

PROCEDE D'EVALUATION DE L'ETAT D'UN SYSTEME DE DISTRIBUTION D'EAU

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

L'invention se situe dans le domaine de la distribution d'eau.

L'invention concerne plus précisément un procédé de
5 détermination de paramètres aptes à évaluer l'état d'un ou de systèmes (ou
réseaux) de distribution d'eau.

ETAT DE LA TECHNIQUE

L'invention a pour objectif de permettre à un gestionnaire de
10 réseaux de distribution d'eau de surveiller son réseau d'eau, de détecter, et
surtout d'agir de manière préventive sur son réseau, voire de mettre en
œuvre des moyens qui augmentent la durée de vie du réseau, et assurent sa
conformité réglementaire.

En effet, dans une grande partie des zones urbaines, les
15 conduites de distribution d'eau potable atteignent un âge critique et
présentent un risque majeur de détérioration. Une connaissance de l'état du
réseau, pour la plupart enterré, est essentielle pour maîtriser les actions
correctives (sondages, interventions, réparations, renouvellement,
détartrage, nettoyage ...) mais aussi les actions préventives pour atténuer
20 les effets de dégradation. Le problème principal est que les conduites sont
pour la plupart enterrées et invisibles. Il est alors difficile de détecter et de
mesurer les phénomènes de dégradation afin d'agir de manière préventive et
précise, sans avoir à déterrer les circuits (et donc une bonne partie du
réseau).

25 Il est connu des solutions pour la détection d'incidents passés ou
en cours (fuite, dégradation de la qualité de l'eau). Il s'agit principalement de
la détection et/ou localisation de conséquences d'un dysfonctionnement. Par
exemple, on peut citer les demandes de brevet suivantes.

30 La demande de brevet WO2013121298 concerne une méthode
informatisée pour la modélisation d'un réseau d'utilité (réseau de
distribution). La méthode comprend la récupération de données d'un
système d'information géographique (SIG), de données sur le patrimoine du

réseau, et de données d'archivage de capteurs d'un ou de plusieurs éléments du réseau d'utilité. La méthode comprend la génération d'un ou de plusieurs éléments mathématiques (graphiques) à partir des données récupérées, afin de réaliser des analyses sur le système.

5 La valorisation des données avec des graphiques mathématiques potentiellement reliés entre eaux (reporting) se base sur :

- l'identification de zones de surveillance et de maintenance du flux d'eau dans le réseau d'utilité ;
- l'identification des localisations optimales dans le réseau pour
10 installer des capteurs et compteurs ;
- la modélisation du réseau basée sur les liens entre les emplacements de fuite connus dans le réseau d'utilité et des valeurs telles que des données historiques de fuites, des caractéristiques ou facteurs qui influencent les taux de fuite : âge du matériel ; complexité du réseau
15 (quantité de tuyaux, raccords, vannes, autres connexions ...) ; propriétés géographiques contribuant à cacher des fuites, hautes pressions ou variabilités importantes de pression ; taux de fuites estimé à partir des fichiers de réparation historiques ; données historiques des débitmètres et des compteurs de pression ; fréquences de fuite, taux de perte d'eau, délai
20 de détection d'une fuite, coûts de réparation ... ;
- la génération d'alertes et la proposition d'actions de maintenance.

La demande de brevet WO2013084068 concerne un système et
25 une méthode pour identifier des événements liés entre eux dans un système de surveillance d'un réseau d'approvisionnement d'eau. La méthode comprend l'identification d'au moins deux événements de référence (dits événements candidats) à partir des données d'événements provenant d'une pluralité de capteurs. L'anomalie est identifiée par la comparaison des
30 données d'un événement avec celles desdits événements candidats.

La détermination selon laquelle les deux événements candidats, ou plus, ont un rapport avec un événement d'anomalie commun est rapportée à un utilisateur via une interface utilisateur.

La demande de brevet WO2012098467 concerne un procédé et un système pour déterminer statistiquement un ou plusieurs emplacements géographiques potentiels d'une anomalie que l'on soupçonne de s'être produite dans une région ou une zone d'un réseau de distribution d'eau.

5 Un réseau de distribution d'eau est constitué d'un réseau de canalisations pour acheminer l'eau jusqu'à des consommateurs et comporte des compteurs positionnés au sein du réseau de distribution d'eau. Les compteurs sont généralement disposés en des positions diverses, irrégulières dans le réseau et fournissent une série incomplète de données
10 ayant trait à la circulation et à la qualité de l'eau sur le réseau dans son ensemble. Les compteurs mesurent des valeurs telles que le débit, la pression, les niveaux des réservoirs, l'acidité, la turbidité, la chloration, le bruit ... Les compteurs peuvent être placés sur l'intérieur ou l'extérieur des canalisations, à proximité des dispositifs de réseau, ou en d'autres
15 emplacements arbitraires.

La demande de brevet WO2012098467 s'intéresse plus spécifiquement aux compteurs disposés dans les limites, à proximité, ou en des emplacements hydrauliquement liés à la région ou la zone d'une anomalie et fournissent des valeurs qui peuvent être liées à la l'anomalie.

20 La méthode peut comprendre la réception des données d'un événement anormal, les données d'événement anormal constituant une indication d'une anomalie se produisant ou s'étant produite, dans une région ou une zone du réseau de distribution d'eau. Des types d'anomalies comprennent les fuites, la chute de pression, l'augmentation inhabituelle de
25 débit ou de consommation d'eau, la turbidité accrue, des modifications inhabituelles des taux de chlore, des modifications inhabituelles des pH...

La méthode peut comprendre une pluralité de tests réalisés sur les données d'événement anormal, chacun des tests étant conçu pour déterminer statistiquement un emplacement géographique potentiel de
30 l'anomalie dans une région ou une zone. Certains des tests sont réalisés en utilisant des données d'événement anormal et les données de compteur associées. Certains tests, par exemple ceux liés aux fuites, sont effectués sur des données d'événement anormal de compteur représentant certaines des quantités suivantes : débit, pression, niveau des réservoirs, bruit, ou
35 d'autres indicateurs d'activité hydraulique.

La demande de brevet WO2011107864 concerne un système et une méthode de surveillance de l'eau dans un réseau de distribution d'eau, qui se base sur la récupération de données de compteurs (au moins débit et pression), ainsi que des données secondaires issues d'autres sources (données de type télésurveillance et acquisition de données, par exemple données météorologiques, données calendaires ...) et sur l'application de modèles statistiques pour prédire d'autres valeurs.

Les données secondaires représentent une ou plusieurs conditions pouvant affecter le débit et/ou la consommation d'eau dans une région desservie par le réseau de distribution d'eau. Elles peuvent être : des données météorologiques ; des données calendaires représentant un ou plusieurs facteurs affectant la consommation d'eau à une date donnée ; des données de réparation représentant une ou plusieurs réparations exécutées sur le réseau de distribution d'eau ; de données structurelles représentant une structure du réseau de distribution d'eau.

La détection d'anomalies (fuites) se fait par la comparaison entre les valeurs mesurées et les valeurs prédites.

La demande de brevet WO2006073502 concerne un système de détection en temps réel de contaminants dans un réseau de distribution d'eau. Le système permet de surveiller la qualité de l'eau en des points éloignés d'un réseau de distribution d'eau, au moyen de capteurs d'eau installés dans des lieux d'utilisateurs finaux, afin de détecter des contaminants en aval du réseau de distribution, et d'envoyer un signal en cas d'anomalie.

La demande de brevet WO2010109117 concerne un dispositif et un procédé de contrôle de la qualité de l'eau dans un réseau d'eau potable. Le dispositif physique de contrôle de la qualité de l'eau est destiné à être monté sur une conduite dédiée à la distribution d'eau à un consommateur. Il comprend :

- une sonde pour mesurer au moins un paramètre du flux d'eau ;
- un dispositif de détection de contamination à partir de la mesure de la sonde ;

- un dispositif de détection de flux inverse dans la conduite d'eau ;
- un dispositif de désinfection (en fonction de la détection ou non de contamination) et/ou un dispositif obturant pour obturer la conduite (en fonction de la détection ou non d'un flux inverse) ;

5 - et un organe de commande.

L'ensemble des informations issues du dispositif peuvent être envoyées à un centre de contrôle apte à collecter les données du réseau et à actionner des vannes à distance.

10 La demande de brevet WO2008148952 concerne un procédé et une installation de contrôle en temps réel de la qualité de l'eau d'un réseau de distribution.

Le procédé de contrôle, en temps réel, de la qualité de l'eau d'un réseau de distribution d'eau potable comporte d'une part des compteurs de consommation équipés de dispositifs de télé relève, et d'autre part, des
15 analyseurs en ligne répartis en des points de surveillance pour la mesure d'au moins un paramètre de qualité de l'eau. En outre :

- les données de consommation des compteurs équipés de dispositifs de télé relevé, ainsi que les mesures des analyseurs sont
20 transmises à une unité de calcul comprenant un modèle hydraulique et un modèle cinétique de décroissance du paramètre de qualité considéré ;

- l'unité de calcul met à jour en permanence le modèle hydraulique selon les données de consommation reçues des compteurs ;

- l'unité de calcul établit des valeurs estimées du paramètre de
25 qualité considéré aux différents points de surveillance du réseau ;

- et un système de pré-alerte effectue une comparaison entre les valeurs estimées du paramètre de qualité et les valeurs mesurées en différents points du réseau, une alerte étant déclenchée lorsque l'écart entre la valeur mesurée et la valeur estimée dépasse un seuil prédéterminé.

30 Le paramètre de qualité de l'eau constitue un traceur de la qualité de l'eau qui permet en temps réel de repérer si le réseau a été dégradé et/ou l'eau a été polluée. Les paramètres décrits sont la teneur en chlore et la turbidité, mais c'est essentiellement la teneur en chlore qui sert d'exemples.

Ainsi, on voit que la grande majorité des solutions de l'état de la technique se basent sur une des deux catégories de solutions.

- La première catégorie de solutions se base sur la détermination
- 5 par méthodes statistiques des conséquences de la dégradation (détection de fuites, fréquence historique de casses) ou des notions théoriques sur la dégradation (âge des conduites). Ces solutions essaient d'anticiper les occurrences futures sur la base des incidents passés. Ces solutions présentent des inconvénients majeurs :
- 10 - le passé n'est pas nécessairement représentatif du futur. La dégradation des matériaux (par exemple des conduites) n'évolue pas de manière linéaire. Les conséquences de la dégradation tendent à augmenter de façon exponentielle et la prévision des performances futures basée sur le passé peut sous-estimer considérablement l'état de dégradation des
- 15 conduites et donc les besoins d'intervention ;
- il faut attendre que des occurrences et dysfonctionnements soient détectés en quantité suffisante pour permettre la modélisation du futur. Or, pour les incidents graves, et notamment ceux qui concernent des conduites stratégiques (par exemple de conduites de gros diamètre pour le
- 20 transport d'eau) et doivent répondre à des contraintes réglementaires et contractuelles sur l'eau distribuée, il est préférable d'éviter ou de limiter les effets mesurables de la dégradation ;
- des parties du réseau ou l'environnement immédiat des matériaux peuvent avoir subi des changements, par exemple en cas de
- 25 réparation, ou en cas d'anticipation visant à réduire les facteurs de dégradation. Il devient de ce fait encore plus compliqué d'anticiper le futur en se référant uniquement aux conditions et événements passés ;
- l'anticipation des anomalies sur des zones critiques du réseau ne peut pas être suffisamment fine, puisque les solutions n'intègrent
- 30 notamment pas des facteurs précurseurs majeurs liés aux phénomènes chimiques et physiques qui agissent sur les éléments (conduites, vannes, coudes ...) du réseau, autant les facteurs précurseurs provenant de l'intérieur que des facteurs provenant de l'extérieur de ces éléments.

La seconde catégorie de solutions se base sur des solutions de type analyse de données en continu pour détecter des dérives d'un paramètre par rapport à un paramètre normal et pour déclencher une alerte et/ou autre(s) action(s) en cas d'anomalie sur la qualité d'eau, et ce, localement et en temps réel. Ces solutions présentent des inconvénients majeurs :

- la détection est locale et ne s'étend pas au réseau ;
- la détection est en temps réel et ne permet pas d'anticiper les anomalies à venir ;
- en cas de détection d'anomalie, la partie du réseau dégradé doit être isolée, et comme ceci n'a pas pu être anticipé, cela peut générer des interruptions dans tout ou une partie du système de distribution.

En outre, pour l'ensemble des solutions présentées :

- aucune n'aborde la thématique du potentiel corrosif d'une eau distribuée ;
 - aucune ne prévoit d'intégrer des données sur la qualité du sol ;
 - aucune solution connue ne prévoit d'intégrer des informations sur l'état des conduites du réseau de distribution ;
 - aucune ne vise à capitaliser sur des données historiques afin de faire des analyses sur la tendance d'évolution de paramètres et des phénomènes sur une longue durée ;
 - aucune solution n'intègre un module de calcul scientifique, et/ou physique et/ou physico-chimique pour générer des données, les méthodes de calcul connues visant principalement à comparer des données et détecter des incidents ;
 - aucune solution ne vise à localiser et à déterminer l'intensité des phénomènes de dégradation des matériaux et de la qualité de l'eau sur le réseau de distribution ;
- Enfin, toutes les solutions sont conçues pour se décliner à un réseau ou un système donné. Aucune solution ne vise à avoir une méthode qui peut s'exploiter sur plusieurs réseaux, par exemple pour comparer des données caractérisant l'état de dégradation entre plusieurs réseaux, plusieurs localisations, et/ou typologies de réseaux différents.

Les paramètres qui caractérisent la chimie de l'eau, et son potentiel d'interaction avec les éléments du réseau pour déclencher les phénomènes de dégradation ne sont généralement pas exploitées, et parfois peu disponibles.

5 En effet, le contrôle de la qualité de l'eau distribuée se fait souvent à travers un nombre limité de paramètres qui sont faciles à mesurer par exemple des capteurs, des méthodes de terrain, voire nécessitent parfois des tests plus complexes et/ou longs, comme des tests de laboratoire. Pour
10 qualifier le potentiel corrosif ou agressif de l'eau, il est cependant notamment nécessaire de disposer de données plus complètes quant à la composition chimique de l'eau.

L'invention vise à surmonter les inconvénients précités de l'art antérieur.

15 Plus particulièrement, l'objectif de l'invention est de disposer d'une méthode apte à évaluer de manière prédictive et précise l'état de dégradation d'éléments ou de zones d'un réseau de distribution d'eau, ou d'un réseau dans son ensemble, voire pour plusieurs réseaux de distribution d'eau.

20 Autrement dit, il est recherché une méthode d'évaluation qui ne soit pas uniquement locale, qui puisse prévoir de manière anticipée que des éléments du réseau ou des zones risquent de se dégrader, et qui puisse réaliser une évaluation précise, notamment plus précise que des méthodes seulement statistiques.

25 En outre, la méthode doit être simple d'utilisation, rapide, et ne doit pas nécessiter de mesures ou de tests longs et/ou complexes, par exemple des tests de type laboratoire.

 En outre, l'invention vise à exploiter le plus de données mesurées et capitalisées sur le réseau et sur l'eau qui circule dans le réseau, de
30 manière à augmenter la précision d'évaluation.

EXPOSE DE L'INVENTION

Un objet de l'invention permettant d'atteindre ce but est un procédé de détermination de paramètres aptes à renseigner sur l'état d'un

système de distribution d'eau comprenant au moins une conduite apte à transporter de l'eau, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- 5 - une étape d'importation apte à importer sur un calculateur des valeurs d'entrée d'au moins un paramètre de l'eau préalablement mesuré, relevées en au moins un point d'entrée du système de distribution d'eau et sur une période de relevé comprenant au moins une date de relevé ;
- une étape de sélection apte à sélectionner au moins un point courant ;
- 10 - une étape d'association apte à associer ledit point courant avec au moins un point d'entrée dans le système de distribution d'eau ;
- une étape de détermination apte à déterminer une valeur courante dudit au moins un paramètre de l'eau au point
- 15 courant à partir de valeurs d'entrée audit au moins un point d'entrée associé audit point courant.

L'étape de détermination est de préférence réalisée à l'aide du calculateur.

20 Dans l'exemple de la présente description, par période de relevé, il faut comprendre un intervalle de temps compris entre deux dates données, ledit intervalle de temps comprenant au moins une date à laquelle un relevé a été réalisé au point d'entrée, ladite date étant appelée « date de relevé ».

25 Les valeurs d'entrée d'au moins un paramètre de l'eau relevées en au moins un point d'entrée du système de distribution d'eau sont en général réalisées par des mesures réalisées régulièrement par l'exploitant, selon une fréquence qui dépend du système de distribution, du nombre d'habitants ...

30 Dans l'exemple de la présente description, les termes amont et aval sont définis par rapport au sens principal de circulation de l'eau dans le système de distribution.

 Dans l'exemple de la présente description, le (ou les) point(s) d'entrée sont dits associés à un point courant lorsqu'il(s) est (sont) situé(s) en amont dudit point courant, et que l'eau qui atteint ledit point courant provient du (ou des) point(s) d'entrée.

Selon un mode de réalisation, le procédé comprend en outre une étape de mesure d'au moins un paramètre courant mesuré en au moins un point courant au cours d'une période de mesure, l'étape de détermination étant réalisée à partir de valeurs d'entrée audit au moins un point d'entrée
5 associé au point courant et dudit au moins un paramètre courant mesuré, la période de mesure comprenant au moins une date de mesure, postérieure ou égale à la période de relevé.

Dans l'exemple de la présente description, par période de mesure, il faut comprendre un intervalle de temps compris entre deux dates données,
10 ledit intervalle de temps comprenant au moins une date à laquelle une mesure a été réalisé au point courant, ladite date étant appelée « date de mesure ».

Selon un mode de réalisation, le procédé comprend en outre une
15 étape d'implémentation apte à implémenter dans le calculateur des données système pour le système de distribution d'eau, lesdites données système comprenant au moins des données sur la (les) conduite(s) et des données sur le sens d'écoulement de l'eau dans la (les) conduite(s).

L'étape d'implémentation de données système peut être préalable
20 à l'étape de sélection.

Selon un mode de réalisation, le procédé comprend en outre une étape de modélisation ultérieure à l'étape d'implémentation de données système et apte à générer un modèle d'écoulement de l'eau dans le système de distribution d'eau, ledit modèle étant obtenu à partir des données
25 système.

Le modèle d'écoulement de l'eau peut être généré à partir d'un logiciel tel que EPANET et des données systèmes.

Selon un mode de réalisation, l'étape d'importation est apte à importer des valeurs d'entrée d'au moins un paramètre de l'eau en plusieurs
30 points d'entrée. Dans ce cas, l'étape d'association du procédé est apte à associer entre eux N point(s) courant et M points d'entrée, où $M > 1$ et $N \geq 1$. Les valeurs des nombres M et N et le rapport entre ces nombres dépendent du réseau, du nombre d'habitants.

Selon un mode de réalisation, l'étape d'association est réalisée en fonction du modèle d'écoulement de l'eau dans le système, préférentiellement obtenu lors de l'étape de modélisation.

- 5 Selon un mode de réalisation, le procédé comprend en outre une étape de zonage du système de distribution d'eau en plusieurs zones, apte à définir plusieurs zones, une zone comprenant au moins un point courant associé avec un ou plusieurs points d'entrée.

10 L'étape de zonage est réalisée préférentiellement à partir du modèle d'écoulement de l'eau dans le système, préférentiellement obtenu lors de l'étape de modélisation.

15 Selon un mode de réalisation, un paramètre de l'eau est la concentration dans l'eau d'au moins un composé chimique, par exemple du calcium (Ca) et/ou du magnésium (Mg) et/ou du sodium (Na) et/ou du potassium et/ou des sulfates et/ou des nitrates et/ou des silicates et/ou des chlorures du bicarbonate (HCO_3^-).

 Selon un mode de réalisation, un paramètre de l'eau est la composition chimique totale de l'eau.

20 Selon un mode de réalisation, un paramètre de l'eau est le pH et/ou la conductivité et/ou la température.

 Selon un mode de réalisation, l'étape de détermination comprend les étapes suivantes :

- 25 - si le point courant est associé à un seul point d'entrée, alors on attribue à la valeur courante d'au moins un paramètre de l'eau la valeur moyenne temporelle des valeurs d'entrée dudit paramètre ;
- 30 - si le point courant est associé à au moins deux points d'entrée alors :
- 35 o soit on calcule la moyenne temporelle des valeurs d'entrée d'au moins un paramètre de l'eau pour chaque point d'entrée associé audit point courant, on pondère chaque moyenne temporelle calculée par un premier coefficient de pondération, et on attribue à la valeur courante dudit paramètre une valeur égale à la somme de

tous les points d'entrée des moyennes temporelles pondérées, la somme des premiers coefficients de pondération étant égale à 1 ;

5 ○ soit on attribue à la valeur courante d'au moins un paramètre de l'eau la valeur moyenne temporelle des valeurs d'entrée dudit paramètre au point d'entrée hydrauliquement le plus proche du point courant ;

la moyenne temporelle des valeurs d'entrée d'un paramètre de l'eau étant la moyenne desdites valeurs d'entrée sur une

10 période de calcul comprenant au moins une date de relevé.

Dans l'exemple de la présente description, par période de calcul, il faut comprendre un intervalle de temps compris entre deux dates données, ledit intervalle de temps comprenant au moins une date de relevé.

15 La période de calcul peut être confondue avec la période de relevé. Elle peut être décalée par rapport à la période de relevé. Elle peut être incluse dans la période de relevé.

Si, dans la période de calcul choisie, il n'y a qu'une date de relevé, alors la moyenne temporelle des valeurs d'entrée d'un paramètre de l'eau en un point d'entrée est égale à la valeur d'entrée en ce point d'entrée à la date de relevé.

20

La pondération par un premier coefficient de pondération pourra se faire de façon arbitraire ou être calculée.

Selon un mode de réalisation, le premier coefficient de pondération d'un point d'entrée peut être égal à la moyenne temporelle des valeurs d'entrée pour un point d'entrée divisé par la somme des moyennes temporelles des valeurs d'entrée de tous les points d'entrée.

25

Par les termes « point d'entrée hydrauliquement le plus proche du point courant » on entend : le point d'entrée dont la distance par rapport au point courant, en suivant le réseau de distribution, est la plus courte.

30

Selon un mode de réalisation, un paramètre de l'eau est la valeur de la conductivité de l'eau.

Selon un mode de réalisation, la conductivité d'entrée de l'eau est mesurée en au moins un point d'entrée.

35

Selon un mode de réalisation, la conductivité d'entrée de l'eau est calculée en au moins un point d'entrée, à partir de valeurs d'entrée de paramètres de l'eau en ledit au moins un point d'entrée.

5 Selon un mode de réalisation, un paramètre courant mesuré est la conductivité courante de l'eau mesurée en un point courant à une date de mesure.

Selon un mode de réalisation, l'étape de détermination comprend les étapes suivantes :

- si le point courant est associé à un seul point d'entrée, et :
 - 10 ○ si la valeur absolue de l'écart entre la conductivité courante et la conductivité d'entrée est inférieure ou égale à un pourcentage x de la conductivité courante, alors on attribue à la valeur courante d'au moins un paramètre de l'eau la ou les valeurs d'entrée dudit paramètre relevées à
15 la date de relevé antérieure et temporellement le plus proche de la date de mesure, ou égale avec ladite date de mesure ;
 - 20 ○ si la valeur absolue de l'écart entre la conductivité courante et la conductivité d'entrée est supérieure à un pourcentage x de la conductivité courante, alors on attribue à la valeur courante d'au moins un paramètre de l'eau la moyenne temporelle des valeurs d'entrée dudit paramètre ;
- si le point courant est associé à au moins deux points d'entrée
25 et :
 - 30 ○ si la valeur absolue de chaque écart entre la conductivité courante et la conductivité d'entrée en chaque point d'entrée associé audit point courant est inférieure ou égale à un pourcentage x de la conductivité courante, alors on attribue à la valeur courante d'au moins un paramètre de l'eau la moyenne temporelle des valeurs d'entrée dudit paramètre au point d'entrée en lequel la conductivité d'entrée de l'eau est la plus proche de la conductivité courante de l'eau ;

- 5 ○ si la valeur absolue d'au moins un écart entre la conductivité courante et la conductivité d'entrée en chaque point d'entrée associé audit point courant est supérieure à un pourcentage x de la conductivité courante, alors :
- 10 ▪ soit on calcule la moyenne temporelle des valeurs d'entrée d'au moins un paramètre de l'eau pour chaque point d'entrée, on pondère la moyenne temporelle calculée pour chaque point d'entrée par un second coefficient de pondération fonction du rapport
- 15 entre la conductivité d'entrée de l'eau en ledit point d'entrée et la conductivité courante, et on attribue à la valeur courante dudit paramètre une valeur égale à la somme des moyennes temporelles pondérées ;
- 20 la somme desdits seconds coefficients de pondération étant égale à 1 ;
- 25 ▪ soit on attribue à la valeur courante d'au moins un paramètre de l'eau la moyenne temporelle des valeurs d'entrée dudit paramètre au point d'entrée hydrauliquement le plus proche du point courant ;
- la valeur moyenne temporelle des valeurs d'entrée dudit paramètre étant la moyenne desdites valeurs d'entrée sur une période de calcul comprenant au moins une date de relevé et une date de mesure, la date de relevé étant antérieure ou égale à la date de mesure, et
- la valeur du pourcentage x étant définie en fonction de la précision souhaitée.

30 Dans ce cas, la période de calcul doit donc comprendre en outre au moins une date de mesure.

 La valeur du pourcentage x peut être par exemple définie selon la variabilité de la qualité de l'eau et/ou la précision de la mesure.

35 Selon un mode de réalisation, si le point courant est associé à un seul point d'entrée, et si la valeur absolue de l'écart entre la conductivité

courante et la conductivité d'entrée est supérieure à un pourcentage x de la conductivité courante, alors on attribue à la valeur courante d'au moins un paramètre de l'eau la moyenne temporelle des valeurs d'entrée dudit paramètre, pondérée par le rapport entre la conductivité d'entrée de l'eau et la conductivité courante de l'eau,

la valeur moyenne temporelle des valeurs d'entrée dudit paramètre étant la moyenne desdites valeurs d'entrée sur une période de calcul comprenant au moins une date de relevé et une date de mesure, la date de relevé étant antérieure ou confondue avec la date de mesure.

Selon un mode de réalisation, la période de calcul est obtenue en utilisant le modèle d'écoulement de l'eau, préférentiellement obtenue lors de l'étape de modélisation.

Selon un mode de réalisation préféré, la période de calcul est obtenue de manière empirique.

Si, on choisit une période de calcul dans laquelle il n'y a qu'une date de relevé, alors la moyenne temporelle des valeurs d'entrée d'un paramètre de l'eau pour un point d'entrée est égale à la valeur d'entrée à la date de relevé. Dans ce cas, il est préférable de choisir une période de calcul dont la date de relevé est proche de la date de mesure.

Selon un mode de réalisation, le procédé comprend en outre une étape de calcul d'au moins un indice de dégradation en au moins un point à partir d'au moins une valeur de paramètres de l'eau audit au moins un point.

Selon un mode de réalisation particulier, l'étape de calcul d'au moins un indice de dégradation est réalisée en au moins un point courant à partir d'au moins une valeur courante de paramètres de l'eau, déterminée lors de l'étape de détermination en le au moins un point courant.

Un indice de dégradation permet de déterminer le potentiel de dégradation de conduites du réseau (intérieur et extérieur des conduites), y compris les coudes, les vannes, les pompes, et plus généralement du réseau voire de la qualité de l'eau.

Selon un mode de réalisation, l'étape de calcul d'au moins un indice de dégradation en au moins un point courant est réalisée également à partir d'un paramètre courant mesuré audit point courant.

Selon un mode de réalisation, un paramètre courant mesuré en un point courant est le pH de l'eau, l'étape de calcul d'au moins un indice de dégradation comprenant les étapes suivantes :

- 5 - une étape de calcul d'un pH d'équilibre (pHs) de l'eau à partir de valeurs courantes de concentration de composés chimiques dans l'eau déterminées en ledit point courant puis ;
- une étape de comparaison du pH et du pH d'équilibre (pHs) en ledit point courant puis ;
- 10 - une étape de déduction d'un indice de dégradation du système de distribution d'eau en ledit point courant.

Dans ce cas, cela permet en particulier d'évaluer le risque de dégradation d'une conduite en ciment en ledit point courant.

- 15 Selon un mode de réalisation, le au moins un paramètre de l'eau comprend au moins la concentration de l'eau en chlorures et/ou en sulfates, et l'étape de calcul d'au moins un indice de dégradation comprenant une étape de déduction d'un indice de dégradation du système de distribution d'eau en au moins un point courant en fonction de valeurs courantes
- 20 déterminées en ledit point courant d'au moins une concentration de l'eau en chlorures et/ou en sulfates.

Dans ce cas, cela permet en particulier d'évaluer le risque de dégradation d'une conduite en matériau ferreux en ledit point courant.

- 25 Selon un mode de réalisation, l'étape de calcul d'au moins un indice de dégradation comprend l'utilisation d'un indice de corrosion apte à calculer une vitesse de corrosion.

- Selon un mode de réalisation, l'étape de calcul d'au moins un indice de dégradation comprend l'utilisation d'un indice d'émission de
- 30 particules apte à renseigner sur la qualité de l'eau en en au moins un point courant.

Lesdits indices permettent notamment de déterminer le relâchement de particules dues à la corrosion dans l'eau.

- 35 Selon un mode de réalisation, le procédé comprend en outre une étape d'estimation de la durée de vie d'une (ou plusieurs) conduite(s) du

système de distribution en combinant un ou des indice(s) de dégradation avec des données d'entrée système.

Selon un mode de réalisation, le procédé comprend en outre une
5 étape de définition de zones critiques parmi les zones définies lors de l'étape de zonage du système.

Selon un mode de réalisation, le procédé comprend en outre une
étape de vérification d'au moins un indice de dégradation du système de
10 distribution d'eau comprenant :

- une étape de mesure de grandeurs de dégradation dudit système en au moins un point du système de distribution ;
- une étape de comparaison des grandeurs de dégradation mesurées avec les indices de dégradation calculés en ledit au
15 moins un point lors de l'étape de calcul d'indices de dégradation.

Le point peut être un point d'entrée ou un point courant.

Selon un mode de réalisation, le procédé comprend en outre une
20 étape de recalage du au moins un indice de dégradation du système de distribution d'eau, en utilisant les grandeurs de dégradation mesurées dudit système en des points courants ou en des points d'entrée lors de l'étape de vérification.

Selon un mode de réalisation, l'étape de calcul d'au moins un
25 indice de dégradation et/ou l'étape de vérification, et/ou l'étape de recalage comprend une étape d'analyse de l'environnement et/ou du système de distribution d'eau.

En particulier, cela peut comprendre une étape de mesure d'échantillon du sol autour dudit système, et/ou de mesure directement au
30 niveau des conduites afin de vérifier l'état réel de dégradation du système.

Ainsi, l'invention est relative à un procédé qui permet de générer des informations sur l'état de dégradation d'un réseau de distribution, et en particulier des conduites de distribution d'eau potable afin d'identifier des

points et/ou des zones de risque de casse et de détérioration importante de la qualité de l'eau transportée.

Les résultats peuvent être géolocalisés à l'aide d'une interface intuitive qui affiche les zones critiques (autrement dit à risque de dégradation) afin de permettre aux gestionnaires du réseau de lancer des actions préventives d'incidents graves comme les casses majeurs et les non-conformités.

Ces actions préventives peuvent inclure la mise en place de traitements de conditionnement des eaux transportées, le renouvellement stratégique des conduites à plus grand risque de casse, la mise en œuvre d'interventions de nettoyage du réseau.

Selon un mode de réalisation, le procédé comprend en outre une étape de correction comprend une étape d'envoi à un système de pilotage d'au moins un indice de dégradation calculé et/ou recalé, le système de pilotage étant apte agir sur le système de distribution d'eau et/ou sur l'eau de manière à corriger l'état dudit système de distribution d'eau.

Selon un mode de réalisation particulier, l'étape de correction consiste en l'ajout d'un ou de plusieurs réactifs dans l'eau, la quantité d'un réactif étant calculée par le système de pilotage en fonction d'au moins un indice de dégradation calculé et/ou recalé.

Contrairement aux méthodes qui utilisent un historique d'occurrences passées pour anticiper des incidents futurs, ce qui s'avère parfois trop tardif pour agir de manière préventive, la méthode selon l'invention exploite un maximum de données mesurées et/ou capitalisées, aborde les phénomènes d'interactions entre l'eau dont la qualité et les paramètres (vitesses, pression ...) varient en tout point du réseau et le système de distribution lui-même (conduites, vannes, pompes ...), voire entre le système de distribution et son environnement extérieur.

Ainsi, l'invention présentée combine des informations sur l'état réel, mesuré ou calculé de l'eau et du réseau avec des informations sur les phénomènes physiques et chimiques de dégradation qui agissent à l'interface entre l'eau et le réseau, en particulier entre l'eau et les conduites du réseau.

DESCRIPTION DES FIGURES

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'aide de la description qui suit donnée à titre illustratif et non limitatif, faite

5 en regard des figures annexées parmi lesquelles :

- la figure 1 illustre un premier exemple d'une partie d'un réseau de distribution d'eau ;
- la figure 2 illustre un second exemple d'une partie d'un réseau de distribution d'eau ;
- 10 - la figure 3 illustre un troisième exemple d'une partie d'un réseau de distribution d'eau ;
- la figure 4 illustre un quatrième exemple d'une partie d'un réseau de distribution d'eau ;
- la figure 5 illustre un premier mode de réalisation du procédé selon l'invention ;
- 15 - la figure 6 illustre un second mode de réalisation du procédé selon l'invention ;
- la figure 7 illustre un troisième mode de réalisation du procédé selon l'invention ;
- 20 - la figure 8 illustre un quatrième mode de réalisation du procédé selon l'invention ;
- la figure 9 illustre un cinquième mode de réalisation du procédé selon l'invention ;
- la figure 10 illustre un premier mode de réalisation de l'étape de détermination ;
- 25 - la figure 11 illustre un second mode de réalisation de l'étape de détermination ;
- la figure 12 illustre un troisième mode de réalisation de l'étape de détermination.

30

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

Les figures 1 à 4 illustrent plusieurs schémas qui correspondent à plusieurs exemples de parties d'un système 100 de distribution d'eau.

Un système de distribution d'eau peut également être nommé réseau de distribution dans la présente description.

Un système 100 de distribution d'eau est apte à transporter de l'eau depuis un site de production jusqu'à des sites de consommation.

5 Un calculateur C permet de réaliser les différentes étapes du procédé selon l'invention. Il n'est généralement pas relié physiquement au système de distribution.

Le système 100 comprend une ou plusieurs conduites 2 aptes à transporter de l'eau 3, notamment entre un point d'entrée 10 et un point
10 courant 110.

Un point d'entrée peut être situé dans une usine de traitement d'eau. Il peut être aussi nommé « point de distribution d'eau ».

Un point courant correspond en général à un point du réseau de distribution dans lequel on mesure tout ou partie des paramètres suivants :
15 pH, conductivité, température. Ce sont des points disposés de manière astucieuse et/ou réglementaire par le gestionnaire ou le concepteur du réseau de distribution à des endroits du système de distribution d'eau, et équipés pour réaliser de telles mesures. Le nombre de ces points varient en fonction de la longueur de réseau, de la population. Ceci est réglementé par
20 exemple en France.

Les différents paramètres intéressants pour un système de distribution d'eau sont les suivantes :

Paramètres	Valeur obtenue	Moyen d'obtention
Calcium	Concentration	Mesuré ou corrélé
Magnésium	Concentration	Mesuré ou corrélé
Sodium	Concentration	Mesuré ou corrélé
Potassium	Concentration	Mesuré ou corrélé
Alcalinité (HCO_3^-)	Concentration	Mesuré ou corrélé
Chlorure	Concentration	Mesuré ou corrélé
Sulfates	Concentration	Mesuré ou corrélé
Nitrates	Concentration	Mesuré ou corrélé
Silicates	Concentration	Mesuré ou corrélé
pH	Valeur de pH	Mesuré

Conductivité	Valeur de conductivité	Mesuré ou calculé
Température	Valeur de température	Mesuré
pHs	Valeur de pH équilibre	Calculé

Si, en général, on a accès aux paramètres de concentration de l'eau au niveau des points d'entrée, ce qui permet notamment d'en déduire une valeur de conductivité (qui peut également être mesurée au point d'entrée), on n'a généralement pas accès à tous les paramètres de concentration aux points courants, et encore moins sur toute la longueur de la canalisation.

En outre, si l'eau en un point courant provient de différentes usines, il y a un mélange d'eau, et par conséquent un mélange de différentes qualités d'eau.

Un point courant 110 peut être associé à un seul point d'entrée 10, autrement dit l'eau passant par ledit point courant 110 peut être alimenté par un seul point d'entrée 10.

Un point courant 111, resp 112 peut être associé à plusieurs points d'entrée 11, 21, resp 12, 22, 32, autrement dit l'eau passant par ledit point courant 111, resp 112 peut être alimenté par plusieurs points d'entrée 11, 21, resp 12, 22, 32.

Le système 100 peut être organisé en plusieurs zones 101, 102, 103, chaque zone peut par exemple regrouper des points d'entrée et des points courants associés entre eux.

La figure 5 illustre un premier mode de réalisation du procédé de surveillance d'un système 100 de distribution d'eau comprenant les étapes suivantes :

- une étape d'importation IMPORT de valeurs d'entrée VE d'au moins un paramètre de l'eau relevées en au moins un point d'entrée 10 du système 100 de distribution d'eau et sur une période de relevé $\Delta t_{\text{relevé}}$ comprenant au moins une date de relevé $t_{\text{relevé}}$ puis,
- une étape de sélection SELECT apte à sélectionner au moins un point courant 110 puis,

- une étape d'association ASSO apte à associer ledit point courant avec au moins un point d'entrée 10 dans le système 100 de distribution d'eau puis,
- une étape de détermination DETER apte à déterminer une
5 valeur courante VC dudit au moins un paramètre de l'eau au point courant 110 à partir de valeurs d'entrée VE audit au moins un point d'entrée 10 associé audit point courant.

Le point courant 110, ainsi que le ou les points d'entrée 10 sont enregistrés dans le calculateur C.

10 L'étape de détermination DETER est réalisée à l'aide du calculateur C.

Il peut y avoir des périodes de relevés $\Delta t_{\text{relevé}}$, et des dates de relevés $t_{\text{relevé}}$ différents selon les points d'entrée.

Ainsi, le procédé selon l'invention doit commencer par utiliser des
15 données provenant d'un ou de différents points de production d'eau (points d'entrée). Les données sont les valeurs en entrée VE de paramètres de l'eau.

Ensuite, il est essentiel de sélectionner au moins un point courant, situé en aval du ou des points d'entrée. L'association du point courant
20 sélectionné avec un ou plusieurs points d'entrée est réalisée par la connaissance de la configuration de l'écoulement de l'eau dans le réseau. Et elle est essentielle pour connaître les qualités des eaux qui proviennent des points d'entrée et qui atteignent le point courant, et notamment pour connaître les différents eaux qui se mélangent avant d'atteindre le point
25 courant sélectionné.

La figure 5 illustre les 4 étapes réalisées les unes après les autres. Alternativement, seule l'étape DETER peut être réalisée après les autres étapes, tout ou partie des étapes IMPORT, SELECT et ASSO pouvant être
30 réalisées dans un ordre indifférent, ou en parallèle, avant l'étape DETER.

D'une manière générale, pour tous les modes de réalisation du procédé illustrés dans les figures 5 à 9, les différentes étapes peuvent ne pas être réalisées dans l'ordre illustré.

La figure 6 illustre un second mode de réalisation du procédé, dans lequel les étapes SYSTEM, MODEL sont ajoutées.

L'étape SYSTEM est une étape d'implémentation dans le calculateur de données système S, pour le système 100 de distribution d'eau. Les données système comprennent au moins des données sur la (les) conduite(s) et des données sur le sens d'écoulement de l'eau dans la (les) conduite(s).

Ce sont en général des données géo-localisées sur l'ensemble du réseau de distribution étudié, qui peuvent comprendre notamment et non exclusivement :

- le matériau des conduites, les diamètres, les longueurs, les dates de pose, les profondeurs de pose ;
- l'hydraulique du réseau avec notamment les débits, les sens et les vitesses d'écoulement ;
- les pressions internes de service (min, max, moy) ;
- l'historique des analyses de qualité d'eau réalisées en différents points du réseau d'eau potable ;
- la typologie des sols ;
- l'historique des casses sur conduite enregistrées sur le réseau ;
- le résultat des diagnostics de conduites ;
- l'historique des plaintes clients de détérioration de la qualité.

L'étape SYSTEM d'implémentation de données système peut être préalable à l'étape de sélection SELECT.

L'étape MODEL est une étape de modélisation apte à générer un modèle M d'écoulement de l'eau dans le système 100 de distribution d'eau, ledit modèle étant obtenu à partir des données système. L'étape MODEL est ultérieure à l'étape SYSTEM.

Le modèle d'écoulement de l'eau peut être généré à partir d'un logiciel tel que EPANET et des données systèmes.

L'étape d'association ASSO peut ainsi être réalisée en utilisant le modèle généré lors de l'étape MODEL de modélisation.

Cela est très avantageux lorsqu'il y a un réseau complexe, avec plusieurs points d'entrée associés avec plusieurs points courants.

La figure 7 illustre un troisième mode de réalisation du procédé, dans lequel une étape MESUR est ajoutée, par rapport au premier mode. Cette étape prévoit la mesure en au moins un point courant 110 d'au moins un paramètre courant P. Cette mesure est réalisée au cours d'une période
5 de mesure Δt_{mesur} . L'étape de détermination DETER est alors réalisée à partir de valeurs d'entrée VE et dudit au moins un paramètre courant mesuré, la période de mesure Δt_{mesur} comprenant au moins une date de mesure t_{mesur} , postérieure ou confondue avec une date de relevé $t_{\text{relevé}}$.

10 La figure 8 illustre un quatrième mode de réalisation du procédé, qui est une combinaison des second et troisième modes de réalisation.

La figure 9 illustre un cinquième mode de réalisation du procédé selon l'invention dans lequel les étapes ZONAG, DEGRAD, ESTIM, CRITIC
15 sont ajoutées.

L'étape de zonage ZONAG du système 100 de distribution d'eau permet de définir plusieurs zones 101, 102, 103 pour ledit système, une zone comprenant au moins un point courant 110, 111, 112 associé au moins un point d'entrée 10, 11, 21, 12, 22, 32, 13.

20 L'étape de zonage consiste en la répartition du système de distribution 100 en différentes zones géographiques 101, 102, 103, qui sont autant de zones dans lesquelles l'écoulement de l'eau et la qualité de l'eau peuvent être plus précisément modélisés. Ainsi, on peut associer à chaque zone ces données d'écoulement de l'eau et de qualité de l'eau, par exemple
25 pour une période de temps donnée.

L'étape de modélisation MODEL peut contribuer à ou permettre la répartition du système 100 de distribution d'eau en zones, lors de l'étape de zonage ZONAG.

En effet, il est important pour réaliser l'étape de zonage, de
30 comprendre la configuration de l'écoulement de l'eau dans le réseau, de savoir où les qualités de l'eau sont similaires, comment les différentes sources d'eau se mélangent.

L'ensemble des zones représentent l'organisation générale du système 100 de distribution d'eau. Ainsi, une fois les calculs réalisés pour
35 chaque zone, le regroupement des différentes zones permet de retrouver le

système 100 de distribution d'eau dans son ensemble, enrichi des données et des informations déterminées lors des étapes DETER réalisées dans chaque zone.

Les étapes d'importation IMPORT, de sélection SELECT, d'association ASSO et de détermination DETER peuvent être réalisées pour chacune des zones, afin de déterminer une valeur courante VC de paramètre(s) de l'eau au point courant contenu dans une zone 101 à partir de valeurs d'entrée VE d'au moins un point d'entrée 10 associé audit point courant 110 et contenu dans la zone 101. Ceci a pour avantage de réaliser des calculs d'extrapolation de manière moins complexes, par zone, surtout pour un système de distribution d'eau complexe. Dans chaque zone, la configuration d'écoulement est simplifiée.

Chaque configuration par zone est associée à une ou des périodes de temps, qui correspondent souvent à des saisons de l'année. Cela signifie que les points d'entrée, avec leur ensemble de données relevées à différentes dates, peuvent être affectés à différentes configurations d'écoulement et différentes zones selon la saison.

L'étape de calcul DEGRAD consiste à déterminer au moins un indice de dégradation ID en au moins un point courant 110, 111, 112 à partir d'au moins une valeur courante VC de paramètres de l'eau audit au moins un point courant déterminée lors de l'étape de détermination DETER.

L'étape DEGRAD peut consister à déterminer des valeurs de cinétiques de dégradation interne et/ou externe du réseau de distribution, en particulier des conduites, pour des points courants spécifiques et/ou pour des zones définies dans l'étape ZONAG, voire en des points d'entrée.

L'étape de calcul DEGRAD en des points courants met en œuvre le calcul de valeurs de différents indices relatifs au potentiel de dégradation, sur la base des données extrapolées dans l'étape DETER, notamment en combinaison avec des données mesurées lors de l'étape MESUR.

Plusieurs indices de caractérisation de la dégradation sont considérés comme par exemple l'indice de Langelier, l'indice de Larson, l'indice SUEZ de corrosion et l'indice SUEZ de relargage de particules.

Les valeurs des indices sont ensuite converties en notions de cinétique de dégradation interne et externe du réseau de distribution pour

des points spécifiques et/ou des zones définies dans l'étape ZONAG. Cette conversion peut être réalisée avec des modèles de dégradation développés spécifiquement par SUEZ ou avec des modèles de dégradation de la littérature.

5

Un indice de dégradation considéré peut être l'indice de Langevier (LSI). Dans ce cas, un paramètre courant mesuré au point courant est le pH de l'eau, l'étape de calcul de l'indice de dégradation en ce point courant comprenant les étapes suivantes :

- 10 - une étape de calcul d'un pHs (pH d'équilibre) de l'eau à partir de valeurs courantes de concentration de composés chimiques dans l'eau déterminées en ledit point courant puis ;
- une étape de comparaison du pH et du pHs en ledit point courant puis ;
- 15 - une étape de déduction d'un indice de dégradation d'une conduite en ledit point courant.

L'indice de Langelier est donc un indice qui répond à la formule $LSI = pH - pH_s$, avec les résultats suivants :

- Si $LSI > 0$: c'est une eau incrustante ou entartrante
- 20 - Si $LSI < 0$: c'est une eau agressive pour le $CaCO_3$
- Si $LSI = 0$: l'eau est à l'équilibre, saturée en $CaCO_3$, ce qui implique que des dépôts de $CaCO_3$ ne sont ni déposés ni dissous.

L'indice de Langelier est avantageux pour caractériser la
25 dégradation de conduites en ciment.

Un autre indice de dégradation considéré peut être l'indice de Larson. Dans ce cas, au moins un paramètre de l'eau en un point courant comprend au moins la concentration de l'eau en chlorures et/ou en sulfates,
30 l'étape de calcul de l'indice de dégradation comprenant une étape de déduction de l'indice de Larson en ce point en fonction de valeurs courantes d'au moins une concentration de l'eau en chlorures et/ou en sulfates déterminées en au moins un point courant.

L'indice de Larson (indice de corrosion des métaux ou La)
35 correspond à la formule :

$La = ([Cl^-] + 2 \cdot [SO_4^{2-}]) / [HCO_3^-]$ Concentration exprimées en mol/l.

Ou encore $La = [(\text{sulfates} \times 2) + \text{chlorures}] / \text{alcalinité}$.

Ainsi, des tables donnent des tendances à la corrosion en fonction de l'indice de Larson La calculé :

- 5 - Si $La < 0.2$: pas de tendance à la corrosion
- Si $0.4 < La \leq 0.2$: faible tendance
- Si $0.5 < La \leq 0.4$: légère tendance
- Si $1.0 < La \leq 0.5$: tendance moyenne
- Si $La \geq 1.0$: nette tendance à la corrosion

10 On considère donc que le risque commence dès que $La \geq 0.5$.
Cependant, selon les pays, les recommandations peuvent être différentes.

L'indice de Larson est avantageux pour caractériser la dégradation de conduites en matériau ferreux.

15 D'autres indices peuvent être utilisés, comme par exemple l'indice Buffer (β) :

$$\beta = 2.3 \left(\frac{[H_2CO_3][HCO_3^-]}{C_T, CO_3} + \frac{[HCO_3^-][OH^-]}{C_T, CO_3} \right)$$

20 Où C_T, CO_3 sont les concentrations totales en espèces carbonées, exprimées en moles/L.

Deux autres indices considérés peuvent être l'indice SUEZ de corrosion IC_{SUEZ} et l'indice SUEZ de relargage de particules PR_{SUEZ} . Ces indices sont explicités dans la publication *"Predicting the effect of water quality on water distribution cast iron and steel pipes using two novel indices"*. M. Philibert et al. | Novel corrosion indices for iron and steel pipes
25 *Water Science & Technology: Water Supply | in press | 2017.*

L'indice de corrosion IC_{SUEZ} permet de calculer une vitesse de corrosion : il se calcule à partir de l'indice de Buffer (β), de l'indice de Langelier (LSI) et de l'indice de Larson (La).

30

$$IC_{SUEZ} = \frac{K \times (1 + \sqrt{La}) \times (1 + \beta)^p}{\beta}$$

où l'indice β (en mmol/L) est déterminé par simulation chimique d'injection de HCl, et où :

$p = 1$ si $LSI < 0$ ou $p = -1$ si $LSI \geq 0$

- 5 $K = 1$ si $pH > 7$ ou $K = \frac{La}{(1 + La)}$ si $pH \leq 7$
- Si $IC_{SUEZ} \leq 2$: risque de corrosion faible
 - Si $2 < IC_{SUEZ} \leq 9$: risque de corrosion modéré
 - Si $9 < IC_{SUEZ} \leq 16$: risque de corrosion élevé
 - Si $IC_{SUEZ} > 16$: risque de corrosion très élevé

10

L'indice de relâchement de particules PRI permet de renseigner sur la qualité de l'eau en au moins un point courant. : il se calcule également à partir de l'indice de Buffer (β), de l'indice de Langelier (LSI) et de l'indice de Larson (La).

$$PRI_{SUEZ} = (1 + La) \times (1 + \beta)^p$$

15

où l'indice β (en mmol/L) est déterminé par simulation chimique d'injection de HCl, et où

$p = 1$ si $LSI < 0$ ou $p = -1$ si $LSI \geq 0$

- 20
- Si $PRI_{SUEZ} \leq 1$: risque très faible de relâchement de particules
 - Si $1 < PRI_{SUEZ} \leq 4$: risque faible de relâchement de particules
 - Si $4 < PRI_{SUEZ} \leq 10$: risque élevé de relâchement de particules
 - Si $PRI_{SUEZ} > 10$: risque très élevé de relâchement de particules

25

L'étape d'estimation ESTIM permet d'estimer la durée de vie d'au moins une conduite 2 du système de distribution 100 en combinant au moins un indice de dégradation ID avec des données d'entrée système S.

- Elle consiste à réaliser des calculs qui combinent les résultats de l'étape DEGRAD (indices de dégradation) avec des données qui caractérisent le système de distribution, et notamment les conduites du réseau (âge, dimension, type matériaux, pression de distribution, profondeur de pose...) consolidées dans l'étape SYSTEM, ceci pour estimer une durée
- 30

de vie résiduelle pour des points courants spécifiques et/ou des zones définies dans l'étape ZONAG.

L'étape de définition CRITIC permet de déterminer les zones critiques parmi les zones définies lors de l'étape de zonage ZONAG du système 100, et de les distinguer géographiquement.

La criticité d'une zone est déterminée par un ou plusieurs des facteurs suivants :

- très fort potentiel théorique de dégradation des conduites ;
- très fort potentiel théorique de dégradation de la qualité de l'eau ;
- très fort niveau mesuré de dégradation des conduites ;
- très fort niveau mesuré de dégradation de la qualité de l'eau ;
- combinaison de fort potentiel théorique de dégradation des conduites et fort niveau mesuré de dégradation de conduites ;
- combinaison de fort potentiel théorique de dégradation de la qualité de l'eau et fort niveau mesuré de dégradation de la qualité de l'eau.

L'étape de détermination DETER a pour objectif d'extrapoler les valeurs de paramètres, et en particulier de composition chimique de l'eau, connues et relevées aux points d'entrée du réseau afin de réaliser les calculs qui caractérisent les phénomènes de dégradation dans l'ensemble dudit réseau de distribution.

L'objectif est d'exploiter au maximum ces valeurs, qu'on nomme aussi données, et d'en déterminer des valeurs corrélées en d'autres points du réseau.

L'étape de détermination de ces valeurs corrélées aux points courant peut être réalisée selon différents modes, en fonction de la configuration du réseau de distribution et/ou du zonage de ce réseau. Ces différents modes sont illustrés dans les figures 10 à 12.

Pour l'ensemble des figures 10 à 12 :

- les « données d'entrée complètes » à une date de relevé $t_{\text{relevé}}$ en un point d'entrée concernant les valeurs en entrée de paramètres de l'eau suivants : la conductivité σ (mesurée ou

calculée), des concentrations en composés chimiques dans l'eau, et éventuellement, le pH et la température ;

- les « données courantes complètes » à une date de calcul t_{calc} au point courant concernant au moins les valeurs courantes mesurées de paramètres de l'eau suivants : la conductivité σ , et éventuellement, le pH et température.

La figure 10 illustre le cas où le point courant 110 est associé à un seul point d'entrée 10. Les étapes suivantes sont illustrées :

- 10 - Etape A1 : pour une période de calcul sélectionnée Δt_{calc} , sélection d'une première date de calcul t_{calc} comprise dans la période Δt_{calc} et à laquelle les données courantes sont complètes au point 110 ;
- 15 - Etape A2 : sélection d'au moins une date de relevé $t_{\text{relevé}}$ antérieure à la première date de calcul t_{calc} sélectionnée à l'étape A1 pour laquelle les données d'entrée sont complètes au point 10 (de préférence la date de relevé $t_{\text{relevé}}$ du point d'entrée 10 est choisie pour être la plus proche possible de la date de calcul t_{calc}) ;
- 20 - Etape A3 : calcul de la valeur absolue $|\Delta\sigma|$ de la différence entre la conductivité σ_{10} du point 10 à la date $t_{\text{relevé}}$ et la conductivité σ_{110} du point 110 à la date t_{calc} ;
- Etape A4 : si $|\Delta\sigma|$ est inférieure ou égale à $x\%$ de la conductivité σ_{110} , alors on reporte au point 110 pour la date t_{calc} les valeurs des concentrations en composés chimiques relevées au point 10 à la date $t_{\text{relevé}}$ la plus proche de la date t_{calc} ;
- 25 - Etape A4_{bis} : si $|\Delta\sigma|$ est supérieure à $x\%$ de la conductivité σ_{110} , alors on reporte au point 110 pour la date t_{calc} les valeurs moyennes sur la période de temps Δt_{calc} des concentrations pour chaque composé chimique relevées au point 10 aux dates $t_{\text{relevé}}$;
- 30 - Etape A5 (étape DEGRAD) : calcul des indices de dégradation ID permettant de qualifier les interactions entre l'eau et les matériaux aux points 10 et 110 ;
- 35

- Etape A6 (option) : application des étapes A1 à A5 précédentes pour une seconde date de calcul t_{calc} à laquelle les données sont complètes au point 110.

5 La figure 11 illustre le cas où le point courant 111 est associé à deux points d'entrée 11, 21.

- Etape B1 : pour une période de calcul sélectionnée Δt_{calc} , sélection d'une première date de calcul t_{calc} comprise dans la période Δt_{calc} et à laquelle les données courantes sont complètes au point 111 ;
- Etape B2 : sélection, pour chaque point d'entrée 11, 21, d'au moins une date de relevé $t_{\text{relevé}}$ antérieure à la première date de calcul t_{calc} sélectionnée à l'étape B1 pour laquelle les données d'entrée sont complètes (de préférence la date de relevé $t_{\text{relevé}}$ de chaque point d'entrée est choisie pour être la plus proche possible de la date de calcul t_{calc}) ;
- Etape B3 : calcul, pour chaque point d'entrée, de la valeur absolue $|\Delta\sigma|_1$ (resp $|\Delta\sigma|_2$) de la différence entre la conductivité σ_{11} (resp σ_{12}) du point d'entrée 11 (resp 21) à la date $t_{\text{relevé}}$ et la conductivité σ_{111} du point courant 111 à la date t_{calc} ;
- Etape B4 : si $|\Delta\sigma|_1$ et/ou $|\Delta\sigma|_2$ est inférieure ou égale à x % de la conductivité σ_{111} du point 111, alors on sélectionne un point d'entrée pour lequel la valeur $|\Delta\sigma|$ est la plus petite et on attribue au point 111 pour la date t_{calc} les valeurs des concentration en composés chimiques relevées audit point d'entrée à la date $t_{\text{relevé}}$ la plus proche de la date de calcul t_{calc} ;
- Etape B4_{bis} : sinon, on calcule les quotients de pondération $\frac{|\Delta\sigma|_1}{\sigma_{11}}$ et $\frac{|\Delta\sigma|_2}{\sigma_{21}}$ et on attribue au point courant 111 pour la date t_{calc} , et pour chaque composé chimique dont la concentration dans l'eau est connue aux point d'entrées 11 et 21, une valeur de concentration C_{111} égale à $\frac{|\Delta\sigma|_1}{\sigma_{11}} \times C_{11} + \frac{|\Delta\sigma|_2}{\sigma_{21}} \times C_{21}$ où C_{11} est la concentration dudit composé chimique dans l'eau relevée au point d'entrée 11 à la date $t_{\text{relevé}}$ la plus proche de la date de calcul t_{calc} et C_{21} est la concentration dudit composé

chimique dans l'eau relevée au point d'entrée 21 à la date $t_{\text{relevé}}$ la plus proche de la date de calcul t_{calc} ;

- Etape B5 (étape DEGRAD) : calcul des indices de dégradation ID permettant de qualifier les interactions entre l'eau et les matériaux aux points 11, 21 et 111 ;
- Etape B6 (option) : application des étapes B1 à B5 précédentes pour une seconde date de calcul t_{calc} à laquelle les données sont complètes au point 111.

La figure 12 illustre le cas où le point courant 112 est associé à plus de deux points d'entrée 12, 22, 32.

- Etape C1 : pour une période de calcul sélectionnée Δt_{calc} , sélection d'une première date de calcul t_{calc} comprise dans la période Δt_{calc} et à laquelle les données courantes sont complètes au point 112 ;
- Etape C2 : sélection, pour chaque point d'entrée 12, 22, 32, d'au moins une date de relevé $t_{\text{relevé}}$ antérieure à la première date de calcul t_{calc} sélectionnée à l'étape C1 et pour laquelle les données d'entrée sont complètes (de préférence la date de relevé $t_{\text{relevé}}$ de chaque point d'entrée est choisie pour être la plus proche possible de la date de calcul t_{calc}) ;
- Etape C3 : calcul, pour chaque point d'entrée, de la valeur absolue $|\Delta\sigma|_1$ (resp $|\Delta\sigma|_2, |\Delta\sigma|_3$) de la différence entre la conductivité σ_{12} (resp σ_{22} , resp σ_{32}) du point d'entrée 12 (resp 22, 32) à la date $t_{\text{relevé}}$ et la conductivité σ_{112} du point courant 112 à la date t_{calc} ;
- Etape C4 : si $|\Delta\sigma|_1$ et/ou $|\Delta\sigma|_2$ et/ou $|\Delta\sigma|_3$ est inférieure ou égale à x % de la conductivité σ_{112} du point 112, alors on sélectionne un point d'entrée 12, 22, 32 pour lequel la valeur $|\Delta\sigma|$ est la plus petite et on attribue au point 112 pour la date t_{calc} les valeurs des concentration en composés chimiques relevées audit point d'entrée sélectionné à la date $t_{\text{relevé}}$ la plus proche de la date de calcul t_{calc} , sinon :
 - Etape C4_{bis} : on calcule les quotients de pondération $\frac{|\Delta\sigma|_1}{\sigma_{12}}$, $\frac{|\Delta\sigma|_2}{\sigma_{22}}$ et $\frac{|\Delta\sigma|_3}{\sigma_{32}}$ et on attribue au point courant 112 pour la date

t_{calc} , et pour chaque composé chimique dont la concentration dans l'eau est connue aux point d'entrées 12, 22 et 32, une valeur de concentration C_{112} égale à $\frac{|\Delta\sigma|_1}{\sigma_{12}} \times C_{12} + \frac{|\Delta\sigma|_2}{\sigma_{22}} \times C_{22} + \frac{|\Delta\sigma|_3}{\sigma_{32}} \times C_{32}$,

5 où C_{12} est la concentration dudit composé chimique dans l'eau relevée au point d'entrée 12 à la date $t_{\text{relevé}}$ la plus proche de la date de calcul t_{calc} , C_{22} est la concentration dudit composé chimique dans l'eau relevée au point d'entrée 22 à la date $t_{\text{relevé}}$ la plus proche de la date de calcul t_{calc} et C_{32} est la concentration dudit composé chimique dans l'eau relevée au point d'entrée 32 à la date $t_{\text{relevé}}$ la plus proche de la date de calcul t_{calc} ; ou :

- Etape C4_{ter} : on analyse l'écoulement hydraulique pour associer le point courant 112 au point d'entrée 12 le plus proche hydrauliquement et on reporte au point 112 pour la date t_{calc} les valeurs des concentrations en éléments relevées audit point d'entrée 12 à la date $t_{\text{relevé}}$ la plus proche de la date de calcul t_{calc} (cas de la figure 10) ;
- Etape C5 (étape DEGRAD) : calcul des indices de dégradation ID permettant de qualifier les interactions entre l'eau et les matériaux aux points 12, 22, 32 et 112 ;
- Etape C6 (option) : application des étapes C1 à C5 précédentes pour une seconde date de calcul t_{calc} à laquelle les données sont complètes au point courant 112.

25 Alternativement aux valeurs des concentrations en composés chimiques relevées audit point d'entrée à la date $t_{\text{relevé}}$ la plus proche de la date de calcul t_{calc} , on peut prendre une valeur moyenne des concentrations en composés chimiques relevées en plusieurs dates de relevés $t_{\text{relevé}}$,
30 chaque date de relevé étant antérieure ou égale à la date de calcul t_{calc} .

Une étape de vérification VERIF d'au moins un indice de dégradation ID calculé peut être réalisée postérieurement à l'étape de calcul de l'indice DEGRAD de dégradation. Elle comprend :

- une étape de mesure de grandeurs de dégradation dudit système en au moins un point courant 110 ;
 - une étape de comparaison des grandeurs de dégradation mesurées avec les indices de dégradation ID calculés en ledit
- 5 au moins un point courant lors de l'étape de calcul DEGRAD.

Cette étape permet un contrôle des informations produites sur la base des calculs précédents basés sur les interactions eaux/matériaux du réseau et fournissant des indicateurs calculés, correspondant à des risques

10 théoriques, avec des grandeurs mesurées qui donnent des indicateurs de dégradation réels.

Ces grandeurs mesurées peuvent être issues de registres d'évènements de détérioration de la qualité de l'eau (analyses eau, plaintes client), de résultats des diagnostics et/ou autopsies sur le réseau, par

15 exemple sur des conduites.

Cela peut en outre être enrichi par des analyses de l'environnement proche du réseau, par exemple sur le sol entourant les conduites.

Pour chaque point courant et/ou chaque zone définie dans l'étape

20 de zonage ZONAG, des indicateurs de dégradation calculés sont comparés avec les indicateurs de l'état de dégradation réel.

Cette étape de vérification VERIF peut être suivie d'une étape de recalage RECAL de l'indice de dégradation calculé, en utilisant les grandeurs

25 de dégradation dudit système mesurées en au moins un point courant lors de l'étape de vérification (VERIF).

Les différents modes présentés peuvent être combinés entre eux.

30 Ainsi, le procédé selon l'invention permet de qualifier, voire de prévoir, l'état de dégradation des conduites de distribution et les conséquences sur la durée de vie du patrimoine et la qualité de l'eau.

Le procédé selon l'invention permet en outre d'intervenir pour

35 éviter une dégradation, ou pour éviter qu'une dégradation n'empire.

Ainsi, le procédé peut comprendre des étapes d'intervention sur le système de distribution d'eau, et/ou sur l'eau pour éviter une dégradation, ou d'éviter qu'une dégradation n'empire.

Les deux exemples ci-dessous, non limitatifs, illustrent deux
5 modes d'intervention envisageables.

Exemple 1 : en fonction des indices de dégradation calculés en un point du réseau, une consigne de correction de la qualité de l'eau, et notamment du pH, est transmise à un ou plusieurs automates ou à un ou plusieurs opérateurs dans une ou plusieurs usines en amont dudit point.
10 Cette consigne pourrait se traduire par une correction au niveau d'un point d'entrée. La consigne peut alors se traduire par l'ajout d'une dose de réactifs adaptée. Il peut s'agir d'une dose en un acide ou en soude.

Exemple 2 : en fonction des indices de dégradation calculés en un ou des points du réseau (ou dans une ou des zones), une consigne
15 d'exploitation des différentes ressources d'eau alimentant ledit point est transmise à un ou plusieurs automates ou à un ou plusieurs opérateurs pour adapter la qualité de l'eau au niveau des points d'entrée alimentant le ou les points (ou une ou des zones) présentant des indices de dégradation au-dessus de seuils prédéfinis. Cette consigne pourrait se traduire par la mise
20 en route préférentielle de certains forages ou usines qui alimentent lesdits points ou lesdites zones.

Le procédé peut être implémenté via un logiciel. Il peut ainsi être distribué en tant que service dans le Cloud, compatible en consultation et/ou
25 en alimentation. Plusieurs niveaux de droit d'accès peuvent être gérés. Le logiciel peut être installé dans un ordinateur, une tablette, un smartphone.

Ainsi, le logiciel implémentant le procédé peut comprendre plusieurs modules, chaque module étant apte à réaliser tout ou partie des étapes suivantes :

- 30
- l'intégration et la structuration de données géo-localisées sur le réseau de distribution, et/ou de données sur la qualité de l'eau, et/ou de données sur le sol ;
 - la création de zones du réseau de distribution ;

- la détermination de données de paramètres de l'eau manquantes en des points et/ou en des zones, en fonction de données préalablement intégrées et structurées (algorithmes de calcul) ;
- le calcul, pour des points et/ou des zones, de cinétiques de
5 dégradation interne et externe du réseau de distribution, basées sur des calculs d'interactions eaux/matériaux, sols/matériaux et sur les données préalablement intégrées et déterminées.
- le calcul, pour des points et/ou des zones, de la durée de vie théorique du réseau de distribution et des risques théoriques de dégradation
10 de la qualité de l'eau ;
- la comparaison des résultats générés sur la base des calculs d'interactions eaux/matériaux (risques théoriques) avec des mesures de l'état réel du réseau et/ou des registres d'évènements de détérioration de la qualité de l'eau ;
- 15 - la comparaison des résultats générés sur la base des calculs d'interactions sols/matériaux (risques théoriques) avec des mesures de l'état réel du réseau et/ou des registres d'évènements de détérioration de la qualité de l'eau ;
- l'identification sur l'ensemble du réseau de distribution des
20 zones critiques, dans lesquelles il peut y avoir des risques de casses et de détérioration de la qualité de l'eau transportée ;
- la notification aux utilisateurs par mécanismes d'affichage significatifs d'un état de risque ou état critique ;
- la comparaison des indicateurs d'un réseau à l'autre (fonction
25 benchmarking) à l'échelle d'un périmètre spécifique (pays, société) ou du périmètre global de l'application (base mondiale).

En outre, la présente invention n'est pas limitée aux modes de réalisation précédemment décrits mais s'étend à tout mode de réalisation
30 entrant dans la portée des revendications.