

OBSERVATOIRE DE L'EAU 2018

SEINE & MARNE
LE DÉPARTEMENT

ENVIRONNEMENT



État des lieux du patrimoine des captages et réservoirs en Seine-et-Marne

2018

seine-et-marne.fr  

SEINE & MARNE 
LE DÉPARTEMENT

Table des matières

Préface.....	3
Synthèse	4
I. L'alimentation en eau potable en Seine-et-Marne	6
A. La production d'eau potable	6
1) La ressource en eau en Seine-et-Marne.....	6
2) Les systèmes d'alimentation en eau potable.....	10
B. Le service public d'eau potable en Seine-et-Marne	12
II. État des lieux des captages d'eau potable en Seine-et-Marne	13
A. Les caractéristiques des captages d'eau potable	13
B. La réglementation.....	17
C. Le patrimoine de captages d'eau potable en 2017	20
1) Méthodologie	20
2) Age et typologie des ouvrages	23
3) Diagnostic et travaux.....	25
4) Procédures DUP protection de captage	30
D. L'évaluation de la vulnérabilité des captages en Seine-et-Marne	31
1) Méthodologie et évaluation.....	31
2) Vulnérabilité inondation.....	35
3) Bilan et propositions.....	38
III. État des lieux des réservoirs d'eau potable en Seine-et-Marne	40
A. Caractéristiques des réservoirs	40
B. La réglementation concernant les réservoirs d'eau potable	42
C. Etat des lieux des réservoirs d'eau potable en Seine-et-Marne	44
1) Données exploitées	44
2) Capacité et typologie des réservoirs	48
3) Age des réservoirs	51
D. Evaluation de la vulnérabilité des réservoirs en Seine-et-Marne	54
1) Méthodologie	54
2) Cartographie résultante de la méthode	56
3) Propositions et préconisations	57
IV. Les enjeux financiers de la gestion patrimoniale des captages et réservoirs	59
A. Les opérations captages	59
B. Les opérations réservoirs.....	60

Les captages d'eau souterraine et les ouvrages de stockage d'eau potable sont essentiels pour l'alimentation en eau potable et constituent donc un enjeu majeur pour les collectivités qui gèrent le service public de l'eau.

La Seine-et-Marne compte un nombre très important de captages d'eau souterraine qui alimentent les habitants du département mais aussi d'Ile-de-France. Ces captages, qui sont constamment sollicités et stratégiques, sont souvent mal entretenus et les travaux de réhabilitation interviennent suite à une défaillance majeure qui oblige une mise hors service de l'ouvrage. Par ailleurs, lors de problématiques de qualité et faute de solutions locales de traitement, bon nombre d'entre eux sont abandonnés pour l'alimentation en eau potable sans être systématiquement comblés.

Il en est de même sur les réservoirs. Malgré des obligations de nettoyage annuel on constate que ces derniers sont souvent négligés comme en général le patrimoine réseau enterré (eau potable et assainissement) qui ne fait vraiment l'objet d'intervention que lorsque des désordres importants sont constatés.

Or, un bon état de ces ouvrages repose sur la réalisation de diagnostics réguliers et de travaux de réhabilitation lorsque cela apparaît nécessaire. Peu de collectivités sont cependant sensibilisées à cette problématique.

L'Observatoire de l'eau s'est donc intéressé à l'état des captages et des réservoirs sur le territoire du département afin de déterminer la vulnérabilité de ce patrimoine et ainsi cibler ceux pour lesquels des actions sont à mener à court terme, et l'effort financier associé, pour garantir un état de fonctionnement optimal et ces ouvrages et donc l'alimentation en eau potable des seine-et-marnais.

Méthodologie de l'analyse pour les captages d'eau souterraine

En Seine-et-Marne, 79 % des prélèvements totaux pour l'alimentation en eau potable proviennent d'eau souterraine. La connaissance de l'état du patrimoine des captages d'eau souterraine est donc primordiale pour assurer le service public de l'eau. Cette étude concerne les 245 captages d'eau souterraine actifs en 2017 pour la production d'eau destinée à la consommation humaine des Seine-et-Marnais. Les données concernant les caractéristiques des ouvrages et les procédures administratives ont été collectés auprès de l'Agence Régionale de Santé Ile-de-France et via la base de données du Bureau des Recherches Géologiques et Minières. Par ailleurs, de nombreux documents du Département et de la Direction Départementale des Territoires ont été consultés. Les maîtres d'ouvrage et délégataires ont également été questionnés sur les opérations de maintenance, diagnostics et travaux en plus de l'analyse de l'ensemble des rapports annuels des services publics de l'eau.

La vulnérabilité des 245 captages a été évaluée par pondération sur la base de 2 critères. Le premier critère correspond à l'évaluation de l'état structurel de l'ouvrage, le second au degré de connaissance de l'état et du fonctionnement de ce dernier.

Chiffres obtenus

Les analyses des données collectées et l'évaluation de la vulnérabilité des ouvrages ont permis d'établir les résultats suivants :

- **Le patrimoine des captages d'eau souterraine est vieillissant** avec 176 captages (72 %) mis en service depuis plus de 30 ans.
- **Le diagnostic décennal des ouvrages n'est pas réalisé** : la moitié des ouvrages sans inspection vidéo et sans équipement de sonde de niveau.
- **Le nombre d'études et d'investigations a augmenté significativement ces 10 dernières années** avec 140 captages qui ont bénéficié d'un arrêté de protection, d'une étude ou d'une inspection vidéo menés entre 2007 et 2017.
- **Sur les 245 captages recensés, 56 % évalués en vulnérabilité critique ou forte** sur la base des critères âge, état et connaissance de l'ouvrage.

Préconisations et estimation des coûts des travaux

Le nombre d'investigations sur les captages a fortement augmenté ces dix dernières années, notamment dans le cadre du Plan Départemental de l'Eau et des études préalables à la délimitation des périmètres de protection. Toutefois, le constat d'un manque de diagnostic régulier et systématique des ouvrages est inquiétant considérant le vieillissement du patrimoine des forages et puits dans le département. Il est essentiel pour la production d'eau potable d'entretenir et maintenir en bon état ces ouvrages et de surveiller les premiers signes annonciateurs d'une défaillance majeure qui pourrait entraîner un arrêt du captage. Des recommandations sur la base de l'arrêté du 11 septembre 2003 pour la surveillance et la maintenance des forages sont présentées dans cet observatoire ainsi qu'une estimation des coûts pour les opérations de diagnostic et travaux à réaliser.

Méthodologie de l'analyse pour les réservoirs d'eau potable

Les données ont essentiellement été collectées auprès des maîtres d'ouvrages, leurs exploitants ainsi que des acteurs du domaine de l'eau en Seine-et-Marne. Certaines données proviennent aussi des rapports d'activités des exploitants ou des services d'eau potable (RAD ou RPQS) récents. Enfin, certaines d'entre elles proviennent des bases de données établies chaque année par le Département dans le cadre de l'Observatoire départemental de l'Eau et des bases de données de l'Agence Régionale de Santé (ARS).

Une analyse statistique a été ensuite menée selon plusieurs critères relatifs à l'état des ouvrages pour enfin estimer leur vulnérabilité quant à des dégradations sur leur génie civil. Enfin, un outil d'estimation des coûts de travaux de réhabilitation a été réalisé.

Chiffres obtenus pour les réservoirs

Les analyses statistiques et l'évaluation de la vulnérabilité des ouvrages ont permis d'établir les résultats suivants :

- **La moyenne d'âge des ouvrages sur le territoire est de 69 ans** avec plus de la moitié du patrimoine ayant été construit avant 1960.
- **La moyenne de stockage en territoire rural est de 520 m³ et en territoire urbain de 2 675 m³.** De plus, la capacité totale de stockage sur le département est supérieure à la consommation moyenne journalière sur le territoire.
- **Les châteaux d'eau sont prédominants en terme de génie civil**, et ces ouvrages accusent généralement un plus fort taux de réhabilitation sur le territoire.
- **Sur les 511 ouvrages recensés, plus de 140 ouvrages, répartis sur 125 communes présentent des vulnérabilités fortes** par rapport à l'enjeu de la réhabilitation.

Préconisations et estimation des coûts des travaux

Suivant les résultats quelque peu inquiétants de l'étude, des préconisations pour une optimisation de la gestion du patrimoine de stockage (archivage, suivi des travaux, ...) et des indications concernant les travaux de réhabilitation ont été présentés.

L'outil d'estimation des coûts de ces travaux, suivant la méthode définie en 2015, a été mise à jour suivant la méthode définie dans l'Observatoire de l'Eau en 2015 avec les données de demandes de subvention sur les années 2008 à 2018. On observe notamment que la moyenne des travaux atteint plus de 200 000 € lorsque ceux-ci comprennent des actions sur le génie civil de l'ouvrage.

I. L'alimentation en eau potable en Seine-et-Marne

A. La production d'eau potable

1) La ressource en eau en Seine-et-Marne

Pour l'alimentation en eau potable, les eaux souterraines constituent la première ressource utilisée en Seine-et-Marne et représentent 79 % des prélèvements totaux pour cet usage. Les 21 % de prélèvements restant proviennent d'eau de surface de la Marne et la Seine.

En 2017, le volume total d'eau prélevée (nappes et rivières) pour l'usage d'alimentation en eau potable était environ de 131 millions de m³. Sur ce volume prélevé en Seine-et-Marne, 56,7 millions de m³ soit 40 % des volumes prélevés, sont destinés à une consommation hors département (Paris, département limitrophe en Ile-de-France). Parallèlement, environ 15 millions de m³ ont été importés de départements voisins pour l'alimentation de communes situées en bordure nord-ouest du département.

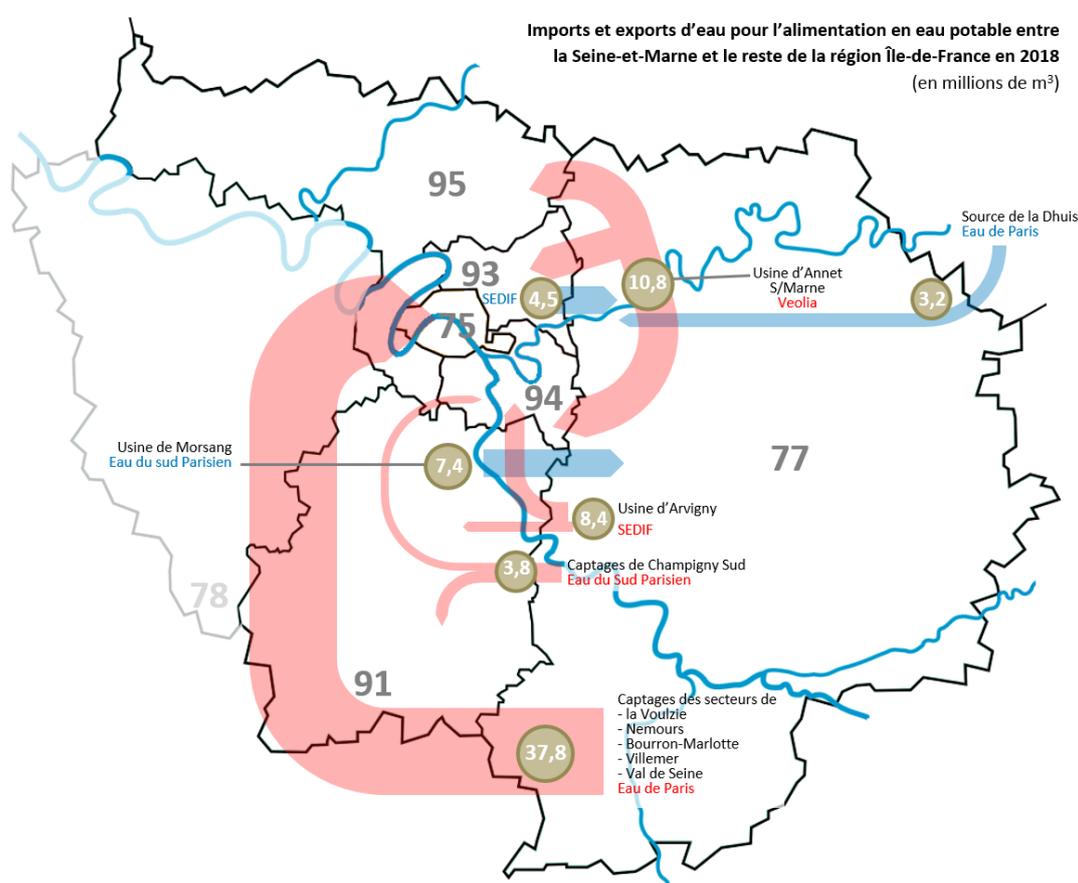


Schéma imports-exports AEP en Seine-et-Marne 2018

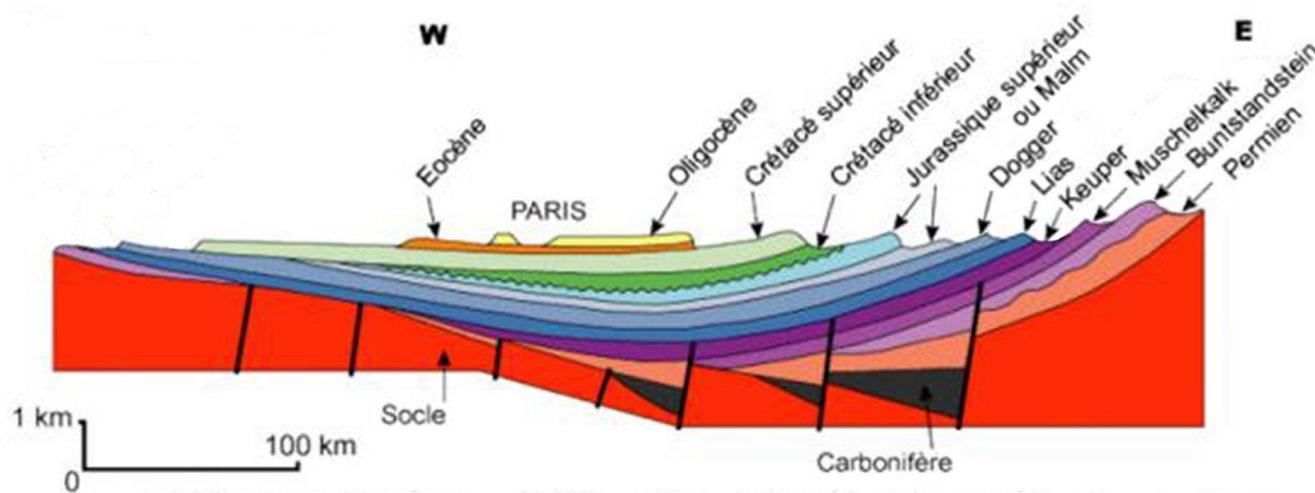
Le département compte trois usines de potabilisation d'eau de surface situées à :

- Nanteuil-les-Meaux (eau de Marne)
- Annet-sur-Marne (eau de Marne)
- Champagne-sur-Seine (eau de Seine)

Une quatrième usine est en construction au niveau de Boissise-la-Bertrand (eau de Seine).

Le contexte hydrogéologique

La Seine-et-Marne se situe dans le bassin sédimentaire parisien qui présente une succession de couches sédimentaires emboîtées les unes aux autres formant une cuvette.



© BRGM/RP - 59248 - FR février 2011

Coupe schématique ouest-est du bassin sédimentaire parisien (Source BRGM)

Cette structure particulière permet l'existence de grands **aquifères** localisés dans les terrains perméables (calcaires ou sables), et séparés entre eux par des formations semi-perméables (argiles ou marnes).

Un **aquifère** est constitué d'une ou plusieurs couches géologiques souterraines d'une porosité et perméabilité suffisantes pour permettre un courant significatif d'eau souterraine et le captage de quantités importantes d'eau.

L'ensemble de l'eau présente dans la zone saturée d'un aquifère, dont toutes les parties sont en liaison hydraulique est appelé **nappe d'eau** souterraine.

Les principaux aquifères en Seine-et-Marne

- 1. L'aquifère alluvial** : Il est composé des alluvions de la Seine, de la Marne et de leurs confluents.
- 2. L'aquifère multicouche du calcaire de Brie, des sables de Fontainebleau et du calcaire de Beauce** (Oligocène de la coupe schématique du bassin parisien) : La nappe des calcaires de Brie est très facturée laissant passer les pollutions superficielles. La nappe de Beauce constitue l'un des plus grands réservoirs d'eau souterraine de France (Sud-Ouest de la Seine-et-Marne).
- 3. L'aquifère multicouche des calcaires de Champigny** (Éocène supérieur du bassin parisien) : Il est composé des calcaires de Champigny, des calcaires de Saint-Ouen et Sables de Beauchamp. Cet aquifère est une grande réserve d'eau dû à la présence de calcaire fracturé et à la dissolution des calcaires formant des gouffres. Cet aquifère multicouche se différencie vers l'Ouest du département avec l'apparition de couche imperméable séparant les différentes nappes. Les marnes vertes, qui séparent la nappe des calcaires de Brie et la nappe du Champigny, assurent à cette dernière une certaine protection contre les pollutions de surface. Cependant, ces marnes sont entaillées dans les vallées, et de plus, une partie des débits des cours d'eau s'infiltrer par des pertes. La nappe du Champigny est alors très vulnérable aux pollutions.

4. L'aquifère multicouche du Lutétien Yprésien (Éocène moyen et inférieur du bassin parisien) : Il est composé de calcaires grossiers du Lutétien et des sables du Soissonnais et du Cuisien de l'Yprésien. Cet aquifère présente un comportement similaire à celui de l'aquifère du Champigny avec au Nord, une séparation des nappes de l'Yprésien et du Lutétien par une couche d'argile qui disparaît vers le Sud.

5. L'aquifère de la craie du Sénonien du Crétacé supérieur : Il est constitué de calcaire très fracturé de grande épaisseur. Elle est généralement libre mais peut être captive localement présentant une baisse de sa productivité.

6. L'aquifère multicouche de l'Albien (crétacé inférieur) : Il est composé de formations sableuses plus ou moins séparées. Cet aquifère se trouve en profondeur et est protégé par une bonne couche d'argile. Cette ressource très profonde constitue une réserve stratégique d'eau potable à l'échelle de la région Ile-de-France et du bassin Seine-Normandie.

Les prélèvements pour l'alimentation publique en eau potable en Seine-et-Marne sont captés dans les 5 premiers aquifères cités, le 6ème (l'Albien) n'étant utilisé que par un seul forage profond de 614 mètres situé à Bougligny.

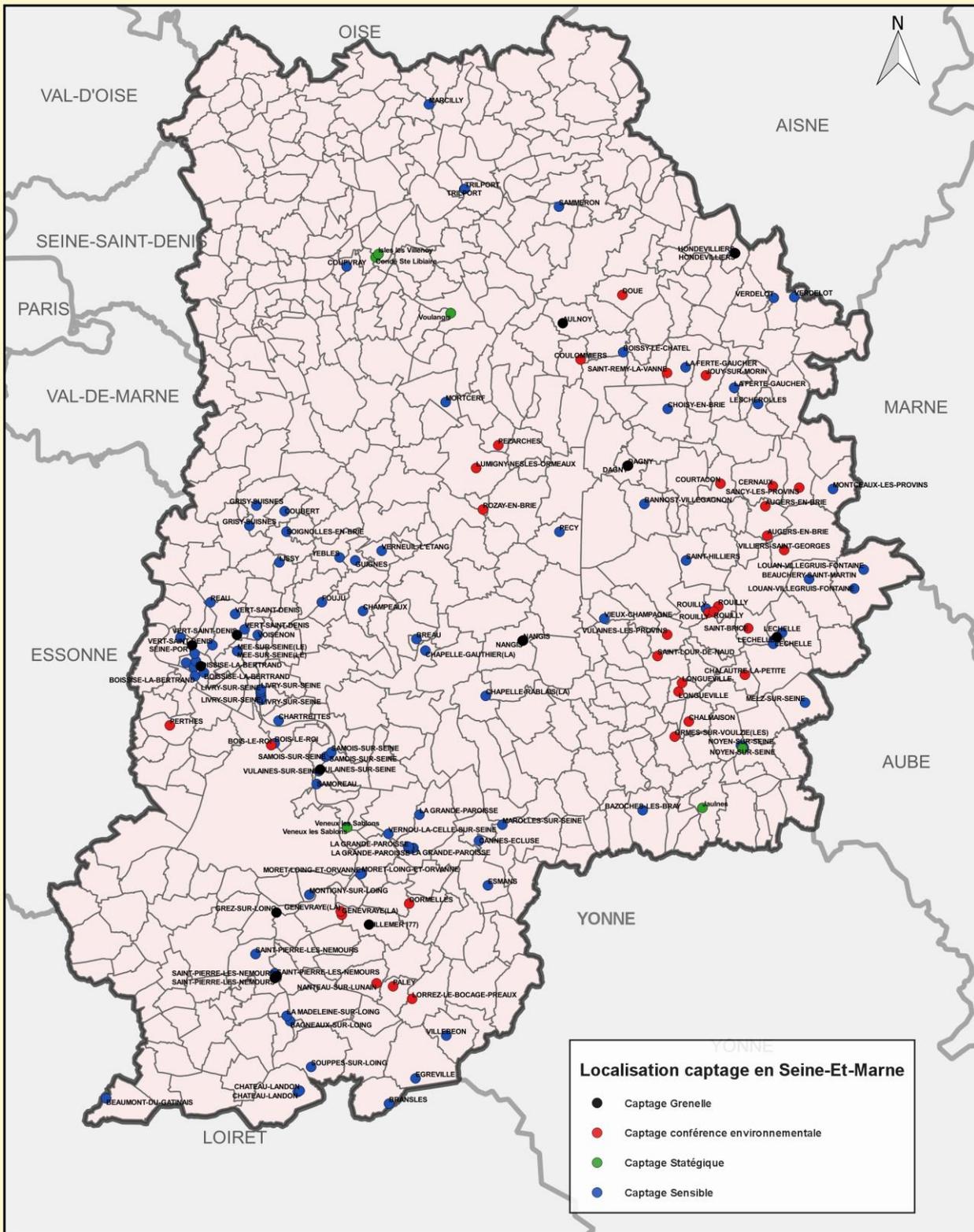
Une ressource à protéger

L'importante ressource en eau souterraine de la Seine-et-Marne est cependant vulnérable en qualité et quantité et nécessite la mise en œuvre d'actions de préservation.

Une limitation des volumes prélevés : les deux principales nappes de Beauce et du Champigny sont en situation de tension quantitative structurelle. Tous les prélèvements d'eau souterraine situés sur ces territoires classés Zone de Répartition des Eaux (ZRE) sont soumis à des règles spécifiques limitant ainsi les autorisations de volumes de prélèvements.

Les actions de protection sur les Aires d'Alimentation de Captages : la Seine-et-Marne est particulièrement concernée par la pollution des ressources en eau et la dégradation de la qualité notamment pour les paramètres pesticides et nitrates. Du fait du caractère diffus de ces pollutions, le Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) du bassin Seine-Normandie oriente les actions de lutte contre ces pollutions, prioritairement sur les Aires d'Alimentation des Captages (AAC) d'eau potable les plus polluées ou sensibles aux pollutions. La Seine-et-Marne compte 45 captages prioritaires à protéger des pollutions diffuses (13 captages au titre du Grenelle de l'environnement et 32 identifiés à la Conférence environnementale de 2013). Il faut y ajouter la liste des 19 captages stratégiques établie avec l'Agence Régionale de Santé, l'Agence de l'Eau Seine-Normandie, le Département et les services de l'État. La démarche consiste à identifier l'aire d'alimentation du captage (AAC), à l'intérieur de laquelle seront définis les programmes d'actions préventives sur la base d'un diagnostic territorial des pressions polluantes. Les collectivités responsables de la distribution de l'eau devront définir et mettre en œuvre le programme d'actions.

Carte de localisation des captages prioritaires et sensibles en Seine-et-Marne



Localisation captage en Seine-Et-Marne

- Captage Grenelle
- Captage conférence environnementale
- Captage Stratégique
- Captage Sensible



Source des données : DDT-77
 Fond cartographique numérique : BD Carto® © IGN

Conception-réalisation : DDT77/SEPR/PPE
 Date : 13/11/2018 Echelle : 1/500 000

Carte de localisation des captages prioritaires et sensibles en Seine-et-Marne (Source : DDT 77)

2) Les systèmes d'alimentation en eau potable

Lancé en 2006 dans le cadre du premier Plan Départemental de l'Eau (PDE), le Schéma d'Alimentation en Eau Potable (SDAEP) qualité avait pour but principal de rétablir la conformité de l'eau potable pour l'ensemble de la population seine-et-marnaise. Les actions mises en place dans le cadre de ce schéma ont notamment inclus des mises en conformité d'ouvrages de production et d'usines de traitement et ont permis à plus de 108 000 habitants du département de retrouver une eau potable conforme à la fin du premier Plan, et 72 000 de plus à la fin du deuxième Plan.

Dans le cadre du 3ème PDE signé en 2017, les différents partenaires du Plan et acteurs de l'eau sur le territoire de Seine-et-Marne ont souhaité initier un Schéma Départemental d'Alimentation en Eau Potable (SDAEP) secours afin de permettre une alimentation sécurisée sur l'ensemble du département. En effet, si la protection des ouvrages de production permet d'obtenir une eau de bonne qualité, il faut aussi que les réseaux soient en mesure de la distribuer au consommateur de manière efficace et continue.

Ce nouveau schéma a donc pour but d'aider les collectivités à mettre en place des solutions permettant une continuité de distribution lorsque la qualité de l'eau ou le réseau se trouvent soudainement compromis.

Afin de pouvoir mener une évaluation efficace et à la fois pertinente des différents réseaux d'eau potable présents sur le territoire pour pouvoir ensuite établir des programmes de sécurisation sur chaque secteur, le choix de regrouper les réseaux partageant certaines caractéristiques en termes de ressources, de gestion et de moyens a été fait ; en effet, deux communes étant alimentées par le même forage, étant gérées par le même délégataire et/ou étant par exemple interconnectées dans le cadre d'une convention entre deux syndicats pour des mélanges d'eau, gagnent à être considérées comme une seule entité lorsque la problématique du secours se pose. Cela permet aussi de réduire le nombre d'entités pour lesquels des mesures doivent être étudiées et ainsi contribuent à la mutualisation des moyens pour la mise en place d'actions.

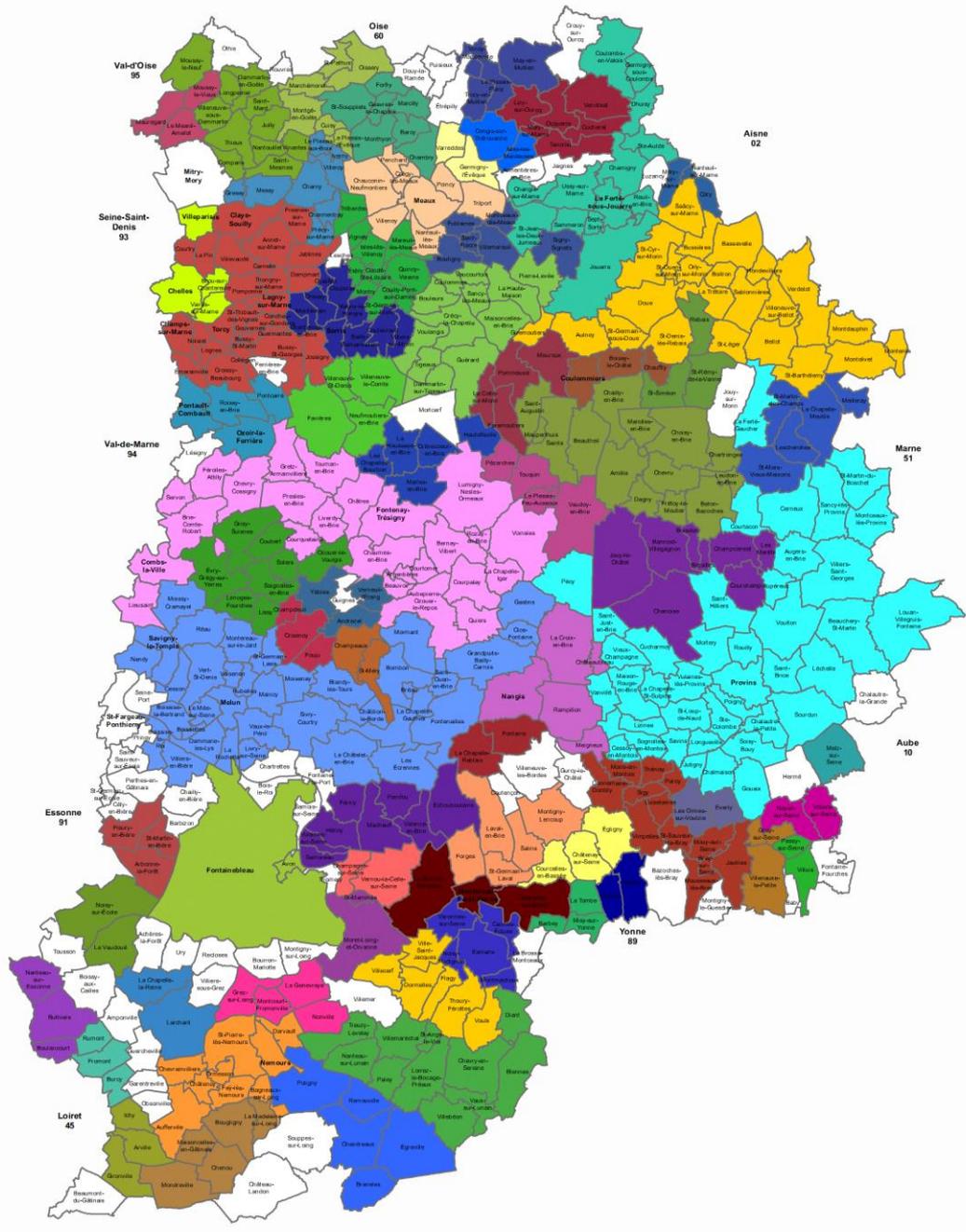
Grâce à la mutualisation de données recueillies auprès de l'ARS, de la DDT, de l'Agence de l'eau et du Département, une première carte, permettant de visualiser le paysage des systèmes d'alimentation d'eau potable potentiels sur le territoire, a pu être construite (c.f carte page suivante).

Cette carte permet ainsi d'observer comment les différents réseaux des communes sont interconnectés les uns aux autres et de fait alimentées via la même ressource (sur la base d'au moins 90 % de l'alimentation provenant de cette ressource).

SAEP = Système d'Alimentation en Eau Potable

LES SYSTEMES D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE

Juin 2018



- SAEP Arville
- SAEP Balloy-Gravon
- SAEP Bannost
- SAEP Barbey
- SAEP Bassée-Montois
- SAEP Boulogny
- SAEP Brie Boisée
- SAEP Brie Centrale
- SAEP Cannes-Ecluse
- SAEP Champagne-sur-Seine-Vernou
- SAEP Champdeuil-Crisenoy-Fouju
- SAEP Champeaux-Saint-Méry
- SAEP Chatenay-sur-Seine
- SAEP Ciry (Sainte Aude)
- SAEP Condé-Sainte-Libiaire
- SAEP Congis - Isles-les-Meldeuses
- SAEP Coulommiers
- SAEP Crécy-la-Chapelle
- SAEP D'huis et Annet
- SAEP Fleury-en-Bière (Saint-Martin-en-Bière)
- SAEP Fontainebleau
- SAEP Fromont
- SAEP Goële
- SAEP Grez-sur-Loing
- SAEP Grisy-sur-Seine-Villeneuve
- SAEP Gués de l'Yerres
- SAEP La Houssaye
- SAEP La-Chapelle-Rablais-Fontains
- SAEP Larchant
- SAEP Le Mesnil-Amelot
- SAEP Le Mériot (10)
- SAEP Le Plessis-Placy
- SAEP Les Ormes
- SAEP Meaux
- SAEP Melun
- SAEP Montereau
- SAEP Montigny-Lencoup (Marolles-sur-Seine)
- SAEP Moret-Loing-Orvanne
- SAEP Nangis
- SAEP Noisy-sur-Ecole-Le-Vaudoué
- SAEP Noyen-sur-Seine
- SAEP Ourcq
- SAEP Passy-sur-Seine-Villuis
- SAEP Pays Fertois
- SAEP Pays de Nemours
- SAEP Proinois (Futur)
- SAEP Région de Buthiers
- SAEP Région de Touquin
- SAEP SEDIF
- SAEP SIVOM de Boutigny
- SAEP SNE1
- SAEP SNE2
- SAEP SNE3
- SAEP Saint-Martin-des-Champs
- SAEP Moret-Loing-Orvanne
- SAEP Thérouanne Nord
- SAEP Thérouanne Sud
- SAEP Vallée de l'Orvanne
- SAEP Vareddes-Germigny-l'Evêque
- SAEP Verneuil-l'Étang
- SAEP capture Torcy + annet
- SAEP du PSB (Bagneaux-sur-Loing)
- SAEP du bocage (Paley - Iorrez)
- SAEP ex CC Seine et Forêt
- SAEP ex CCPMF
- SAEP usine d'Annet-sur-Marne
- SAEP à la commune

Cartographie : Département de Seine-et-Marne - 2017
Sources : Département de Seine-et-Marne - SIG -



©Département de Seine-et-Marne - 2017

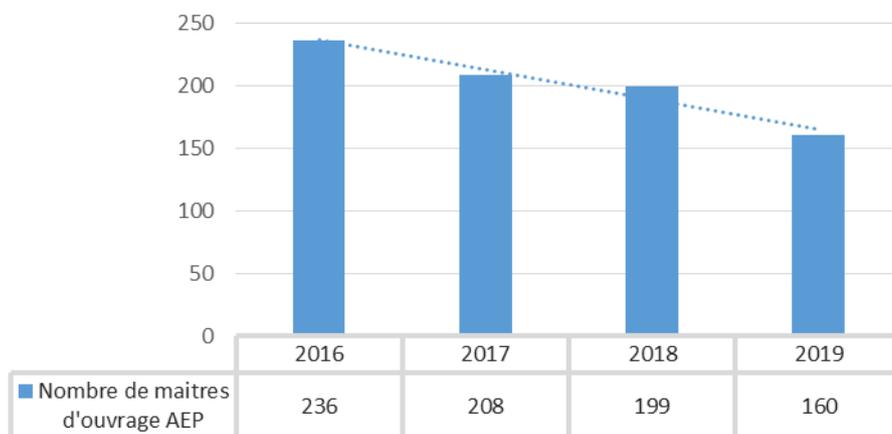
B. Le service public d'eau potable en Seine-et-Marne

En application de l'article L. 2224-7 du code général des collectivités territoriales, constitue un service public d'eau potable « tout service assurant tout ou partie de la production par captage ou pompage, de la protection du point de prélèvement, du traitement, du transport, du stockage et de la distribution d'eau destinée à la consommation humaine ».

La commune ou l'Établissement Public de Coopération Intercommunale (EPCI) gère le service public de l'eau en régie ou en gestion indirecte. Dans le cas de la gestion en régie, la collectivité exécute le service public de l'eau directement par ses propres moyens en personnel et en matériel avec, le cas échéant, un ou plusieurs marchés publics (régie ou régie avec prestation de service). La collectivité peut aussi opter pour la gestion indirecte, c'est-à-dire confier la globalité de l'exécution du service à un tiers sous la forme d'une « convention de service » selon l'ordonnance du 29 janvier 2016 et le décret du 1^{er} janvier 2017 qui englobe, sans les faire disparaître, les catégories traditionnelles en matière de délégation de service public (concession, affermage, régie intéressée).

La loi NOTRe de 2015 portant sur la nouvelle organisation territoriale de la République accroît le rôle des EPCI en matière de gestion du service public de l'eau. Elle prolonge la réforme territoriale mise en place par la loi Maptam en instaurant, selon un calendrier progressif, le transfert de cette compétence aux Établissements Publics de Coopération Intercommunale à fiscalité propre. Cette nouvelle organisation a pour conséquence de réduire le nombre de maitres d'ouvrage. Ainsi en Seine-et-Marne, le nombre de maitres d'ouvrage pour l'alimentation en eau potable a fortement diminué depuis 2016 comme l'indique le graphe ci-dessous.

Évolution du nombre de maitres d'ouvrage AEP en Seine-et-Marne



Source DDT77

II. État des lieux des captages d'eau potable en Seine-et-Marne

A. Les caractéristiques des captages d'eau potable

Un forage peut être réalisé en employant diverses méthodes. Les principales techniques de foration sont : le havage, le battage, le rotary, la tarière, le marteau fond de trou.

Le choix de la technique de foration utilisée dépend :

- Des caractéristiques géologiques des terrains : roches dures et massives, roches tendres et friables...
- De la profondeur à atteindre
- Du diamètre souhaité.

La garantie de qualité et de pérennité de l'ouvrage est conditionnée par :

- Le choix d'équipements appropriés : cuvelages, tubages, crépines, drains...
- Les caractéristiques des matériaux tubulaires adaptées à l'ouvrage, aux milieux traversés et à la qualité des eaux souterraines : épaisseur, résistance à la pression et à la corrosion.

Afin d'éviter tout mélange d'eau entre les différentes formations aquifères rencontrées, lorsqu'un forage traverse plusieurs formations aquifères superposées, sa réalisation doit être accompagnée d'un aveuglement successif de chaque formation aquifère non exploitée par cuvelage et cimentation.

Dans l'exemple ci-dessous l'ouvrage est réalisé en deux étapes avec aveuglement par cimentation au niveau de la couche imperméable séparant les deux aquifères. Après un temps de prise, le forage est poursuivi en diamètre réduit dans la nappe inférieure à capter.

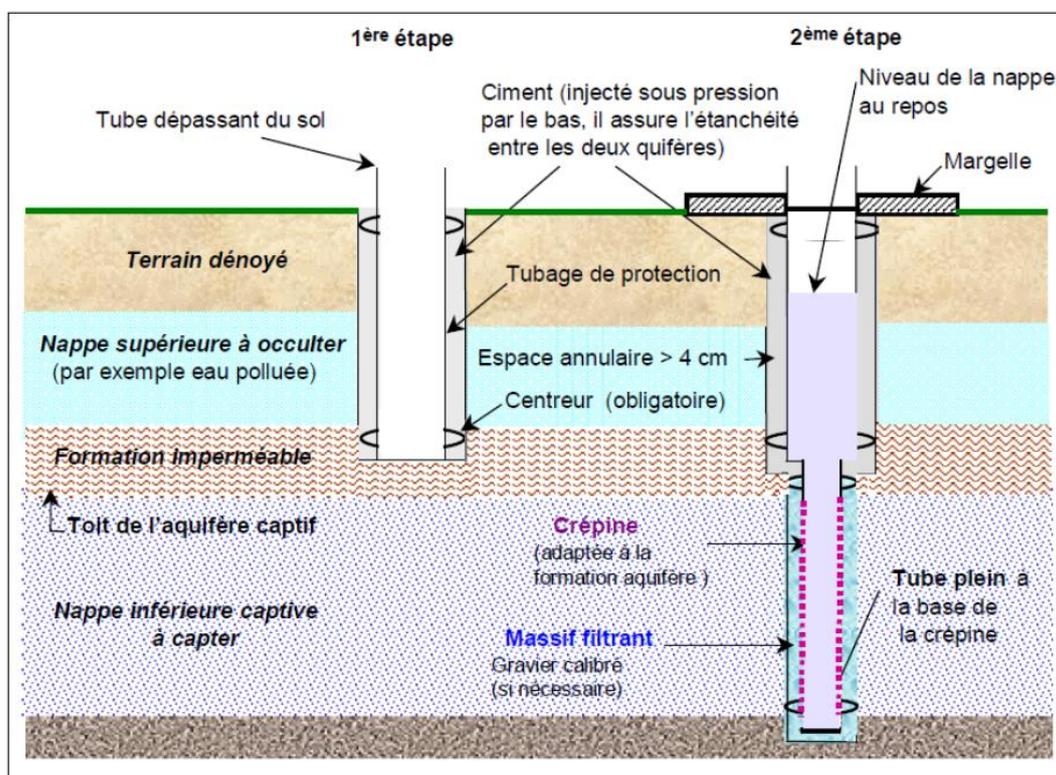


Schéma de l'équipement d'un Forage réalisé en deux étapes avec aveuglement par cimentation au niveau de la couche imperméable séparant les deux aquifères poursuivi en diamètre réduit dans la nappe inférieure à capter.
(Source BRGM Guide d'application arrêté du 11 septembre 2003)

Le tubage et la colonne de refoulement

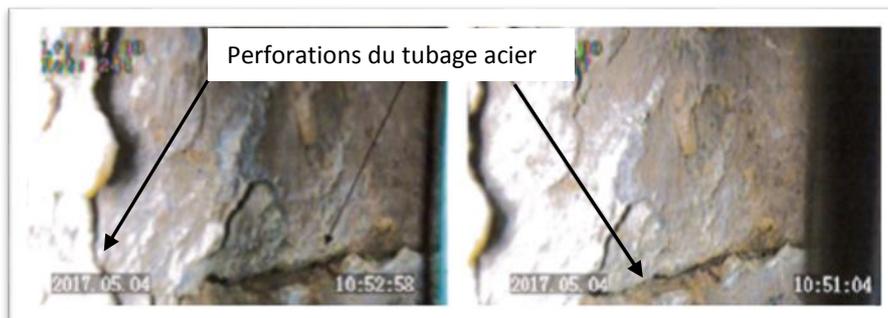
Le tubage permet de maintenir les parois du captage et de bloquer les eaux non captées. Le tubage peut être en Polychlorure de Vinyle (PVC), en acier ou acier inoxydable.

➤ Les tubages en acier et inox

Le tubage en acier est résistant mais il peut subir des corrosions. L'inox a par contre la propriété d'être peu sensible à la corrosion et de ne pas se dégrader en rouille.

Par ailleurs, les éléments de tubages et/ou crépines sont soudés ou vissés entre eux et peuvent avec le temps présenter des perforations.

Les illustrations suivantes permettent d'observer des phénomènes de perforations d'un tubage acier et de corrosion d'une colonne de refoulement.



*Exemple de perforation d'un raccord soudé de tubage acier avec entrée d'eau parasite à 17,7 m
Extrait rapport passage caméra forage AEP avant réhabilitation*



Ancienne colonne de pompage corrodée à raccord boulonné



Nouvelle colonne de pompage inox à raccord rapide ZSM

La colonne de refoulement peut également être corrodée et son remplacement est dans ce cas nécessaire. Il est recommandé d'installer une colonne de refoulement en inox à raccord de type ZSM pour s'affranchir des brides boulonnées qui prennent de la place et sont difficiles à démonter.

➤ Les tubages en Polychlorure de vinyle (PVC)

Le tubage en (PVC) quant à lui résiste bien à la corrosion cependant il ne peut pas être utilisé pour des captages profonds et de grands diamètres car il est fragile. De plus le PVC hors de l'eau peut vieillir et se fendre.

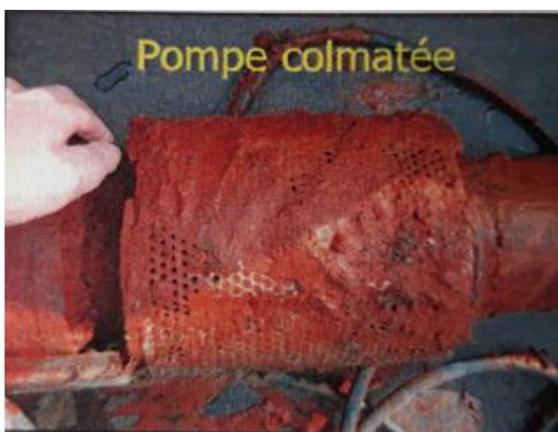
La crépine et la pompe

La crépine est un tube perforé permettant d'assurer la venue d'eau dans le forage tout en bloquant les substances. Il existe plusieurs types de crépines définies en fonction du type d'ouvertures et de ses natures différentes en acier ou en PVC. Elles se choisissent en fonction de la granulométrie du milieu et de la capacité de la pompe de prélèvement.

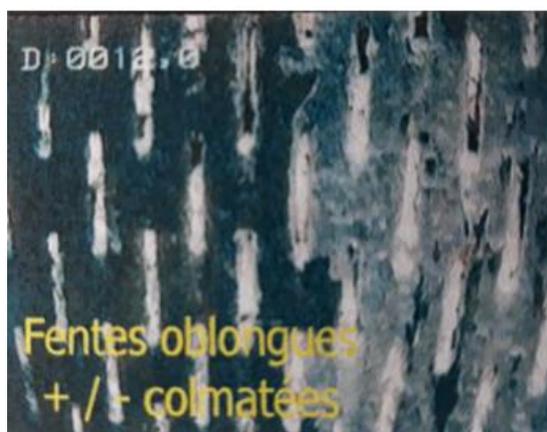
Les crépines et les pompes immergées peuvent subir des processus de colmatage bloquant les arrivées d'eau. Ce phénomène peut provenir de différentes causes et se manifeste différemment en fonction de la nature de la nappe captée et des matériaux du captage.

Les différents types de colmatage sont :

- le colmatage physique qui se manifeste par un remplissage de la crépine par des particules d'argiles ou de sables fins.
- le colmatage chimique qui provient principalement des incrustations des précipitations d'oxyde de fer.
- le colmatage bactérien qui se produit par adhérence d'éléments filamenteux ou gélatineux sur les crépines, la pompe ou les canalisations. Ce type de colmatage est en général dû aux bactéries du fer et du manganèse.
- le colmatage provenant de phénomènes diélectriques provoqués par le contact de différents matériaux du captage.



Colmatage d'une pompe par des oxydes de fer



Colmatage physique d'une crépine

La cimentation

Afin d'éviter tout mélange d'eau entre les différentes formations aquifères rencontrées et protéger la tête de forage contre les éventuelles pollutions par la surface, il faut procéder à une cimentation de l'espace annulaire sur une profondeur de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres.

ATTENTION !

Dans le cas d'une superposition de formations aquifères séparées les unes des autres par des couches très peu perméables, la nappe supérieure, vulnérable, peut être contaminée par les activités de surface. La nappe sous-jacente qui est séparée de la précédente par une couche peu perméable est a priori préservée de toute pollution. Toutefois, si sa pression est inférieure à celle de la première nappe ou dans le cas d'une mise en communication du fait d'une cimentation défectueuse, il peut y avoir transfert d'eau et donc de polluant de la nappe supérieure vers la nappe inférieure.

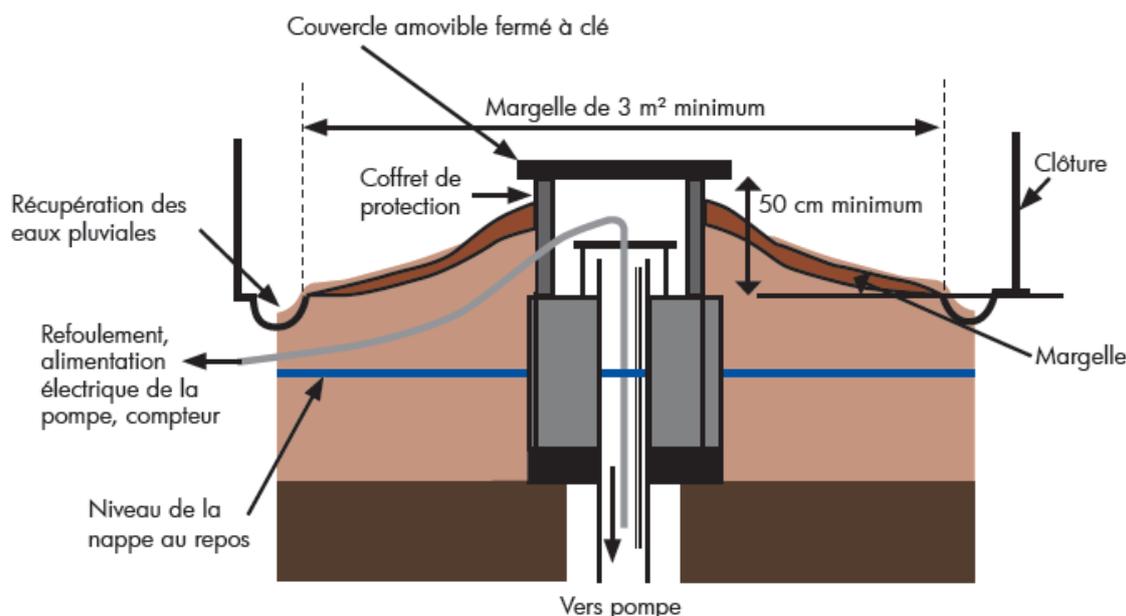
Le massif filtrant

Pour améliorer la protection vis-à-vis des fines de l'aquifère un massif de gravier peut être mis en place entre la crépine et la couche aquifère. Ce filtre artificiel doit présenter la plus forte granulométrie

possible, tout en s'opposant au passage de la plus grande partie des éléments du terrain. Le massif filtrant doit être constitué d'un gravier siliceux, roulé, propre, calibré et homogène. Il doit être chimiquement stable, avoir une forte porosité d'interstice et un faible coefficient d'uniformité.

L'équipement de la tête d'un forage

Dans la même optique de protection des eaux captées par le forage vis-à-vis des pollutions par les eaux de ruissellement, la réglementation impose la présence d'une margelle bétonnée étanche d'au moins 30 centimètres au-dessus du terrain naturel (TN) et d'une surface minimale de 3 m² ou la présence d'un local situé à 50 centimètres au-dessus du terrain naturel.



*Protection de la tête d'un forage
Extrait guide d'application arrêté 11 septembre 2003 – MEDD*

Par ailleurs, une protection spécifique est prescrite pour les captages situés en zone inondable : la tête ou le local doivent être étanches et se situer au-dessus du niveau des Plus Hautes Eaux Connues (PHEC) pour prévenir toutes infiltrations des eaux de surfaces en cas d'inondation.

Les illustrations suivantes donnent des exemples d'aménagement de captages pour la sécurisation inondation.



*Les repères de crues historiques ou **Plus Hautes Eaux Connues (PHEC)** sont importants dans le dispositif de prévention et d'information face au risque inondation, car ils permettent d'apporter concrètement un élément visuel et précis sur les menaces d'inondation.*

Champ captant des Capucins – Ville de Coulommiers



Trappe d'accès étanche sur margelle béton



Tête de forage étanche dans la chambre de comptage

B. La réglementation

L'utilisation d'un captage destiné à la consommation humaine pour l'alimentation d'une collectivité publique est soumise à de nombreuses réglementations :

- **Autorisation préfectorale de distribuer l'eau destinée à la consommation humaine** au titre du Code de la Santé Publique.
- **Autorisation ou déclaration de prélèvement** au titre du Code de l'Environnement.
- **Déclaration d'utilité publique** au titre du Code de la santé Publique (Périmètres de protection) et du Code de l'Environnement (Dérivation des eaux) et conformément aux dispositions du Code de l'Expropriation.
- **Arrêté du 11 septembre 2003 fixant les prescriptions générales applicables au sondage, forage, création de puits ou d'ouvrage souterrain** soumis à déclaration en application des articles L. 214-1 à L. 214-3 du code de l'environnement et relevant de la rubrique 1.1.1.0 de la nomenclature annexée au décret n° 93-743 du 29 mars 1993 modifié.

Les périmètres de protection des captages AEP

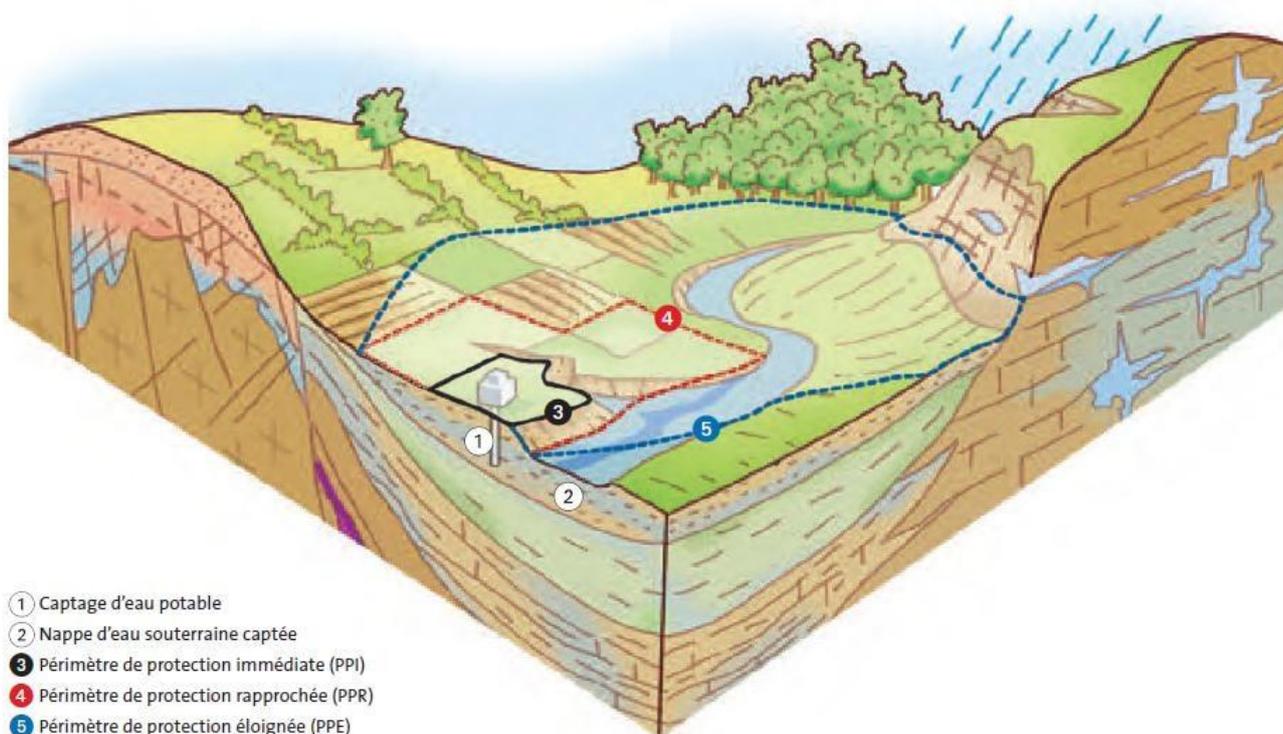
Les captages d'eau utilisés pour l'alimentation en eau potable doivent disposer de périmètres de protection assortis de prescriptions en termes d'activités et d'utilisation des sols. La procédure d'établissement de ces périmètres comprend une étude hydrogéologique et d'environnement préalable au rapport de l'hydrogéologue agréé lui-même nommé par l'Agence Régionale de Santé. Dans la deuxième phase administrative, après établissement des plans et états parcellaires, une enquête publique a lieu avant passage du projet d'arrêté préfectoral au Conseil Départemental de l'Environnement et des Risques Sanitaires et Technologiques (CODERST).

Les périmètres de protection correspondent à une délimitation de parcelles autour des captages d'eau potable. Ils doivent être intégrés aux Plan Local d'Urbanisme et à la liste des servitudes des documents d'urbanisme. Ils ont pour objectif principal de protéger les captages des pollutions accidentelles.

Trois périmètres peuvent être définis pour protéger un captage AEP.

- **Le périmètre de protection immédiate** correspond à la parcelle d'implantation du captage. Il doit être acquis en pleine propriété par le maître d'ouvrage. Clôturé pour éviter toute intrusion, son rôle est d'empêcher la détérioration des installations et le déversement de substances polluantes à proximité du lieu de prélèvement. Hormis les opérations d'entretien, aucune activité n'est permise.
- **Le périmètre de protection rapprochée** est plus étendu, et toute activité susceptible de générer une pollution peut y être interdite ou encadrée par des prescriptions particulières (construction, activité, dépôts, ...). Il correspond à la zone d'appel du captage dont la surface varie suivant le type d'aquifère (nappe captive ou aquifère karstique...).
- **Le périmètre de protection éloignée** n'est pas obligatoire et ne peut pas faire l'objet d'une réglementation spécifique des activités. Il peut en revanche être nécessaire pour initier des actions visant à protéger la ressource contre les pollutions diffuses et sa délimitation correspond à la zone d'alimentation du captage.

Schéma des périmètres de protection d'un captage AEP



- ① Captage d'eau potable
- ② Nappe d'eau souterraine captée
- ③ Périmètre de protection immédiate (PPI)
- ④ Périmètre de protection rapprochée (PPR)
- ⑤ Périmètre de protection éloignée (PPE)

Source BRGM

Les prélèvements

Les captages publics d'eaux destinées à la consommation humaine font partie des Installations, Ouvrages, Travaux et Activités (IOTA) susceptibles d'avoir un effet quantitatif ou qualitatif sur la ressource en eau. La réglementation impose, suivant les rubriques « nomenclature eau », aux maîtres d'ouvrage de déposer auprès de la Mission Interservices de l'Eau et la Nature (MISEN) une demande d'autorisation ou de déclaration préalable à tout prélèvement.

Le dossier de demande est soumis à déclaration ou autorisation en fonction des volumes prélevés, de sa situation géographique (Zone de Répartition des Eaux, Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique...), du type d'aquifère prélevé (nappe d'accompagnement de cours d'eau). Dans le cas d'un projet soumis à autorisation, le dossier comprend un document d'incidence ou une étude d'impact et doit être dans tous les cas soumis à enquête publique.

L'arrêté du 11 septembre 2003

L'arrêté interministériel « forages » publié le 11 septembre 2003, contient les règles techniques minimales permettant d'exécuter un ouvrage soumis à déclaration ou autorisation au titre de l'article L. 214-3 du code de l'environnement dans le respect de la protection des eaux souterraines. Cet arrêté et son guide d'application relèvent de la rubrique 1.1.0 de la nomenclature eau : sondage, forage, puits, ouvrages souterrains non domestiques (prélèvement supérieur à 1000 m³/an). Ils fixent les prescriptions générales à suivre pour la réalisation, la surveillance, la maintenance et l'abandon d'un forage AEP.

Les **articles 3 à 10** décrivent les dispositions techniques spécifiques pour les conditions d'implantation, de réalisation et d'équipement. Ces préconisations visent à garantir la stabilité et la pérennité du forage.

L'article 11 indique les conditions de surveillance de l'état d'un captage : « *Les forages, puits, ouvrages souterrains utilisés pour la surveillance ou le prélèvement d'eau situés dans les périmètres de protection des captages d'eau destinée à l'alimentation humaine et ceux qui interceptent plusieurs aquifères superposés, doivent faire l'objet d'une **inspection périodique, au minimum tous les dix ans**, en vue de vérifier l'étanchéité de l'installation concernée et l'absence de communication entre les eaux prélevées ou surveillées et les eaux de surface ou celles d'autres formations aquifères interceptées par l'ouvrage. Cette inspection porte en particulier sur l'état et la corrosion des matériaux tubulaires (cuvelages, tubages ...). Le déclarant adresse au préfet, dans les trois mois suivant l'inspection, le compte rendu de cette inspection. Dans les autres cas, le préfet peut, en fonction de la sensibilité de ou des aquifères concernés prévoir une inspection périodique du forage, puits, ouvrage souterrain dont la réalisation est envisagée et en fixer la fréquence* ». Extrait de l'arrêté du 11 septembre 2003 chapitre II, section 3.

C. Le patrimoine de captages d'eau potable en 2017

1) Méthodologie

Cette étude vise à faire un état des lieux ponctuel des captages d'eau potable actifs du département. Ainsi, le recueil des données a été réalisé pour l'année 2017 sur les 245 captages publics d'eau souterraine, situés en Seine-et-Marne, pour la production d'Eau Destinée à la Consommation Humaine (EDCH) des Seine-et-Marnais. Les captages de la Ville de Paris sont exclus de cette étude.

Les données collectées

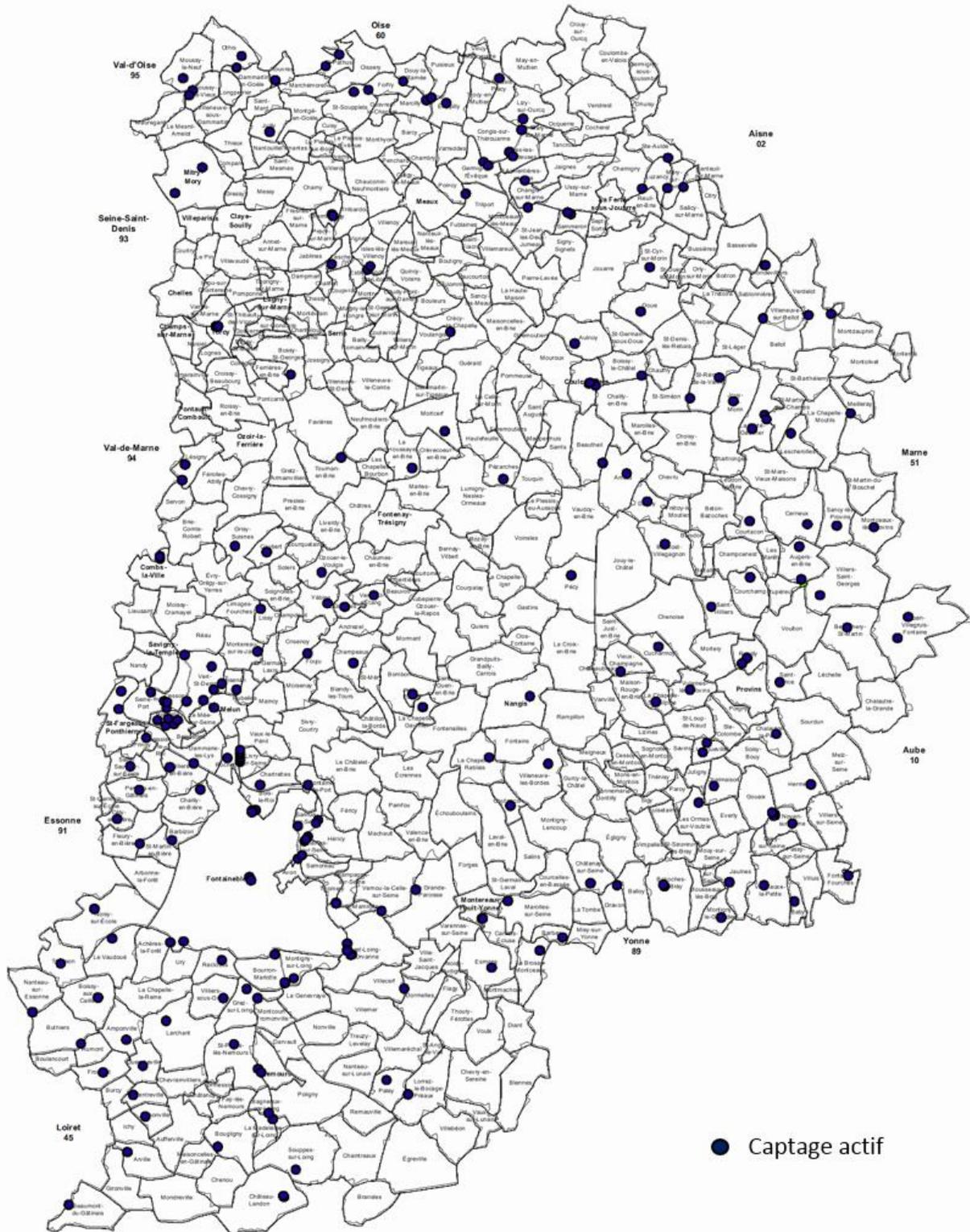
- Présentation et gestion du captage : nom, indice BSS, coordonnées Lambert II étendu et commune d'implantation, EPCI, maitres d'ouvrage et délégués.
- Règlementation : avancée de la procédure DUP, autorisations de prélèvement.
- Caractéristiques de l'ouvrage : date de mise en service, types d'ouvrage, nappe captée, sommet du puits, type de cuvelage et de tubage, niveau et type de crépines.
- Données de production : volume pompé annuel, débit spécifique, débit critique, débit moyen d'exploitation, débit de pointe, présence de sonde de niveau.
- Suivi des opérations : date des dernières inspections (caméra, cimentation), date dernier essai de débit, date diagraphies (micro moulinet, gamma-ray), date régénération, réhabilitation, changement de pompe.
- Problématique inondation : classement en zone inondable.

LES CHIFFRES CLES

Sur les 245 captages AEP étudiés :

- 102 maitres d'ouvrage production AEP
- 22 % des captages sont gérés en régie
- 78 % en Délégation de Service Public (DSP) : Véolia (43 %), SAUR (19 %), Suez (15 %), Aqualter (1 %).

Localisation des captages actifs en Seine-et-Marne 2017



©Département de Seine-et-Marne - 2017

Cartographie : Département de Seine-et-Marne - 2017
Sources : Département de Seine-et-Marne - SIG -



Les sources de données

Les données de gestion, réglementation et caractéristiques des captages proviennent des bases de données SISE-Eaux et Info Terre. Les données de production ont été collectées dans les rapports annuels (RPQS et RAD). Les données relatives aux diagnostics et travaux ont été renseignées après consultation de rapports d'étude et travaux, de dossiers de demandes de subventions et par envois de questionnaires aux maitres d'ouvrage et délégataires.

La base de données SISE-Eaux : la liste des 245 captages a été établie d'après la base de données SISE-Eaux de l'Agence Régionale de Santé. Cette base permet l'édition des bilans annuels info factures.

La base de données du sous-sol Info Terre (BRGM) : les données sur les ouvrages (forages, sondages, puits et sources) souterrains sont collectées et conservées par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) dans la base de données Info Terre. A partir de 1958, le code minier impose la déclaration de tous les ouvrages de plus de 10 mètres de profondeur.

Chaque ouvrage est identifié par un code Banque du Sous-Sol (BSS). La base contient des informations brutes à caractère administratif et géologique : nom du propriétaire, localisation, description des niveaux géologiques rencontrés, documents numérisés, équipement technique des ouvrages, etc.

Les Rapports Prix Qualité Service (RPQS) et Rapport des Délégataires (RAD) ont servi pour les volumes pompés annuellement. L'année 2016 correspond aux derniers rapports reçus. Cependant, certains rapports indiquent les volumes pompés par groupement de captages et dans ce cas les valeurs individualisées n'ont pas pu être collectées (93 % des volumes de pompage annuel renseignés).

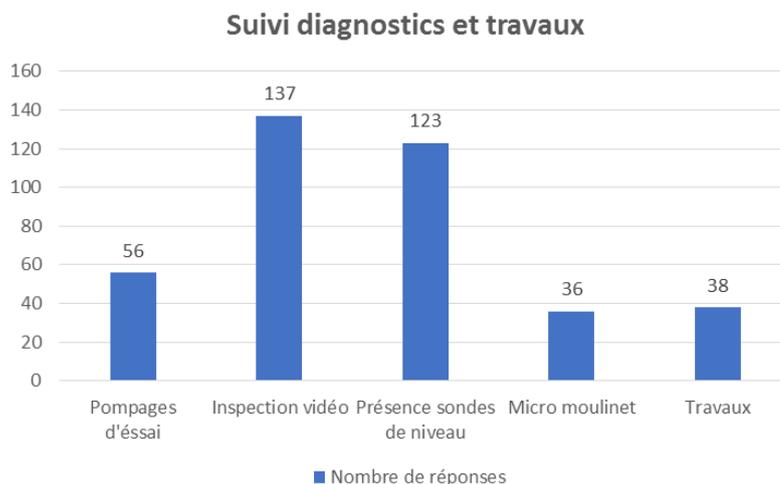
La base de données DUP captages : cette base de suivi des étapes de la procédure d'établissement des périmètres de protection des captages est gérée par l'Agence Régionale de Santé (ARS DT77).

Par ailleurs de nombreux documents ont été consultés :

- Les rapports des hydrogéologues agréés et les études DUP captages. Les études après 1990 présentent souvent un diagnostic complet des captages (inspection vidéo par exemple) et ont permis de collecter des informations sur l'état des ouvrages.
- Les documents en lien avec l'assistance technique départementale réalisé par les services du Département de Seine-et-Marne, les dossiers de demande de subventions et les archives des dossiers de recherche en eau (rapports d'études, diagnostics de captages, travaux...).
- Les documents d'archives de la Direction Départementale des Territoires relatifs à des réhabilitations d'ouvrages et des rapports de passage caméra.

Les maitres d'ouvrage et les délégataires : le nombre élevé de maitres d'ouvrage (102 maitres d'ouvrage) qui par ailleurs ont pu changer au cours des années, a compliqué la collecte des informations relatives aux diagnostics et travaux. Les délégataires ont également été interrogés sur les données suivantes : dates d'entretien, de maintenance et de travaux.

Le graphe présenté indique le taux de réponse par type de demande. Cela pose ainsi la question de l'archivage et de la transmission de l'information au maître d'ouvrage lors notamment des changements de délégataire ou de mode de gestion.



2) Age et typologie des ouvrages

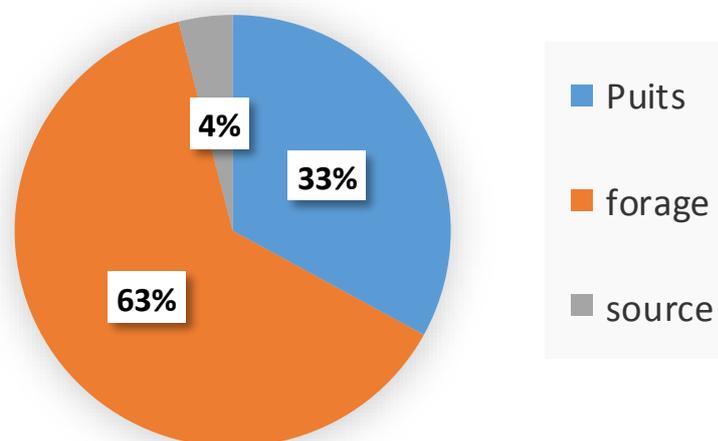
La répartition par type d'ouvrages (puits, forage ou source)

- **Les captages de sources** collectent généralement la ressource dans une chambre de réception soit directement, soit à l'aide de drains puis par écoulement gravitaire jusqu'à la station de pompage.
- **Les puits** ont une profondeur réduite et un diamètre compris entre 1 et 3 mètres. Ils captent les premières nappes plus vulnérables et ont une production assez faible.
- **Les forages** permettent de capter des nappes profondes mieux protégées.

Les captages en Seine-et-Marne sont pour la plupart des forages représentant 63 % des captages étudiés. Les puits quant à eux représentent 33 % des captages. Parmi ces puits 8 % sont des puits à barbacanes ou à drains. Enfin 4% des captages étudiés captent des sources.

Pour les sources et les puits de faibles profondeurs, les équipements sont simples et il suffit d'une inspection visuelle pour vérifier l'état des équipements. Par contre, dans le cas des puits et des forages profonds le diagnostic des équipements nécessite une inspection vidéo.

Répartition des captages d'eau potable souterraines par type d'ouvrage



CHIFFRES CLES

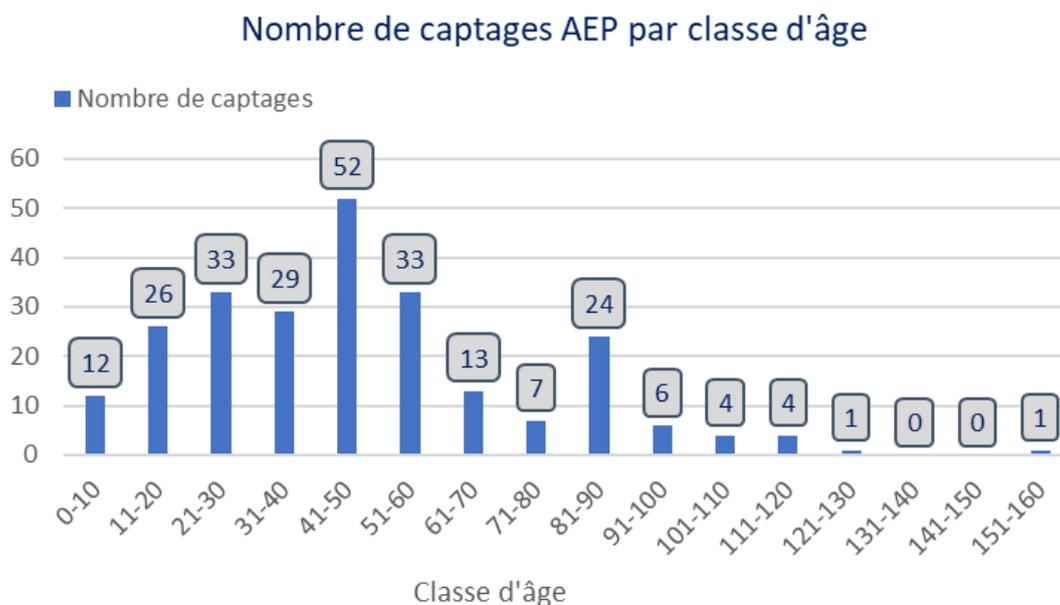
- 63 % des captages sont des forages avec une valeur médiane de profondeur de 62 mètres.
- 33 % des captages sont des puits avec une valeur médiane de profondeur de 11 mètres.
- Parmi les puits, 8 % sont des puits à barbacanes ou à drains.
- 4% des captages étudiés sont des captages de sources.

L'âge moyen des captages AEP

Les captages AEP sont majoritairement anciens avec la classe d'âge 41-50 ans qui est la plus représentée avec 52 captages. L'âge médian est de 45 ans avec un grand nombre de captages qui ont plus de 30 ans et très peu qui ont moins de 10 ans.

- 12 captages seulement ont moins de 10 ans.
- 176 captages ont plus de 30 ans (72%)
- 95 captages ont plus de 50 ans (39 %)

Le graphique ci-dessous illustre la répartition des captages par classes d'âge.



CHIFFRES CLES

- 45 ans est l'âge médian des captages actifs en Seine-et-Marne.
- 72 % des captages ont plus de 30 ans.

Les captages abandonnés pour l'alimentation en eau potable

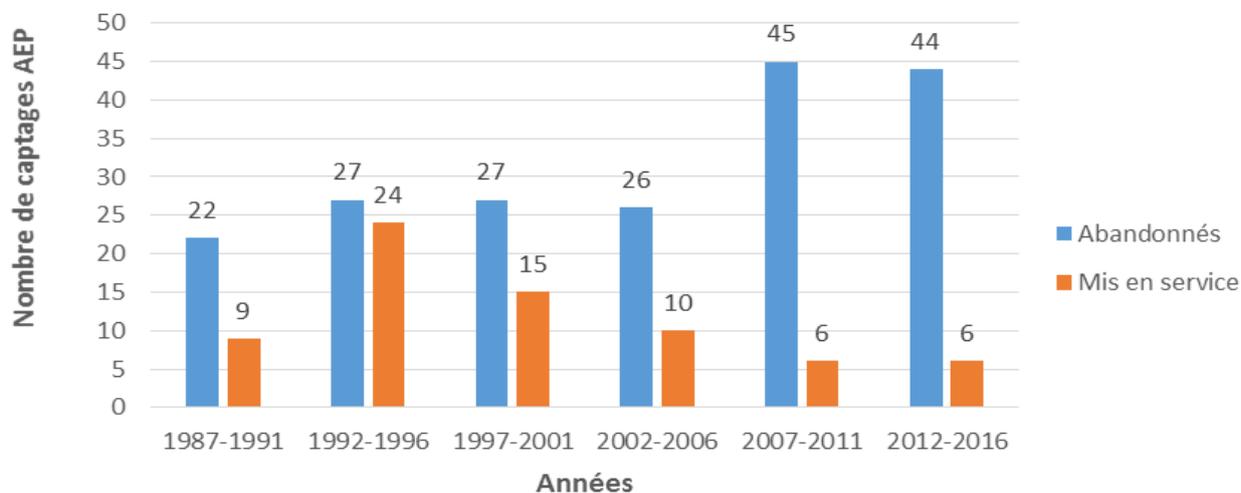
Sur le département, 322 captages sont recensés abandonnés pour l'alimentation en eau potable. Les 30 dernières années, 193 captages ont été abandonnés, la moyenne d'âge de ces captages au moment de la mise hors service est de 47 ans.

La répartition des motifs d'abandon pour ces captages est la suivante :

- 77 % qualité non conforme de l'eau (principalement paramètres nitrates et pesticides)
- 3 % ouvrage dégradé
- 9 % baisse de productivité
- 4 % rationalisation
- 7 % protection impossible

Le graphe ci-dessous compare le nombre de captages mis en service et abandonnés entre 1987 et 2016. Le nombre de captages abandonnés est systématiquement plus important que celui des captages mis en service.

Comparaison nombre de captages mis en service et abandonnés depuis 1987



Cependant, il faut préciser que les ouvrages réalisés depuis 1970 sont plus productifs avec des volumes d'exploitation plus importants :

- 59 % des captages de plus de 50 ans prélèvent un débit annuel inférieur à 50 000 m³/an
- 62 % des captages de moins de 20 ans prélèvent un volume annuel supérieur à 500 000 m³/an

CHIFFRES CLES

- 322 captages abandonnés pour l'AEP en Seine-et-Marne
- 193 captages AEP abandonnés depuis 30 ans
- 77 % des captages abandonnés pour motif de dépassement des normes de qualité de l'eau
- 47 ans, c'est la moyenne d'âge des captages au moment de l'arrêt d'exploitation

3) Diagnostic et travaux

Le parc des forages et puits étant vieillissant sur le département, il est indispensable de surveiller régulièrement ces ouvrages via la réalisation de diagnostics réguliers. Ces investigations permettent de prévenir toutes défaillances majeures qui entraîneraient l'interruption de la distribution de l'alimentation en eau potable (augmentation rapide de la concentration en polluants, perte importante de productivité, augmentation de la turbidité...).

Inspection vidéo

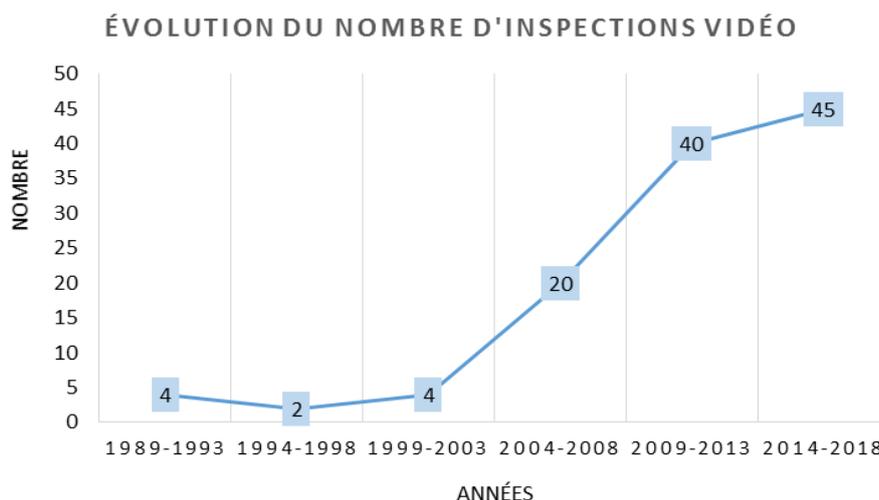
La réalisation d'une inspection vidéo permet de contrôler l'état des tubages intérieurs et de confirmer la coupe technique de l'ouvrage. Ainsi il est possible de mettre en évidence : des fissures du tubage, la présence de dépôts sur le tubage, de préciser le type et l'emplacement des crépines ainsi que l'observation de colmatage des crépines.

La caméra est portée par un câble coaxial blindé porteur et conducteur de l'alimentation électrique et du retour de l'image. Un boîtier de commande permet de visualiser en surface et en temps réel l'intérieur de l'ouvrage inspecté ainsi qu'à enregistrer la vidéo.



Cylindre d'acier contenant à sa base une caméra

On observe que le nombre d'inspection vidéo réalisé a augmenté à partir des années 2000 comme l'indique le graphe.



Diagraphie Température et Conductivité

Ce sont des enregistrements en continu dans le forage de la température et de la conductivité de l'eau. Les variations obtenues permettent d'apprécier et de localiser les différentes venues d'eau. Il est souvent intéressant de réaliser ces diagraphies avec et sans pompage, elles permettent de voir d'éventuels échanges entre niveaux productifs.

Diagraphie Micro moulinet

C'est un enregistrement qui permet de mesurer les vitesses de circulation des eaux au fur et à mesure de la descente dans le forage afin de localiser les zones productives. Pour cela la sonde est équipée d'hélices calibrées. En fonction du nombre de tour par secondes de l'hélice et du diamètre de l'ouvrage, on peut localiser simplement l'augmentation de la vitesse et ainsi détecter les zones les plus productives. La diagraphie micro moulinet doit être faite en pompage afin de mobiliser la ressource en créant une vitesse de circulation suffisante dans l'ouvrage pour que les variations puissent être détectées.

Contrôle de la cimentation

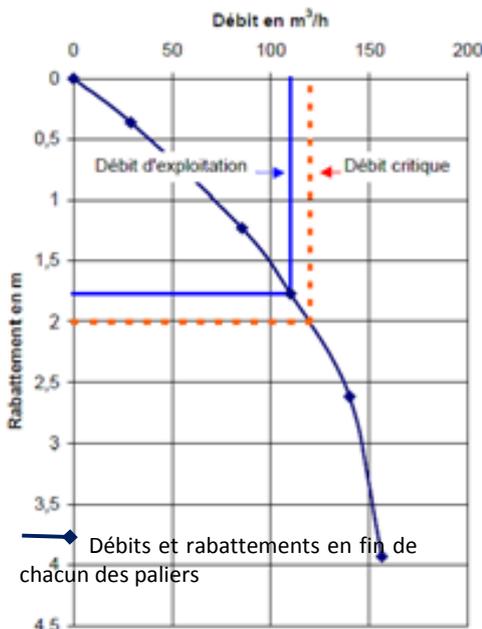
Ces investigations auront pour but le contrôle de la cimentation des ouvrages (présence/absence/état du ciment). La cimentation a pour objectif de préserver la qualité des eaux en empêchant les infiltrations des eaux de ruissellement de surface vers la nappe ainsi que les communications entre nappes d'eau de qualités différentes.

Il existe deux méthodes différentes pour réaliser ce contrôle :

- **La diagraphie Contrôle des niveaux de cimentation ou CBL** est réalisable uniquement en immersion. Il s'agit d'une onde ultra sonore réfléchi sur la surface du tubage. En fonction du taux d'atténuation on en déduit la qualité du ciment.
- **La méthode de mesure de la densité gamma-gamma** est utilisée lorsque la partie à contrôler se trouve au-dessus du niveau statique. En bas de sonde est fixée une source de césium qui émet de manière continue un rayon gamma. Ce rayonnement pénètre dans les formations autour de la sonde et deux capteurs mesurent les impulsions produites par les rayons gamma.

Vérification de la productivité de l'ouvrage

La mise en œuvre de pompage d'essai par palier permet de s'assurer de la capacité de production de l'ouvrage et par comparaison avec les résultats initiaux de contrôler l'état de vieillissement du captage. Ce type d'essai est réalisé en débits croissants de durée constante (paliers). L'essai permet également de déterminer le débit à ne pas dépasser en cours d'exploitation (débit critique) sous peine de détérioration de l'ouvrage et le débit d'exploitation optimum. Les tests consistent en 3 à 5 pompages à débit croissant mais de durée constante (1 à 2 h) espacés d'un temps d'arrêt au moins équivalent permettant à la nappe de retrouver son niveau d'équilibre initial. La durée est à moduler en fonction du débit escompté. Le pompage doit être accompagné de la mesure simultanée des niveaux d'eau dans le forage.



Extrait Guide d'application de l'arrêté interministériel du 11/9/2003 Fiche 8 – Tests de pompages

La courbe caractéristique montre une pente régulière dans sa partie initiale et une partie terminale qui s'incurve. La partie incurvée révèle des turbulences dans l'écoulement de l'eau souterraine vers la pompe qui, à terme peuvent endommager celle-ci, déstabiliser le massif de gravier et provoquer l'apparition d'eau turbide. Il convient donc de ne pas dépasser un débit critique que l'on situe graphiquement au point d'inflexion de la courbe caractéristique. Le débit d'exploitation sera fixé à 10 % en dessous de ce débit critique.

D'autres facteurs peuvent également conduire à réduire le débit d'exploitation : ne pas dénoyer les crépines ni la pompe (contrainte sur le rabattement) et respecter les éventuelles contraintes liées à l'influence du forage sur les puits voisins. L'arrêté fixe à 3 le nombre minimum de paliers mais il est évident que plus le nombre de paliers sera grand, meilleure sera la détermination du débit optimum.

Le débit spécifique est également un indicateur de l'état de l'ouvrage. C'est le rapport du débit pompé dans le captage sur la hauteur de rabattement dans l'ouvrage. Une baisse de 15 à 20 % de sa valeur peut alerter l'exploitant sur un dysfonctionnement de l'ouvrage. Pour le suivi du débit spécifique, il est donc nécessaire d'installer une sonde de niveau dans les captages pour suivre le niveau piézométrique.

- **Cette étude a montré que plus de la moitié des captages ne sont pas équipés de sondes de mesure de niveau comme le préconise l'arrêté du 11 septembre 2003.**

Afin d'anticiper les problèmes d'alimentation en eau potable liées à une défaillance de l'ouvrage, il est recommandé selon l'arrêté du 11 septembre 2003 de mettre en œuvre à minima les opérations de diagnostic comme indiqué dans le tableau ci-dessous (Guide d'application Fiche 10 Surveillance de l'état de l'ouvrage).

OPÉRATIONS DE DIAGNOSTIC	FRÉQUENCES
Inspection vidéo	10 ans
Diagraphie de contrôle de cimentation	10 ans
Contrôle des pertes de charge de l'ouvrage	semestrielle
Contrôle des paramètres électriques de la pompe	trimestrielle
Contrôle des sondes de niveau	trimestrielle
Contrôle de la colonne d'exhaure	Chaque montée de la pompe
Contrôle de l'étanchéité de la tête de forage	annuelle

Travaux de régénération et de réhabilitation

A l'issue du diagnostic du captage des consignes d'entretien, de travaux, de mise en conformité ou d'abandon peuvent être prescrites. Avant toute intervention, et notamment pour un décolmatage, il convient d'établir un diagnostic sur la base au minimum d'un essai de pompage, d'une mesure du pH de l'eau et d'une analyse des dépôts dans les conduites le cas échéant, (boues, tartre, sable ou gravier filtre...).

La régénération consiste à réaliser des opérations de nettoyage/décolmatage n'impliquant pas de modification de la structure du forage. Préalablement à la régénération, il faut identifier la problématique (développement de bactéries, encroûtement par des dépôts de carbonates ou de métaux (Fe, Mn), obturation par des dépôts détritiques ou argileux...) afin de définir le protocole de régénération. Ces opérations consistent en un traitement mécanique, un traitement chimique et un traitement par ondes de choc.

- **Les traitements mécaniques classiques** : le procédé Air-lift, le pistonnage, le brossage.
- **Les traitements chimiques classiques** par les acides minéraux ou organiques, les désinfectants comme l'eau de Javel ou l'eau oxygénée ou les actions combinées : agents mouillants, séquestrants (polyphosphates), surfactants...
- **Le traitement par ondes de choc** par l'expansion soudaine d'un gaz (air, azote).

Le tableau suivant synthétise les principaux avantages et inconvénients des techniques de régénération les plus souvent utilisées :

Type de technique	Avantages	Inconvénients
Air lift	Permet de dégager mécaniquement et efficacement les dépôts de fond, même grossiers en trou nu ou équipé	Nécessite une colonne d'eau suffisante dans l'ouvrage en condition dynamique
Brossage mécanique	Adapté aux dépôts meubles situés sur les parois du forage, du tubage ou de la crépine.	Inefficace pour éliminer les dépôts
Pistonnage	Adapté aux colmatages argileux en trou nu ou équipé et permet une action dans la périphérie de l'ouvrage	Inadapté sur des ouvrages équipés d'un tubage à faible résistance mécanique
Traitements chimique	Différents produits mobilisables et adaptés aux dépôts indurés. Permet une action jusque dans la périphérie de l'ouvrage (profondeur d'investigation variable suivant la nature, le volume et le nombre d'injection mise en œuvre)	Risque de détérioration des tubages ou du forage si le produit, les quantités et le protocole ne sont pas adaptés. Problème de gestion des produits résiduels
Traitement à l'azote pulsé	Adapté et efficace sur les dépôts indurés. Rayon d'action plus important en périphérie du forage. Pas de risque pour l'environnement.	Nécessite une très bonne connaissance des caractéristiques du forage (tubages, crépines, nature et qualité du massif filtrant) et de la perte de productivité de celui-ci

La réhabilitation consiste à remettre en état un forage suite à un problème grave (corrosion importante, perforation, défaut de cimentation...). Ces travaux peuvent être de plusieurs types :

- **Rechemisage partiel ou total** des tubages par équipement sur l'ancien.
- **Remplacement du tubage partiel** de même diamètre en retirant l'ancien tubage et en cimentant.
- **Travaux d'étanchéité** de la margelle du puits et de la tête de puits.

Le taux de réponse pour la réalisation de travaux de réhabilitation a été très faible sur les captages étudiés. Ces travaux sont très rarement mis en œuvre.

Pour les 26 captages ayant subi des travaux :

- Les travaux d'étanchéité représentent 50 % des réhabilitations. Ces travaux ont été faits à partir de 1996 et pour des captages classés en zone inondable.
- Les travaux de rechemisage représentent 42 % des réhabilitations. Elles ont toutes été réalisées sur des captages ayant plus de 30 ans.

CHIFFRES CLES

- Réalisation d'une inspection vidéo pour 47 % des captages
- 83 % des inspections vidéo réalisées ont moins de 10 ans
- 55 % des captages ne sont pas équipés de sonde de niveau
- Les travaux de rechemisage représentent 42 % des réhabilitations

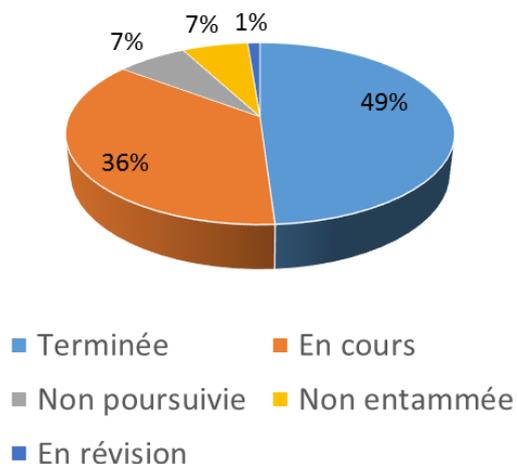
4) Procédures DUP protection de captage

Le nombre de captages protégés par un arrêté DUP progresse lentement. En effet, cette procédure nécessite un délai de mise en œuvre important (études, consultation administrative, enquête publique, CODERST) et implique différents acteurs et services administratifs.

L'état d'avancement de la procédure DUP pour les 245 captages AEP :

- Procédure terminée pour 49 % des captages
- Procédure en cours pour 36 % des captages
- Procédure non entamée 7 %
- Procédure non poursuivie 7 % (captage à abandonner)
- Procédure en révision poursuivie 1 %

État d'avancement procédure DUP des captages



D. L'évaluation de la vulnérabilité des captages en Seine-et-Marne

1) Méthodologie et évaluation

L'évaluation de la vulnérabilité des 245 captages d'eau potable seine-et-marnais a été réalisée sur la base des données recueillies par pondération selon deux catégories de critères. Le premier critère correspond à l'état de l'ouvrage, le second au degré de connaissance de l'état et du fonctionnement de ce dernier.

Le critère état du captage a été évalué selon les données suivantes :

- Age du captage ou date des derniers travaux de réhabilitation
- Résultat de l'inspection vidéo (les captages dont le rapport d'inspection vidéo a révélé des dysfonctionnements majeurs ont été classés en vulnérabilité critique sans considération des autres données)

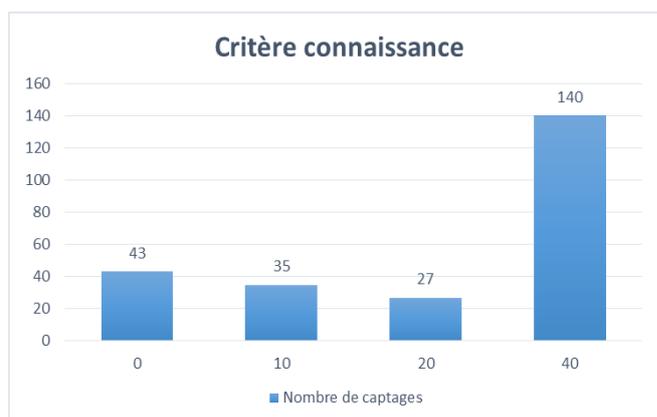
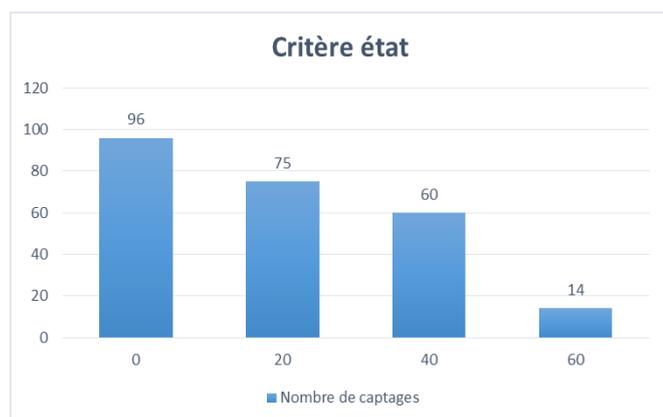
Le critère suivi et protection du captage a été évalué selon les données suivantes (en prenant en compte la date la plus récente) :

- Date de réalisation de la dernière inspection caméra
- Date de l'arrêté préfectoral DUP
- Date de l'avis hydrogéologue agréé
- Date de l'étude préalable à la DUP

Les tableaux ci-dessous indiquent la pondération appliquée pour chaque critère.

1. Critère état du captage		2. Critère suivi et protection du captage	
Age ou date des derniers travaux de réhabilitation	Nombre de points	Année inspection camera, DUP, avis hydrogéologue, étude préalable	Nombre de points
Inférieur ou égal à 10 ans	60	2017 à 2007	40
11 à 30 ans	40	2006 à 1987	20
31 à 50 ans	20	1986 à 1967	10
Supérieur à 50 ans et/ou état critique mentionné dans le rapport d'inspection vidéo	0	Inférieur à 1966 ou néant	0

Les graphes suivants indiquent la répartition des points pour chaque critère.



L'analyse des données fait notamment ressortir un parc de captages vieillissant. En effet, 39 % des captages n'ont aucun point pour le premier critère et ont donc « plus de 50 ans et/ou présentent un état critique mentionné dans le rapport inspection caméra ». De même, 70 % des captages ont moins de 20 points et sont classés « plus de 30 ans et/ou état critique mentionné dans le rapport inspection caméra ».

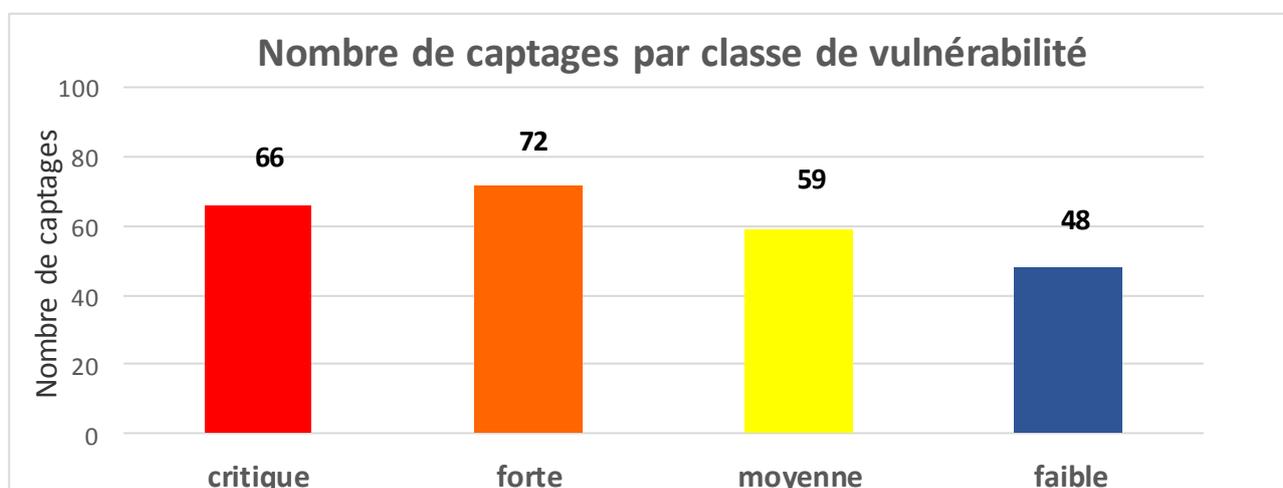
Cependant le deuxième critère fait aussi ressortir que sur les 10 dernières années, de nombreuses procédures, études et inspections ont été menées sur les captages. On observe ainsi 140 captages avec 40 points : DUP, avis hydrogéologue, études préalables ou inspection vidéo menés entre 2007 et 2017.

Les 245 captages AEP ont été classés selon 4 classes de vulnérabilité en fonction du score obtenu par addition des points de chaque critère.

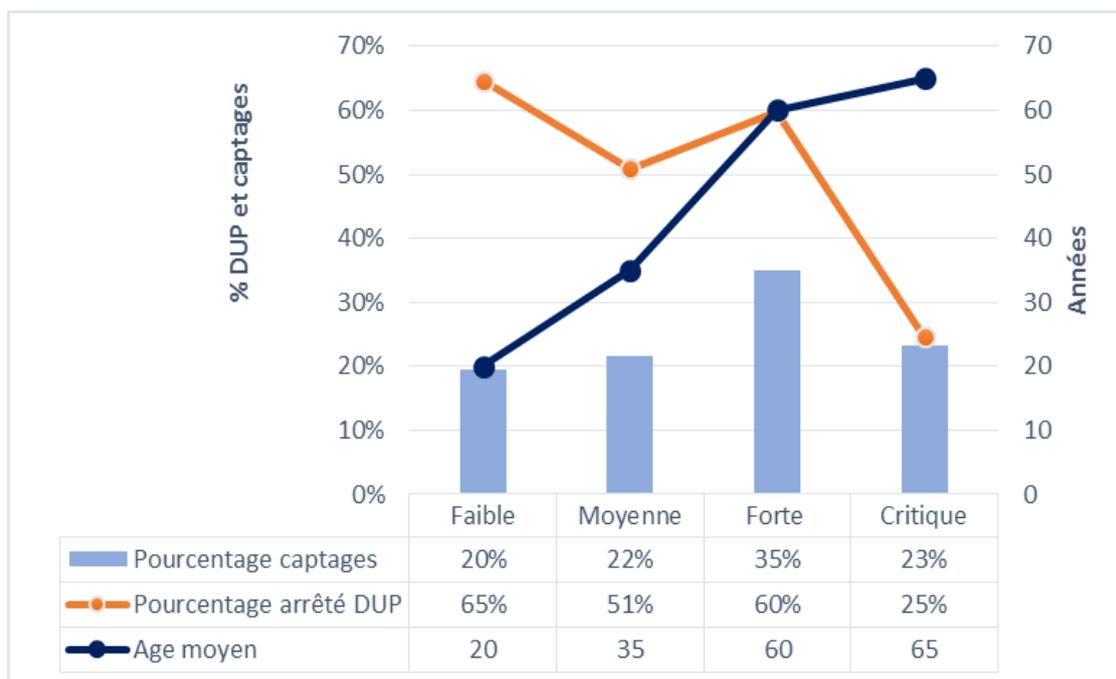
Classe de vulnérabilité	Nombre de points	Nombre de captages	Pourcentage des captages
Vulnérabilité critique	< 30	66 captages	27 %
Vulnérabilité forte	≥ 30 et < 50	72 captages	29 %
Vulnérabilité moyenne	≥ 50 et < 80	59 captages	24 %
Vulnérabilité faible	≥ 80	48 captages	20 %

Selon cette évaluation, le parc des captages est majoritairement en vulnérabilité critique et forte avec 56 % des captages classés vulnérabilité critique et forte.

Le classement des captages selon cette évaluation est représenté dans le graphe ci-dessous.



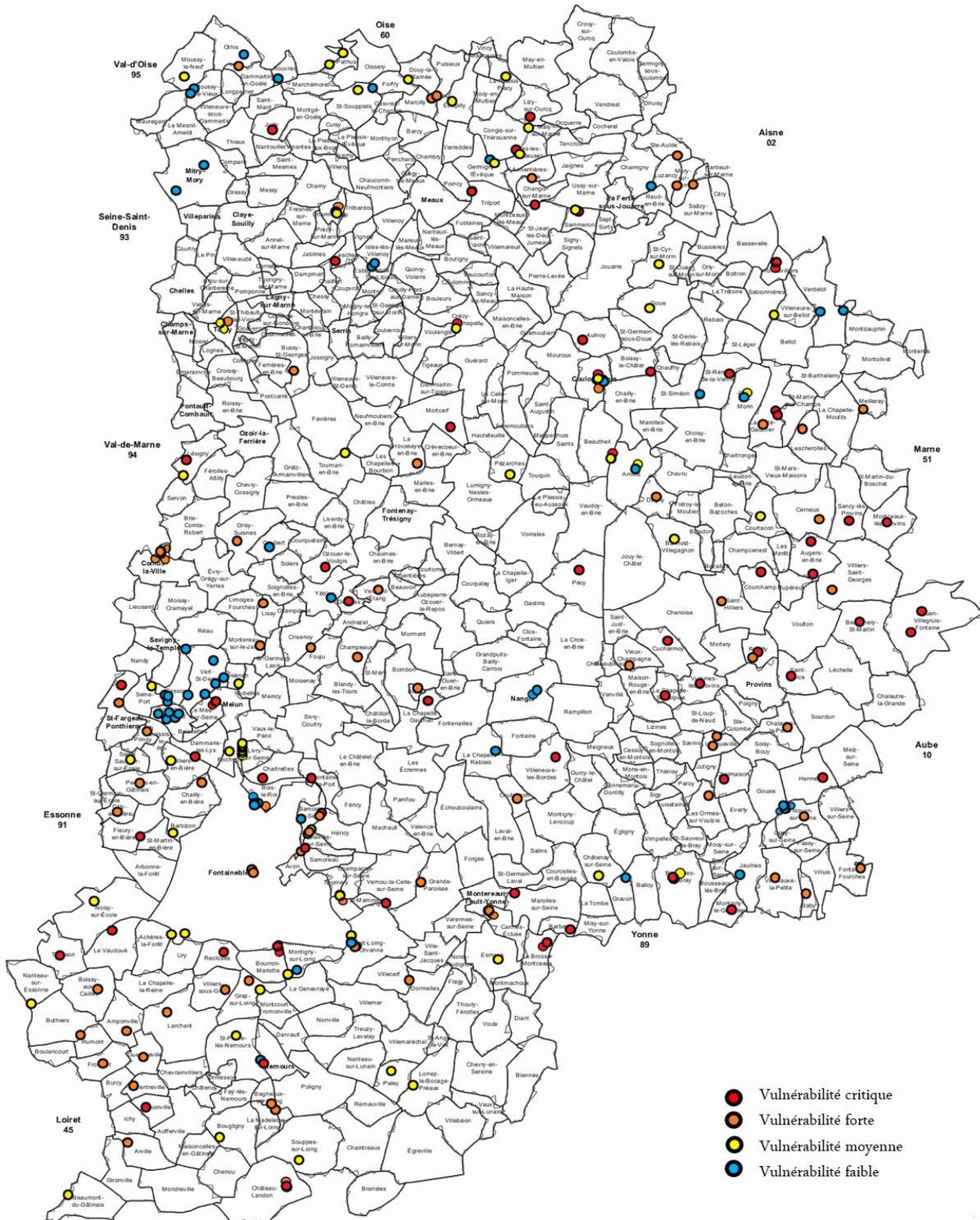
Le graphe ci-dessous compare le pourcentage de captages protégés par un arrêté DUP et l'âge moyen des captages par classe de vulnérabilité.



Le pourcentage de captage protégé par une DUP diminue fortement pour les captages classés en vulnérabilité critique.

CHIFFRES CLES

- 56 % des captages évalués en vulnérabilité critique ou forte
- 77 % des captages classés critique ne disposent pas d'un arrêté DUP de protection
- L'âge moyen des captages évalués en vulnérabilité critique et forte est supérieur à 60 ans



©Département de Seine-et-Marne - 2017

Cartographie : Département de Seine-et-Marne - 2017
Sources : Département de Seine-et-Marne - SIG -



2) Vulnérabilité inondation

Les captages AEP vulnérables vis-à-vis des inondations ont été recensés par l'Agence Régionale de Santé Délégation Territoriale 77 (ARS DT77). Les deux cartes de l'ARS77 présentées ci-après indiquent la localisation des captages d'alimentation en eau potable actifs vulnérables au risque inondation en Seine-et-Marne.

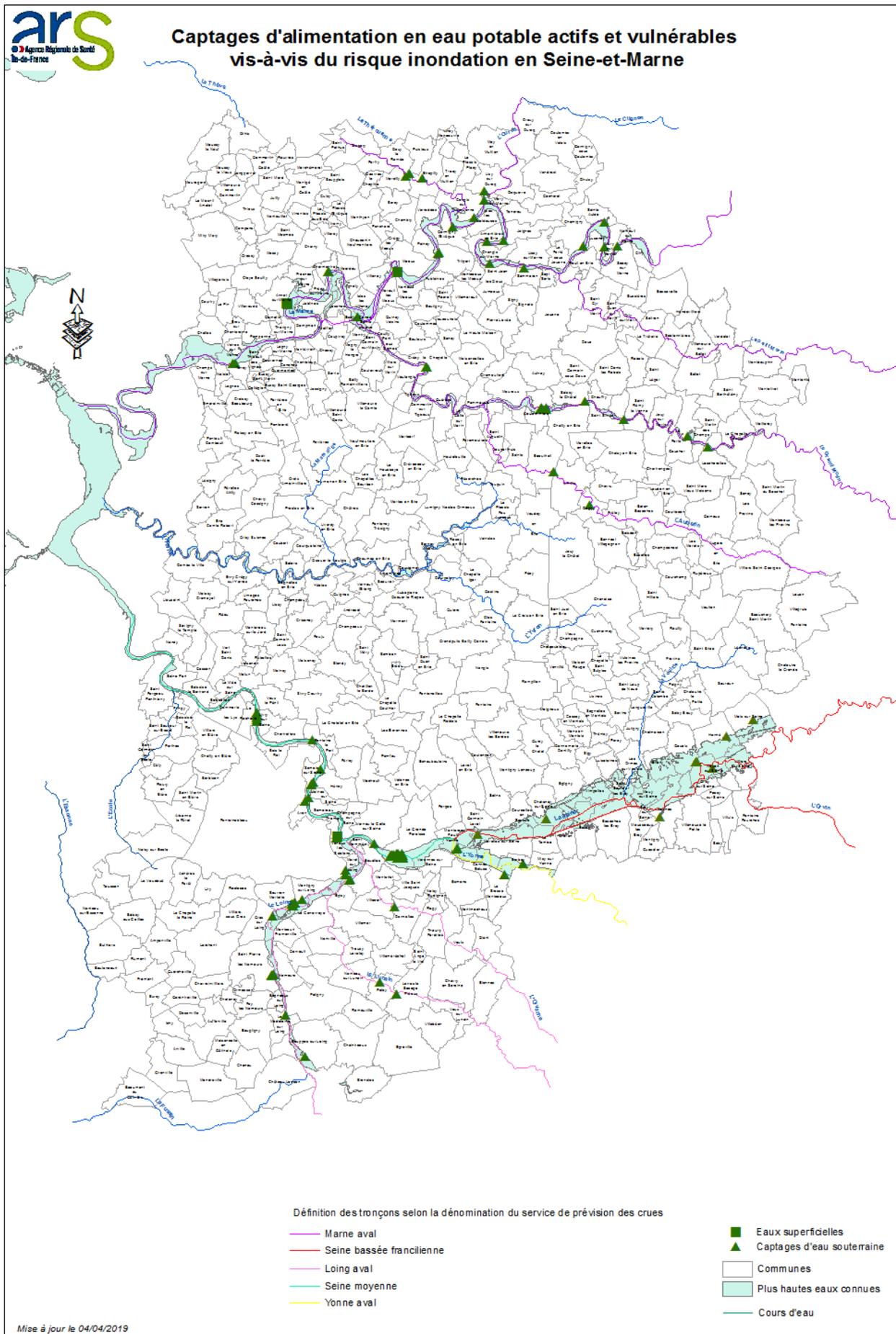
Ainsi, environ 35 % des captages AEP actifs du département ont été évalués comme vulnérables au risque inondation.

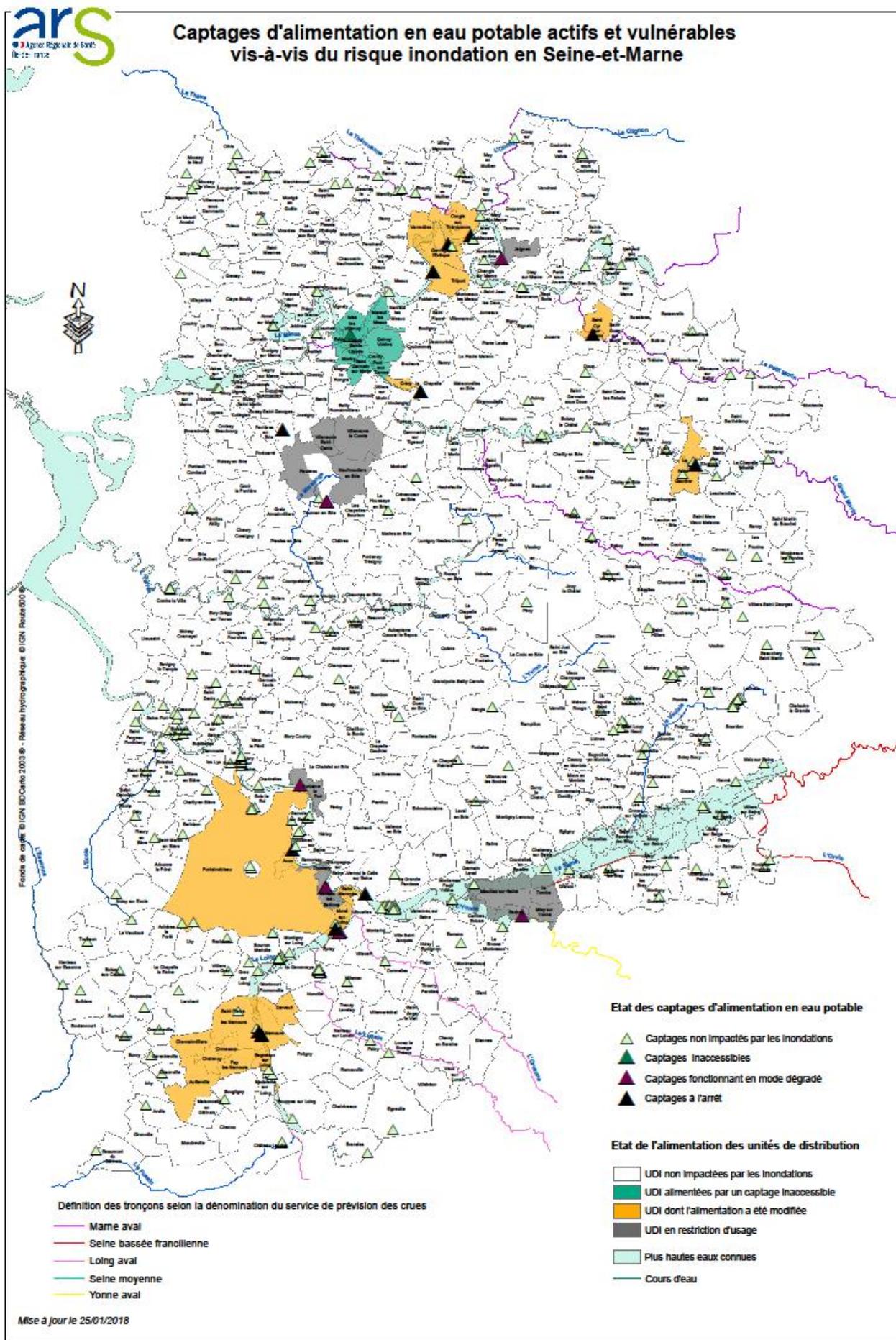
Par ailleurs, suite aux inondations de janvier-février 2018, 18 captages ont été impactés, la deuxième carte de l'ARS77 présentée identifie les captages non impactés, inaccessibles, fonctionnant en mode dégradé ou à l'arrêt lors de cet épisode d'inondation.

Des aménagements spécifiques peuvent être réalisés de manière préventive dans le cas des captages situés en zone de vulnérabilité inondation. Il s'agit d'un relèvement du niveau de la trappe d'accès du captage au-dessus du niveau des Plus Hautes Eaux Connues avec une trappe d'accès au captage située dans un local étanche muni d'un capot de fermeture qui permet un parfait isolement du forage.

Exemple de rehaussement de tête de puits - Ville de Coulommiers







3) Bilan et propositions

Cette étude a montré que le parc des forages et puits en Seine-et-Marne est vieillissant et qu'une surveillance de son état doit être mise en œuvre et systématisée. Afin de respecter les obligations d'inspection périodique des installations et d'être attentifs aux signes annonciateurs des défaillances des ouvrages, il est indispensable de mettre en place des outils permettant un suivi technique des données relatives aux captages.

Fiche type de suivi

Des outils de suivi peuvent être mis en place comme par exemple une fiche type à renseigner par les exploitants et maîtres d'ouvrage. Un exemple de fiche est présenté ci-dessous qui permet de suivre l'historique des procédures administratives, des diagnostics et des interventions réalisés sur le captage.

Année mise en	Nom du captage	Coordonnées Lambert II (en mètres)			Profondeur de l'ouvrage	Nom UDI
		X	Y	Z (NGF)		
INSEE						
Comme d'implantation						
Maître d'ouvrage						
Délégué						
État d'avancement des procédures administratives						
État de la procédure						
N° arrêté DUP						
N° arrêté autorisation prélèvement						
Débit maximal autorisé						
Année avis HA						
Année étude préalable						
Équipements de l'ouvrage et exploitation						
Année et nombre de pompes						
Type et année colonne de refoulement						
Débit moyen journalier (en m ³ /j)						
Débit de pointe (en m ³ /j)						
Durée moyenne journalière de pompage (en h)						
Volume annuel produit (en m ³ /an)						
Type sonde de niveau (manuel ou automatisé)						
Débit spécifique m ³ /h/m						
Historique diagnostics et maintenance						
Date		Nature de l'opération			Remarques	
Historique travaux						
Date		Nature de l'opération			Remarques	

Rapport sur le prix et la qualité du service public (RPQS)

Le Rapport Prix Qualité Service (RPQS) est un document qui doit être produit obligatoirement tous les ans par chaque service public d'eau pour rendre compte aux usagers du prix et de la qualité du service rendu pour l'année écoulée. Le RPQS a été créé par un article de la Loi et complété par un Décret qui introduit la notion d'indicateurs de performance des services. Les collectivités concernées renseignent chaque année l'ensemble des indicateurs au sein de leur RPQS. Ces indicateurs constituent la base des données de l'observatoire des services publics de l'eau potable.

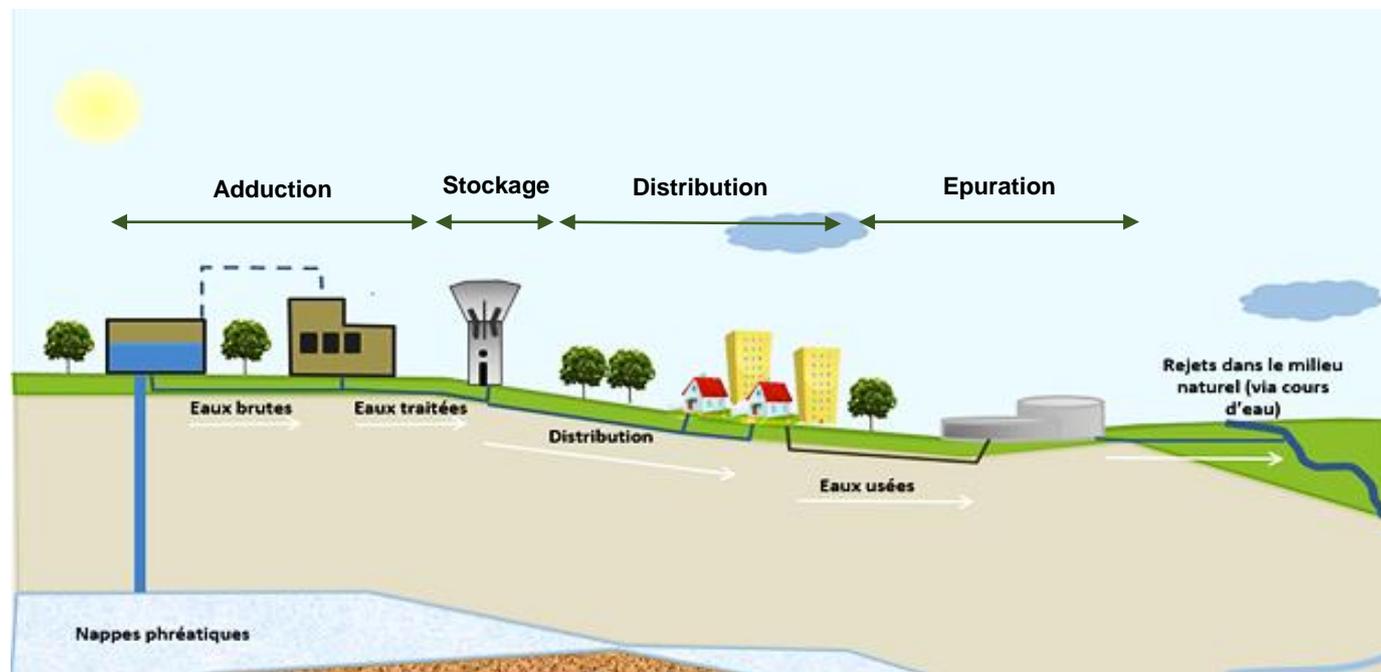
En cas de délégation de service, le RPQS constitue un rapport distinct du Rapport d'Activité du Délégué (RAD), qui est lui prévu par la Loi dans le cadre de la convention passée entre le délégataire (l'entreprise privée) et le délégant (la collectivité). Une collectivité en délégation peut récupérer dans le rapport de son délégataire certaines données techniques et financières pour élaborer son RPQS.

Ces rapports sont des outils de suivi de la performance du service de l'eau. Pour le patrimoine des ouvrages d'eau souterraine, ils pourraient constituer un indicateur d'évaluation de la vulnérabilité des ouvrages. Cependant, à part les volumes exploités, il y a très peu de données dans ces rapports concernant le suivi de l'état de ces captages d'eau souterraine. En effet, aucun indicateur de performance de l'entretien et du suivi des ouvrages n'est à renseigner. L'obligation de renseigner des indicateurs relatifs aux opérations de diagnostic et maintenance réalisées sur les captages permettrait un meilleur suivi de la vulnérabilité des captages AEP.

III. État des lieux des réservoirs d'eau potable en Seine-et-Marne

A. Caractéristiques des réservoirs

Au sein des réseaux d'eau potable, un réservoir est un ouvrage permettant de stocker l'eau, après que celle-ci ait été produite dans les systèmes d'adduction (captages, unité de traitement) et avant qu'elle ne soit distribuée à travers les réseaux d'alimentation en eau potable aux abonnés.



Il existe trois types de réservoirs : les réservoirs enterrés, au sol (ou semi-enterrés) et surélevés (aussi communément appelés château d'eau). Le type de réservoir employé dépend généralement de l'emplacement altimétrique de l'ouvrage par rapport au réseau qu'il alimente. Les différentes formes que l'on peut observer sur les châteaux d'eau résultent de différents courants architecturaux et généralement varient donc suivant l'année de construction de l'ouvrage. (c.f III.C.3 Age des réservoirs)



Exemple d'un réservoir au sol

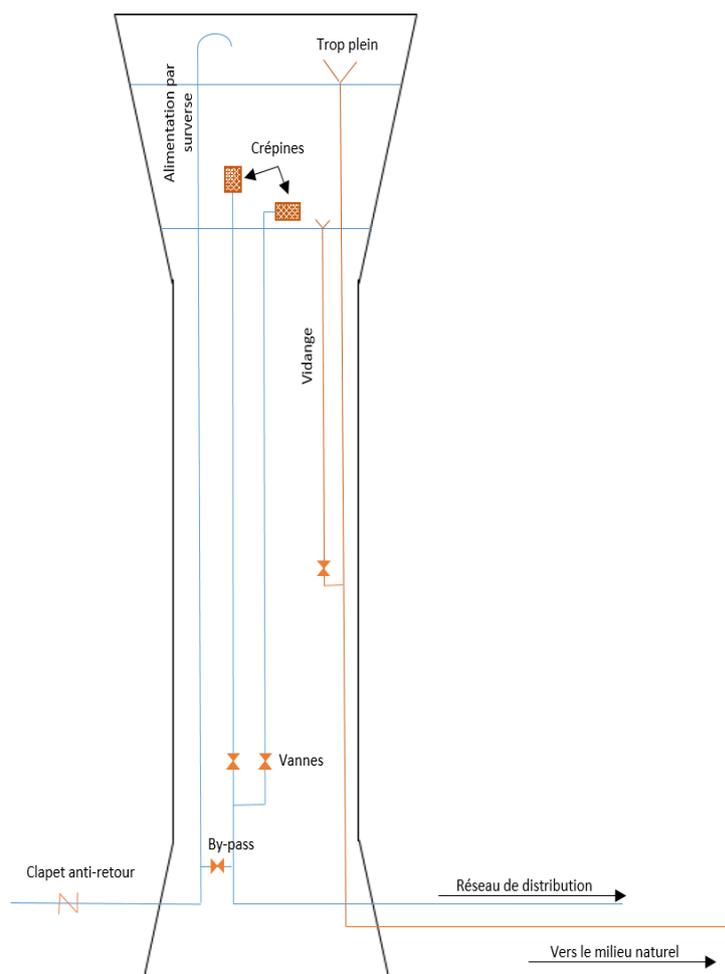


Exemple d'un château d'eau à Chevru-en-Sereine

Les réservoirs forment une partie essentielle de tout réseau d'eau potable. Ils ont pour première fonction de stocker l'eau produite, créant une réserve disponible en cas de casse ou de crise sur le réseau ainsi qu'une réserve incendie. Par le stockage, ils permettent aussi une alimentation en continue des réseaux avec une sollicitation ponctuelle des ouvrages de pompages, résultant en une gestion énergétiquement efficace de ces systèmes. Leur positionnement en hauteur permet usuellement une alimentation en gravitaire tout en gardant le réseau en pression, ce qui est primordiale pour que l'eau puisse arriver au robinet des abonnés.

Les réservoirs sont composés des différents éléments suivants :

- La cuve et la toiture : ce sont les parties de génie civil principales où va être stockée l'eau. Elles doivent notamment posséder un revêtement étanche (autant à l'extérieur que l'intérieur) afin d'empêcher des fuites d'eau ou les dégradations du béton et les armatures qu'il renferme.
- Les crépines : ce sont des dispositifs hydrauliques qui permettent de filtrer l'eau du réservoir en sortie et vers les réseaux d'alimentation.
- Les vannes et clapets : ils permettent sur les tuyaux de contrôler l'arrivée d'eau de la station de pompage et d'empêcher les retours d'eau du réseau d'alimentation.
- Le trop plein et la vidange : Le premier permet d'évacuer le réservoir pour qu'il ne déborde pas en cas de dysfonctionnement du système d'adduction ou d'arrivées d'eaux parasites. La vidange elle permet de vider le réservoir pour des interventions de lavage ou de travaux.
- Un by-pass : L'ouverture du by-pass permet à l'eau de contourner le réservoir, et donc de passer de la station de pompage directement au réseau d'alimentation. Ce dispositif peut être utilisé lorsque le réservoir subit une intervention ou rencontre un problème de pollution.
- Des sondes de niveau : Ce système est généralement utilisé afin de déclencher des cycles de pompages des stations de production d'eau, lorsque le niveau d'eau dans le réservoir atteint un seuil donné, ou pour arrêter le pompage lorsque le réservoir est plein.



Synoptique d'un château d'eau type

Le bon état des réservoirs est ainsi important pour ne pas perdre/gaspiller de l'eau, assurer une sécurité et un bon fonctionnement sur tout le système AEP. L'évaluation de leur état à travers des diagnostics et des travaux de réhabilitation lorsque nécessaires permettent le maintien du parc des réservoirs dans un bon état. Les diagnostics peuvent être des diagnostics simples et visuels afin de discerner des désordres sur les parois et canalisations, mais peuvent aussi être approfondies avec analyses de l'état du béton, des armatures et du génie civil général de l'ouvrage. La réhabilitation inclut généralement des travaux

sur l'étanchéité de l'ouvrage lorsque celui-ci devient insuffisant ainsi que des travaux sur le génie civil du bâtiment et les équipements qu'il contient.

Comme tous travaux publics sur des ouvrages de telles tailles, l'investissement qu'ils impliquent peut être conséquent. Cependant ils sont parfois indispensables car une dégradation forte de l'état du réservoir ou de son système peut conduire à une impossibilité du réseau à distribuer efficacement l'eau potable ; ainsi le recours au by-pass, et donc de l'utilisation en continue du pompage peut résulter à un coût beaucoup plus élevé de la production d'eau et un usage des pompes plus rapide. Des coupures d'eau côté abonnés ainsi que le recours à des apports externes d'eau à travers des citernes ou d'un réseau en secours peuvent alors être inévitables.

B. La réglementation concernant les réservoirs d'eau potable

Les réservoirs comportent plusieurs risques de contamination, par la formation de dépôts et incrustations au fond des cuves ou sur les parois, par l'infiltration par les fissures du génie civil, par le développement de mousses et d'algues et des temps de séjours excessifs. L'intrusion d'animaux et des actes de vandalisme/malveillance peuvent aussi constituer des risques sanitaires sur de tels ouvrages.



Figure 1 : Exemples de trace de corrosion et épaufrure du béton du réservoir de Treuzy-Levelay



Figure 2: Exemples de désordres externes sur le réservoir de Treuzy-Levelay

Or, la personne responsable de la production ou de la distribution d'eau doit s'assurer de l'efficacité de ces opérations et de la qualité de l'eau avant la première mise en service ainsi qu'après toute intervention susceptible d'être à l'origine d'une dégradation de cette qualité. (Source : ARS).

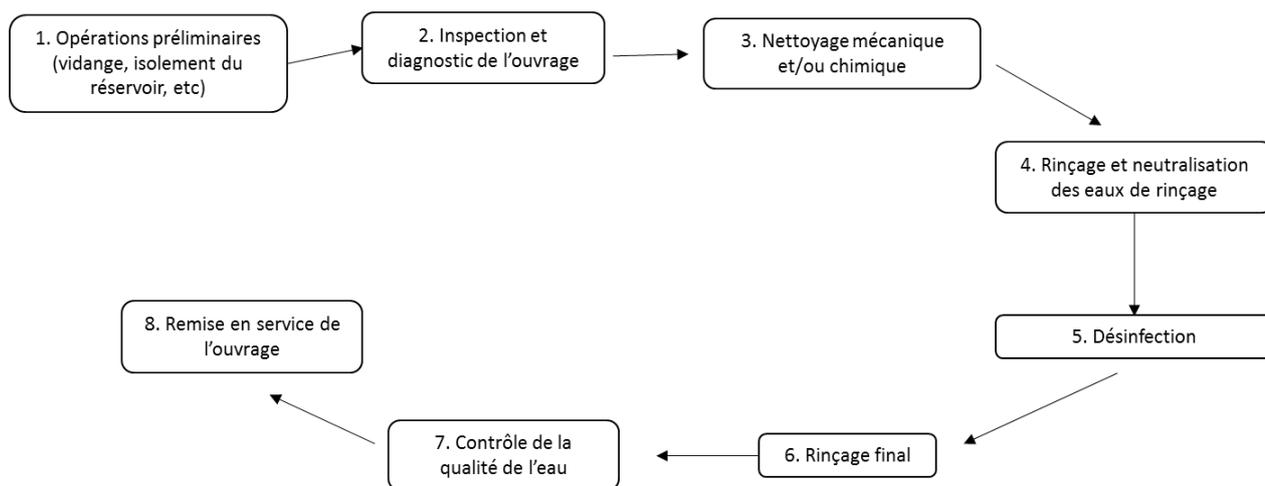
Ainsi, la construction d'un tel ouvrage doit se faire dans les règles de l'art, en utilisant les matériaux et les revêtements ne présentant aucun risque pour la santé, et de manière à empêcher l'introduction ou l'accumulation de micro-organismes, de parasites ou de substances constituant un danger potentiel pour la santé des personnes ou susceptibles d'être à l'origine d'une dégradation de la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine distribuée et à éviter une stagnation prolongée de l'eau d'alimentation (Code de la santé publique, Article R1321-43).

Quelques prescriptions supplémentaires incluent une protection contre toute pollution d'origine extérieure et contre les élévations importantes de température, une facilité d'accès permettant notamment de vérifier en tout temps leur étanchéité. De plus, il doit être installé un dispositif permettant une prise d'échantillon d'eau à l'amont et à l'aval immédiat du réservoir, les trop-pleins et les vidanges doivent être installés de telle sorte qu'il y ait une rupture de charge, avant déversement, par mise à l'air libre.

L'entretien et le nettoyage de ces ouvrages est aussi primordial pour tout service d'eau potable. **Le nettoyage et la désinfection d'un réservoir sont une obligation réglementaire du Code de la santé publique** par l'Article R1321-56, modifié par Décret n°2010-344 du 31 mars 2010 – art 37 ; Les réservoirs équipant ces réseaux et installations doivent être vidés, nettoyés, rincés et désinfectés avant leur remise en service au moins une fois par an. Toutefois, lorsque les conditions d'exploitation le permettent et que l'eau distribuée ne présente aucun signe de dégradation de sa qualité, la personne responsable de la production ou de la distribution d'eau peut demander au Préfet que la fréquence de vidange, de nettoyage, de rinçage et de désinfection soit réduite à 1 lavage tous les 2 ans à condition de pouvoir le justifier. Les dispositifs de protection et de traitement associé au réservoir doivent eux être vérifiés et entretenus au moins tous les six mois.

Le Directeur général de l'Agence régionale de santé (ARS) est tenu informé par la personne responsable de la production ou de la distribution d'eau (PRPDE) des opérations de désinfection réalisées en cours d'exploitation.

Une procédure type pour le nettoyage d'un réservoir est donnée en exemple dans le schéma suivant :



C. Etat des lieux des réservoirs d'eau potable en Seine-et-Marne

1) Données exploitées

Le parc des réservoirs en Seine-et-Marne contient 511 ouvrages, tous types confondus. Une certaine connaissance du territoire permet d'affirmer que seule une mineure partie de ce parc est entretenue selon les recommandations précisées au paragraphe précédent. Or, le patrimoine se fait vieillissant et des programmes d'entretien et de réhabilitation doivent être plus rigoureusement intégrés aux plans de charges des services d'eau potable afin de préserver cette partie du patrimoine.

Afin d'avoir une idée plus concrète des éventuels travaux nécessaires sur le département et les coûts qu'ils impliquent, le Département a voulu effectuer un état des lieux des réservoirs du territoire afin notamment de permettre une caractérisation de la vulnérabilité de ces ouvrages et ainsi permettre une priorisation des actions à prendre dans le domaine.

Les données à disposition au Département proviennent essentiellement de la base de données sur les réseaux d'eau potable du territoire, mise à jour annuellement. Dans le cas des réservoirs, ces informations concernent les communes d'implantation des ouvrages de stockages, les maîtres d'ouvrages associés ainsi que leurs capacités de stockage et pour la plupart leur typologie. Pour réaliser l'état des lieux, des données complémentaires concernant notamment l'âge et le génie civil des ouvrages étaient nécessaires.

Une enquête a ainsi été lancée auprès des maîtres d'ouvrages ainsi que les délégataires présents sur le département en 2018. Sur les 511 ouvrages recensés, certaines données n'ont pu être récupérées que sur 130 ouvrages environ, principalement pour des collectivités gérées par des délégataires. Ces informations ont permis de mettre à jour ou de compléter les données connues au Département.

Quant aux informations concernant les travaux de réhabilitation, des experts du domaine, actifs sur le territoire, ont pu apporter des dates de travaux/réhabilitations, qui ont été tabulées et combinées avec les données obtenues par ailleurs.

De plus, les rapports de diagnostics réseaux et les rapports d'études de certaines aires d'alimentation de captage connus par les services du Département ont également été examinés afin de vérifier et, lorsque cela été possible, compléter les informations recueillies. Les dossiers de demandes de subventions faites au Département concernant ces ouvrages ont aussi été étudiés afin d'apporter des éléments complémentaires quant à l'état de certains ouvrages, mais aussi pour l'estimation des coûts que peuvent générer de tels études et travaux pour un budget de gestion d'eau potable.

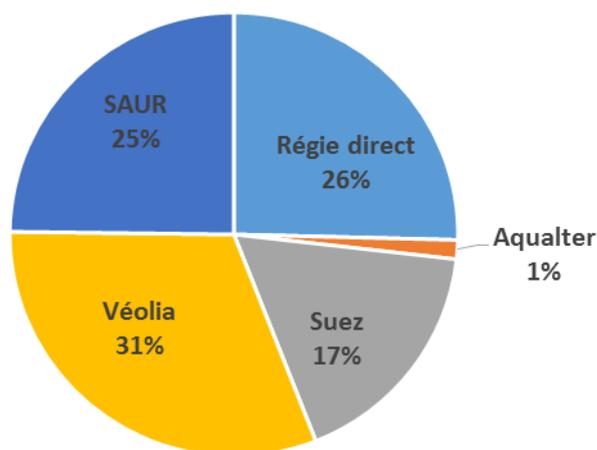


Figure 3: Répartition des gestionnaires des réservoirs

Tableau 1: Exemple de données recueillies sur un réservoir

Nom de l'ouvrage	Château d'eau de Chaumes-en-Brie
Commune d'implantation	Chaumes-en-Brie
Maitre d'ouvrage	CC Brie des rivières et châteaux
Gestionnaire	SUEZ
Capacité en m ³	500
Date de création	1969
Date du dernier nettoyage connu	1995
Date de dernière réhabilitation connue	2016
Coût total des travaux de réhabilitation	184 000 €
Date de subvention	2015
Code I dossier	2013-0***4

La suite de l'étude s'attachera donc à faire une analyse des chiffres et données qualitatives récupérées sur les ouvrages, donnant une idée du paysage existant des réservoirs en Seine-et-Marne. Une analyse multicritère sur ces mêmes données sera ensuite effectuée afin d'établir une méthode d'évaluation de l'état de ces ouvrages pouvant être extrapolé sur tout le territoire. Des préconisations seront ensuite proposées dans l'optique d'améliorer la gestion patrimoniale concernant les réservoirs. Enfin, l'analyse permettra aussi dans un autre temps d'effectuer des simulations de coûts de travaux à engager et l'impact financier que cela implique pour les différents services.

Les données sur l'âge des réservoirs

Concernant les données liées à l'âge des réservoirs (dates de création, dates de réhabilitations, etc), il a été particulièrement difficile de récolter des informations complètes sur tout le territoire, malgré la sollicitation des différents maîtres d'ouvrages et exploitants gérant ces ouvrages.

En effet, les réservoirs d'eau potable en Seine-et-Marne, comme généralement en France, ont été principalement construits en même temps que les 1ers réseaux AEP qui ont été installés majoritairement avant et pendant les années 60-70. Ainsi, on a pu constater qu'une majeure partie des collectivités n'ont que très peu voire aucune archive concernant de tels ouvrages.

Les rendus de travaux de réhabilitation sont aussi peu conservés, ce qui contribue à une perte conséquente de connaissance et qui explique probablement le fait que les entretiens et les diagnostics de réservoirs ne sont effectués que lorsque de grands désordres deviennent apparents. Ainsi, dans le cadre de cet état des lieux, le taux de réponses concernant l'âge des ouvrages est de 20,5 % (105 réservoirs sur 511).

Afin de compléter ce nombre insuffisant de données, nous avons dû estimé les âges pour certains châteaux d'eau à partir de la forme de ces ouvrages (principalement à travers les logiciels satellitaires type recherche GoogleMaps) et d'estimer la période à laquelle l'ouvrage a été construit selon sa forme.

En effet, la bibliographie (*Méthode préconisée par le bureau d'étude ICAPE*) montre que le choix de certains types d'architectures était dominant à des périodes spécifiques (cf. page suivante).

Cylindrique



Champignon



Tronconique



Hyperbolique



1910

1930

1960

1980

Estimation de l'âge de création des châteaux d'eau en fonction de leurs formes

Cette méthode reste empirique et ne peut être effectuée que pour les réservoirs de type château d'eau. Toutefois, elle a permis d'alimenter de manière conséquente la base de données sur ce critère. En effet, l'âge a pu être estimé pour 184 ouvrages.

Représentativité des données

Afin de s'assurer de la représentativité des données obtenues pour pouvoir extrapoler à l'ensemble du département (sur les données d'âge en particulier), une comparaison selon le type de consommation des différentes collectivités a été effectuée. En effet, un indicateur classique relatif au mode de consommation est l'indice linéaire de consommation (ILC), calculé par rapport au volume consommé par mètre linéaire de réseau et par jour. Il permet de regrouper les communes en 3 catégories comme définies dans le tableau suivant :

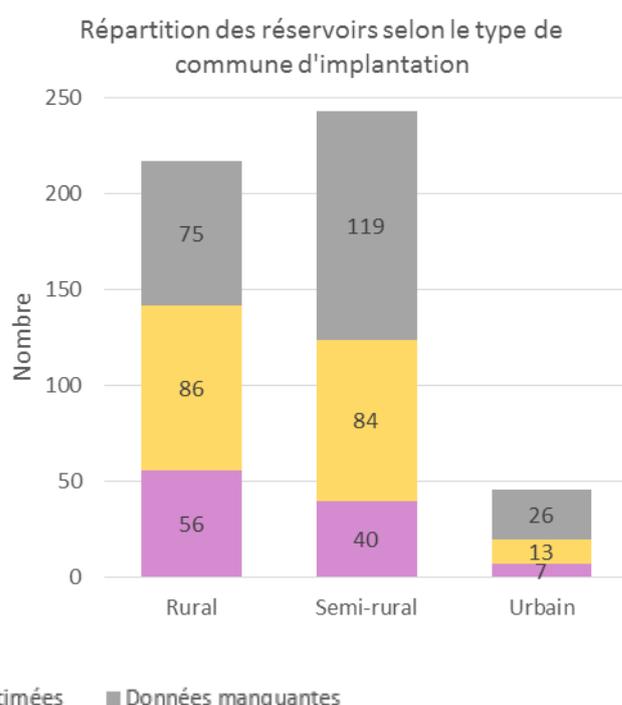
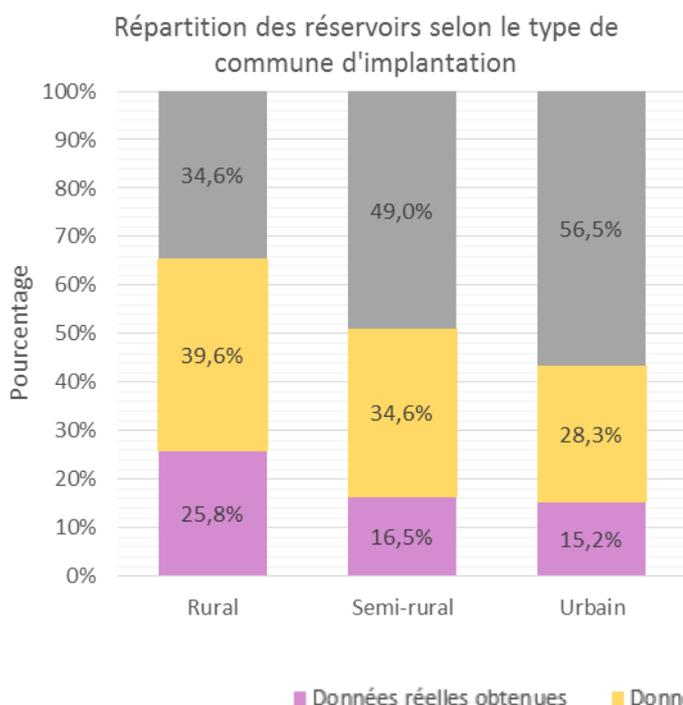
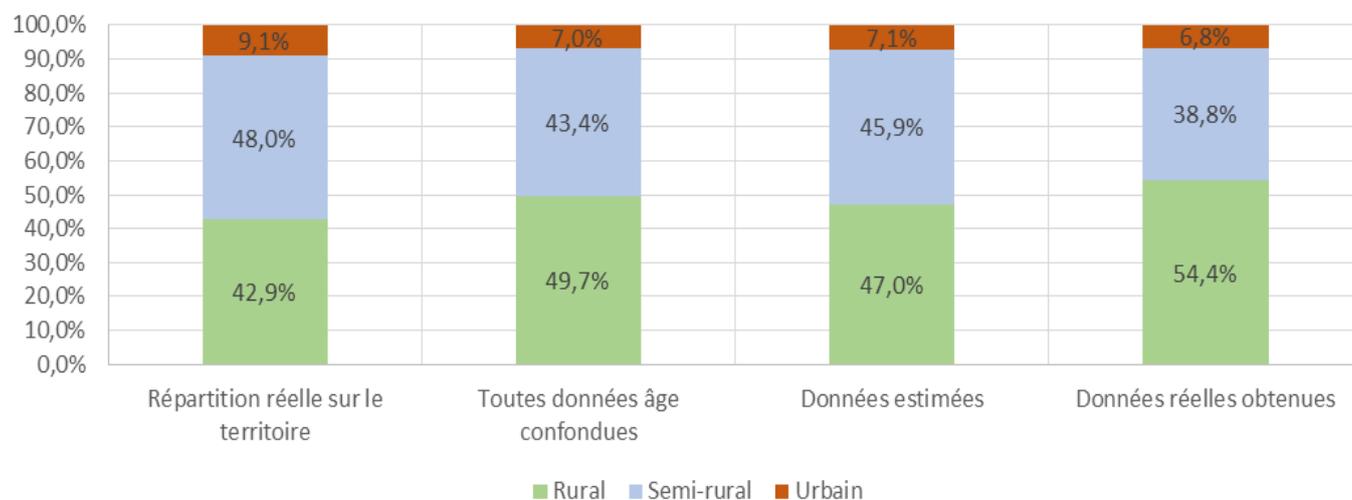
ILC	Type de collectivité
<10	Rural
10 < d < 30	Semi-urbain
> 30	Urbain

Sur le département de la Seine-et-Marne, en prenant en compte les données de l'observatoire des performances de réseaux 2017 (données 2016), la répartition serait la suivante :

Rural	Semi-rural	Urbain
43 %	48 %	9 %

Pour cette étude, nous avons comparé cette répartition avec celle des communes d'implantation des réservoirs où les données d'âge ont pu être récupérées ou estimées. Les comparaisons sont illustrées dans le graphique suivant :

Répartition des communes selon leur indice linéaire de consommation pour les données collectées pour l'état des lieux



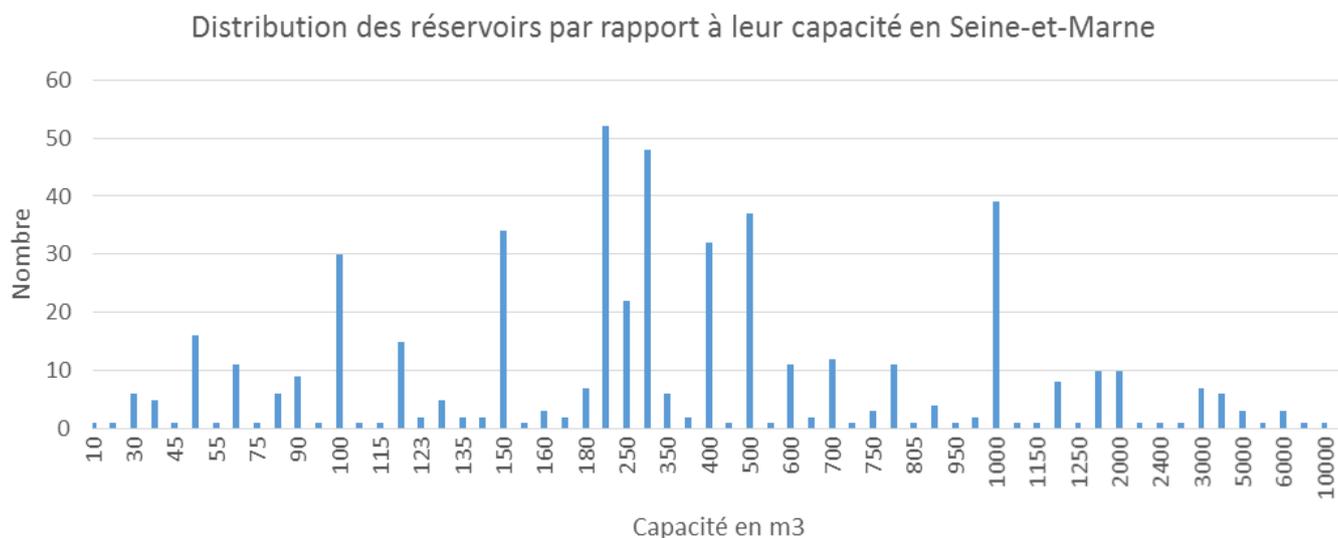
Globalement, la répartition des données suivent les mêmes tendances que la répartition sur le département. Les derniers graphiques montrent aussi que les proportions entre données estimées et données réelles sont équivalentes. On peut donc en conclure que l'échantillon est représentatif.

NB : Certains écarts restent possibles puisque ce mode de comparaison prend pour hypothèse que les réservoirs alimentent la commune implantée et/ou des communes appartenant à la même catégorie d'ILC, ce qui n'est pas forcément le cas.

Au vu de la tendance observée dans la comparaison des données, on peut considérer que l'échantillon de données est suffisamment représentatif pour permettre une extrapolation à l'ensemble du territoire.

2) Capacité et typologie des réservoirs

L'analyse des bases de données du Département, de l'ARS ainsi que des acteurs du territoire ayant une connaissance des ouvrages de stockage en Seine-et-Marne ont permis d'obtenir des informations sur la capacité (volume stockable) des 511 réservoirs présents sur le département. En recoupant ces différentes bases, 28 valeurs ont dû être écartées pour des raisons d'incohérences de données entre différentes sources. Ainsi, environ 95% des données ont pu être exploitées, permettant d'obtenir une analyse représentative sur le département.



Une analyse simple de ces chiffres permet d'observer que les réservoirs sur le territoire ont globalement une capacité comprise entre 50 à 2 260 m³ (Percentile 90), dépendant principalement du type de collectivité qu'ils alimentent. En effet, les réservoirs en zone rurale sont de plus faible capacité qu'en zone urbaine. En milieu rural, les réservoirs ont une capacité moyenne d'environ 500 m³ contre environ 2 600 m³ en milieu urbain. Cela s'explique par la densité de la population alimentée plus dense en milieux urbains.

Variation générale des capacités selon le type de collectivité

	Collectivités Rurales	Collectivités Urbaines
Capacité Maximum recensée	12 000 m ³	15 000 m ³
Capacité Minimum recensée	10 m ³	200 m ³
Capacité Moyenne	520 m ³	2 675 m ³

Les 511 ouvrages sont implantés sur 362 communes du département, mais toutes les communes sont bien alimentées par un château d'eau, un réservoir pouvant alimenter plusieurs communes.

La capacité totale de stockage sur le département est de 323 460 m³.

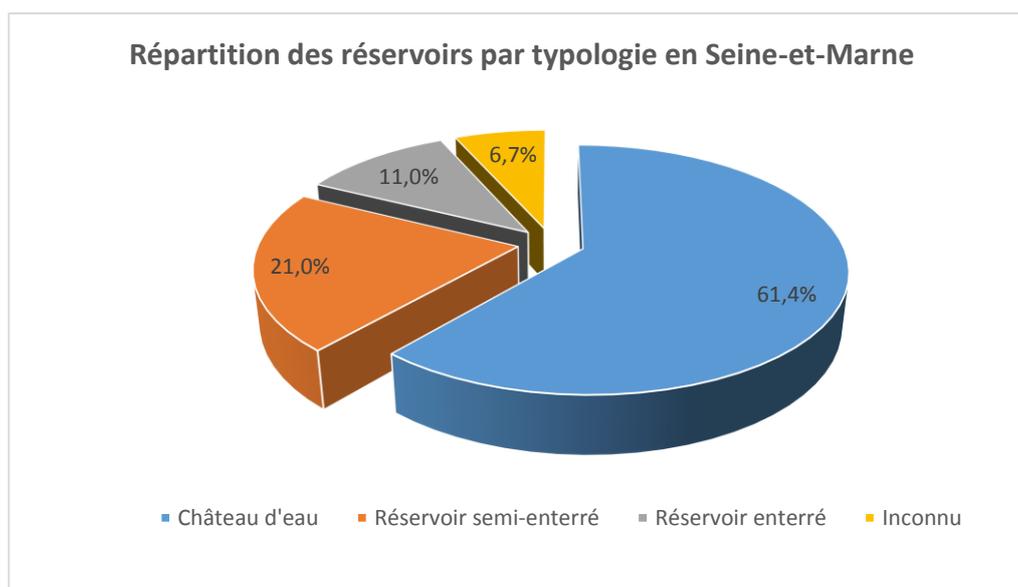
En considérant la population seine-et-marnaise au dernier recensement de 1 390 121 habitants et la consommation moyenne de 145 l/hab/j dans le département (Observatoire Prix de l'eau 2017), la consommation moyenne sur un jour pour le département est d'environ 201 568 m³.

En consommation moyenne, le stockage peut donc en théorie alimenter en cas de crise **pour plus d'un jour et demi** la population seine-et-marnaise. En consommation de pointe, dans le cas le plus

contraignant (coefficient de pointe à 1,5), le stockage permettrait d'alimenter pour un peu plus d'un jour la population.

Attention : Cette conclusion est tirée d'une comparaison simpliste entre volume ; les réseaux du département n'étant cependant pas tous interconnectés, il serait par exemple difficile d'alimenter des communes du Nord avec de l'eau provenant des réservoirs du Sud en cas de crise.

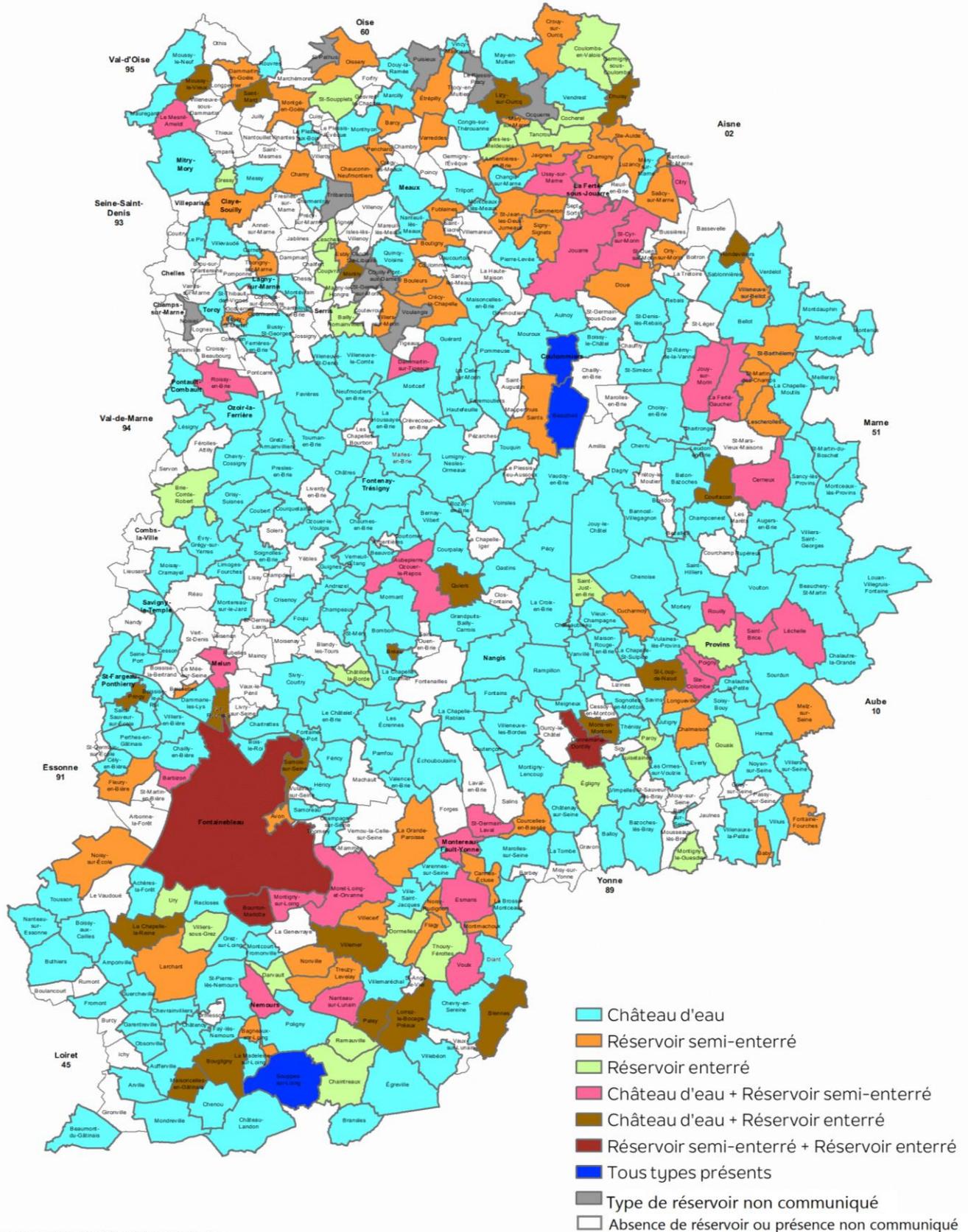
Concernant la typologie des réservoirs, on observe que les réservoirs sont majoritairement des châteaux d'eau (61 % contre 21 % de réservoirs type semi-enterré et 11 % de type enterré). En effet, le territoire de la Seine-et-Marne étant principalement un terrain en plaine, sujette à l'agriculture, et en majeure partie rurale, le gain en pression pour l'alimentation des collectivités se fait majoritairement par un ouvrage de stockage en hauteur.



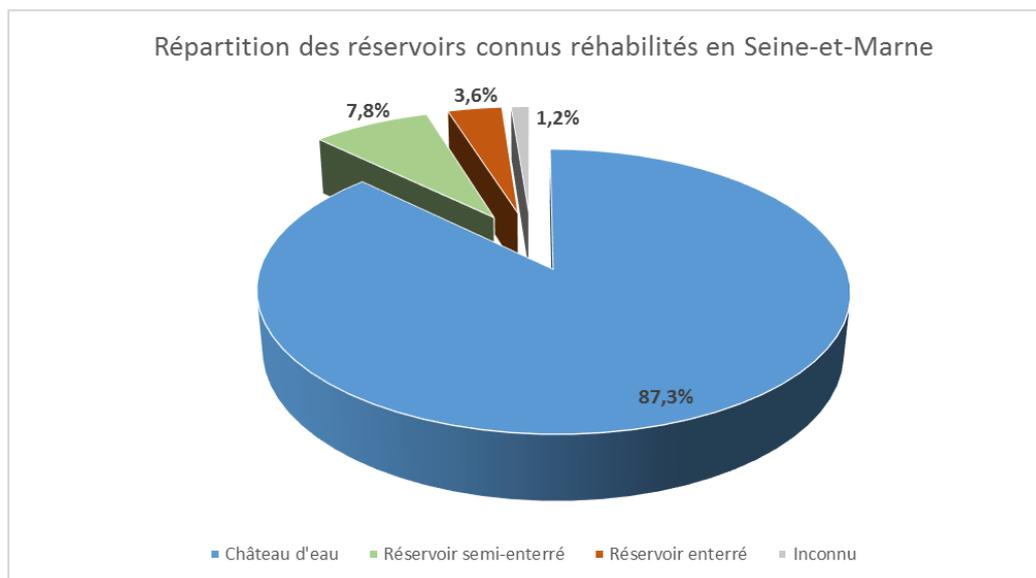
La carte suivante présentée en page suivante permet d'observer la répartition des réservoirs existants selon leur typologie par rapport à leur commune d'emplacement.

Répartition des réservoirs selon le type d'ouvrage

Par rapport à leurs communes d'implantation en Seine-et-Marne 2017



Sur la base des données récoltées pour cette étude, 166 ouvrages ont été réhabilités durant les 45 dernières années. Au sein de ces 166 ouvrages, 145 sont des châteaux d'eau (87,3%), 6 sont des réservoirs enterrés, 13 sont des réservoirs semi-enterrés et 2 sont de typologie inconnue. La moyenne des capacités de ces ouvrages réhabilités sont à 500 m³ avec une médiane à 300 m³.

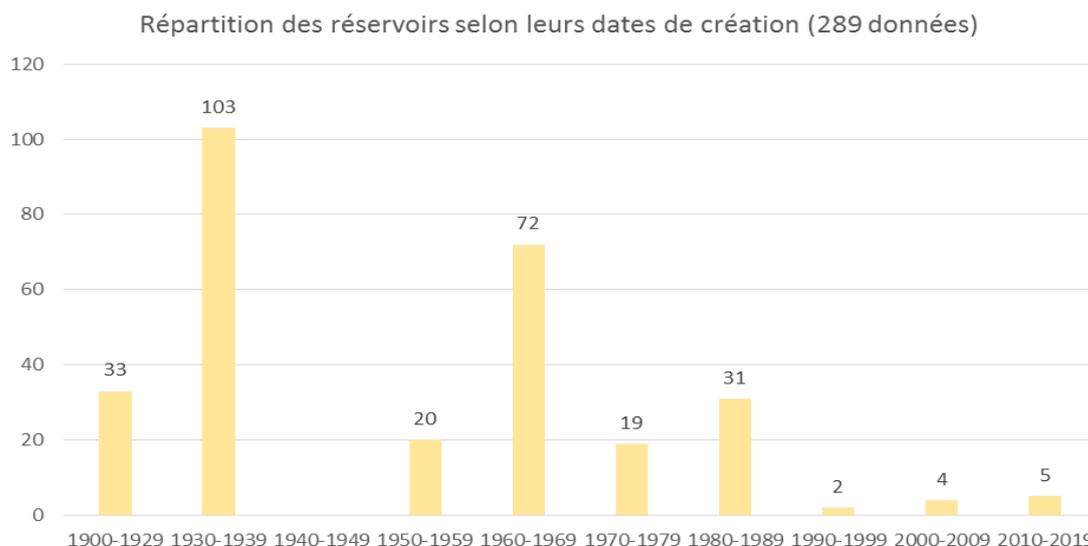


Malgré la prédominance de châteaux d'eau, ces derniers sont plus souvent réhabilités que les autres types de réservoirs. Cela s'explique par leur visibilité mettant en évidence plus facilement les désordres. Néanmoins, tous les types d'ouvrages subissent des dégradations notamment intérieures dues à la présence de l'eau, de gaz et vapeurs humides et des différentes variations de charges et de pressions. Par conséquent, les réservoirs au sol ou enterrés sont soumis aux mêmes contraintes et donc se dégradent également. On peut donc statiquement en conclure qu'un retard en termes de réhabilitation est à constater sur ces derniers. Ainsi, le diagnostic des ouvrages les plus anciens peut être considéré comme un enjeu prioritaire.

3) Age des réservoirs

Sur le total de 511 ouvrages étudiées dans les précédentes parties, 289 données d'âge (réelles et estimées) ont pu être obtenues, donc à peine plus de 56 %. 184 de ces données d'âge (64 %) ont été estimées par la méthode décrite dans la partie III.C.1 contre 105 données réelles obtenues des enquêtes auprès des maîtres d'ouvrage ou exploitants de réseaux.

Le graphique suivant représente la distribution de ces ouvrages selon leurs dates de création :



L'analyse statistique de ces données permet de dégager **une date moyenne de création estimée à 1949** dont la médiane à l'année 1955. En 2018, les réservoirs ont donc un âge moyen de 69 ans et une médiane de 63 ans. La majorité (percentile 90) de ces ouvrages ont été construits entre 1910 et 1986 et ont donc entre 32 et 108 ans. Il est aussi intéressant de noter que plus de la moitié des ouvrages a été créée avant les années 1960, environ 31 % entre les années 1960 et 1980 et enfin environ 15 % après les années 1980.

Nous observons qu'aucun des réservoirs où la donnée d'âge a pu être récupérée n'a été construit dans les années 1940 à 1949, coïncidant avec la période de la seconde guerre mondiale.

Les données récoltées ont aussi permis d'identifier les ouvrages qui ont été réhabilités depuis leur construction et de les analyser.

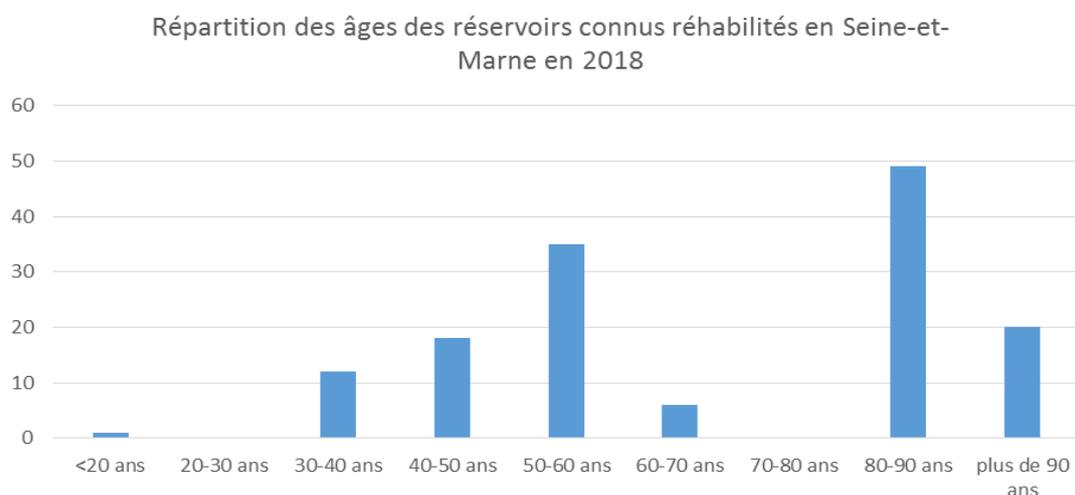
Ces informations indiquent que 36,5 % des 511 ouvrages recensés ont connus des travaux au moins une fois depuis leur création. L'année de réhabilitation précise a été renseignée pour 23,5 % des ouvrages uniquement. Le graphique suivant présente d'abord une distribution des ouvrages où les réhabilitations sont connues et terminées selon l'année où les travaux ont été effectués.



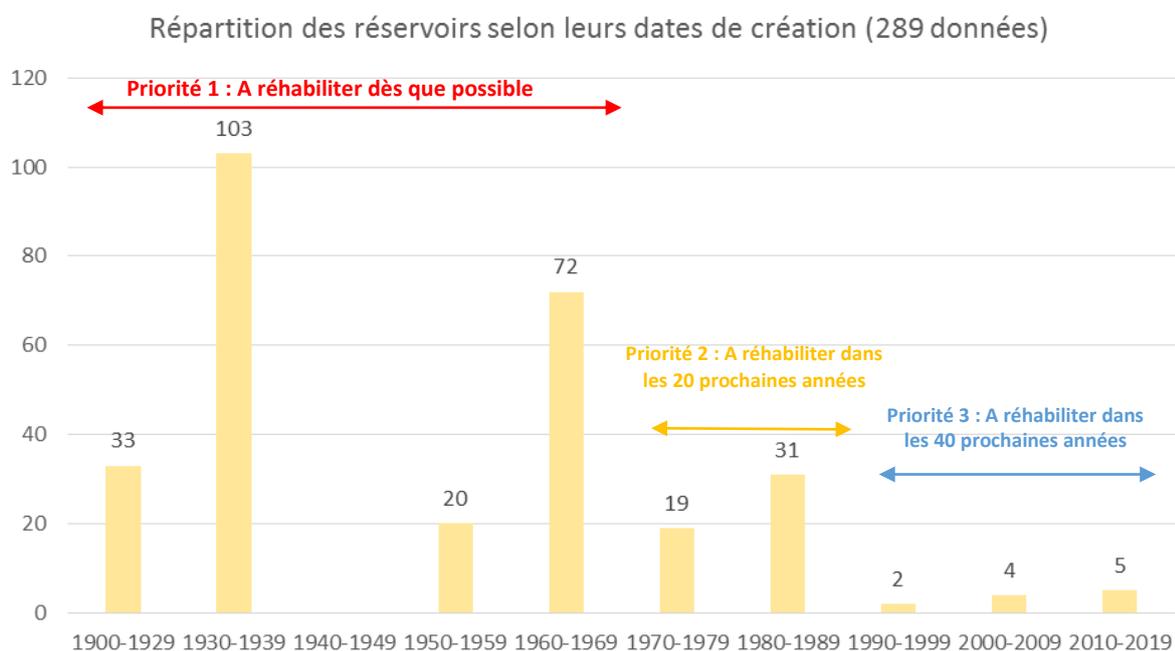
Les réhabilitations connus s'étendent des années 1974 jusqu'à maintenant avec un développement important depuis les années 1998. Une autre augmentation est observable à partir des années 2012 représentant en moyenne 7 réhabilitations par an depuis ces dix dernières années. Il est intéressant de noter que ce développement suit l'obligation de nettoyage annuel des réservoirs apparue en 2010.

L'augmentation sur les années récentes du nombre de réhabilitations montre qu'il y a une certaine prise de conscience du vieillissement des ouvrages sur le territoire. Cependant, si on compare les 36,5 % d'ouvrages avec travaux connus et les 50 % d'ouvrages qui ont plus de 60 ans, on remarque que tous les vieux ouvrages ne sont pas encore réhabilités. Ce constat est d'autant plus alarmant qu'on estime qu'il faudrait effectuer une réhabilitation des ouvrages tous les 20 ans. (Source : O.A.C.T.C)

Le graphique suivant présente le nombre de réservoirs réhabilités par rapport à leur âge en 2018.



On observe qu'en moyenne les réservoirs sont réhabilités après 50 ans ou plus. Or la moyenne d'âge des réservoirs sur le territoire avoisine les 60 ans. Ainsi, nous pouvons définir des priorités par rapport aux différentes classes d'âge des réservoirs existants aujourd'hui en se basant sur les tendances sur le territoire ; en reprenant les données précédemment explicités :



Le patrimoine des réservoirs est de plus en plus vieillissant et il existe un retard considérable quant aux travaux de réhabilitation. Les ouvrages au sol sont potentiellement le plus à risques puisqu'ils sont le moins réhabilités, et bien qu'ils ne forment pas la majeure partie du patrimoine seine-et-marnais, ils alimentent tout de même une population conséquente du nord et sud du département. Il faut donc être aussi vigilant pour ce type de réservoir dont les désordres sont moins visibles mais subissent néanmoins des désordres dans le temps.

D. Evaluation de la vulnérabilité des réservoirs en Seine-et-Marne

Au vu des conclusions précédentes, il est impératif que les collectivités soient sensibilisées quant à la problématique de leur patrimoine d'ouvrages de stockage. Afin de distinguer les zones prioritaires et visualiser le paysage de travaux à entreprendre sur le territoire de la Seine-et-Marne, l'étude présente aussi un outil simple d'évaluation de la vulnérabilité des réservoirs en Seine-et-Marne.

Les données sur lesquelles est basé cet outil ne sont pas exhaustives et ne font état que de vulnérabilités potentielles du fait du manque de données sur une large partie de territoire, cependant elle permet de prendre conscience non seulement de l'amplitude des travaux et du retard pris sur ces derniers, mais aussi de la défaillance quant à la connaissance du patrimoine sur les réseaux d'eau potable sur le département.

1) Méthodologie

Le temps moyen conseillé avant la programmation de maintenances pour prolonger la durée de vie des réservoirs étant d'environ 20 ans et la durée de vie moyenne d'un réservoir avant son abandon étant d'environ 90 ans selon les experts techniques, le premier critère retenu pour la catégorisation des ouvrages a été l'âge, ainsi que le temps passé depuis la dernière réhabilitation.

Vulnérabilité attribuée	Bon	A réhabiliter	Critique		Très critique
Réhabilitation	≤ 20 ans Ou	Réhabilité au moins une fois il y a plus de 20 ans Et	N'a jamais été réhabilité Et	Réhabilité au moins une fois il y a plus de 20 ans Et	N'a jamais été réhabilité Et
Âge	≤ 20 ans	Compris entre 20 et 90 ans	Compris entre 20 et 90 ans	≥ 90 ans	≥ 90 ans

Lorsque l'ouvrage est accessible ou visible sans inspection approfondie, un état visuel de l'extérieur de ce dernier peut aussi constituer une indication de son état. Notamment en ce qui concerne les châteaux d'eau, leurs images récupérées pour l'estimation de l'année de construction ont aussi été utilisées pour une évaluation simple de l'état extérieur de l'ouvrage. Les réservoirs déterminés avec un bon état apparent ont alors été placés en « Bon état ». De même, si des désordres importants peuvent être observés de l'extérieur, l'ouvrage a été classé en « Très critique » puisque son état extérieur traduit très probablement une dégradation importante à l'intérieur et sa réhabilitation rapide est nécessaire.

Sur ces deux principaux critères, la distribution des vulnérabilités attribuées selon les ouvrages recensés est illustrée dans le tableau page suivante.

Note : Les réservoirs où aucun des critères n'a été fourni ont été classés d'office en « A réhabiliter » puisque l'absence d'information témoigne en général d'une ancienneté conséquente de l'ouvrage et de l'absence de travaux récents.

Vulnérabilité attribuée	Bon	A réhabiliter	Critique	Très critique
Nombre d'ouvrages	164	205	130	12
	32 %	40 %	25 %	2 %

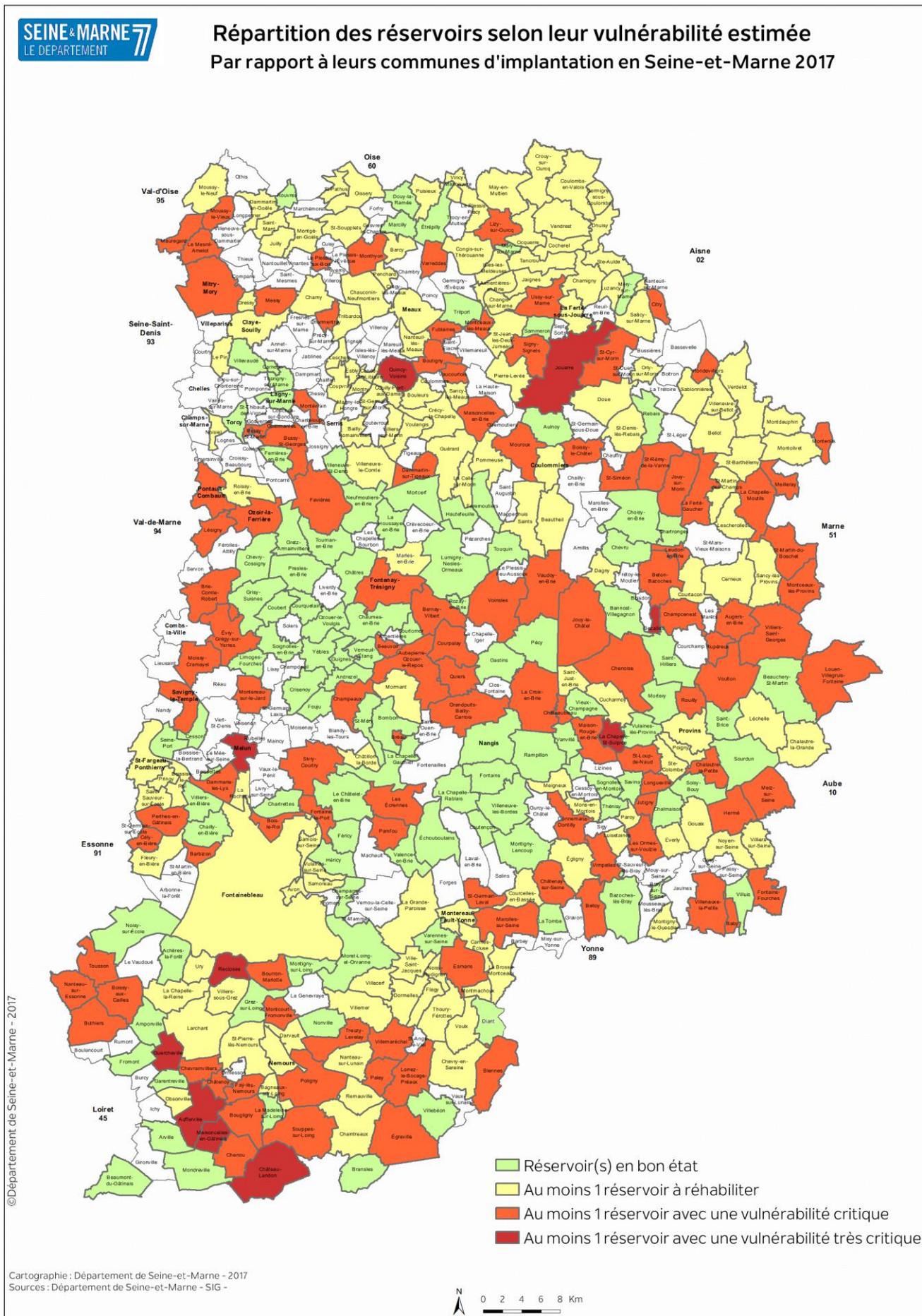
Avec la tendance de 7 réhabilitations par an en moyenne actuellement sur le territoire, il faudrait au moins 50 ans pour réhabiliter les 347 réservoirs pour un patrimoine totalement en bon état.

La carte présentée en page suivante permet de visualiser géographiquement l'implantation des réservoirs selon leur classe de vulnérabilité. Lorsqu'une commune gère plusieurs réservoirs, l'état de niveau le plus critique est affiché.

La carte montre une vulnérabilité à tendance plus critique dans les secteurs Nord et Sud du territoire, ce qui rejoint les risques précédemment soulevés par rapport à la typologie des ouvrages sur ces secteurs. Les 12 ouvrages dans un état potentiellement très critique se répartissent sur 10 communes tandis que les 130 ouvrages potentiellement en état critique sont répartis sur 115 communes du territoire.

La carte montre aussi que selon les ordres de priorité explicités dans la partie *III. C.3 Age des réservoirs*, bien que des efforts soient apparents dans le domaine (communes en verts), la majeure partie du département abrite des ouvrages de stockage dont le besoin de réhabilitation se fait ressentir.

2) Cartographie résultante de la méthode



3) Propositions et préconisations

Dans l'objectif d'améliorer l'état général des réservoirs sur le territoire dans les années à venir, cette section fournit quelques éléments pour assister les collectivités dans la gestion de ce patrimoine et les démarches ou travaux que cela peut impliquer.

La connaissance du patrimoine

Afin d'être toujours au fait de l'état de ses ouvrages et de planifier plus efficacement des procédures d'entretien ou de réhabilitation, il est d'abord conseillé d'archiver de manière plus récurrente les données relatives aux réservoirs, tout rendu ou facture relatives à des prestations associées. Il est aussi possible de palier à une perte d'informations en mettant à jour régulièrement une fiche comme celle qui suit :

Nom de l'ouvrage	Commune d'implantation	Coordonnées Lambert II (m)			Date de création	Type d'ouvrage	Capacité de l'ouvrage (m ³)
		X	Y	Z (NGF)			
Détail de l'ouvrage							
Source/Alimentation (Captage ou interconnexion)							
Hauteur du trop plein							
Réserve incendie							
Hauteur d'activation de la pompe d'alimentation							
Capacité de la pompe (m ³ /h)							
Historique des interventions							
Date	Nature de l'intervention	Entreprise gérant l'intervention			Remarques/Détails		

Les RPQS (Rapport Qualité-Prix du Service) qui sont obligatoirement rédigés chaque année pour tout service de l'eau, il serait par exemple intéressant d'inclure une section faisant régulièrement le point sur l'état des ouvrages de stockage. De même, dans le cadre de contrats de délégation, il serait pertinent d'inclure un rendu plus exhaustif sur ces ouvrages dans le rapport annuel délégataire (RAD), en particulier lorsque celui-ci gère aussi l'entretien des ouvrages.

Les travaux de réhabilitation

Dans le cas où un diagnostic semble nécessaire, le paragraphe permet d'avoir une idée des prestations que cela peut impliquer :

- **Le diagnostic visuel** permet au premier abord de relever les désordres visibles à l'intérieur et extérieur de l'ouvrage, et inclut généralement un examen de l'état du béton, des canalisations et des accès et enfin des dispositions d'étanchéité de l'ouvrage. Elle permet généralement de faire un état simple mais parlant de l'ouvrage et permet de conclure au besoin ou non de réhabilitation.
- **Le diagnostic génie civil** implique en second lieu, comme son nom l'indique, un examen complet de l'état du génie civil à travers des examens chimiques de béton prélevés, des armatures, et permet éventuellement d'établir la liste des travaux nécessaires à la réhabilitation de l'ouvrage.

Ce diagnostic comporte généralement les éléments suivants :

- Sur les parements extérieurs :
 - Un repérage et localisation du ferrailage par pachométrie et visualisation sur un moniteur
 - Des prélèvements d'échantillons de béton à la disqueuse pour analyses en laboratoire
 - Un sondage destructif au marteau piqueur pour mise à nue d'une armature et observation de son état
 - Des essais de corrosimétrie
 - Un relevé des désordres (vieillessement de l'étanchéité, fissures...)
- Sur les parements intérieurs :
 - L'inspection de tous les moyens d'accès (échelle à crinoline)
 - L'inspection des équipements de sécurité
 - L'inspection des équipements hydrauliques
 - La réalisation d'essais de cohésion du support béton en vue de la mise en œuvre ultérieure d'un revêtement d'étanchéité
 - Le relevé des désordres (vieillessement de l'étanchéité, fissures...)

A titre indicatif, les coûts potentiels pour chacun de ces diagnostics peuvent être de l'ordre de 3 000 € à 8 000 € HT pour le diagnostic visuel, et 5 000 € à 12 000 € HT pour le diagnostic de génie civil. Le montant effectif dépendra cependant de la taille de l'ouvrage, et d'autres facteurs tels les prestations incluses, l'accessibilité de l'ouvrage, son état de départ, etc.

Le montant des travaux de réhabilitation eux fluctuent sur des plus grands montants (*cf. partie IV.B Estimation des coûts*) dépendant de la capacité du réservoir, de la facilité d'accès, de la typologie et des moyens employés par l'entreprise effectuant le diagnostic

IV. Les enjeux financiers de la gestion patrimoniale des captages et réservoirs

Le Département de Seine-et-Marne intervient en tant que financeur dans divers domaines de l'eau potable, incluant les captages et réservoirs d'eau potable. Afin d'apporter plus d'éléments aux collectivités et de fournir une aide à la réflexion, une estimation des coûts pour les diverses opérations à réaliser sur les captages et les réservoirs a été réalisée.

A. Les opérations captages

Le prix des opérations réalisées sur un captage est très variable et dépend de nombreux facteurs propres à l'ouvrage concerné (type de captage, profondeur, accessibilité...). Le tableau ci-dessous indique une estimation des coûts pour les opérations de diagnostics et travaux. Cette estimation a été calculée sur la base de dossiers de demande de subvention reçus au Département. Les dossiers de réhabilitation et travaux étant peu nombreux, le coût n'est pas représentatif de tous les cas d'ouvrages rencontrés dans le département. Il est recommandé de réaliser une étude technico économique préalablement à toute intervention importante de réhabilitation d'un ouvrage.

Opérations diagnostic captage		Coût moyen (€ HT)	Coût minimum (€ HT)	Coût maximum (€ HT)	Nombre de dossiers	Remarques
Inspection vidéo et interprétation		1 700	500	5 000	18	L'augmentation du coût de cette opération peut s'expliquer par la nécessité de retirer la pompe et la colonne
Diagraphies	CBL (contrôle cimentation)	940	350	1 500	4	
	Gamma Ray	550	300	900	8	
	Diagraphie de flux	680	250	900	6	
Pompage d'essai		1 930	1 000	2 900	10	L'augmentation du coût de cette opération peut s'expliquer par la nécessité de retirer la pompe en place et par la durée du pompage d'essai

Opérations travaux captage	Coût moyen (€ HT)	Coût minimum (€ HT)	Coût maximum (€ HT)	Nombre de dossiers	Remarques
Changement colonne de refoulement	9 500	9 490	9 900	2	Le coût dépend de la profondeur du forage (longueur de la colonne)
Régénération	4 700	1 800	10 100	7	Le coût dépend du protocole de régénération choisi
Réhabilitation	46 400	36 000	56 000	4	

B. Les opérations réservoirs

Dans le cas des réservoirs, l'estimation des coûts a consisté en une mise à jour de l'outil définie dans l'observatoire 2015 « Les coûts d'opérations en eau potable en Seine-et-Marne » avec les dossiers de demandes de subventions faite au Département allant de 2008 à 2018 dans le domaine.

Rappel de la méthodologie :

Un échantillon a été constitué pour obtenir le meilleur niveau de représentativité au sein des dossiers de demandes de subvention concernant la réhabilitation de réservoirs de 2008 à 2018. Puis un indicateur technique influençant les coûts a été choisi, sur la base duquel une analyse statistique a été réalisée, aboutissant à une formule simple d'estimation des coûts. Les plages de validité des formules sont indiquées ainsi que les éventuelles limites et précautions à prendre dans l'utilisation de l'outil. L'analyse ainsi réalisée permet de définir, une fourchette de coûts HT minimaux et maximaux sur la base de ce qui a été observé dans les dossiers passés. (*Observatoire de l'eau 2015 : Les coûts des opérations dans le domaine de l'eau en Seine-et-Marne*)

L'illustration suivante rappelle les opérations généralement incluent dans ce type d'opération :



Présentation de l'échantillon

Échantillon	Nombre de dossiers examinés	37
	Nombre de dossiers retenus	31
	Taux de refus	16 %
Indicateur technique	Indicateur	Capacité du réservoir en m ³
	Indicateur : valeur minimum	80
	Indicateur : valeur maximum	1 500
Coût opération	Montant mini	102 881 €
	Montant maxi	400 474 €
	Médiane	221 492 €
	Moyenne	219 431 €

L'échantillon comprend 37 dossiers, qui ont fait l'objet d'une subvention du Département. La plage des données s'étend de 2008 à 2018. Le nombre moyen de dossiers analysés est de 3,1 dossiers/an. La capacité moyenne des réservoirs étudiés est de 520 m³.

La capacité du réservoir en m³ a été identifiée comme l'indicateur principal influençant le coût global d'opération. En effet, l'étendue des travaux augmente avec la capacité (ou volume) du réservoir. Plus le réservoir est grand, plus les surfaces à traiter et les quantités de matériaux à mettre en œuvre sont importantes. Ainsi, plus la capacité du réservoir est grande, plus le coût est élevé.

On constate que la médiane est relativement proche de la moyenne, ce qui indique que la répartition des montants est globalement symétrique autour de la valeur moyenne.

Il existe cependant des limites à cet indicateur qui peuvent influencer les résultats de l'analyse statistique. En effet, les opérations de réhabilitations de réservoirs d'eau potable sont très variables, en fonction du niveau de dégradation de l'ouvrage, et du type de travaux préconisé. En effet, un réservoir de grande capacité ayant une étanchéité seule à refaire engendrera un programme de travaux moins coûteux qu'un réservoir de plus petite capacité mais qui devra mettre en œuvre des travaux sur les structures internes de l'ouvrage. Toutefois, l'analyse statistique et plus précisément le calcul de l'erreur type permettra d'intégrer ces autres variables dans l'écart défini par la fourchette du coût estimé.

Sur cette opération, 31 dossiers sur les 37 recueillis ont été retenus pour former l'échantillon. Le taux de refus est donc de 16 %. La plage de validité est bornée par les valeurs suivantes : de 80 à 1 500 m³, ce qui concerne plus de 80 % des réservoirs recensés en Seine-et-Marne. Au-delà de ces valeurs, la fiabilité de la formule n'est plus assurée.

Résultats

La courbe de tendance la mieux adaptée au nuage de points obtenu est une régression linéaire du type « $y = ax + b$ », qui modélise la relation fonctionnelle entre les deux variables.

L'ordonnée à l'origine, obtenue pour $a = 0$, d'une valeur de 164 924 € HT représente les coûts incompressibles théoriques lors d'une opération de réhabilitation de réservoir (missions SPS, assistance à maîtrise d'ouvrage, installation de chantier ...).

On obtient un coefficient de corrélation R^2 de 0,25, du fait d'une grande dispersion des coûts pour les réservoirs entre 100 m³ et 300 m³.

En utilisant le modèle ainsi construit pour estimer les coûts d'une réhabilitation de réservoir de capacité inférieure à 1 500 m³, on obtient la formule suivante qui prend en compte les erreurs types sur les coefficients « a » et « b » :

Formule	Prix théorique = 96,34 (+ ou - 6,6) x capacité du réservoir + 164 924 (+ ou - 12 417)
Formule estimation haute	96,34 (+ 6,6) x capacité du réservoir + (164 924 + 12 417)
Formule estimation basse	(96,34 - 6,6) x capacité du réservoir + (164 924 - 12 417)
Variable technique	Capacité du réservoir (m ³)
Intervalle de confiance	De 80 à 1 500 (m ³)

A titre d'exemple, pour une réhabilitation d'un réservoir de 500 m³, le coût serait compris entre 197 000 € HT et 229 000 € HT.

Capacité du réservoir	500 m ³		
Estimation haute	228 811 €	arrondie à	229 000 €
Estimation basse	197 377 €	arrondie à	197 000 €
Le prix sera compris entre	197 000 €	et	229 000 €

Département de Seine-et-Marne
Direction de l'eau, de l'environnement et de l'agriculture
Hôtel du Département
CS 50377 - 77010 Melun cedex
<http://eau.seine-et-marne.fr>
sde@departement77.fr

seine-et-marne.fr  

SEINE & MARNE
LE DÉPARTEMENT **77**