

Prévoir la demande en eau potable : une comparaison des méthodes utilisées en France et en Californie

Pour éviter de sur-dimensionner leurs infrastructures, et les coûts qui en résultent, les gestionnaires des services d'eau potable devront améliorer leurs pratiques de prévision de la demande en eau. La Californie a dû mettre en place une prévision de cette demande d'une grande précision du fait de ressources en eau limitées. Dans quelles mesures ce modèle peut-il servir d'exemple pour la France ?

E

n France, la prévision de l'évolution à moyen et long terme de la demande en eau n'a jamais été une préoccupation majeure des gestionnaires des services d'eau potable. Les scénarios d'évolution de la demande ont longtemps été élaborés à l'aide de méthodes relativement simples, qui consistent à extrapoler les tendances passées en termes de volume total consommé, ou à multiplier la population future par un besoin exprimé en mètres cube par an et par habitant ou par abonné. Ces méthodes sont parfois encore considérées comme suffisamment robustes pour dimensionner les équipements et prévoir le financement des investissements, bien que leur utilisation ait souvent conduit à surestimer la demande future. Ce qui ne posait pas de problème majeur tant que la croissance démographique et économique était au rendez-vous.

Plus récemment, le manque de fiabilité de ce type de méthodes a pu créer des problèmes majeurs à certaines collectivités. Lorsque la consommation réelle s'avère inférieure aux prévisions, le recouvrement du coût des infrastructures réalisées devient problématique dans le long terme puisque l'assiette de facturation reste durablement inférieure aux hypothèses retenues dans le plan de financement. À Nantes, par exemple, la croissance de la demande en eau anticipée dans les années 1970 n'a pas eu lieu alors que la démographie a évolué comme prévu, conduisant à une surcapacité durable des usines de potabilisation. À Paris, la demande a baissé de 25 % en quinze ans, obligeant Eau de Paris à fermer une station de

potabilisation avant que celle-ci ait été amortie. Ce constat est également valable dans les contextes de forte croissance démographique, comme dans la région Languedoc Roussillon, où la demande réelle reste souvent en dessous des prévisions. Ces erreurs de prévision peuvent également générer des pertes financières considérables pour les entreprises délégataires puisque les termes du contrat (tarification et rémunération du service) sont basés sur des hypothèses d'évolution future de la consommation.

Les acteurs du secteur ont progressivement pris conscience du fait que la demande en eau potable est une fonction complexe dépendant de nombreux facteurs (Barraque *et al.*, 2011). Au-delà des principaux déterminants que représentent la démographie et l'activité économique, de nombreuses études statistiques (Arbues *et al.*, 2003) ont montré que la consommation dépend aussi du revenu des ménages, de la tarification du service, des caractéristiques des logements, du climat, mais aussi des pratiques de consommation et de l'équipement des ménages. L'évolution des formes d'urbanisme (densification ou étalement urbain) accentuent les écarts géographiques de consommation par habitant. Cette consommation dépend aussi de la possibilité qu'ont les ménages d'accéder à des ressources alternatives, comme les forages individuels ou la récupération d'eau de pluie (photo ❶), qui conduisent à une substitution d'eau brute à l'eau potable. Prévoir l'évolution future de la demande suppose donc de tenir compte des changements susceptibles d'affecter ces différents facteurs qui influent sur la demande et d'en simuler l'effet à long terme.



© PackShot - Fotolia.com

1 L'accès à des ressources alternatives, comme les forages individuels ou la récupération d'eau de pluie, est un facteur qui peut jouer sur la consommation en eau des ménages.

Cet article tente de faire le point sur les méthodes de prévision actuellement utilisées, en s'appuyant sur les méthodes en vigueur dans deux contextes très contrastés en France et aux États Unis. Cette comparaison fait émerger plusieurs pistes de progrès concernant les pratiques françaises. Il met également en évidence quelques problèmes non résolus liés à la difficulté de prévoir dans un environnement qui évolue de manière aussi rapide qu'incertaine.

Une typologie des méthodes de prévision de la demande en eau

Diverses méthodes ont été développées et mises en œuvre par les acteurs de l'eau pour prévoir l'évolution future de la demande en eau (Bauman *et al.*, 1998 ; Billings et Jones, 2008). Nous distinguons ici cinq principaux types d'approches méthodologiques utilisées dans le monde.

La méthode d'extrapolation temporelle

Cette méthode suppose que l'évolution future de la demande peut être déduite des tendances passées. La projection des tendances peut être appliquée globalement à l'échelle d'un service d'eau potable ou d'une région, ou être affinée en raisonnant par classes de consommateurs (usagers domestiques, secteur tertiaire, industrie) ou par secteurs géographiques. La capacité prédictive de ce type de méthode est cependant très limitée car ne pouvant pas rendre compte de l'évolution du contexte socio-économique (tarification, technologie, emploi, démographie et urbanisme) et de l'occurrence de ruptures par rapport au passé.

La méthode basée sur une prévision de l'évolution globale du nombre d'usagers

Cette méthode repose sur l'utilisation d'un ratio de consommation spécifique correspondant à la consommation moyenne annuelle d'un habitant ou d'un ménage. La demande est estimée en multipliant ce ratio par le nombre d'habitants (ou de ménages) que le service est susceptible de desservir dans le futur. Les applications diffèrent principalement en fonction du niveau de décomposition de la demande qui est retenu pour réaliser les calculs :

- estimation globale : on estime un unique ratio de consommation en divisant la consommation totale de la commune par le nombre d'habitant ; la projection réalisée suppose implicitement que la consommation liée aux activités économiques (commerce, industries) et aux services publics (écoles, hôpitaux...) augmentera proportionnellement au nombre d'habitants ;
- estimation séparée de la demande domestique, de celle des usages publics (écoles, services publics...) et de la demande économique (commerces et industries) ; chacune de ces composantes de la demande peut à son tour être décomposée en sous catégories ; la demande domestique peut ainsi être estimée séparément pour l'habitat collectif et les maisons individuelles, pour les logements avec et sans compteurs, en utilisant des ratios de consommation différents pour chaque catégorie ; de même, la demande des usagers industriels et commerciaux peut faire l'objet d'une décomposition par branche d'activité (voir l'exemple californien ci-dessous). Les ratios de consommation peuvent être éventuellement considérés comme variables dans le temps, leur évolution future étant extrapolée à partir de l'observation des tendances passées.

► La méthode de modélisation des usages finaux

Cette méthode consiste à simuler finement les différents usages que les consommateurs font de l'eau potable pour évaluer leur consommation totale. Principalement appliquée à la consommation domestique, la démarche estime séparément les volumes des usages liés à l'hygiène corporelle (douches, lavabos...), à l'utilisation des sanitaires, des équipements électroménagers (lave-linge et lave-vaisselle), aux autres usages intérieurs (cuisine) et aux usages extérieurs (arrosage des jardins, remplissage des piscines). Le principal intérêt de cette méthode est de permettre de simuler l'effet à long terme de l'évolution de la technologie : performance de l'électroménager, réduction du volume des chasses d'eau, etc. Il s'agit donc de modèles plus prospectifs, permettant de simuler l'effet de politiques d'incitation aux économies d'eau. Cette capacité prospective reste cependant limitée par l'impossibilité d'intégrer l'effet de tous les facteurs déterminants, comme l'évolution du prix de l'eau, les changements de caractéristiques économiques de la population (gentrification ou popularisation de certains quartiers), etc. Cette méthode est utilisée depuis une dizaine d'années par les compagnies d'eau d'Angleterre et du Pays de Galles.

Les modèles statistiques multi-variés

Cette méthode consiste à construire un modèle statistique établissant une relation numérique entre consommation unitaire d'une part (variable expliquée) et un ensemble de variables explicatives d'autre part. Les principales variables explicatives sont le prix de l'eau, le revenu des ménages, le niveau d'activité économique (emploi ou chiffre d'affaire), les caractéristiques de l'habitat (proportion d'habitat individuel ou collectif, densité urbaine), éventuellement les conditions météorologiques, etc. Le modèle est généralement établi en utilisant des données de panel, c'est-à-dire un échantillon de communes pour lesquelles on dispose de données sur cinq à dix ans. Le modèle peut ensuite être utilisé en prédiction pour calculer la demande à laquelle conduirait une évolution hypothétique des variables explicatives, en supposant que les coefficients du modèle, estimés sur une chronique passée, restent valables pour la période future considérée.

L'estimation basée sur les prévisions d'urbanisation et d'occupation du sol

Cette méthode consiste à baser l'estimation de la demande future en eau potable sur les prévisions en matière de construction de logements, définies dans les documents de planification urbaine comme les plans locaux d'urbanisme (PLU) ou SCOT (schémas de cohérence territoriale) en France. Les besoins en eau potable sont estimés à l'échelle d'entités spatiales homogènes (quartiers ou lotissements pour l'habitat individuel, zone d'activité économique) en utilisant des ratios de consommation par logement estimés pour chaque type d'entités. Cette méthode ne peut être mise en place que s'il existe un schéma de planification urbaine relativement détaillé,

régulièrement mis à jour et établi à l'horizon temporel considéré dans l'exercice de prévision de la demande en eau potable.

Les méthodes hybrides

Les méthodes décrites ci-dessus peuvent être combinées, notamment dans des outils logiciels spécifiques. Citons par exemple le logiciel IWR-MAIN, développé et utilisé aux États-Unis, dont le fonctionnement repose sur un modèle statistique très élaboré qui décompose très finement la demande par secteur d'activité (industriel et commercial). Le logiciel intègre également une modélisation des usages finaux permettant de simuler l'effet de politiques volontaristes en matière d'économie d'eau. Le cas de la métropole de Los Angeles présenté dans la suite de cet article illustre ce type de méthodes hybrides.

La mise en œuvre de ces différentes méthodes suppose des niveaux d'investissement technique (données, logiciels, compétences) et financier très différents. Le choix d'une méthode est donc très dépendant de l'intensité des enjeux liés à la prévision. Le recours à des méthodes simples peut être approprié pour des services dont la population desservie évolue relativement lentement, ou lorsque les prévisions n'ont pas vocation à supporter des choix d'investissement impliquant des montants financiers importants ou des durées d'amortissement de plusieurs décennies.

Bilan des méthodes utilisées en France

Les différentes échelles géographiques de prévision

En France, les exercices de prévision de la demande en eau potable peuvent être réalisés avec des objectifs différents et à des échelles géographiques très variées. À l'échelle des collectivités responsables du service d'eau potable (commune ou établissement public à fiscalité propre de type syndicat intercommunal, communauté de communes ou d'agglomération), la prévision est réalisée dans le cadre de l'élaboration du schéma directeur d'alimentation en eau potable (SDAEP). Complétant un inventaire du patrimoine technique, elle vise essentiellement à évaluer les besoins de nouvelles ressources en eau, à dimensionner les équipements à construire et à prévoir le montant des investissements associés ainsi que leur plan de financement. À l'échelle départementale, la prévision de la demande est réalisée de manière plus globale, l'objectif étant essentiellement d'identifier les besoins de mutualisation entre collectivités en matière d'investissement. Des prévisions de la demande en eau potable sont également réalisées à l'échelle de bassins versants ou d'aquifères dans le cadre de schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE), de plan de gestion des étiages (PGE) ou encore dans le cadre des études d'identification et protection des ressources majeures pour l'alimentation en eau potable. L'objectif est alors d'établir un plan de gestion des ressources en eau garantissant la satisfaction des usages à long terme, dans le respect de contraintes

environnementales. Les prévisions développées à ces différentes échelles sont rarement articulées entre elles, tant en termes d'hypothèses que d'horizons temporels considérés, ce qui représente une piste de progrès. Les paragraphes qui suivent décrivent les méthodes mises en œuvre à ces différentes échelles à travers une série d'exemples en France.

Présentation des cas étudiés

Pour illustrer la diversité des pratiques en matière de prévision de la demande en eau potable, nous avons réalisé une analyse des schémas directeurs AEP (alimentation en eau potable) réalisés entre 2005 et 2010 par les collectivités responsables du service d'alimentation en eau potable dans le département de l'Hérault. Trente-cinq schémas, réalisés par dix bureaux d'études différents, ont été analysés. À l'échelle des départements, nous avons réalisé une analyse des méthodes de prévision mises en œuvre dans quarante schémas départementaux d'alimentation en eau potable. L'information a été extraite de deux rapports détaillés produits par la société de conseil SAFEGE pour les agences de l'eau Loire Bretagne (2006) et Adour Garonne (2008), qui présentent un bilan du contenu des schémas directeurs départementaux de ces bassins. Enfin, à l'échelle d'aquifères, nous avons analysé les prévisions réalisées dans le cadre du SAGE des nappes profondes de Gironde, les études des ressources stratégiques « nappe alluviale du Rhône » et « nappe alluviale du val de Saône » et celles du projet Aquadomitia en Languedoc Roussillon.

Bilan des méthodes utilisées en France

Globalement, nous constatons que les méthodes utilisées sont très simples et souvent inadaptées. C'est ainsi que le ratio de consommation par abonné est encore souvent utilisé pour réaliser des prévisions, alors qu'il ne correspond à aucune réalité homogène d'une collectivité à l'autre (un abonné peut correspondre à une maison individuelle comme à une résidence de 50 appartements). L'évaluation de la demande future repose le plus souvent sur une estimation de la population future, multipliée par un ratio de consommation par habitant.

Concernant la projection démographique, une première approche consiste à appliquer aux communes étudiées les prévisions d'évolution démographique calculées par l'INSEE à l'échelle départementale. Il existe alors un risque de sur ou sous évaluer la tendance, si la zone étudiée n'est pas représentative du département. Une seconde approche consiste à évaluer la population future de chaque commune de la zone étudiée en extrapolant les tendances observées entre les derniers recensements de la population. Le risque est alors d'amplifier artificiellement les écarts de croissance entre communes de la zone d'étude. Une troisième approche consiste à reprendre les hypothèses de construction de logements formulées dans les documents d'urbanisme (PLU et SCOT). Le risque est alors prendre en compte des hypothèses très volontaristes qui reflètent plus une volonté politique des élus qu'une évaluation objective des changements probables. Par ailleurs, la population n'augmente pas proportionnellement au nombre de logements (phénomène

de décohabitation). Dans la pratique, ces trois approches sont souvent combinées et enrichies par des dires d'expert pour tenir compte de facteurs locaux, comme la présence d'une infrastructure routière représentant un axe de croissance démographique par exemple. À noter que plusieurs scénarios sont parfois construits pour rendre compte de l'incertitude relative aux hypothèses de croissance démographique.

Les schémas considèrent généralement le ratio de consommation par habitant comme constant et égal aux valeurs actuelles. Il n'est pas rare que ce ratio soit basé sur les données de consommation d'une année unique et qu'il ne soit pas étayé par une analyse rétrospective. De plus, aucun des schémas directeurs concernés n'intègre d'hypothèse relative aux types de nouveaux logements qui seront construits (collectif ou individuel, taille moyenne des parcelles en individuel) lors du choix des valeurs de ratios de consommation par habitant. L'évolution future du prix de l'eau n'est pas prise en compte. Un seul des SDAEP consultés prend en compte des hypothèses relatives aux mesures d'économie d'eau pouvant être mises en place à l'horizon temporel considéré. En revanche, la plupart des schémas posent des hypothèses quant à l'évolution du rendement des réseaux qui est systématiquement considérés à la hausse – sans nécessairement justifier les hypothèses de progrès, et sans en évaluer les conséquences économiques (répercussion sur le prix de l'eau). Il s'agit dans la plupart des cas d'afficher un objectif compatible avec les exigences de l'agence de l'eau, du SAGE ou de l'article 161 de la loi sur l'environnement du Grenelle 2. Lorsque exceptionnellement, une baisse du ratio de consommation unitaire est supposée, l'hypothèse est généralement très conservatrice (baisse de 5 à 10 % sur vingt-cinq à trente ans) et rarement justifiée par la prise en compte de ruptures possibles dans les facteurs déterminant ce ratio (tarification, revenu, climat...). Mieux justifier ces hypothèses supposerait de disposer de modèles permettant de décomposer la consommation comme ceux utilisés en Angleterre par exemple.

Les besoins commerciaux et industriels (gros consommateurs) ne sont estimés séparément que dans les schémas des grandes collectivités (syndicats intercommunaux et communautés d'agglomérations). Certaines études basent alors les calculs sur les projets de construction (zone industrielle, zone d'aménagement concerté) déclarés dans les SCOT et sur des ratios de consommation exprimés en m³/jour/hectare d'activité.

L'étude « Tendances et Scénarios » du SAGE des nappes profondes de Gironde représente une exception notable. La démarche mise en place propose une double réflexion relative à l'évolution démographique et économique d'une part, et aux besoins unitaires d'autre part. Ces derniers font l'objet d'une véritable réflexion prospective, basée sur une analyse rétrospective de l'évolution de la consommation par type d'usagers. L'analyse identifie et quantifie notamment les principaux gisements d'économie d'eau qui peuvent être mobilisés via une amélioration du rendement des réseaux, la réduction des fuites dans l'habitat collectif, la modernisation de l'appareillage électroménager, la généralisation des équipements hydro-économiques (chasses d'eau, réducteurs de débit), etc.

- Une hypothèse de 20 % de baisse de la consommation unitaire est retenue dans le scénario d'action du SAGE.

Interprétation et enseignements

Globalement, les méthodes mobilisées pour prévoir la demande en eau potable en France sont relativement simples. Les bureaux d'étude ne développent jamais de modèles statistiques multi-variés ni de modèles des usages finaux. Ce constat peut s'interpréter de plusieurs manières. On peut d'abord supposer que les maîtres d'ouvrages manquent d'expertise et de références en la matière, ce qui conduit à la rédaction de cahiers des charges et de propositions techniques extrêmement simples. La faible ambition des cahiers des charges est également liée aux moyens financiers très limités engagés par les collectivités dans ce genre d'étude. Une deuxième interprétation est que le coût de l'erreur de prévision n'est pas dissuasif pour les maîtres d'ouvrage. En effet, si la demande a été sous-estimée, le rythme de croissance est suffisamment modéré pour permettre aux services de réagir avant qu'une situation de réelle pénurie ne s'installe ; si au contraire la demande a été surestimée, le coût de l'erreur (*i.e.* celui du surdimensionnement) peut être répercuté sur le prix de l'eau dont le niveau reste socialement acceptable en France. Une troisième interprétation est que la relative stabilité des ratios de consommations par habitant rend inutile l'utilisation de méthodes plus sophistiquées. C'est le point de vue que défendent les ingénieurs que nous avons rencontrés. L'avenir dira si cette hypothèse était fondée, mais on peut d'ores et déjà penser qu'elle sera remise en cause dans les années à venir, du fait de l'évolution des modes de tarification en particulier (introduction de tarifications progressives ou saisonnières) dont il faudra simuler l'impact (pour un exemple, voir Rinaudo *et al.*, 2012).

Prévision multi-niveau en Californie du Sud

Le contexte de la Californie du Sud

Pour contraster la vision française, nous avons choisi d'exposer les pratiques en vigueur dans les États de l'Ouest des États Unis, où la plus grande rareté de la ressource (notamment en Californie) a conduit au développement de méthodes sophistiquées de prévision de la demande en eau depuis les années 1970. Des logiciels, tels que IWR-MAIN, ont ainsi été développés et utilisés par une cinquantaine de métropoles (Bauman *et al.*, 1998). Ces méthodes sont illustrées ci-dessous à travers une étude de cas réalisée dans la région de Los Angeles en Californie du Sud.

En Californie, la réglementation impose à chaque service d'eau potable d'établir un plan de gestion dont l'objectif est d'assurer l'équilibre à long terme entre la demande en eau et les ressources disponibles, ainsi que de prévoir les mesures de gestion de crise en cas de sécheresse exceptionnelle. Ces plans, qui ont une portée temporelle de trente ans, doivent être mis à jour tous les cinq ans et soumis au Département des ressources en eau de l'État de Californie. Ils doivent contenir une analyse prospective

de la demande par catégorie d'utilisateurs, incluant une description des mesures d'économie d'eau prévues par le gestionnaire du service.

Dans la métropole de Los Angeles, cette prévision de la demande en eau est réalisée à plusieurs niveaux géographiques. Au niveau métropolitain (régional), une prévision globale est réalisée par l'importateur d'eau *Metropolitan Water District* (MWD), qui alimente vingt-six services intercommunaux de la région de Los Angeles à partir de plusieurs aqueducs provenant du Colorado (Colorado River Aqueduc - CRA), de la Californie du Nord (State Water Project - SWP), des Sierra Mountains (Los Angeles Aqueduc - LAA) et de ressources locales. L'exercice de prévision de la demande s'insère dans le développement d'un plan de gestion intégrée des ressources en eau (*Integrated Water Resources Plan*) qui consiste essentiellement à planifier l'approvisionnement en eau afin de garantir la « capacité de répondre à la demande dans n'importe quelle condition hydrologique ». Les prévisions réalisées par MWD sont basées sur un modèle statistique visant à évaluer les besoins globaux des dix-huit millions d'habitants desservis puis des besoins d'importation d'eau, déduction faite des ressources disponibles localement. À l'échelle plus locale, chacun des vingt-six distributeurs d'eau réalise ses propres prévisions en utilisant des méthodes plus fines basées sur le recensement des projets de développement futur. La cohérence des résultats issus de ces deux démarches de prévision est assurée par l'importateur d'eau (MWD). Ces outils de prévisions sont décrits plus en détail ci-dessous.

Prévision de la demande par l'importateur régional

Pour prévoir l'évolution à long terme de la demande en eau potable, *Metropolitan Water District* utilise un modèle de prévision sophistiqué, développé à partir du logiciel IWR-MAIN (Bauman *et al.*, 1998), qui permet de traduire les prévisions de croissance démographiques et économiques en demande en eau potable tout en intégrant l'effet de programmes d'actions en faveur des économies d'eau. L'outil repose sur la combinaison de deux modèles :

- un modèle statistique qui simule l'évolution des ratios de consommation ;
- une modélisation des usages finaux qui simule l'effet sur la demande de programmes d'action en faveur des économies d'eau.

Le premier modèle décompose la prévision par type d'usages (domestique, commercial, industriel, public), par secteur géographique (plus de cinquante secteurs à MWD) et par saison. Concernant les besoins domestiques, ils sont évalués séparément par type d'habitat (maison individuelle, petits et grands collectifs, mobil homes, habitat rural). Le modèle permet de simuler l'évolution dans le temps des ratios de consommation unitaire (m^3 par habitant, m^3 par emploi, etc.) en fonction d'hypothèses relatives à l'évolution de la taille et du revenu des ménages, de la tarification du service (niveau et structure du prix), des caractéristiques des nouveaux logements construits (individuel ou collectif, densité) et du climat

(précipitations). Quant aux les besoins industriels et commerciaux, ils sont évalués en décomposant la demande au niveau de quatre cents activités économiques, pour lesquelles un ratio de consommation unitaire ($m^3/emploi$) est utilisé. Ce modèle statistique complexe est donc d'abord utilisé pour prévoir l'évolution de la demande totale, en fonction d'hypothèses démographiques et économiques. Les coefficients de ce modèle statistique ont été déterminés sur la base du traitement statistique (méta-analyse) des résultats de soixante études de cas réalisées aux États-Unis.

La modélisation des usages finaux permet ensuite d'estimer la réduction de la demande associée à des programmes d'actions en faveur des économies d'eau. Ce modèle décompose la demande en usages élémentaires, comme l'utilisation des chasses d'eau, machines à laver, lavabos et douches, arrosage des jardins, lavage des sols et voitures, etc. Des hypothèses sont réalisées quant au niveau d'équipement des ménages, aux pratiques d'utilisation de ces équipements et aux fuites (robinets, chasses d'eau, système d'arrosage des jardins). Ces hypothèses peuvent être modifiées pour simuler l'effet global à l'échelle régionale des politiques volontaristes que conduit MWD en matière d'économie d'eau, en cohérence avec la politique définie à l'échelle de l'État (*California Water Conservation Council*). Il s'agit, par exemple, de la distribution de kits hydro-économiques (pompes de douches, aérateurs, chasses d'eau faible volume), l'attribution de subvention pour le remplacement des équipements peu efficaces (cent dollars pour les machines à laver, par exemple), la réalisation d'audits des consommations chez les particuliers ou les usagers commerciaux visant à réduire les usages extérieurs, etc. Le modèle permet également de simuler l'effet tendanciel de l'évolution des normes de fabrication des équipements (par exemple, interdiction de commercialiser les chasses d'eau de plus six litres).

Prévision de la demande à l'échelle des services d'eau

À l'échelle intercommunale, les services distributeurs d'eau potable (*Water Districts*) ont développé des méthodes de prévision plus fines, tant en termes de résolution spatiale que temporelle. Comme à l'échelle régionale, l'objectif principal est d'évaluer globalement les besoins en ressources afin de programmer si nécessaire des investissements (dessalement d'eaux souterraines saumâtres, par exemple). Mais il s'agit également de préciser la répartition spatiale des besoins futurs afin de prévoir les travaux de renforcement ou de développement des infrastructures de distribution et de stockage. Les prévisions étant développées de manière relativement similaires par la plupart des services, nous présentons ici la démarche mise en œuvre par l'un de ces services : *Eastern Municipal Water District* (EMWD).

Situé dans le comté de Riverside, à environ cent vingt kilomètres à l'est de Los Angeles, ce service assure la desserte en eau et l'assainissement de sept cent mille habitants environ. Du fait de la saturation des zones urbaines plus proches de Los Angeles, le territoire desservi connaît

une croissance démographique soutenue depuis plusieurs décennies. La croissance a souvent dépassé 10 % par an entre 1980 et 1990, avant de se stabiliser à 3 % par an entre 1990 et 2010 et elle devrait se maintenir à ce niveau jusqu'en 2025. L'habitat individuel peu dense génère de fortes demandes en eau associées aux usages extérieurs (jardins et piscines). L'extrême rapidité de l'évolution de la demande qui en résulte exige une grande capacité d'anticipation, pour éviter que les investissements réalisés ne deviennent inadaptés avant même d'avoir été amortis, et pour éviter une rupture d'approvisionnement dont le coût serait considérable pour l'économie locale.

Pour évaluer les besoins futurs, EMWD s'appuie sur des études prospectives existantes qu'elle complète par ses propres analyses. Pour prévoir l'évolution démographique à long terme à l'échelle de l'ensemble de son territoire, EMWD utilise les prévisions de croissance démographique produites par l'Association des gouvernements du Sud de la Californie (SCAG) dans le cadre de la préparation du plan de transports. Une étude complémentaire est ensuite confiée à un consultant spécialisé pour déterminer les caractéristiques et la distribution spatiale des logements susceptibles d'être construits pour accueillir la nouvelle population d'ici 2030. L'évolution des formes urbaines (types de logements construits) est en effet considérée comme un facteur déterminant de la demande en eau future. L'étude consiste en une analyse approfondie de la dynamique du marché de l'immobilier, qui prend en compte des facteurs macro-économiques (emploi, revenu, crédit) et des facteurs locaux (distance aux centres d'emploi, attractivité des territoires dont niveau de criminalité, qualité des écoles, prix de l'immobilier) comparés à la situation des territoires concurrents.

Pour compléter ces prévisions, EMWD développe une base de données spatialisée (système d'information géographique) qui permet d'estimer le potentiel de construction de nouveaux logements à partir des documents d'urbanisme. Cette base permet aussi de recenser et de suivre l'avancement de tous les projets de développement résidentiels ou économiques de son territoire, depuis la phase de conception jusqu'à la pose des compteurs (*Database of Proposed Projects*). En 2005, cette base de données décrivait 651 projets correspondants à cent cinquante mille logements individuels ou collectifs, et environ quatre mille hectares de surfaces commerciales, industrielles ou publiques (parcs, établissements accueillant du public). Cette approche permet d'anticiper finement la demande en eau future avec deux à cinq ans d'avance environ, elle complète les autres approches aux horizons temporels plus éloignés. La démarche fait l'objet d'une mise à jour tous les cinq ans, en lien avec la planification réalisée à l'échelle géographique supérieure par l'importateur régional, alias le *Metropolitan Water District*. EMWD traduit ensuite les prévisions de développement démographique et urbain en termes de demande en eau, en utilisant des ratios de consommation différenciés par type de lotissements (en fonction de la densité, surface des parcelles, prix et revenu moyen des ménages, etc.), tenant compte de l'augmentation croissante du revenu de sa population et de la baisse progressive du nombre de personnes par foyer. Ces ratios sont estimés sur la base

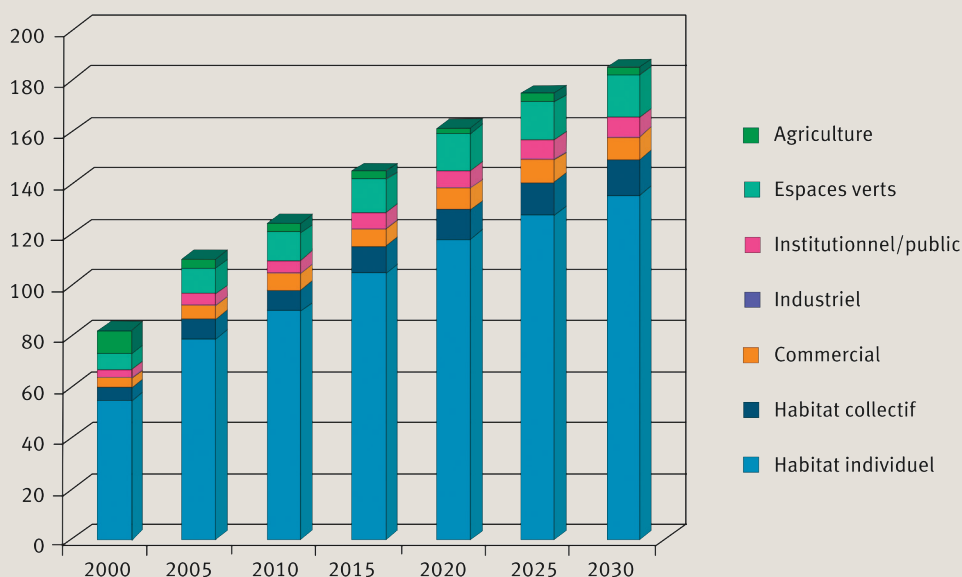
► d'une analyse fine des données de facturation. Au final, les besoins sont estimés pour sept catégories d'utilisateurs : utilisateurs domestiques en habitat individuel et collectif, clients commerciaux, clients industriels, utilisateurs publics et institutionnels, espaces verts et agricoles (figure 1). EMWD estime également les économies d'eau susceptibles d'être réalisées dans le futur, soit de manière passive (évolution de la performance des matériels vendus), soit de manière active via des programmes d'action spécifiques visant à modifier les pratiques et comportements – en particulier la mise en place de tarifications incitatives

par paliers croissants. Enfin, EMWD réalise une prévision des ventes d'eau usées recyclées qu'elle développe depuis 2000 en substitution à l'eau potable (figure 2).

Globalement, la méthode de prévision développée par EMWD prend en compte de manière explicite de très nombreux facteurs : croissance démographique et économique, évolution des formes d'habitat, effet des changements de tarification, mise en place de programmes incitant à l'économie d'eau, baisse tendancielle de la consommation résultant de l'évolution de la performance des matériels vendus, développement des ressources de substitution.

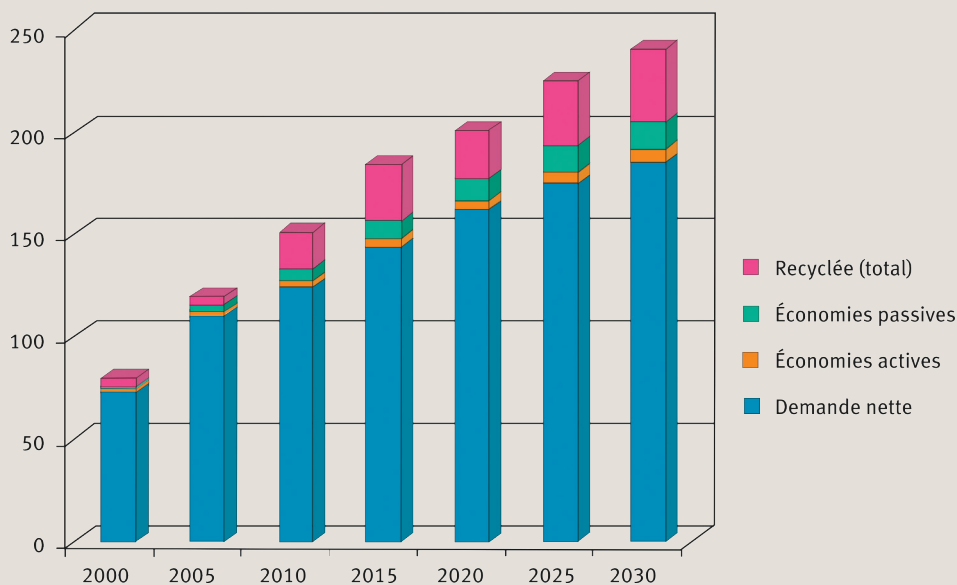
1 Prévision d'évolution de la demande en eau par catégorie d'utilisateurs (millions de m³ par an).

Source : adapté de *Eastern Municipal Water District Urban Water management Plan, 2005*.



2 Estimation des économies d'eau attendues à l'horizon 2030 (millions m³/an).

Source : adapté de *Eastern Municipal Water District Urban Water management Plan, 2005*.



Conclusion

Le niveau de sophistication élevé des méthodes de prévisions utilisées en Californie est rendu nécessaire par la très forte dépendance de l'économie vis-à-vis d'une ressource en eau chère et importée, mais aussi par sa grande vulnérabilité par rapport au risque de sécheresse dont elle a déjà pu souffrir dans les années 1990 en particulier. La rapidité avec laquelle la demande augmente justifie également l'importance des moyens consacrés à la prévision de son évolution. Ces enjeux n'ont pas la même intensité en France, y compris dans les régions où les tensions sur la ressource apparaissent. Cependant, l'étude du cas californien permet d'identifier plusieurs pistes de progrès pour le contexte français :

– améliorer la connaissance de la demande actuelle. Prévoir suppose de bien connaître la situation actuelle et les évolutions passées, ce qui est rarement le cas dans les collectivités françaises. Les données de consommation, issues des outils informatiques de facturation, sont très souvent de mauvaise qualité. L'affectation des clients par catégorie (domestique, commercial, industriel, public, etc.) est incertaine, l'historique est de courte durée, la consommation est calculée par abonné et non par habitant, etc. Une piste de progrès consisterait à développer des observatoires de la consommation, qui permettent de suivre l'évolution sur le long terme de différents quartiers représentatifs (pour les consommations domestiques), de zones d'activités commerciales et des plus gros consommateurs. La généralisation des compteurs à télé-relevé offre une opportunité en ce sens qui doit être saisie par les collectivités ;

– intégrer la prévision de la demande en eau dans la planification de l'aménagement urbain. L'exemple de EMWD montre l'intérêt de baser la prévision de la demande à la fois sur une estimation globale de la croissance démographique, mais aussi sur une analyse de la répartition spatiale de celle-ci, de la nature des projets de lotissements prévus, des densités imposées par les documents d'urbanismes, etc. Ce type d'approche semble notamment pertinent pour les collectivités desservant plusieurs dizaines de milliers d'habitants où à l'échelle des SCOT ;

– améliorer la cohérence des prévisions réalisées à différents niveaux. Les exercices de prévision réalisés par les services d'eau potable (communes ou intercommunalités), les départements, les organismes de bassins versants (dans le cadre des SAGE) pourraient être mis en cohérence à travers une harmonisation des hypothèses, des horizons temporels, des données utilisées et des calendriers de réalisation. Le principe d'une mise à jour régulière des

prévisions (tous les 6 à 10 ans), à l'image des schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) par exemple, semble également un principe à retenir ;

– intégrer les approches multi-variées. Le calcul des ratios de consommation (en m³/habitant/an) devrait intégrer l'effet attendu d'une hausse du prix de l'eau, en supposant des valeurs d'élasticité des prix tirées de la littérature. En France, l'élasticité est de l'ordre de -0,2 ; ce qui signifie qu'une hausse de 10% du prix de l'eau se traduit par une baisse de la consommation de 2%. De même, ces ratios doivent être ajustés spatialement pour refléter les différences en matière de revenu des abonnés domestiques, en supposant une valeur d'élasticité au revenu de l'ordre de 0,4 pour la France ;

– intégrer l'effet de politiques volontaristes en faveur des économies d'eau. Il est indispensable de tenir compte de la baisse des consommations qu'entraînera le renouvellement du parc d'équipements électroménagers et sanitaires des ménages ainsi que le développement de l'utilisation de ressources de substitution (récupération d'eau de pluie et forages).

Ces pistes de réflexions font l'objet d'un certain nombre de projets de recherche (dont le projet Eau&3E portant sur la gestion durable des services d'eau potable), réalisés en collaboration avec des collectivités territoriales et des entreprises délégataires. Le transfert des résultats de ces projets vers le monde économique, leur transformation en outils opérationnels (logiciels) et leur mise en œuvre (nécessairement plus coûteuse que les pratiques actuelles) au service des collectivités représentent néanmoins des enjeux majeurs. ■

Remerciements

Cet article a été réalisé dans le cadre du projet de recherche Eau&3E, financé par l'Agence nationale de la recherche dans le cadre du programme « Villes Durables ». Les informations relatives au cas californien ont été collectées auprès de distributeurs de Californie du Sud rencontrés lors d'une mission réalisée en septembre 2010. L'auteur tient à remercier Antony Pack, directeur de EMWD, et Tim Brick, président de MWD pour leur accueil en Californie, ainsi que Louis HAUDEBERT, Rémi BARBIER, Marielle MONTGINOUL et le comité éditorial de la revue SET pour leurs commentaires qui ont permis d'améliorer cet article.

L'auteur

Jean-Daniel RINAUDO
BRGM, Bureau de recherche
géologique et minière,
Service Eau, 1034 rue de Pinville,
34000 Montpellier
✉ jd.rinaudo@brgm.fr

QUELQUES RÉFÉRENCES CLÉS...

- ARBUES, F., GARCIA-VALINAS, M.-A., MARTINEZ-ESPINEIRA, R., 2003, Estimation of residential water demand: a state-of-the-art review, *Journal of Socio-Economics*, n° 32, p. 81-102.
- BARRAQUE, B., ISNARD, L., MONTGINOUL, M., RINAUDO, J.-D., SOURIAU, J., 2011, Baisse des consommations d'eau potable et développement durable, *Anales des Mines - Responsabilité & Environnement*, n° 63, p. 102-108.
- BAUMAN, D.-D., BOLAND, J.-J., HANEMAN, W.-M., 1998, *Urban water demand management and planning*, McGraw-Hill, New-York.
- BILLINGS, B.-R., JONES, C.-V., 2008, *Forecasting urban water demand*, Second Edition edition. American Water Works Association, Denver, CO.
- RINAUDO, J.-D., NEVERRE, N., MONTGINOUL, M., 2012, Simulating the impact of pricing policies on urban water demand : a Southern France case study, *Water Resources Management*.