MAIRIE DE PARIS

**Direction de la protection de l'environnement**
Service technique de l'eau et de l'assainissement

# EXPERTISE DU DIAGNOSTIC DU RESEAU D'EAU NON POTABLE DECRIT DANS LE SCHEMA DIRECTEUR DE L'EAU 2010-2025

# RAPPORT

| Affaire | Version | Date | Rédigé par | Vérifié par |
|---|---|---|---|---|
| 09-014-03 | 1 | 06/10/2009 | P. BERTHOME / J.P. MANLHIOT | R. BERTILOTTI |
| 09-014-03 | 2 | 25/10/2009 | P. BERTHOME / J.P. MANLHIOT | R. BERTILOTTI |
| 09-014-03 | 3 | 4/11/2009 | P. BERTHOME / J.P. MANLHIOT | R. BERTILOTTI |
| 09-014-03 | 4 | 9/11/2009 | P. BERTHOME / J.P. MANLHIOT | R. BERTILOTTI |

# SOMMAIRE


**1. OBJET ET DEROULEMENT DE L'EXPERTISE ..... 5**

1.1. CONTEXTE ET OBJET DE L'EXPERTISE ..... 5
1.2. DEROULEMENT DE LA MISSION ..... 5
1.3. CONTENU DU RAPPORT ..... 6

**2. DESCRIPTION PATRIMONIALE DU RESEAU D'EAU NON POTABLE ..... 7**

2.1. ORGANISATION DE LA PRODUCTION ET DE LA DISTRIBUTION D'EAU NON POTABLE ..... 7
2.2. LES RESEAUX ..... 8
*2.2.1. Linéaire ..... 8*
*2.2.2. Diamètre des conduites ..... 8*
*2.2.3. Matériaux constructifs des conduites ..... 8*
*2.2.4. Emplacement des conduites ..... 9*
*2.2.5. Année de pose des conduites ..... 9*
*2.2.6. Vannes et appareils hydrauliques des réseaux ..... 10*
*2.2.7. Rappel des obligations contractuelles des distributeurs ..... 10*
2.3. LES USINES ET LES RESERVOIRS ..... 11

**3. ANALYSE DE LA METHODOLOGIE DU DIAGNOSTIC ..... 13**

3.1. LA METHODE RETENUE POUR LE DIAGNOSTIC DU RESEAU : L'ANALYSE MULTICRITERE ..... 13
*3.1.1. Justification de la méthodologie retenue et étapes du diagnostic ..... 13*
*3.1.2. Description de la méthodologie retenue ..... 14*
*3.1.3. Critères d'analyse retenus ..... 16*
3.1.3.1. Intégrité structurelle du réseau ..... 16
3.1.3.2. Critères liés à un paramètre d'aggravation ..... 17
3.1.3.3. Critères liés à un paramètre d'aggravation spécifique à l'ENP ..... 17
3.1.3.4. Critères liés aux conséquences d'un incident sur la conduite ..... 17
3.2. ANALYSE DES DONNEES D'ENTREE ..... 18
*3.2.1. Intégrité structurelle du réseau ..... 18*
3.2.1.1. Indice de corrosion ..... 18
3.2.1.2. Indice de joint ..... 18
3.2.1.3. Indice de casse ..... 18
*3.2.2. Critères liés à un paramètre d'aggravation ..... 19*
*3.2.3. Critères liés à un paramètre d'aggravation spécifique à l'ENP ..... 19*
*3.2.4. Critères liés aux conséquences d'un incident sur la conduite ..... 19*
*3.2.5. Données SIG ..... 19*
*3.2.6. Niveau de prix ..... 22*
3.3. ANALYSE DES RESULTATS ..... 24
*3.3.1. Intégrité structurelle du réseau ..... 24*
3.3.1.1. Indice de corrosion ..... 24
3.3.1.2. Indice de joint ..... 24
3.3.1.3. Indice de casse ..... 25
3.3.1.4. Indice structurel prédictif ..... 25
*3.3.2. Critères liés à un paramètre d'aggravation ..... 25*
*3.3.3. Critères liés à un paramètre d'aggravation spécifique à l'ENP ..... 25*
*3.3.4. Critères liés aux conséquences d'un incident sur la conduite ..... 26*
*3.3.5. Adéquation des résultats avec les études antérieures ..... 26*
*3.3.6. Adéquation des résultats avec les visites de terrain ..... 26*
*3.3.7. Analyse des coûts ..... 32*
3.4. LES STATIONS DE POMPAGE ET LES RESERVOIRS ..... 33
*3.4.1. Stations de pompage ..... 33*
*3.4.2. Réservoirs ..... 33*

**4. LIMITES DE LA METHODE RETENUE ..... 35**

4.1. SYNTHESE PREALABLE DES CONNAISSANCES UTILES A L'EXPERTISE ..... 35
*4.1.1. Spécificité du réseau parisien ..... 35*
*4.1.2. Les fontes et la corrosion ..... 36*
*4.1.3. Les supports et amarrages ..... 38*
*4.1.4. Les joints ..... 38*
4.2. PERTINENCE DES CRITERES RETENUS DANS LE SDE ..... 39
*4.2.1. Pertinence de chaque critère pour caractériser l'état des ouvrages ..... 39*
*4.2.2. Données disponibles ..... 41*
4.3. PONDERATIONS RETENUES ..... 42
4.4. CLASSES ..... 43
4.5. COMPARAISON AVEC D'AUTRES COLLECTIVITES ..... 44

**5. PROPOSITIONS POUR UNE NOUVELLE APPROCHE DU DIAGNOSTIC PATRIMONIAL ..... 46**

5.1. LES METHODES UTILISEES DANS D'AUTRES COLLECTIVITES ..... 46
*5.1.1. La politique de renouvellement ..... 46*
*5.1.2. Les méthodes ..... 46*
5.2. LES INVESTIGATIONS NECESSAIRES ..... 47
*5.2.1. Rappel de la démarche du SDE ..... 47*
*5.2.2. Les fontes et la corrosion ..... 48*
*5.2.3. Les supports et amarrages ..... 49*
*5.2.4. Les joints ..... 49*
*5.2.5. La longueur et le diamètre ..... 49*
*5.2.6. L'environnement des conduites et la qualité de l'eau ..... 49*
*5.2.7. Cas des conduites Bonna ..... 50*
*5.2.8. Analyse historique ..... 50*
*5.2.9. Plan de travail ..... 50*
5.3. INCIDENCE DU RENDEMENT SUR LA METHODOLOGIE ..... 51
*5.3.1. Suivi des volumes mis en distribution ..... 51*
*5.3.2. Sectorisation ..... 52*
*5.3.3. Meilleure connaissance des besoins des gros consommateurs ..... 52*
5.4. INCIDENCE DES ORIENTATIONS DU SDE SUR LA METHODOLOGIE ..... 52

**6. CONCLUSION ..... 54**

# LISTE DES FIGURES

Figure n° 1 : Schéma de principe du réseau de production et de distribution d'eau non potable de Paris .....7
Figure n° 2 : Linéaire de réseau classé en « mauvais état » selon la note retenue pour la distinction des classes.....44
Figure n° 3 : Indice structurel prédictif – Ø 300 Avenue de New York.....57
Figure n° 4 : Indice structurel prédictif – Quartier Ménilmontant.....58
Figure n° 5 : Indice structurel prédictif – Ø 600 Avenue de Versailles.....59

# LISTE DES TABLEAUX

Tableau n° 1 : Linéaire de réseau en fonction de la classe de diamètre.....8
Tableau n° 2 : Recensement des vannes du réseau d'eau non potable .....10
Tableau n° 3 : Caractéristiques des usines d'eau non potable .....11
Tableau n° 4 : Caractéristiques des réservoirs d'eau non potable .....12
Tableau n° 5 : Critères et pondérations retenus pour l'analyse multicritères de l'état du réseau d'eau non potable.....15
Tableau n° 6 : Rappel des résultats de l'analyse multicritère de l'état du réseau d'eau non potable (extrait du SDE – évaluation globale pondérée).....16
Tableau n° 7 : Ecarts constatés entre le SIG du SDE et ceux des distributeurs.....20
Tableau n° 8 : Ecarts entre la répartition du linéaire par diamètre entre les données SAFEGE et les SIG des exploitants.....21
Tableau n° 9 : Prix moyens de rénovation et de renouvellement du réseau (en € HT/ml) .....23
Tableau n° 10 : Synthèse des observations relevées lors des visites de réseau .....29
Tableau n° 11 : Illustration photographique de l'état du réseau (rive gauche).....30
Tableau n° 12 : Illustration photographique de l'état du réseau (rive droite).....31
Tableau n° 13 : Estimation financière selon 3 options d'actions sur le réseau d'eau non potable (Source SDE) .....32
Tableau n° 14 : Coût des travaux sur les réservoirs (Source SDE) .....34
Tableau n° 15 : Impact des différents critères sur les résultats de l'analyse multicritères (état optimiste).....43
Tableau n° 16 : Niveau des fréquences de casses et de fuites (hors branchements).....45

# LISTE DES ANNEXES

Annexe n° 1 : Analyse de l'indice structurel prédictif.....56

# 1. OBJET ET DEROULEMENT DE L'EXPERTISE

## 1.1. Contexte et objet de l'expertise

La Ville de Paris a confié au bureau d'études SAFEGE l'élaboration du Schéma Directeur Eau (SDE) 2010-2025 incluant un audit patrimonial des moyens de production et des réseaux de distribution. Compte tenu de la complexité du volet eau non potable (ENP), elle souhaite obtenir un avis sur le diagnostic de ce réseau réalisé dans le cadre du Schéma Directeur.

**L'expertise du diagnostic du réseau d'ENP est donc limitée au niveau patrimonial** et comprend :

- **l'évaluation de la méthodologie utilisée pour caractériser l'état du réseau ENP**,
- **l'évaluation des hypothèses retenues**,
- **l'analyse de ses résultats et conclusions**.

Elle porte donc essentiellement sur la partie 4 (Volet patrimonial) du rapport de SDE et concerne les usines de production, les réservoirs de stockage et le réseau de distribution.

Les réseaux ENP du Bois de Boulogne et du Bois de Vincennes ne sont pas concernés par l'expertise.

Précisons également que les appréciations du SDE portant sur le rendement ou le devenir du réseau n'entrent pas non plus dans le cadre de cette expertise. Ces deux points ne seront abordés que dans la mesure où ils peuvent orienter la méthodologie de diagnostic patrimonial.

## 1.2. Déroulement de la mission

La mission s'est déroulée sur une période de 5 semaines, conformément au cahier des charges, en septembre et au début du mois d'octobre 2009.

L'expertise s'appuie sur une analyse documentaire, sur les avis et précisions obtenus au cours d'entretiens avec les principaux acteurs ayant participé à l'établissement du SDE, sur des visites de canalisations et d'ouvrages, et plus précisément sur :

- L'analyse des rapports et des fichiers informatiques du diagnostic élaborés par SAFEGE, ainsi que des comptes rendus des réunions de suivi du SDE,
- L'examen de la documentation disponible lors de la réalisation du SDE ou d'informations postérieures,
- Des entretiens avec le STEA, SAFEGE, EFPE (Eau et Force-Parisienne des Eaux), CEP (Compagnie des Eaux de Paris) et Eau de Paris,
- Des visites des réseaux, dont certains collecteurs visités par SAFEGE, ainsi que la visite de l'usine de la Villette.

## 1.3. Contenu du rapport

La présentation des analyses, vérifications et investigations réalisées pour les besoins de la mission d'expertise ainsi que des propositions d'actions qui en découlent est organisée en quatre parties :

- **Une description synthétique du réseau d'eau non potable**,
- **L'analyse de la méthodologie retenue dans le diagnostic du SDE**,
- **La mise en évidence des limites de cette approche**,
- **Des propositions pour une approche complémentaire du diagnostic patrimonial**.

# 2. DESCRIPTION PATRIMONIALE DU RESEAU D'EAU NON POTABLE

## 2.1. Organisation de la production et de la distribution d'eau non potable

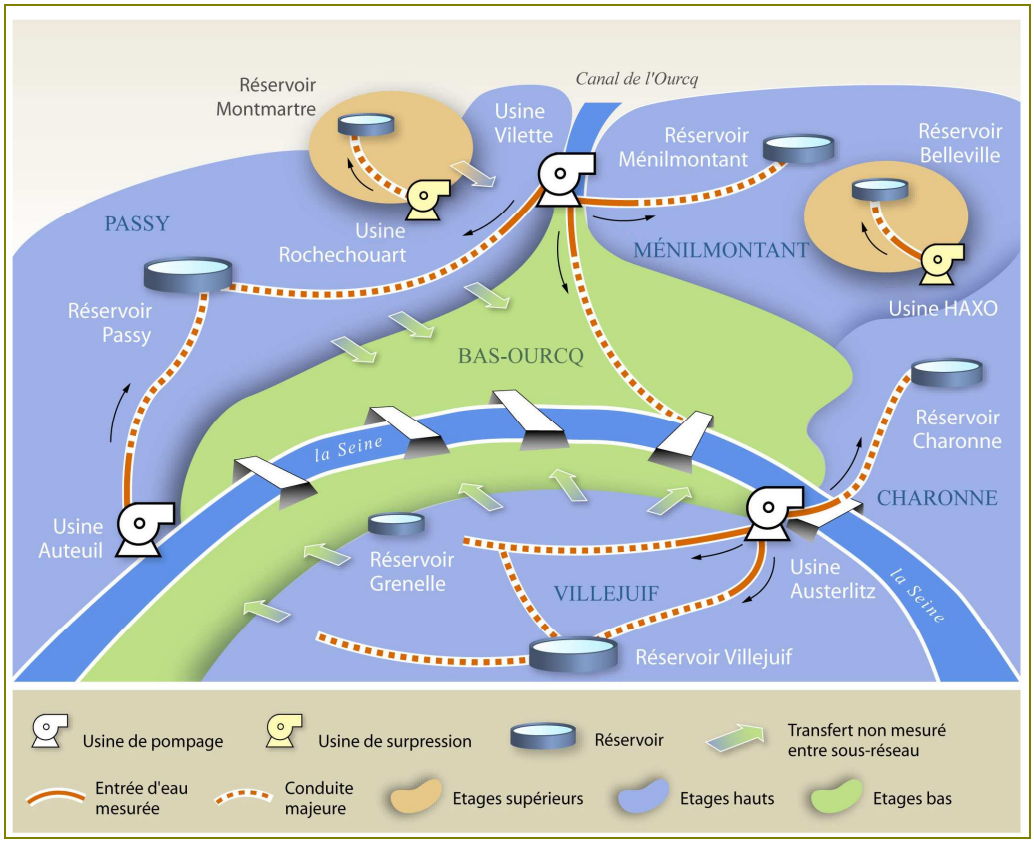
Les conduites actuellement utilisées pour le réseau ENP formaient, jusqu'au début du XX$^{ème}$ siècle, le deuxième réseau d'eau potable de Paris. Ce réseau d'environ 1 700 km date en grande partie du XIX$^{ème}$ siècle. Les branchements ENP des particuliers ont été progressivement supprimés et la distribution concerne désormais presque exclusivement des usages municipaux (nettoyage des caniveaux, châsses d'égout, arrosage des espaces verts, …).

La Figure suivante représente schématiquement les ouvrages de production et les transferts importants entre les sous-réseaux du système ENP.

Le réseau ENP est partagé en 7 sous-réseaux selon 3 niveaux d'étage de pression. Les usines en rive droite (Villette et Auteuil) permettent le pompage de l'ENP, respectivement, dans le canal de l'Ourcq (le prélèvement le plus ancien) et en Seine. L'usine d'Austerlitz alimente le réseau par pompage en Seine.

Les eaux distribuées sont chargées en limons, d'où la nécessité de procéder au débourbage des conduites, et de nature plutôt entartrante, ce qui réduit les phénomènes de corrosion interne.

**Figure n° 1 : Schéma de principe du réseau de production et de distribution d'eau non potable de Paris**



## 2.2. Les réseaux

### *2.2.1. Linéaire*

Le linéaire total du réseau est de l'ordre de 1 700 km (sans compter les réseaux des bois de Boulogne et de Vincennes). Il est réparti, comme le réseau d'eau potable, à raison de 70 % (1 176 km) en rive droite de la Seine et de 30 % (511 km) en rive gauche.

La répartition du réseau d'eau non potable par arrondissement est très similaire à celle du réseau d'eau potable.

A noter que ces valeurs tirées des fichiers de travail de SAFEGE (1 695 km au total) coïncident avec les données communiquées par les distributeurs (cf. § 3.2.5) mais diffèrent un peu des chiffres annoncés dans le rapport du SDE (1 695 km), **l'incertitude étant admissible puisqu'inférieure à 0.5 %**.

### *2.2.2. Diamètre des conduites*

Le réseau se différencie en trois catégories de diamètres délimitant plus ou moins arbitrairement trois sous-réseaux :

- Le réseau de distribution : DN < 300 mm ;
- Le réseau de maillage : 300 mm <= DN <= 600 mm ;
- Le réseau de transport : DN > 600 mm.

Les diamètres de 100 - 125 mm constituent presque la moitié du réseau. Comme le réseau d'eau potable, 79 % des conduites ont un diamètre ≤ 250 mm, ce qui correspond essentiellement aux conduites de distribution.

**Tableau n° 1 : Linéaire de réseau en fonction de la classe de diamètre**

| Diamètre (mm) | Linéaire (km) | % du linéaire total |
|---|---|---|
| 20-80 | 60 | 3.5% |
| 100-125 | 807 | 47.6% |
| 150-250 | 468 | 27.6% |
| 300-500 | 234 | 13.8% |
| 600-900 | 85 | 5.0% |
| 1000-1350 | 41 | 2.4% |
| **Total** | **1 695** | **100.0%** |

### *2.2.3. Matériaux constructifs des conduites*

Les matériaux constituant le réseau sont essentiellement :

- La fonte grise, majoritaire avec 99 % du linéaire (1 668 km) ;
- Le béton âme tôle (de type Bonna), représentant un linéaire minoritaire de 0.2 % (9 km comparés aux 66 km en eau potable). Ces conduites présentent des diamètres importants de 800 mm à 1250 mm ;

- La fonte ductile, avec 0,2 % du linéaire (4 km), correspondant au faible linéaire qui a été renouvelé suite à des incidents de défaillance structurelle.

La fonte grise provient des fonderies de la Société Boigues et Cie (Usines de Fourchambault et Torteron) et/ou de la Société Pinart Frères (Fonderies la ville de Marquise –Pas de Calais) jusqu'en 1885 et depuis des usines Pont-à-Mousson (extrait de « L'eau à Paris au XIXe siècle », Philippe Cebron de Lisle).

### *2.2.4. Emplacement des conduites*

Les conduites d'eau non potable se situent à 91,6 % du linéaire total en égout et à 7 % en terre. Un faible linéaire, de l'ordre de 1,4 %, est situé dans des galeries.

Les supports des conduites posés en égout ou en galerie dépendent du diamètre :

- Diamètre inférieur à 300 mm : les conduites sont accrochées à des supports fixés au dessus des naissances de la voute des égouts ;
- Diamètre entre 300 mm et 600 mm environ : les conduites sont posées sur des consoles, fichées dans les parois de l'ovoïde, en général également au niveau des naissances de la voute si la place le permet ;
- Diamètre supérieur à 600 mm : les conduites sont posées sur des plots béton ou des colonnettes en fonte reposant sur le radier de l'égout ou de la galerie.

### *2.2.5. Année de pose des conduites*

Une partie importante du réseau d'ENP existait à la période de la création du réseau d'eau potable (EP), lequel comportait à l'origine deux réseaux d'eau potable : un réseau public et un réseau privé de qualité de service supérieure (eau de meilleure qualité à meilleure pression). Les ouvrages du réseau actuel d'ENP faisaient partie du réseau public d'EP, le réseau actuel d'EP étant le réseau privé d'antan.

A l'origine, le premier réseau mis en place est celui qui était alimenté dans les années 1860 à partir du réseau du canal de l'Ourcq arrivant dans la darse de la Villette (cote approximative 58 m NGF) et desservant les fontaines publiques. Il était relayé par le réseau alimenté en eau de Seine pompée depuis Auteuil vers le réservoir de Passy (cote approximative 72 m NGF). A cette époque, l'eau des ouvrages publics est d'une potabilité douteuse et le réseau est à faible pression.

L'arrivée des eaux de la Dhuis au réservoir de Ménilmontant (cote 108 m NGF) en 1867 permet de disposer d'une ressource de meilleure qualité et de plus forte pression, pouvant atteindre les étages des immeubles. C'est l'origine du nouveau réseau « privé » qui deviendra le réseau EP à l'arrivée en rive gauche des eaux de la Vanne dans le réservoir de Montsouris.

**Les dates de pose des conduites se situent essentiellement entre 1860 et 1920**. En l'absence d'information plus précise sur la répartition historique de la pose de ce réseau, le SDE a pris comme hypothèse une année de pose moyenne des conduites anciennes (non renouvelées) de 1900. Cette hypothèse concerne 99 % du linéaire des conduites.

Retenons que le réseau ENP est plus vieux d'environ 20 ans que le réseau EP et qu'ils présentent par conséquent sensiblement le même état de vieillissement pour ce qui concerne les conduites qui n'ont pas été renouvelées, majoritaires.

Les conduites dont la date de pose est connue représentent un faible linéaire, 15 km environ, d'après le rapport de SDE. Elles concernent le renouvellement des conduites qui ont été affectées par des incidents et des défaillances importants.

Depuis la mise en place de la réglementation sur les eaux potables, le réseau ENP n'alimente plus les fontaines à boire ou les fontaines auxquelles s'approvisionnaient les porteurs d'eau, mais est utilisé pour l'entretien des voies publiques, le curage des égouts et l'arrosage des espaces verts.

### *2.2.6. Vannes et appareils hydrauliques des réseaux*

D'après le SDE, le réseau est équipé de 9 424 vannes en rive droite et de 3 724 en rive gauche. Le tableau ci-dessous extrait du même rapport donne un total un peu inférieur.

Ce réseau alimente un nombre important d'appareils hydrauliques, dont 13 905 en rive droite et de 5 617 en rive gauche.

**Tableau n° 2 : Recensement des vannes du réseau d'eau non potable**

| TYPE | DIAMETRE | ETAGE | | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | BAS | HAUT | SUPERIEUR | INDETERMINE | |
| 1/4 TOUR | <300 | 2 526 | 3 833 | 485 | 111 | 6 955 |
| | 300~600 | 2 | 4 | 0 | 0 | 6 |
| | 600~1000 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| | >1000 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| BOISSEAU | <300 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | 600 - 1000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BYPASS | <300 | 0 | 10 | 0 | 0 | 10 |
| | 300 - 600 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| OPERCULE | <300 | 1 104 | 2 039 | 332 | 72 | 3 547 |
| | 300~600 | 329 | 534 | 96 | 19 | 978 |
| | 600~1000 | 61 | 140 | 4 | 2 | 207 |
| | >1000 | 18 | 29 | 0 | 0 | 47 |
| PAPILLON | <300 | 330 | 690 | 132 | 27 | 1 179 |
| | 300~600 | 19 | 29 | 1 | 0 | 49 |
| | 600~1000 | 6 | 11 | 0 | 1 | 18 |
| | >1000 | 5 | 9 | 0 | 1 | 15 |
| **TOTAL** | | **4 402** | **7 328** | **1 051** | **235** | **13 016** |

### *2.2.7. Rappel des obligations contractuelles des distributeurs*

Les deux contrats de délégation en rive gauche (EFPE) et en rive droite (CEP) qui s'achèvent à la fin de l'année datent de 1985.

Ils définissent les mêmes obligations : chaque distributeur garantit le libre écoulement de l'eau ; il assure la suppression des fuites dans les mêmes conditions que sur le réseau d'eau potable et l'entretien des conduites, ainsi que le débourbage des conduites de diamètre inférieur ou égal à 200 mm ; en ce qui concerne le débourbage des conduites de diamètre

supérieur à 200 mm, les grosses réparations et le renouvellement des ouvrages, les distributeurs ne peuvent être tenus que de l'exécution des opérations qui se révéleraient indispensables à la continuité du service.

L'entretien préventif a été exclu des contrats, et cela concerne en particulier les supports des conduites d'eau d'ENP implantées en galerie et en égout, alors que les défaillances des supports sont les principales causes des casses et des fuites importantes.

Comme noté dans le rapport de diagnostic du SDE, il en découle que **les linéaires de conduites ayant fait l'objet de travaux depuis le début des deux contrats de délégation (1985) restent très modestes**. **Ils ont été réalisés à la suite d'incidents de défaillance** et comprennent :

- Le renouvellement de 15 km ;
- La rénovation de 3,8 km.

On note une différence entre ces chiffres inscrits au rapport de SDE et ceux tirés des fichiers de travail de SAFEGE (9 km renouvelés et 6 km rénovés), l'incertitude étant admissible puisqu'inférieure à 0.3 %.

Certaines conduites endommagées ou qui ont fait l'objet d'une casse, n'entraînant pas de privation d'ENP, ont de ce fait été abandonnées.

Comme le souligne le SDE, comparés aux linéaires de renouvellement et de rénovation du réseau d'eau potable qui comprend des conduites posées à la même époque, ces linéaires sont faibles et ne peuvent donc pas refléter les symptômes de l'état de santé structurel des conduites. Mais ils ont été suffisants pour maintenir la continuité du service pendant 25 ans.

## 2.3. Les usines et les réservoirs

L'usine d'Auteuil, rénové en 1952, est la plus ancienne. L'usine d'Austerlitz a été complètement reconstruite en 1994. Le génie civil de l'usine de La Villette, datant de 1989, est dans un état satisfaisant, mais la question de la rénovation des équipements électromécaniques se pose comme on le verra dans la suite du rapport.

**Tableau n° 3 : Caractéristiques des usines d'eau non potable**

| USINES | DATE DE RENOVATION COMPLETE | NOMBRE DE GROUPES DE POMPAGE | DEBIT UNITAIRE (m3/h) |
|---|---|---|---|
| AUTEUIL | 1952 | 4 | 1870 |
| AUSTERLITZ | 1994 | 15 | 1980 à 4320 |
| LA VILLETTE | 1989 | 4 | 1730 à 3530 |

Les caractéristiques des réservoirs ENP de la Ville de Paris sont reprises au tableau suivant (avec mention des réservoirs d'eau potable implantés au-dessus de réservoirs ENP).

## Tableau n° 4 : Caractéristiques des réservoirs d'eau non potable

| Réservoirs | Type de réservoir | Date de construction | Usages | Nombre de cuves | Volume total ($m^3$) | Génie civil de l'ouvrage |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **MENILMONTANT** | semi enterré | 1865 | EP | 2 compartiments EP | | Meulière |
| **MENILMONTANT** | | | ENP | 2 compartiments ENP | 26 800 | |
| **CHARONNE** | semi enterré | 1898 | ENP | 2 compartiments ENP | 23 500 | |
| **BELLEVILLE RESERVOIR** | de surface | 1868 | EP | 2 compartiments EP | | Meulière |
| **BELLEVILLE RESERVOIR** | | | ENP | 2 compartiments ENP | 11 600 | |
| **MONTMARTRE CHÂTEAU D'EAU** | cuves sur tour | 1927 | EP | 2 cuves concentriques EP | | Béton |
| **MONTMARTRE CHÂTEAU D'EAU** | | | ENP | 1 cuve ENP | 200 | |
| **MONTMARTRE RESERVOIR** | de surface | 1889 | EP | 3 compartiments EP | | Meulière |
| **MONTMARTRE RESERVOIR** | | | ENP | 2 compartiments ENP | 4 900 | |
| **GRENELLE** | de surface | 1881 | ENP | 2 compartiments ENP | 6 432 | Meulière |
| **VILLEJUIF** | enterré | 1893/1910 | ENP | 4 compartiments ENP | 51 252 | Béton |
| **PASSY** | surface | 1858 | ENP | 4 compartiments ENP | 56 472 | Meulière |
| | | 1898 | | 1 compartiment de réserve | | |
| **TOTAL ENP** | | | | | **181 156** | |

Il est à noter qu'EAU DE PARIS a pour obligation contractuelle de faire en sorte qu'aucun des réseaux de distribution d'eau non potable ne doit être privé d'un approvisionnement permettant d'assurer une desserte acceptable des usagers durant plus de 48 heures. Les dispositions prises par EDP pour assurer cette obligation sont quasi exclusivement de type curatif.

# 3. ANALYSE DE LA METHODOLOGIE DU DIAGNOSTIC

Nous décrivons dans un premier temps au § 3.1 la méthode retenue dans le SDE pour le diagnostic du réseau de distribution. L'analyse critique de cette méthode fait l'objet du § 4.

Les vérifications portant sur les données d'entrée utilisées par SAFEGE sont ensuite présentées au § 3.2.

Le § 3.3 présente les contrôles effectués sur les résultats obtenus afin de vérifier si les traitements informatiques opérés dans le cadre du SDE, consignés presqu'entièrement dans un seul fichier de travail qui nous a été communiqué, concordent avec la description qui en est faite dans les rapports.

Enfin, le § 3.4 est consacré à l'analyse du diagnostic des ouvrages hydrauliques : usines et réservoirs.

## 3.1. La méthode retenue pour le diagnostic du réseau : l'analyse multicritère

### *3.1.1. Justification de la méthodologie retenue et étapes du diagnostic*

D'après le SDE, l'utilisation d'une méthodologie d'évaluation multicritère pour l'établissement du diagnostic global de l'état patrimonial des réseaux ENP et EP est justifiée **du fait des caractéristiques de ces deux réseaux de distribution, de l'historique d'exploitation, de la diversité des connaissances disponibles et de la complexité des phénomènes en jeu**. Ce type de méthodologie permet de prendre en compte un maximum de paramètres agissant sur l'état physique des réseaux et des paramètres intervenant dans la perception de leurs performances structurelles, dont :

- des paramètres de caractérisation de l'**état réel** des conduites telles que l'épaisseur résiduelle des parois des fûts ou la corrosion des supports ;
- des paramètres de caractérisation de l'évolution de l'**état symptomatique** des réseaux telle que la nature et la fréquence des casses et fuites.

Les étapes du SDE pour déterminer l'état structurel du patrimoine du réseau d'eau non potable sont les suivantes :

- élaboration d'une base de données du patrimoine ;
- détermination d'une note d'intégrité structurelle à partir de quatre critères :
  - Intégrité physique (basée sur l'indice de corrosion),
  - Défaillance des conduites (casses),
  - Défaillance des joints (fuites),
  - Age des conduites (uniquement pour les conduites en terre),
- Définition de deux états structurels :
  - Optimiste : basé sur l'évaluation patrimoniale (intégrité structurelle et autres paramètres contextuels),

  - Pessimiste : élargissement du champ des incidents à des conduites présentant les mêmes caractéristiques que celles affectées par des défaillances,
- Analyses spatiales et corrélations liées aux incidents répertoriés (afin de déterminer des éléments de pondération à l'évaluation structurelle faite),
- Pondération de l'évaluation de l'état structurel des réseaux à partir :
  - de paramètres aggravant l'état de la conduite,
  - des conséquences externes d'une défaillance de la conduite (sensibilité des clients).

Ces différents aspects sont précisés ci-dessous.

A noter que SAFEGE justifie la méthode multicritères également à l'issue de son étape d'analyse spatiale et de corrélations d'incidents au motif que : « **les incidents de défaillance structurelle des conduites sont liés principalement à la problématique des joints et de l'état des supports des conduites en fonte grise et à la conjoncture de plusieurs paramètres d'influence** ». Nous reviendrons sur ce point au § 4.2.1.

### *3.1.2. Description de la méthodologie retenue*

SAFEGE a retenu de procéder à l'évaluation patrimoniale du réseau d'eau non potable par le biais d'une analyse multicritère dont les critères (définis au § 3.1.3) et pondérations sont rappelés dans le tableau ci-après.

Chaque tronçon de canalisation répertorié fait l'objet d'une notation selon 3 catégories de critères :

- Une catégorie fonction de l'historique des incidents recensés, appelé **intégrité structurelle**, intégrant 3 sous-critères :
  - La corrosion observée,
  - Les fuites aux joints répertoriées,
  - Les ruptures franches appelées casses,
- Une catégorie selon l'environnement de la canalisation appelé **critères d'aggravation**,
- Une catégorie selon les **conséquences en cas d'incidents**.

Une note est ainsi attribuée à chaque tronçon du réseau, cette note étant la somme des notes obtenues pour chaque catégorie de critère.

En définitive, une classification de l'état du réseau est établie selon 2 catégories : « **Etat acceptable » ou « Mauvais état »**, en comptabilisant respectivement le linéaire de réseau dont la note est inférieure à 6 et le linéaire de réseau dont la note est supérieure à ou égale à 6. La catégorie « Mauvais état » regroupe deux catégories : « Moyen » (note entre 6 et 12) et « Sensible » (note supérieure à 12).

**Tableau n° 5 : Critères et pondérations retenus pour l'analyse multicritères de l'état du réseau d'eau non potable**

| Catégorie de critères | Critère | Condition | Note |
|---|---|---|---|
| **Intégrité Structurelle du réseau** | Indice de Corrosion (IC) | IC <= 50 | 12 |
| | | 50 < IC <= 70 | 6 |
| | | IC > 70 | 0 |
| | Indice De Joint (IDJ) | IDJ >= 0,15 | 12 |
| | | 0,10 <= IDJ < 0,15 | 6 |
| | | IDJ < 0,10 | 0 |
| | Indice De Casse (IDC) | IDC >= 0,3 | 12 |
| | | 0,15 <= IDC < 0,3 | 6 |
| | | IDC < 0,15 | 0 |
| **Critères liés à un paramètre d'aggravation** | Diamètre de la conduite | > 800 | 1 |
| | | <= 400 - <= 800 | 0,5 |
| | | < 400 | 0 |
| | Consignation d'un égout | Trou, fissure, H2S… | 1 |
| | Ensablement d'un égout | Boue, graisse ou sable | 0,5 |
| | Risque géologique dans la zone de l'égout | Moyen ou fort | 0,5 |
| | État structurel de l'égout | Moyen ou mauvais | 0,5 |
| | Corrosivité du sol naturel | Conduite en terre, sol de corrosivité forte | 2 |
| | | Conduite en terre, sol de corrosivité moyenne | 1 |
| | | Conduite en terre, sol de corrosivité faible | 0 |
| **Critères liés à un paramètre d'aggravation spécifique à l'ENP** | Supports ENP corrodés | Conduite ENP | 8 |
| | Conduite ENP parallèle à une conduite EP renouvelée | Conduite ENP | 1 |
| **Critères liés aux conséquences d'un incident sur la conduite** | Sensibilité des clients | Hôpitaux, Bâtiments de l'Administration | 1 |
| | Sensibilité de la voirie | Axe principal emprunté par une conduite en terre d'un diamètre ≥ 300 et < 600 | 1 |
| | | Axe principal emprunté par une conduite en terre d'un diamètre ≥ 600 | 2 |
| | Sensibilité stratégique | Liste des conduites concernées | 2 |
| | Coordination urbaine | Tracé de tramway emprunté par une conduite en terre | 12 |
| | | Projet Mobilien | 2 |

Les résultats obtenus selon cette méthodologie sont rappelés dans le Tableau n° 6. De plus, afin de palier la faible durée de l'historique de données concernant les incidents répertoriés (les données informatisées utilisables aujourd'hui ne remontent qu'à 1997), il a été défini un état dit « **pessimiste** » du réseau. Ainsi, **lorsque des conduites ont les mêmes caractéristiques et sont situées dans des contextes similaires à ceux de conduites qui ont été affectées par des défaillances, la note caractérisant leur intégrité structurelle est augmentée**.

**Tableau n° 6 : Rappel des résultats de l'analyse multicritère de l'état du réseau d'eau non potable (extrait du SDE – évaluation globale pondérée)**

| **Réseau eau non potable : 1819 km** | **Etat optimiste** | | **Etat pessimiste** | |
|---|---|---|---|---|
| **Classe d'évaluation de l'état structurel des conduites** | Linéaire des conduites | Pourcentage du patrimoine | Linéaire des conduites | Pourcentage du patrimoine |
| **Acceptable** | 1479 km | 81 % | 1348 | 74 % |
| **Mauvais** | 363 km | 19 % | 489 | 26 % |

Notons que le tableau ci-dessus comprend les réseaux des bois de Boulogne et de Vincennes.

### *3.1.3. Critères d'analyse retenus*

#### 3.1.3.1. Intégrité structurelle du réseau

L'intégrité structurelle (IS) d'une conduite est évaluée à l'aide de :

- ***L'indice de corrosion***, exprimé en % : IC = 100 × (1– Pi / Ep), avec :
  - Pi : profondeur de la piqûre de corrosion ;
  - Ep : épaisseur de la paroi de la conduite ;
- ***L'indice de casse***, défini comme le nombre moyen de casses par an par tronçon de 100 m ;
- ***L'indice de joint***, défini dans le rapport du SDE comme le ratio entre le nombre de joints affectés par des fuites et le nombre total de joints du tronçon, sur la base d'un joint en moyenne tous les 4 m, le tout ramené à un tronçon de 100 m et par rapport à un âge des conduites de 100 ans.

Dans le cas des conduites enterrées, la notation liée à l'indice de corrosion est remplacée par l'attribution d'une note fonction de l'âge des conduites. Le diagnostic du SDE précise que la note 7 est attribuée si la conduite est d'origine.

#### 3.1.3.2. Critères liés à un paramètre d'aggravation

Cette catégorie regroupe les critères contribuant à l'augmentation de la notation finale en raison d'un **risque potentiel lié à l'environnement du réseau ENP** et répertorié dans les différentes bases de données, ou en raison d'un **facteur considéré comme aggravant**. Il s'agit des critères suivants :

- « Diamètre de la conduite » : plus la conduite à un diamètre élevé, plus cela est considéré comme facteur aggravant,
- « Consignation d'un égout » : dans le cas où des problèmes divers liés à l'égout sont connus (trous, fissures, présence d'H2S),
- « Ensablement d'un égout » : si des problèmes d'ensablement de l'égout sont recensés,
- « Risque géologique dans la zone de l'égout » : dans le cas où un risque géologique a été inventorié,
- « État structurel de l'égout » : si un certain état de dégradation de l'égout a été constaté et répertorié,
- « Corrosivité du sol naturel » : pour les conduites enterrées, une note est attribuée en fonction de la nature du sol traduisant l'agressivité de celui-ci vis-à-vis de la conduite.

#### 3.1.3.3. Critères liés à un paramètre d'aggravation spécifique à l'ENP

Cette catégorie regroupe les deux critères suivants :

- « Supports ENP corrodés » : ce critère intègre le risque lié à l'état des supports des conduites ENP répertoriés comme étant corrodés ;
- « Conduite ENP parallèle à une conduite EP renouvelée » : ce critère découle de l'hypothèse que la probabilité qu'une conduite ENP soit en mauvais état est plus élevée si elle se situe dans le même égout qu'une conduite EP qui a dû être renouvelée, car elle est a priori soumise aux mêmes conditions d'usure.

#### 3.1.3.4. Critères liés aux conséquences d'un incident sur la conduite

Le critère « Sensibilité des clients » n'a pas été utilisé pour le réseau d'eau non potable.

Le critère « Sensibilité de la voirie » a pour objectif d'alourdir la note des conduites enterrées situées sur des grands axes de circulation et pour lesquelles les interventions sont délicates.

Le critère « Sensibilité stratégique » concerne les conduites ENP pour lesquelles un incident pourrait avoir des conséquences sur le réseau Eau Potable. Sur la base d'une liste de conduites stratégiques du réseau EP (conduites uniques des alimentations des UDI, conduites de transfert et conduites de sortie de réservoirs), un recoupement géographique est effectué pour attribuer une note de 2 points aux conduites ENP se situant dans la même rue.

Le critère « Coordination urbaine » augmente la note des conduites enterrées situées sur le parcours des Tramway ou des lignes de bus du projet Mobilien pour lesquelles les interventions sont peu commodes.

## 3.2. Analyse des données d'entrée

### *3.2.1. Intégrité structurelle du réseau*

#### 3.2.1.1. Indice de corrosion

Aucune donnée concernant les épaisseurs de corrosion n'est indiquée dans le fichier de travail SAFEGE. Ceci s'explique en partie par le fait que les données disponibles, fournies par les exploitants, concernent le réseau d'eau potable.

En revanche, SAFEGE avait réalisé des mesures de corrosion sur le réseau d'eau non potable pendant les visites de terrain. Ces résultats ne nous pas été communiqués et il ne nous est pas possible de vérifier comment ils ont été exploités.

De fait, l'indice de corrosion n'a pas été pris en compte dans la notation, ce qui paraît pertinent (cf. § 3.3.1.1 et § 4.1.2).

#### 3.2.1.2. Indice de joint

Le calcul de l'indice de joint se base sur un nombre de fuites répertoriées dans les bases de données ou documents divers des exploitants du réseau ENP, qui visitent la totalité du réseau en moyenne deux fois par an, mais aussi sur des fuites recensées par la SAP lors de ses visites en égout.

Nous avons procédé à des recherches ponctuelles par sondage dans les fichiers de base des exploitants afin de retrouver le nombre de fuites utilisé dans le calcul de l'indice de joint. Il s'avère que le nombre de fuites ne correspond pas toujours à celui répertorié dans les documents dont nous disposons, par exemple la conduite Ø 800 rue des Martyrs, la conduite Ø 400 rue Ordener ou la conduite Ø 400 boulevard de Clichy.

D'après SAFEGE, les éventuels écarts rencontrés sont dus à un traitement spécifique des données. De plus, les informations avant 2002 étant moins nombreuses et moins fiables que celles disponibles après 2002, les fuites constatées sur les 5 dernières années ont été multipliées par 2 pour obtenir une meilleure estimation des fuites sur 10 ans.

**Il n'a pas été possible de vérifier le mode de calcul de l'indice de joint**, SAFEGE estimant que ces données et leur traitement font partie de son savoir-faire et n'ont pas à être divulgués.

#### 3.2.1.3. Indice de casse

Le calcul de l'indice de casse se base sur un nombre d'incidents pour des conduites de diamètre supérieur à 300 mm répertoriés sur une carte, mais aussi sur un fichier recensant les faits marquants survenus sur le réseau quel que soit le diamètre.

SAFEGE a procédé à un traitement spécifique des données. Les fuites importantes en rive gauche par exemple ont été assimilées à des casses. Les fichiers de données retraitées n'ayant pas été communiqués, **il n'a pas non plus été possible de vérifier le mode de calcul de l'indice de casse.**

### *3.2.2. Critères liés à un paramètre d'aggravation*

Dans la base de données TIGRE de la SAP se trouvent un certain nombre d'informations qui ont été utilisées pour l'analyse multicritère (commentaires sur l'état de l'égout, les risques géologiques, l'ensablement, la présence d'H2S, de trous ou de fissures). Ces informations ont été correctement reportées dans le fichier de travail SAFEGE d'après les tests de recoupement que nous avons effectués :

- à titre d'exemple, l'égout du Boulevard Mortier est recensé dans TIGRE comme étant en mauvais état avec en plus un risque géologique fort. Ces informations ont bien été affectées à toutes les conduites ENP du Boulevard Mortier ;
- de même l'information sur l'ensablement de l'égout du boulevard Ney a bien été reportée sur les conduites ENP situées dans ce boulevard.

### *3.2.3. Critères liés à un paramètre d'aggravation spécifique à l'ENP*

Les informations concernant l'état des supports des conduites ENP viennent d'une carte élaborée dans le cadre de l'étude de l'état du réseau ENP réalisée en 2007. Après vérification aléatoire sur plusieurs conduites (avenue du Président Kennedy, rue de Douai, boulevard de la Villette…), il se confirme que les informations ont été correctement intégrées dans le fichier de travail SAFEGE.

Les informations sur le renouvellement des conduites eau potable sont tirées de la base de données du réseau eau potable. Nous avons également vérifié par sondage sur plusieurs conduites (boulevard des Invalides, quai d'Austerlitz, boulevard Saint-Germain…) que les informations ont été correctement intégrées dans le fichier de travail SAFEGE.

### *3.2.4. Critères liés aux conséquences d'un incident sur la conduite*

Des recoupements ont de même permis de vérifier que les conduites répertoriées comme sensibles vis-à-vis du critère « sensibilité de la voirie » correspondent effectivement à des axes de circulation principaux. Toutefois, le rapport ne mentionne pas sur quels critères un axe est défini comme principal (trafic routier, largeur de la chaussée…).

En ce qui concerne le critère « sensibilité stratégique », les conduites concernées du réseau EP ont été fournies à SAFEGE sous la forme d'une liste et d'une carte de localisation. En faisant quelques recoupements sur les rues mentionnées dans ces documents, on ne retrouve pas toujours la correspondance dans le fichier de synthèse des données réalisé par SAFEGE. On retrouve bien, par exemple, la rue Vercingétorix ou le boulevard Sébastopol, mais pas l'avenue des Ternes ni le Boulevard Saint-Michel.

Les conduites concernées par le critère « coordination urbaine » ont été repérées par recoupement avec le tracé des transports urbains existants et des projets en cours.

### *3.2.5. Données SIG*

Les données de base du SIG constitué par SAFEGE ne coïncident pas toujours avec les autres sources de données. Les longueurs totales des réseaux sont très proches. Par contre, les autres paramètres peuvent différer notablement, à commencer par le nombre de tronçons.

**Tableau n° 7 : Ecarts constatés entre le SIG du SDE et ceux des distributeurs**

| | RG | RD |
|---|---|---|
| | LONGUEUR (km) | |
| DISTRIBUTEURS | 511.477 | 1 175.916 |
| SAFEGE | 511.236 | 1 177.660 |
| | NB TRONCONS | |
| DISTRIBUTEURS | 11 005 | 24 466 |
| SAFEGE | 10 740 | 35 263 |

De fait, SAFEGE a eu accès au SIG en rive gauche mais pas en rive droite. En rive droite, les fichiers au format DGN (type dessin) ont permis de renseigner les réseaux EP et ENP grâce aux étiquettes les plus proches graphiquement des tronçons. Il en ressort des différences notables avec les fichiers qui nous ont été communiqués par le STEA et dont ne disposaient pas SAFEGE à l'époque. Ces différences ne sont pas dues aux mises à jour des SIG des distributeurs mais bien au mode de reconstitution.

Notons que, SAFEGE n'ayant pas souhaité nous remettre le SIG complet (avec objets géographiques) constitué dans le cadre du SDE, nous n'avons pas pu aller plus loin dans nos investigations d'expertise.

Cependant, dans la mesure où l'élément de référence dans la suite du traitement n'est pas le tronçon géographique mais le tronçon « diamètre-rue » (agglomération de tous les tronçons géographiques d'un même diamètre situés dans une même rue), la différence portant sur le nombre de tronçons n'est pas un critère de vérification valable.

La répartition du linéaire par diamètres est à cet égard plus représentative. On constate qu'elle présente des écarts pouvant aller du simple au double comme on peut le constater au tableau suivant, mais que globalement, les écarts sont faibles (de l'ordre de 1 % en RG et de 6 % en RD) et sans incidence significative sur les conclusions de la méthode multicritère.

**Tableau n° 8 : Ecarts entre la répartition du linéaire par diamètre entre les données SAFEGE et les SIG des exploitants**

| | LONGUEUR CUMULEE | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DIAMETRE | RG - Safege | RG - Exploitant | Ecart entre les deux | | RD - Safege | RD - Exploitant | Ecart entre les deux | |
| 20 | | | | | 348 | 369 | 21 | 6% |
| 27 | | | | | 35 | 35 | 0 | 0% |
| 30 | 108 | 147 | 39 | 27% | 376 | 460 | 84 | 18% |
| 40 | 1 922 | 2 847 | 925 | 33% | 5 008 | 5 623 | 615 | 11% |
| 50 | 72 | 72 | 0 | 0% | 191 | 205 | 14 | 7% |
| 60 | 10 914 | 10 866 | 48 | 0% | 25 759 | 29 653 | 3 895 | 13% |
| 80 | 1 110 | 1 108 | 2 | 0% | 8 357 | 9 001 | 644 | 7% |
| 100 | 229 826 | 228 837 | 988 | 0% | 553 298 | 577 380 | 24 082 | 4% |
| 125 | | | | | | 149 | 149 | |
| 150 | 93 306 | 92 784 | 523 | 1% | 179 215 | 178 573 | 642 | 0% |
| 200 | 55 655 | 55 973 | 318 | 1% | 98 352 | 93 993 | 4 359 | 5% |
| 250 | 10 004 | 9 919 | 85 | 1% | 43 543 | 35 582 | 7 962 | 22% |
| 300 | 23 634 | 23 744 | 111 | 0% | 54 330 | 55 031 | 701 | 1% |
| 350 | 4 056 | 4 113 | 58 | 1% | 7 490 | 7 307 | 182 | 2% |
| 400 | 40 716 | 40 055 | 661 | 2% | 59 507 | 58 204 | 1 304 | 2% |
| 450 | 5 | 6 | 0 | 0% | | | | |
| 500 | 13 680 | 14 060 | 380 | 3% | 29 567 | 30 865 | 1 299 | 4% |
| 600 | 9 518 | 9 555 | 37 | 0% | 47 986 | 46 474 | 1 512 | 3% |
| 800 | 1 041 | 470 | 571 | 121% | 15 713 | 16 626 | 912 | 5% |
| 900 | 1 975 | 2 857 | 882 | 31% | 5 132 | 4 958 | 173 | 3% |
| 1000 | 4 864 | 5 024 | 160 | 3% | 1 244 | 1 170 | 75 | 6% |
| 1100 | 5 787 | 5 768 | 18 | 0% | 12 668 | 11 417 | 1 251 | 11% |
| 1200 | 9 | 14 | 5 | 36% | | | | |
| 1250 | 2 417 | 3 257 | 840 | 26% | 12 675 | 12 242 | 434 | 4% |
| non renseigné | 617 | | 617 | | 16 866 | 599 | 16 267 | 2715% |
| | | | | | | | | |
| **Total** | **511 237** | **511 478** | **7 267** | **1.4%** | **1 177 661** | **1 175 916** | **66 576** | **5.7%** |

A titre d'exemple, sont listés ci-dessous les écarts, dus aux problèmes rencontrés par SAFEGE du fait de la reconstitution des données graphiques du SIG, sur les sites que nous avons visités :

- Rue Monge : diamètres DN 200 et 300 fichier EF, absent du fichier SAFEGE, constaté sur le terrain ;
- Rue d'Alésia et Villa d'Alésia : longueur EF 3315 m, SAFEGE 4121 m ;
- Rue St Jacques : longueur EF 2715 m, SAFEGE 2441 m ;
- Boulevard de Clichy :
  - longueur CEP 2521 m, SAFEGE 2281 m ;
  - diamètres CEP 100, 200, 400, 1250 SAFEGE 40, 50, 60, 100, 150, 200, 250, 300, 400 ;
- Tous tronçons contenant Clichy :
  - longueur CEP 7893 m, SAFEGE 8372 m ;
  - diamètres DN 40 50 60 et 250 en plus dans SAFEGE, dont 766 m en DN 250 ;
- Rue de Douai :
  - longueur CEP 1470 m, SAFEGE 1244 m ;
- Rue Ordener :
  - longueur CEP 2721 m, SAFEGE 2416 m ;
  - diamètres CEP DN 40 60 100 150 200 400, SAFEGE DN 40 100 150 400.

On conclura sur la nécessité de réaliser un SIG EP et ENP unifié à partir des SIG élaborés par les délégataires et cohérent avec le SIG Assainissement TIGRE. La réaffectation des notes qualifiant l'état du réseau établies lors de l'étude du SDE pourra se faire par rapprochement géographique, mais elle sera, immanquablement, source d'erreurs supplémentaires.

Les données du SIG devront également être vérifiées sur le terrain par sondage, puis de façon exhaustive et progressive dans les prochaines années.

### *3.2.6. Niveau de prix*

Les niveaux de prix utilisés dans le SDE ont été comparés aux prix moyens indiqués dans les Rapports Annuels du Délégataire (RAD) et aux prix des constats d'accord de 2003. Les données de prix unitaires des canalisations, reportées ci-dessous, sont actualisées en € 2008.

**Tableau n° 9 : Prix moyens de rénovation et de renouvellement du réseau (en € HT/ml)**

| | PRIX EXTRAIT DE L'ACCORD 2003 ET DES RAD (2004 à 2008) | | | | PRIX CHANTIERS |
|---|---|---|---|---|---|
| | SAFEGE | Moyenne EFPE CEP (2003) | EFPE (2008) | Moyenne CEP (2004-2008) | CEP (2007 - DN 300) |
| **Renouvellement** | | | | | |
| < 300 mm | 378 | 332 | 362 | 358 | |
| 300 - 600 mm | 916 | 785 | 1 130 | 523 | 816 |
| < 600 mm | 2 287 | | 1 748 | 1 583 | |
| | | | | | |
| **Rénovation** | | | | | |
| < 300 mm | | 103 | 87 | 85 | |
| 300 - 600 mm | | 214 | - | 224 | 176 |
| < 600 mm | | 421 | 743 | 469 | |

Le prix chantier indiqué au tableau ci-dessus correspond à un chantier précis en DN 300 mm.

D'autres prix de chantiers ponctuels nous ont été communiqués par le STEA.

La caractéristique principale des chantiers de renouvellement en égout est que la part de la dépense liée à la fourniture des canalisations et des accessoires est faible par rapport aux :

- installations de chantier en surface et au balisage, toujours difficiles à Paris ;
- conditions d'accès à l'égout : possibilités de descente par les regards, ou au contraire nécessité de réaliser un puits d'accès spécial ;
- précautions particulières que doivent prendre le personnel pour le travail en égout, ce qui se traduit par un rendement net (pose de ml par jour) nettement moins élevé qu'en tranchée ouverte.

L'analyse des décomptes des chantiers communiqués par le STEA l'illustre bien en faisant ressortir que le coût de la fourniture et pose des canalisations et appareils ne représente que 25 à 35% du coût final, à la différence des chantiers traditionnels où ce poste, même en ville où les coûts de réfection de voirie sont élevés, représente couramment 50 à 55 % de la dépense finale. Le travail en égout s'accompagne de coûts fixes très élevés.

Une nouvelle classification est donc à établir intégrant l'accessibilité aux installations. Ce point nous paraît fondamental dans l'approche des coûts de renouvellement.

**A défaut, nous retiendrons à ce stade les valeurs moyennes déduites des RAD de EFPE et CEP qui traduisent une moyenne de chantiers de type différents**, et sont donc plus représentatifs de prix moyens que des chantiers isolés ou des chantiers types, tout en ayant en mémoire que, si ces renouvellements peuvent être organisés sur des longueurs plus importantes, il sera possible à l'entreprise retenue de mieux s'organiser, et par là-même de faire diminuer l'incidence des coûts fixes.

**Sur cette base, on constate que les coûts moyens au ml retenus dans le SDE sont du même ordre de grandeur que les autres références, à l'exception du coût du renouvellement des gros diamètres qui est plus élevé**.

## 3.3. Analyse des résultats

L'objet de ce paragraphe est d'analyser le fichier de résultats constitué par SAFEGE afin de vérifier notamment :

- la cohérence des calculs selon les critères et notations définis dans le rapport de diagnostic,
- l'adéquation des résultats avec les conclusions des études précédentes (travaux urgents ciblés en 1997 dans l'étude HYDRATEC ou en 2007 par le groupe de travail constitué par le STEA et les délégataires),
- la cohérence des résultats avec les observations faites lors des visites de terrain réalisées dans le cadre de la présente expertise.

### *3.3.1. Intégrité structurelle du réseau*

#### 3.3.1.1. Indice de corrosion

L'indice de corrosion n'a pas été utilisé pour le diagnostic structurel du réseau non potable, hormis dans le cas des conduites enterrées. SAFEGE nous a confirmé au cours de l'expertise que les mesures d'épaisseurs de corrosion disponibles et celles réalisées dans le cadre de leur étude concernent essentiellement le réseau d'eau potable.

Les conduites enterrées sont affectés d'une note de 7 (cf. § 3.1.3.1). Toutefois, on constate que, dans le fichier, l'implantation des conduites est qualifiée par un champ dont la valeur peut être « Egout », « Collecteur », « En chambre », « Galerie », « Enterré » ou « Terre », et que seules les conduites qualifiées par la valeur « Terre » ont été créditées de cette note. Si on suppose que les valeurs « Enterré » ou « Terre » ont la même signification, ce qui semble être le cas après vérifications ponctuelles dans le SIG, cela entraîne un linéaire supplémentaire de 95 km environ dans la catégorie « Mauvais Etat » selon la classification du SDE.

#### 3.3.1.2. Indice de joint

En ce qui concerne l'indice de joint, le fichier qui nous a été transmis retranscrit uniquement le résultat et non la formule utilisée. Selon la définition de ce critère, rappelée dans le § 3.1.3.1, il n'a pas été possible de retrouver les valeurs de l'IDJ indiquées. SAFEGE nous a précisé que l'application mathématique de la définition du critère se traduit en fait par la formule suivante : IDJ = Nf / L / E * 100, avec :

- Nf : nombre de fuites sur la conduite,
- L : Longueur de la conduite en m,
- E : espacement moyen entre joints pris égal à 6 m.

Après vérification, les valeurs de l'IDJ mentionnées dans le fichier de travail SAFEGE sont bien obtenues à partir de cette formule. On note cependant que la valeur de l'espacement moyen finalement prise en compte n'est pas 4 m (cf. § 3.1.3.1) mais 6 m : les 4 m indiqués dans la formule inscrite dans le rapport de SDE sont donc une coquille. En outre, nous ne retrouvons pas la cohérence de cette formule vis-à-vis de la définition du critère. En effet, le

nombre de joints d'une conduite étant égal à L/E, l'espacement moyen devrait se trouver au numérateur de la formule précédente et non au dénominateur.

Cependant, **l'application de la formule du fichier de travail, qui a conduit aux linéaires classés en état mauvais ou acceptable indiqués dans le SDE, correspond sensiblement (à 10 % près) à la définition suivante de la catégorie « état mauvais » également indiquée dans le SDE** : 60 % des joints du tronçon ont été affectés par une fuite sur une durée de 100 ans et sur la base d'un joint tous les 6 m.

#### 3.3.1.3. Indice de casse

De la même manière que pour l'indice de joint, le fichier de résultats qui nous a été communiqué ne précise pas la formule utilisée pour le calcul de l'indice de casse.

Après plusieurs tests, **nous n'avons pas pu reconstituer l'IDC à partir des données du fichier de résultats**. Par exemple, certaines conduites ont un IDC non nul alors que le nombre d'incidents mentionné dans ce fichier est nul.

SAFEGE nous a précisé que les données utilisées sont rassemblées dans le fichier qui n'a pas été communiqué.

#### 3.3.1.4. Indice structurel prédictif

La partie concernant l'indice structurel prédictif est développée en annexe.

### *3.3.2. Critères liés à un paramètre d'aggravation*

Les résultats sont conformes à la définition des critères et pondérations associés, hormis pour le critère « corrosivité du sol naturel ».

Pour ce critère, qui concerne uniquement les conduites enterrées, comme pour l'indice de corrosion (voir § 3.3.1.1), le calcul n'a porté que sur les conduites qualifiées par la valeur « Terre ». Le linéaire de réseau indiqué « Enterré » représente 103 km ; **toutefois, l'attribution d'une note variant de 0 à 2 pour ces conduites n'aurait eu aucun impact sur les résultats de l'analyse multicritères** (pas de linéaire supplémentaire classé dans la catégorie « Mauvais état »).

### *3.3.3. Critères liés à un paramètre d'aggravation spécifique à l'ENP*

**Le calcul est conforme à la définition des critères et pondérations associés**. Nous remarquons toutefois qu'il a été attribué, dans le critère « Etat des supports », une note de 12 points aux conduites BONNA répertoriées en mauvais état suite aux inspections des exploitants (cas de la liaison Villette-Passy) et aux visites terrain, état qui ne relève en réalité pas d'un problème lié aux supports, mais d'un état général dégradé que SAFEGE a tenu à appuyer dans l'analyse multicritère. Cela représente un linéaire de réseau de 5,7 km.

### *3.3.4. Critères liés aux conséquences d'un incident sur la conduite*

Le critère sensibilité des clients n'est pas utilisé pour le réseau d'eau non potable.

Pour les critères concernant les conduites enterrées : « sensibilité de la voirie » et « Coordination urbaine », comme pour l'indice de corrosion et le critère « corrosivité du sol » (voir § 3.3.1.1 et § 3.3.2), seules les conduites qualifiées par la valeur « Terre » ont été créditées d'une note. Toutefois, **cela concerne un très faible linéaire de réseaux et l'impact sur les résultats de l'analyse multicritère est négligeable**.

### *3.3.5. Adéquation des résultats avec les études antérieures*

La carte des tronçons classés « mauvais » dans le SDE a été comparée aux cartes suivantes :

- Localisation des opérations à entreprendre en première urgence (Eau de Paris – Hydratec, mai 1997) ;
- Etat du réseau d'eau non potable – Diamètre de 300 mm et au-dessus (Groupe de travail, mars 2007).

Une grande partie des tronçons repérés dans la carte de 1997 ne se retrouve pas parmi les tronçons classés « mauvais » de la carte du SDE (plus de la moitié, pratiquement tous les tronçons de la rive gauche). Les travaux recommandés par Hydratec étaient regroupés en plusieurs catégories, décrites de façon relativement précise :

- Conduite à rénover,
- Remplacement de consoles ajourées par consoles à étrier,
- Conduite acier à renouveler, amarrages HS,
- Conduite fonte sur tasseaux,
- Remplacement de robinets vannes,
- Conduite à débourber.

La différence de diagnostic en rive gauche s'explique principalement par le fait que les travaux préconisés par Hydratec concernent le remplacement de consoles ajourées, critère qui n'a pas été retenu comme prioritaire par le SDE, lequel a par contre attribué un poids important aux supports corrodés.

Les écarts avec la carte de 2007 sont moins nombreux (moins de 10 % du linéaire en première approche). **SAFEGE a sans doute privilégié des résultats plus récents que ceux de l'étude HYDRATEC datant de 1997**. **De plus, en 2007, le but était d'établir une carte à jour, à partir des informations présentes dans le rapport Hydratec de 1997, du travail réalisé en 2005, et enfin des éléments nouveaux apparus en 2006 (diagnostics, visites, …).**

### *3.3.6. Adéquation des résultats avec les visites de terrain*

Les visites de terrain réalisées dans le cadre de l'expertise du diagnostic avaient pour objectif :

- d'appréhender la perception du diagnostic in situ de SAFEGE sur quelques tronçons de réseau inspectés dans le cadre du SDE,

- de tirer de ces quelques observations et d'autres visites complémentaires, moins nombreuses que les visites réalisées en 2007, une assise concrète aux propositions issues de notre expertise.

Les tronçons visités se rattachent à des configurations relativement répandues sur le réseau ENP au regard des risques avérés de casses et des types d'intervention de réhabilitation préventives et curatives.

Les critères de sélection des six sites visités, 3 en rive gauche et 3 en rive droite, sont les suivants :

- **3 sites diagnostiqués dans le cadre du SDE**, afin de rapprocher nos observations de celles de SAFEGE, dans des contextes diversifiés,
- **3 autres sites non diagnostiqués dans le cadre du SDE**, sur des tronçons plus ou moins détériorés, et de type différent des précédents.

Une des difficultés concernant les visites réalisées dans le cadre du SDE réside dans le fait que les reportages photographiques qui nous ont été communiqués ne sont pas accompagnés de commentaires ou de comptes rendus. Par ailleurs, les visites couplaient en général l'EP et l'ENP, avec plus de photos sur l'EP, sans qu'il soit toujours possible de distinguer visuellement les deux réseaux.

Les 6 visites ponctuelles ont de plus confirmé qu'une observation in situ limitée à une appréciation visuelle est insuffisante pour avancer un diagnostic fiable. Des mesures complémentaires s'avèrent indispensables, comme on le précisera plus loin (cf. § 5.2).

Les cinq premiers sites comportent des canalisations en fonte grise, dont le diamètre varie de 200 à 400 mm, le dernier étant situé sur le tracé de la conduite BONNA en DN 1250 mm « La Villette-Passy ».

Nos observations sont récapitulées dans les tableaux suivants. **Pour les trois sites communs déjà visités par SAFEGE, les photographies prises dans le cadre du SDE et les indications du rapport coïncident avec nos propres observations**.

Les réseaux ENP visités en fonte grise présentent les caractéristiques suivantes :

- L'état des fûts est variable, de peu corrodé à très corrodé en surface, avec quelques tronçons revêtus d'un dépôt blanchâtre non identifié ;
- Les joints sont majoritairement des joints au plomb, à emboîtement et cordon ou par manchon (moins fréquent), avec parfois des brides de renforcement, et très rarement de type Gibault. Ils présentent des marques de corrosion externe pour la plupart ;
- Les supports sont principalement des consoles pleines ou ajourées, en général corrodées, et dans un cas brisées (consoles ajourées) ;
- Les amarrages sont de types variés : étriers ou colliers scellés en voute ou sur le pied-droit du collecteur, étriers fixés sur la console ajourée ; ils sont en général fortement corrodés.

La conduite BONNA a fait l'objet d'une inspection détaillée en mai 2004 réalisée par la CEP. Le tronçon visité dans le cadre de notre expertise présente les désordres mentionnés lors de cette inspection, à savoir la présence de fissures ou d'éclatements avec armatures apparentes aussi bien que sur l'âme-tôle, les joints et les amarrages.

## Tableau n° 10 : Synthèse des observations relevées lors des visites de réseau

| Situation géographique (RG, RD) | RG | RG | RG | RD | RD | RD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Localisation* | Rue d'Alésia | Rue Monge | Rue Saint Jacques | Boulevard de Clichy | Rue Ordener | Rue de Douai |
| Linéaire inspecté | | | | | | |
| | | | | | | |
| *Fûts (conduites)* | | | | | | |
| Diamètre (mm) | 200 | 200 | 400 | 400 | 400 | 1250 |
| Matériau | Fonte grise | Fonte grise | Fonte grise | Fonte grise | Fonte grise | Béton âme-tôle Bonna |
| Etat de surface | Peu attaqué (revêtement bitumineux) à attaqué - Photo 1 | En majorité très corrodé, moins si glutinage | Etat correct, peu corrodé - Photo 5 | Etat correct, peu corrodé | En majorité très corrodé (photo 9) Rénové sur une petite longueur (photo 10) | Fissurés ou éclatés par endroits, armatures apparentes (photo 12) |
| Dépôt | | Dépôts par endroits | Dépôts blanchâtres par endroits | | Dépôts blanchâtres par endroits | |
| | | | | | | |
| *Joints* | | | | | | |
| Types | Au plomb à emboîtement et cordon | Joint à bague au plomb (manchon) - Photo 3 | Au plomb à emboîtement et cordon | Au plomb à emboîtement et cordon, quelques joints Gibault | Au plomb à emboîtement et cordon, brides | Au plomb à emboîtement scellés au mortier |
| Présence de fuites | NON | NON | NON | NON | NON | NON |
| Etat de surface | Peu corrodé | Corrodé à très corrodé | Corrodé | Corrodé | Corrodé | Fissurés, éclatés ou inexistants par endroits |
| | | | | | | |
| *Supports* | | | | | | |
| Type 1 | Consoles pleines | Consoles pleines - Photo 4 | Consoles ajourées - Photo 6 | Consoles ajourées et pleines | Consoles pleines | Sur plots (photo 11) |
| Matériau | Fonte | Fonte | Fonte | Fonte | Fonte | Béton armé |
| Etat de surface | Corrodés | Corrodés, parfois désolidarisé du fût | Corrodés, parfois brisées, affaissement de 20 cm, renforcées par des socles béton au sol, des cales en bois | Peu corrodé | Corrodé | Mauvais état général |
| Type 2 | Supports verticaux - Photo 2 | | | Supports verticaux | Consoles ajourées (sur tronçon renouvelé) | |
| Matériau | Fonte | | | Fonte | Fonte | |
| Etat de surface | Corrodés | | | Corrodés | Peu corrodé | |
| | | | | | | |
| *Amarrages* | | | | | | |
| Type | Colliers, étriers en partie supérieure | Etrier | Etrier | Etrier fixé de chaque côté sur la console ajouré et colliers | Etrier fixé en voute et colliers | Etrier fixé en voute |
| Matériau | Fonte | Fonte | Acier et fonte | Fonte | Fonte | Béton armé |
| Etat de surface | Corrodés, parfois désolidarisé du fût (collier entre-ouvert) | Corrodés | Fortement corrodés | Fortement corrodés | Fortement corrodés | Fissurés ou éclatés par endroits, armatures apparentes |
| | | | | | | |
| *Visite SAFEGE* | NON | Constat sur l'ENP identique : conduites (fûts et raccords) fortement corrodés | NON | Constat sur l'ENP identique : fûts peu corrodés, joints et supports peu corrodés à corrodés | Constat sur l'ENP identique : fûts corrodés, joints et supports corrodés | NON |

**Tableau n° 11 : Illustration photographique de l'état du réseau (rive gauche)**

| | |
|---|---|
| Photo 1 - Rue d'Alésia<br> | Photo 2 - Rue d'Alésia<br> |
| Photo 3 - Rue Monge<br> | Photo 4 - Rue Monge<br> |
| Photo 5 - Rue Saint Jacques<br> | Photo 6 - Rue Saint Jacques<br> |

**Tableau n° 12 : Illustration photographique de l'état du réseau (rive droite)**

| | |
|---|---|
| Photo 7 - Boulevard de Clichy<br> | Photo 8 - Boulevard de Clichy<br> |
| Photo 9 - Rue Ordener<br> | Photo 10 - Rue Ordener<br> |
| Photo 11 - Rue de Douai<br> | Photo 12 - Rue de Douai<br> |

### *3.3.7. Analyse des coûts*

Sur la base de l'analyse multicritères, SAFEGE a proposé une estimation financière des travaux sur le réseau ENP selon trois scénarios. Les résultats de ce chiffrage sont récapitulés dans le tableau suivant.

**Tableau n° 13 : Estimation financière selon 3 options d'actions sur le réseau d'eau non potable (Source SDE)**

| Evaluation patrimoniale<br><br>Diagnostics du réseau d'eau non potable * | Maintien total<br>Renouvellement prioritaire avec une part de rénovation (25%) | Maintien partiel<br>Renouvellement optimisé avec une part de dépose (1/3 des conduites de DN < 300 mm) et réduction DN (sauf Bois) | Abandon progressif<br>Dépose totale du réseau sur 50 ans<br><br>Arrêt en 15 ans |
|---|---|---|---|
| Optimiste : 358 km | 212 M€ | 151 M€ | 356 M€<br><br>*(financements connexes à d'autres travaux)* |
| Pessimiste : 489 km | 263 M€ | 185 M€ | |

** hors linéaires situés à côté des projets de tramway (23 km)*

Après vérification des fichiers de calcul, dans le cas du maintien total du réseau, les coûts indiqués correspondent au produit du linéaire de l'ensemble des conduites estimées en « mauvais état » selon l'analyse multicritères (note ≥ 6) par des prix unitaires (en €HT/ml) dépendant uniquement de l'implantation de la conduite (égout, enterrée…) et du diamètre. Ainsi, la répartition renouvellement / rénovation est-elle directement intégrée dans les coûts unitaires.

Mais **le ratio de 25 % retenu pour la part rénovation par rapport au renouvellement n'est pas justifié dans le rapport de SDE**. Si on se base sur les travaux réalisés en EP, la rénovation représente 60 % des travaux sur canalisations réalisés par les deux distributeurs entre 2003 et 2008. Mais les travaux réalisés avant 2003, en particulier en début de concession, comportaient de fait une part plus importante en renouvellement, sans doute plus proche du ratio du SDE (25 %). Les prix unitaires retenus montrent que **le SDE accorde une importance plus grande au renouvellement intégral qu'à la réhabilitation partielle**, et se place plus dans une optique de renouvellement purement patrimonial que fonctionnel, ce sur quoi on reviendra plus loin (cf. § 5.1.1).

En ce qui concerne le maintien partiel du réseau, les travaux concernant le tiers des conduites de diamètre inférieur à 300 mm devant être déposées n'ont pas été chiffrés, ces travaux étant considérés comme réalisés par des tiers. Pour le reste, il a été considéré un renouvellement des conduites avec une réduction de diamètre dont la justification fonctionnelle et hydraulique n'est pas apportée (remplacement des Ø 300 par des Ø 200, des Ø 400 par des Ø 300…).

On remarque par ailleurs qu'en réalité, comme le mentionne le commentaire en bas du tableau, si on ne tient pas compte des linéaires concernés par les projets de Tramway, il faut soustraire environ 15 M€ aux montants indiqués pour le maintien total et le maintien partiel du réseau.

## 3.4. Les stations de pompage et les réservoirs

### *3.4.1. Stations de pompage*

L'usine d'Austerlitz a été intégralement reconstruite en 1994 et ne nécessite pas de mise à niveau. L'usine de la Villette, datant de 1989, a depuis fait l'objet de quelques améliorations (vannes, ravalement, reprise du clos et du couvert). Mais elle doit être réhabilitée à court terme si le réseau ENP est conservé. D'après Eau de Paris, le montant des investissements s'élèverait à environ 3 M€ et concernerait principalement les travaux suivants :

- Les pompes immergées actuelles seraient remplacées par des pompes en cale sèche, avec des modifications notables du génie civil, car le démontage des pompes actuelles s'avère très délicat compte tenu de la faible hauteur du local, et pour d'autres raisons comme l'amélioration des conditions de suivi et de maintenance ;
- Les équipements électriques sont en partie obsolètes, notamment les variateurs de fréquence qui sont anciens, sous-dimensionnés et bruyants ;
- Les automatismes ont plus de 20 ans d'âge et posent des problèmes de maintenance ;
- Le système de dégrillage doit être amélioré.

Nous ne disposons pas de chiffrage concernant la réhabilitation de l'usine d'Auteuil, la plus ancienne.

### *3.4.2. Réservoirs*

**La nature, l'échéance et le mode d'estimation du coût des travaux sur les réservoirs avancés dans le SDE et repris au tableau suivant nous semblent globalement cohérents :**

- En cas de superposition d'un réservoir EP et ENP, sont affectés à l'eau non potable les travaux d'étanchéité intérieure et de reprise de maçonnerie du réservoir ENP. On pourrait également affecter à l'ENP une part des travaux communs aux deux réservoirs (clôture et voirie, par exemple) ;
- Lorsque le réservoir ENP est isolé (non superposé avec un réservoir EP), le coût comprend les travaux d'étanchéité intérieure, de reprise de maçonnerie du réservoir ENP et d'étanchéité extérieure (couverture) si le réservoir est couvert. Les autres coûts de renouvellement (clôture, voirie) n'ont pas non plus été pris en compte, alors que cela devrait être le cas ;
- Les estimations sont issues des fichiers valorisant les biens de retour pour des travaux déjà effectués par le passé (étanchéité), ce qui est la démarche usuelle au stade d'un schéma directeur, avec une révision de prix un peu supérieure à 2 % (chiffre déterminé sur quelques sondages), taux qui à notre avis est sous-évalué ;
- L'origine des estimations des travaux spécifiques (maçonnerie) n'est pas explicitée dans les rapports. Ces montants représentent une valeur plus faible que les autres travaux ;
- Enfin, les durées de « renouvellement » sont dans la plage des indicateurs le plus souvent retenus et correspondent sans doute au retour d'expérience des gestionnaires : 25 ans pour les étanchéités extérieures, jusqu'à 35 ans pour les étanchéités intérieures

des cuves, sachant qu'il n'est pas nécessaire de faire des cuvelages étanches pour ce type de réservoir mais de traiter les fissures.

## Tableau n° 14 : Coût des travaux sur les réservoirs (Source SDE)

| Réservoirs | Type de réservoir | Date construction | Usages | cuves | État de l'ouvrage | Préconisations de travaux | 2008-2013 | 2014-2019 | 2020-2025 | 2026-2030 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ménilmontant** | | | ENP | Nord-Sud ENP | Étanchéité intérieure | | | 1.46 | | | |
| | | | | | Gonflement mur en meulières | Renforcement de structure | 0.30 | | | | |
| **CHARONNE** | semi enterré | 1898 | ENP | 2 compartiments ENP | | | | | | | |
| | | | | | Étanchéité intérieure | | | | | 1.30 | |
| | | | | | toiture | | | 1.70 | | | |
| | | | | | Fissures dans parois et radier des compartiments | Réparation des fissures | | 0.10 | | | |
| | | | | | Risque d'effondrement galerie de vidange | Renforcement métallique galerie de vidange | 0.05 | | | | |
| | | | | | Fissuration importante mur d'enceinte | Réparation | 0.03 | | | | |
| | | | | | Option: Démolition | 0.6 | | | | | |
| **BELLEVILLE RESERVOIR** | | | ENP | Ouest ENP | Étanchéité intérieure | au delà de 2030 | | | | | |
| | | | | Est ENP | Étanchéité intérieure | au delà de 2030 | | | | | |
| **MONTMARTRE CHÂTEAU D'EAU** | | | ENP | 1 cuve ENP | Étanchéité intérieure | renouvellement | | | 0.10 | | |
| **MONTMARTRE RESERVOIR** | | | ENP | inférieur Ouest ENP | Étanchéité intérieure | renouvellement | | | 0.35 | | |
| | | | | | Fissuration | Reprise de fissures | 0.03 | | | | |
| | | | | inférieur Est ENP | Étanchéité intérieure | renouvellement | | | 0.35 | | |
| | | | | | fissure | réparation | 0.05 | | | | |
| **GRENELLE** | de surface | 1881 | ENP | Est ENP | Étanchéité intérieure | renouvellement | | | 0.24 | | |
| | | | | Ouest ENP | Étanchéité intérieure | renouvellement | | | 0.24 | | |
| | | | | | Option: démolition | 0.23 | | | | | |
| **VILLEJUIF** | enterré | 1893 | ENP | couvert 1 | Étanchéité intérieure | renouvellement | 0.70 | | | | |
| | | | | | fissuration | reprise | 0.05 | | | | |
| | | 1893 | | couvert 2 | Étanchéité intérieure | renouvellement | | 0.70 | | | |
| | | 1910 | | découvert 3 | Étanchéité intérieure | renouvellement | | | 1.00 | | |
| | | 1910 | | découvert 4 | Étanchéité intérieure | renouvellement | | | | 1.00 | |
| | | | | extérieur 1 | Étanchéité | renouvellement | | 0.70 | | | |
| | | | | extérieur 2 | Étanchéité | renouvellement | | 0.70 | | | |
| | | | | | Option: démolition | 0.642 | | | | | |
| **PASSY** | surface | 1858 | ENP | Copernic | Étanchéité intérieure | création | 1.20 | | | | |
| | | | | Bel air supérieur | Étanchéité intérieure | création | 0.60 | | | | |
| | | | | Bel air inférieur | Étanchéité intérieure | création | 0.60 | | | | |
| | | | | Villejust supérieur | Étanchéité intérieure | création | 0.60 | | | | |
| | | | | extérieur | Étanchéité de toiture | renouvellement | 0.90 | | | | |
| | | | | | Option: démolition | 0.85 | | | | | |
| **TOTAL** | | | | | | | 5.11 | 5.36 | 2.28 | 2.30 | 15.05 |

# 4. LIMITES DE LA METHODE RETENUE

Le deuxième volet de l'expertise a porté sur l'analyse de la pertinence des critères, des pondérations et des délimitations de classes qualifiant l'état du réseau.

Il est nécessaire au préalable de dresser l'état des lieux des connaissances et des références sur lequel se fonde cette analyse.

On conclura ce chapitre par une comparaison avec des indicateurs de performances issus d'autres collectivités.

## 4.1. Synthèse préalable des connaissances utiles à l'expertise

### *4.1.1. Spécificité du réseau parisien*

La spécificité principale du réseau parisien tient à ce que plus de 93 % du linéaire est visitable. Par conséquent, **les références des réseaux enterrés ne sont pas extrapolables** :

- les fuites sont plus rapidement réparées en réseau visitable,
- l'origine des fuites est différente : affaissement ou casse des supports, affaissement des collecteurs ou galeries,
- la vitesse de corrosion est beaucoup plus importante pour des canalisations métalliques enterrées, car la surface de contact avec le sol favorise les phénomènes électrolytiques,
- les conduites béton à âme tôle (type BONNA) sont également mieux protégées en collecteur qu'en enterré dans la mesure où elles résistent mal aux contraintes hyperstatiques qui s'exercent dans le second cas et parce que la corrosion est un facteur secondaire puisque le pH élevé du béton le protège des phénomènes électrolytiques (cet avis est cependant contesté par certains gestionnaires de réseau).

**On est donc contraint de revenir aux fondamentaux et d'étudier le réseau parisien avec une approche spécifique sans référence pratiquement aux autres réseaux.**

Par ailleurs, **le réseau est mal connu**, en ce qui concerne l'âge des conduites et dans une moindre mesure les matériaux. On ne dispose pas non plus d'un suivi et d'un archivage des incidents avec un recul insuffisant, bien que les informations soient plus conséquentes depuis ces 3 dernières années en RD.

Dans ces conditions, les fuites sont un indicateur des risques de déboitement, compte tenu de l'enchaînement causal suivant :

> fuites = déplacement des tronçons = déplacement ou déformation des supports (et de façon plus accessoire incidence de la variation brutale de température de l'eau de surface - cas des orages d'été notamment où la température de la rivière peut perdre 2 à 3 degrés en une journée) = risques de déboitement si le déplacement est trop important.

Quant aux facteurs d'affaiblissement du réseau :

- L'influence a priori prépondérante de la corrosion (le réseau est en majeure partie métallique) n'est peut-être **pas aussi primordiale que pour les conduites enterrées** : l'air des égouts, même humide, est nettement moins conducteur que les sols, ce qui ralentit d'autant la vitesse de corrosion ;
- Les mouvements de sol, principalement dus aux travaux, ont une influence aléatoire ;
- D'autres facteurs n'ont pas ou peu d'influence : la circulation, le gel, la pression (peu de fatigue car les variations de pression sont de faible amplitude, quelques problèmes de coup de bélier avec les châsses d'eau automatiques), la qualité d'eau (peu agressive, avec une pellicule de calcaire protectrice).

### *4.1.2. Les fontes et la corrosion*

Pour apprécier le rôle de la corrosion, rappelons au préalable quelques **éléments connus sur la fonte grise en général et tirés des essais réalisés sur les réseaux EP principalement et ENP** :

- la corrosion se traduit par une migration du fer vers l'extérieur de la canalisation ;
- le glutinage (revêtement bitumineux en brai de houille), technique utilisée jusqu'aux années 1970 - 1980 avant d'être abandonnée par la suite à cause des difficultés de mise en œuvre, limiterait la corrosion et serait le meilleur moyen de protéger la fonte d'après l'ASTM (bien que cela soit remis en cause par certains experts d'après SAFEGE) ;
- la corrosion concernerait une **épaisseur encore suffisante** (y compris pour les conduites non revêtues de brai) permettant de résister aux faibles pressions existant dans le réseau ;
- la présence d'une couche de dépôts sur des conduites en fonte grise peut également assurer une certaine protection ;
- la résistance et la durabilité de la fonte grise ont été largement reconnues. En 1664, le roi Louis XIV a fait construire un réseau de tuyaux en fonte grise devant transporter l'eau de la station de pompage de Marly-sur-Seine aux fontaines et à la ville de Versailles. Ces tuyaux ont été en service pendant plus de 330 ans.

La fonte grise est cependant plus fragile que la fonte ductile, ce qui a été mis en exergue lors de l'explosion de Mulhouse en 2004 causée par une fissure sur une canalisation de gaz. Il est cependant délicat d'en tirer des conclusions pour le réseau ENP, qui est soumis à des contraintes plus faibles que les réseaux enterrés d'une part, et d'autre part parce que l'origine de la fissuration dans le cas de l'explosion de Mulhouse n'est pas précisément connue (sans doute un mouvement de terrain d'après GDF).

Concernant les analyses et essais déjà effectués sur la quantification de l'épaisseur résiduelle des conduites, notre interprétation est la suivante :

- Essais et extrapolations du rapport Armines (2005) :
  - L'hypothèse d'une corrosion linéaire, débutant dès la mise en place de la canalisation, est assez peu plausible : à la pose, le revêtement de coaltar, s'il n'est pas localement détruit, joue son rôle et empêche la corrosion externe ; il faudrait déterminer la date approximative de la blessure à l'origine de la corrosion ; la

corrosion interne démarra en général au droit d'un dépôt organique (boue, animalcule mort, etc.…) ;

- La contrainte de rupture prise est celle liée à la pression. Celle-ci, de plus, est la pression d'épreuve. On vérifie bien que les canalisations de petit diamètre résistent à la pression ; les épaisseurs critiques sont de l'ordre de :
  - 1.12 mm pour DN 100 mm, soit 12% de l'épaisseur initiale ;
  - 1.69 mm pour DN 150 mm, soit 14% de l'épaisseur initiale ;
  - 2.25 mm pour DN 200 mm, soit 18% de l'épaisseur initiale ;
- Mais il n'est pas tenu compte du fait que le cahier des charges de la Ville de Paris de 1921 imposait une pression d'épreuve variable selon le diamètre : 25 atmosphères pour des diamètres <175 mm, 20 atm pour 200 mm <D<300 mm et 15 atm pour D>325 mm ;
- Il n'est donc pas étonnant que le rapport arrive à la conclusion qu'un tuyau sur 10 000 va percer avant 2020 ;
- En fait, les contraintes de flexion des conduites sous leur propre poids sont plus contraignantes, mais plus délicates à prévoir ;
- Par contre, la conclusion du rapport de mettre en œuvre une méthode d'évaluation des épaisseurs résiduelles doit être conservée (mesures des flux électromagnétiques et/ou Courants de Foucault par exemple).

- Expertise métallographique – Casse canalisation fonte DN800, Eau et Force – Parisienne des eaux :
  - Les analyses ont révélé qu'il s'agit d'une fonte grise lamellaire des années 30-40 fabriquée en moule de sable lors des débuts de la centrifugation ;
  - L'origine des défauts fragilisant la structure est imputée au mode de fabrication ;
  - Les essais mécaniques en traction confirment des propriétés faibles et insuffisantes conformément à la norme de 1948, mais conformes au cahier des charges de la Ville Paris de 1921 ;
  - Aucune corrosion majeure ni interne ni externe n'a été décelée ;

- Expertises ECAT sur l'EP en Rive Gauche en 2005 (mesures par ultra-sons et courants de Foucault) :
  - Sur le graphique durée de vie, la décroissance de la durée de vie semble bien linéaire, ce qui signifie que la vitesse de corrosion est supposée uniforme depuis l'année de pose ;
  - C'est peu probable. En général, il y a une accélération du phénomène, si les conditions environnementales restent identiques dans le temps (cas d'un tuyau posé dans un sol homogène et non remanié par des travaux au cours des années) ;
  - La méthode ne paraît pas être adaptée au cas parisien.

- Analyses des fontes CEP en Rive Droite entre 2002 et 2006 :
  - La série de 150 analyses chimiques entre 2002 et 2006 a permis de vérifier que la fonte avait une résistance à la traction conforme à ce qui était attendu (>15 kg/mm$^2$ en moyenne et 10 kg/mm² au minimum).
  - L'épaisseur initiale semble avoir toujours été respectée et la corrosion ne paraissait pas être très différente selon l'importance des composants secondaires (Si, P). 19 échantillons présentent des épaisseurs résiduelles minimales inférieures à 30 %, mais aucune corrélation avec la nature de la fonte n'a été mise en évidence.

- Il ressort que l'approche par les seules analyses métallographiques donne peu de résultats probants. On peut en conclure que la ruine de l'ouvrage n'est pas à rechercher dans la qualité intrinsèque des conduites, mais dans son environnement. Veolia a poursuivi ces essais en s'efforçant d'accompagner les prises d'échantillons par un maximum de relevés de terrain.

Après cette première analyse, **on peut donc estimer que les fûts ont encore une espérance de vie de plusieurs décennies**.

### *4.1.3. Les supports et amarrages*

L'état actuel des connaissances est le suivant :

- on constate actuellement **4 effondrements/an en moyenne en ENP** (alors qu'il n'y en a plus en EP), **dus à des casses de support avec effondrement en cascade** ;
- la corrosion des supports est due plutôt à un contact des consoles métalliques avec le terrain environnant (phénomène d'électrolyse) ; on l'observe moins lorsque les consoles ne sont en contact qu'avec le béton compte tenu de sa nature alcaline ; les consoles qui traversent la paroi sont donc plus sensibles à la corrosion ;
- le poids des sédiments déposés dans les canalisations non débourbées apporte une surcharge notable sur les consoles ;
- par expérience, **les consoles ajourées présentent un risque, mais dont la cause n'a pas été clairement identifiée** dans les rapports sur ce sujet :
  - PV synthèse avril 2006.pdf : Procès verbal de synthèse des contrôles sur consoles ajourées - Campagnes de septembre/octobre 2005 et janvier 2006
  - ModOpRupture.doc : mode opératoire pour les essais mécaniques réalisés sur les consoles
  - Consoles ajourées _ Point Septembre 2007.pdf : résultats de tests destructifs et non destructifs sur des consoles.
- ces études apportent plusieurs informations :
  - on recense 24 700 consoles ajourées, principalement sur du DN 500 et 600 ENP ;
  - toutes les consoles testées entre 2004 et 2007 (700, soit 3 % du parc) présentent des anomalies volumiques (présence de porosités due à un défaut de fonderie). D'après le CETIM, les défauts de fonderie n'ont pas de conséquence directe sur la défaillance des consoles ;
  - 10 % (70) présentent des défauts surfaciques. L'érosion est plus aggravée à mesure qu'on s'approche de la Seine en rive gauche ;
  - les essais destructifs réalisés sur 30 consoles ne montrent pas de corrélation avec les contrôles non destructifs ;
  - il a été décidé de changer les consoles à défaut surfacique identifiées lors des tests.

### *4.1.4. Les joints*

On peut résumer la problématique concernant les joints comme suit :

- il faut éviter les joints rigides qui, en bridant trop les fûts, favorisent la création de moments de flexion élevés provoquant la casse des fûts (au niveau des emboitements) en cas de mouvement relatif des canalisations (cet avis est cependant contesté par certains gestionnaires de réseau),
- contrairement au commentaire de SAFEGE (page 4-55) sur le comportement mécanique et thermique des joints coulés en plomb, ces joints ont l'avantage de ne pas brider les emboitements ; mais leur étanchéité est de type mécanique et elle est vulnérable à tous les mouvements qui peuvent être générés par les variations des conditions hydrauliques du réseau ou par le mouvement des supports et des structures portantes (égouts et terrains encaissants) ; ils ne sont pas sensibles aux variations de température entraînées par les conditions de fonctionnement des collecteurs d'assainissement (entre 12 et 18 °C),
- les joints STRAUB sont inadaptés,
- lorsque la fuite au niveau d'un joint au plomb ne peut être stoppée par matage classique, la pratique actuelle est de procéder à une rénovation en posant un joint de type Leak Clamp sur la bague au plomb,
- toutefois, les joints les mieux adaptés seraient les joints de type manchon. Ils sont d'un coût plus élevé, nécessitent de couper les emboitements, et donc imposent un arrêt d'eau, ce qui est peut être malgré tout moins gênant pour l'usager du réseau ENP que pour le client du réseau EP. Mais ils acceptent une angulation entre les deux tuyaux double de celle des autres joints avant de fuir.

## 4.2. Pertinence des critères retenus dans le SDE

Les critères du diagnostic patrimonial sont sensés refléter les facteurs de dégradation/vieillissement du réseau et la gravité des dommages.

Notons également que l'analyse multicritère est utilisée par EF-PE pour élaborer ses programmes de travaux sur le réseau EP, avec des critères comparables à ceux proposés par SAFEGE : patrimoniaux (caractère stratégique, densité de branchements,...), des critères techniques (type de matériaux, corrosion des fûts, passage en terre/égout, analyse des supports et amarrages...), des critères opérationnels (environnement urbain, accessibilité, historique des fuites) et la criticité de la canalisation vis-à-vis de la continuité de service.

### *4.2.1. Pertinence de chaque critère pour caractériser l'état des ouvrages*

Le choix des critères est issu d'une analyse de corrélation entre différents paramètres et l'indice structurel des conduites. Le rapport de SDE présente un tableau synthétique des résultats afin de justifier les critères retenus. Toutefois, le détail des résultats n'est présenté, sous forme d'histogrammes, que pour l'EP et pour quelques paramètres (état de l'égout et profondeur de l'égout, ce dernier n'ayant pas été jugé influent et donc abandonné).

Les corrélations présentées dans le fichier de travail de SAFEGE concernant l'ENP entre l'indice de joint (IDJ) et de casse (IDC) d'une part, et les autres paramètres d'autre part, ne sont pas aussi nettes :

- **l'indice de joint est indéniablement très corrélé au matériau pour les conduites Bonna** (45% des tronçons BONNA ont connu des fuites, le pourcentage étant calculé sur les linéaires) ;
- l'indice de joint n'est pas corrélé à l'état de la canalisation : les pourcentages de tronçons fuyards varient de 3.1 à 4.5 % selon que la canalisation est d'origine, rénovée ou renouvelée, avec des indices de joint compris entre 0.4 et 0.45, autrement dit on n'observe pas moins de fuites sur les canalisations rénovées ou renouvelées que sur les autres. Il faut relativiser ce constat en notant que le faible linéaire de conduites rénovées ou renouvelées (moins de 20 km au total – cf. § 2.2.7) rend les interprétations statistiques peu fiables ;
- l'indice de casse n'est pas non plus corrélé à l'état de la canalisation :
  - pour l'eau potable : 0.6 à 0.9 % des canalisations rénovées ou renouvelées ont subi des casses, contre 1.4 % pour les canalisations d'origine ;
  - pour l'eau non potable : les tronçons rénovés ayant cassé après rénovation sont en pourcentage plus nombreux que les tronçons d'origine (7 % contre 1 %), mais là encore le faible linéaire des canalisations rénovées relativise la comparaison ;
- **l'indice de casse est corrélé à la présence de conduites corrodées (27 %) et dans une moindre mesure à la présence d'H2S (13 %), de consoles ajourées avec amarrages à renforcer (13 %) et d'amarrages corrodées (13 %).** Du fait que les linéaires concernés de chaque catégorie sont dans ce cas importants, la valeur statistique de ces dernières corrélations est plus fiable.

Faute d'avoir accès aux fichiers de travail complets de SAFEGE, il n'a cependant pas été possible de vérifier ces chiffres.

On note cependant que SAFEGE a basé son raisonnement sur le fait que « la problématique de l'état des réseaux d'eaux de Paris réside dans l'état des joints et l'état des supports des conduites en fonte grise », constat établi suite à l'analyse des incidents et des fuites. Mais de fait, la corrélation entre l'IDJ et l'état structurel ne ressort pas des informations qui nous ont été communiquées sur l'ENP. On a mentionné plus haut que la seule corrélation nette avec l'IDJ et les autres paramètres concerne les canalisations BONNA. De même, nous avons pu vérifier qu'**il n'existe pas de corrélation entre IDJ et IDC** : **des conduites peuvent être fuyardes sans avoir cassé et réciproquement**. **S'il est évident que les fuites sont une manifestation de mouvement et donc de risque de casse, il est plus délicat de justifier leur poids dans l'analyse multicritère.**

Par ailleurs, une analyse multicritère doit théoriquement traiter des critères indépendants pour éviter les redondances et la surpondération de certains d'entre eux. La méthode proposée n'échappe pas à ce travers. En effet, dans la catégorie des critères liés à un paramètre d'aggravation, certains semblent liés les uns aux autres :

- lorsqu'un risque géologique est décelé, il y a, a priori, une probabilité plus importante que l'état structurel de l'égout soit mauvais ;
- lorsque l'égout est ensablé (critère « ensablement d'un égout »), il y a plus de risques de dégagement d'H2S (critère « consignation d'un égout »).

Il est toutefois difficile à ce stade d'apprécier l'incidence de la surpondération sur les résultats de l'analyse multicritère.

Le cas du diamètre à qui on attribue un facteur aggravant lorsqu'il augmente doit être nuancé. En effet, pour un réseau en fonte reposant sur des appuis et travaillant en poutre, la ruine de l'ouvrage est due à des contraintes supérieures à la résistance intrinsèque du matériau :

- contraintes de flexion, notamment en cas de mouvement d'un appui, se traduisant par une rupture de type circulaire ;
- contraintes de surpression provoquées par un coup de bélier.

Par conséquent, les petits diamètres ont une résistance à la flexion beaucoup plus faible que les gros diamètres. En revanche, les gros diamètres sont sensibles aux coups de bélier, phénomènes moins importants en ENP qu'en EP. Il serait donc intéressant de pouvoir distinguer les types de rupture.

Pour autant, il y a lieu de tenir compte des conséquences des ruptures de canalisations, d'autant plus dommageables que le diamètre est important, lorsque les coûts induits dépassent les simples coûts de renouvellement, et c'est sans doute la pondération du SDE qui en tient le mieux compte.

### *4.2.2. Données disponibles*

**Le manque de données disponibles limite les possibilités d'application de méthodes d'analyse multicritère statistique fiable**. Par ailleurs, sur ce type de réseau, il semble difficile de placer le curseur bon état / mauvais état en raison de la rareté des contextes de type parisien.

Le réseau ENP a été moins bien suivi que le réseau EP pour lequel les historiques des incidents de fuites et de casses sont plus complets compte tenu des obligations contractuelles des délégataires, l'obligation de réparer les fuites datant de l'avenant passé en 2004.

Les données exploitées dans le cadre du diagnostic comprenaient essentiellement les informations suivantes :

- l'historique des fuites relevées par les délégataires, extraits des registres d'intervention et d'ordonnancement (GO en RG et Wallace en RD), moins complet que pour l'EP avant 2004, ce qui a amené SAFEGE à corriger à la hausse les valeurs observées avant 2004 (selon une méthode qu'il ne nous a pas été possible de vérifier faute de disposer de tous les fichiers de données exploités),
- l'historique des fuites observé par la SAP depuis 2002 (avec quelques incertitudes sur le réseau concerné - EP ou ENP) et qui ont été exploitées dans le cadre du diagnostic de 2002 à 2005,
- l'étude HYDRATEC (1997),
- les éléments recueillis par le groupe de travail constitué entre le STEA et les 3 délégataires sur le réseau structurant (DN >= 300 mm) : carte des incidents entre 1985 et 2005 (PARIS_ENPINCID_05), carte des consoles ajourées et amarrages corrodés connus (carte PARIS_ETAT_05),
- les observations recueillies lors des visites en collecteurs et galeries réalisées dans le cadre de l'étude, forcément sur un linéaire limité (15 km) par rapport à l'étendue du réseau, complétées par des mesures d'épaisseur de canalisations par ultra-sons,

- les mesures de corrosion réalisées par les délégataires sur les conduites, assez peu nombreuses en ce qui concerne l'ENP par rapport à l'EP et des essais de traction sur la fonte (cf. § 4.1.2). Ces mesures destinées à déterminer l'indice de corrosion étaient cependant insuffisantes sur l'ENP pour affecter un indice de corrosion aux conduites de ce réseau.

## 4.3. Pondérations retenues

D'après notre interprétation des rapports ou des documents de travail communiqués, les pondérations ont été retenues à dire d'expert sans véritable étude de sensibilité pour beaucoup de paramètres, étude cependant difficile à réaliser lorsque les données sont insuffisantes.

**La pondération de l'incidence de l'indice de joint notamment relève en grande partie de l'arbitraire** :

- La limite entre la catégorie acceptable et mauvaise est pour IDJ = 0.10, soit un nombre de fuites sur 100 ans supérieur à 40 % du nombre de joints (0.15 correspondant à 60 % des joints - cf. § 3.3.1.2). Or ce niveau n'est justifié nulle part dans le rapport de SDE, sans référence à d'autres collectivités ou à un calcul économique (seuil au-delà duquel il est moins coûteux de rénover ou remplacer que de réparer les joints par exemple) ;
- La note 6 pour IDJ = 0.10 n'est pas non plus justifiée.

Cette pondération est donc une **hypothèse de travail** proposée par SAFEGE et validée par le comité technique de suivi.

Le poids important accordé à l'indice de joint, souligné par les différents interlocuteurs lors de nos entretiens, puisqu'il est précisé dans le compte-rendu de réunion n°8 du Comité Technique que l'indice de joint pèse pour 65 % dans la notation finale, incite à faire des simulations en lui accordant un poids moindre, voire à l'extrême en le supprimant.

**Ainsi, la suppression de l'indice de joint ramène à 179 km, au lieu de 363 km, le linéaire de réseau classé en « mauvais état » dans la situation optimiste, soit une réduction de 50 % (184 km). Dans cette classe « mauvais état », la catégorie « sensible » ne représente cependant que 27 km sur les 184 km et la catégorie « moyen » 157 km.**

L'exercice est fait pour tous les autres critères au tableau suivant.

**Tableau n° 15 : Impact des différents critères sur les résultats de l'analyse multicritères (état optimiste)**

| Catégorie de critères | Critère supprimé | Linéaire de réseau en "mauvais état" (km) | % de réseau en "mauvais état" |
|---|---|---|---|
| **Intégrité Structurelle du réseau** | Indice de Corrosion (IC) | Non utilisé | |
| | Indice De Joint (IDJ) | 179 | 10% |
| | Indice De Casse (IDC) | 356 | 20% |
| **Critères liés à un paramètre d'aggravation** | Diamètre de la conduite | 359 | 20% |
| | Consignation d'un égout | 359 | 20% |
| | Ensablement d'un égout | 359 | 20% |
| | Risque géologique dans la zone de l'égout | 359 | 20% |
| | État structurel de l'égout | 359 | 20% |
| | Corrosivité du sol naturel | 228 | 13% |
| **Critères liés à un paramètre d'aggravation spécifique à l'ENP** | Supports ENP corrodés | 336 | 18% |
| | Conduite ENP parallèle à une conduite EP renouvelée | 359 | 20% |
| **Critères liés aux conséquences d'un incident sur la conduite** | Sensibilité des clients | Non utilisé | |
| | Sensibilité de la voirie | 340 | 19% |
| | Coordination urbaine | | |
| | Sensibilité stratégique | 359 | 20% |
| **Rappel : avec tous les critères pris en compte** | | **363** | **20%** |

Hormis l'indice de joint, les critères prépondérants sont, par ordre décroissant d'influence, la corrosivité du sol naturel et l'état des supports. Leur suppression respective entrainerait une diminution du linéaire de réseaux en « mauvais état » de 135 km (correspondant aux conduites enterrées) et 27 km. Les autres critères, pris séparément, ont une influence négligeable voir nulle sur les résultats de l'analyse multicritères.

Remarquons enfin qu'en ce qui concerne les Bonna, la suppression de l'attribution des 12 points spécifiques à ce type de conduites aurait conduit à leur classification dans la catégorie « état acceptable », ce qui justifie le niveau de la notation dans ce cas précis compte tenu de la dégradation de ces canalisations.

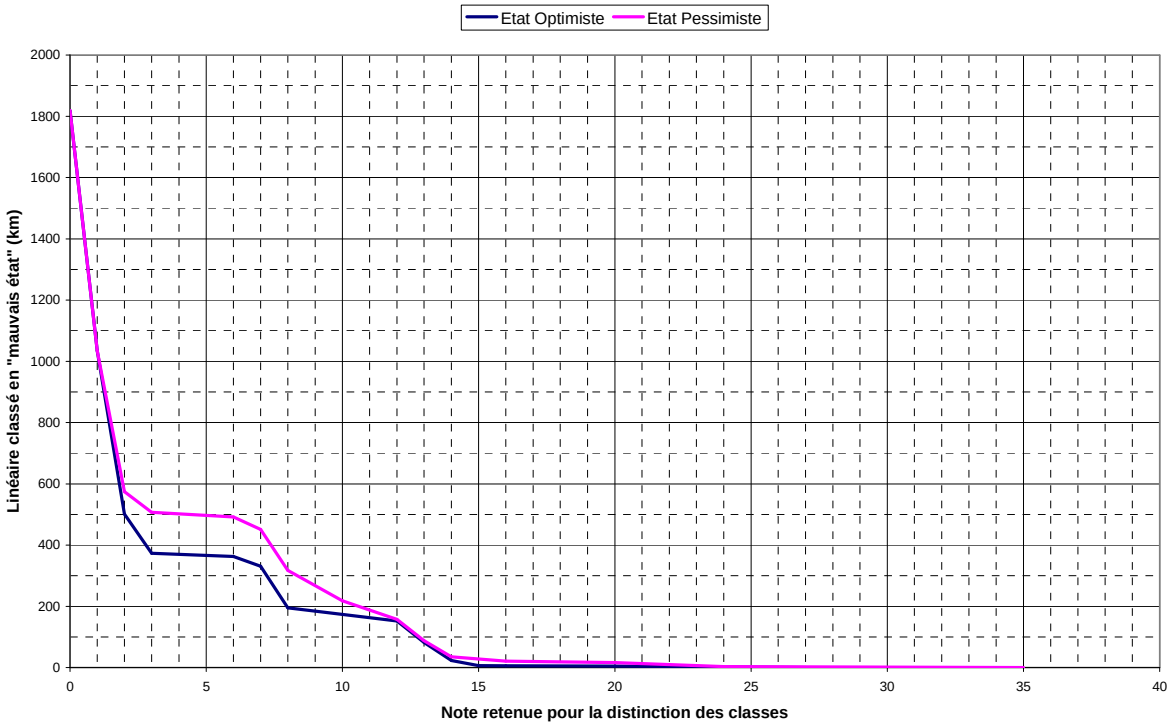
## 4.4. Classes

La méthode multicritère permet de faire un classement par ordre de priorité croissant, mais la délimitation des classes (acceptable, moyen, mauvais) relève en partie de l'arbitraire.

Le graphique suivant représente le **linéaire de réseaux classé en « mauvais état » en fonction de la note retenue pour la distinction des classes**. Au début, les courbes ont une

pente très forte vers le bas, ce qui signifie qu'une grande partie du linéaire de réseau obtient une note faible. On observe ensuite que les résultats ne varient quasiment pas en considérant une limite entre les classes comprises entre 3 et 6 points. Au-delà de 6 points, les linéaires de réseau en « mauvais état » chutent de manière significative. **Ainsi, en prenant 8 points comme limite de distinction entre classes au lieu de 6, le linéaire en « mauvais état » diminue de 45 % pour l'état optimiste et de 35 % pour l'état pessimiste**.

**Figure n° 2 : Linéaire de réseau classé en « mauvais état » selon la note retenue pour la distinction des classes**




## 4.5. Comparaison avec d'autres collectivités

Les comparaisons avec d'autres collectivités doivent être assorties de précautions du fait qu'il s'agit de réseaux enterrés.

D'après les valeurs du nombre de fuites et de casses communiquées par SAFEGE lors de notre expertise, on constate **que le niveau de fuites et de casses est environ le double de celui du SEDIF (cf. tableau ci-dessous) et moins du double de celui de Strasbourg**. Ce rapport est en réalité plus faible du fait que les fuites sont moins facilement détectables sur les réseaux enterrés que sur les réseaux en égout ou elles sont visibles, notamment parce que les débits de fuites doivent être relativement importants sur les réseaux enterrés pour qu'ils soient audibles, et donc détectables.

**On constate peu de casses sur ce réseau par rapport à d'autres** (cf. tableau suivant). Le nombre de casses sur 10 ans pris en compte par SAFEGE, soit un peu plus de 300, aboutit en effet à une fréquence moyenne sur le réseau plus de 20 fois plus faible que le seuil admis par le SEDIF.

On remarque d'ailleurs que le rapport entre les casses et les fuites va de 1 à 20 sur le réseau ENP, alors qu'il est plutôt de 1 à 4 pour les réseaux enterrés. Ce qui s'explique par le fait que les conduites enterrées, soumises à des contraintes hyperstatiques, sont plus sollicitées que les conduites du réseau ENP, soumises principalement à des contraintes de flexion.

**Tableau n° 16 : Niveau des fréquences de casses et de fuites (hors branchements)**

| Fréquence des fuites du réseau ENP | |
|---|---|
| Nb de fuites sur 10 ans | 8 460 |
| Nb de fuites moyen par an | 846 |
| L total (km) | 1700 |
| Nb de fuites /km/an | 0.50 |

| Fréquence des casses du réseau ENP | |
|---|---|
| Nbre de casses sur 10 ans | 326 |
| L total (km) | 1700 |
| Nbre d'années | 10 |
| Nbre de casses/km/an | 0.019 |
| Nbre de casses/hm/10 ans | 0.019 |
| | |
| **Nbre de casses/km/an** | |
| Seuils critiques SDE | |
| SEDIF | 0.4 |

| Fréquence des fuites et casses du réseau ENP | |
|---|---|
| Nb de fuites /km/an | 0.50 |
| Nb de casses /km/an | 0.02 |
| Nb de fuites et casses/km/an | 0.52 |

| Indice linéaire de réparation des conduites (nbre fuites et casses/km/an) | |
|---|---|
| Marseille (2006) | 0.12 |
| CUB Bordeaux (2006) | 0.13 |
| CUDL Lille (2005) | 0.21 |
| CUS Strasbourg (2005) | 0.29 |
| SEDIF (2008) | 0.24 |

Ces rapprochements doivent être interprétés en considérant que le réseau ENP n'a pas à remplir les mêmes fonctionnalités qu'un réseau EP enterré : pression moindre, continuité de service plus lâche, plus grande facilité à détecter et à réparer les fuites.

**Pour la fonctionnalité demandée, on constate donc que le réseau ENP, bien qu'entretenu a minima, ne présente pas plus de désordres globalement qu'un réseau d'eau potable enterré maintenu, avec une politique de renouvellement assurant un âge moyen des canalisations de 40 à 50 ans, la différence en coûts d'investissement étant bien sûr justifié dans le second cas par un niveau de pression plus élevé et une garantie de continuité de service plus stricte.**

# 5. PROPOSITIONS POUR UNE NOUVELLE APPROCHE DU DIAGNOSTIC PATRIMONIAL

De grandes collectivités ont recours à d'autres approches que l'analyse multicritère, décrites au § 5.1, mais elles ne sont pas applicables dans le cas du réseau de distribution parisien du fait de sa spécificité.

Dans ces conditions, la connaissance patrimoniale du réseau ENP nécessite des investigations complémentaires proposées au § 5.2, dont certaines sont reprises des conclusions du SDE. Elles doivent aller de pair avec les actions à mener pour obtenir une meilleure connaissance du rendement (cf. § 5.3) et les décisions qui pourraient être prises sur le devenir du réseau ENP indépendamment du diagnostic patrimonial (cf. § 5.4).

## 5.1. Les méthodes utilisées dans d'autres collectivités

### *5.1.1. La politique de renouvellement*

Tous les gestionnaires de réseau sont confrontés à la question de renouvellement et du niveau d'investissement à consentir, dont la réponse est comprise entre **deux positions extrêmes** :

- Le renouvellement de type purement patrimonial, avec une programmation régulière et systématique consistant à maintenir l'âge du réseau en dessous d'une limite maximale, dans l'optique de préserver l'avenir en lissant les investissements ;
- Le renouvellement de type fonctionnel, visant à maintenir le réseau en état de fonctionnement et à optimiser les coûts d'investissement et de maintenance.

Notre approche relève plutôt du deuxième type et les propositions qui suivent sont orientées dans ce sens.

Dans le cas du réseau ENP, la question du choix entre renouvellement et rénovation se pose également. **Les canalisations structurantes** (de transport), dont le maintien en fonctionnement sera plus prolongé dans le temps que les canalisations de maillage ou de distribution, **seraient à privilégier en terme de renouvellement**.

### *5.1.2. Les méthodes*

Les grandes collectivités font de plus en plus appel à des modèles plus ou moins élaborés d'aide à la décision en termes de renouvellement patrimonial. Nous en citerons deux :

- Un système de notation pondérée par des coefficients similaires à des écarts-types (mis au point à la Société des Eaux du Nord),
- Les modèles de survie (développé à la Communauté Urbaine de Bordeaux avec le CEMAGREF entre autres).

La première méthode s'appuie sur des critères tels que les nombres de fuites (casses) par km et par an, qu'elle calcule par classes de diamètre, de matériau, pression, et en déduit une note

globale en pondérant les notes obtenues (val (DN), val (matériau), etc. dans la formule ci-dessous) par des coefficients représentant l'écart-type pour le paramètre considéré (a, b, etc.).

Le coefficient de fuite global se calcule par exemple par tronçons homogène à l'aide d'une formule du type :

$$C_f = [a.val(DN) + b.val(matériau) + c.val(nbredefuites) + c.val(pression)].[nbredefuites]^{1/2}$$

- $C_f$ : coefficient de fuite
- val (DN) = nombre de fuites (joints fuyards) au km/an pour la classe de diamètre considérée (<300 mm, 300<<600 mm, > 600 mm),
- val (matériau) = nombre de fuites au km/an pour la classe de matériau considérée (fonte grise, béton âme tôle, …),
- val (nbredefuites) = classe de taux de fuite considérée (nbre de fuites < 5 / km, entre 5 et 10 /km, …)
- val (pression) = nombre de fuites au km/an pour la classe de pression considérée (< 0.5 bar, 0.5<<1.5 bars, …)

Il s'agit donc d'une méthode relativement empirique, mais permettant d'aboutir un classement des tronçons du réseau de façon plus mécanique que l'analyse multicritère.

La deuxième catégorie de modèles utilise des lois dites de survie pour déterminer l'espérance de vie des conduites, à savoir la probabilité qu'une casse se produise à terme ou à une échéance donnée.

Ces modèles ne sont pas applicables dans le cas du réseau ENP car leur mise en œuvre implique qu'on dispose de suffisamment d'observations sur une période de recul suffisante pour faire des statistiques, ce qui n'est pas le cas.

## 5.2. Les investigations nécessaires

### *5.2.1. Rappel de la démarche du SDE*

On rappelle que les conclusions du SDE allaient plus loin que les résultats issus de l'analyse multicritère, comme résumé dans cet extrait du rapport.

> *« Les résultats du présent diagnostic seront utilisés pour identifier les sites dans lesquels des investigations sur l'état réel des conduites seront réalisées. Ces investigations doivent concerner :*
>
> – *l'état physique des fûts : des auscultations pourront être effectuées pour identifier la corrosion externe ou interne de la fonte grise, de l'armature des conduites en béton ;*
> – *le type et l'état des joints ;*
> – *le type et l'état des supports et amarrages.*
>
> *Les conclusions de ces investigations doivent permettre :*
>
> – *d'identifier les conduites et linéaires à traiter,*

– *de déterminer la nature des actions techniques à entreprendre.*

*Les actions pourront être : un renouvellement de la conduite à travers un remplacement, une réhabilitation de la conduite par un tubage en continu, une rénovation des joints défectueux, un remplacement des supports altérés ou à risque.*

*Les actions pourront concerner également des mesures de surveillance renforcée de la situation des conduites, de la mise en place d'équipements de mesures (débitmètre, recherche de fuite ou de mouvement…) en vue de déceler les anomalies. »*

**C'est plutôt cette approche que nous préconisons suite à l'expertise**.

La méthodologie suivie dans le cadre du SDE constitue une aide pour identifier les sites où réaliser les investigations par ordre de priorité, lesquels doivent être complétés par les sites où de nouvelles fuites sont observées, indicatrices de perturbations en cours, et par l'évaluation de contextes à risques : zones sujettes à des mouvements des sols, tronçons sujets à la submersion fréquente ou non par les eaux d'égouts ou de ruissellement, etc.

Nous développons ci-après les investigations à mener pour améliorer la connaissance patrimoniale indispensable à la validation (ou l'invalidation) des conclusions du SDE.

### *5.2.2. Les fontes et la corrosion*

Les connaissances actuelles sur les réseaux ENP et EP (cf. § 4.1.2) doivent être confirmées par des **essais, des analyses et des études documentaires** :

- analyser les blessures sur un échantillon représentatif (type, âge, environnement),
- améliorer les inventaires sur les types de rupture,
- mesurer l'épaisseur des fûts in situ par des méthodes non invasives (courant de Foucault, ultra-sons) ou par des analyses en laboratoire sur des échantillons prélevés après une casse :
  - Courant de Foucault : contrôle de surface, détectant les anomalies surfaciques,
  - Contrôle Ultra-sons : détection de compacité, adapté à détecter les fissures et discontinuités,
- analyser l'épaisseur des brais de houille (variable selon les fabricants) et l'incidence sur la corrosion, susciter la mise au point de revêtement ayant des qualités comparables,
- analyser la composition des dépôts et l'incidence sur la corrosion (comparer des tronçons voisins avec et sans dépôt), rechercher les phénomènes de cicatrisation éventuels,
- corréler l'analyse des fontes à l'environnement des conduites,
- reprendre les recommandations de la documentation existante, notamment les ouvrages de référence, entre autres le Manuel des fontes moulées (Traduit de iron castings handbook), Editions Techniques des Industries de la Fonderie, 1983.

### *5.2.3. Les supports et amarrages*

La base de connaissances sur les supports et amarrages (cf. 4.1.3) est insuffisante et des **investigations supplémentaires** s'avèrent indispensables :

- décrire les différents types de supports (et amarrages),
- dresser un inventaire du type de supports et mettre au point une méthode d'observation de leur état,
- faire une cartographie exhaustive des supports par type, en notant leur niveau de dégradation et le type de conduite supporté,
- mettre en place des capteurs de mouvement sur certaines conduites représentatives ou particulièrement sensibles,
- vérifier auprès de centres de recherche dans quelle mesure on peut valider ces appréciations concernant le rôle du contact des consoles avec le terrain environnant dans le cas présent comme facteur aggravant de la corrosion.

### *5.2.4. Les joints*

Là encore, on ne peut que recommander de **valider ou de compléter les informations** sur le sujet :

- inventorier plus précisément les fuites, voir les mesurer comme c'est le cas sur l'eau potable ;
- inventorier plus précisément les types de joint (emboitement, bague ou manchon au plomb, Gibault, LeakClamp, Straub, Cloporte, Empreinte, Arpol, Express, Manessman, encapsulage, etc.) et les corréler aux fuites ;
- analyser l'incidence des équipements, les casses et les fuites semblant très largement concentrées au droit d'appareils hydrauliques par création de points durs.

### *5.2.5. La longueur et le diamètre*

Le **comportement mécanique du système conduite/support** doit également pris en compte dans l'analyse des fuites :

- l'introduction des canalisations dans les collecteurs a nécessité d'utiliser des tronçons de longueur réduite (3 à 4 mètres au lieu de 6 m). Ces tronçons sont a priori moins sensibles au mouvement des supports que les éléments classiques de 6 m de longueur ;
- les tuyaux sur appui de faible diamètre sont également plus sensibles à la flexion que les tuyaux de gros diamètre, et sont donc plus exposés aux fuites.

### *5.2.6. L'environnement des conduites et la qualité de l'eau*

Comme souligné dans le SDE, l'environnement des conduites est un paramètre explicatif important. Le taux annuel moyen de remplissage (en EU, en E Pluvial ou UN) du collecteur dans lequel se trouve installée la conduite, la submersion des conduites, l'ensablement et la

consignation notamment constituent en effet un bon indice, non seulement de la corrosion externe, mais également de l'état des supports.

Les observations sur les conduites devront intégrer la **caractérisation de leur environnement** afin d'affiner l'incidence de ce paramètre.

Il paraît également utile d'étudier l'incidence de la qualité de l'eau transportée et de l'embourbement sur la corrosion interne des canalisations.

### *5.2.7. Cas des conduites Bonna*

Des expertises ont déjà été réalisées sur certaines conduites :

- Eau non potable - DN 900 puis DN 1250 de Denfert-Rochereau au quai d'Austerlitz, Eau et Force, Novembre 2006 ;
- Etude de diagnostic sur la canalisation de liaison « Villette-Passy » ENP DN 1250, Compagnie des Eaux de Paris, Mai 2004.

Ces diagnostics ont conclu à un remplacement dans le second cas.

Du fait de la fragilité de ces conduites, un **programme d'inspection** s'avère indispensable.

### *5.2.8. Analyse historique*

**L'analyse historique des canalisations est un point de départ important pour définir la méthode d'échantillonnage**.

Sans prétendre pouvoir reconstituer l'âge exact de chaque tronçon, il doit être possible de retrouver aux archives de la Ville des informations utiles qui donneront une orientation quant à la date de pose, donc à la technologie employée pour les canalisations et les joints, et sur leur importance relative dans le parc actuel. Il s'agit notamment :

- Des marchés de travaux :
  - Résultats d'appels d'offres selon les lots (regroupements de quartiers de Paris par lots) ;
  - Cahier des Charges de la Ville de Paris ;
- Des modifications de l'urbanisation, par exemple : les lotissements dans les années 1905-1914, d'anciennes friches industrielles des anciens villages rattachés en 1860 à Paris, l'âge des immeubles ;
- Des états détaillés des linéaires de pose, année par année.

### *5.2.9. Plan de travail*

D'où en résumé un plan de travail possible :

- Reconstitution historique de la pose du réseau ;

- Mise au point d'une typologie à partir de l'analyse des techniques de pose, de la base de données descriptive des canalisations, supports et joints employés, des éléments caractéristiques visibles sur le terrain de chaque type ;
- Confirmation par sondages sur le terrain ;
- Visite exhaustive du réseau et implémentation du SIG ;
- Définition des échantillonnages en fonction des méthodes d'investigation ;
- Essais en laboratoire et in situ ;
- Nouvelles confrontations avec les incidents répertoriés depuis 1997.

## 5.3. Incidence du rendement sur la méthodologie

Le rendement est un indicateur clé de l'état du réseau. Or un point essentiel reste la méconnaissance actuelle de l'importance des fuites dans le réseau ENP, ce qui provient du fait :

- que la mesure de l'eau introduite dans le réseau est assez imprécise ;
- qu'il n'y a pas de comptage au niveau des principaux utilisateurs.

Or le suivi précis de l'évolution des fuites est un excellent indicateur de l'état du réseau, notamment en l'absence de grosses consommations (débits de nuit).

En s'inspirant des méthodes de sectorisation recommandées et financièrement encouragées par l'Agence de l'eau pour des réseaux de taille plus modeste, nous émettons les recommandations suivantes.

### *5.3.1. Suivi des volumes mis en distribution*

Notre inspection rapide de l'usine de la Villette a montré que la précision des mesures de débits est améliorable.

En effet, le réseau EP, sur ce point, est particulièrement suivi car les comptages se traduisent par des facturations. Avec un rendement qualifié d'excellent, le niveau des pertes en réseau EP dépasse, à linéaire équivalent, 25 000 $m^3$/j. Cette valeur paraît donc être un bon minorant des fuites acceptables dans le réseau ENP.

Si le volume actuellement injecté dans le réseau ENP est de l'ordre de 170 000 $m^3$/j, une incertitude de 5 % sur la totalité de la chaîne de comptage se traduit par une incertitude d'au moins 30 % sur le niveau de fuite. Il devient difficile, pour l'exploitant, de bien analyser et localiser la cause des fuites.

Nous proposons donc d'appliquer au réseau ENP un suivi du type de celui préconisé et financé par l'Agence de l'Eau :

- il s'agit de pouvoir suivre, selon un pas de temps de l'ordre de 5 minutes, les débits instantanés injectés en réseau, stockés ou déstockés, afin de déduire les volumes réellement mis en distribution ;

- chaque sortie d'usine pourra faire l'objet d'un audit visant à obtenir une précision de l'ordre de 3% pour la chaîne de mesure, en précisant :
  - le type de comptage et ses données géométriques précises (adapté au passage de l'eau brute dégrillée, mais turbide) ;
  - les longueurs droites nécessaires, sachant que tout stabilisateur d'écoulement est, pour ce type d'eau brute, susceptible d'être colonisé rapidement par des mollusques qui vont perturber l'écoulement et fausser la mesure ;
  - le type d'électronique évitant la perte d'information vers le dispatching ;
- chaque réservoir d'eau brute sera également équipé d'une chaîne de mesure visant à donner, au même pas de temps, la hauteur d'eau dans chaque cuve. L'électronique de la chaîne de mesure sera également examinée en vue de garantir un bon réacheminement des données vers le dispatching.

### *5.3.2. Sectorisation*

Les tentatives d'analyse réalisées par SAFEGE n'ont pu aboutir faute d'une bonne connaissance des volumes mis en distribution par sous-réseaux, notamment de nuit.

Le suivi des comptages décrits au paragraphe précédant sera poursuivi au niveau de chaque sous-réseau. L'opportunité d'une sectorisation plus fine des réseaux les plus étendus (Bas Ourcq et Villejuif par exemple) sera examinée.

### *5.3.3. Meilleure connaissance des besoins des gros consommateurs*

Faute de mesures suivies, SAFEGE n'a pu déterminer avec précision les besoins des parcs et du lavage des rues.

Les parcs devraient être équipés de compteurs. Il est inutile et onéreux de vouloir équiper chaque bouche de lavage d'un dispositif de comptage, mais un suivi par télé-comptage portant sur une centaine de bouches permettrait un suivi statistique cohérent et une quantification moins discutable des améliorations apportées aux pratiques (clés prisonnières, par exemple).

## 5.4. Incidence des orientations du SDE sur la méthodologie

La méthodologie visant à mieux connaître l'état du réseau sera à adapter en fonction des orientations prises au niveau du SDE.

En cas d'abandon total, mais progressif, on limitera l'examen des supports aux zones à l'environnement sensible afin de ne remplacer que ceux qui menacent ruine rapidement.

En cas de maintien partiel, les besoins à satisfaire seront plus limités. Il est plausible de penser que la capacité du réseau de transport pourra être revue à la baisse. Une partie des plus grosses canalisations (DN>800mm) pourrait être alors abandonnée. Certaines pourraient être chemisées, à condition que leur supportage soit encore sain. Il serait également possible de concentrer les efforts de connaissance sur les canalisations de maillage (300mm <DN< 600 mm), en particulier les supports telles que les consoles et les colonnettes.

Enfin, dans le cas où une partie du réseau de distribution serait abandonné, il serait possible de concentrer les essais destructifs sur les canalisations qui, sur le plan hydraulique, présentent le moins d'intérêt.

En cas de maintien total, c'est toute la panoplie de moyens qui est à mettre en œuvre. De plus, la rénovation d'une bonne partie du réseau sera alors envisageable et il sera opportun de consacrer des moyens au suivi dans le temps des canalisations ayant déjà fait l'objet de rénovation.

# 6. CONCLUSION

Il ressort de notre expertise du diagnostic patrimonial du réseau d'eau non potable (ENP) décrit dans le Schéma Directeur Eau (SDE) que **les données de base sont actuellement trop imprécises et incertaines pour fonder un avis fiable sur l'état du réseau et a fortiori sur les besoins en termes de renouvellement ou de rénovation**.

**Les raisons évoquées dans le SDE ayant conduit à l'adoption de cette méthode** sont basées sur le fait qu'elle permet théoriquement de prendre en compte un maximum de paramètres agissant sur l'état physique des réseaux et des paramètres intervenant dans la perception de leurs performances structurelles, **ce qui n'est pas remis en cause dans notre analyse**.

**Le choix des paramètres a de même été correctement justifié**, soit par des corrélations lorsqu'elles étaient significatives, soit à partir de l'expertise des membres du comité de suivi. Certains paramètres se recoupent alors qu'ils devraient être indépendants en théorie, mais il est difficile de faire autrement avec les données disponibles.

**Par contre, la pondération des critères a été arbitrée plus ou moins à dire d'expert alors qu'elle devrait découler de données solides dont on ne dispose pas**, telles que l'espérance de vie des conduites dans le contexte spécifique du réseau parisien, la solidité des supports des canalisations, la caractérisation des casses et des fuites, etc.

**Il en résulte que la pondération retenue est contestable, notamment l'importance prépondérante de l'indice de fuite** (ou indice de joint) dans l'attribution de la note globale et qui n'est pas justifiée dans le SDE. Si les fuites traduisent des déplacements de canalisations, la difficulté subsiste de rapprocher une fréquence de fuites et un risque de casses, sachant que l'ampleur et l'évolution du déplacement sont des indicateurs plus fiables, mais qu'ils ne sont pas mesurés. Les données disponibles montrent d'ailleurs qu'il n'y pas de corrélation entre les fuites et les casses, des conduites pouvant être fuyardes sans avoir cassé et réciproquement.

**Or l'indice de joint est nettement prépondérant puisque sa suppression ramène à 179 km**, au lieu de 363 km, le linéaire de réseau classé en « mauvais état » dans la situation optimiste, soit une réduction de 50 %. De même, en ne conservant que la catégorie « sensible » au lieu de la classe « mauvais état » (qui comprend les deux catégories « moyen » et « sensible »), le linéaire est ramené à 206 km au lieu de 363 km.

Est contestable également la délimitation des classes aboutissant à la qualification des canalisations en « mauvais état » ou « état acceptable », **la position du curseur dans le classement des conduites étant encore trop subjective au stade actuel de la connaissance patrimoniale du réseau**.

Par conséquent, les hypothèses prises dans le SDE en termes de pondération pour l'application de l'analyse multicritère prêtent à caution.

**Les conclusions qui en découlent sont donc incertaines, et à notre avis pessimistes**. **On constate en effet peu de casses sur ce réseau comparativement à d'autres, et le nombre de fuites ramené au linéaire est moins du double de celui d'autres réseaux d'eau potable enterrés.** Pour la fonctionnalité demandée, à savoir une pression faible et une continuité de

service relative, le réseau ENP, bien qu'entretenu a minima, ne présente pas plus de désordres globalement qu'un réseau d'eau potable enterré maintenu, avec une politique de renouvellement assurant un âge moyen des canalisations de 40 à 50 ans, la différence en coûts d'investissement étant bien sûr justifié dans le second cas par un niveau de pression plus élevé et une garantie de continuité de service plus stricte. Le linéaire considéré comme étant en « mauvais état » et devant être renouvelé ou rénové dans le SDE est à notre avis notablement sur-estimé.

Cette différence d'appréciation relève en fin de compte de ce que le SDE s'est placé dans une perspective de **renouvellement patrimonial**, avec une programmation régulière et systématique consistant à maintenir l'âge du réseau en dessous d'une limite maximale, dans l'optique de préserver l'avenir en lissant les investissements. Or nous estimons dans le cas présent qu'il faut privilégier l'optique du **renouvellement fonctionnel**, visant à maintenir le réseau en état de fonctionnement et à optimiser les coûts d'investissement et de maintenance, du fait d'une continuité de service moins stricte que pour le réseau EP et de l'avenir incertain du réseau ENP.

Il n'en demeure pas moins que le réseau ENP subit en moyenne 4 casses par an avec des effondrements en cascades. **Nous estimons que le problème des supports est prépondérant et doit être réglé en priorité. Encore s'agit-il d'une opération de rénovation** qui ne nécessite pas la plupart du temps un remplacement complet des fûts. Ce qui remet en cause les hypothèses de chiffrage du SDE, basées sur des prix moyens au mètre linéaire incluant 75 % de renouvellement et 25 % de rénovation, alors qu'à notre avis ce ratio peut être inversé. Les coûts d'investissements auxquels aboutit le SDE sont donc doublement surestimés, en quantité et en prix unitaires.

**Les travaux sur le réseau structurant identifiés en 2007 par le groupe de travail constitué autour du STEA avec les exploitants sont à notre avis prioritaires et permettent d'élaborer une programmation de travaux à court et moyen termes,** des enquêtes de terrain complémentaires étant nécessaires pour définir les priorités et mieux estimer les coûts. Cette liste de travaux, d'ailleurs reprise dans le SDE, a été établie uniquement sur les observations concernant l'état des supports et amarrages ou des conduites, et on note que le facteur fuites n'apparaît pas dans les critères de fragilité des réseaux.

Le coût de ces travaux urgents sur le réseau structurant, que nous estimons à 25 M€, représenterait une **limite inférieure** aux investissements à réaliser. Au stade actuel de la connaissance du réseau, on peut avancer comme **enveloppe maximale** le montant des investissements réalisés au cours des 5 dernières années par les distributeurs sur le réseau d'eau potable, soit environ 12 M€/an.

Concernant la méthode utilisée, une analyse des risques nous paraît plus adaptée que l'analyse multicritère, sachant qu'elle nécessite également une base de données fiable et suffisamment complète, en sélectionnant des critères indépendants afin de ne pas biaiser l'analyse.

**Nous préconisons donc que le futur service de l'eau s'attache à constituer une base de connaissances solide et unique**, en partant des données rassemblées par les délégataires et en les complétant par des investigations sur le terrain et en laboratoire permettant de mieux connaître l'état du réseau, et plus particulièrement l'état des supports et des joints, ainsi que l'importance et l'évolution de la corrosion des canalisations.

## Annexe n° 1 : Analyse de l'indice structurel prédictif

L'indice prédictif a été attribué par recoupement géographique et environnemental selon une procédure plus ou moins automatique sur le SIG élaboré par SAFEGE (cf. § 3.1.2.). Les figures ci-dessous illustrent le type de changement qui a pu avoir lieu entre l'état optimiste et l'état pessimiste. Uniquement à partir des cartes produites par SAFEGE, il est peu commode de reconstituer la réflexion qui a abouti aux changements de notations.

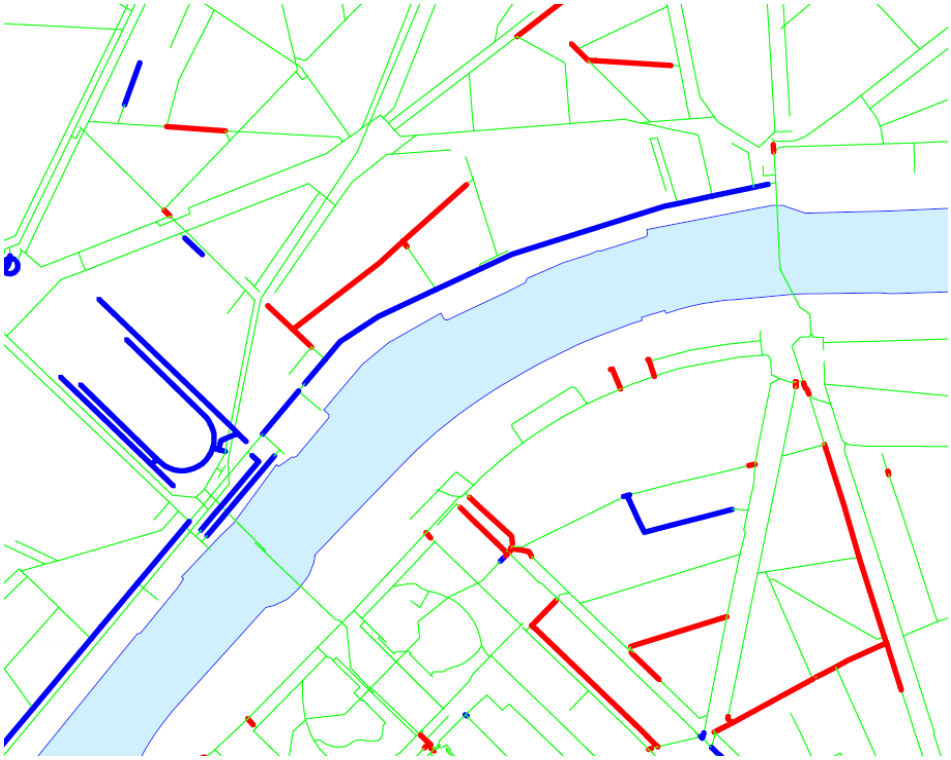
Par exemple, un des tronçons de la conduite Ø 300 avenue de New York a été crédité de 8 points supplémentaires. On suppose que c'est la présence d'une canalisation Ø 100 dans un égout répertoriée comme étant ensablé et connectée au Ø 300 de l'avenue de New York qui a amené à modifier la notation. Dans ce cas de figure, le tronçon en question avait déjà une note ≥ 6, donc cela n'a pas d'impact sur le résultat de l'analyse multicritères.

Pour ce qui est du quartier Ménilmontant (Figure n° 4), on note que plusieurs tronçons sont passés d'un état « acceptable » à une note ≥ 6. La logique qui a conduit à faire se choix ne transparaît pas clairement au vu des extraits de cartes. Il y a certes une conduite rue Ménilmontant située dans égout ensablé et avec un fort risque géologique, mais il est difficile d'évaluer la zone d'influence de ses facteurs sur les autres conduites.

En ce qui concerne le dernier exemple, un Ø 600 situé sous l'avenue de Versailles, la corrélation est plus nette avec l'état des conduites environnantes.

**Figure n° 3 : Indice structurel prédictif – Ø 300 Avenue de New York**

**Etat Optimiste (extrait carte SAFEGE)**



**Etat Pessimiste (extrait carte SAFEGE)**

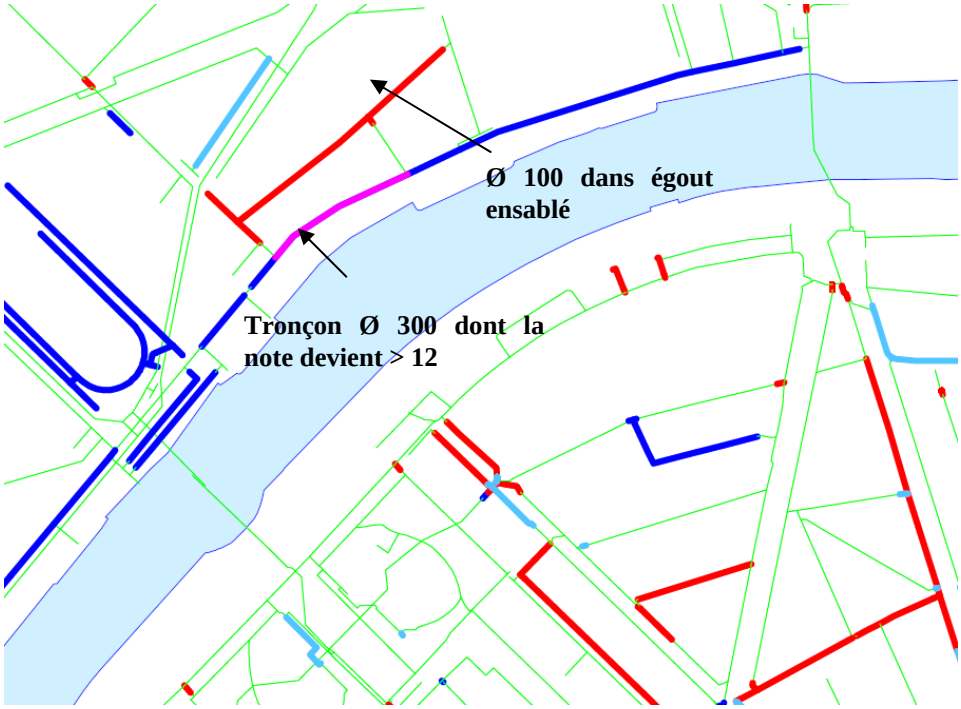
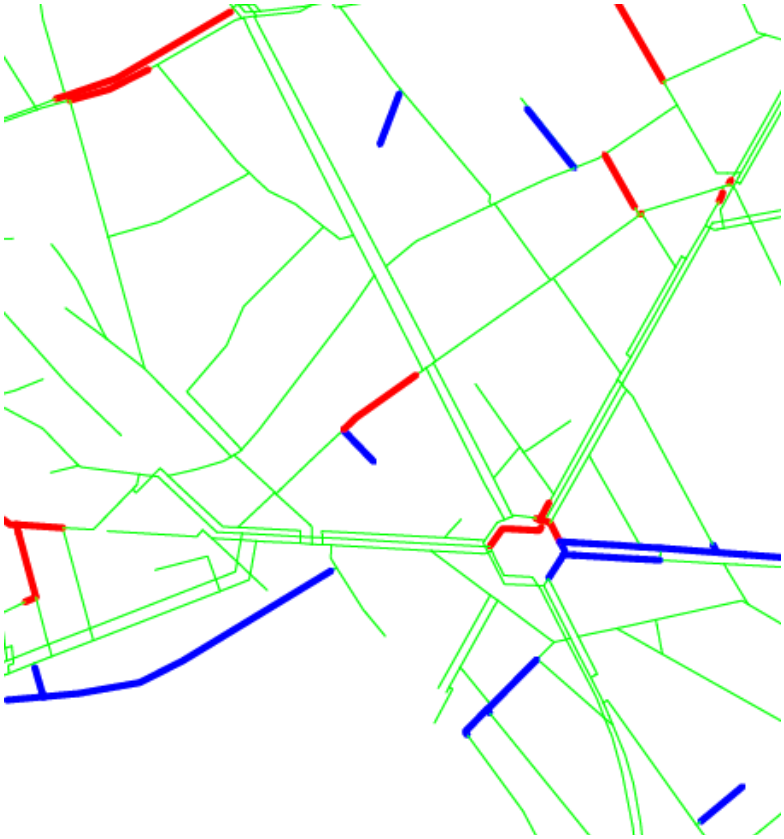


**Figure n° 4 : Indice structurel prédictif – Quartier Ménilmontant**

**Etat Optimiste (extrait carte SAFEGE)**



**Etat Pessimiste (extrait carte SAFEGE)**

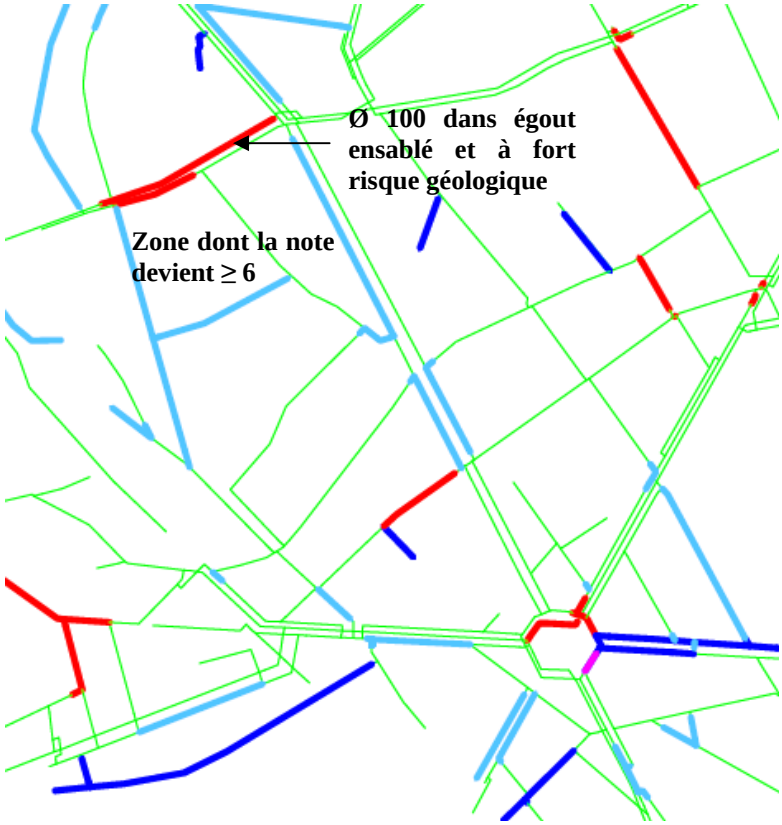
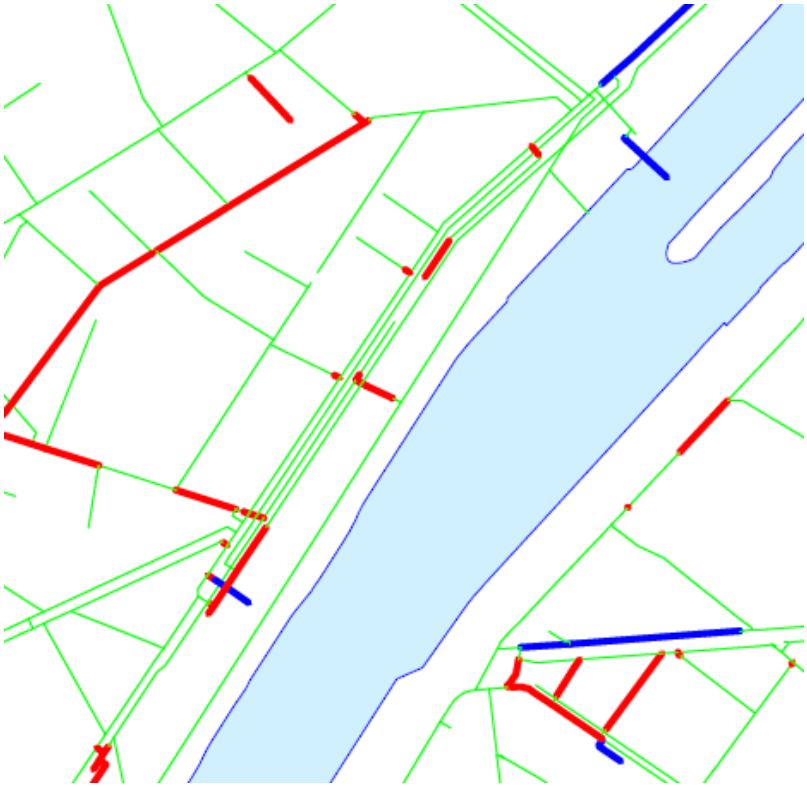
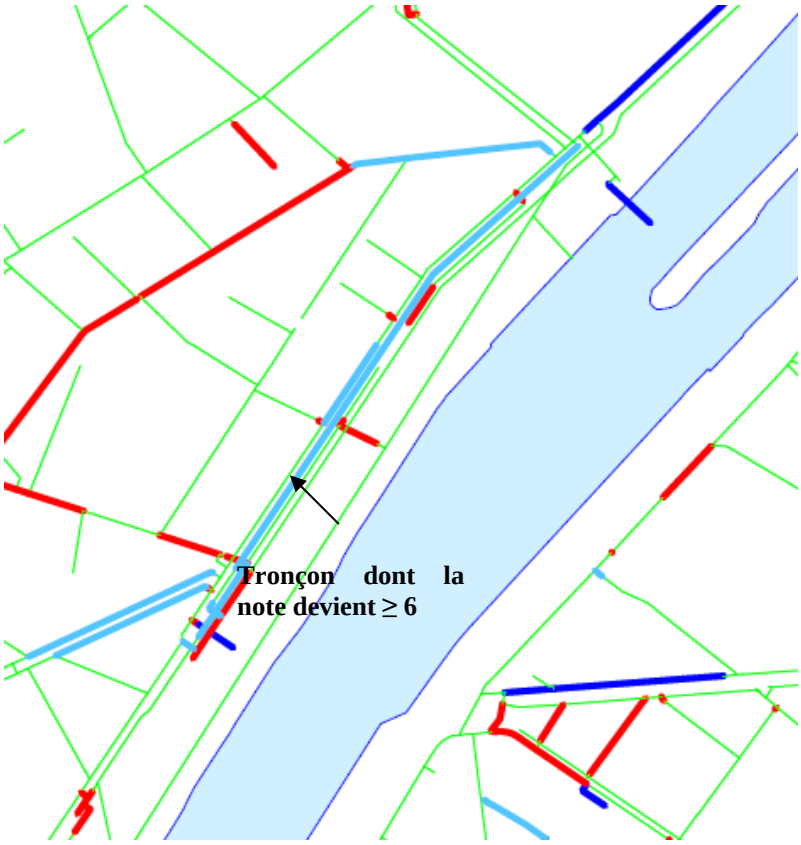


**Figure n° 5 : Indice structurel prédictif – Ø 600 Avenue de Versailles**

**Etat Optimiste (extrait carte SAFEGE)**



**Etat Pessimiste (extrait carte SAFEGE)**