



ANNEXE 8

-

MODALITES D'INTERVENTIONS POUR LA REALISATION DES EXTENSIONS ET DU RENOUVELLEMENT DU RESEAU





SECURITE ET CONTINUTE DU SERVICE PUBLIC POUR LA DISTRIBUTION DE CHALEUR

Sécuriser le réseau de distribution passe par une bonne connaissance de celui-ci. Lorsque nous prenons en exploitation un nouveau réseau, nous appliquons une démarche systématique nous permettant en quelques mois d'acquérir une base de données suffisante pour interpréter et mettre en place un plan d'action.

Cette démarche repose sur deux points fondamentaux :

- Une thermographie au sol,
- L'application de la procédure interne COFELY : RéseauLution™.

1.1.1 La thermographie au sol

La thermographie communiquée dans le cahier des charges ne nous semble pas suffisante pour bien interpréter de façon précise l'état du réseau.

Rappel général sur la thermographie

La thermographie indique les déperditions de chaleur au niveau du sol. En aucun cas elle ne donne d'indication directe sur l'état de l'ouvrage. Elle nécessite une analyse approfondie tenant compte du diamètre, de la profondeur et des ouvrages rencontrés et des modifications d'environnement.



Exemples :

- 🍂 Il y a plus de déperditions dans un coude que sur une ligne droite.
- 🍂 Un point fixe montre plus de déperditions que le tube. Il se reconnaît par une forme ronde.
- 🍂 Un compensateur montre plus de déperditions que le tube. Il se reconnaît par une forme ovale.
- 🍂 A profondeur égale et à température égale, plus un tube est gros plus sa signature thermique est importante.
- 🍂 Un changement de niveau ou un passage en fourreau va modifier la continuité thermique.
- 🍂 Un HP est plus visible qu'un réseau BP.
- 🍂 A température et profondeur égales un tube pré-isolé est moins visible qu'un tube en caniveau.
- 🍂 Plus l'ouvrage est enterré, plus la trace devient invisible à plus de 2 mètres tout ouvrage même mal isolé est pratiquement invisible
- 🍂 Le fil d'eau milieu dans lequel transite l'ouvrage est caractéristique : l'ouvrage est moins visible sous un espace vert. Son image est plus diffuse que sous la chaussée. Un caniveau est toujours plus apparent.
- 🍂 Un véhicule en stationnement ou ayant stationné laisse une trace importante pouvant être interprétée comme un dysfonctionnement.

Tous ces exemples indiquent qu'une discontinuité de l'image n'est pas souvent due à une dégradation de l'ouvrage et que pour bien interpréter les images, il faut bien connaître le réseau, l'expérience étant un atout. Néanmoins, la thermographie infrarouge est un des outils les plus performants dans la connaissance des réseaux. Elle est d'autant plus performante que sa réalisation régulière permet de surveiller l'évolution des dégradations.

La thermographie au sol par véhicule

Pour toutes ces raisons la technique que nous avons retenue pour auditer nos réseaux est la thermographie au sol embarquée sur un véhicule, par opposition à :

- La thermographie par hélicoptère où une seule image est présentée et traitée une fois pour toutes par le prestataire.
- La thermographie au sol classique par caméra portée



Nous avons retenue cette technologie parce que :

- Elle est restituée sous forme d'un film continu, constitué d'images infrarouge et doublé d'un film visible (lumière du jour) se déroulant en parallèle. Ce film peut être visualisé à tout moment.



- Elle est fournie avec un logiciel d'analyse performant permettant de régler la sensibilité des contrastes thermiques, de calculer des différences de température entre des points caractéristiques et sélectionnés du réseau (écart de température entre le sol et le tampon d'une chambre de vannes) et d'éditer une « fiche : descriptif d'un défaut thermique »
- Les images sont géo localisées ce qui permet de positionner facilement les défauts sur un outil de cartographie et de les comparer campagne après campagne.

Afin d'optimiser au maximum la qualité des données, nous réalisons systématiquement les mesures par infrarouge par temps froid, ce qui permet d'avoir la plus grande plage de température, par temps sec ce qui permet de limiter les déperditions de la chaleur par



l'humidité et en fin de nuit ce qui permet de limiter les rayonnements parasites issus de la chaleur stockée dans la journée.

De plus nous augmentons la température de départ de l'eau du réseau pour augmenter la probabilité de voir le réseau. Le but de l'opération n'étant pas de ne pas voir le réseau mais de détecter les futures fragilités. Nous réalisons cette prestation tous les 5 ans pour mesurer le vieillissement du réseau.

Deux outils viennent compléter et restituer les résultats :

- Un logiciel de calcul des déperditions qui permet de simuler un réseau de chauffage urbain et d'estimer la température en surface en fonction de la dégradation du calorifuge,
- Un logiciel de cartographie qui permet de positionner la camera lors du déroulement du film et de positionner les différents défauts recensés.

1.1.2 Le concept RéseauLution™

La volonté de connaître l'état des réseaux de chaleur est aussi vieille que le chauffage urbain. Malheureusement la position enterrée du réseau ne permettait de connaître cet état que lors de travaux ou de sondages, de manière épisodique et aléatoire. Ces techniques donnaient une idée partielle de l'état général du réseau et en conséquence les plans de renouvellement étaient élaborés de façon énigmatique, les interventions étaient par nature curatives.

Pour pallier cette connaissance approximative de nos réseau, nous avons développé le concept RéseauLution™.

RéseauLution™ est une méthode d'analyse qui, à partir d'un ensemble d'outils plus ou moins conventionnels et plus ou moins performants pris individuellement, permet d'établir un état des lieux d'un réseau de chaleur. De cet état des lieux est tiré un plan de renouvellement (plan GER) sur 5 ans et une planification de remplacement des équipements identifiés en état critique.

Les outils mis en œuvre



La thermographie numérique classique : Avec un appareil photographique doté d'un très bon flash, tous les points d'accès au réseau (chambres de vannes, chambres de coupure, points de visite, points bas, points hauts, compensateurs) sont photographiés ainsi que le caniveau et la tuyauterie visibles (si réseau en caniveau) depuis ces points. Chaque point d'accès fait l'objet d'une fiche de saisie sur laquelle sont indiquées les photos prises, il est classé suivant son état parmi trois couleurs : rouge, bleu, vert.



Chambre de vannes



Tubes dans un caniveau

La thermographie infrarouge ou sol : Un véhicule parcourant le réseau enregistre en continu une image visible et une image infrarouge à l'aide de caméras fixées sur un bras articulé. Un logiciel permet de visualiser simultanément les deux films et de déterminer les écarts de température entre différents points de l'image. Par rapport à d'autres techniques d'imagerie infrarouge, cette solution offre l'avantage d'un film continu visualisable à tout moment et d'un positionnement ultraprécis par la combinaison du GPS et de l'image visible.



Image infrarouge

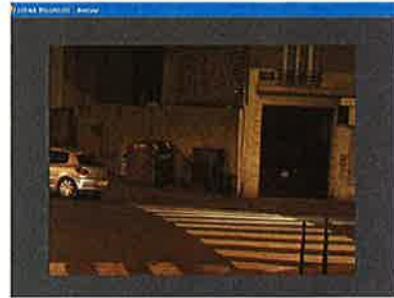
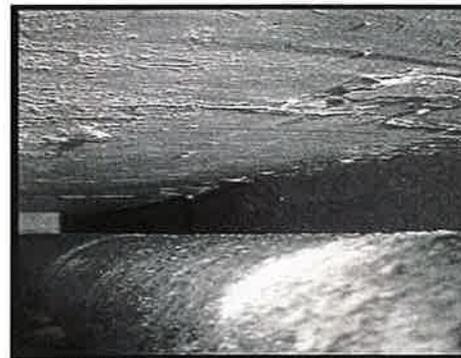


Image visible

La caméra endoscopique COFELY : La caméra à lumière infrarouge (utilisable sans lumière visible) a été modifiée pour nos besoins par l'adjonction d'un refroidissement à air pour supporter des températures de plus de 100 °C. Elle est équipée d'une sonde de température pour noter les variations de température à l'intérieur du caniveau indiquant des dégradations locales. Cette technologie de pointe a été spécialement conçue par COFELY. Cette caméra permet de visualiser l'état du caniveau autour d'un point d'accès classique (chambre ...) ou d'un sondage spécifiquement réalisé pour contrôler l'état du réseau ; l'investigation peut se dérouler jusqu'à 40 m du point d'accès.



État d'un support



État des dalles supérieures

La constitution d'un historique des incidents : Tous les sinistres survenus sur le réseau sont répertoriés et positionnés sur un plan du réseau. Les informations concernant les incidents sont analysées pour déterminer des faiblesses éventuelles suivant des diamètres, suivant des secteurs, suivant des organes.



La constitution d'un état des lieux des zones sensibles dans le voisinage du réseau : Les conditions particulières pouvant fragiliser le réseau sont inventoriées et réparties en zones sensibles :

- Eau susceptible d'inonder le caniveau : rivières souterraines, nappes phréatiques, égouts ...
- Electricité susceptible de générer des courants baladeurs : câbles électriques anciens enterrés, ligne de tramway et ligne SNCF...
- Travaux autres concessionnaires pouvant entraîner des dégradations du caniveau.

Tous ces outils sont utilisés en fonctionnement, donc sans arrêter l'installation ; d'autres outils, comme le « furet » fonctionnant sur le principe des courants de Foucault en champ lointain, permettent de contrôler les défauts d'épaisseur des tubes par l'intérieur mais avec une installation arrêtée. D'autres, en phase de développement, utilisent les ondes guidées et permettent de connaître la « signature » d'un élément du réseau. Ils viendront compléter le catalogue d'outils au fur et à mesure de leur disponibilité opérationnelle.

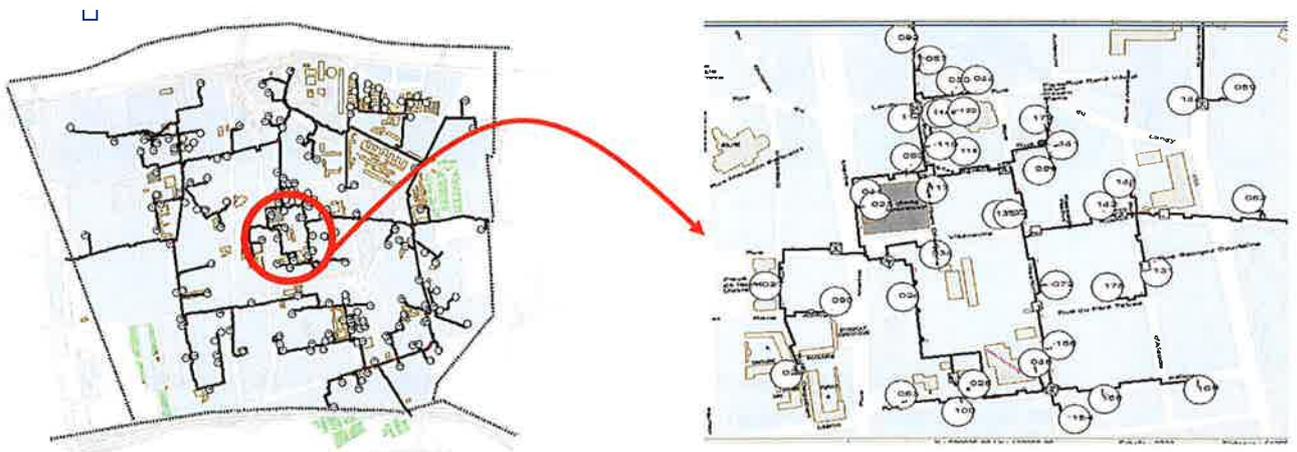
Le logiciel de cartographie : Il est le véritable nœud du projet puisqu'il sert à la fois de support au tracé du réseau et de base de données performantes. Il comprend :

- Le tracé du réseau comportant tous les organes constitutifs (chambres de vannes, compensateurs, points fixes, changement de niveau...)
- Les informations essentielles à l'analyse des organes constitutifs du réseau : diamètre, âge, longueur...
- Les analyses des données (couleur, diamètre, longueur)
- La restitution graphique des résultats
- Les informations spécifiques nécessaires au projet RéseauLution™ :
 - Positionnement et information liées aux incidents
 - Zone « électricité », zone « inondation »

La relève des informations

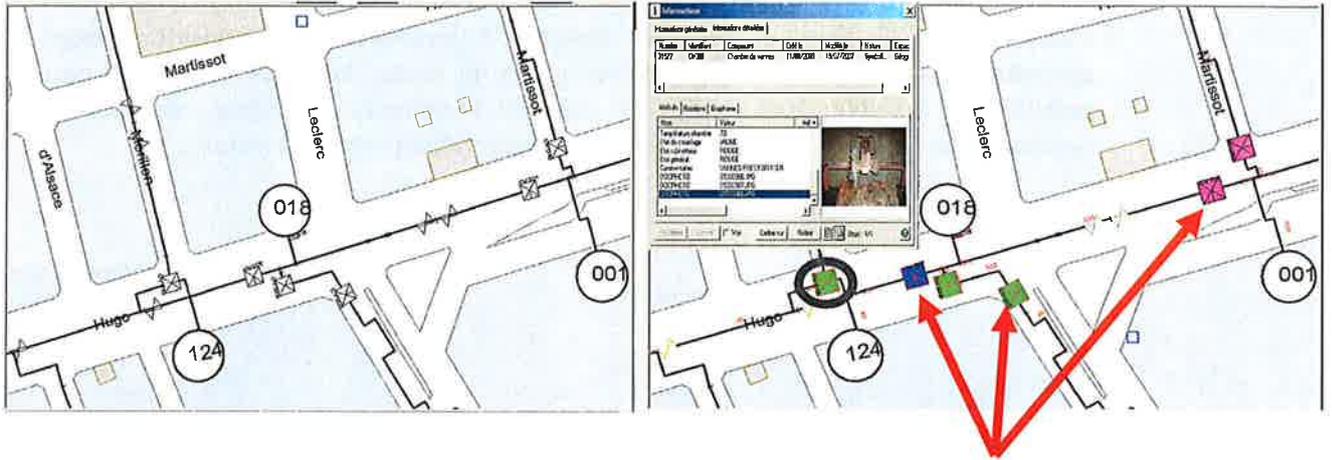


Phase 1 : Tracé du réseau et saisie des données : À partir d'un fond de plan numérique généralement cadastral et des plans de réalisation du réseau, le réseau est tracé le plus précisément possible avec tous ses organes constitutifs (chambres de vannes, compensateurs, points fixes, changements de diamètre, changements de niveau...).



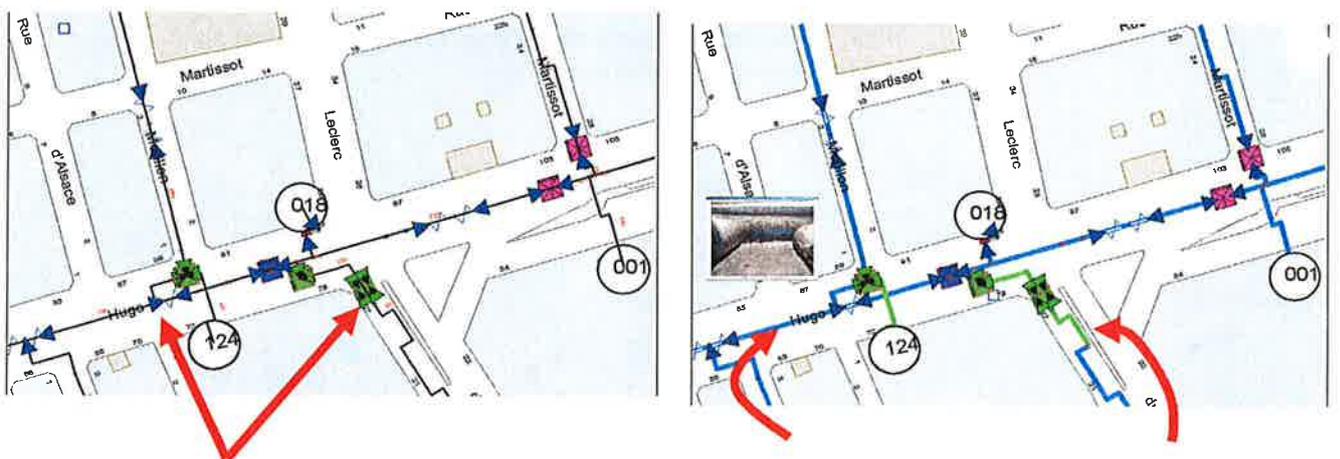
Phase 2a : Photographie des points d'accès : Chaque point d'accès est photographié et son état est analysé et noté sur une fiche de saisie spécifique. Les objets sont colorés en fonction de leur état.

- Vert : Calorifuge et robinetterie en bon état
- Bleu : Calorifuge abîmé ou absent mais robinetterie en bon état
- Rouge : Robinetterie en mauvais état



Phase 2b : Photographie des caniveaux à partir des points d'accès : Depuis le point d'accès, les tuyauteries dans les caniveaux sont photographiées. De manière similaire à la phase 2a, l'état est analysé et noté sur une fiche de saisie spécifique. Les photos des caniveaux sont associées aux objets correspondants créés spécifiquement pour le projet : un triangle (œil) et les objets sont colorés en fonction de leur état.

- Vert : Calorifuge, support et caniveau en bon état.
- Bleu : Calorifuge abîmé ou absent mais support et caniveau en bon état.
- Rouge : Support ou caniveau en mauvais état.





Cas particulier des réseaux BP pré isolés

Préalable : Les réseaux BP sont généralement et de plus en plus souvent réalisés en tubes pré isolés, ce qui, dans la démarche RéseauLution™ décrite ci-dessus, supprime l'information donnée par l'audit photographique. Pour compenser cette information, il est nécessaire de disposer d'une qualité d'image thermographique la meilleure possible, d'un tracé du réseau le plus précis possible sachant que la majorité des sinistres identifiés le sont soit au niveau des raccordements entre tubes soit aux organes de sectionnement de vidange ou de purge.

Les risques majeurs se situant au niveau des raccords entre tubes et des vannes d'isolement, les sondages devront être ciblés sur ces zones. C'est pour répondre à ces exigences que nous avons établi un cahier de recommandation pour la réalisation de la thermographie.

« Conducteur de surveillance » : Lorsque que le procédé a été retenu lors de la conception et bien entretenu, les réseaux BP en pré isolé peuvent être équipés de « conducteurs de surveillance » capable d'identifier la présence d'humidité : Celle-ci pouvant provenir d'une fuite sur le tube (très rare), d'une infiltration d'eau extérieure (le plus fréquent) ou d'un problème sur le fil conducteur (assez rare).

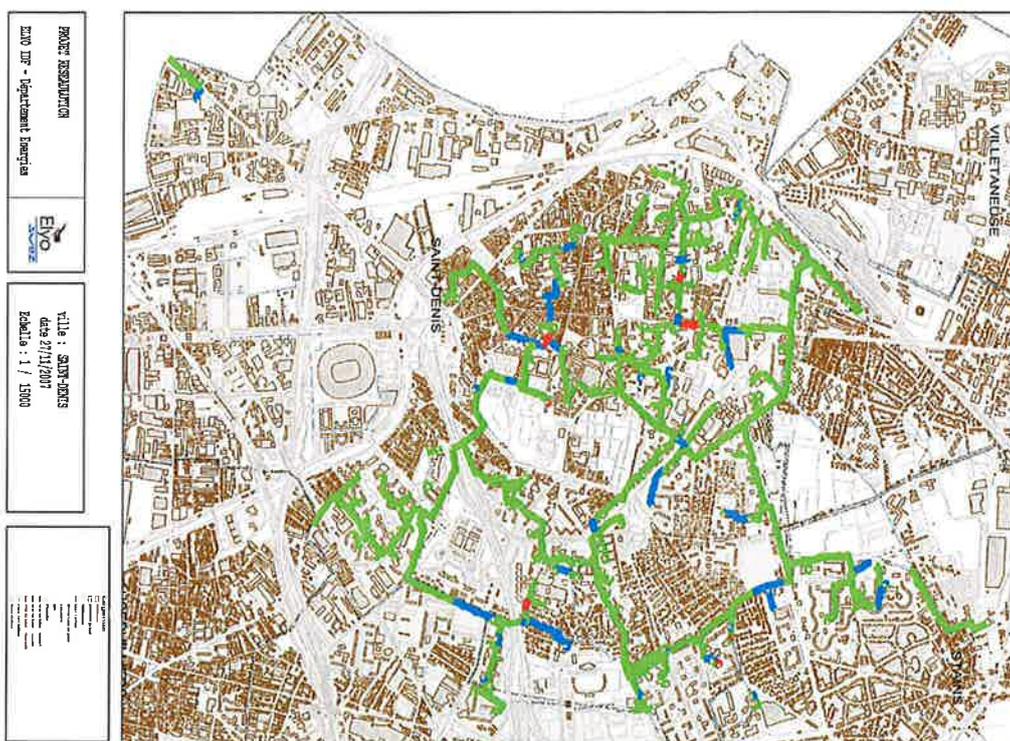
Campagne de mesure annuelle : Tous les ans à la fin de la saison de chauffe, les réseaux équipés de « conducteur de surveillance » sont testés pour contrôler la présence de défaut. Ceux-ci sont systématiquement sondés pendant l'intersaison. Ces informations sont enregistrées dans l'outil de cartographie comme une information ponctuelle de type « sinistre ».

L'analyse des données

La difficulté essentielle du projet consiste à estimer l'état du réseau entre deux points d'accès. Pour ce faire, nous nous appuyons sur l'état du réseau à chaque extrémité (photographies), la thermographie infrarouge, les incidents déjà survenus, la connaissance des gens du terrain et si ce n'est pas suffisant des sondages avec visualisation par la caméra endoscopique.



Phase 3 : Analyse de la thermographie et des sinistres : La première analyse réalisée à partir des photographies est comparée avec les résultats de la thermographie, la position des sinistres et des zones sensibles. En cas de doute sur certains tronçons, par défaut de convergence des méthodes, des sondages sont réalisés et le passage de la caméra endoscopique permet de déterminer l'état du tronçon. À la fin de l'analyse, l'état du réseau est complètement déterminé et repéré par les trois couleurs vert, bleu, rouge.



Vue N°1

Le chiffrage et les travaux

Phase 4 : Chiffrage des travaux et plan GER

La période entre deux révisions du plan de dotations GER ne peut pas être inférieure à cinq ans. Pour cette raison nous planifions pour une période de cinq ans. La méthode retenue est la suivante



- Préventif sur les zones rouges : remplacement systématique des zones rouges sur cinq ans après sondage pour confirmer la véracité de l'information avec priorisation des zones
- Curatif sur zone Bleue et verte

Phase 5 : Validation des zones par les sites : L'analyse est restituée aux sites pour validation et les zones rouges sont classées par ordre de priorité de remplacement pour planifier les travaux à réaliser dans l'année (rouge sensible).

Phase 6 : Restitution des résultats : Un dossier est établi par réseau, comprenant un plan du réseau coloré (voir vue N°1) reprenant les principales données et caractéristiques du réseau ainsi que le détail du chiffrage du plan de dépenses.



COMPIEGNE

Données Contractuelles

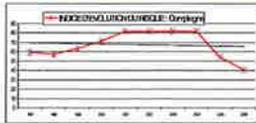
Le Contrat de **Compiègne** est un contrat de **Concession** appartenant au **Ville de Compiègne** a été créé en **1965**. Le premier contrat ELYO date du **20/05/2005** celui en cours date du **01/10/1992** pour une durée de **25 ans**, il a été prolongé de 8 ans en 2005 pour prendre en compte la rénovation du réseau ZAC. Il vient donc à échéance le **01/10/2025**. Il reste donc **18 années** d'exploitation.

Données techniques du réseau

Le réseau de Compiègne a une longueur de **12,2 km**. Le réseau se compose de 2 branches : une branche de 3,6 km appelé le réseau ZAC, qui vient d'être refait en 2005 suite à de nombreux sinistres et qui est un réseau pré isolé enterré BP (eau chaude < 110°C). Le réseau ZUP de 8,6 km essentiellement un réseau HP en caniveau, toutefois une extension de 2,6 km de ce réseau a été réalisé en 1995 en pré isolé BP (eau chaude < 110°C).

Analyse des incidents

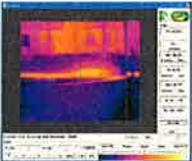
11 sinistres ont été enregistrés depuis **10 années**. La d'indice d'évolution du risque montre une **stabilité**. Il les données ont été réinitialisées pour la partie réseau remplacée en 2005. Ces sinistres ne concernent que le dont une partie est de 1995.



courbe
fait noter que
ZAC
réseau
ZUP

La thermographie infrarouge

La thermographie a été réalisée le **03/04/2007** Elle a identifié sensibles en particulier rue Koenig (delta de température > à 10 zones qui ont été confirmées par l'endoscopie. Il s'agit essentiellement de tuyauteries décalorifugées par des inondations successives du caniveau.



des zones
(°C) .Ces

Données réglementaires : Document DRIRE

Le réseau de Compiègne est soumis à autorisation pour la partie HP et les documents d'origine doivent pouvoir être présentés aux autorités compétentes. A ce jour **x%** des documents d'origine sont recensés.

Données financières : Dotations P3 et Disponible

	Réseau	Sous stations	Chauffière	Total
Disponible 30/06/2007	789 042 €	111 854 €	69 498 €	970 395 €
Dotations 2007	333 816 €	95 371 €	138 775 €	567 963 €

La provision disponible pour le réseau représente **2,4 ans** de dotation. La dotation annuelle représente 100 m de renouvellement réseau soit **0,8 %** de la longueur du réseau.

COMPIEGNE

Classification du réseau

Classement du réseau suivant son état d'après l'analyse photographique, la thermographie et quelques sondages avec la camera endoscopique. **Vert** : état sain **Bleu** : calorifuge ne répondant plus aux critères, **Rouge** : Tubes et supports abîmés. La même analyse est faite sur les chambres de vannes. Le plan au dos de cette feuille visualise les 3 zones.

Classement	Total	Rouge	Bleu	Vert	Remplacé
Longueur	12 229 m	587 m	2 097 m	9 545 m	(2 600 m)
%	100 %	5 %	17 %	78 %	(7 %)
A prendre à		100 %	12 %	12 % vert	12 % rouge
A réaliser entre		0 à 5 ans	0 à 10 ans	0 à 40 ans	5 à 40 ans
Montant global €		1 646 015€	760 158 €	3 460 044€	126 228 €
Montant annuel €		329 203 €	76 016 €	86 501 €	3 607 €

Le montant en rouge a été calculé à partir du bordereau de prix établi par Elyo à partir des divers travaux réalisés ces dernières années. Il tient compte également du renouvellement des chambres à vannes. Pour les autres prix (bleu et vert) ils ont été faits à partir d'un prix moyen de 3 072 € du mètre (ce prix intègre une part de chambres à vannes). Une étude complémentaire sera menée avec le site pour définir parmi les zones rouges, les zones à reprendre en priorité.

Calcul de la dotation : Plan de dépenses

Le tableau ci-dessous indique les dotations annuelles nécessaires pour assurer les travaux réseaux. Seules les années indiquées en plus foncées couvrent la fin du contrat (2015). Le plan de dépenses est réalisé sur 40 ans même

2007/2008	2008/2009	2009/2010	.../2011	.../2012	2013	.../2014	2015	.../2016	2017
491 720€	491 720€	491 720€	491 720€	491 720€	166 124€	166 124€	166 124€	166 124€	166 124€
90 108 €	90 108 €	90 108 €	90 108 €	90 108 €	90 108 €	90 108 €	90 108 €	90 108 €	90 108 €
90 108 €	90 108 €	90 108 €	90 108 €	90 108 €	90 108 €	90 108 €	90 108 €	90 108 €	90 108 €
90 108 €	90 108 €	90 108 €	90 108 €	90 108 €	90 108 €	90 108 €	90 108 €	90 108 €	90 108 €
90 108 €	90 108 €	90 108 €	90 108 €	90 108 €	90 108 €	90 108 €	90 108 €	90 108 €	90 108 €

Comparatif dotation actuelle et besoins en dotation du poste réseau

Provisions disponibles	Dotation annuelle	Besoin en dotation	Ratio
789 042 €	333 816 €	491 720 €	Besoin / dotation
utilisation sur 5 ans	annuel	Les 5 ^{èmes} années	Sous /sur évalué de :
157 808 €	333 816 €	491 627 €	100 %

La dotation annuelle et l'utilisation des provisions disponibles sur 5 ans permettent de couvrir les travaux envisagés. Les 5 années suivantes permettent de reconstituer le disponible et/ou de faire face à d'éventuels incidents.

Phase 7 : L'après RéseauLution™ : Chaque modification et travaux sur le réseau donne lieu à la mise à jour des données sur l'outil de cartographie. Tous les 5 ans l'analyse complète est refaite de manière à établir un nouveau plan de travaux sur 5 ans.

Cette démarche permet :

- de passer d'un entretien curatif à un entretien préventif
- de connaître de mieux en mieux l'état du réseau et le montant des travaux à prévoir



Fiabilité de la méthode : En l'absence de méthode existante, elle offre l'avantage de proposer un premier traitement préventif sur des zones critiques clairement identifiées et de s'améliorer par essence à chaque renouvellement de l'analyse. De plus elle s'appuie sur le constat que 99% des incidents proviennent d'une agression extérieure (infiltration d'eau, déplacement de dalles...) que notre méthode permet de détecter en priorité. Elle est de plus non destructive et réalisable sans arrêt de fonctionnement.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'S' followed by a series of loops and a horizontal line.

