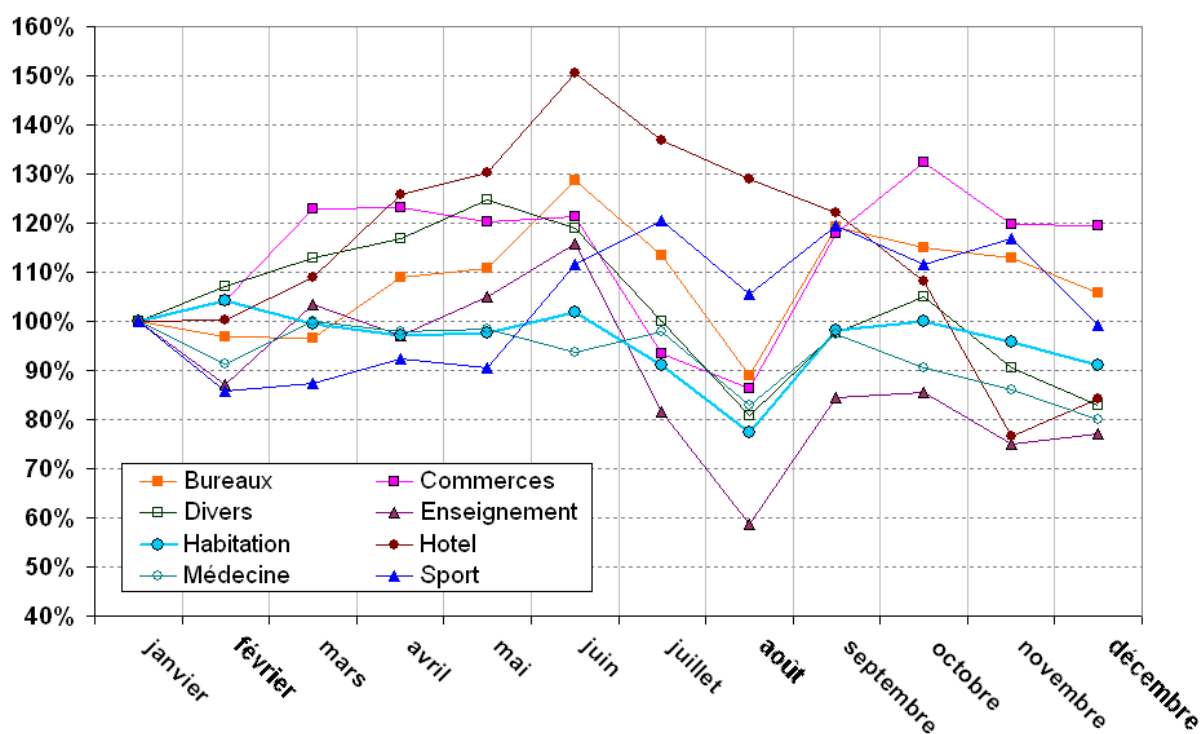


Quelle que soit l'année considérée, le cycle d'évolution du volume d'eau potable distribué et consommé quotidiennement au cours de l'année correspond à une succession de hausses et de baisses régulières, qui forment la séquence suivante :

Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Stabilité			Hausse			Forte baisse	atypique	baisse		stabilité	atypique

Cette évolution cyclique est plus ou moins marquée, selon le type d'abonné considéré : elle semble correspondre à tous les types d'abonnés sauf « hôtels restaurants », « commerces » et « divers » (cf. catégories CREDOC 2005).

Figure 33 : Consommation mensuelle d'eau potable en 2007 à Paris, selon le type d'abonné (BARRAQUE & NERCISSIAN 2009, sur la base du panel CREDOC de 2005)

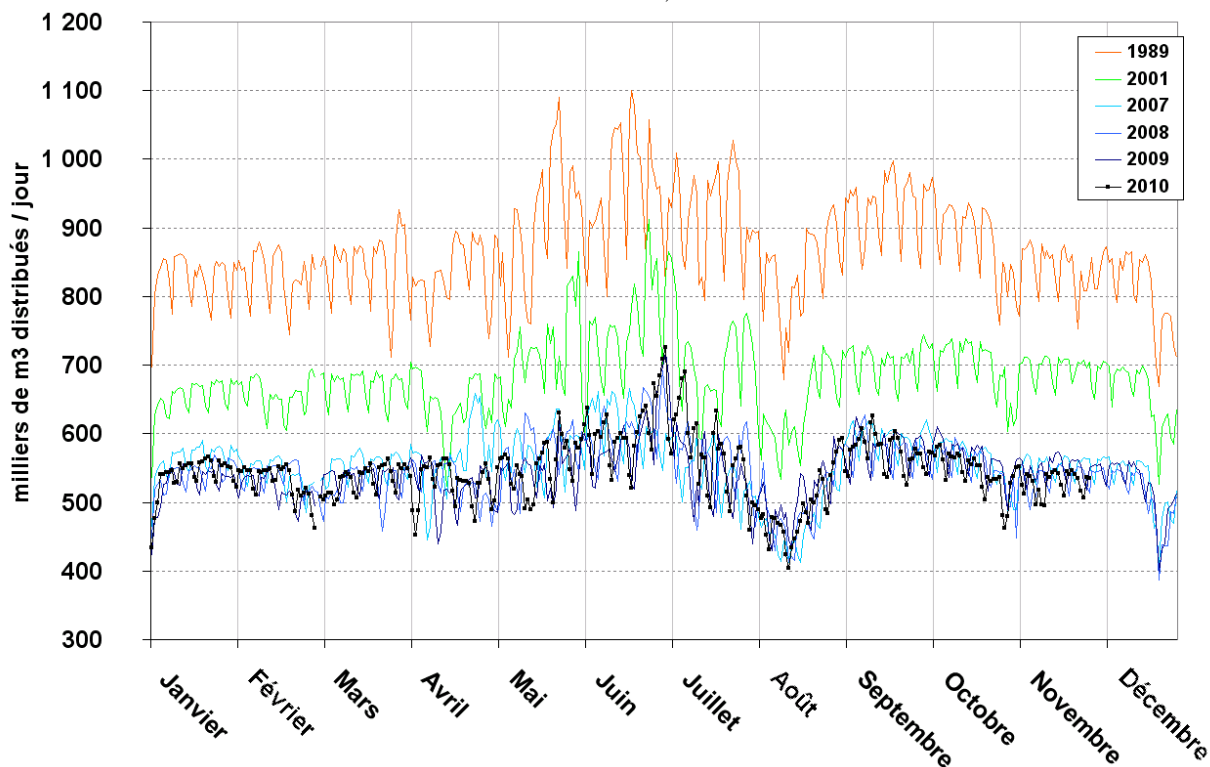


En dehors des consommations des hôtels-restaurants (BARRAQUE & NERCISSIAN 2009), tous les types abonnés auraient une consommation en « M » au cours des 12 mois de l'année.

2. Une évolution cyclique sur 365 jours

Après plusieurs années de forte baisse, depuis 2007 le volume d'eau potable mis en distribution à Paris semble s'être relativement stabilisé, sur l'année comme au quotidien. **Comment déterminer si ce « tassement » correspond à une baisse de la consommation, ou à une simple réduction des pertes sur le réseau public ?**

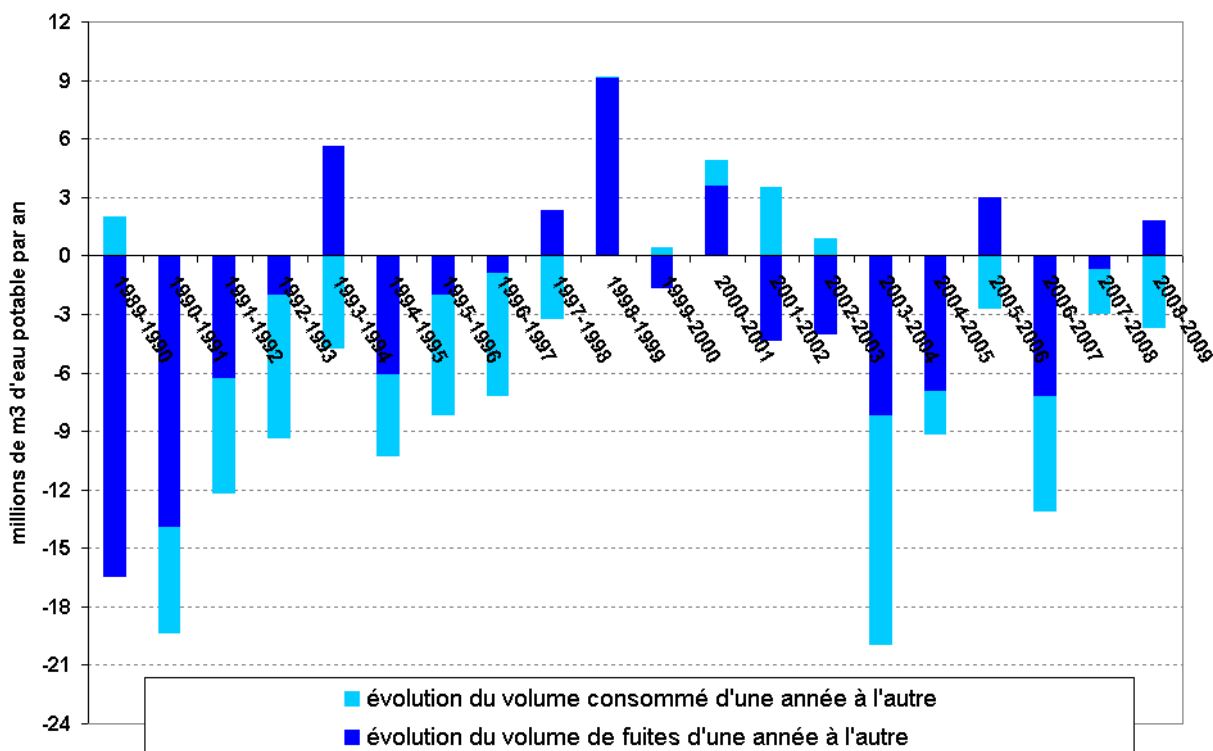
Figure 34 : Evolution quotidienne des **volumes mis en distribution** à Paris, entre 1989 et 2010 (données : Eau de Paris 2010)



Les évolutions du volume d'eau potable mis en distribution au cours des années 1989-2009 dépendent d'une combinaison d'évolutions de la consommation d'eau potable à et des pertes techniques du réseau de distribution, dans des proportions variable selon les années.

Le graphique ci-dessous nous permet de détailler quelles sont les causes de l'évolution du volume d'eau potable mis en distribution à Paris d'une année à l'autre, en distinguant l'évolution de la consommation et l'évolution des pertes sur le réseau public d'eau potable.

Figure 35 : Evolution des pertes de réseau et de la consommation d'eau potable, par rapport à l'année précédente, à Paris entre 1990 et 2009 (données : Eau de Paris 2010)



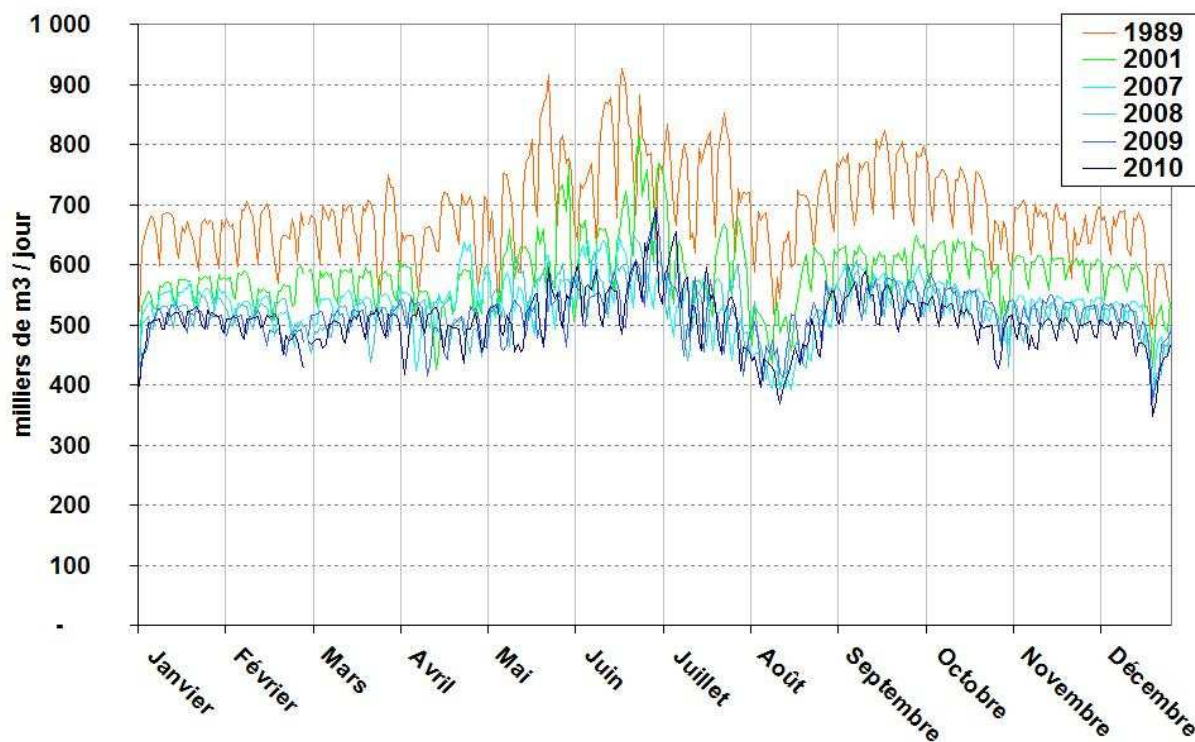
Aide à la lecture : le graphique ci-dessus permet d'observer les causes de l'évolution du volume d'eau potable mis en distribution d'une année à l'autre. Ces évolutions correspondent à l'évolution combinée du volume d'eau consommé et du volume des pertes sur le réseau de distribution. Par exemple : de 1989 à 1990 (premier abscisse en partant de la gauche), les pertes sur le réseau ont été réduites de 16 millions de m³ (bleu foncé), tandis que sur la même période la consommation d'eau potable augmentait de 2 millions de m³ (bleu ciel), ce qui signifie qu'au total le volume d'eau potable mis en distribution à Paris a diminué de $(-16+2 =) -14$ millions de m³ entre 1989 et 1990.

Il est intéressant d'observer que l'évolution du volume d'eau potable mis en distribution **dépend tour à tour des évolutions de la consommation d'eau potable à Paris et/ou de réduction des pertes techniques du réseau de distribution**²⁰, dans des proportions variables selon les années.

²⁰ Pour rappel, le volume mis en distribution correspond à la somme des volumes consommés et des pertes de réseau. Si le volume mis en distribution diminue alors que la consommation stagne, cela signifie que les pertes de réseau diminuent.

Par une opération relativement simple, nous avons estimé le volume d'eau potable consommé quotidiennement à Paris au cours des dernières années²¹, et nous avons pu calculer que la variation des volumes d'eau potable consommés est moins importante que celle des volumes mis en distribution (cf. supra).

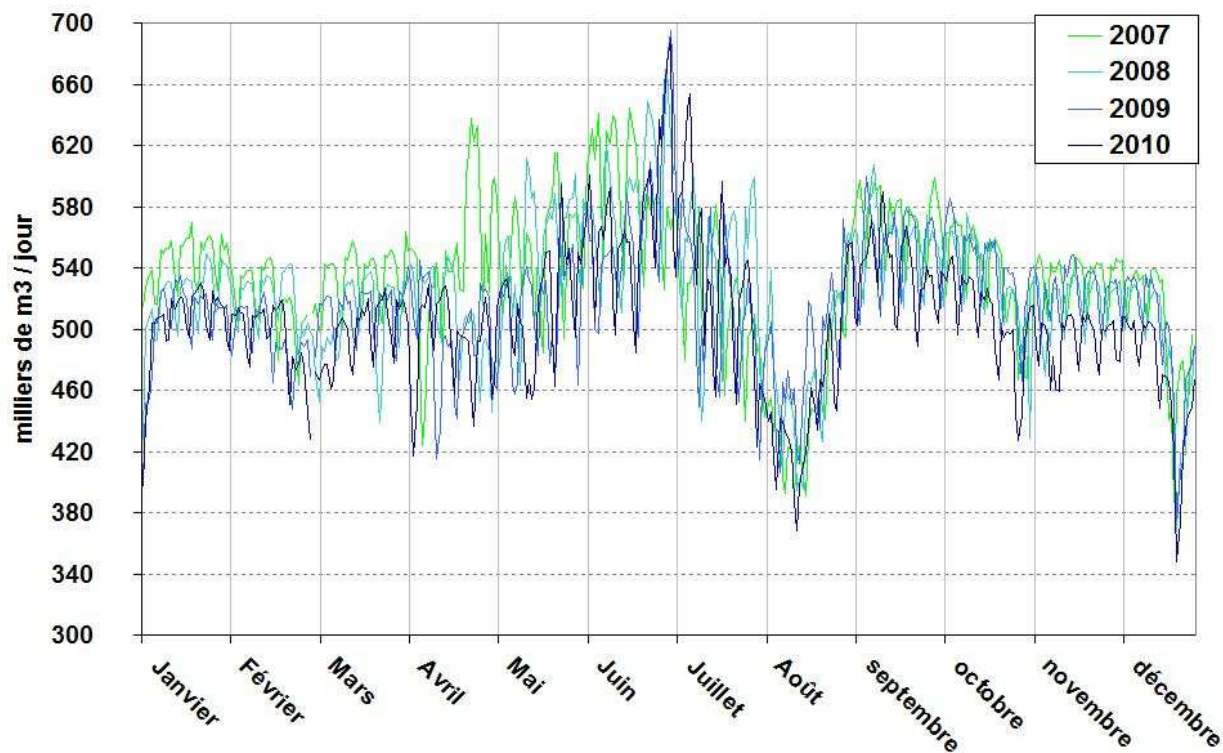
Figure 36 : Evolution des **volumes consommés** quotidiennement à Paris, de 1989 à 2010 (données : Eau de Paris 2010)



Depuis 2007, nous observons un relatif « tassement » d'une année à l'autre, du volume mis en distribution, comme du volume consommé : Par exemple, la consommation 2010 a été relativement identique à celle des années précédentes aux cours des trois premières trimestres de l'année, comme illustré dans le graphique ci-dessous.

²¹ Cf. annexes pour plus de détails sur la méthode utilisée.

Figure 37 : Consommation quotidienne d'eau potable à Paris, de 2007 à 2010 inclus (données : Eau de Paris 2010, calculs propres)



Cette évolution cyclique si particulière est la conséquence de variables explicatives elles-mêmes cycliques, à la fois climatiques (B) et sociales (C), qui déterminent la consommation quotidienne tout au long de l'année.

E. Les cycles climatiques, principale cause d'évolution de la consommation quotidienne

Un rapport interne de 2006 étudiait l'impact de la température moyenne sur la consommation²². Nous proposons ici d'actualiser cette analyse, de l'étendre à l'ensemble des jours l'année et de la compléter par d'autres variables explicatives.

1. Variables explicatives climatiques

a) Sources d'informations et méthodes utilisées

Notre analyse se fonde essentiellement sur les données fournies par Eau de Paris (volumes d'eau mis en distribution au pas de temps quotidien) et sur les relevés de différentes variables climatiques à Paris fournis par Météo France au pas de temps quotidien. Nous délimitons le périmètre étudié de la façon suivante :

- Afin de réduire le « **bruit** » **causé par la baisse pluriannuelle** de la consommation d'eau potable à Paris, nous limiterons l'analyse aux dernières années (2007-2010), plus homogène que la période 1989-2010 ;
- Afin de réduire le « **bruit** » **causé par d'autres facteurs**, nous utilisons ici la même méthode que celle proposée dans le rapport interne d'Eau de Paris de 2006 (cf. supra), légèrement modifiée : l'analyse sera restreinte aux jours « normaux » de la semaine (hors week-end, jours fériés, vacances scolaires) au cours des mois « normaux » (hors mois de juillet, août et décembre).

b) Choix des variables climatiques étudiées

Cette redéfinition du périmètre étudié nous permet de distinguer **deux échantillons qui seront étudiés** :

- 1 685 volumes d'eau potables quotidiens distribués, entre le 1^{er} janvier 2001 et le 31 août 2010 (soit 48,4% des jours de la période) ;

Figure 38 : Corrélation linéaires entre le **volume mis en distribution** « normaux » et le climat à Paris, depuis 2000 (données : Eau de Paris 2010, Météo France 2010)

	Temp Min.	Temp Max.	mm. de pluie	Humidité Min.	Humidité Max.	Humidité Moy.	heures d'ensoleillement	Vitesse de vent moyen	Vitesse de vent max. moyenne	Vitesse de vent max. instantané	Indice humidex max.	Indice humidex max. > 22
R	0,45	0,46	0,00	-0,23	-0,11	-0,21	0,25	-0,12	-0,04	-0,02	0,47	0,41

Les variables climatiques les mieux corrélées avec le volume d'eau mis en distribution sont la **température** (température minimum et maximum de la journée, exprimées en degrés Celsius) et l'**Indice humidex maximum** (température maximum ressentie dans la journée, cf. infra), toutes deux avec un **coefficient de corrélation linéaire R>0,4**.

²² EAU DE PARIS (2006) « Influence de la température sur les volumes d'eau potable distribués dans le réseau parisien », rapport interne d'Eau de Paris, janvier 2006, 7 pages. Ce rapport étudie l'évolution de la consommation d'eau potable à Paris entre 2002 et 2005 et conclut que la consommation d'eau potable à Paris augmente lorsque la température moyenne journalière dépasse 13°C (hors été, fin de semaine et jours fériés).

- 1 772 volumes d'eau quotidiens consommés entre le 1^{er} janvier 2000 et le 31 décembre 2009 (soit environ 48,5% des jours de la période).

Figure 39 : Corrélation linéaires entre le **volume d'eau consommé** quotidiens « normaux » et le climat à Paris, depuis 2000 (données : Eau de Paris 2010, Météo France 2010)

	Temp Min.	Temp Max.	mm. de pluie	Humidité Min.	Humidité Max.	Humidité Moy.	heures d'ensoleillement	Vitesse de vent moyen	Vitesse de vent max. moyenne	Vitesse de vent max. instantané	Indice humidex max.	Indice humidex max. > 22
R	0,60	0,64	-0,03	-0,35	-0,20	-0,33	0,36	-0,16	-0,02	-0,01	0,65	0,53

Les variables climatiques sont encore mieux corrélées avec l'évolution du volume d'eau consommé, en particulier la **température** (température minimum et maximum de la journée, en degrés Celsius) et l'**Indice humidex maximum** (cf. supra), avec un **coefficient de corrélation linéaire R>0,6**.

Nous allons étudier ici ces deux variables, qui expliquent à elles seules environ 40% de l'évolution quotidienne de la consommation totale d'eau potable à Paris ($R^2=0,4$).

c) La température quotidienne

Premièrement, l'analyse de ces variables permet de **vérifier la pertinence de l'étude des seuls jours « normaux »** (hors vacances, jours fériés, week-end, juillet-août) et non de tous les jours de l'année.

En effet, l'étude des seuls jours « normaux » **permet de mieux caractériser l'impact de la température maximum journalière sur le volume d'eau potable distribué et consommé** (courbe bleue dans les graphiques ci-dessous) qu'une étude de l'ensemble des jours de l'année (courbe orange dans les graphiques ci-dessous), et offre une meilleure corrélation linéaire.

Figure 40 : Volume moyen d'eau potable **mis en distribution** selon la température, au pas de temps quotidien entre 2001 et 2010 (données : Eau de Paris 2010, Météo France 2010)

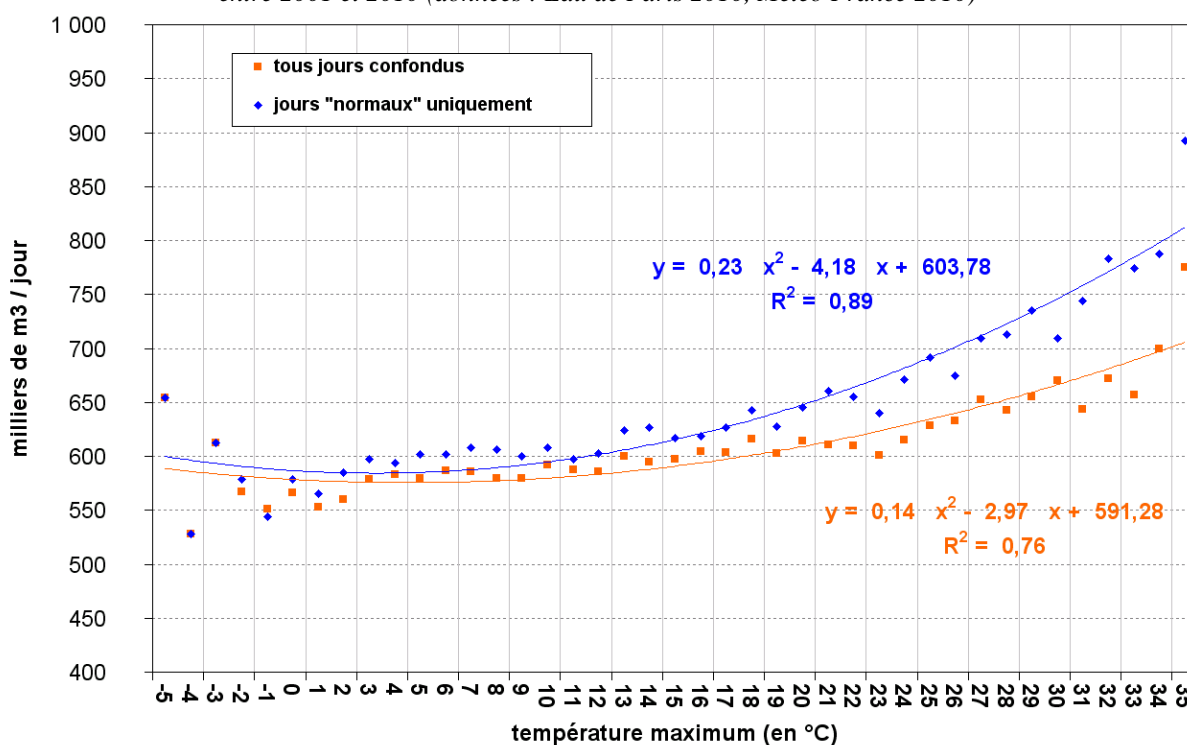
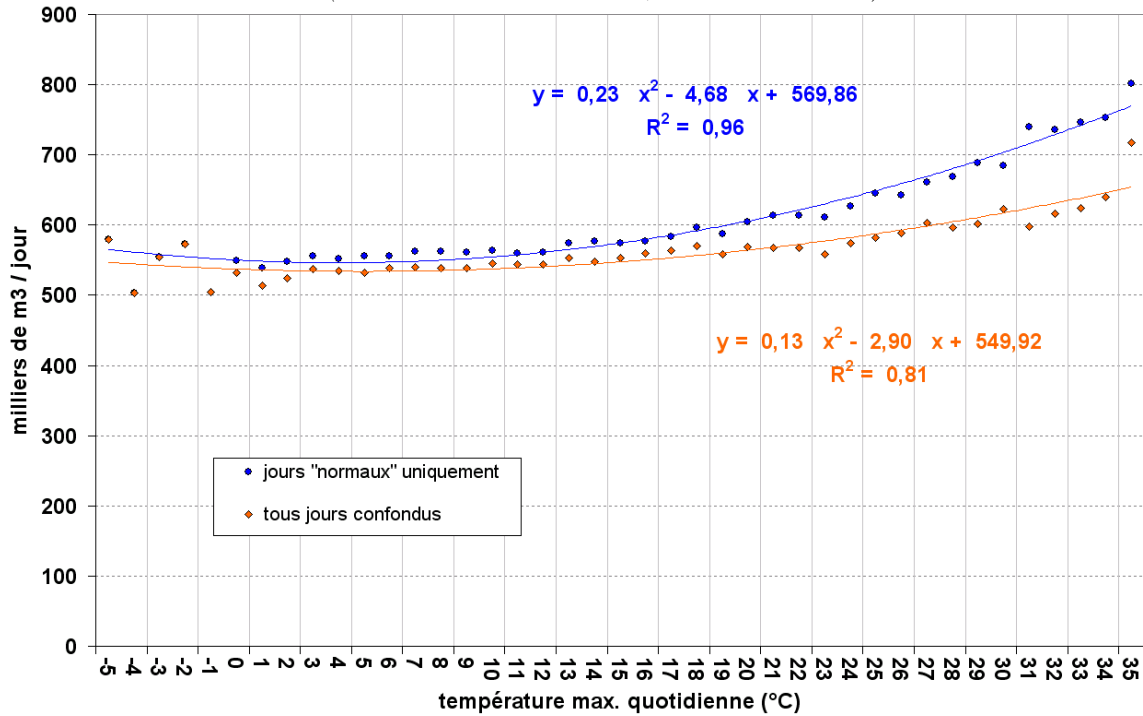


Figure 41 : Volume moyen d'eau potable **consommé** selon la température, au pas de temps quotidien entre 2000 et 2009 (données : Eau de Paris 2010, Météo France 2010)



Cette analyse permet de mieux appréhender l'impact des variables climatiques sur la consommation, et de vérifier l'**existence d'un effet de seuil, déjà identifié par l'étude de 2006** : les jours où la température max. journalière dépasse 13°C, la consommation d'eau potable moyenne augmente.

Néanmoins, ce volume « moyen » est probablement sur-évalué, puisqu'il a beaucoup diminué entre 2000 et 2010, en raison de la baisse structurelle de la consommation observée sur cette période.

Figure 42 : Volume d'eau potable **mis en distribution** en moyenne selon la température maximale quotidienne, entre 2001 et 2010 (Données : Eau de Paris 2010, Météo France 2010)

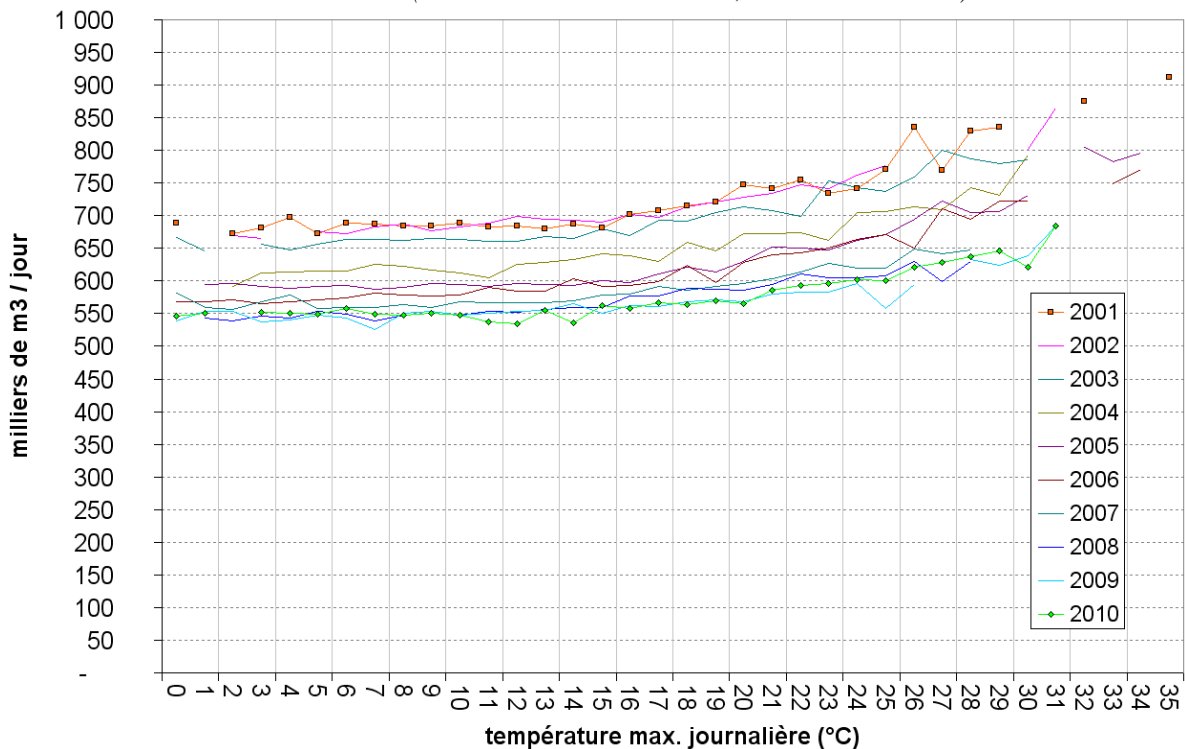
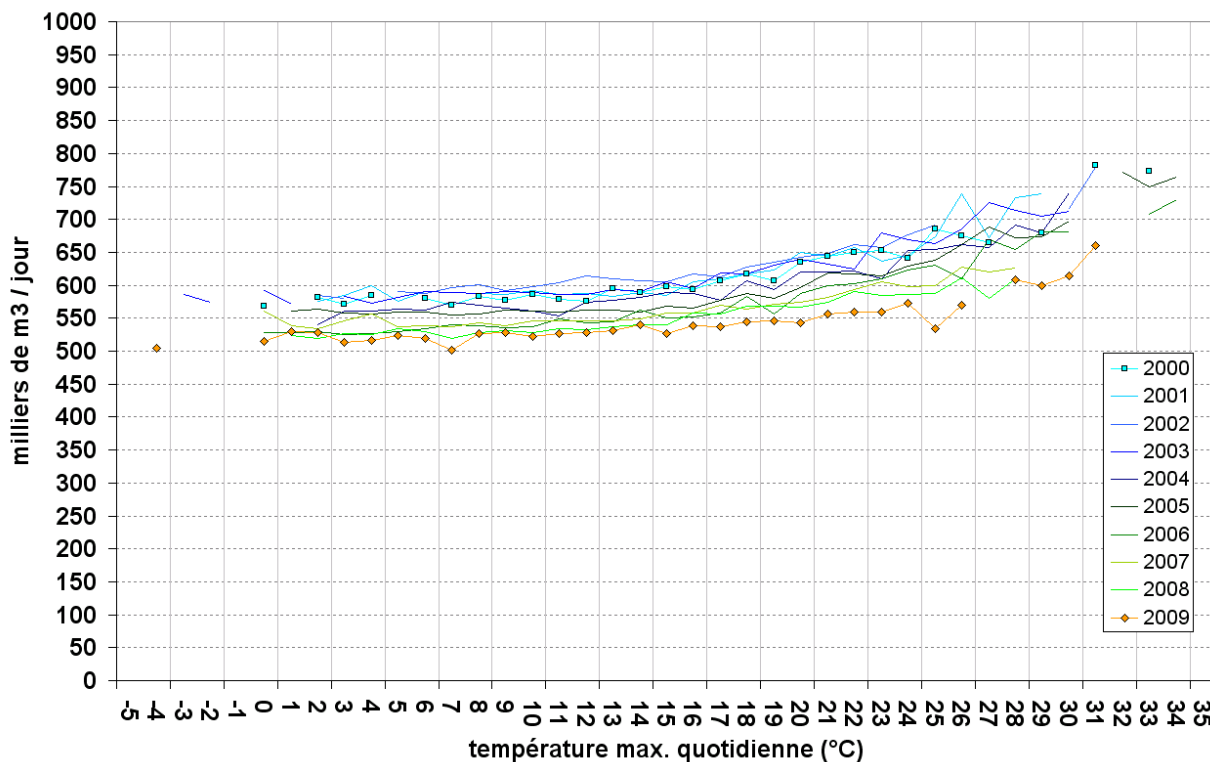


Figure 43 : Volume d'eau potable **consommé** en moyenne selon la température maximale quotidienne, entre 2000 et 2009 (Données : Eau de Paris 2010, Météo France 2010)



Afin de réduire le « bruit » causé par cette baisse pluriannuelle et d'estimer avec plus de précision quel est l'effet de la température maximum sur la consommation d'eau potable à Paris, nous limiterons l'analyse aux données d'**après 2007**. En effet, depuis 2007 la baisse de la consommation annuelle est plus faible qu'au cours des années précédentes, et les consommations quotidiennes restent comparables.

Figure 44 : Volume d'eau potable **mis en distribution** quotidien, en moyenne, selon la température maximale quotidienne, entre 2007 et 2010 (Données : Eau de Paris 2010, MétéoFrance 2010)

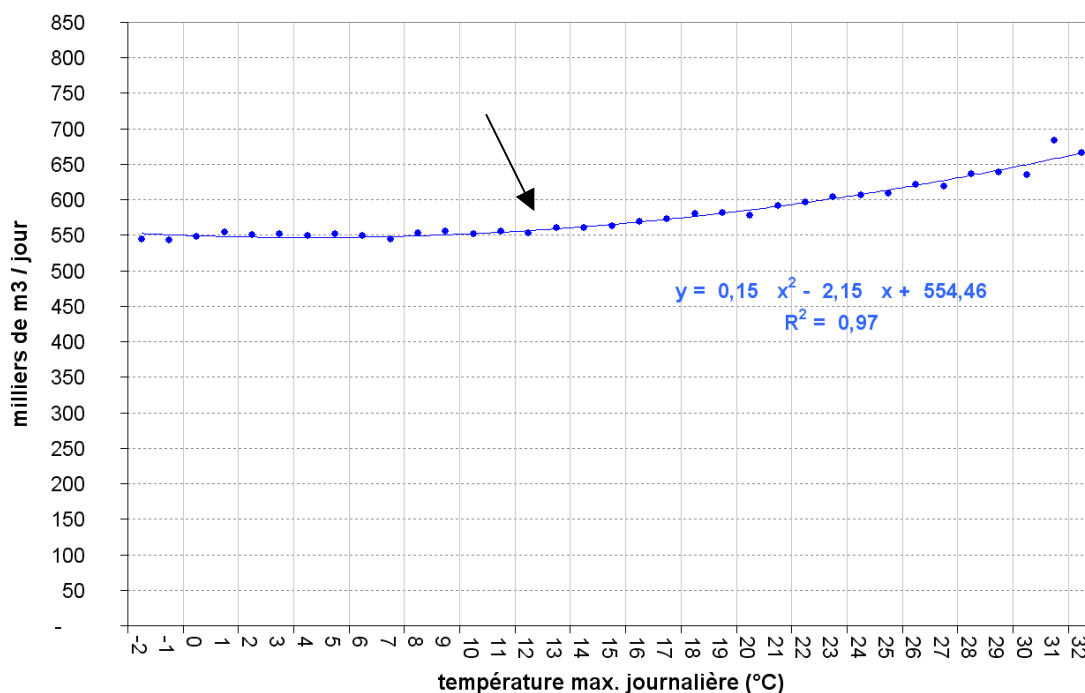
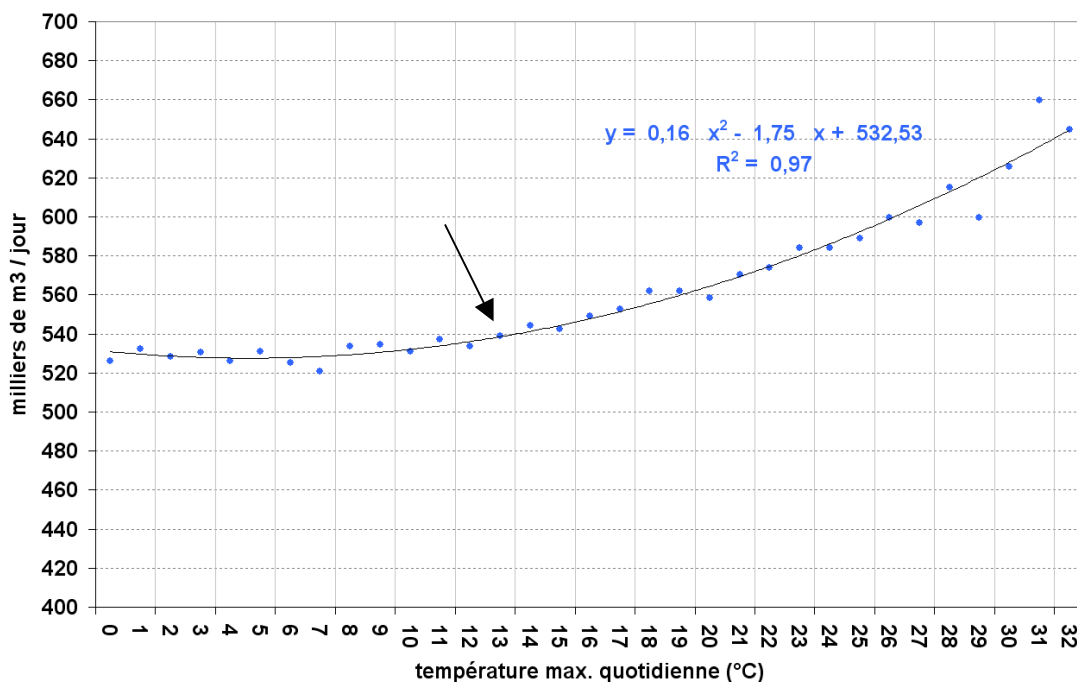


Figure 45 : Volume d'eau potable moyen **consommé** quotidien, en moyenne, selon la température maximale quotidienne, entre 2007 et 2009 à Paris (Données : Eau de Paris 2010, Météo France 2010)



Le volume d'eau potable mis en distribution et consommé par jour augmente de manière significative les jours où la température maximum journalière dépasse environ 13°C : cette hausse peut être estimée à une **consommation supplémentaire d'environ 7 500 m3/jour par degrés Celsius** au dessus de ce seuil.

d) L'indice humidex²³

L'index humidex est un indice composite, combinant la température et le taux d'humidité de l'air, afin d'évaluer une **température ressentie**. Il semble constituer une variable d'analyse de l'impact climatique sur la consommation d'eau potable à Paris plus « fine » que la température.

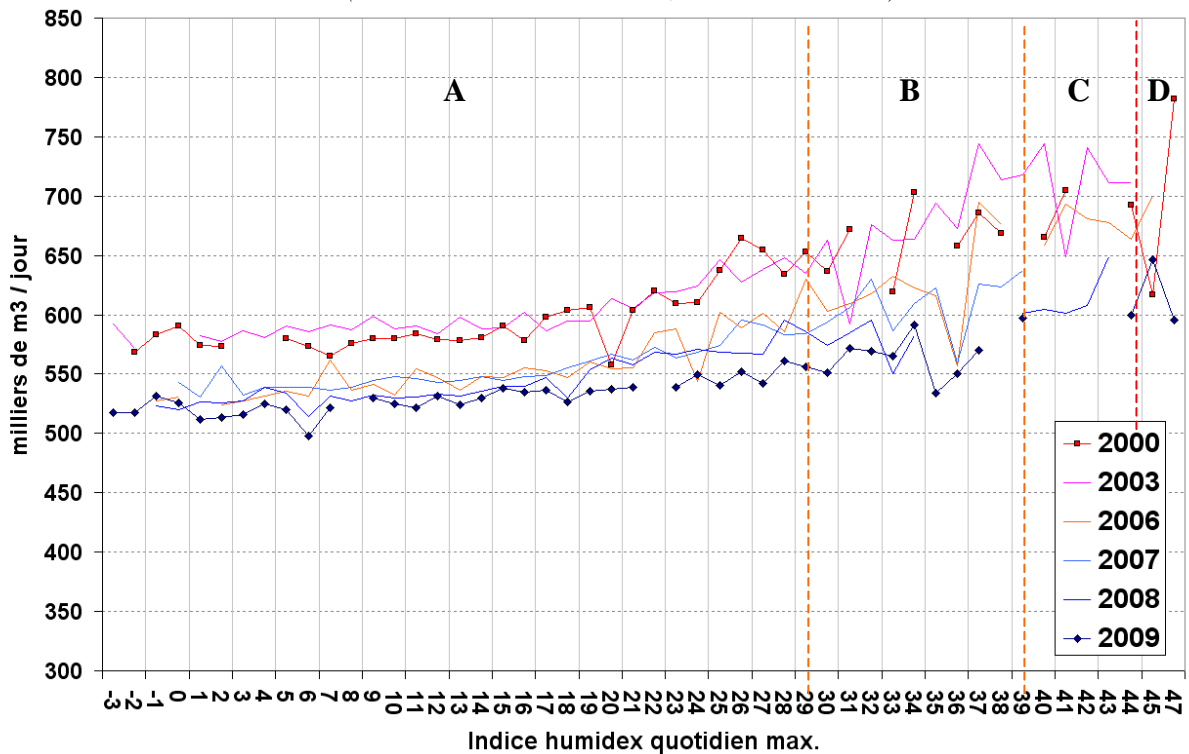
Figure 46 : Table de correspondance des valeurs de l'indice humidex (Sources : divers)

INDICE HUMIDEX	DEGRE DE CONFORT	ZONE (cf. infra)
20-29	Agréable	A
30-39	Un certain inconfort	B
40-45	Beaucoup d'inconfort	C
> 45	Danger pour la santé	D

La corrélation linéaire observée entre la consommation d'eau potable quotidienne et les variables climatiques est plus forte pour **l'Indice humidex maximum quotidien** (corrélation linéaire de R=0,65, entre 2000 et 2009) que pour la température ou pour d'autres variables (cf. supra). Cette variable climatique est donc celle qui est la plus corrélée à la consommation d'eau potable à Paris.

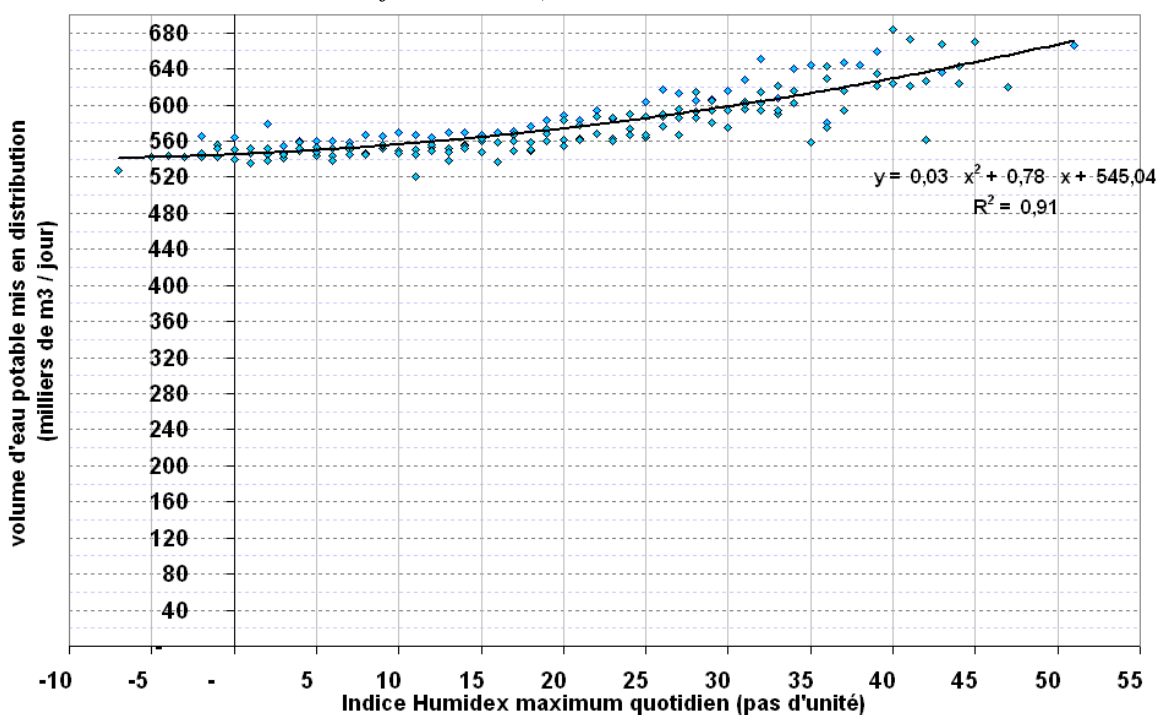
²³ Indice Humidex (IH) : cet indice permet de mesurer la température « ressentie », prenant à la fois en compte la température extérieure (T°C) et le taux d'humidité dans l'air (H%). Cette mesure est mieux corrélée au volume total consommé à Paris que la variable température prise séparément de l'humidité (cf. table de corrélation ci-dessus). Cet indice se calcule par la formule suivante, avec IH = indice humidex (sans unité), T = température (en degrés celsius), H = taux d'humidité (en pourcentage), et Z = (7,5 x T) / (237,7 + T) : $IH = T^{\circ} + \{5 [(6,12 \times 10^Z \times H) - 10] / 9$

Figure 47 : Volume d'eau potable quotidien **consommé** selon l'index humidex maximum journalier, entre 2000 et 2009 (Données : Eau de Paris 2010, MétéoFrance 2010)



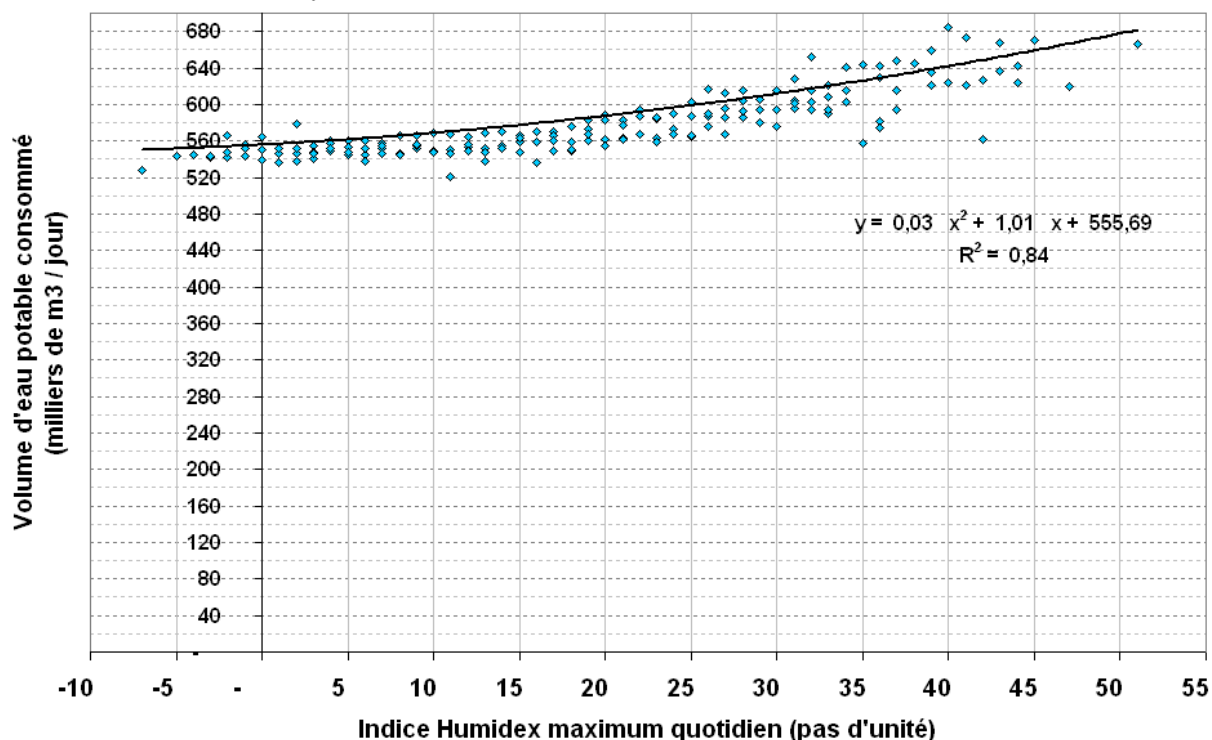
Sur la période 2000-2009, les courbes annuelles ont une évolution similaires, mais elles se décalent chaque année un peu plus vers le « bas » du graphique (cf. supra). Afin de réduire ce « bruit » lié à la baisse pluriannuelle de la consommation, nous limiterons notre analyse aux données **de 2007 à 2010**. Nous observons ainsi que l'indice humidex permet alors d'expliquer 91% de l'évolution du volume quotidien mis en distribution un jour « normal » ($R^2=0.91$).

Figure 48 : Indice humidex maximum et volume d'eau potable **mis en distribution**, pour un jour « normal »* à Paris, de 2007 à juillet 2010 (données : Eau de Paris 2010, Météo France 2010)



Une relation comparable peut être observée pour le volume d'eau potable consommé par jour à Paris entre 2007 et 2010.

Figure 49 : Indice humidex maximum et volume d'eau potable **consommé**, pour un jour « normal » à Paris, de 2007 à juillet 2010 (Données : Eau de Paris 2011, MétéoFrance 2010)



Ces corrélations permettent de déterminer que de 2007 à 2010, si au cours d'un jour « normal » l'indice humidex dépasse 20 (sans unité), alors le volume d'eau potable distribué ou consommé augmentait plus vite que l'indice humidex.

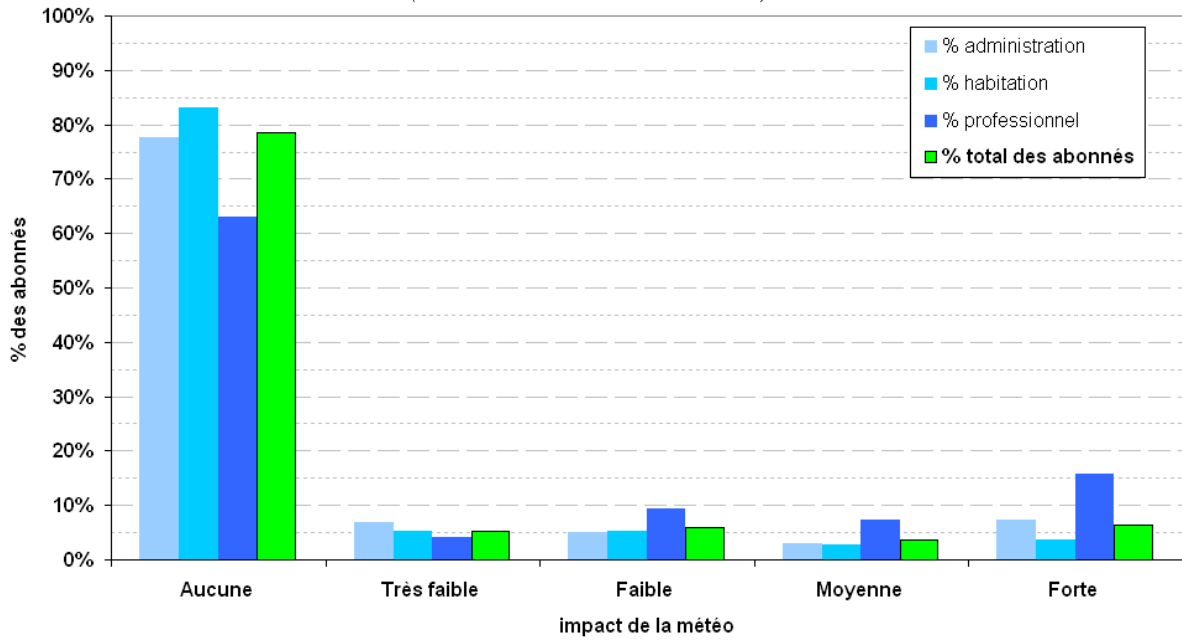
L'indice humidex permettrait d'expliquer 80-90% de l'évolution quotidienne du volume d'eau potable distribué ou consommé à Paris, pour les jours « normaux » entre 2007 et 2010. La consommation d'eau potable un jour normal est donc essentiellement liée à la température ressentie (ici exprimée en indice humidex), passé le seuil de 20 (pas d'unité).

e) Une variable impactant tous les abonnés ?

Une **analyse individuelle de la consommation journalière des 93 000 abonnés parisiens entre janvier 2009 et juin 2011** permet de préciser ces conclusions, en analysant l'ensemble de l'année et non les seuls « jours normaux ».

En considérant les 365 jours de l'année, il apparaît que l'effet saisonnier (variation de la consommation selon la météo) ne concerne pas tous les abonnés de la même façon : au final, **seuls 20% des abonnés parisiens ont une consommation d'eau potable impactée par les variations de météo quotidienne**, une proportion bien plus faible que celle prévue.

Figure 50 : Impact de la saisonnalité sur les abonnés parisiens de Paris rive gauche en 2009-2011
(données : Eau de Paris 2011)



Au final, 40% des volumes consommés par des abonnés de type « professionnels » sont concernés par cette saisonnalité, contre seulement 13% des volumes consommés par les abonnés « résidentiels », qui s'avèrent être relativement inélastiques à la météo quotidienne.

Figure 51 : Proportion de la consommation cumulée par type d'abonné, impactée par la météo, à Paris entre 2009 et 2011 (données : Eau de Paris 2011)

Intensité de l'impact de la saisonnalité sur la consommation ²⁴	administration	habitation	professionnel	total des abonnés
aucune/très faible	76,00%	87,00%	53,80%	79,70%
faible-forte	24,00%	13,00%	43,10%	20,30%

2. L'année 2003, un cas atypique

L'année 2003, pour laquelle la variable climatique a été particulièrement marquante, nous permet d'illustrer cette relation de causalité entre climat et consommation d'eau potable à Paris.

a) Evolution de la consommation d'eau potable en 2003

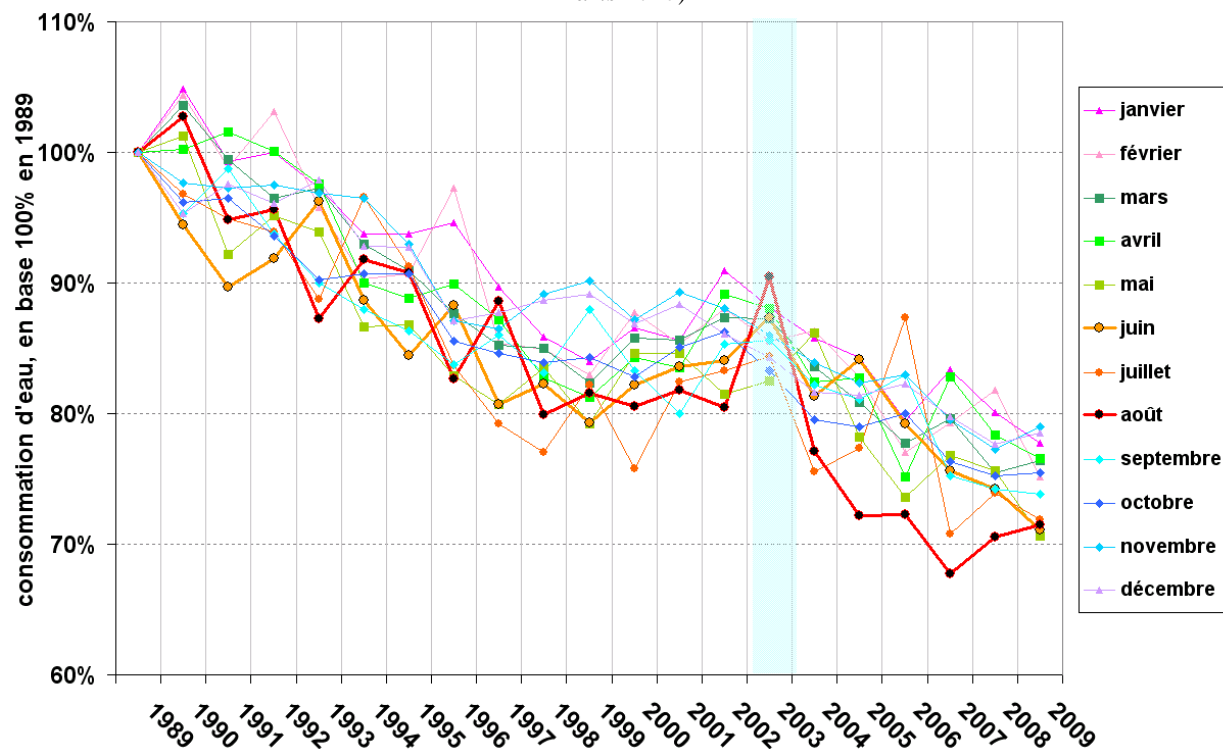
L'année 2003 s'était caractérisée par une sécheresse et une canicule qui a accru la mortalité de plusieurs milliers de morts en France. A Paris comme ailleurs, elle correspond à **une consommation annuelle d'eau potable plus élevée que les années précédentes, et que les années suivantes**²⁵. Cette hausse est particulièrement importante, comme l'illustre l'évolution de la consommation d'eau à Paris

principalement au cours du mois d'août 2003, et dans une moindre mesure de juin et juillet 2003, comme illustré dans le graphique ci-dessous.

²⁴ Exemple de lecture : 76% de la consommation des abonnés « administration » est pas ou très peu impactée par la météo quotidienne

²⁵ La consommation totale d'eau potable à Paris en 2003 est supérieure à celle enregistrée lors des années précédentes et suivantes : c'est également le cas dans d'autres villes françaises, par exemple Bordeaux (HERBET C. et al 2009).

Figure 52 : Evolution du volume d'eau potable consommé mensuel, entre 1989 et 2009 à Paris (données : Eau de Paris 2010)



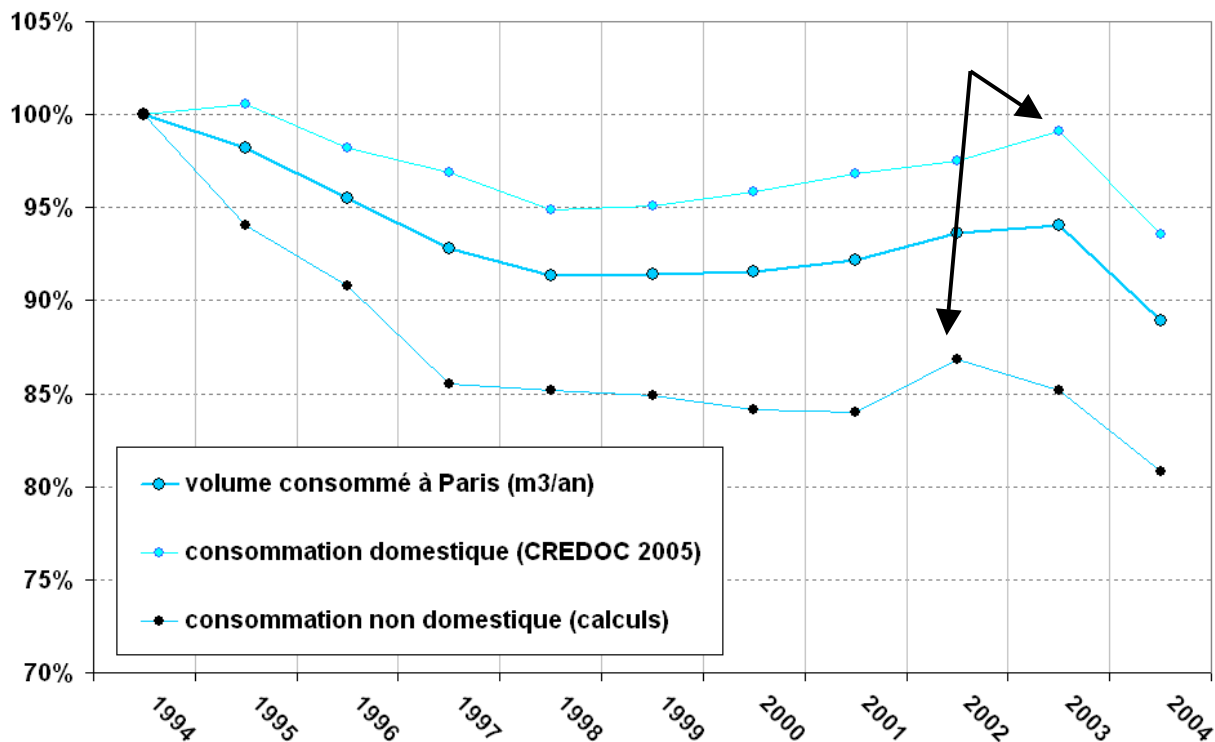
L'année 2003 est également la **dernière année de remontée** de la consommation d'eau potable annuelle à Paris, marquant la fin de la hausse observée de 1998 à 2003.

Enfin, 2003 se singularise par le fait qu'elle précède **une diminution sans précédent des volumes d'eau potable distribués et consommés** : entre 2003 et 2004 le volume d'eau mis en distribution chutait brutalement de -8,2%, et le volume d'eau potable consommé chutait de -5,4%, soient les variations les plus fortes enregistrées depuis 1946.

b) Consommation en 2003 : une hausse surtout due aux ménages

La hausse de consommation d'eau potable de 2003 est essentiellement due aux consommations résidentielles, et non aux industries ou aux établissements publics : en effet, la hausse des consommations « non domestiques » s'arrête en 2002, tandis que celle des ménages continue jusqu'en 2003, comme illustré dans le graphique ci-dessous.

Figure 53 : Evolution de la consommation domestique et non domestique d'eau potable à Paris, entre 1994 et 2004 (CREDOC 2005, EAU DE PARIS 2010)



c) Le climat, principal déterminant des variations annuelles

L'année 2003 correspond à la conjonction de plusieurs facteurs climatiques : hausse de l'ensoleillement (moyen et cumulé annuel), hausse de l'ensoleillement maximum par jour, hausse des températures (minimales, moyennes, et maximales), etc. mais ces modifications sont surtout observées en été, le reste de l'année restant dans la norme (cf. supra).

La corrélation entre la consommation d'eau potable quotidienne et les variables climatiques est plus ou moins forte selon l'année étudiée. Ainsi, **2003 et 2006 sont les années pour lesquelles la variation climatique quotidienne est la plus fortement corrélée**, ce qui correspond au fait que ce sont les jours « chauds » qui influent sur la consommation d'eau potable.

Coefficient de corrélation linéaire R	Tous les jours de l'année confondus		Jours « normaux » uniquement	
	Conso vs Humidex	Conso vs T°C max.	Conso « normale » vs Humidex	Conso « normale » vs T°C max.
1998	0,29	0,29	0,85	0,84
1999	0,45	0,44	0,63	0,61
2000	0,36	0,37	0,90	0,88
2001	0,50	0,52	0,84	0,84
2002	0,39	0,41	0,85	0,84
2003	0,77	0,77	0,90	0,88
2004	0,40	0,42	0,94	0,93
2005	0,45	0,45	0,87	0,85
2006	0,72	0,70	0,84	0,83
2007	0,16	0,17	0,94	0,93
2008	0,43	0,46	0,94	0,93
2009	0,30	0,31	0,79	0,78

L'étude des seuls jours « normaux » (hors week-end, vacances scolaires, et mois atypiques de décembre, juillet et août) permet de **mieux identifier l'impact de la variable climatique sur la consommation d'eau potable à Paris** : les années 2000, 2003, 2004, 2007 et 2008, ont une corrélation linéaire forte ($R > 0,87$) entre les variables climatiques ci-dessus et la consommation d'eau au cours des jours « normaux ».

L'utilité de ce choix méthodologique peut être vérifiée graphiquement, comme illustré par les deux graphiques ci-dessous.

Figure 54 : Corrélation entre volume d'eau potable consommé au quotidien et la température max. journalière en 2003 à Paris (données : Eau de Paris 2010, Météo France 2010)

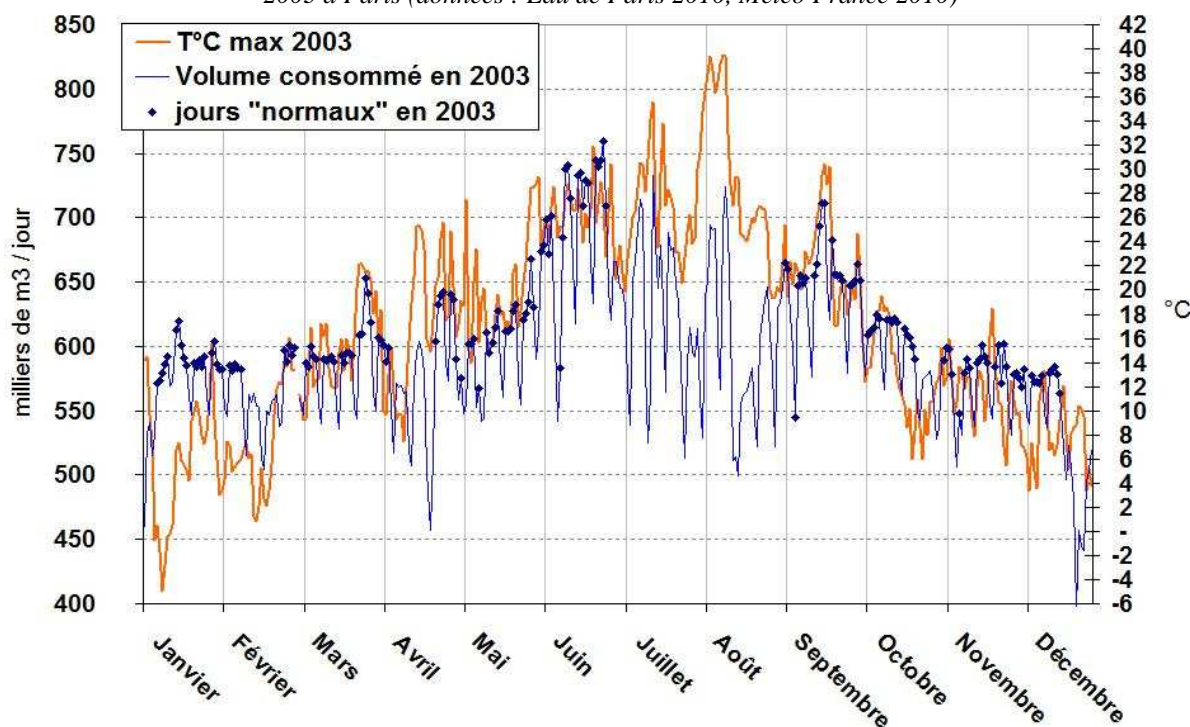
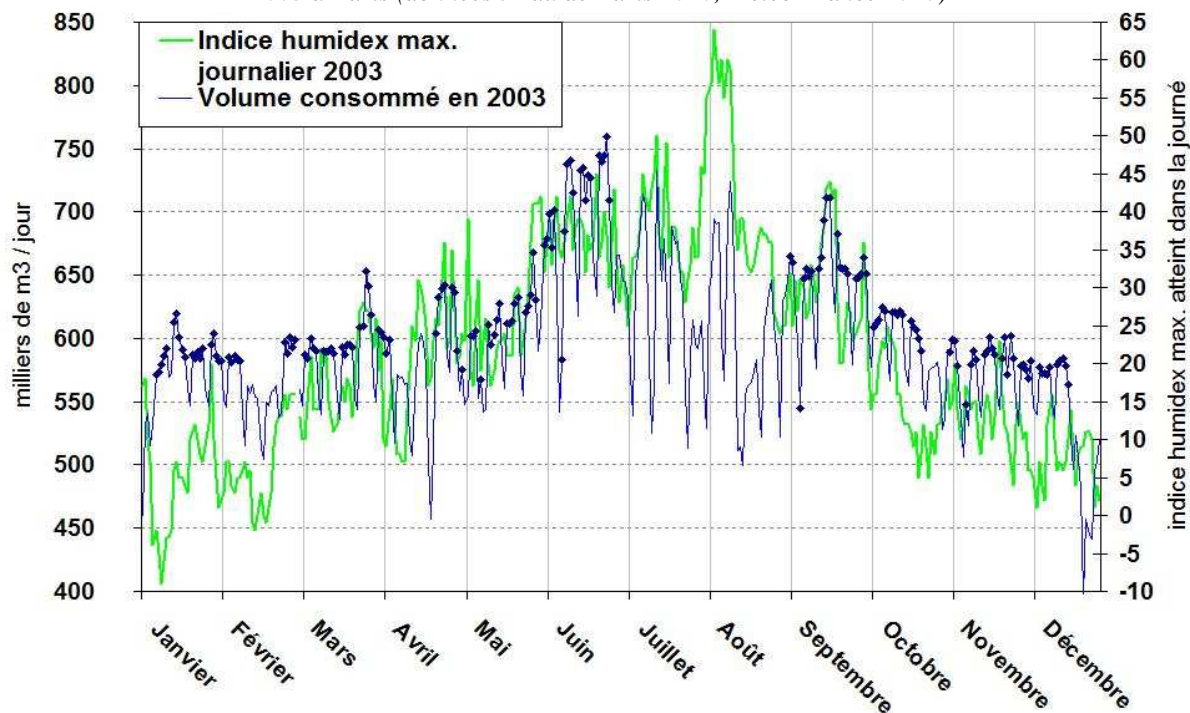


Figure 55 : Corrélation entre volume d'eau potable consommé au quotidien et index humidex max. journalier en 2003 à Paris (données : Eau de Paris 2010, Météo France 2010)



3. Synthèse : quelle influence de la météorologie sur la consommation ?

a) Principales conclusions

Sur la base de ces analyses, nous proposons les conclusions suivantes :

- **Les variables météorologiques (température et indice humidex) déterminent en grande partie le volume d'eau potable consommé au quotidien à Paris pour les jours « normaux »** de l'année (hors vacances scolaires, jours fériés et week-end) entre 2007 et 2010.
- **L'effet météorologique** sur la consommation quotidienne d'eau potable augmente **entre avril et juin**, et diminue **entre septembre et novembre**.
- Cet effet est observé quand la **température maximum journalière** dépasse un **seuil de 13°C environ**. En dessous de ce seuil, la consommation ne semble pas corrélée avec la température.

Pourtant, la consommation d'eau potable quotidienne est en baisse chaque été entre les mois de **juillet et août**, alors que la température ou l'indice humidex devraient entraîner une hausse de la consommation à ces périodes de l'année. De même, chaque année la consommation quotidienne baisse à certains moments du calendrier, sans lien avec la météo.

L'effet de la météo sur la consommation d'eau potable est moins élevé au cours des **jours non « normaux »**, pour lesquels la consommation d'eau potable quotidienne observée est déterminée par d'autres variables sociales, en plus de la variable climatique.

Ces variables sociales ont une influence également très régulière sur la consommation d'eau potable quotidienne, observable d'année en année.

Afin de comprendre ces autres causes qui déterminent l'évolution de la consommation d'eau potable au cours de ces jours non « normaux » nous les étudierons séparément (cf. infra).

F. Des cycles sociaux

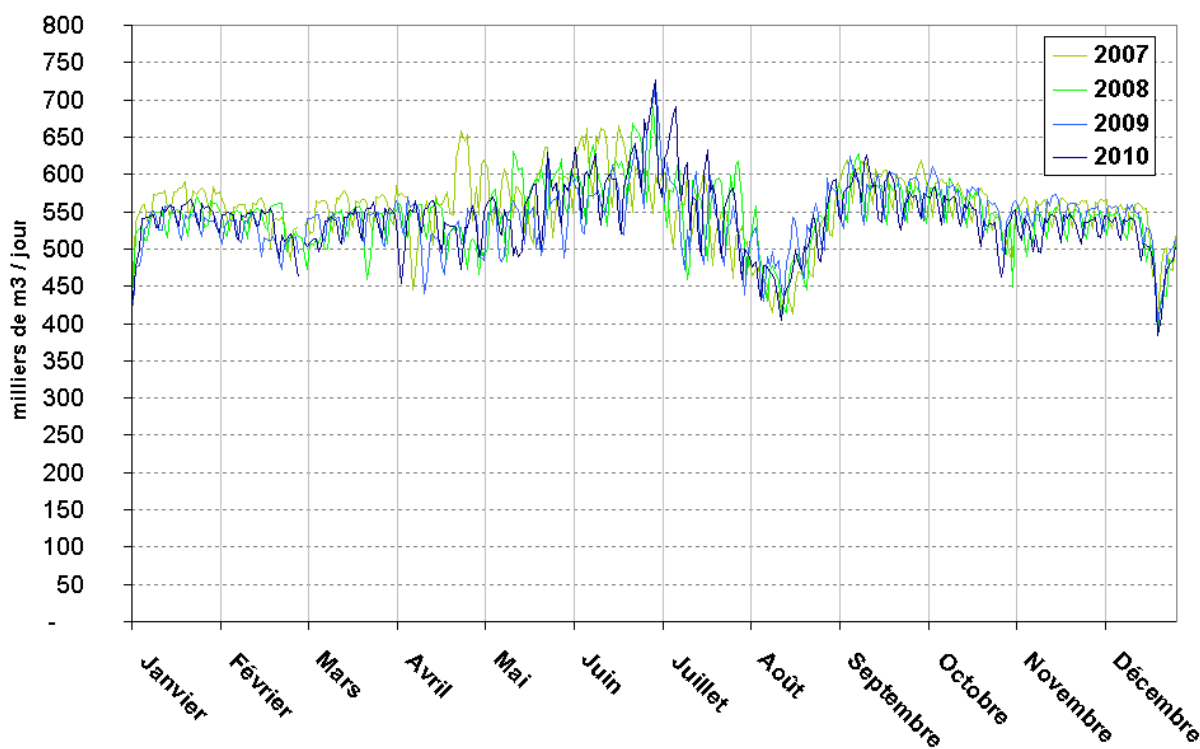
Dans les parties précédentes, nous avons pu étudier les évolutions de long terme (inter-annuelles) ainsi que les évolutions cycliques liées au climat. Toutes ces évolutions de la consommation d'eau potable à Paris sont formées par une succession de variations mensuelles et hebdomadaires ou quotidiennes, qui sont déterminées par des facteurs non climatiques.

1. Evolutions de la consommation d'eau potable des jours « non normaux »

Afin d'étudier ces facteurs autres que climatiques, nous distinguerons trois types de jours non « normaux » : les **vacances scolaires**, les **week-ends**, et les **jours fériés**. Nous étudierons les variables explicatives permettant d'analyser l'évolution de la consommation d'eau potable quotidienne qui peut être observée durant ces jours en apparence atypiques mais dont l'évolution est similaire d'une année à l'autre.

Afin de limiter le biais induit par les facteurs de la baisse pluriannuelle des volumes d'eau potable (étudiés dans le premier chapitre de ce rapport), nous analyserons uniquement les volumes de consommation quotidienne d'eau potable calculés (cf. annexes) sur la période allant de **2007 à 2010**, pour laquelle la consommation moyenne d'eau potable au quotidien reste comparable d'une année à l'autre, contrairement aux baisses inter-annuelles observées au cours des années précédentes.

Figure 56 : Relative stabilité du volume quotidien d'eau potable mis en distribution chaque année, de 2007 à 2010 à Paris (données : Eau de Paris 2010)



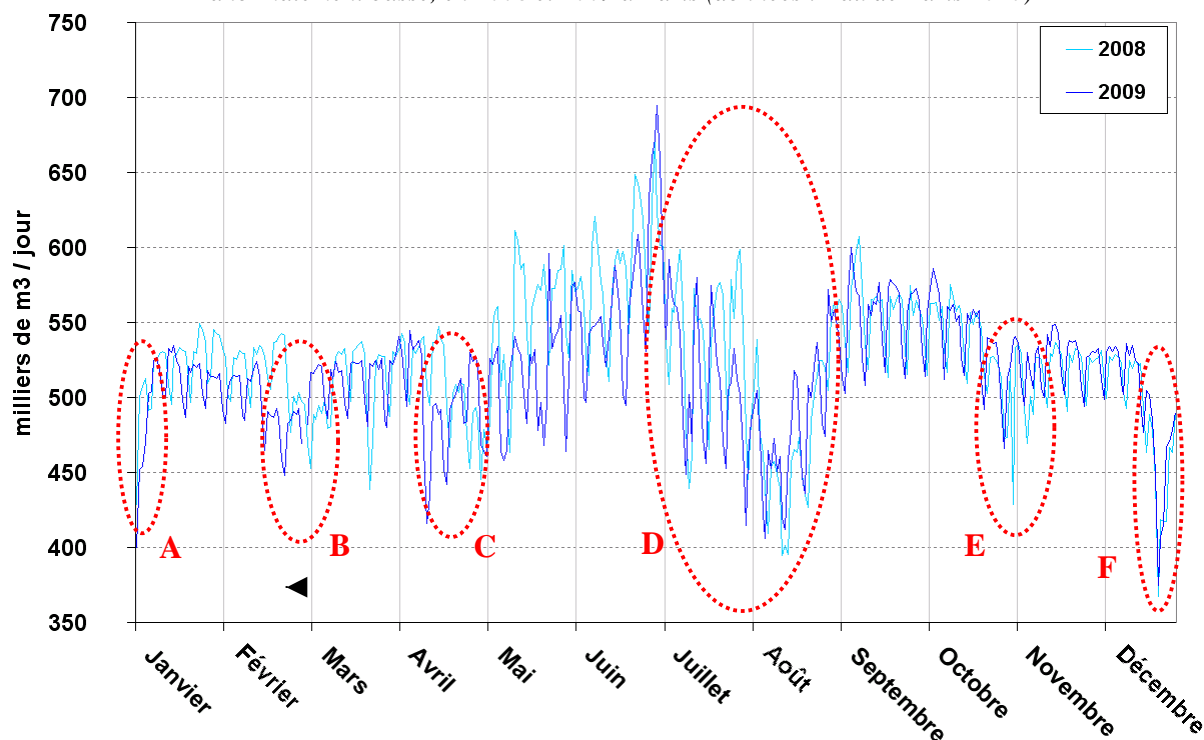
Cette forte stabilité permettra d'appréhender avec plus de précision les régularités de la consommation à l'échelle infra-annuelle et d'en étudier les causes.

Différentes consommations quotidiennes non « normales » peuvent être observées chaque année :

- De périodes de consommation basse d'une à deux semaines (vacances scolaires et professionnelles)
- De cycles hebdomadaires marqués par une baisse de la consommation totale d'eau potable en fin de semaine

- De baisses ponctuelles (jours fériés)

Figure 57 : Identification des périodes pour lesquelles la consommation quotidienne d'eau potable est anormalement basse, en 2008 et 2009 à Paris (données : Eau de Paris 2010)



2. Un effet « vacances scolaires »

Entre 2007 et 2009, la consommation moyenne quotidienne d'eau potable à Paris a été plus basse pendant les périodes de vacances scolaires que lors des jours ouvrés (zones A, B, C, D, E et F dans le graphique ci-dessus).

Figure 58 : Effet « vacances scolaires » sur la consommation quotidienne moyenne d'eau potable à Paris entre 2007 et 2009 (données : Eau de Paris 2010)

	Période sujette à un effet « vacances scolaires »	consommation quotidienne d'eau potable à Paris, par rapport à un jour « normal »*
A	première semaine de janvier	91% (85-92%)
B	Deux dernières semaines de février	93% (93-94%)
C	Deux semaines en avril	90% (89-91%)
D	Juillet et août	Cas atypique cf. infra
E	Dernière semaine d'octobre	92% (91-93%)
F	Dernières semaines de décembre	86% (85-87%)

(* jours normaux = jours du même mois hors week-end, hors vacances scolaires et hors jours fériés)

La consommation d'eau potable moyenne un jour de vacance représente environ 91% du volume consommé en moyenne pour un jour « normal » de l'année. L'effet « vacances scolaires » représente donc une baisse moyenne de -9% de la consommation quotidienne par rapport aux jours « normaux » du même mois.

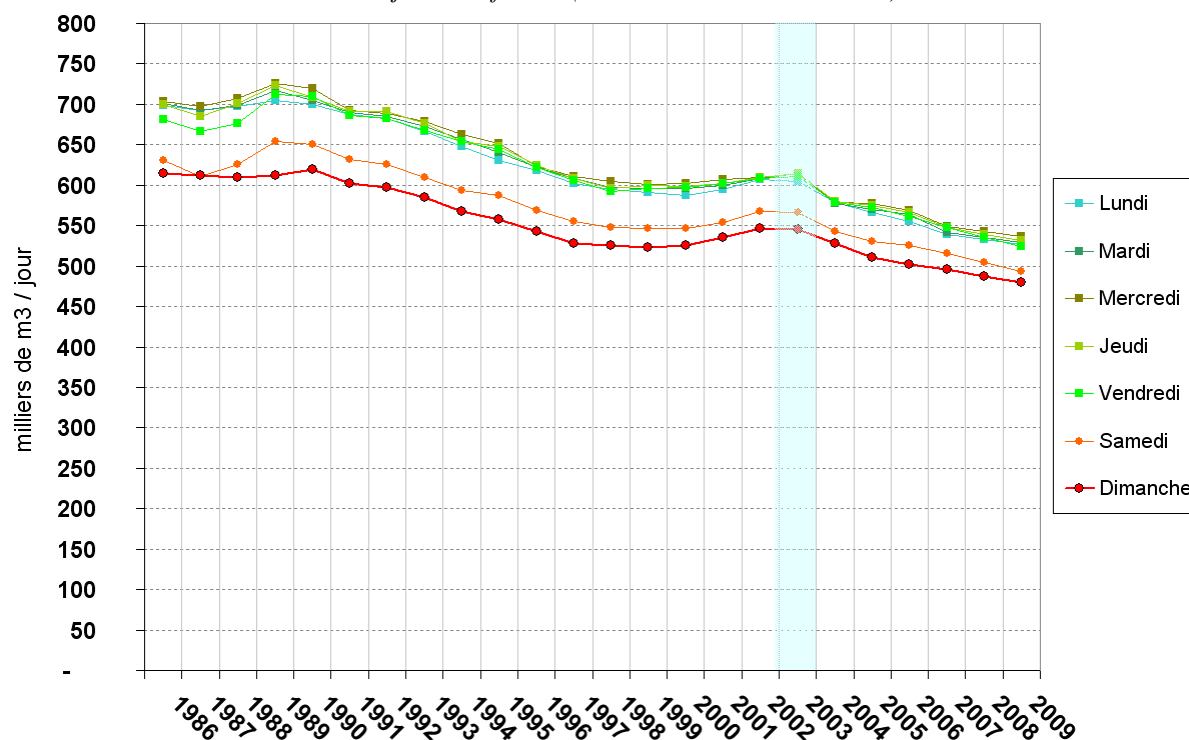
3. Effet « week-end »

Nous pouvons également que les volumes d'eau potable mis en distribution et consommés à Paris au quotidien évoluent suivant un **cycle hebdomadaire de 7 jours**, répété tout au long de l'année. Ces cycles sont constitués de deux temps :

- un **régime « haut »** les jours de la semaine travaillés (du lundi au vendredi) ;
- un **régime « bas »** les jours de fin de semaine (les samedi et dimanche).

Le cycle hebdomadaire évolue de manière relativement stable entre un minimum (dimanche) et un maximum (mercredi), généralement plus important au cours de l'été (d'avril à septembre).

Figure 59 : Evolution du volume d'eau potable consommé moyen, selon le jour de la semaine, entre 1986 et 2009, tous jours confondus (données : Eau de Paris 2010)



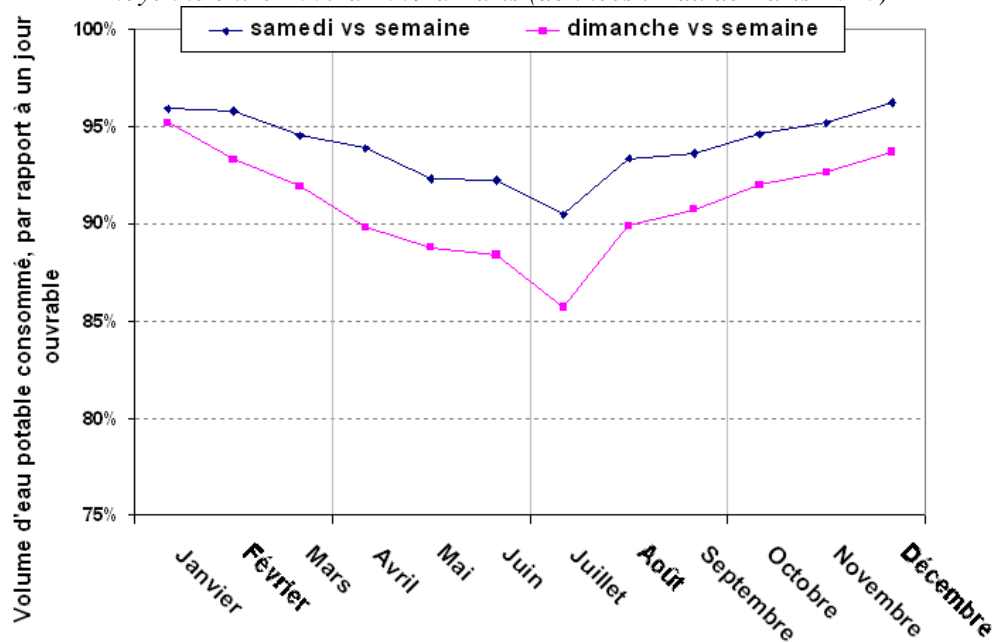
Entre 1986 et 2009, il y avait un **écart de 10% en moyenne entre le volume d'eau potable quotidien consommé, selon que ce soit un jour de la semaine ouvrable ou un jour de fin de semaine (samedi ou dimanche)**.

Malgré cette stabilité, cet écart tend à se réduire au fil des ans : **en 2009**, le volume d'eau potable consommé au quotidien à Paris le samedi et le dimanche représentaient respectivement en moyenne **93% et 91% du volume moyen consommé un jour de semaine**.

Nous pouvons poser comme hypothèse que cette variation hebdomadaire de la consommation est la **conséquence du fort ralentissement de l'activité économique les samedi et dimanche** à Paris, qui s'explique par la diminution ponctuelle de la consommation d'eau potable d'usage professionnel (entreprises commerciales et bureaux) et d'usage public (écoles, universités, administrations, etc.).

Quel que soit le volume d'eau potable quotidien consommé, la consommation est toujours plus faible en fin de semaine. Ce cycle « jours ouvrables » / « fin de semaine » peut être observé tout au long de l'année, bien que l'écart soit plus important au cours des mois les plus « chauds » de l'année.

Figure 60 : Volume d'eau potable quotidien consommé entre le jour de la semaine et le week end, en moyenne entre 2007 à 2009 à Paris (données : Eau de Paris 2010)

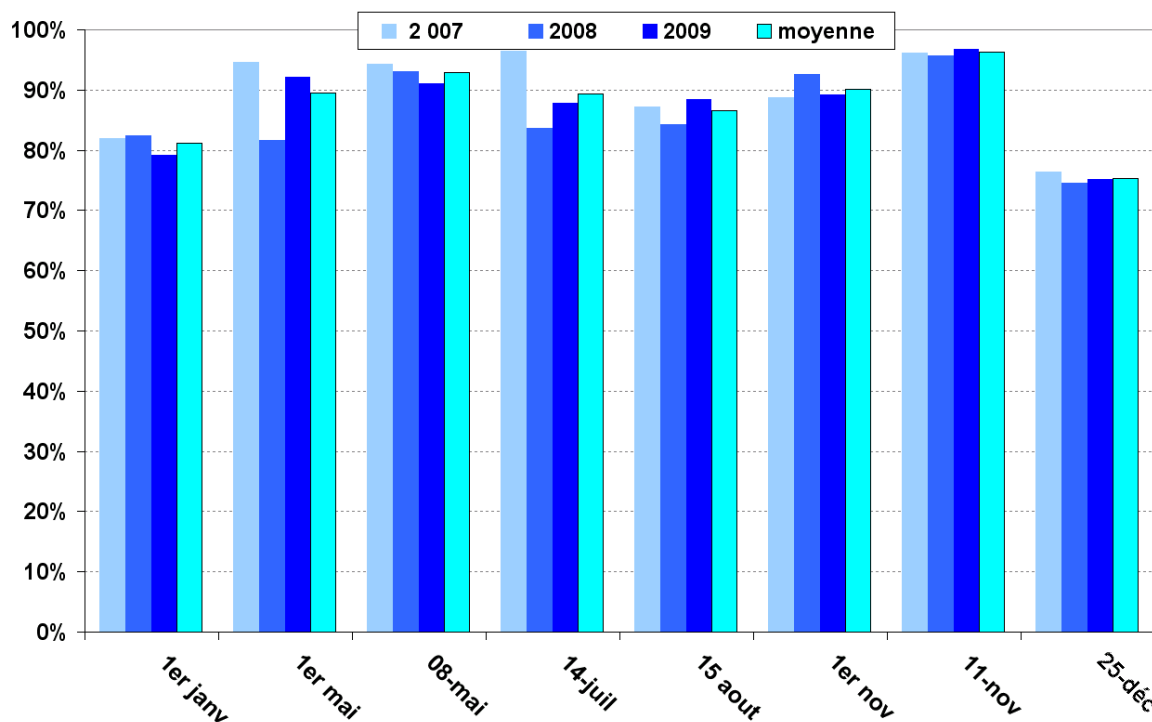


Nous pouvons conclure de ces informations qu'en moyenne, une température plus élevée entraîne un écart plus important entre la **consommation quotidienne moyenne de fin de semaine et celle des autres jours de la semaine**.

4. Effet « jours fériés »

En compléments de ces variations, **des « pics » de consommation d'eau potable quotidienne, à la hausse ou à la baisse**, peuvent être observés sur des périodes très courtes. Les pics de baisse correspondent principalement à des jours fériés.

Figure 61 : consommation moyenne d'eau potable un jour férié, par rapport aux jours du même mois, à Paris entre 2007 et 2009 (données : Eau de Paris 2010)



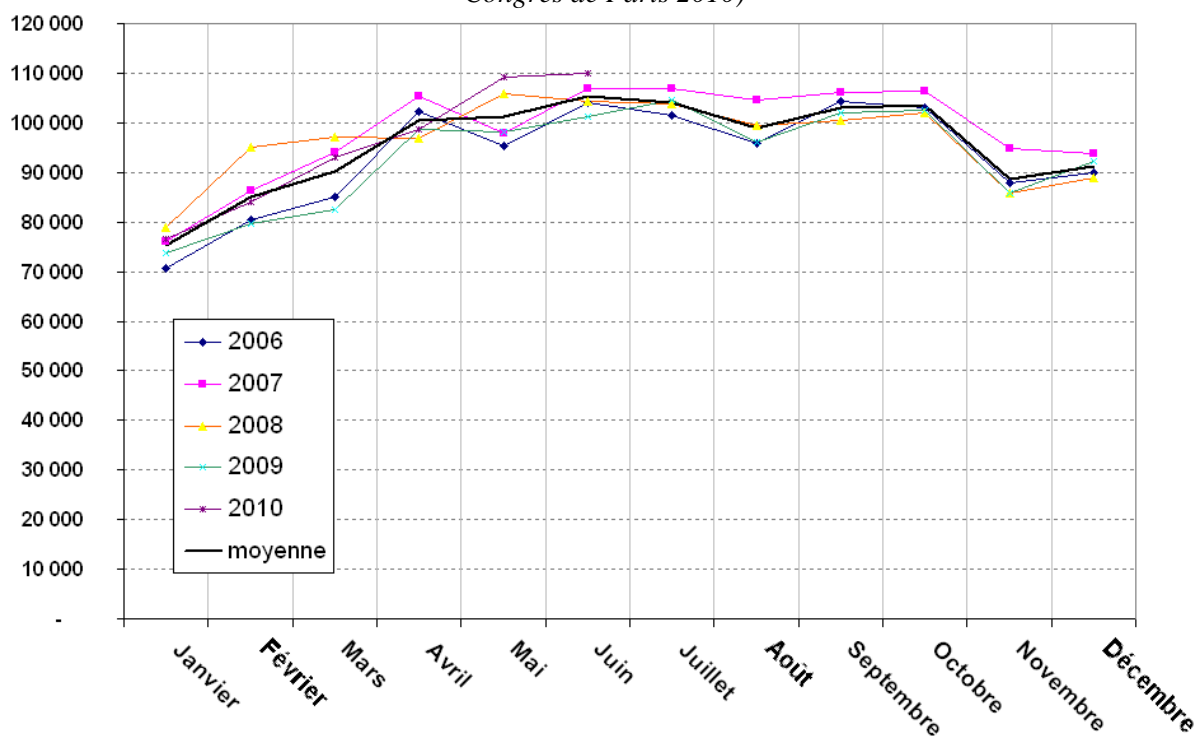
Au cours des dernières années, les fêtes de fin d'années (25 décembre et 1^{er} janvier) sont traditionnellement les jours pour lesquels la consommation d'eau potable à Paris est minimale (75% de la consommation d'un jour « normal » du même mois). A l'inverse, le 11 novembre est généralement un jour de consommation « normale » (97% de la consommation d'un jour « normal » du même mois). Les autres jours fériés ont des effets variables sur la consommation d'eau potable.

5. Un effet « estival »

Chaque année, la consommation d'eau potable en été est en baisse par rapport au reste de l'année, alors que les températures sont généralement plus élevées (cf. supra). Cet état de fait est une illustration de l'importance de considérer les variables sociales pour comprendre l'évolution de la consommation d'eau potable à Paris.

Lors des vacances scolaires d'été, les flux de mobilité venant de l'extérieur de Paris (emplois et scolaires) se réduisent fortement, tandis qu'une partie de la population parisienne (résidente) quitte la ville, et que les organisations (privées comme publiques) réduisent leur rythme d'activité ou s'arrêtent temporairement. Il est intéressant de noter que le nombre de touristes est généralement aussi en recul au mois d'août par rapport aux autres mois de l'année (hors 2007 qui est atypique), comme illustré dans le graphique ci-dessous.

Figure 62 : Nombre de touristes par mois à Paris, de 2006 à 2010 (données : Office du Tourisme et des Congrès de Paris 2010)



Nous ne sommes pas en mesure de quantifier les flux de population et les évolutions de volumes d'eau potable auxquels ils correspondent, faute d'informations détaillées disponibles suffisantes. La nouvelle base de données d'eau de Paris actuellement en cours d'affinage, permettra de pouvoir enfin recenser les consommations quotidiennes par type d'abonné et de pouvoir en tirer des conclusions.

6. Autres explications

Enfin, en plus de ces explications régulières dont l'effet peut être observé année après année, d'autres variations ponctuelles de la consommation d'eau potable quotidienne peuvent être étudiées. Ce sont principalement :

- des **valeurs erronées suite à une erreur humaine ou technique, matérielle ou logicielle** (cf. erreurs de comptage, de télérelève, de transcription, etc.)
- des **épiphénomènes sociaux ou climatiques**, liées à un événement social particulier (événement sportif, manifestation, combinaison potentielle d'un jour férié avec un week end lors d'un 'pont', etc.) ou à un phénomène météorologique de très courte durée (journée atypique de très forte chaleur au printemps, etc.)

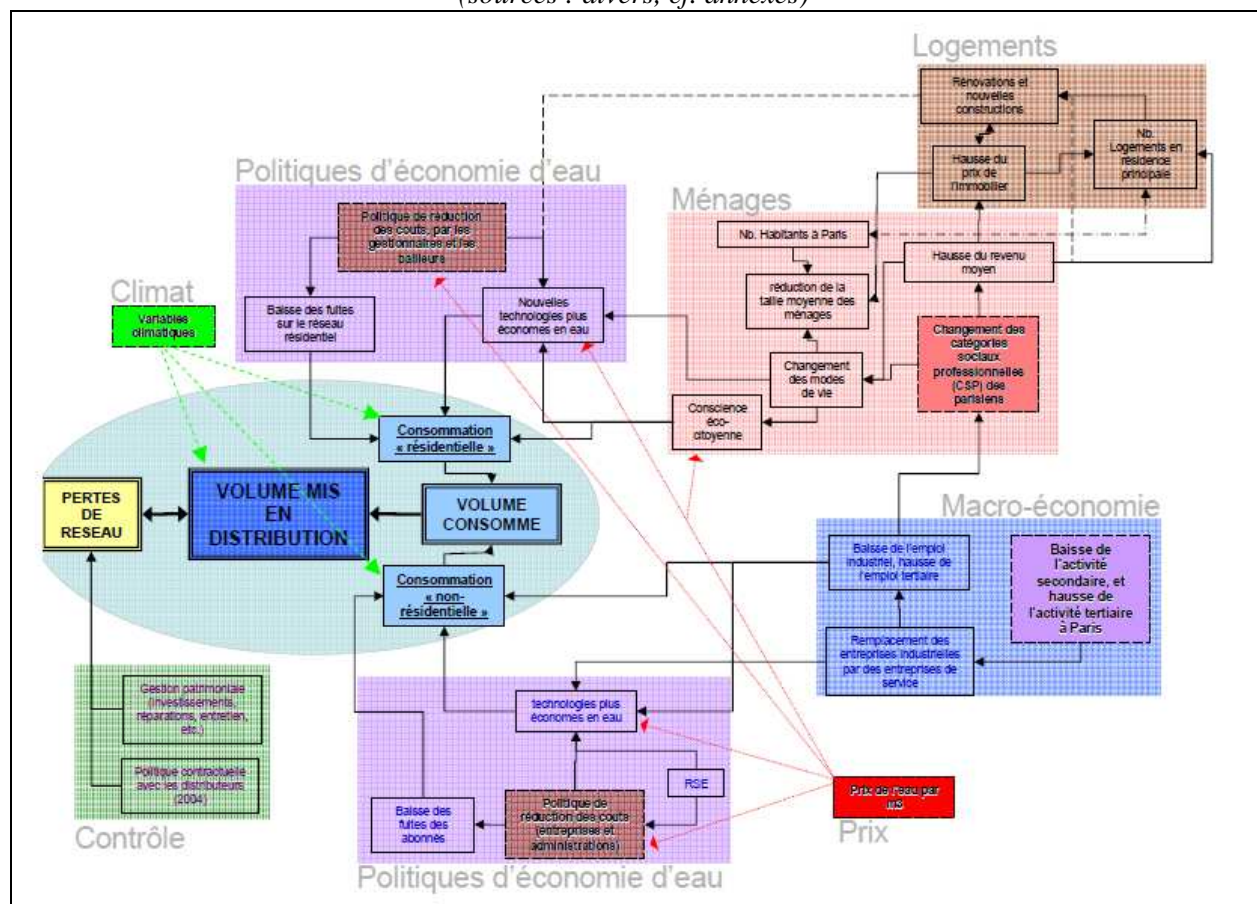
Conclusion : causes de l'évolution de la consommation à Paris

Nous pouvons conclure de ces analyses qu'il est **plus facile de connaître les variables qui n'influencent pas la consommation d'eau potable, que celles qui la déterminent.**

Différentes variables explicatives de l'évolution de la consommation d'eau potable peuvent être identifiées, selon le pas de temps (jours, mois, années) considéré :

- Les **variations pluriannuelles de la consommation d'eau potable** sont principalement dues à des causes macro-économiques (contexte économique et emploi, tertiarisation et changement des activités à Paris, « *gentrification* » de la population résidente, etc.), et techniques (appareils plus économes en eau, réduction des pertes) et macro-climatiques (variations climatiques, etc.) ;
- Les **variations intra-annuelles de la consommation d'eau potable** sont principalement dues à des causes météorologiques (indice humidex, notamment visible pour les étés 2003 et 2006) et à des temporalités sociales (vacances scolaires, fins de semaines, jours fériés) ;

Figure 63 : Synthèse des principales causes de l'évolution de la consommation d'eau potable à Paris (sources : divers, cf. annexes)



Une première amélioration de classement des abonnés, sur la base de leurs consommations annuelles d'eau potable, de leur sensibilité à la saisonnalité (météo) et aux temps sociaux (vacances et week-end) permet de les répartir en une dizaine de classes encore à affiner.

Eau de Paris mène actuellement des recherches avec différentes équipes académiques et d'experts opérationnels, afin de continuer à améliorer la qualité des données de consommation et de les coupler avec diverses variables explicatives, par différentes approches :

- Une étude des variables explicatives dans le temps grâce à une régression multiple (analyse multi-factorielle) ; il reste d'ailleurs à faire des études préalables si l'on veut intégrer l'évolution des équipements ménagers dans ces analyses.
- Une étude des variables explicatives à un moment donné (croisement entre les données socio-démographiques de Paris par îlot INSEE « IRIS », et les consommations agrégées des abonnés parisiens à cette échelle)²⁶.
- Une étude de ces variables afin de pouvoir expliquer la répartition des consommations d'eau d'une année entre les divers abonnés selon diverses variables (revenu, taille des ménages, etc.)

Les résultats prochains de ces travaux feront probablement partie d'un rapport ultérieur, qui permettront une modélisation de la consommation et des projections de son évolution future.

²⁶ Un exercice comparable avait été mené dans le rapport SAFEGE 2006, avec des résultats très prometteurs sur l'évaluation possible des consommations par ménages selon leur revenu, taille, type de logement, etc.

Annexe 1 : correction des volumes distribués en volumes consommés

Nous ne disposons que de deux types de données :

- le volume d'eau potable mis en distribution quotidiennement entre le 1^{er} janvier 1986 et le 31 décembre 2009 (nous pouvons donc calculer le total mensuel ou annuel).
- le volume d'eau potable consommé annuel de 1945 à 2009.

Afin d'estimer quel est le **volume d'eau potable consommé au quotidien**, nous nous sommes inspiré de la méthode proposée dans le rapport « *Influence de la température sur les volumes d'eau potable distribués dans le réseau parisien* » (Eau de Paris 2006). Le principe utilisé est relativement simple : extraire du volume quotidien mis en distribution les pertes moyennes observées sur l'année.

Entre 1989 et 2009, le rendement²⁷ du service d'eau potable à Paris s'est grandement amélioré : **les pertes sur le réseau** sont ainsi passées de 64 à 9 millions de m³/an, soit une baisse de 176 000 m³/jour à seulement 24 000 m³/jour en 20 ans.

	millions de m ³	millions de m ³	millions de m ³	V consommé / V distribué	% de variation annuel	% de variation annuel	% de variation annuel	millions de m ³	millions de m ³	millions de m ³
Années	Volume mis en distribution par an	Volume "consommé" par les abonnés par an	Volumes de pertes par an	Rendement	évolution des fuites	évolution du volume mis en distribution	évolution du volume consommé	Volume distribué par jour	Volume consommé par jour	volume des pertes par jour
1989	317,4	253,3	64	80%				0,870	0,694	0,176
1990	303,0	255,3	48	84%	-25,6%	-4,5%	0,8%	0,830	0,699	0,131
1991	283,6	249,8	34	88%	-29,1%	-6,4%	-2,2%	0,777	0,684	0,093
1992	271,4	243,9	28	90%	-18,6%	-4,3%	-2,4%	0,744	0,668	0,075
1993	262,0	236,5	26	90%	-7,3%	-3,5%	-3,0%	0,718	0,648	0,070
1994	262,8	231,7	31	88%	22,0%	0,3%	-2,0%	0,720	0,635	0,085
1995	252,5	227,5	25	90%	-19,6%	-3,9%	-1,8%	0,692	0,623	0,068
1996	244,3	221,3	23	91%	-8,0%	-3,2%	-2,7%	0,669	0,606	0,063
1997	237,1	215,0	22	91%	-3,9%	-2,9%	-2,8%	0,650	0,589	0,061
1998	236,1	211,7	24	90%	10,4%	-0,4%	-1,5%	0,647	0,580	0,067
1999	245,3	211,8	34	86%	37,3%	3,9%	0,0%	0,672	0,580	0,092
2000	244,1	212,2	32	87%	-4,8%	-0,5%	0,2%	0,669	0,581	0,087
2001	249,0	213,5	36	86%	11,3%	2,0%	0,6%	0,682	0,585	0,097
2002	248,2	217,0	31	87%	-12,1%	-0,3%	1,6%	0,680	0,595	0,085
2003	245,1	217,9	27	89%	-12,8%	-1,2%	0,4%	0,672	0,597	0,075
2004	225,1	206,1	19	92%	-30,1%	-8,2%	-5,4%	0,617	0,565	0,052
2005	215,9	203,9	12	94%	-36,6%	-4,1%	-1,1%	0,592	0,559	0,033
2006	216,2	201,2	15	93%	24,7%	0,1%	-1,3%	0,592	0,551	0,041
2007	203,1	195,3	8	96%	-48,1%	-6,1%	-2,9%	0,556	0,535	0,021
2008	200,0	193,0	7	96%	-9,3%	-1,5%	-1,2%	0,548	0,529	0,019
2009	198,1	189,2	9	96%	25,3%	-1,0%	-1,9%	0,543	0,518	0,024

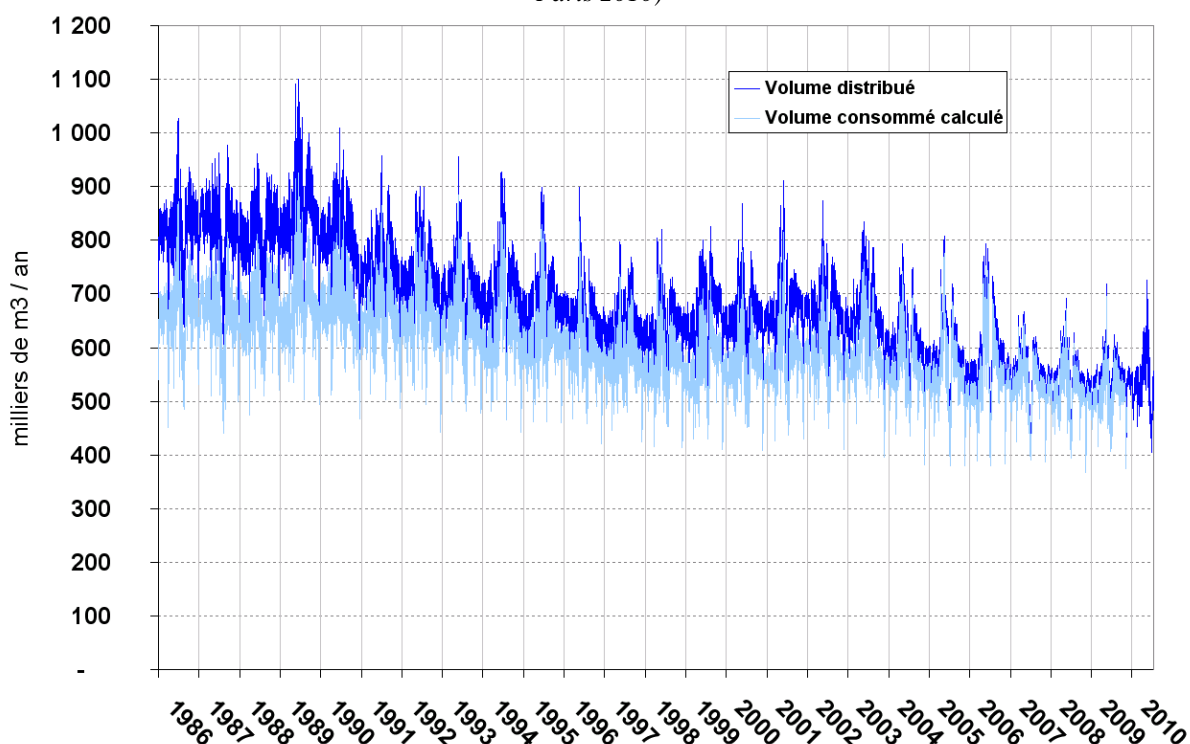
En posant comme hypothèse que les fuites sont réparties de façon équivalente sur l'ensemble des jours d'une même année, nous avons corrigé le « volume quotidien d'eau potable mis en distribution » (qui est déjà corrigé des fuites supérieures à 100 m³/h) en soustrayant le « volume quotidien de pertes moyennes » de l'année (total des pertes annuelles/365). Nous obtenons ainsi un **volume d'eau potable « consommé estimé »** pour chaque jour de l'année.

Par exemple, pour les volumes distribués entre le 1^{er} janvier et le 31 décembre 1989, nous avons retiré 176 000 m³/jour du « volume quotidien mis en distribution », afin d'obtenir un volume « corrigé » des évolutions annuelles du rendement. Idem pour les années suivantes.

²⁷ Le rendement est ici défini de manière simplifiée comme le volume consommé, rapporté au volume mis en distribution (les volumes de service étant considérés comme négligeables).

Nous pouvons observer que la série de données ainsi obtenue (en bleu ciel dans le graphique ci-dessous) correspond bien aux volumes consommés annuels, tels que présentés dans plusieurs graphiques en introduction de ce rapport.

Figure 64 : Evolution du volume d'eau potable consommé au quotidien à Paris, de 1986 à 2009 (Données : Eau de Paris 2010)



De façon plus précise, la différence entre le « volume consommé annuel » (donné par Eau de Paris) et la somme des « volumes consommés quotidiens » estimés semble acceptable, de moins de 0,3% au final, soit une **marge d'erreur que nous considérerons comme négligeable**. Une exception sera faite en 1990-1991, années pour lesquelles l'écart entre total observé et total estimé dépasse 1% (le volume annuel estimé reste juste à 98%).

Enfin, si ces données corrigées correspondent aux besoins de l'analyse, elles restent des estimations et nous regrettons de ne pas disposer des « vrais » volumes d'eau potable consommés quotidiennement à Paris.

Années	Volume mis en distribution par an	Volume consommé par les abonnés	somme des consommations quotidiennes recalculées	marge d'erreur annuelle
1986	303,0	246,7	246,6	0,0%
1987	302,1	242,9	242,8	0,0%
1988	300,8	246,2	246,4	0,1%
1989	317,4	253,3	252,8	-0,2%
1990	303,0	255,3	250,9	-1,7%
1991	283,6	249,8	244,2	-2,3%
1992	271,4	243,9	243,3	-0,3%
1993	262,0	236,5	237,5	0,4%
1994	262,8	231,7	231,3	-0,2%
1995	252,5	227,5	227,3	-0,1%
1996	244,3	221,3	220,8	-0,2%
1997	237,1	215,0	214,8	-0,1%
1998	236,1	211,7	211,6	0,0%
1999	245,3	211,8	211,4	-0,2%
2000	244,1	212,2	211,9	-0,2%
2001	249,0	213,5	213,7	0,1%
2002	248,2	217,0	216,8	-0,1%
2003	245,1	217,9	217,5	-0,2%
2004	225,1	206,1	207,3	0,6%
2005	215,9	203,9	203,4	-0,2%
2006	216,2	201,2	200,4	-0,4%
2007	203,1	195,3	194,8	-0,2%
2008	200,0	193,0	192,3	-0,3%
2009	198,1	189,2	188,8	-0,2%

Annexe 2 : Variables explicatives de l'évolution de la demande en eau potable à Paris

Figure 65 : Variables influant sur la consommation d'eau potable à Paris, selon le pas de temps (échelle de temps) considéré

R =	Impact structurel (long terme, > 3 ans)	Impact conjoncturel (moyen terme, < 3 ans)	Impact saisonnier (<1 an)	Impact hebdomadaire
Population officielle (résidente)	+?	0	++	++
Population effective	+?	+?	++	++
Logement (nombre, taille, rénovation, etc.)	0	0	N/A	N/A
Ménage (tailles, âge, CSP, etc.)	+ ?	+ ?	N/A	N/A
Emploi (nombre, secteur d'activité, etc.)	++	++	+ ?	++
Prix	+ ?	+ ?	N/A	N/A
Revenu	?	+	N/A	N/A
Climat/météo	0	0	++	++

(0= pas d'effet observé ; += effet observé ; +++= fort effet observé ; N/A = non disponible ou peu pertinent)

Figure 66 : Variables influant sur la consommation d'eau potable à Paris, selon l'échelle (échelle d'espace) considérée

R =	Arrondissements
Population officielle (résidente)	+
Population effective densité	?
Logement (nombre, taille, rénovation, etc.)	+
Ménage (tailles, âge, CSP, etc.)	+?
Emploi (nombre, secteur d'activité, etc.)	+++
Revenu	+++

(0= pas d'effet observé ; += effet observé ; +++= fort effet observé ; N/A = non disponible ou peu pertinent)

Annexe 3 : Synthèse des causes de la consommation d'eau potable

L'identification des divers facteurs qui déterminent la demande en eau potable à Paris font l'objet d'une littérature scientifique et académique très fournie. Nous reprendrons ici la synthèse déjà très complète réalisée par Marielle Montginoul (MONTGINOUL 2002), que nous compléterons par différentes études et divers articles, publiés notamment depuis 2002.

Ce tableau permet une lecture rapide (i) des **principales variables explicatives** de la consommation d'eau potable, et (ii) de leurs principales **incidences sur son évolution**.

Figure 67 : Facteurs de la demande d'eau potable urbaine (MONTGINOUL 2002, et travaux complémentaires)

Facteurs étudiés	Sens de la corrélation	Sources
ENVIRONNEMENT NATUREL		
Température (min, max, moy)	+	SAISATIT (1988) : la température estivale moyenne est corrélée à la consommation
		CREDOC (1995), Association des Responsables de Copropriété (1998), ALEXANDRE AND AZOMAHOU, (2000) : la température influence la consommation d'eau.
		GIRAUD (1997) : « au dessus du seuil de 25°C »
		PAREDES et VAUCELLE (2009) : T°C max. et seuil à 20°C
		HERBERT et al (2009) « +1°C => +1,6% de la consommation d'eau ». « au dessus du seuil de 20°C » / « évolution continue de plusieurs jours » = +
		EAU DE PARIS (2008), SOURIAU (2010) : effet de seuil et augmentation de la consommation les jours où la température dépasse 13°C, ou environ
		NYCDEP (2009): effet température au dessus de 80°F (= températures supérieures à 26,6°C)
Temps d'ensoleillement	+	MARESCA et al (2005) : corrélation entre ensoleillement annuel et consommation totale annuelle
Pluviométrie (mm., fréquence, etc.)	-	SAISATIT (1988) CREDOC (1995) GIRAUD (1997), ARC (1998)= ...
		ALEXANDRE & AZOMAHOU (2000) : forte significativité mais faible détermination de la demande en eau.
		NAUGES et al (1998) : le volume de pluie tombée durant les mois d'été influe sur la consommation totale d'eau
		NAUGES & REYNAUD (2001) idem, pour précipitation moyenne et cumulée annuelle
MARESCA et al (2005), PAREDES et VAUCELLE (2009) : précipitation cumulée/ an		
Humidité	+	SOURIAU (2010) : corrélation aussi entre consommation et humidité
Période de sécheresse	-	POQUET (2003) : après les sécheresses de 1976 et de 1990, on observe plusieurs années de baisse (5 ans environ) de la consommation d'eau urbaine

DEMOGRAPHIE		
Taille de la commune (population INSEE)	+ / 0	MORVAN & GROSMESNIL (2002), POQUET (2003) : corrélation positive entre population et consommation d'eau. STEVENIN & JEAN MARIE (2000), POQUET et al (2005), POQUET et MARESCA (2006) : l'évolution de la pop. a une importance marginale sur la consommation d'eau à Paris CAMBON-GRAU (2000) : idem, pour population résidentielle
		SOURIAU (2011) : - à Paris, corrélation négative et faible entre l'évolution de la population à Paris et celle de la consommation d'eau potable, totale (R=-0,5) comme domestique (R=-0,36). Corrélation peu significative. - à Paris, corrélation linéaire très forte (R=0,95) entre population par arrondissement et consommation par arrondissement.
Densité de population	0	ALEXANDRE AND AZOMAHOU (2000) NAUGES & REYNAUD (2001) : pas d'influence par ce facteur
	-	SOURIAU (2011) : - A Paris, corrélation linéaire forte entre densité de population d'un arrondissement et consommation domestique (R=0,91) - A Paris, corrélation linéaire significative entre densité de population d'un arrondissement et la consommation moyenne par ménage (R=-0,7)
Age moyen ou certaines tranches d'âge de la population	+/- / 0	CAMBON-GRAU (2000) : vieillesse et appartement non occupés causent une baisse de la consommation NAUGES & REYNAUD (2001) : la part des « - de 20 ans » et des « + de 60 ans » influe sur la consommation d'eau
		SOURIAU (2011) : à Paris, pas de corrélation forte entre vieillissement et consommation
Population touristique	+/0	SOURIAU (2011) : à Paris, pas de corrélation entre le nombre annuel de touristes et la consommation totale d'eau potable MAIS corrélation entre le nombre de touristes et la consommation d'eau potable au cours des différents mois de l'année
Population scolaire et étudiants	?/+	SOURIAU (2011) : à Paris, corrélation entre le nombre d'étudiants et la consommation d'eau potable au cours des différents mois de l'année
Population pendulaire	?/+	SAFEGE (2008) : + SOURIAU (2011) : à Paris, faible corrélation entre le nombre annuel de migrants pendulaires pour raisons professionnelles et la consommation d'eau potable.
LOGEMENT		
Nombre total de logements	0/+	SOURIAU (2010) : pas de corrélation entre l'évolution du nombre de logement et de la consommation d'eau potable MAIS corrélation linéaire forte entre le nombre de logements (total ou en résidence principale) et la consommation par arrondissement (R=0,95)
Logement « principal »,		SOURIAU (2010) : - données disponibles insuffisantes pour étudier une

« secondaire », ou « vide »		<p>corrélation chronologique.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Corrélation linéaire observée entre le nombre de logement par type et la consommation domestique par arrondissement.
Localisation du logement	+/-	DDE 92 et al., BOISTARD 1993 : les logements en milieu rural consomment moins que les logements en milieu urbain.
		STEVENIN & JEAN MARIE (2000), SOURIAU (2010) : consommation par logement très variable selon l'arrondissement parisien
Logements collectif (-) ou individuels (+)	+/-	GIRARDOT ET AL (1972), MERILLON (1996), POUQUET AND RAGOT (1997), FRANCHETEAU (2002), NAUGES & REYNAUD (2001), MORVAN AND GROSMESNIL (2002), POQUET (2008)
		ALEXANDRE AND AZOMAHOU (2000): « % de logement individuel » = consommations plus fortes
		NAUGES (1999) : « % de maisons individuelles » = consommations plus faibles
		SOURIAU (2010) : pas pertinent à Paris, où 95% du parc est en logement collectif (appartements en immeuble) et reste stable. De plus, en l'état actuel nous ne savons pas distinguer la consommation domestique moyenne des ménages résidents en maisons ou en appartements
L'occupant est propriétaire (+) ou locataire (-)	+/-	MARESCA et al (1997), MORVAN AND GROSMESNIL (2002)
Taux d'occupation : saisonnier (-) ou permanent (+)	+/-	FNDAE (1992), PERIGEE (1997), GRANGE ET AL. (1999)
Age du logement : ancien (+) ou récent (-)	+/-	LE COZ (1998) : « logement construit avant 1949 » = consommation plus élevée
		ALEXANDRE AND AZOMAHOU (2000): « logement construit après 1982 » = consommation plus faible
		NAUGES et al (1998) : la consommation est plus importante dans les logements construits avant 1982.
		NAUGES & REYNAUD (2001) : « % de logement datant d'avant 1949 et d'après 1982 »
		RIVP (2009) : date de construction du logement : pas de corrélation clairement établie.
Rénovation du logement (-) ou pas (+)	+/-	RIVP (2009) : date de réhabilitation du logement : pas de corrélation clairement établie.
		DAVID et al (2010) : les immeubles rénovés ont une consommation moyenne légèrement plus basse que les autres. Corrélation non significatif ou impossible à déterminer.
Taille du logement (nombre de pièces par logement)	+ / 0	AZOMAHOU (2000), RIVP (2009), BARRAQUE & NERCISSIAN (2009) : corrélation linéaire positive entre la surface habitable et la consommation domestique
		GIRARDOT ET AL (1972), POUQUET AND RAGOT (1997), LE COZ (1998), MORVAN AND GROSMESNIL (2002)
		POQUET (2008) : augmentation du nombre de pièces d'eau (WC, sdb...) correspond à une augmentation de la consommation

		RIVP (2009) : corrélation peu significative
		SOURIAU (2010) : -à Paris, la hausse du nombre total de pièces n'est pas corrélée avec l'évolution de la consommation domestique - les arrondissements ayant la proportion élevée de logements plus grands ont des consommations domestiques moyennes plus élevée et inversement pour les arrondissements ayant des arrondissements plus petits.
Accès à des ressources en eau : monopole du service public d'eau potable (+) ou accès alternatifs (-)	+/-	LE COZ (1998), GRANGE ET AL. (1999), BOUFFARD MONTGINOUL & RINAUDO (2003) : sources alternatives d'eau (puits privé, etc.) = -10% de consommation d'eau du réseau public des ménages
Usage extérieur d'eau (jardin, etc.)	+	BOUFFARD, NAUGES & REYNAUD (2001), RIVP (2009)
Type d'arrosage extérieur	+	PERIGEE (1997), : les asperseurs consomment plus d'eau que le goutte à goutte ou l'arrosage automatique
Présence d'un jardin	+	PERIGEE (1997), LE COZ (1998)
Présence d'une piscine	+	GIRARDOT ET AL (1972), LE COZ (1998)
Type de chauffage	+ / -	RIVP (2009) : la présence d'un chauffage individuel entraîne une plus grande consommation totale par ménage.
MENAGE		
Taille du ménage (nombre de personnes par ménage)	+/-	CREDOC (1995), MARESCA (1997), POUQUET AND RAGOT (1997), LE COZ (1998), GRANGE et al (1999), AZOMAHOU (2000), NAUGES & REYNAUD (2001), POQUET (2003), POQUET et al (2005), POQUET (2008)
		SAGECO (2008), BARRAQUE & NERCISSIAN (2009), RIVP (2009), SOURIAU (2010) : corrélation négative entre taille du ménage et consommation moyenne par personne
		RIVP (2009) : le nombre d'occupants explique en moyenne 18% de la variabilité de la consommation en eau du logement
		SOURIAU (2010) : à Paris, diminution historique de la taille moyenne des ménages parisiens, mais moyennement corrélée à l'évolution de la consommation domestique. Corrélation entre la taille moyenne du ménage et la consommation domestique totale par arrondissement (R=0.45) mais pas de corrélation entre la taille moyenne du ménage et la consommation domestique moyenne (R<0.05). En revanche, consommation marginale décroissante par personne en plus dans un ménage (corrélation logarithmique)
Age moyen du ménage	+/-	ARC (1998), LE COZ (1998), ALEXANDRE & AZOMAHOU (2000) NAUGES & REYNAUD (2001) FRANCHETEAU (2002)
		NAUGES (1998) : « part dans le ménage des plus de 60 ans » correspond à des consommations moins élevées
		MARESCA et al (1997), POQUET et al (2005), POQUET (2003, 2008), CAMBON GRAU (2000) : le vieillissement de la population entraîne baisse de consommation

		<p>PERIGEE (1993) : les enfants consommeraient en moyenne 69 litres par jour par personne, contre 105 litres par personne par jour pour les personnes âgées.</p> <p>GRAFTON & al (2009) : la consommation domestique dépend de la proportion d'enfants (consommation plus faible) et d'adultes (consommations plus élevées).</p> <p>SOURIAU (2010) : à Paris, le vieillissement de la population n'est pas prouvé (cf. RGP 1999, 2007), avec des situations très diverses selon les arrondissements.</p> <p>De plus, pas de corrélation significative entre le % de +60 ans (ou le % de - 20 ans) et la consommation domestique moyenne par ménage par arrondissement.</p>
Catégorie socio professionnelle (CSP) des ménages	+	<p>MARESCA et al (1997), LE COZ (1998), MORVAN & GROSMEINIL (2002), PERIAÑEZ (1996, 2006) : les ménages de CSP supérieurs consomment plus que les ménages de CSP plus faible, pour plusieurs raisons (revenus, culture, rapport à l'eau, etc.).</p>
		<p>SOURIAU (2010) : les arrondissements où la CSP des ménages est plus élevée ont une consommation domestique moyenne plus élevée.</p>
Culture d'utilisation de l'eau (profils de consommateurs)	-/+	CAMBON-GRAU (1996), PERIAÑEZ (2006), EUZEN (2002)
Perception du service public d'eau potable	-	<p>HATCHUEL et al (2001) « crainte de risque sanitaire »</p> <p>PERIAÑEZ (2006) : représentation symbolique de l'infrastructure et du service</p>
TECHNIQUE		
Nombre d'abonnés raccordés au réseau public	+/-	<p>NAUGES & REYNAUD (2001), CRDI (1995): hausse du nombre d'abonné ou de raccords = hausse de la consommation totale</p> <p>HERBET C. et al (2009), SOURIAU (2010) : à Paris et Bordeaux, le nombre d'abonné augmente légèrement ou rapidement, mais la consommation totale diminue...</p>
Installation de compteurs d'eau	- / 0	<p>GUELLEC (1995), PERIGEE (1997), AGENCE DE L'EAU LOIRE-BRETAGNE ET CONSEIL REGIONAL DE BRETAGNE (1999), CAMBON-GRAU (2000), ASSOCIATION DES RESPONSABLES DE COPROPRITE (2001), POQUET ET MARESCA (2006), POQUET (2008)</p>
		<p>MOUILLARD (1995) : la présence de compteurs individuels ne génère pas d'économies d'eau = 0</p>
		<p>BITHAS (2008) : si pas de compteur, le critère de sélection des individus est alors la préférence jusqu'à ce que le bénéfice marginal tende vers zéro, ce qui mène les ménages à une surconsommation d'eau</p>
		<p>HERRINGTON (2007) : l'installation de compteurs au Royaume Uni a permis une baisse de la consommation d'eau de 10-15%</p>

		<p>PERIGEE (1993) : « le comptage en lui même ne représente aucune économie d'eau » s'il n'est pas accompagné d'une incitation tarifaire.</p> <p>Accompagné d'une réforme tarifaire, permet une économie autour de 20% de la consommation du ménage, mais très variable (-7 à -44% de baisse des consommations observées en 3 ans).</p> <p>CAMBON GRAU (2000) : le seul effet d'annoncer la pose d'un compteur entraîne une baisse de la consommation des ménages, qui revient à un niveau équivalent au bout de 4 ans</p>
		<p>DETOC (2000) : baisse de 17% des consommations</p>
		<p>MADDAUS (1984, USA) : installation de compteurs = -20% de consommation moyenne d'eau</p>
		<p>PERIGEE (1993), BARRAQUE & NERCISSIAN (2009), DAVID et al (2010) : baisse, puis retour à la normale après 3 ou 4 ans</p>
<p>Equipements domestiques plus présents (+) mais technologies de plus en plus économes en eau (-)</p>	<p>- / + / ?</p>	<p>GIRARDOT ET AL (1972), CIEAU (1995), MARESCA et al (1997), POUQUET & RAGOT (1997) ASSOCIATION DES RESPONSABLES DE COPROPRIETE (1998), LE COZ (1998), NAUGES (1999), ALEXANDRE & AZOMAHOU (2000), MORVAN & GROSMESNIL (2002), BARRAQUE & NERCISSIAN (2009) : le taux d'équipement des ménages augmente leur consommation en eau</p>
		<p>CAMBON (1996) : la consommation domestique baisse principalement en raison de nouvelles technologies qui permettent des économies, et dans une moindre mesure le changement des comportements des ménages</p>
		<p>GUELLEC (1995), AELB & CG BRETAGNE (1999), POQUET (2003), POQUET ET AL (2005), POQUET (2008) : les nouveaux équipements domestiques et non domestiques sont plus économes et réduisent la consommation</p>
		<p>CAMBON GRAU (2000), POQUET et MARESCA (2006), BARRAQUE & NERCISSIAN (2009) : suppression des climatiseurs à eau perdue, qui étaient très gourmandes en eau</p>
		<p>MARESCA et al (1997), BARRAQUE & NERCISSIAN (2009) : les équipements domestiques sont de plus en plus économes en eau</p>
		<p>PERIAÑEZ (1996), DUJIN et al (2007) : les équipements économes en eau n'entraînent pas toujours une baisse des consommations moyennes des ménages</p>
<p>Kit économiseurs d'eau installés dans les foyers des ménages</p>	<p>-</p>	<p>CAMBON-GRAU (2000), SAGECO (2008) : « baisse moyenne de 20% » ou « -2% » (selon les études)</p> <p>DETOC (2000) : pose de régulateurs de pression = -19%, pose WC = -9%, etc.</p>
<p>Contrat collectifs d'entretien de robinetterie</p>	<p>-</p>	<p>ASSOCIATION DES RESPONSABLES DE COPROPRIETE (1998) AGENCE DE L'EAU LOIRE-BRETAGNE ET CONSEIL REGIONAL DE BRETAGNE, (1999), JASKULKE ET AL. (2000)</p> <p>PERIGEE (1993, p. 47) « -14% de volume consommé en 3 ans »</p> <p>STEVENIN J & JEAN MARIE A (2000) : = -12% de consommations en 6 ans</p> <p>CAMBON-GRAU (2000) : « baisse de 10% en 7 ans »</p>

Contrat de prime aux économies d'eau	- / ?	PERIGEE 1993 : l'impact sur les fuites du réseau privé (après le compteur de l'abonné) reste inconnu
Pression sur le réseau	+	Une plus forte pression cause de plus importantes consommations. Des réducteurs de pression dans les colonnes montantes permettraient de réduire les consommations.
MACRO ECONOMIE		
Activité économique	+	CAMBON (1996), MARESCA et al (1997), CAMBON-GRAU (2000), MARESCA et al (2005) : la crise économique explique en partie la baisse de consommation d'eau à Paris
Tertiarisation de l'économie	-	MARESCA & al (2005) « chaque emploi industriel remplacé par un emploi tertiaire équivaut à une baisse de 30-35 m3/an » / la hausse de l'emploi tertiaire explique la hausse de la consommation en 1998-2002 POQUET (2008), POQUET & MARESCA (2006) : délocalisation de l'industrie lourde hors de Paris entraînant une baisse de la consommation CAMBON-GRAU (2000) : variations de l'activité économique et privatisation d'immeubles transformés en bureau = baisse de la consommation
Taux d'activité du ménage	-	ALEXANDRE & AZOMAHOU (2000) : une baisse d'activité des ménages correspond à des consommations domestiques moyennes plus faibles. Effet sur la consommation à Paris « à peu près aussi important que le prix » SOURIAU (2010) : pas de corrélation significative, sauf pour le 16eme arrondissement où la proportion des non actifs est plus élevée qu'ailleurs, et où la consommation domestique moyenne est très élevée (femmes au foyer ? retraités ?)
Nombre d'emplois	+	STEVENIN & JEAN MARIE (2000) baisse de l'emploi local = explique 30% de la baisse 1990-95 rive droite POQUET (2003) : la baisse du nombre d'emploi total explique la baisse de la consommation totale SOURIAU (2010) : l'évolution du nombre total d'emplois sur Paris est faiblement corrélé à la consommation totale (R=0,4) ou non domestique (R=0,3). Par contre, l'évolution de ce nombre pour les secteurs industriel et de construction est fortement corrélée à la consommation d'eau potable (R>0,8). La baisse de la consommation correspond à la fois la baisse de l'emploi industriel et la hausse ponctuelle de l'emploi tertiaire, qui détermine en partie l'évolution de la consommation.
Nombre d'entreprises	+	Corrélation faible entre avec l'évolution du nombre total d'entreprises à Paris (R=0,64), et avec l'implantation de ces entreprises dans les différents arrondissements : notamment visible dans le 8 eme arrondissement où sont enregistrées le plus grand nombre d'entreprises de toutes tailles. Corrélation avec le nombre d'entreprises du secteur secondaire uniquement (
Pop. Pendulaire	+	De l'extérieur vers la ville De la ville vers l'extérieur
Rôle des « gros consommateurs »	+	CAMBON GRAU (2000), BARRAQUE & NERCISSIAN (2009) : la baisse du nombre de gros abonnés explique la baisse de consommation. »

		MARESCA & al (2005) : remplacement des technologies peu économes en eau, réduction des fuites, réduction de la consommation pour réduire les charges.
GOUVERNANCE ET POLITIQUE PUBLIQUE		
Mode de gestion du service	+/-	BOISTARD (1993) : régie ou DSP
Politique volontariste de lutte contre les fuites contre les fuites	-	POQUET et MARESCA (2006), POQUET (2008)
		POQUET (2003) : par le secteur public et immeubles collectifs
		JASKULKE et al (2000): politique des grands comptes
		CAMBON-GRAU (2000) : recherche de rentabilité des grands comptes
actions de sensibilisation	-	CAMBON-GRAU (1996), AGENCE DE L'EAU LOIRE-BRETAGNE (1999), AGENCE DE L'EAU LOIRE-BRETAGNE ET CONSEIL REGIONAL DE BRETAGNE, (1999), VILLE DE LORIENT (2000),
		MONTGINOUL (2002) : sensibilisation aux contraintes techniques du réseau
		POQUET (2008) : aux économies d'eau, à la qualité de l'eau
		POQUET & MARESCA (2006), POQUET (2008) : sensibilisation éco-citoyenne à la ressource et à l'équité
		SAGECO (2008) : « baisse de -8,7% »
Combinaison sensibilisation + kit économiseur	-	SAGECO (2008) / BARRAQUE & NERCISSIAN (2009) page 84 : le kit seul n'a presque pas d'effet sur la consommation, effet maximisé si sensibilisation
Technologies d'économie d'eau + politiques publiques	-	NYCDEP (2009): baisses de -25 à -66% de la consommation observée en moyenne pour les ménages concernés par ces programmes de subvention et crédit d'impôt (New York)
PRIX et REVENU		
Revenu du ménage	+	DUFOUR (1995), POUQUET AND RAGOT (1997), ARC (1998), MORVAN AND GROSMESNIL (2002)
		DALHUISEN et al (2002) : hausse (non constante) de la consommation d'eau potable en fonction du revenu.
		ALEXANDRE & AZOMAHOU (2000), NAUGES & REYNAUD (2001): revenue imposable moyen par foyer, / POQUET et al (2005) par habitant
		NAUGES et al (1998), NAUGES & REYNAUD (2001) « revenu moyen net d'impôt »
		GRAFTON et al (2009) : revenu élevé correspond à faible élasticité prix de la demande.
Prix de l'eau	0 / -	BRECHET (1982), PERIGEE (1997), LE COZ (1998), OIEAU, MONTGINOUL & RINAUDO (2003).
		CAMBON (1996) : élasticité variable selon les usagers, mais rôle peu important dans la baisse observée depuis 1990 = 0
		HAEFFNER (2008) : l'eau étant un service vital, une partie de la consommation est indépendante du prix, donc inélasticité relative= 0

		<p>NAUGES ET AL (1998), ALEXANDRE AND AZOMAHOU (2000), POQUET ET AL (2005), GRAFTON & al (2009) : « prix moyen du mètre cube » = -</p> <p>BOISTARD (1993), NAUGES & REYNAUD (2001) : prix pour 100m³</p> <p>NIESWIADONY ET MOLINA (1991) « lorsque les consommateurs sont confrontés à des tarifs marginaux constants ou décroissants, ils réagissent au prix moyen. Par contre, face à des blocs de tarifs croissants, le prix marginal se révèle significatif ».</p> <p>GEOFFRAY (1997) : élasticité prix de -0,15 à -0,3. « Cette baisse n'est en général supposée avoir lieu en pratique que plusieurs mois après la modification des tarifs; le temps que l'abonné reçoive sa facture et se rende compte de sa variation à la hausse. »</p>	
Evolution du prix de l'eau	-	<p>BRECHET (1982), GUELLEC 1993, MARESCA (1997), POUQUET AND RAGOT (1997) FRANCHETEAU (2002), POQUET ET MARESCA (2006), POQUET (2008)</p> <p>BOISTARD (1993) « forte hausse, sur le long terme » = -</p> <p>BEAUMAIS et al 1997 : Elasticité prix de la demande très faible de -0.08 à -0.15</p> <p>CAMPBELL et al (1999, USA) : élasticité prix de -0.27</p> <p>DALHUISEN et al (2002) : la demande résidentielle en eau potable est « relativement élastique au prix » et « relativement inélastique au revenu ».*</p> <p>La baisse prolongée des ressources en eau n'a pas d'influence sur l'élasticité de la demande en eau.</p> <p>POQUET (2003) : prix de l'eau: pas d'impact significatif en dessous de 60 m³/an/ménage</p> <p>MONTGINOUL & RINAUDO 2003 : élasticité prix de -0.23 à -0,7 Elasticité domestique à court terme (-0,1 à -0,2) et à long terme (-0,25 à -0,35).</p> <p>NAUGES & REYNAUD (2001) : élasticité-prix de la demande significative, estimée à -0,08 et -0,22</p> <p>DOMENE & SAURI (2006) : élasticité prix questionnable</p>	
		<p>BOISTARD (1993) : prix peu connu, mais estimation tombe juste</p>	
		<p>BOISTARD (1993), POQUET (2003)</p>	
		<p>DALHUISEN et al (2002) : en cas de tarif par « tranche décroissante », augmentation de la consommation d'eau potable par « saut » (soit de manière non continue). Si tarif par « tranches croissantes » alors virtuellement aucune élasticité, ni au prix ni au revenu.</p>	
Connaissance du prix	- ?	BOISTARD (1993) : prix peu connu, mais estimation tombe juste	
Structure des tarifs	+/-	BOISTARD (1993), POQUET (2003)	
	+	DALHUISEN et al (2002) : en cas de tarif par « tranche décroissante », augmentation de la consommation d'eau potable par « saut » (soit de manière non continue). Si tarif par « tranches croissantes » alors virtuellement aucune élasticité, ni au prix ni au revenu.	

Table des matières détaillée

Résumé	2
Liste des abréviations	3
Sommaire	4
Présentation de l'étude	5
A. Origine de l'étude	5
B. Motivations de l'étude.....	5
C. Objectifs de l'étude.....	5
D. Méthodologie proposée	5
1. Méthodologie	5
2. Données utilisées.....	6
a) Présentation des données.....	6
b) Difficultés rencontrées : avantages et frustrations du système actuel.....	6
E. Plan proposé.....	7
I. Evolution structurelle depuis 1990.....	8
A. Une tendance lourde à la baisse	8
B. Validation empirique des variables explicatives invoquées.....	11
1. Population officiellement recensée par l'INSEE	11
a) Etude chronologique (pluriannuelle).....	11
b) Etude en coupe spatiale (par arrondissement).....	13
2. Population « effective » à Paris.....	16
a) Migrations pendulaires quotidiennes « professionnelles »	16
b) Migrations pendulaires quotidiennes « scolaires »	16
c) Population touristique	17
3. Logements à Paris	18
a) Approche quantitative (nombre de logements)	18
b) Approche qualitative (types de logements).....	20
4. Les ménages	23
a) Nombre de ménages	23
Analyse chronologique.....	23
Analyse en coupe transversale	23
b) Taille des ménages (nombre de personnes par ménage).....	23
Analyse chronologique.....	23
Analyse en coupe transversale	24

c)	Age du ménage.....	25
d)	Catégorie socioprofessionnelle	26
e)	Conscience éco-citoyenne et sensibilité écologique	27
5.	Prix et revenu : élasticité et rationalité économique	27
a)	Elasticité-prix de la demande	27
b)	Elasticité-revenu de la demande.....	30
C.	Vérification empirique par des variables macro	31
1.	Variables macro-économiques	31
a)	L'emploi parisien	32
	Emploi total sur le bassin d'emploi de Paris intra-muros	32
	Emploi total, emploi local ou emploi pendulaire ?	33
	Emploi par secteur d'activité.....	34
b)	Entreprises	35
	Nombre total d'entreprises	35
c)	Activité économique et chômage	36
2.	Gros consommateurs	38
3.	Variables climatiques	38
a)	Tendances annuelles de 1990 à 2009	39
II.	<u>Evolutions intra-annuelles.....</u>	42
A.	Une évolution cyclique	42
1.	Une évolution cyclique sur les 12 mois de l'année	42
2.	Une évolution cyclique sur 365 jours.....	44
B.	Les cycles climatiques, principale cause d'évolution de la consommation quotidienne.....	49
1.	Variables explicatives climatiques	49
a)	Sources d'informations et méthodes utilisées	49
b)	Choix des variables climatiques étudiées.....	49
c)	La température quotidienne.....	50
d)	L'indice humidex	53
e)	Une variable impactant tous les abonnés ?.....	55
2.	L'année 2003, un cas atypique	57
a)	Evolution de la consommation d'eau potable en 2003	57
b)	Consommation en 2003 : une hausse surtout due aux ménages	58
c)	Le climat, principal déterminant des variations annuelles	59
3.	Synthèse : quelle influence de la météorologie sur la consommation ?.....	61

a) Principales conclusions	61
C. Des cycles sociaux	62
1. Evolutions de la consommation d'eau potable des jours « non normaux »	62
2. Un effet « vacances scolaires »	63
3. Effet « week-end »	64
4. Effet « jours fériés »	65
5. Un effet « estival »	66
6. Autres explications	67
<u>Conclusion : causes de l'évolution de la consommation à Paris</u>	<u>68</u>
<u>Conclusion : causes de l'évolution de la consommation à Paris</u>	<u>68</u>
<u>Annexe 1 : correction des volumes distribués en volumes consommés</u>	<u>70</u>
<u>Annexe 2 : Variables explicatives de l'évolution de la demande en eau potable à Paris</u>	<u>72</u>
<u>Annexe 3 : Synthèse des causes de la consommation d'eau potable</u>	<u>73</u>
<u>Table des matières détaillée</u>	<u>82</u>
<u>Bibliographie</u>	<u>85</u>

Bibliographie

- Académie de Paris (2010) « L'Académie de Paris en chiffres : 2010-2011 », brochure de présentation.
- ALEXANDRE, O. & T. AZOMAHOU (2000) « Modéliser la demande en eau potable : une étude de cas sur 115 communes de la Moselle », TSM n°2, février 2000, pp. 50-55.
- APUR (2009) « Recensement : premier résultats », présentation Powerpoint de novembre 2009.
- BARBIER J M (2000) « Evolution des consommations d'eau », avant propos de TSM n°2, février 2000, pp.14-15
- BARRAQUE B & NERCISSIAN A (2008) « Mieux comprendre comment évolue la consommation d'eau à Paris », Rapport Final février 2009, ENGREF
- BEYELER et al (1990) « Usages de l'eau et nouvelles formes de distribution », LATTS, novembre 1990
- BIPE/FP2E (2006) « Les services collectifs d'eau et d'assainissement en France », 2ème édition, octobre 2006
- BIPE/FP2E (2008) « Les services collectifs d'eau et d'assainissement en France », 3ème édition, janvier 2008
- BIPE/FP2E (2010) « Les services collectifs d'eau et d'assainissement en France », 4ème édition, mars 2010
- BITHAS K. (2008), « The sustainable residential water use : sustainability, efficiency and social equity. The European experience », in Ecological Economics n°68, pp. 221-229
- BOISTARD P (1986) « Le prix de l'eau. Analyse de relation entre prix de l'eau, tarification et charges du service d'alimentation en eau potable, Mémoire de DEA, ENPC-Paris 12-ENGREF, 1986, 39 pages
- CAMBON S. (1996) « Avenir des consommations domestiques d'eau », rapport à la Lyonnaise des eaux, version définitive, mars 1996
- CAMBON GRAU S (2000a) « Consommations d'eau dans l'habitat : quels impacts des politiques d'économies d'eau ? Perspective pour la France pendant la décennie 1990-2000 »
- CAMBON-GRAU, S. (2000b) « Baisse des consommations d'eau à Paris : enquête auprès de 51 gros consommateurs ». TSM (Techniques, Sciences et Méthodes) 2: 37-46.
- CCIP (2010) « Territem : chiffres clefs sectoriels - industrie », Chambre de commerce et d'industrie de Paris.
- CHAO Y, GANDIN Y, MOLINIE L (2008) « Comprendre pourquoi la consommation d'eau baisse à Paris », rapport d'étude TGE rédigé sous la tutelle de BARRAQUE B, février 2008, 88p.
- CRCI Paris – Ile de France (2009) « Les déplacements pendulaires en Ile de France en 2006 », revue « A propos » n°5, septembre 2009.
- CRDI (1995) « Villes assoiffées : l'approvisionnement en eau dans les villes d'Amérique latine », chapitre 10 « développement durable des systèmes d'eau » (www.idrc.ca/fr/ev-29758-201-1-DO_TOPIC.html)
- DALHUISEN J M et al (2002) « Price and Income Elasticities of Residential Water Demand: A Meta-Analysis », Land Econ 79 no2 My 2002
- DAVID J, S. EL-HADRI, J. MASSETTI (2010) « Mieux comprendre comment évolue la consommation d'eau à Paris, des conséquences de l'individualisation de la distribution d'eau et des rénovations dans l'habitat collectif urbain », rapport TGE GREF-1, promotion 2009-2011.
- DDE 92 (1993) « La maîtrise de l'eau », plaquette de communication externe de Direction Départementale d'Équipement des Hauts de Seine, fournie en annexes de PERIGEE (1993) « Etude sur la consommation d'eau dans les logements », rapport au Ministère de l'Environnement, Direction de l'eau, 15 avril 1993, Paris

- DUJIN, POQUET, MARESCA (2007) « La maîtrise des consommations dans les domaines de l'eau et de l'énergie », Cahier de recherche N° 237, département « Evaluation des politiques publiques » dirigé par Bruno MARESCA, novembre 2007
- EUZEN A. (2002) « Utiliser l'eau du robinet, une question de confiance. Approche anthropologique des pratiques quotidiennes concernant les usages de l'eau du robinet dans l'espace domestique à Paris », Thèse de doctorat, ENPC-LATTS, novembre 2002, 419p.
- GAILLE P (2000) « Consommation d'eau dans les ménages suisses », TSM n°2, février 2000, pp.30-32
- GEOECONOMICS ASSOCIATES INCORPORATED (2002) «Principes et concepts économiques liés aux services d'approvisionnement en eau des villes », Rapport final, juillet 2002.
- GEOFFRAY D (1997) « Prévision des demandes en eau en zone urbaine », CIHEAM-IAMB, Italie
- GOUBERT J P(2008) « L'invention du consommateur d'eau domestique aux époques modernes et contemporaines », in « 120m3 : le consommateur d'eau en question », 2ème journée d'échanges et de réflexion organisée le jeudi 9 octobre 2008 à Strasbourg par le CEMAGREF, l'ENGEES et Nantes Métropoles (Résumé des interventions)
- GRAFTON & al (2009) « Residential Water Consumption: A Cross-Country Analysis », CWEENP, august 2009, <http://cweep.anu.edu.au>
- GRANDJEAN & JANIN B. (2000) « L'influence des gros consommateurs sur l'évolution de la consommation d'eau à Paris », TSM n°2, février 2000, pp. 19-22
- HATCHUEL G & ORTALDA L (2001) « La consommation d'eau du robinet », chapitre 4 du rapport « Quelques opinions et attitudes en matière d'environnement et de consommation d'eau du robinet », CREDOC, juin 2001
- HAEFFNER H (2008) « Aspects socio-économiques de la demande en eau potable », in Congrès « Gestion sociale et économique de l'eau : Comment agir sur la demande ». Colloque, Paris , FRANCE (17/10/2007), La Houille Blanche no 6, pp. 56-62
- HERBET C., PICHON A., JEUDI de GRISSAC B., VAUCELLE S., PAREDES E. (2009) « Enseignements de la canicule 2003 et des années 2007 et 2008 pour la prise en compte des changements climatiques dans l'estimation des besoins futurs en eau potable » in Colloque 193 SHF : «Etiages, Sécheresses, Canicules rares et leurs impacts sur les usages de l'eau», Lyon, 7-8 octobre 2009
- IFEN (1999) « Les prélèvements et la distribution d'eau de 1995 à 1997 », Document de travail, Aout 1999
- IFEN (2005) « Les prélèvements d'eau en France et en Europe », Les données de l'environnement, n°104, juillet 2005
- IFEN (2007) « Les services publics de l'eau en 2004 : volet eau potable », les dossiers de l'IFEN n°7, octobre 2007
- IWA (2008) « International Statistics for Water Services: Information every water manager should know about », Vienna, 2008
- KOUKI S, LALIRE E et PERRIN C (2009) « La baisse de la consommation d'eau à Paris : étude du cas d'immeubles résidentiels », rapport d'étude TGE rédigé sous la tutelle de BARRAQUE B, février 2009, 68 p.
- LORRILLARD L (1997) « La maîtrise des consommations d'eau dans les logements HLM » , Organismes HLM de la Communauté urbaine de Lille, avril 1996
- MARESCA Bruno, POQUET Guy et RAGOT K. (1997) « L'eau et les usages domestiques. Comportement de consommation de l'eau dans les ménages », in Cahiers de la Recherche n°104, septembre 1997
- MARESCA Bruno et al (2005) « Etude de l'évolution des consommations d'eau potable à Paris », rapport à la Ville de Paris, décembre 2005

- MARESCA Bruno et POQUET Guy (2006) « La consommation d'eau baisse dans les grandes villes européennes », *Consommation et Modes de Vie* n°192, avril 2006
- MONTGINOUL M (2002) « La consommation d'eau des ménages en France : état des lieux », UMR GSP, 10 juin 2002
- MONTIGNOUL M et RINAUDO JD (2003), « Impact de la tarification sur les stratégies de consommation et d'approvisionnement en eau des ménages », *Houille Blanche* N°3, pages 107-111
- MONTGINOUL et al (2005) "Simulating the impact of water pricing on households behaviour: the temptation of using untreated water", *Water Policy* n°7, pp. 523-541
- MOUILLART M (1995) « Consommation d'eau et compteurs individuels, un éclairage statistique », CNAB Paris IDF, octobre 1995
- OCDE (1999) « Le prix de l'eau, les tendances dans les pays de l'OCDE » éditions de l'OCDE
- NAUGES, REYNAUD & THOMAS (1998) « Consommation domestique d'eau potable et tarification », in *Recherches en Sciences Economies et Sociologies Rurales*, INRA Sciences Sociales n°5, 11ème année, décembre 1998
- NAUGES C & REYNAUD A (2001) « Estimation de la demande domestique d'eau potable en France », *Revue Economique* vol 52 (1), janvier 2001, pp. 167-185.
- NYCDEP (2009) "Water Demand for New York City Department", Senior staff presentation, New York City Department of Environment Protection, June 2009
- Paris Habitat - OPH (2009) « Présentation de la gestion de l'eau à Paris Habitat OPH », Rapport interne de la direction des politiques patrimoniales.
- PERIAÑEZ M. (2006) « Durabilité du service d'eau potable : quelle est la demande à gérer? L'évolution des attitudes des consommateurs individuels d'eau potable à Paris : les secteurs Vercingétorix et Place des Fêtes revisités après dix ans », Rapport de synthèse, ARIISE, Juin 2006.
- PERIAÑEZ M (1996) « Attitudes et comportement des consommateurs d'eau », Lyonnaise des Eaux
- PERIGEE (1993) « Etude sur la consommation d'eau dans les logements », rapport au Ministère de l'Environnement, Direction de l'eau, 15 avril 1993, Paris
- POQUET Guy (2003) « La baisse de la consommation d'eau dans les grandes villes : moins d'usines et des économies de gestion : l'exemple de l'Ile de France », *Consommation et Modes de Vie* n°170, novembre 2003
- POQUET Guy (2008) « Quelle dynamique des consommations domestiques ? », in « 120m3 : le consommateur d'eau en question », 2ème journée d'échanges et de réflexion organisée le jeudi 9 octobre 2008 à Strasbourg par le CEMAGREF, l'ENGEES et Nantes Métropoles (Résumé des interventions)
- RIVP (2009) "Analyse de la consommation en eau des groupes de logement du parc RIVP », étude du bureau d'étude Ginger, octobre 2009.
- RIVP (2009) « Concertation locative 'comptage de l'eau', présentation du 26 mai 2009 », rapport interne RIVP.
- SAFEGE (2008) « Schéma directeur Eau 2010-2025 : étude prospective sur l'évolution des moyens de production et de distribution de l'eau a paris »
- Sénat (1999) « Evaluation et évolution de la consommation d'eau potable », question écrite n° 17267 de M. Alfred Foy (Nord - NI) publiée dans le JO Sénat du 24/06/1999 - page 2099, et réponse du Ministère de l'Aménagement du territoire, publiée dans le JO Sénat du 02/11/2000 - page 3772
- SMETS H (2009) « De l'eau potable à un prix abordable », Académie de l'Eau, novembre 2008
- SOURIAU (2010) « Rapport n°1 sur la consommation d'eau potable à Paris », Eau de Paris, septembre 2010

STEVENIN J & JEAN MARIE A (2000) « Evolution de la consommation d'eau à Paris. Essai d'interprétation des causes », TSM N°2, février 2000, pp.23-29

TERREBONNE P (2005) "Residential water demand management programs: a selected review of the literature", Water Policy Working Paper 2005-002, January 2005

De VIGUERIE P. (2009) « Les usages domestiques de l'eau », Conseil Economique Social et Environnemental