

Pôle de Compétitivité HYDREOS

Rapport sur les intérêts technico – économiques de l'analyse en continu de la qualité de l'eau et des milieux au regard des pratiques actuelles

Rapport final

Juillet 2013



HYDREOS
PÔLE DE L'EAU ALSACE / LORRAINE



Résumé

Introduction

La mesure en ligne se développe depuis de nombreuses années dans les domaines de l'industrie et de l'environnement. Les besoins industriels en matière de pilotage de process pour optimiser les consommations en réactifs et matières premières ainsi que pour maintenir la qualité des produits finis se justifient dans un contexte économique et réglementaire de plus en plus exigeant. Cependant, dans les domaines de l'eau et des milieux naturels, l'absence de réglementation spécifique et de validation constitue un frein à la reconnaissance et au développement de la mesure en ligne. De ce fait, les industriels ne sont pas moteurs pour le développement et la mise en œuvre de l'analyse en continu.

C'est dans ce contexte qu'un groupe de travail a souhaité rassembler des données économiques sur la mise en œuvre de la mesure en continu et analyser les avantages et contraintes engendrés par la mise en œuvre de ce type de métrologie.

Deux approches sont prises en compte en fonction des applications :

- ▶ L'analyse de l'intérêt qualitatif, technique et économique des services additionnels rendus par la mesure en continu.
- ▶ L'analyse comparative dans le cas d'une alternative totale ou partielle de la mesure intermittente actuelle par de la mesure en continu.

Cette étude technico-économique permettra aux législateurs, aux rédacteurs de guides techniques (ou de guides de bonnes pratiques), aux bureaux d'études, aux constructeurs ou aux exploitants de bénéficier de critères de choix (économiques et techniques) en faveur ou non de la mesure en continu, en remplacement ou en complément des mesures ponctuelles classiquement utilisées à ce jour. Les résultats sont différenciés en fonction des applications étudiées.

Contexte

Le marché de la mesure en continu dans le domaine de l'eau et de l'environnement, bien qu'il soit encore dans une phase de développement, nécessite deux éléments d'incitation pour se développer de manière plus industrielle:

- ▶ une évolution de la réglementation en faveur d'un meilleur suivi de la qualité des milieux aquatiques,
- ▶ une évolution de la normalisation sur la pratique de la mesure en continu.

En effet, les acteurs (prescripteurs et utilisateurs) ont besoin d'être convaincus du bien-fondé de leur choix technologique.

Ce questionnement justifie la réalisation de cette étude qui permet de mettre en évidence, sur la base d'études de cas précises, une analyse coûts-avantages de la mesure en continu comparée à l'analyse de laboratoire.

Par ailleurs, les utilisateurs (industrie et collectivités) ne deviendront moteurs que si la réglementation les contraint à développer la mise en place de l'analyse en continu, si un gain est démontré et si cette méthode est reconnue par la réglementation.

Objectifs de l'étude et travaux réalisés

Cette étude vise à établir un premier état des lieux de la métrologie des milieux aquatiques, avec 9 études de cas concrètes choisies en France. Une étude bibliographique et des études de cas européennes complètent cette analyse. Les objectifs sont, à partir des données collectées, de proposer une évaluation technique et économique de la mesure en continu. Cette évaluation permet de réaliser une analyse coûts-avantages de la mesure en ligne dans les trois milieux jugés prioritaires suivants :

- ▶ L'évaluation de la qualité des masses d'eaux et des actions de reconquête ou de préservation de la qualité des eaux de surface,
- ▶ La protection de la ressource en eau potable,
- ▶ Les rejets des systèmes d'assainissement (domestiques et/ou industriels).

Les applications complémentaires (eaux pluviales, eaux souterraines, eaux de transition et littorales, eaux transportées dans les réseaux de distribution d'eau potable, eaux brutes transportées sur de longues distances) sont étudiées à la marge, en guise d'illustration.

Les cas européens étudiés à partir de la bibliographie disponible et d'entretiens avec les exploitants sont décrits ci-dessous.

- ▶ Le contexte réglementaire du Royaume-Uni est étudié à partir d'un entretien fondé sur l'expérience de Welsh Water, entreprise privée spécialisée en distribution d'eau potable et en assainissement. L'entretien se concentre sur les aspects réglementaires, le Royaume-Uni étant une référence en termes de certification et de réglementation à l'échelle européenne.
- ▶ Le cas étudié aux Pays-Bas est celui d'un ensemble de stations de mesure sur les eaux de surface, qui traite notamment des relations transfrontalières et de l'objectif de la mesure en continu dans ce contexte particulier. Ce cas, fondé sur l'expérience Aqualarm, est réalisé à partir d'une analyse bibliographique et d'un entretien avec un opérationnel.
- ▶ En Allemagne, nous nous sommes intéressés à un réseau dense de mesures qui permet d'aborder la question de réseau, plus abouti que des points de mesure isolés. Ce cas présente également la particularité de former des experts internationaux pour diffuser la connaissance. Ce cas est réalisé à partir de recherche bibliographique.

Enfin, les neuf cas étudiés de façon approfondie en France, ont été choisis pour leur pertinence et leur diversité, en accord avec les membres du Comité de Pilotage. Ils ont été répartis entre les trois applications jugées prioritaires. Trois d'entre eux ont fait l'objet d'une visite de site, les autres ont été menés par entretien téléphonique. Tous ont été réalisés à partir du même guide d'entretien, avec pour objectif de faire l'évaluation à la fois technique et économique de l'expérience de mesure en continu. Les cas étudiés sont listés ci-dessous.

- ▶ Protection de la ressource en eau potable :

Cas n°1 : Station d'alerte sur l'eau potable

Cas n°2 : Service de l'eau et de l'assainissement d'une collectivité

Cas n°3 : Retour d'expérience d'un opérateur exploitant plusieurs stations

- ▶ Suivi de la qualité des eaux de surface :

- Cas n°4 : Station d'alerte et de suivi des eaux de surface gérée par un opérateur
- Cas n°5 : Réseau de surveillance des eaux de surface
- Cas n°6 : Gestion de 2 stations mobiles par une agence de l'eau

- ▶ Suivi des eaux de rejets :

- Cas n°7 : Eaux de rejets d'assainissement
- Cas n°8 : Eaux de rejets d'Usine d'Incinération des Ordures Ménagères

- ▶ Suivi des eaux de transition et des eaux littorales :

- Cas n°9 : Réseau de 6 stations de surveillance des eaux estuariennes

Résultats

Cette étude se limite à la seule interprétation des résultats de l'analyse bibliographique, des retours d'expériences européens et des études de cas réalisées en France. Ses conclusions et ses recommandations sont strictement issues des

observations des experts consultés sur l'analyse comparative coûts-avantages entre la métrologie en continu et la métrologie en laboratoire dans des situations précises. De ce fait, les délais de réalisation et le nombre de cas étudiés ne permettent pas de définir de nouvelles politiques publiques de soutien à la métrologie en continu mais de mettre en valeur les atouts objectifs et les améliorations attendues dans sa mise en œuvre par les opérateurs.

Conclusions

Sur le plan général

- ▶ La mesure en continu et la mesure en laboratoire n'entrent pas en concurrence l'une contre l'autre mais répondent à des enjeux et des situations très spécifiques illustrés notamment dans les études de cas.
- ▶ Les deux types de mesures peuvent même apparaître complémentaires au regard de leurs points de force et points de faiblesse respectifs.
- ▶ Quel que soit le choix de l'opérateur pour l'un ou l'autre, voire les deux types de mesures, le recours à la métrologie constitue un moyen nécessaire et significatif d'appréciation de l'amélioration de la qualité des eaux.

Sur un plan plus opérationnel

Les études de cas réalisées, même si les résultats ne peuvent être généralisés et relèvent d'une interprétation au cas par cas, montrent que la métrologie en continu offre des avantages comparatifs à haute valeur ajoutée :

- ▶ La réactivité et la rapidité d'intervention constituent un moyen déterminant de limiter l'impact de la pollution sur le milieu.
- ▶ La représentativité spatio-temporelle renforce in fine la qualité de la métrologie.
- ▶ La continuité de la mesure donne une lecture en dynamique, contrairement à la mesure en laboratoire qui n'offre qu'une mesure instantanée.
- ▶ Un contrôle in situ, sans manipulations intermédiaires permet d'éviter la détérioration de l'échantillon prélevé et analysé en laboratoire.
- ▶ La gestion des risques pour les milieux les plus exposés. La prise en compte en amont de ces risques, prévisibles ou imprévisibles, dus à des accidents, à des actes volontaires ou à des événements naturels, permet leur anticipation ainsi que la limitation de leur impact sur le milieu.
- ▶ La mesure en continu offre une traçabilité des données et en conséquence une meilleure détection des pollutions et des pollueurs. Elle permettra, à terme, de constituer des bases de données significatives qui pourront être exploitées pour modéliser les risques et optimiser les solutions palliatives.

Par ailleurs, les études de cas réalisées mettent en évidence que le développement de la métrologie en continu est limité par quatre facteurs clés :

- ▶ La capacité d'analyse des polluants et le niveau de précision de la mesure qui ne sont toutefois pas des facteurs discriminants dans le cadre d'une application pour l'alerte ou de contrôle in situ.
- ▶ L'adaptation des technologies au milieu, en particulier dans les environnements hostiles avec notamment de forts besoins de maintenance simplifiée, d'autonomie énergétique, et d'infrastructures de fonctionnement.
- ▶ L'absence de réglementation et de normes ad hoc n'incitent pas les industriels à investir dans des solutions technologiques pourtant reconnues.
- ▶ Le coût global qui intègre l'investissement et le fonctionnement. Ce dernier facteur peut, dans une lecture rapide, apparaître dissuasif pour le choix de la mesure en continu. Toutefois, au coût de la mesure en laboratoire doivent être ajoutés les coûts de transport ainsi que les coûts évités, coûts proportionnels aux risques auxquels est exposé le milieu :

Les coûts évités directs peuvent être évalués au cas par cas en prenant en compte :

- ▶ gestion de l'urgence

- ▶ gestion de la pollution
- ▶ traçabilité du pollueur et redistribution des coûts auprès des responsables
- ▶ restauration du milieu et réhabilitation de la faune et de la flore

Les coûts évités indirects peuvent être évalués au cas par cas en prenant en compte :

- ▶ impact sur l'image
- ▶ impact sur les activités économiques
- ▶ coûts de contentieux
- ▶ perte de valeur patrimoniale
- ▶ campagnes de communication et de prévention
- ▶ coûts liés à une mauvaise décision
- ▶ coût de l'emploi / coût social des licenciements

On constate alors que le facteur économique peut ne plus être un handicap mais un avantage. A ce stade, il est toutefois nécessaire de rester très prudent sur le calcul et l'estimation des coûts évités standards qui s'avèrent très spécifiques à une situation particulière.

Recommandations

Les recommandations sont établies à partir des conclusions énoncées précédemment.

- ▶ Ne pas opposer la mesure en continu à la mesure en laboratoire mais plutôt évoquer les solutions adaptées à des situations spécifiques. Ces solutions ont toutes les deux pour objectif et pour enjeu d'évaluer les améliorations de la qualité des eaux.
- ▶ Promouvoir les avantages comparatifs de la métrologie en continu, à savoir :
 - La réactivité de l'alerte et du contrôle
 - La qualité et la représentativité de la mesure
 - La vision en continu de l'état du milieu
 - L'état réel du milieu contrôlé en continu, y compris pour les événements éphémères
 - Une adéquation avec la typologie et le niveau de risque
 - L'établissement d'un référentiel de connaissances des milieux, des risques et des solutions.
- ▶ Identifier et prioriser les situations et les milieux pour lesquels la métrologie en continu s'avère la solution la plus appropriée.
- ▶ Améliorer les caractéristiques techniques et technologiques de la métrologie en continu sur les facteurs clés suivants :
 - Précision et capacité d'analyse pour les polluants les plus critiques pour les opérateurs suivant les rejets et les milieux.
 - Autonomie énergétique, transmission des données, maintenance.
- ▶ Développer les solutions de métrologie en continu in situ qui limitent les coûts d'infrastructures, de maintenance et favorisent la centralisation des données et leur analyse.
- ▶ Définir des standards normatifs pour les technologies et produits existants et futurs de la métrologie en continu les plus recherchés par les opérateurs et les utilisateurs.
- ▶ Intégrer dans la réglementation relative à la qualité de l'eau, des éléments spécifiques en vue de l'encadrement de la métrologie en continu.
- ▶ Réaliser une cartographie des risques potentiels par milieu et une échelle de risques selon des situations ad hoc.
- ▶ Etablir une liste des pollutions types et des coûts afférents pour éclairer le choix des utilisateurs et des opérateurs.
- ▶ Elaborer un outil de diagnostic et d'aide à la décision pour orienter, selon des critères objectifs, le choix des acheteurs vers des solutions de métrologie adaptées.



Building a better
working world

Pôle de compétitivité HYDREOS

Etude technico-économique de la mesure en continu

Rapport final

Sommaire

SOMMAIRE	7
1. INTRODUCTION	9
2. APPROCHE METHODOLOGIQUE	10
2.1. CONTEXTE.....	10
2.2. OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	10
2.3. CRITERES DE CHOIX DES ETUDES DE CAS EN FRANCE.....	10
2.4. RAISONNEMENT ET METHODOLOGIE.....	11
3. EXPERIENCES EUROPEENNES : ILLUSTRATION DE CAS EUROPEENS	13
3.1. LE ROYAUME-UNI – FOCUS DU RETOUR D'EXPERIENCE : ETAT DES LIEUX D'UN CONTEXTE REGLEMENTAIRE DE REFERENCE.....	13
3.1.1 <i>Contexte</i>	13
3.1.2 <i>Objectifs de la mesure en continu</i>	13
3.1.3 <i>Cadre réglementaire et certifications : deux leviers pour la mesure en continu</i>	13
3.1.4 <i>Bilan et perspectives de la mesure en continu</i>	14
3.2. LES PAYS-BAS – FOCUS DU RETOUR D'EXPERIENCE : CAS D'ETUDE SUR LES EAUX DE SURFACE.....	15
3.2.1 <i>Contexte</i>	15
3.2.2 <i>Objectifs</i>	16
3.2.3 <i>Coûts associés</i>	16
3.2.4 <i>Bilan de la mesure en continu</i>	16
3.3. L'ALLEMAGNE – FOCUS DU RETOUR D'EXPERIENCE : CAS D'UN RESEAU DENSE DE MESURE DE LA QUALITE DES EAUX DE SURFACE.....	17
3.3.1 <i>Contexte</i>	17
3.3.2 <i>Le bilan de la mise en place de la mesure en continu</i>	18
3.3.3 <i>La formation auprès d'experts internationaux</i>	18
3.3.4 <i>Les perspectives de ce projet</i>	19
4. ANALYSE COUTS/AVANTAGES SIMPLIFIEE DE LA MESURE EN CONTINU A PARTIR DE 9 ETUDES DE CAS ET DE L'ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE (INCLUS LES DOMAINES D'APPLICATION COMPLEMENTAIRE)	20
4.1. DEFINITION DES COUTS.....	20
4.2. RETOURS D'EXPERIENCE SUR LES 9 ETUDES DE CAS REALISEES EN FRANCE.....	22
4.2.1 <i>Cas n°1 : Station d'alerte (Huningue) – Protection de la ressource en eau potable</i>	22
4.2.2 <i>Cas n°2 : Service de l'eau et de l'assainissement d'une collectivité (ville de Clermont-Ferrand) – Protection de la ressource en eau potable</i>	26
4.2.3 <i>Cas n°3 : Opérateur exploitant plusieurs stations – Protection de la ressource en eau potable</i>	31
4.2.4 <i>Cas n°4 : Station d'alerte et de suivi des eaux de surface gérée par un opérateur (Station d'Observation de la Qualité des Eaux de la Loire de St Denis de l'Hôtel) – Suivi de la qualité des eaux de surface</i>	36
4.2.5 <i>Cas n°5 : Réseau de surveillance des eaux de surface (Syndicat de l'Orge Aval – SIVOA) – Suivi de la qualité des eaux de surface</i>	41
4.2.6 <i>Cas n°6 : Gestion de deux stations mobiles par une agence de l'eau (Agence de l'eau Artois- Picardie) – Suivi de la qualité des eaux de surface</i>	44
4.2.7 <i>Cas n°7 : Suivi de la qualité des eaux de rejets en sortie de station d'épuration (Station d'épuration de l'agglomération de Bordeaux) – Eaux de rejets d'assainissement</i>	49
4.2.8 <i>Cas n°8 : Suivi des eaux de rejets de trois usines d'incinération des ordures ménagères gérées par un opérateur – Eaux de rejets industriels</i>	54
4.2.9 <i>Cas n°9 : Suivi des eaux estuariennes (Groupement d'Intérêt Public Loire Estuaire) – Applications complémentaires : suivi des eaux de transition et des eaux littorales</i>	59
4.3. PERCEPTION DE LA MESURE EN CONTINU DANS LES 9 ETUDES DE CAS - SYNTHESE.....	63

4.3.1	<i>Perception des contraintes techniques et analytiques dans les 9 études de cas</i>	63
4.3.2	<i>Perception des coûts et des avantages par étude de cas et par application</i>	66
4.4.	SYNTHESE DES ENJEUX PAR DOMAINE D'APPLICATION	77
4.4.1	<i>Synthèse des avantages et des inconvénients de la mesure en continu</i>	77
4.4.2	<i>Avantages et inconvénients par domaine d'application</i>	79
4.4.3	<i>Applications complémentaires</i>	82
4.5.	ANALYSE DES COÛTS	83
4.5.1	<i>Calcul du nombre de mesures de laboratoire équivalent justifiant la mesure en continu</i>	83
4.5.2	<i>Calcul du ratio OPEX/CAPEX</i>	86
4.6.	BESOINS ET ATTENTES DU MARCHÉ – CHALLENGES POUR L'AVENIR	88
4.6.1	<i>Enseignements issus des études de cas et attentes du marché</i>	88
4.6.2	<i>Synthèse des besoins identifiés : les challenges opérationnels à venir</i>	91
5.	ANALYSE COÛTS-AVANTAGES	93
5.1.	RISQUES IDENTIFIÉS DANS CHAQUE DOMAINE D'APPLICATION	94
5.1.1	<i>Typologie des risques</i>	94
5.1.2	<i>Le rôle de la mesure en continu face à ces risques</i>	96
5.2.	COÛTS ÉVITÉS	97
5.2.1	<i>Coûts évités directs</i>	97
5.2.2	<i>Coûts évités indirects</i>	98
5.3.	ILLUSTRATION DE LA METHODE : LA STATION D'ALERTE D'HUNINGUE	99
5.3.1	<i>Présentation du cas</i>	99
5.3.2	<i>Les risques</i>	99
5.3.3	<i>Les impacts potentiels</i>	100
5.3.4	<i>Chiffrage des coûts évités par la mesure en continu</i>	101
6.	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	104
6.1.	CONCLUSIONS	104
6.1.1	<i>Sur le plan général</i>	104
6.1.2	<i>Sur un plan plus opérationnel</i>	104
6.2.	RECOMMANDATIONS	106
7.	BIBLIOGRAPHIE	107
8.	TABLE DES ILLUSTRATIONS	110
9.	REMERCIEMENTS	112
10.	ANNEXE 1 : GUIDE D'ENTRETIEN	115
11.	ANNEXE 2 : COÛTS DE LABORATOIRE	122

1. Introduction

La mesure en ligne se développe depuis de nombreuses années dans les domaines de l'industrie et de l'environnement. Les besoins industriels en matière de pilotage de process pour optimiser les consommations en réactifs et matières premières ainsi que pour maintenir la qualité des produits finis se justifient dans un contexte économique et réglementaire de plus en plus exigeant.

Dans les domaines de l'eau et des milieux naturels, l'absence de réglementation spécifique et de validation constitue un frein à la reconnaissance et au développement de la mesure en ligne. De ce fait, les industriels ne sont pas moteurs pour le développement et la mise en œuvre de l'analyse en ligne.

C'est dans ce contexte qu'un groupe de travail a souhaité rassembler des données économiques sur la mise en œuvre de la mesure en continu, d'une part, et sur les avantages et contraintes engendrés par la mise en œuvre de ce type de métrologie, d'autre part.

Deux approches sont à prendre en compte en fonction des applications :

- ▶ L'analyse de l'intérêt qualitatif, technique et économique des services additionnels rendus par la mesure en ligne.
- ▶ L'analyse comparative dans le cas d'une alternative totale ou partielle de la mesure intermittente actuelle par de la mesure en ligne.

Cette étude technico-économique permettra aux législateurs, aux rédacteurs de guides techniques (ou de guides de bonnes pratiques), aux bureaux d'études, aux constructeurs ou aux exploitants de bénéficier de critères de choix (économiques et techniques) en faveur ou non de la mesure en ligne, en remplacement ou en complément des mesures ponctuelles classiquement utilisées à ce jour. Les résultats seront différenciés en fonction des applications étudiées.

2. Approche méthodologique

2.1. Contexte

Le marché de la mesure en continu, bien qu'il soit encore dans une phase de développement, nécessite deux éléments d'incitation pour se développer de manière plus industrielle dans le domaine de l'eau et de l'environnement :

- ▶ une évolution de la réglementation en faveur d'un meilleur et incitatif suivi de la qualité de l'environnement,
- ▶ une évolution de la normalisation sur la pratique de la mesure en continu.

En effet, les acteurs (prescripteurs et utilisateurs) ont besoin d'être convaincus du bien-fondé de leur choix technologique.

Ce questionnement justifie la réalisation de cette étude qui permettra de mettre en évidence, sur la base d'études de cas précises, une analyse coûts-avantages de la mesure en continu comparée à l'analyse de laboratoire.

Par ailleurs, les utilisateurs de l'industrie et des collectivités ne deviendront moteurs que si la réglementation les contraint à développer la mise en place de l'analyse en ligne, si un gain est démontré et si cette méthode est reconnue par la réglementation.

2.2. Objectifs de l'étude

Cette étude vise à établir un premier état des lieux de la métrologie environnementale, avec 9 études de cas concrètes choisies en France. Une étude bibliographique et une étude de cas européens complètent cette analyse. Les objectifs sont, à partir des données collectées, de proposer une évaluation technique et économique de la mesure en continu. Cette évaluation permet de réaliser une analyse coûts-avantages de la mesure en ligne dans les trois milieux jugés prioritaires suivants :

- ▶ l'évaluation de la qualité des masses d'eaux et des actions de reconquête ou de préservation de la qualité des eaux de surface,
- ▶ la protection de la ressource en eau potable,
- ▶ les rejets des systèmes d'assainissement (dont usine d'épuration avec effluents domestiques et/ou industriels).

Les applications complémentaires (eaux pluviales, eaux souterraines, eaux de transition et littorales, eaux transportées dans les réseaux de distribution d'eau potable, eaux brutes transportées sur de longues distances) sont étudiées à la marge, en guise d'illustration.

Les applications particulières dans les pays qui semblent intéressantes dans le cadre de cette étude sont les suivantes :

- ▶ les Pays-Bas : intérêt pour la quantification des flux de pollution pluviale rejetés dans le milieu naturel,
- ▶ le Royaume-Uni : intérêt pour le modèle de certification : BSI & M-CERT, moteurs européens de la normalisation,
- ▶ l'Allemagne : intérêt pour la mesure en sortie de STEP,
- ▶ l'Espagne : intérêt pour les réseaux de mesures de qualité et quantité sur des Bassins Versants.

Cependant, face à un faible taux de réponse de la part des cas européens ciblés, nous nous sommes intéressés à d'autres cas, dans ces mêmes pays.

2.3. Critères de choix des études de cas en France

La sélection de ces 9 études de cas françaises doit être représentative et s'intéresser à des cas aboutis et différents. Elle est réalisée à partir des critères suivants :

- ▶ La disponibilité de l'information économique et financière :
 - coûts d'investissement,
 - coûts de fonctionnement,
 - disponibilité des coûts évités ou le calcul déjà effectué des coûts évités,
 - éventuelle analyse Coûts-Bénéfices déjà menée,
 - disponibilité de données de marché.
- ▶ Des critères techniques discriminants :
 - le nombre de domaines d'applications concernés,
 - l'historique d'utilisation,
 - la diversité des types de systèmes analytiques (laboratoire, continu, complémentarité...),
 - la maturité des technologies utilisées,
 - la performance métrologique : disponibilité, fiabilité et précision des mesures,
 - le nombre et le type des paramètres mesurés en continu.

2.4. Raisonnement et méthodologie

L'étude s'organise de la façon suivante : l'état de l'art est établi à partir d'une analyse bibliographique. Puis les retours d'expérience européens sont réalisés pour obtenir une image globale des intérêts de la mesure en ligne. Les études de cas françaises sont ensuite réalisées, de façon plus approfondie. Enfin, la phase d'analyse, de synthèse et de rédaction est la dernière étape de l'étude. Les étapes sont décrites ci-dessous de façon plus détaillée, avec les objectifs propres à chaque étape.

- ▶ Première étape : analyse bibliographique :
 - état de l'art de la mesure en continu en France
 - sélection des études de cas françaises pertinentes et intéressantes
 - recherche d'informations sur les cas européens identifiés

- ▶ Deuxième étape : retours d'expérience européens :
 - grille de sélection des études de cas pertinentes en France
 - mise en évidence de politiques publiques relatives à la mesure
 - retours d'expérience qualitatifs sur les aspects réglementaires, économiques et techniques
- ▶ Troisième étape : réalisation des études de cas en France :
 - sélection des études de cas pertinentes par domaine d'application
 - réalisation des études de cas auprès des utilisateurs identifiés et synthèse de chaque cas
 - synthèse par domaine d'application
 - analyse des données qualitatives et quantitatives
- ▶ Quatrième étape : synthèse et analyse :
 - analyse qualitative des résultats : étude des avantages et des inconvénients
 - analyse quantitative des résultats : analyse économique
 - intégration de la notion de risque et de coûts évités à l'analyse

Au cours de ces différentes étapes, plusieurs réunions avec le Comité de Pilotage et le Comité de Coordination ont été organisées pour caler au mieux, en fonction de la disponibilité des informations, les résultats de l'étude aux besoins et choix des membres de ces comités.

3. Expériences européennes : illustration de cas européens

Plusieurs cas européens ont été traités dans le cadre de cette étude. Ils sont décrits ci-dessous. Ces cas peuvent servir de base aux recommandations tirées en fin de rapport.

Ces cas, moins approfondis que les études de cas françaises, fournissent des éléments de comparaison sur les pratiques et les perceptions des utilisateurs. Les aspects réglementaires sont également étudiés. Ils permettent de mettre en avant une approche différente du risque et de tirer des enseignements de pratiques différentes.

3.1. Le Royaume-Uni – Focus du retour d’expérience : état des lieux d’un contexte réglementaire de référence

3.1.1 Contexte

La société interrogée est Welsh Water, une entreprise privée qui a pour objectif d’assurer la distribution d’eau potable à 1,3 million de foyers et de traiter les eaux usées des foyers et des industries de la même région.

3.1.2 Objectifs de la mesure en continu

La mesure en continu est mise en place dans ce contexte et sert plusieurs objectifs :

- ▶ évaluer la qualité de l’eau dans le process et en sortie de process (production d’eau potable, traitement des eaux usées),
- ▶ accompagner les industries de traitement,
- ▶ contrôler la nature et la sensibilité de l’environnement.

3.1.3 Cadre réglementaire et certifications : deux leviers pour la mesure en continu

3.1.3.1 Réglementation pour l’eau potable

L’unique régulateur est le DWI (Drinking Water Inspectorate), qui fait partie du département DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs) au sein du gouvernement. Ses missions sont de :

- ▶ réaliser des audits des sites de production d’eau potable,
- ▶ proposer des normes nationales,
- ▶ communiquer publiquement,
- ▶ déterminer les règles de mesure et de surveillance,

- ▶ améliorer et protéger la qualité de l'eau sur la durée.

3.1.3.2 Réglementation pour les eaux de rejets

L'unique régulateur est l'Agence Environnementale (Environment Agency). Ses missions sont les suivantes :

- ▶ délivrer des permis de rejets, qui indiquent les flux et la qualité requis des rejets,
- ▶ encourager le contrôle et la surveillance,
- ▶ proposer des critères de contrôle selon la nature et la sensibilité de l'environnement.

3.1.3.3 Certifications

L'Agence Environnementale est dotée d'un système de certification dont la procédure de qualité est obligatoire. Cette procédure précise les informations à suivre et donne des conseils techniques, notamment :

- ▶ les calibrations à effectuer sur les appareils,
- ▶ les types de mesures à mettre en place et la façon de les suivre,
- ▶ les paramètres à surveiller.

Si tous les critères requis sont jugés satisfaisants, cet organe peut délivrer un permis de rejet par paramètre mesuré.

3.1.3.4 Impacts de la réglementation et des certifications sur la mesure en continu

Les réglementations ont peu d'impact sur la mesure en continu car aucune ne la reconnaît officiellement. Cependant, elles tendent à se durcir et donc à encourager la mise en place de systèmes de mesure plus aboutis.

Les certifications vont dans ce sens, avec un objectif plus opérationnel (guides de bonnes pratiques, recommandations techniques...).

3.1.4 Bilan et perspectives de la mesure en continu

Aujourd'hui, la technicité de la mesure en continu n'est pas un frein ou un obstacle car elle est standardisée et des tests poussés sont systématiquement mis en place au Royaume-Uni. De plus, les compagnies d'assurance s'impliquent dans le process en accordant des certificats aux technologies les plus fiables. Ces certificats apportent plus de crédit à ces technologies et accompagnent les utilisateurs dans leur mise en place.

- ▶ Pour le cas de l'eau potable :

Les réglementations décrivent toutes les procédures. Il n'existe donc aucune flexibilité. Des guides précis décrivent les procédures, les paramètres à suivre et comment reporter les données.

- ▶ Pour le cas des eaux de rejets :

Les procédures sont plus flexibles dans ce cas, notamment sur la façon d'obtenir et de traiter les rejets. Cependant, les exigences qualitatives de résultat sont précises.

3.2. Les Pays-Bas – Focus du retour d’expérience : cas d’étude sur les eaux de surface

3.2.1 Contexte

L’instance publique responsable des voies navigables et de la gestion des eaux de surface est l’agence Rijkswaterstaat. Elle fait partie du Ministère des Infrastructures et de l’Environnement.

Cette agence utilise la mesure en continu pour surveiller les eaux des rivières qui constituent le tiers de l’eau bue aux Pays-Bas. La mesure en continu est aussi utilisée comme outil pour prévenir des inondations.

Les stations auxquelles nous nous intéressons sont les stations d’alerte Aqualarm installées dans le bassin Rhin-Meuse. Trois stations sont installées : deux sont installées de part et d’autre du Rhin, sur ses deux rives (à Lobith, Pays-Bas et Bimmen, Allemagne). La troisième est installée sur la Meuse à Eijsden. Les paramètres mesurés, tels que décrits sur le site www.aqualarm.nl sont les suivants :

Lobith	Bimmen	Eijsden
Mesures des paramètres chimiques et physiques		
Chlorure	Oxygène	Chlorure
Conductivité, Température	Température	Conductivité
pH	Chlorure	pH
Turbidité	pH	Turbidité
Oxygène	Conductivité	Ammonium
		Oxygène
		Fluorure
Système de surveillance biologique		
Système d’algues		Système d’algues
Système de puces d’eau 1 et 2		Système de puces d’eau
		Sensor
Système de mesure des substances organiques		
Substances organiques volatiles	Substances organiques volatiles	Substances organiques volatiles
Non solubles à moyennement solubles,	Non solubles à moyennement solubles,	Non solubles à moyennement solubles,
Moyennement solubles à fortement solubles	Moyennement solubles à fortement solubles	Moyennement solubles à fortement solubles
Autres paramètres		
Radioactivité		Radioactivité
		Métaux lourds : Cadmium, Cuivre, Plomb, Zinc

3.2.2 Objectifs

Les objectifs de ces stations sont les suivants :

- ▶ Renforcer la qualité de l'eau en amont de leur traitement par les opérateurs
- ▶ Faciliter l'autocontrôle de la qualité des eaux pour les industriels
- ▶ Exploiter les données recueillies pour alimenter une communication publique, construire des modèles hydrauliques et communiquer auprès des industries situées en amont.

Les données issues de la mesure en continu ne sont pas reconnues par la réglementation, mais elles sont suffisamment fiables pour être prises comme références.

3.2.3 Coûts associés

Les coûts à considérer dans l'étude des coûts sont les coûts d'investissement (CAPEX), d'une part, et les coûts de fonctionnement (OPEX), d'autre part. Dans ce cas, tous les coûts sont supportés par l'Etat.

- ▶ Coûts d'investissement :

Ils sont difficiles à estimer (l'installation date de 1974) et doivent être entre 2 et 3 millions d'euros. Mais ces coûts dépendent de l'installation elle-même (fixe, ou installée sur un ponton).

- ▶ Coûts de fonctionnement :

Le système de mesure sur le Rhin (Surveillance des deux rives) coûte 600 000€ par an et emploie 6 ETP (9 personnes aux compétences différentes). Le système sur la Meuse coûte 400 000€ par an et emploie 3 ETP.

3.2.4 Bilan de la mesure en continu

Le succès de la mesure en continu est conditionné par le nombre d'alarmes déclenchées par an. Or, 25 alarmes sont enregistrées chaque année : elles légitiment et justifient la mise en place de ce procédé.

Par ailleurs, des pollutions sont régulièrement détectées et justifient d'autant plus la mise en place d'un tel système. Il est alors possible de tracer leur origine, parmi les suivantes :

- ▶ déversements issus d'accidents de transports,
- ▶ produits chimiques provenant d'industries,
- ▶ activités illégales comme la production de drogues.

Cependant, la mesure en continu pose certains problèmes car la gestion se fait conjointement avec l'Allemagne sur le Rhin : les intérêts et les objectifs ne sont pas forcément identiques, les mesures appliquées en cas d'alerte sont différentes (notamment dans le cas de la traçabilité des pollueurs) et enfin la barrière de la langue pose certaines contraintes d'organisation. L'utilisation et l'exploitation des mesures n'est donc pas optimale à ce jour.

3.3. L'Allemagne – Focus du retour d'expérience : Cas d'un réseau dense de mesure de la qualité des eaux de surface

A défaut de nous entretenir avec des exploitants, nous avons pu collecter les informations suivantes dans la bibliographie à disposition.¹

3.3.1 Contexte

A Hambourg, un projet (appelé EASE) a été lancé par l'Agence Environnementale Fédérale d'Allemagne, l'institut d'Hambourg pour l'Hygiène et l'Environnement et le Ministère de l'Environnement de l'Allemagne Fédérale. Ce projet vise les objectifs suivants :

- ▶ Installer un réseau de surveillance automatique de la qualité des eaux à Hambourg, fourni par le Département de l'Analyse et l'Evaluation Environnementale. Ce réseau appelé WGMN compte 10 stations d'alerte. Il mesure des paramètres physico-chimiques et des paramètres biologiques. Toutes les stations sont automatisées et les données sont stockées et transmises au siège qui les analyse.
- ▶ Former des experts d'Ukraine et de Moldavie sur les stations de contrôle automatiques. Cette formation soutient le projet « L'Environnement pour l'Europe » et la stratégie des états nouvellement indépendants (Europe de l'Est, Caucase, Asie Centrale).

¹ Sources :

WINKELMANN-OEI Gerhard (2009) The Institute for Hygiene and Environment Hamburg and the German Federal Environment Agency are planning a "Training of experts from Ukraine and Moldova in the field of automatic water monitoring stations". Institut für Hygiene und Umwelt, 2p

BLOHM Werner, LEHELDT Michael. Automated Surface Water Monitoring Stations in the City of Hamburg as part of the EU Water Framework Directive. Institut für Hygiene und Umwelt. 24p.

3.3.2 Le bilan de la mise en place de la mesure en continu

3.3.2.1 Les raisons à l'origine de la mise en place de la mesure en continu

Plusieurs raisons sont à l'origine de la mesure en continu dans le cas du réseau d'Hambourg :

- ▶ les pollutions dues à des accidents industriels ou au transport sur les voies navigables sont souvent très rapides et demandent une grande réactivité. La mesure en continu permet cette réactivité,
- ▶ les conséquences de ces incidents sont désastreuses, notamment sur les écosystèmes, et doivent être limitées. La mesure en continu permet de limiter les impacts grâce à une détection précoce et à une action plus rapide sur l'environnement,
- ▶ la mesure en continu répond à l'article 11 de la Directive Cadre sur l'Eau, seule loi régissant la qualité des eaux de surface.

3.3.2.2 Les fonctions identifiées de la mesure en continu

La mesure en continu sert plusieurs fonctions dans ce cas précis de réseau de mesure de la qualité des eaux de surface :

- ▶ établir l'évolution de la qualité des eaux sur les courts et longs termes,
- ▶ détecter précocement toute pollution, incident ou rejet illégal,
- ▶ faire de la prévention.

3.3.2.3 Les bénéfices identifiés de la mesure en continu

Les bénéfices retirés par la mesure en continu sont les suivants :

- ▶ la mesure en continu permet de limiter les impacts d'une pollution et de protéger la ressource en eau potable,
- ▶ elle permet de faire de la prévention et de suivre les changements de la qualité de l'eau du court terme au long terme,
- ▶ elle propose une base à la décision et permet de mieux maîtriser la gestion de l'eau.

3.3.3 La formation auprès d'experts internationaux

L'objectif de cette formation est de familiariser les experts avec la mesure en continu, sur les aspects théoriques et opérationnels des stations de mesures et du traitement des données sur la qualité de l'eau. Cette formation se compose de cours théoriques et d'exercices pratiques.

3.3.4 Les perspectives de ce projet

3.3.4.1 Objectifs à long terme de ce projet

Ce projet vise à développer la fonction d'alarme de ce type de système et la détection d'incidents majeurs dans l'Elbe pour le programme international d'urgence. Ses objectifs sont les suivants :

- ▶ améliorer les stations de mesure automatique et la mesure à l'international,
- ▶ optimiser la détection et l'évaluation de contaminants présents dans l'eau,
- ▶ enregistrer automatiquement des événements et des accidents inhabituels,
- ▶ développer les systèmes d'alarmes.

Par ailleurs, la mesure en continu semble être un facteur important pour appuyer l'article 11 de la DCE.

3.3.4.2 Evolution du projet

Le projet peut se poursuivre selon deux axes :

- ▶ ce projet peut être une référence sur la mise en place de système d'alarme précoce,
- ▶ un nouveau projet a débuté en Allemagne, en 2009, dont les résultats ne sont pas disponibles à ce jour. Il peut être une suite à cette première étude.

4. Analyse coûts/avantages simplifiée de la mesure en continu à partir de 9 études de cas et de l'analyse bibliographique (inclus les domaines d'application complémentaire)

4.1. Définition des coûts

Avant de faire l'analyse technico-économique de la mesure en continu, nous nous attachons à définir la structure des coûts. Pour une analyse exhaustive et complète, il faut en effet considérer les coûts évités directs et indirects du fait de la mise en place de systèmes de mesures en continu (coûts listés au chapitre 5.2) :

Le présent chapitre est donc une comparaison entre les coûts estimés dans le cadre des 9 études de cas, à savoir :

- ▶ **Les coûts d'investissement fixes :**
 - coûts liés à l'acquisition du matériel,
 - coûts d'installation et d'infrastructures ou de génie civil.

- ▶ **Les coûts de fonctionnement variables :**
 - liés à la main d'œuvre pour réaliser la maintenance, analyser et traiter les données,
 - liés au matériel, aux fournitures, à l'énergie, aux réactifs utilisés, et à la logistique mise en place.

Le process suivant met en avant les différentes étapes de mise en place de la mesure en continu et les coûts associés à chaque étape du process.

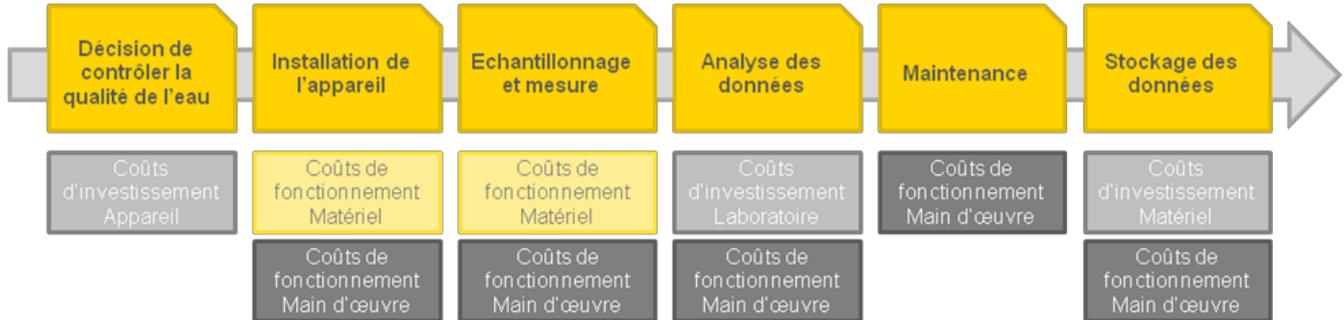


Figure 1 : Etapes de mise en place d'un système de mesure en continu et coûts associés

Il est important de noter que ce schéma est le processus de mise en place de la mesure en continu, périmètre que nous étudions dans le cadre de cette étude. Ce process ne prend pas en compte la qualification de la donnée, la validation de cette donnée, ni la valorisation qui est opérée sur les données une fois que celles-ci sont validées. Cette valorisation dépend en effet des objectifs associés à la mesure et varie fortement d'un cas à l'autre. Des coûts y sont associés et sont cependant à prendre en compte dans l'installation d'un tel système de mesure. Nous nous intéresserons principalement aux étapes mentionnées ci-dessous.

4.2. Retours d'expérience sur les 9 études de cas réalisées en France

En France, 9 études de cas ont été sélectionnées en accord avec le Comité de Pilotage, dans les domaines d'application jugés prioritaires. Ces sites ont été choisis de façon à avoir un panel assez représentatif dans chacun des domaines. Un questionnaire, disponible en annexe, a été adressé aux utilisateurs. Les comptes-rendus de ces entretiens sont synthétisés ci-dessous.

4.2.1 Cas n°1 : Station d'alerte (Huningue) – Protection de la ressource en eau potable

4.2.1.1 Présentation du contexte et de l'activité

a) Exploitant

APRONA (Association pour la Protection de la Nappe Phréatique de la Plaine d'Alsace) : gestion de la station d'alerte. Maintenance sous-traitée.

b) Enjeux et raisons de cette mise en place

- ▶ Demande de l'agence de l'eau Rhin-Meuse à l'origine, suite à la pollution de Sandoz : sensibilisation et communication, prévention d'événements semblables.
- ▶ Empêcher des intrusions d'eaux polluées du Rhin dans le canal, en détectant des pollutions.

c) Objectifs

- ▶ Cohérence entre les mesures pour détection anticipée de toute anomalie pour déclencher une alerte.
- ▶ Station d'alerte et non de mesure : assurer la protection de la nappe phréatique de la plaine d'Alsace.

d) Choix des paramètres mesurés

Paramètre mesuré	Objectifs
Température, pH, Conductivité, Oxygène dissous	Paramètres standards de suivi de la qualité de l'eau
Matières organiques (COT)	
Métaux lourds (Plomb, Zinc, Cadmium, Chrome, Cuivre)	Analyse polarographique. Appareil arrêté en 2010
Toxicité générale (algues)	Indicateur biologique général sur la qualité de l'eau. Détection de potentiels pesticides.
Fluorescence UV	Détecter des colorants et hydrocarbures aromatiques
Pollution en cas d'alerte	Préleveur automatique réfrigéré à 24 flacons, activé en cas de dépassement de seuil

4.2.1.2 Technologie de mesure en continu mise en œuvre et évaluation technique

a) Critères de choix de la technologie

- ▶ Un appel d'offres tous les 3 ans
- ▶ Tests et participation à des projets de recherche
- ▶ Retours d'expérience d'exploitants

b) Phase de test

Test systématique mais manque de retours d'expérience

c) *Contraintes associées à la mesure en continu*

INEXISTANTE	FAIBLE	MOYENNE	FORTE
Contraintes techniques			
Contraintes liées à l'utilisation			
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Disponibilité des données ▶ Fiabilité ▶ Volume des données traitées 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Pannes (fréquence, remise en marche) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Complexité d'utilisation
Contraintes liées à l'installation, à la maintenance, à l'entretien			
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Robustesse et fréquence de changement 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Adaptation aux réseaux existants ▶ Autonomie ▶ Temps de maintenance et d'entretien 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Nécessité de maîtrise d'ouvrage ou d'infrastructures supplémentaires
Contraintes analytiques liées à la technologie			
Données mesurées et leur forme			
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Fréquence et disponibilité des données ▶ Suivi de l'exactitude et de la justesse des mesures 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Format d'exploitation des mesures ▶ Volume des données 	
Gestion et analyse des données			
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Collecte et mise à disposition des données ▶ Analyse des données ▶ Utilisation des données ▶ Sous-traitance 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Validation des données 	
Autres difficultés			
Contraintes réglementaires			
		<ul style="list-style-type: none"> ▶ Précision de la mesure à 10% près ▶ Validation de la technologie utilisée 	
Freins organisationnels et socioculturels			

4.2.1.3 Evaluation économique de la méthode utilisée

a) *Financement*

- ▶ Investissement initial : Sandoz
- ▶ Entretien : communauté des trois frontières. Puis APRONA propriétaire de la station d'alerte.
- ▶ Subventions pour le fonctionnement: Région Alsace et Agence de l'eau Rhin-Meuse, à 50-50.
- ▶ Sous-traitance du fonctionnement de la station

b) *Coûts des 8 dernières années*

COÛTS D'EXPLOITATION ANNUELS (hors amortissement annuel)	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	Moyenne
Maintenance + astreinte	40 494 €	66 752 €	65 200 €	56 825 €	69 958 €	68 600 €	65 782 €	63 732 €	65 264 €

Téléphone+modem		959 €	1 181 €	648 €	739 €	631 €	637 €	643 €	777 €
Internet		442 €	442 €	442 €	442 €	969 €	1 075 €	1 075 €	698 €
Assurances		2 739 €	2 638 €	2 556 €	2 456 €	2 316 €	2 218 €	2 115 €	2 434 €
Electricité		2 437 €	1 208 €	1 207 €	1 285 €	1 191 €	1 459 €	1 523 €	1 473 €
Déplacements		164 €	426 €	226 €	132 €	42 €	369 €	240 €	228 €
Divers, études, travaux	13 586 €	13 146 €	7 940 €	40 087 €	620 €	0 €	2 414 €	6 604 €	10 550 €
TOTAL	69 933 €	86 639 €	79 035 €	101 991 €	75 632 €	73 749 €	73 954 €	75 932 €	80 900 €

c) *Bénéfices recensés*

► Coûts évités :

- coût de décontamination en cas de pollution, restructuration, reviviscence du Rhin,
- coût de prévention,
- remboursement des frais engagés par des particuliers, dédommagement des pêcheurs,
- service des eaux,
- révision des procédés internes de fabrication des usines responsables de la pollution,
- valeur patrimoniale.

4.2.1.4 Bilan et perspectives

a) Bilan de la mise en place de cette technologie

Echecs	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Polarographe
Difficultés	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Alimentation hydraulique de la station ▶ Conditionnement des échantillons ▶ Bouchages de canalisations en situation de fort débit du Rhin ▶ Complexité des technologies ▶ Obtention de retours d'expérience du à l'isolement ▶ Procédé de validation de la mesure
Leçons	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Manque de reconnaissance de l'Aprona sur cette station par manque de communication
Perspectives, attentes	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Plus d'échanges avec d'autres exploitants ▶ Etude des corrélations entre mesures et variations ▶ Technologie simple nécessitant peu de maintenance pour suivre les métaux lourds ▶ Intérêt pour des analyseurs globaux ▶ Technologies fiables et abordables, nécessitant un temps de maintenance raisonnable ▶ Intérêt pour d'autres paramètres (toxicité, nitrates, métaux lourds, atrazine, micropolluants) ▶ Communication publique des données ▶ Mise en place de partenariats

b) Avantages et inconvénients, opportunités et menaces de la mesure en continu

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Exploitabilité de la mesure ▶ Rapidité ▶ Efficacité (taux de fonctionnement) ▶ Représentativité spatiale et temporelle ▶ Disponibilité de l'information 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Qualité de la mesure moins bonne qu'en laboratoire ▶ Validation des données compliquées ▶ Nécessité de sous-traitance car compétences diverses ▶ Encadrement et temps nécessaire ▶ Complexité d'utilisation ▶ Analyse à distance difficile
OPPORTUNITES	MENACES
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Exigences réglementaires ▶ Développement de la technologie (miniaturisation) ▶ Services supplémentaires apportés par la mesure en continu ou objectifs de résultats ▶ Obsolescence 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Coûts ▶ Sensibilisation déjà effectuée auprès des industriels suite à la pollution de Sandoz

4.2.2 Cas n°2 : Service de l'eau et de l'assainissement d'une collectivité (ville de Clermont-Ferrand) – Protection de la ressource en eau potable

4.2.2.1 Présentation du contexte et de l'activité

a) *Exploitant*

L'interlocuteur est le service de l'eau et de l'assainissement de la ville de Clermont-Ferrand et, notamment, le service équipements industriels, en charge de la métrologie. La ville et le service métrologie gèrent le suivi de la ressource en eau potable, le réseau d'assainissement, le suivi de la qualité des eaux et le suivi des inondations.

b) *Enjeux et raisons de cette mise en place*

- ▶ enjeu commercial, pour obtenir des partenariats notamment avec les universités,
- ▶ enjeu économique,
- ▶ recherche, partenariats avec des bureaux d'étude et des universités,
- ▶ optimisation des réseaux.

c) *Objectifs*

- ▶ suivre la quantité et la qualité de l'eau, mieux connaître la source en eau potable,
- ▶ détenir des preuves en permanence,
- ▶ démontrer aux services de l'Etat que les moyens de faire face et de proposer les éléments nécessaires sont constamment mis en place,
- ▶ fluidifier et améliorer les process de suivi grâce à un outil informatique instantané.

d) *Choix des paramètres mesurés*

Paramètre	Objectifs / Actions conduites
Débit	Gestion en temps réel en entrée de réservoir
Niveau	Gestion des automatismes Connaissance du secteur de pompage
Turbidité	
Oxygène dissous	
Conductivité	
pH	
Température	
Hydrocarbures	Mesure réglementaire et détection précoce.

4.2.2.2 Technologie de mesure en continu mise en œuvre et évaluation technique

a) *Critères de choix de la technologie*

▶ Critères :

- simplicité d'exploitation,
- peu d'utilisation de réactifs : ils nécessitent un temps d'exploitation trop important et donc des coûts associés élevés. Cela explique le fait que le COT n'est pas mesuré à ce jour,
- afin d'éviter tout contact avec le fluide, les méthodes par radar et ultrasons sont privilégiées, notamment en assainissement.

▶ Etapes :

- définition des objectifs, du besoin, des contraintes du milieu, des paramètres à suivre,
- appel d'offres : marché qui dure de 3 à 4 mois,
- période de vérification et de tests, pendant 6 mois, et observation des résultats pendant 4 mois,
- choix de la technologie.

b) Contraintes associées à la mesure en continu

INEXISTANTE	FAIBLE	MOYENNE	FORTE
Contraintes techniques			
Contraintes liées à l'utilisation			
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Disponibilité des données ▶ Pannes (fréquence, remise en marche) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Utilisation de l'outil ▶ Fiabilité ▶ Volume des données traitées 	
Contraintes liées à l'installation, à la maintenance, à l'entretien			
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Robustesse et fréquence de changement ▶ Autonomie ▶ Maîtrise d'ouvrage / infrastructures 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Adaptation aux réseaux existants 	Maintenance / entretien
Contraintes analytiques liées à la technologie			
Données mesurées et leur forme			
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Format d'exploitation ▶ Fréquence et disponibilité des données 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Volume des données ▶ Suivi de l'exactitude et de la justesse des mesures et Précautions prises pour une mesure de qualité 	
Gestion et analyse des données			
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Collecte et mise à disposition des données ▶ Validation des données - Invalidation en temps réel ▶ Analyse des données 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Sous-traitance 	
Autres difficultés			
Contraintes réglementaires			
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Précision de la mesure ▶ Validation de la technologie utilisée 			
Freins organisationnels et socioculturels			
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Changement des habitudes, réticence au changement 		Compétences inadaptées

4.2.2.3 Evaluation économique de la méthode utilisée

a) Financement

Les coûts sont supportés par la commune. Les recettes proviennent de redevances et non de l'impôt. Les subventions sont en baisse : elles étaient auparavant versées pour le fonctionnement (200 000 à 1 000 000€) et sont aujourd'hui octroyées uniquement en investissement (de 30 à 50% en assainissement, presque nulles en eau potable et selon les priorités).

b) Coûts

Les coûts sont très variables, selon l'environnement, selon les types d'application, et selon les compétences disponibles en interne.

Type de coût	Coût associé
INVESTISSEMENT	
Dernière station d'alerte (eau potable)	220 000€
63 déversoirs d'orage (assainissement)	400 000€
FONCTIONNEMENT	
Matériel, pièces, réactifs	Variable d'un site à l'autre
Main d'œuvre (maintenance totale)	0,05 ETP en moyenne

Nota Bene : Les coûts d'investissement présentés sont donnés à titre d'exemple. Ces coûts sont très variables d'un domaine d'application à l'autre. Dans la suite de l'étude, nous ne considérons pour ce cas que les coûts associés à la protection de la ressource en eau potable.

c) Bénéfices recensés

► Coûts évités :

- dimensionnement des bassins de stockage : coûts des sur-volumes évités,
- pollution et coûts associés de campagne de communication, d'approvisionnement en eau en bouteille, de perte d'image.

► Bénéfices directs :

- création de valeur ajoutée,
- meilleure connaissance et maîtrise des process et milieux,
- optimisation d'exploitation, coûts d'exploitation et de logistique,
- aide à la décision et rapidité de réaction,
- redistribution des coûts aux responsables de pollutions.

4.2.2.4 Bilan et perspectives

a) Bilan de la mise en place de cette technologie

Succès	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Maîtrise du réseau d'assainissement ▶ Bonne vision du fonctionnement et connaissance du système grâce à la méthode itérative employée
Echecs, points non résolus	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Mise en place de capteurs sans exploitation en aval, ni structure pour établir le suivi ▶ Problèmes de main d'œuvre non résolus
Difficultés	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Recrutement de personnel compétent sur ces problématiques ▶ Difficile de maîtriser tout le process et toute la chaîne de mesure ▶ Opérations lourdes et chronophages
Leçons	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Tout investissement donne lieu à des coûts de fonctionnement, qu'il faut anticiper ▶ Avancer étape par étape, par itération, en s'appuyant sur les expériences passées ▶ Garder un maximum d'actions en interne pour maîtriser les informations et les process ▶ Bien définir son besoin en amont et analyser le matériel à disposition ▶ Les données doivent être exploitées, leur utilité doit être questionnée pour être traitée correctement ▶ Chaque capteur est une technologie donnée, adaptée à un type de mesures dans un certain milieu. Il est nécessaire d'adapter le capteur aux conditions du terrain
Perspectives, attentes	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Une mesure en continu sur tous les paramètres ▶ Une mesure réellement in situ ▶ Une mesure nécessitant peu d'exploitation ▶ Une mesure fiable ▶ L'amélioration de la totalité de la chaîne de mesure, jusqu'à la récupération de la donnée

b) Avantages et inconvénients, opportunités et menaces de la mesure en continu

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Rapidité car en temps réel 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Exploitabilité de la mesure ▶ Complexité d'utilisation car besoin de recul sur la donnée ▶ Encadrement, temps passé, éducation nécessaire
OPPORTUNITES	MENACES
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Exigences réglementaires ▶ Développement de la technologie ▶ Services supplémentaires apportés par la mesure en continu ▶ Redistribution des coûts entre les acteurs ▶ Obsolescence ▶ Continuité / Discontinuité dans les mesures ▶ Concurrence ▶ Besoin de connaissance des milieux 	

4.2.3 Cas n°3 : Opérateur exploitant plusieurs stations – Protection de la ressource en eau potable

4.2.3.1 Présentation du contexte et de l'activité

a) Exploitant

Veolia Eau, opérateur de services, délégation de service public

Installations des stations de surveillance depuis 25-30 ans,

Partenariat avec la SADE pour la construction des stations (20 construites depuis 1992)

Exploitation de 25 à 30 sites par Veolia ou le Védif pour la protection de la ressource en eau potable.

b) Enjeux et raisons de cette mise en place

- ▶ Enjeu commercial : lobbying des fournisseurs auprès des collectivités
- ▶ Sensibilisation et communication
- ▶ Technique : suivi des développements d'algues
- ▶ Surveillance en cas de risque industriel ou hydrocarbures
- ▶ Demande de la collectivité pour s'assurer une tranquillité

c) Objectifs

Stations de surveillance plus que stations d'alerte.

d) Choix des paramètres mesurés

- ▶ Paramètres faciles à mesurer dont les technologies sont abordables et intéressantes et qui assurent des mesures fiables.
- ▶ Paramètres basiques. Selon les besoins des sites, d'autres paramètres peuvent être suivis.

Paramètre mesuré	Objectifs
pH	Qualité. pH entre 6,5 et 8,5, ou entre 5,5 et 9 selon le type de traitement à l'entrée. Recherche de stabilité des mesures. Alertes définies selon les seuils réglementaires.
Température	
Conductivité	Paramètre facile à obtenir. Objectifs liés à la réglementation pour surveiller la stabilité du milieu.
Oxygène dissous	L'absence d'oxygène est signe d'une pollution.
Turbidité	Bon indicateur pour définir le traitement de l'eau. Des limites de qualité sont à respecter.
Hydrocarbures	Indicateur direct de pollution. Mesure effectuée pour tranquilliser l'exploitant.
COT et Ammonium	Critères de qualité réglementaires. Des limites et des seuils d'alertes à respecter.
Toxicité	

4.2.3.2 Technologie de mesure en continu mise en œuvre et évaluation technique

a) Critères de choix de la technologie

- ▶ **Garanties des fournisseurs et mise à disposition de pièces de rechange**
- ▶ **Maintien des installations assuré par les fournisseurs**
- ▶ **Connaissance interne ou test sur site**

b) Phase de test

- ▶ **Etude de la performance de l'outil et de sa tenue dans le temps en amont**
- ▶ **Selon les paramètres : connaissance pointue interne ou validation sur site**
- ▶ **Capitalisation sur les expériences entre les différents sites**

c) *Contraintes associées à la mesure en continu*

INEXISTANTE	FAIBLE	MOYENNE	FORTE
Contraintes techniques			
Contraintes liées à l'utilisation			
		<ul style="list-style-type: none"> ▶ Fiabilité et robustesse ▶ Flexibilité ▶ Volume des données traitées ▶ Pannes 	Complexité d'utilisation, d'exploitation Disponibilité des données Adaptation aux réseaux existants
Contraintes liées à l'installation, à la maintenance, à l'entretien			
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Robustesse et fréquence de changement ▶ Autonomie 		Nécessité de maîtrise d'ouvrage / infrastructures Temps de maintenance et d'entretien
Contraintes analytiques liées à la technologie			
Données mesurées et leur forme			
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Format d'exploitation des mesures ▶ Fréquence et disponibilité des données ▶ Volume des données 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Suivi de l'exactitude et de la justesse des mesures 	
Gestion et analyse des données			
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Sous-traitance 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Collecte et mise à disposition des données ▶ Validation des données ▶ Analyse des données ▶ Utilisation des données 		
Autres difficultés			
Contraintes réglementaires			
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Validation de la technologie 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Précision de la mesure 		
Freins organisationnels et socioculturels			
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Changement des habitudes, réticence au changement 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Compétences inadaptées 	

4.2.3.3 Evaluation économique de la méthode utilisée

a) Financement

Collectivités, par hypothèse.

b) Coûts

Coût global	Coût détaillé	Fourchette basse	Fourchette haute
Coûts d'investissement	Coûts d'achat des technologies	900€	25 000€
	Coût d'intégration des équipements annexes		150 000 €
	Coût d'installation	50 000 €	
	Coût d'installation hydraulique	A estimer	A estimer
Coûts de maintenance	Coût d'exploitation du matériel et métrologie	1 jour/semaine	1,5 jour/semaine
	Coût d'exploitation hydraulique	1 jour/semaine	1,5 jour/semaine

Les coûts des technologies, selon les paramètres mesurés et les technologies utilisées, varient entre 900€ et 25 000€.

c) Bénéfices recensés

► Coûts évités :

- le nettoyage de filtres en cas de pollution dans l'usine,
- le risque de pollution de l'usine et en sortie d'usine, vers les utilisateurs,
- pour certains paramètres, l'endommagement des filières ou l'encrassement des filtres.

► Bénéfices directs :

- la commercialisation des données est une possibilité qui peut être envisagée,
- services associés au travail sur le milieu à valoriser, au-delà de l'alerte ou la surveillance,
- amélioration de l'image et garantie de protection des utilisateurs.

4.2.3.4 Bilan et perspectives

a) Bilan de la mise en place de cette technologie

Succès	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Stations de surveillance toujours en fonctionnement. ▶ Paramètres bien suivis car une cellule y est dédiée. ▶ Bons bilans de fonctionnement, temps de maintenance adapté, logiciels performants => exploitation performante. ▶ Investissements sur les compétences et les moyens humains : bonne capitalisation des expériences.
Difficultés	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Climat politique qui demande de baisser les coûts de fonctionnement. ▶ Les contrats sont plus difficiles avec des exploitants répartis sur plusieurs sites. ▶ Manque de réactivité des fournisseurs.
Leçons	<ul style="list-style-type: none"> ▶ L'importance de capitaliser sur les moyens humains. ▶ L'importance d'évaluer en amont pour justifier l'installation. ▶ Une bonne installation et une bonne exploitation assurent une bonne précision de mesure.
Perspectives et attentes	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Robustesse et maintenance à optimiser. ▶ Appareils plus simples et sans risques pour le personnel. ▶ Offre différenciante : autonomie et maintenance des technologies, communication des mesures. ▶ Bouées. ▶ Plus de réactivité de la part des fournisseurs sur les pannes. ▶ Nouveaux paramètres (toxicité).

b) Avantages et inconvénients, opportunités et menaces de la mesure en continu

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Qualité de la mesure sur la continuité ▶ Exploitabilité de la mesure ▶ Rapidité et adaptation de la mesure au besoin ▶ Efficacité ▶ Représentativité de la mesure 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Mesures moins précises qu'en laboratoire ▶ Complexité d'utilisation et nécessité de personnel qualifié ▶ Coûts ▶ Encadrement, temps de maintenance lourd, éducation nécessaire, compétences pas toujours disponibles
OPPORTUNITES	MENACES
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Exigences réglementaires ▶ Développement de la technologie ▶ Redistribution des coûts entre les acteurs ▶ Robustesse et autonomie car compétences non disponibles 	

4.2.4 Cas n°4 : Station d’alerte et de suivi des eaux de surface gérée par un opérateur (Station d’Observation de la Qualité des Eaux de la Loire de St Denis de l’Hôtel) – Suivi de la qualité des eaux de surface

4.2.4.1 Présentation du contexte et de l’activité

a) *Exploitant*

- ▶ Orléanaise des Eaux (ODE), filiale de la Lyonnaise des Eaux (LDE).
- ▶ Surveillance de la qualité des eaux de la Loire.

b) *Enjeux et raisons de cette mise en place*

- ▶ Demande de la collectivité d’effectuer un reporting.
- ▶ Sensibilisation et communication : rapport mensuel à la collectivité et sensibilisation locale.
- ▶ Ethique et image de marque.
- ▶ Gestion de procédé : alerte pour effectuer le basculement de ressource en cas de détection de pollution.

c) *Objectifs*

- ▶ Objectif initial : reporting auprès de la collectivité et des services de l’Etat.
- ▶ Objectif actuel : vision globale de la ressource, communication.

d) *Choix des paramètres mesurés*

Paramètre mesuré	Objectif de la mesure
pH, Température, Conductivité, Oxygène dissous	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Qualité globale de l'eau, paramètres standards. ▶ Activité photosynthétique. ▶ Aucune utilisation pour l'eau potable. ▶ pH en surface.
Turbidité, Couleur	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Qualité globale de l'eau, paramètre standard. ▶ Qualité de l'eau potable.
Matière Organique par UV, Ammonium, Oxygène dissous	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Détection de pollution (pour assainissement et rejets). ▶ Ammonium suivi pour vérifier la qualité de l'eau potable.
Métaux lourds (Cd, Pb, Cu, Cr6, Ni, Zn)	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Alerte pour l'alimentation en eau potable, aucune action particulière.
Radioactivité alpha et gamma	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Alerte pour l'alimentation en eau potable. Constat par la mesure en continu. ▶ Cette mesure a peu d'intérêt car les centrales nucléaires surveillent leurs rejets.
Poissons	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Détection de toxicité globale dans l'eau : enclenchement d'une alerte pour effectuer des analyses laboratoire sur les eaux brutes.
Niveau de la Loire	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Niveau suivi car il influence la qualité des eaux de forage et augmente la turbidité.
Hydrocarbures dissous	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Détection de pollution pour l'alimentation en eau potable.

4.2.4.2 Technologie de mesure en continu mise en œuvre et évaluation technique

a) *Critères de choix de la technologie*

- ▶ les retours d'expérience,
- ▶ des tests terrain minimalistes,
- ▶ des mesures effectuées en amont pour s'assurer de l'adaptation des instruments au milieu,
- ▶ la fiabilité des SAV des fabricants,
- ▶ la réglementation.

b) Contraintes associées à la mesure en continu

INEXISTANTE	FAIBLE	MOYENNE	FORTE
Contraintes techniques			
Contraintes liées à l'utilisation			
		<ul style="list-style-type: none"> ▶ Utilisation en fonctionnement normal ▶ Pannes 	Utilisation de l'outil complexe au démarrage Volume des données : fichiers lourds
Contraintes liées à l'installation, à la maintenance, à l'entretien			
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Robustesse et fréquence de changement ▶ Adaptation aux réseaux existants 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Temps de maintenance et d'entretien 	Nécessité de maîtrise d'ouvrage ou d'infrastructures supplémentaires
Contraintes analytiques liées à la technologie			
Données mesurées et leur forme			
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Format d'exploitation des mesures ▶ Volume des données ▶ Suivi de l'exactitude et de la justesse des mesures - Précautions prises pour une mesure de qualité 		Fréquence et disponibilité des données
Gestion et analyse des données			
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Sous-traitance 		<ul style="list-style-type: none"> ▶ Collecte et mise à disposition des données ▶ Validation des données ▶ Analyse des données ▶ Utilisation des données 	
Autres difficultés			
Contraintes réglementaires			
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Précision de la mesure ▶ Validation de la technologie utilisée 			
Freins organisationnels et socioculturels			
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Changement des habitudes, réticence au changement ▶ Compétences inadaptées 		

4.2.4.3 Evaluation économique de la méthode utilisée

a) Financement

- ▶ investissement initial : ville d'Orléans et participation de l'Agence de l'Eau
- ▶ investissements dans les plans de renouvellement, exploitation, consommables : exploitant

b) Coûts

Hypothèses :

- ▶ 1 ETP = 210 jours de 7 h par an
- ▶ Le coût d'un technicien est estimé à 45€/h soit 315€/jour

Détails sur la technologie			
Paramètres étudiés	Tous sauf radioactivité	Radioactivité	Total
Coûts de renouvellement de matériel			
Renouvellement matériel	352 787 €	219 800 €	572 587 €
Durée d'amortissement	10 ans	10 ans	10 ans
Coût annuel de renouvellement	35 279 €	21 980 €	57 259 €
Coût de main d'œuvre (exploitation, maintenance préventive et corrective, déplacements)			
Total main d'œuvre	33 404 €	3 186 €	36 590 €
Coûts des consommables, divers			
Total consommables, divers	23 580 €	3 500 €	27 080 €
Coût total annuel			
Coût total annuel	92 262 €	28 666 €	120 928 €

c) Bénéfices recensés

- ▶ Coûts évités :
 - détection de pollution globale,
 - pollution hydrocarbures : impact usine du Val,
 - coûts d'approvisionnement en eau potable en bouteille en substitution.
- ▶ Bénéfices directs :
 - Traçabilité du pollueur en cas de pollution, responsabilisation des acteurs,
 - Pas de question d'optimisation car suivi de qualité et système d'alerte. Mais meilleure réactivité et anticipation de pollutions,
 - Meilleure connaissance de la ressource.

4.2.4.4 Bilan et perspectives

a) Bilan de la mise en place de cette technologie

Succès	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Diminution de la consommation de réactifs ▶ Prise d'eau plus fiable
Echec	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Temps passé au maintien de l'exploitation du site dans la durée (moyens humains, organisation)
Difficultés	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Temps de remise en route après incident ▶ Pompage en période estivale (ensablement) ▶ Système utilisé pour la radioactivité obsolète
Attentes	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Optimisation des systèmes (énergie, infrastructures) ▶ Développement d'un système de bouée fiable ne mettant pas en cause la sécurité ▶ Moins de consommation d'eau ▶ Une mesure in situ serait idéale ▶ Coûts plus faibles sur la durée de vie totale de l'équipement ▶ Moins de maintenance nécessaire

b) Avantages et inconvénients, opportunités et menaces de la mesure en continu

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Qualité de la mesure ▶ Exploitabilité de la mesure ▶ Rapidité 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Nettoyage, complexité d'utilisation, exploitation lourde ▶ Coûts ▶ Représentativité de la mesure ▶ Encadrement, temps passé, éducation et compétences nécessaires
OPPORTUNITES	MENACES
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Exigences réglementaires ▶ Développement de la technologie et miniaturisation ▶ Continuité de mesures et ruptures technologiques ▶ Potentielle mise à disposition des données 	

4.2.5 Cas n°5 : Réseau de surveillance des eaux de surface (Syndicat de l'Orge Aval – SIVOA) – Suivi de la qualité des eaux de surface

4.2.5.1 Présentation du contexte et de l'activité

a) Exploitant

Regroupement de communes et de comités de communes qui gère 4 stations de mesure dans un réseau de 5 stations de mesure (une est gérée par le Sedif).

b) Enjeux et raisons de cette mise en place

- ▶ Choix interne (objectifs : interprétation, actions sur le milieu)
- ▶ Sensibilisation et communication, à travers le rapport annuel sur la qualité de l'eau
- ▶ Vigilance pour la détection de pollution et le déclenchement d'interventions
- ▶ Maîtrise de l'interprétation et des actions sur le milieu

c) Objectifs

- ▶ Evaluer l'efficacité du travail en assainissement pour améliorer la qualité des eaux de surface
- ▶ Diagnostics et suivi des évolutions

d) Choix des paramètres mesurés

- ▶ Autour des problématiques urbaines (pour l'ammonium notamment)
- ▶ Paramètres faciles à exploiter sont recherchés
- ▶ Paramètres qui permettent d'obtenir des informations par extrapolation sont préférés

Paramètre	Objectifs et actions associées
Ammonium	Vérification des rejets d'eaux usées.
Ortho-phosphates	Etude des transferts des écoulements par temps de pluie, vérification des rejets d'eaux usées. Mesure limitée car sur une seule station.
Conductivité	Paramètre utile pour étudier la pollution industrielle et le salage des voiries ;
pH	
O2 dissous	Vérification du rejet des eaux usées, état de stress du milieu (période estivale) : prévention des mortalités piscicoles.
Turbidité	Paramètre peu exploité, non fondamental : Suivi de l'impact des abaissements de clapets et détection d'accidents.

4.2.5.2 Technologie de mesure en continu mise en œuvre et évaluation technique

a) Critères de choix de la technologie

- ▶ La qualité du service après-vente
- ▶ La maintenance associée
- ▶ L'adaptation au milieu
- ▶ La facilité d'accès
- ▶ L'encrassement des capteurs

Aucune phase de test n'est mise en place.

b) Contraintes associées à la mesure en continu

INEXISTANTE	FAIBLE	MOYENNE	FORTE
Contraintes techniques			
Contraintes liées à l'utilisation			
▶ Volume des données		<ul style="list-style-type: none"> ▶ Complexité d'utilisation ▶ Fiabilité ▶ Pannes ▶ Validation de la donnée 	Disponibilité des données : beaucoup de maillons Flexibilité : mauvaise adaptation à l'environnement
Contraintes liées à l'installation, à la maintenance, à l'entretien			
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Adaptation aux réseaux existants ▶ Maîtrise d'ouvrage (car déjà existant) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Temps d'utilisation : 7 à 10 ans ▶ Autonomie 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Robustesse et fréquence de changement 	Temps de maintenance et d'entretien
Contraintes analytiques liées à la technologie			
Données mesurées et leur forme			
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Format d'exploitation des mesures ▶ Fréquence et disponibilité des données 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Volume des données et temps associé ▶ Exactitude et justesse des mesures, précautions pour en assurer la qualité 	
Gestion et analyse des données			
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Collecte et mise à disposition des données ▶ Analyse des données ▶ Utilisation des données 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Sous-traitance : entraîne une méconnaissance 	Validation des données (représentativité spatiale, coûts d'organisation)
Autres difficultés			
Contraintes réglementaires			
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Précision de la mesure ▶ Validation de la technologie 			
Freins organisationnels et socioculturels			
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Compétences inadaptées 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Changement des habitudes, réticence au changement 		

4.2.5.3 Evaluation économique de la méthode utilisée

a) Financement

- ▶ Premières installations : financement majoritaire par l'agence de l'eau.

- ▶ Aujourd'hui : Le syndicat supporte l'essentiel des coûts, la Région apporte des subventions qui correspondent à 20% du coût de la maintenance (chiffre 2012).

b) Coûts

- ▶ Analyse financière fondée sur les données réelles 2011.
- ▶ Hypothèses 1 jour agent = 168€ HT ; 1 jour technicien = 394€ HT

Détails sur la technologie					
Station	Arpajon	Longpont s/Orge	Villemoisson s/ Orge	Viry-Châtillon	Total
Paramètres étudiés	T°C, pH, O2, Conductivité, NH4+, PO43-	T°C, pH, O2, Conductivité, NH4+, Turbidité	T°C, pH, O2, Conductivité, NH4+, Turbidité	T°C, pH, O2, Conductivité, NH4+	
Année installation	juil-10	juin-07	juil-03	juin-08	
Coûts d'investissement					
Système de mesure					
Système	76 600 €	66 140 €	34 628 €	56 219 €	233 587 €
Durée amortissement	10 ans	10 ans	10 ans	10 ans	10 ans
Amortissement annuel	7 660 €	6 614 €	3 463 €	5 622 €	23 359 €
Installations annexes (bâtiments, installations annexes, formations...)					
Invest. annexe	49 000 €	67 954 €	47 381 €	23 253 €	187 588 €
Durée amort.	15 ans	15 ans	15 ans	15 ans	15 ans
Amort. annuel	3 267 €	4 530 €	3 159 €	1 550 €	12 506 €
Coût d'investissement total					
Invest. total	125 600 €	134 094 €	82 009 €	79 472 €	421 175 €
Amort. annuel total	10 927 €	11 144 €	6 622 €	7 172 €	35 865 €
Coûts de fonctionnement					
Main d'œuvre d'exploitation (maintenance préventive, curative, suivi, exploitation des données)					
Total par station	6 237 €	6 237 €	6 237 €	6 237 €	24 947 €
Matériels, consommables, prestations					
Moyenne par station	3 203 €	3 203 €	3 203 €	3 203 €	12 810 €
Coût total de fonctionnement					
Fonctionnement/an	9 439 €	9 439 €	9 439 €	9 439 €	37 757 €
Coûts totaux annuels					
Coût total annuel	20 366 €	20 584 €	16 061 €	16 611 €	73 622 €

Nota Bene : Les coûts de fonctionnement, par station, ont été calculés à partir des coûts de fonctionnement globaux, divisés par le nombre de stations. Ces sont donc des coûts moyens de fonctionnement.

c) Bénéfices recensés

- ▶ Coûts évités :
 - désoxygénation : interventions nécessaires pour les poissons morts,
 - pollutions : détection des déversements et intervention sur la source,
 - mesure d'impact : motive les actions correctives. Incite à la performance,

- recherche et innovation : mise à disposition des données pour les scientifiques,
- sensibilisation : incitation auprès des élus et évolution des pratiques des particuliers.

► **Bénéfices directs (qualitatifs)**

- Meilleure mesure des impacts
- Priorisation des actions
- Meilleure réactivité
- Pas de bénéfices financiers envisagés par une commercialisation ou des services additionnels

4.2.5.4 Bilan et perspectives

a) Bilan de la mise en place de cette technologie

Succès	Prise en régie. Dynamique interne.
Difficultés	Manque d'adaptation des technologies au milieu. Manque de retours d'expérience.
Leçons tirées de l'expérience	Une installation trop sécurisée est trop complexe à utiliser et n'augmente pas la fiabilité. Prévoir des installations rustiques, faciles à entretenir et conçues de manière simple (double pompage). Prendre en main immédiatement les installations afin d'identifier au plus vite les ajustements nécessaires et d'acquérir une bonne expertise sur les matériels. Importance de capitaliser sur l'expérience acquise.
Perspectives, attentes	Meilleure compatibilité des technologies avec le milieu (pour les sondes ammonium et ortho-phosphates). Technologie optique.

b) Avantages et inconvénients, opportunités et menaces de la mesure en continu

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"> ► Qualité de la mesure ► Exploitabilité de la mesure ► Rapidité et disponibilité des mesures ► Efficacité (taux de fonctionnement) ► Représentativité temporelle 	<ul style="list-style-type: none"> ► Temps de maintenance ► Complexité d'utilisation ► Coûts ► Encadrement et nécessité de formation
OPPORTUNITES	MENACES
<ul style="list-style-type: none"> ► Exigences réglementaires et nouvelles contraintes ► Développement de la technologie ► Services supplémentaires apportés par la mesure en continu ► Potentielle redistribution des coûts entre acteurs Continuité et suivi 	<ul style="list-style-type: none"> ► Obsolescence : prévoir le renouvellement est lourd

4.2.6 Cas n°6 : Gestion de deux stations mobiles par une agence de l'eau (Agence de l'eau Artois-Picardie) – Suivi de la qualité des eaux de surface

4.2.6.1 Présentation du contexte et de l'activité

a) Exploitant

Agence de l'eau Artois-Picardie : suivi de la qualité des eaux de surface. Deux stations mobiles installées sur des remorques datant de 1982 affectées au milieu naturel pour la surveillance des cours d'eau et des plans d'eau. Ces stations sont utilisées pour des campagnes de 1 à 2 mois sur un même point de mesure.

b) *Enjeux et raisons de cette mise en place*

- ▶ Economique et financier en permettant le bon dimensionnement de travaux
- ▶ Optimisation et productivité dans le cadre de dimensionnement de travaux
- ▶ Sensibilisation et communication
- ▶ Recherche dans le cadre de partenariats locaux, avec des universités par exemple

c) *Objectifs*

- ▶ Accéder à des évènements (pluies exceptionnelles, pollutions accidentelles...) et des phénomènes particuliers (pollutions diffuses ou intermittentes) inaccessibles en mesures ponctuelles
- ▶ Obtenir des informations sur la qualité des cours d'eau en des points sensibles
- ▶ Obtenir une meilleure connaissance et représentativité des milieux, travaux exploratoires
- ▶ Optimiser le dimensionnement des ouvrages et proposer des orientations contre la pollution urbaine et industrielle, les pollutions diffuses

d) *Choix des paramètres mesurés*

Paramètre mesuré	Objectif de la mesure
Paramètres standards : Oxygène dissous, Température, pH, Conductivité, Turbidité	▶ Information générale sur la qualité de l'eau
Eléments nutritifs : Phosphates PO4, Nitrates NO3, Ammonium NH4, COT	▶ Maîtriser la pollution trophique de l'eau et les incidences (proliférations végétales)
Paramètres d'accompagnement : Débit, Pluviométrie, Ensoleillement, Médicaments, pesticides, Photosynthèse / chlorophylle	▶ Nuancer les résultats des autres mesures (calcul de flux)

4.2.6.2 Technologie de mesure en continu mise en œuvre et évaluation technique

a) Critères de choix de la technologie

- ▶ Travaux de l'EXERA
- ▶ Appel d'offres sur critères technologiques
- ▶ Veille technologique
- ▶ SAV

b) Contraintes associées à la mesure en continu

INEXISTANTE	FAIBLE	MOYENNE	FORTE
Contraintes techniques			
Contraintes liées à l'utilisation			
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Disponibilité des données instantanée ▶ Flexibilité 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Complexité d'utilisation de l'outil ▶ Fiabilité (intercalibrations nécessaires) ▶ Pannes (bouchages, usure) ▶ Volume des données traitées 	
Contraintes liées à l'installation, à la maintenance, à l'entretien			
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Robustesse et fréquence de changement ▶ Autonomie 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Contraintes de terrain fortes (accès, alimentation électrique, sécurité des matériels et personnels...) 	Maîtrise d'ouvrage et infrastructures Temps de maintenance et d'entretien
Contraintes analytiques liées à la technologie			
Données mesurées et leur forme			
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Format d'exploitation des mesures ▶ Fréquence et disponibilité des données 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Volume des données (et temps nécessaire à leur juste exploitation) ▶ Suivi de l'exactitude et de la justesse des mesures 	
Gestion et analyse des données			
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Collecte et mise à disposition des données ▶ Validation des données ▶ Sous-traitance 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Analyse des données ▶ Utilisation des données 	
Autres difficultés			
Freins organisationnels et socioculturels			
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Changement des habitudes, réticence au changement ▶ Compétences inadaptées 		

4.2.6.3 Evaluation économique de la méthode utilisée

a) Financement

Tout est aux frais de l'agence de l'eau. Les mesures de laboratoire sont sous-traitées.

b) Coûts

	Coût/station	Unité
Investissement		
Equipements	164 000	€
Coût d'installation et de formation	A estimer et ajouter	
Maintenance sur appareils		
Analyseurs et réactifs	15300	€/an
Autres (filtres, pompes...)	4 700	€/an
Alimentation, logistique		
Consommation EDF	6 000	€/an
Transport stations	14 000	€/an
Main d'œuvre		
Maintien des stations	1	ETP
Rédaction des rapports	0,25	ETP

- ▶ Coût d'une campagne variable selon les besoins analytiques, de 5 000 à 7 000 €
- ▶ En 2012 : 6 campagnes programmées, coût total de 22 000€, soit 3 700€ par campagne

c) Bénéfices recensés

- ▶ Coûts évités :
 - internalisation du dimensionnement des ouvrages : coûts évités de sous-traitance,
 - coût d'une campagne de mesure très marginal comparé au coût global des travaux et cette étude permet d'optimiser le coût des travaux,
 - bonne connaissance du fonctionnement des cours d'eau : optimisation des mesures, maîtrise du milieu, interprétation des résultats. Processus itératif d'amélioration continue.
- ▶ Bénéfices directs :
 - détection de phénomènes qui seraient inaperçus avec une mesure ponctuelle,
 - garder le contact avec le terrain et conserver les compétences techniques en interne pour améliorer la pertinence des actions et des réponses,
 - autonomie et reconnaissance des techniciens.

4.2.6.4 Bilan et perspectives

a) Bilan de la mise en place de cette technologie

Succès	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Beaucoup de choses entreprises ▶ Dimensionnement d'ouvrages ▶ Diagnostics pertinents sur les milieux et les pressions ▶ Reconnaissance ▶ Maintien de l'expertise et du savoir-faire technique ▶ Maintien des stations ▶ Evolution et adaptation des stations aux besoins changeants
Difficultés	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Mise à disposition des moyens financiers et humains ▶ Difficultés à maintenir une expertise technique ▶ Priorisation ▶ Exploitation croisée des données ▶ Rentabiliser les acquisitions sophistiquées avec peu de moyens humains
Leçons	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Nécessité de rester en veille sur les technologies (maintien de la compétence, évolution)
Attentes	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Attentes réglementaires : nouveaux types de pollution et travaux de contrôle ▶ Attentes en termes de connaissances : Intérêt pour les micropolluants, les paramètres biologiques, la mesure de haute fréquence de la toxicité, les HAP, les métaux dissous ▶ Attentes technologiques : <ul style="list-style-type: none"> ▶ outils de traitement adaptés aux mesures pour une meilleure exploitation des données ▶ appareils moins volumineux et plus automatisés ▶ amélioration du déplacement des installations ▶ échantillonneurs passifs

b) Avantages et inconvénients, opportunités et menaces de la mesure en continu

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Qualité de la mesure ▶ Exploitabilité de la mesure ▶ Rapidité et réactivité ▶ Coûts acceptables relativement au coût des études externalisées ▶ Représentativité de la mesure ▶ Permet d'être plus compétent 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Surcoûts car hors périmètre réglementaire (sauf cas des contrôles d'enquête) ▶ Exploitation des données non optimale avec les moyens actuels ▶ Traitement des données croisées complexe ▶ Isolement des exploitants ▶ Suivi, entretien, maintenance ▶ Formation nécessaire pour traiter et exploiter au mieux les possibilités offertes par les stations et les informations obtenues
OPPORTUNITES	MENACES
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Exigences réglementaires (police des eaux, DCE) ▶ Services supplémentaires par la mesure en continu 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Peu de soutien de la part des partenaires de l'agence ▶ Coûts ▶ Inadéquation entre les informations recueillies et les outils mis en place pour leur exploitation

4.2.7 Cas n°7 : Suivi de la qualité des eaux de rejets en sortie de station d'épuration (Station d'épuration de l'agglomération de Bordeaux) – Eaux de rejets d'assainissement

4.2.7.1 Présentation du contexte et de l'activité

a) *Exploitant*

LDE : Exploitant de STEP en contrat d'affermage pour la collectivité. Mesure en continu de la qualité d'eau en sortie de 5 stations de traitement des eaux.

b) *Enjeux et raisons de cette mise en place*

- ▶ Collectivité et police de l'eau : droit de regard
- ▶ Exigence réglementaire
- ▶ Qualité de service et suivi de l'activité en interne
- ▶ Certification en cours : participe à l'amélioration de process
- ▶ Enjeu commercial : transparence et négociation de contrats avec la collectivité
- ▶ Image de marque et savoir-faire
- ▶ Productivité et efficacité

c) *Objectifs*

- ▶ Maîtrise du niveau de maintenance
- ▶ Gestion de l'efficacité du parc
- ▶ Evolution et optimisation permanente, productivité
- ▶ Alerter l'exploitant en cas de dépassement de seuils de mesure
- ▶ Juste mesure des paramètres
- ▶ Transparence sur la qualité du service auprès des agences et de la police de l'eau

d) *Choix des paramètres mesurés*

- ▶ La turbidité : indicateur de la qualité de l'effluent
- ▶ L'ammonium : conformité avec la norme sur la qualité de l'eau rejetée
- ▶ Les nitrates : conformité avec la norme sur la qualité de l'eau rejetée
- ▶ Débit

4.2.7.2 Technologie de mesure en continu mise en œuvre et évaluation technique

a) *Critères de choix de la technologie*

Tests mis en place avec les fournisseurs pour mesurer la performance de la technologie, la fiabilité de la mesure, la contrainte de temps et de main d'œuvre associée :

- ▶ Sur le terrain directement
- ▶ En parallèle des mesures déjà effectuées pour en mesurer la performance
- ▶ En partenariat avec les fournisseurs
- ▶ Test sur plusieurs mois

b) Contraintes associées à la mesure en continu

INEXISTANTE	FAIBLE	MOYENNE	FORTE
Contraintes techniques			
Contraintes liées à l'utilisation			
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Disponibilité des données ▶ Fiabilité 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Utilisation facile de l'outil ▶ Flexibilité ▶ Volume des données traitées ▶ Pannes (fréquence, remise en marche) ▶ Fiabilité et disponibilité de la mesure 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Entretien (temps associé) 	
Contraintes liées à l'installation, à la maintenance, à l'entretien			
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Autonomie 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Robustesse et fréquence de changement ▶ Adaptation aux réseaux existants ▶ Nécessité de maîtrise d'ouvrage ou d'infrastructures supplémentaires ▶ Maintenance et entretien 		
Contraintes analytiques liées à la technologie			
Données mesurées et leur forme			
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Format d'exploitation des mesures ▶ Fréquence et disponibilité des données 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Volume des données ▶ Suivi de l'exactitude et de la justesse des mesures et Précautions prises pour que la mesure soit de qualité 		
Gestion et analyse des données			
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Collecte et mise à disposition des données 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Validation des données – Invalidation en temps réel (représentativité spatiale, coûts d'organisation) ▶ Analyse des données ▶ Utilisation des données ▶ Sous-traitance (part faible) 		
Autres difficultés			
Contraintes réglementaires			
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Validation de la technologie utilisée 		
Freins organisationnels et socioculturels			
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Changement des habitudes, réticence au changement 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Compétences inadaptées 	

4.2.7.3 Evaluation économique de la méthode utilisée

a) Financement

- ▶ Initial : demande de crédit à la collectivité
- ▶ Fonctionnement à la charge de la LDE

b) Coûts

- ▶ Le coût de la main d'œuvre direct est de 36€/h, auquel il faut ajouter 40% de charges de structure.
- ▶ Les coûts présentés sont des estimations, à +/- 20%.

Systèmes et paramètre	NH4 + NO3	Ammonium	Turbidité
Coûts d'investissement			
Total Matériel	9 333 €	7 250 €	3 833 €
Total MO Mise en place	1 820 €	1 820 €	1 820 €
Coût total installation	11 153 €	9 070 €	5 653 €
Amortissement (ans)	6	6	5
Coût d'installation annuel	1 859 €	1 512 €	1 131 €
Coûts de fonctionnement (dont interventions préventives)			
Coût de main d'œuvre annuel	650 €	650 €	151 €
Coûts annuel des consommables	1 271 €	813 €	263 €
Coût de fonctionnement annuel	1 921 €	1 463 €	414 €
Coûts des interventions correctives			
Coût annuel d'interventions correctives	1 008 €	907 €	50 à 700€
Coût total annuel	4 788 €	3 881 €	1594€ à 2244€

c) *Bénéfices recensés*

▶ Coûts évités :

- pollution (impact sur l'amende, le nettoyage, la contrepartie aux tiers touchés) :
 - preuve du temps de déversement : limite l'impact sur l'environnement et l'amende
 - évaluation plus fiable de la perte d'exploitation associée, subie par un tiers
 - mesure plus juste de l'impact sur l'environnement (exemple : sur les poissons)
 - les données et estimations pourraient être estimées.
- Efficacité :
 - limites de temps de déversements localisés en cas de problème,
 - réactivité plus grande car mesure en temps réel,
 - meilleure efficacité des mesures et homogénéité du parc.

▶ Bénéfices directs et indirects :

- rentabilité de l'instrumentation maintenue et optimisation sur exploitation (réactifs, énergie, temps de main d'œuvre),
- redistribution des charges selon la responsabilité des différents pollueurs :
 - démonstration des limites des durées de déversement,
 - démonstration de l'absence de culpabilité et identification du pollueur,
- services supplémentaires commercialisés :
 - valorisation de l'expérience,
 - service de conseil en cours d'élaboration.
- Création de valeur ajoutée :
 - savoir-faire démontré,
 - transparence,
 - historique.
- Impacts clients – marchés :
 - image, crédibilité et notoriété (par les preuves d'un service de qualité),
 - intégration de ces paramètres au périmètre ISO 9001,
 - cercle vertueux de la qualité.

4.2.7.4 Bilan et perspectives

a) Bilan de la mise en place de cette technologie

Difficultés	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Pannes ▶ Mauvaise adaptation du système au milieu
Leçons	<p>Anticipations et façons de les surmonter :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ tests pendant quelques mois pour valider les technologies ▶ tests de terrain pour vérifier l'adaptation au milieu ▶ tests en parallèle des mesures initiales pour faciliter la comparaison
Perspectives, attentes	<p>Mesure plus fiable du débit Se prémunir autant que possible de la mesure de laboratoire Mesure des matières organiques dissoutes par absorbance UV</p>

b) Avantages et inconvénients, opportunités et menaces de la mesure en continu

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Evaluation et maîtrise du risque ▶ Qualité de la mesure ▶ Exploitabilité de la mesure ▶ Utilisation facile de l'outil ▶ Efficacité et fiabilité ▶ Absence de réactifs ▶ Représentativité de la mesure car pas de transport 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Encadrement et maintenance nécessaires, temps passé et éducation pour éviter toute perte de rentabilité ▶ Assistance technique nécessaire pour les pannes ▶ Pour certains paramètres, complexité d'utilisation ▶ Coûts
OPPORTUNITES	MENACES
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Exigences réglementaires ▶ Développement de la technologie ▶ Services supplémentaires apportés par la mesure en continu ▶ Redistribution des coûts entre les acteurs (par la traçabilité) ▶ Continuité dans le suivi de maintenance ▶ Concurrence 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Obsolescence : compliquée

4.2.8 Cas n°8 : Suivi des eaux de rejets de trois usines d'incinération des ordures ménagères gérées par un opérateur – Eaux de rejets industriels

4.2.8.1 Présentation du contexte et de l'activité

a) Exploitant

Sita est une filiale du groupe Suez Environnement, lui-même filiale de GDF Suez. Sita collecte et traite les déchets, à la fois ménagers et industriels.

Les usines « UIOM » de Novergie incinèrent les déchets non dangereux pour leur valorisation énergétique. Une étude a été menée en 2009 sur la mesure en continu du COT installée sur les points de rejets aqueux.

b) Enjeux et raisons de cette mise en place

- ▶ Transparence et communication auprès de la DREAL et les associations locales (réunions CLIS)
- ▶ Réglementaire pour le COT
- ▶ Certification ISO 14000 : COT dans le périmètre
- ▶ Optimisation et productivité
- ▶ Connaissance

c) Objectifs

- ▶ Amélioration du process
- ▶ Conformité des rejets avec la qualité réglementaire et les conventions de rejets
- ▶ Pouvoir réagir sur le process, assurer une grande réactivité grâce au système d'alerte.
- ▶ Communiquer des résultats à la DREAL et aux associations sur la qualité des rejets.
- ▶ Surveiller le flux toute la journée.
- ▶ Donner une image complète de l'installation pour mieux la maîtriser

d) Choix des paramètres mesurés

Paramètre	Objectifs / Actions conduites
pH	Régulation de pH sur les traitements d'eau
Température	Réactivité si besoin de refroidissement
Débit	Gestion de process et calcul des flux
COT	Réglementation : Arrêté du 20 septembre 2002 relatif aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets dangereux. Alerte de dépassement de seuil, arrêt des rejets si besoin.

4.2.8.2 Technologie de mesure en continu mise en œuvre et évaluation technique

a) Critères de choix de la technologie

Des phases de tests réalisées pendant quelques semaines en accord avec les constructeurs et revendeurs qui louent ou prêtent leurs instruments. Ils assurent également une assistance technique pour le suivi et la maintenance de ces appareils en test.

Des contrats de maintenance sont établis sur tous les sites avec une intervention prévue une à deux fois par an pour l'étalonnage et le nettoyage.

b) *Contraintes associées à la mesure en continu*

INEXISTANTE	FAIBLE	MOYENNE	FORTE
Contraintes techniques			
Contraintes liées à l'utilisation			
▶ Volume des données traitées	▶ Flexibilité	▶ Disponibilité des données (40 à 60%)	Utilisation trop complexe de l'outil Fiabilité Pannes (fréquence, remise en marche)
Contraintes liées à l'installation, à la maintenance, à l'entretien			
		▶ Temps de maintenance et d'entretien	Robustesse et fréquence de changement Adaptation aux réseaux existants Autonomie Maîtrise d'ouvrage / infrastructures
Contraintes analytiques liées à la technologie			
Données mesurées et leur forme			
	▶ Format d'exploitation des mesures ▶ Fréquence et disponibilité des données ▶ Volume des données ▶ Suivi de l'exactitude et de la justesse des mesures et Précautions prises pour que la mesure soit de qualité		
Gestion et analyse des données			
▶ Utilisation des données	▶ Collecte et mise à disposition des données ▶ Analyse des données ▶ Sous-traitance	▶ Validation des données	
Autres difficultés			
Contraintes réglementaires			
	▶ Précision de la mesure		Validation de la technologie utilisée
Freins organisationnels et socioculturels			
	▶ Changement des habitudes, réticence au changement ▶ Compétences inadaptées		

4.2.8.3 Evaluation économique de la méthode utilisée

a) Financement

L'intégralité des coûts a été supportée par les sites. Aucune subvention n'a été touchée.

b) Coûts

Coûts associés au COT, tels qu'ils ont été calculés dans le cadre de l'étude réalisée en 2009 sur les 3 sites industriels de tailles différentes. Les coûts sont donnés par site.

Type de coût	Coût associé
INVESTISSEMENT	
Etude préalable + analyseur + installation + formation	100 000 €
Amortissement (en théorie 7 ans, mais suppression après 5 ans)	5 ans
FONCTIONNEMENT	
Matériel, pièces, réactifs	3000 à 5000 €/an
Sous-traitance (contrôles préventifs)	2000 à 7500 €/an
Main-d'œuvre (maintenance totale)	0,05 à 0,2 ETP

c) Bénéfices recensés

► Coûts évités :

- potentielles pollutions faites sur le milieu de rejet.

► Bénéfices directs :

- le suivi de la qualité et la vérification de la qualité du rejet,
- la meilleure connaissance du procédé et sa maîtrise associée,
- la reconnaissance auprès des parties externes, l'image de marque et de maîtrise.

4.2.8.4 Bilan et perspectives

a) Bilan de la mise en place de cette technologie

Succès	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Réorganisation du service et du process de métrologie en usine. Amélioration de la méthodologie et de l'organisation
Echecs, points non résolus	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Mise en place de la mesure en continu du COT ▶ Pas de suivi de process satisfaisant sur de nouveaux paramètres
Difficultés	<ul style="list-style-type: none"> ▶ De nombreux tests réalisés sur les différentes technologies sans résultat concluant ▶ Difficultés dues au SAV : peu d'aide a été obtenue de la part des revendeurs ▶ Manque de performance au niveau du SAV pour faire fonctionner 24h/24 les COT-mètres ▶ Marché presque inexistant de sous-traitants compétents ▶ Structure organisationnelle ne permettant pas de mettre en place une maintenance satisfaisante
Leçons	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Se donner des objectifs atteignables : un prélèvement par jour est plus pertinent que beaucoup de données fausses ▶ Réaliser des études de coûts, en négociation avec la DREAL, avant d'investir. Une étude technico-économique doit être réalisée pour démontrer l'apport de la technologie au regard des coûts associés
Perspectives, attentes	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Autonomie de l'appareil ▶ Adaptation au milieu agressif ▶ Engagement de résultats pour les sous-traitants

b) Avantages et inconvénients, opportunités et menaces de la mesure en continu

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Mesures fiables ▶ Qualité de la mesure et suivi des variations 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Automatisation et installation complexes à mettre en place ▶ Pas d'adaptation de l'appareil au milieu agressif ▶ Exploitabilité de la mesure ▶ Fréquence non optimale ▶ Complexité d'utilisation ▶ Coûts ▶ Représentativité de la mesure ▶ Encadrement, temps passé, éducation nécessaire ▶ Fragilité des appareils
OPPORTUNITES	MENACES
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Exigences réglementaires ▶ Développement de la technologie ▶ Redistribution des coûts entre les acteurs 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Obsolescence

4.2.9 Cas n°9 : Suivi des eaux estuariennes (Groupement d'Intérêt Public Loire Estuaire) – Applications complémentaires : suivi des eaux de transition et des eaux littorales

4.2.9.1 Présentation du contexte et de l'activité

a) Exploitant

Le GIP (Groupement d'Intérêt Public) Loire Estuaire a été créé pour comprendre le fonctionnement et assurer le suivi de la qualité des eaux de la Loire, d'Angers à St Nazaire.

Réseau SYVEL composé de 6 stations :

- ▶ 4 stations estuariennes de type MAREL basées sur les installations portuaires de Donges et Paimboeuf, le ponton du bac Pellerin et le quai du Navibus à Trentemoult
- ▶ Une sonde multi-paramètres SMATCH fixée sur une pile du pont de Bellevue
- ▶ Une station industrielle d'EDF Cordemais

b) Enjeux et raisons de cette mise en place

- ▶ Sensibilisation et communication
- ▶ Recherche et connaissance
- ▶ Réglementaire (pour une station seulement)

c) Objectifs

- ▶ Avoir plus de connaissance sur la dynamique estuarienne
- ▶ Améliorer la qualité de l'eau à moyen et à long termes
- ▶ La mesure en continu est utilisée pour suivre la masse d'eau estuarienne et la qualité des eaux de surface. Un suivi est mis en place et des rapports réguliers sont publiés

d) Choix des paramètres mesurés

Les principaux paramètres suivis, en plus du réseau de mesures en continu, sont :

- ▶ la qualité physique de l'eau et la forme des fonds,
- ▶ la teneur en chlorophylle, les nutriments.,
- ▶ la végétation et l'activité biologique,
- ▶ les usages.

Paramètre	Objectifs de la mesure
Conductivité (salinité)	Salinité, paramètre qui influence les usages que l'on peut faire de l'eau (exemple prélèvement agricole, eau potable). Le gradient de salinité impacte le milieu vivant.
Température	Paramètre qui influence l'oxygène dissous et qui est donc suivi à cette fin.
Oxygène Dissous	Comprendre l'activité piscicole : comment et quand se créent les déficits d'oxygène ? Dans quelle condition y a-t-il un risque ? Comprendre le problème pour pouvoir le résoudre.
Turbidité (MES)	Accumulation de sédiments. Mesurer la turbidité et la Matière Organique permet d'anticiper car cette matière va se décomposer et consommer de l'oxygène.
pH	Suivi, utilisé par EDF, non par le GIP LE.

4.2.9.2 Technologie de mesure en continu mise en œuvre et évaluation technique

a) Critères de choix de la technologie

- ▶ Agressivité du milieu et adaptation
- ▶ Réseaux existants (Seine, Gironde) et retours d'expérience
- ▶ Nombre d'interventions nécessaires à réduire au maximum (car manque de compétences techniques)
- ▶ Autonomie maximale des stations

b) Contraintes associées à la mesure en continu

INEXISTANTE	FAIBLE	MOYENNE	FORTE
Contraintes techniques			
Contraintes liées à l'utilisation			
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Flexibilité, réglage facile ▶ Pannes (fréquence, remise en marche) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Complexité d'utilisation de l'outil ▶ Disponibilité des données ▶ Fiabilité 	Volume des données traitées
Contraintes liées à l'installation, à la maintenance, à l'entretien			
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Adaptation aux réseaux existants ▶ Autonomie ▶ Nécessité de maîtrise d'ouvrage ou d'infrastructures supplémentaires ▶ Temps de maintenance et d'entretien 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Robustesse et fréquence de changement 	Stations MAREL installées simultanément, donc les différents composants tombent en panne en même temps
Contraintes analytiques liées à la technologie			
Données mesurées et leur forme			
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Fréquence et disponibilité des données 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Format d'exploitation des mesures ▶ Suivi de l'exactitude et de la justesse des mesures et précautions prises pour que la mesure soit de qualité 	Volume des données
Gestion et analyse des données			
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Collecte et mise à disposition des données 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Validation des données ▶ Sous-traitance 	Analyse et utilisation des données chronophage
Autres difficultés			
Contraintes réglementaires			
		<ul style="list-style-type: none"> ▶ Validation de la technologie utilisée 	
Freins organisationnels et socioculturels			
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Changement des habitudes, réticence au changement 		<ul style="list-style-type: none"> ▶ Compétences inadaptées 	

4.2.9.3 Evaluation économique de la méthode utilisée

a) Financement

- ▶ Investissement initial : l'Agence de l'eau Loire Bretagne, les Fonds Européens FEDER et le Grand Port Maritime de Nantes-St-Nazaire
- ▶ Fonctionnement et maintenance : Agence de l'eau et FEDER

- ▶ Le financement de la maintenance du réseau se fait par les fonds de l'agence de l'eau Loire-Bretagne et le FEDER européen

b) Coûts

Les chiffres sont présentés en TTC. L'entretien, la maintenance et le nettoyage sont sous-traités.

Type de coût	Coût associé
INVESTISSEMENT	
Investissement initial	745 000 €
FONCTIONNEMENT ET MAINTENANCE	
Assurance (matériel et bris de machine)	4 600 €/an
Electricité	▶ 500 €/an
Abonnements téléphoniques	3 000 €/an
Prestations de maintenance préventive	39 000 €/an
Achat de nouvelles pièces et temps passé par le responsable	Variable, à estimer

c) Bénéfices recensés

- ▶ Coûts évités pour la communauté :
 - le port récupère ces données et n'investit pas lui-même dans ses propres suivis, ou ponctuellement pour densifier le réseau,
 - les données sont utilisées par des chercheurs et des bureaux d'études. La disponibilité des mesures permet de mettre en place de la recherche en évitant l'acquisition des mesures,
 - la pollution n'étant pas suivie, la mesure en continu ne permet pas de se prémunir contre d'éventuelles pollutions. Aucun coût évité n'y est donc associé.

4.2.9.4 Bilan et perspectives

a) Bilan de la mise en place de cette technologie

Succès	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Mise à niveau pour rentabiliser le système ▶ Taux de fonctionnement proche de 95%
Echecs, points non résolus	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Autre type de station en aval en projet jamais concrétisé par manque de technologie adaptée ▶ Point de mesure proche du fond
Difficultés	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Budget et temps nécessaires ▶ Eloignement des stations ▶ Pas de capitalisation optimisée car sous-traitance
Perspectives, attentes	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Technologie adaptée aux besoins (proche du fond avec aspiration de sédiments) ▶ Accessibilité des technologies

b) Avantages et inconvénients, opportunités et menaces de la mesure en continu

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Qualité de la mesure ▶ Données plus fiables donc plus exploitables ▶ Efficacité ▶ Mesures simples d'exploitation ▶ Représentativité de la mesure ▶ Fiabilité ▶ Suivi des tendances ▶ Plusieurs paramètres suivis en même temps 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Stations complexes d'utilisation ▶ Coûts ▶ Encadrement, temps passé, éducation nécessaire contraignants
OPPORTUNITES	MENACES
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Exigences réglementaires ▶ Développement de la technologie pour une meilleure adaptabilité au milieu ▶ Services supplémentaires apportés par la mesure en continu ▶ Redistribution des coûts entre les acteurs – Responsabiliser ▶ Obsolescence ▶ Coûts 	

4.3. Perception de la mesure en continu dans les 9 études de cas - Synthèse

4.3.1 Perception des contraintes techniques et analytiques dans les 9 études de cas

A partir d'un guide d'entretien présenté en annexe, nous avons interrogé 9 exploitants (trois sur le domaine d'application de suivi de la qualité des eaux de surface, trois sur la protection de la ressource en eau potable, deux sur les eaux de rejets industriels et un sur les eaux de transition et eaux littorales). L'objectif de ces entretiens (dont trois étaient réalisés sur site) était de collecter auprès des opérationnels les informations techniques et économiques autour de la mise en place de la mesure en continu.

Ces retours d'expérience ont permis de mettre en avant, par domaine d'application, les principaux avantages et inconvénients perçus par les exploitants. Le tableau suivant présente, pour tous les indicateurs qualitatifs retenus, les perceptions des interlocuteurs que nous avons interrogés sur la mesure en continu. Nous les avons classés par domaine d'application et avons spécifié si leur gestion est publique ou privée.

La légende appliquée est la suivante :

	Contrainte forte
	Contrainte moyenne
	Contrainte faible
	Pas de données disponibles

Par souci de lecture, nous numérotons de la façon suivante les cas dans le tableau de synthèse et dans la suite du document :

- ▶ **Protection de la ressource en eau potable :**
 - Cas n°1 : Station d'alerte sur l'eau potable
 - Cas n°2 : Service de l'eau et de l'assainissement d'une collectivité
 - Cas n°3 : Retour d'expérience d'un opérateur exploitant plusieurs stations
- ▶ **Suivi de la qualité des eaux de surface :**
 - Cas n°4 : Station d'alerte et de suivi des eaux de surface gérée par un opérateur
 - Cas n°5 : Réseau de surveillance des eaux de surface
 - Cas n°6 : Gestion de 2 stations mobiles par une agence de l'eau
- ▶ **Suivi des eaux de rejets :**
 - Cas n°7 : Eaux de rejets d'assainissement
 - Cas n°8 : Eaux de rejets d'Usine d'Incinération des Ordures Ménagères
- ▶ **Suivi des eaux de transition et des eaux littorales :**
 - Cas n°9 : Réseau de 6 stations de surveillance des eaux de transition

Application	Eau potable	Eaux de surface	Assainissement	Rejets d'usine	Littoral	% de contrainte	% de contrainte
-------------	-------------	-----------------	----------------	----------------	----------	-----------------	-----------------

Etude de cas	n°1	n°2	n°3	n°4	n°5	n°6	n°7	n°8	n°9		
Contraintes techniques										23%	52%
Contraintes liées à l'utilisation										19%	33%
Utilisation facile de l'outil	Red	Yellow	Red	White	Yellow	Yellow	Green	Red	Yellow	33%	11%
Disponibilité des données	Green	Green	Red	White	Red	Green	Green	Yellow	Yellow	22%	44%
Fiabilité	Green	Yellow	Yellow	White	Yellow	Yellow	Green	Red	Yellow	11%	22%
Flexibilité	White	White	Yellow	White	Red	Green	Green	Green	Green	11%	44%
Volume des données traitées	Green	Yellow	Yellow	Red	Green	Yellow	Green	Green	Red	22%	44%
Pannes (fréquence, remise en marche)	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Red	Green	11%	33%
Contraintes liées à l'installation, à la maintenance, à l'entretien										29%	51%
Robustesse et fréquence de changement	Green	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Red	Yellow	11%	67%
Adaptation aux réseaux existants	Yellow	Yellow	Red	Green	Green	Yellow	Green	Red	Green	22%	44%
Autonomie	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Red	Green	11%	78%
Nécessité de maîtrise d'ouvrage ou d'infrastructures supplémentaires	Red	Green	Red	Red	Green	Red	Green	Red	Green	56%	44%
Temps de maintenance et d'entretien	Yellow	Red	Red	Yellow	Red	Red	Green	Yellow	Green	44%	22%
Contraintes analytiques liées à la technologie										6%	65%
Données mesurées et leur forme										6%	64%
Format d'exploitation des mesures	Yellow	Green	Yellow	0%	78%						
Fréquence et disponibilité des données	Green	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Green	11%	89%
Volume des données	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Red	11%	44%
Suivi de l'exactitude et de la justesse des mesures. Précautions pour une mesure de qualité	Green	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	0%	44%
Gestion et analyse des données										7%	67%
Collecte et mise à disposition des données	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	0%	89%
Validation des données – Invalidation en temps réel (représentativité spatiale, coûts d'organisation)	Yellow	Green	Green	Yellow	Red	Green	Green	Yellow	Yellow	11%	44%
Analyse des données	Green	Green	Green	Yellow	Green	Yellow	Green	Green	Red	11%	67%
Utilisation des données	Green	White	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Red	11%	67%
Sous-traitance	Green	Yellow	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Yellow	0%	67%
Autres difficultés										6%	50%
Contraintes réglementaires										6%	33%
Précision de la mesure	Yellow	Green	Green	White	White	White	White	Green	White	0%	33%
Validation de la technologie utilisée	Yellow	Green	Green	White	White	White	Green	Red	Yellow	11%	33%
Freins organisationnels et socioculturels										6%	67%
Changement des habitudes, réticence au changement	White	Green	0%	89%							
Compétences inadaptées	White	Red	Yellow	Green	Green	Green	Yellow	Green	White	11%	44%
Ratio de contraintes fortes	8%	8%	21%	13%	17%	8%	0%	33%	17%	14%	
Ratio de contraintes faibles	42%	54%	54%	42%	42%	46%	92%	54%	38%		56%

Tableau 1 : Perception des contraintes de la mesure en continu dans les 9 études de cas réalisées

Source : Entretiens auprès des utilisateurs dans les 9 études de cas choisies

Nous pouvons observer que les contraintes sont principalement techniques, liées à l'utilisation des technologies et à la maintenance, plutôt qu'au traitement analytique des données. Les contraintes sont très différentes d'un cas à l'autre, même au sein d'un même domaine d'application. Les structures publiques semblent plus accompagnées, car elles ont, en moyenne, moins de difficulté avec ces technologies, ou les perçoivent comme moins contraignantes.

L'utilisation semble complexe pour le domaine d'application des eaux superficielles pour la production d'eau potable tandis que ce sont la maintenance et l'entretien qui semblent les plus compliqués dans le cas des eaux de rejets. L'application de suivi de la qualité des eaux de surface semble bénéficier du meilleur retour d'expérience sur ces technologies.

Il est particulièrement intéressant d'observer de fortes contraintes ressenties dans le cas des eaux de rejets en sortie d'usine d'incinération, alors que c'est le seul domaine d'application soumis à une obligation réglementaire. Cette difficulté peut s'expliquer par l'inadaptabilité des technologies au milieu. L'aspect contraignant est aussi une clé de lecture : les autres cas peuvent présenter plus de signes positifs car ils sont issus d'une décision et d'un choix délibéré de l'utilisateur et non perçus comme une contrainte.

Pour le suivi des eaux de transition littorales, domaine d'application complémentaire, le système semble moins abouti et nécessite des développements supplémentaires. Les difficultés ressenties, plus importantes, sont certainement dues aux infrastructures plus complexes nécessaires, dans un milieu particulièrement agressif.

Outre observer les principaux points de difficulté, par cas d'étude et par application, il est intéressant d'observer qu'en moyenne, le nombre de contraintes fortes est largement inférieur au nombre de contraintes faibles. Ces observations sont matérialisées dans les pourcentages renseignés. Donc, ce tableau présente la mesure en continu comme un avantage plutôt qu'un inconvénient, même si elle présente quelques contraintes qui pourraient être améliorées.

Toutes ces observations soulignent bien un point essentiel : les contraintes sont variables selon les cas, même au sein d'un même domaine d'application, et elles dépendent apparemment souvent plus du contexte que des paramètres étudiés.

A cette analyse qualitative s'ajoute une analyse quantitative, qui permet de comparer les applications les unes aux autres et de comparer les situations dans un même domaine d'application. C'est l'objet de la suite de l'étude.

4.3.2 Perception des coûts et des avantages par étude de cas et par application

A partir des éléments présentés dans les tableaux précédents et des éléments de coûts fournis par les utilisateurs interrogés, nous avons pu comparer les expériences entre elles, par domaine d'application. Nous avons également comparé les domaines d'application entre eux, à partir de moyennes calculées. Ces analyses ne sont que la retransmission brute d'une sélection d'informations issues des entretiens menés auprès de nos interlocuteurs et en aucun cas ces 9 études de cas n'ont vocation à proposer une analyse statistique, le nombre de cas étudié étant trop faible pour en tirer des conclusions générales dans chaque domaine d'application considéré.

L'objectif de ces radars est de montrer, dans un seul et même graphique, les coûts et bénéfices de la mesure en continu, d'un point de vue à la fois technique et économique, pour plusieurs cas dans un même domaine. Ainsi, plusieurs indicateurs, utilisés dans tous les entretiens réalisés, sont analysés en parallèle et pour tous les cas concernés. Ces graphes permettent donc de comparer les différentes situations rencontrées, par domaine d'application.

Afin de lire dans un seul graphe les contraintes techniques et financières associées à la mesure en continu, nous avons sélectionné les éléments suivants :

- ▶ Deux types de données permettent de qualifier la technologie utilisée :
 - La longévité des installations permet de qualifier la robustesse de la technologie.
 - Les paramètres mesurés sont un indicateur qui évalue l'ampleur des mesures (le nombre de paramètres) et leur pertinence (type de paramètres mesurés)

- ▶ Les données économiques sont réparties en deux types de coûts :
 - les coûts d'investissement d'une part. Ils sont à mettre en regard des paramètres mesurés et des durées de vie des technologies,
 - les coûts de fonctionnement d'autre part. Ils sont également à mettre en regard du nombre et du type de paramètres mesurés.

- ▶ Les contraintes associées à la mesure en continu sont réparties en deux types de contraintes :
 - les contraintes techniques, liées à l'utilisation de la technologie,
 - les contraintes analytiques, liées au traitement de l'information fournie par les appareils de mesures

Pour chacun des domaines d'application, une échelle appropriée est proposée pour chaque indicateur, permettant au mieux de comparer les situations.

Un radar est réalisé par domaine d'application, recensant les résultats des études de cas. Seul le cas des eaux de transition n'est pas proposé séparément car un seul cas a été étudié et donc aucune comparaison pertinente n'est possible. Cependant, un quatrième radar est réalisé pour comparer entre elles les applications considérées, intégrant les résultats des eaux de transition.

Pour lire correctement ces radars, il faut étudier le périmètre de la courbe correspondant à un cas. Plus le périmètre est grand, plus la perception de la technologie est bonne pour l'utilisateur. Ainsi, si la courbe passe proche des extrémités extérieures du radar, alors elle est bien perçue :

- ▶ la durée de vie de la technologie est longue, donc la technologie est robuste,
- ▶ les paramètres mesurés sont nombreux et pertinents,
- ▶ les coûts de fonctionnement et les coûts d'investissement sont faibles et peu contraignants,
- ▶ les contraintes analytiques et techniques sont jugées comme étant faibles.

Les couleurs du vert au rouge sont utilisées pour mettre en valeur les caractères positifs et avantageux ou négatifs et contraignants pour chaque indicateur et chaque cas identifié.

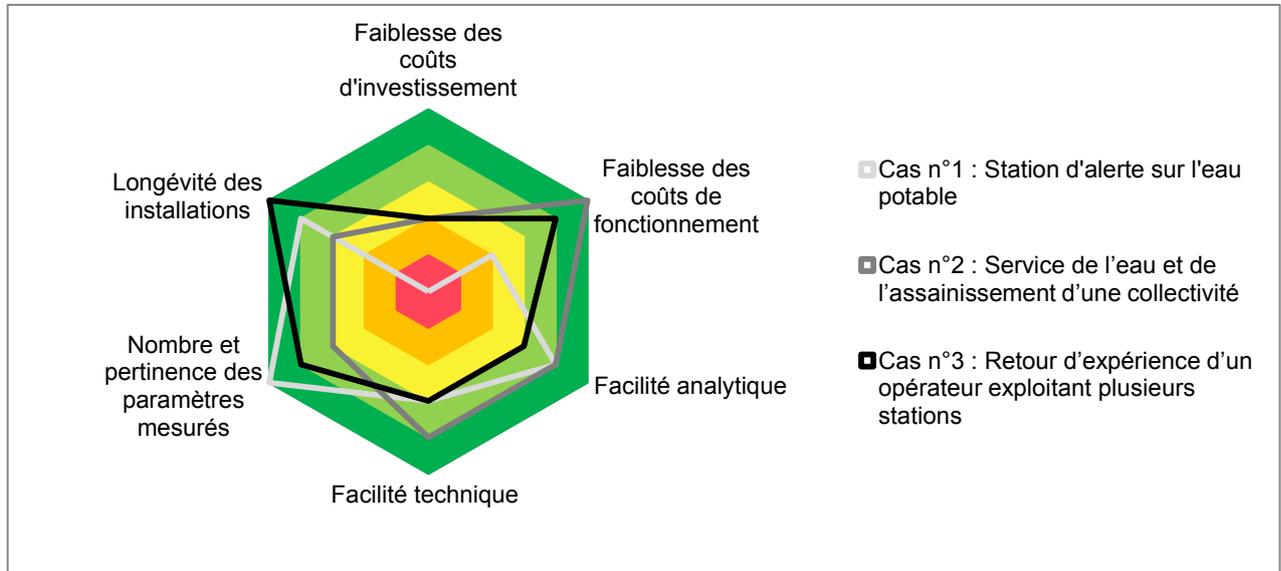
Il est important de noter que les moyennes calculées pour chaque domaine d'application (dans le dernier radar) ne sont calculées que pour permettre des comparaisons. Les études de cas sont cependant toutes différentes et uniques et ne sauraient servir de référence. De même, les moyennes calculées n'ont pas vocation à proposer des conclusions par domaine d'application, elles ne sont que la photo de situations dans 9 études de cas spécifiques choisies. Aucune extrapolation ne peut en être faite et nous nous attachons seulement à faire des observations et à tirer des conclusions à partir des témoignages de nos interlocuteurs. En effet, derrière ces analyses quantitatives, il est important de garder en tête l'aspect subjectif des entretiens réalisés, car le succès des expériences dépend de contextes particuliers et de facteurs humains et pas uniquement des performances techniques des appareils.

4.3.2.1 Perception des coûts et des avantages de la mesure en continu dans la protection de la ressource en eau potable

Pour réaliser le radar pour le domaine de la protection de la ressource en eau potable, l'échelle suivante a été créée, à partir des trois retours d'expérience. L'objectif est de mettre en évidence dans le même graphe les différences entre les cas étudiés.

Echelle	Faiblesse des coûts d'investissement	Faiblesses des coûts de fonctionnement	Facilité analytique	Facilité technique	Nombre et pertinence des paramètres mesurés	Longévité des installations
5	< 100 000 €	< 10 000 €	Contrainte inexistante : < 1	Contrainte inexistante : < 1	4 standards + plus de 5 paramètres	> 20 ans
4	100 000 € - 150 000 €	10 000 € - 40 000 €	Contrainte faible : 1 - 1,6	Contrainte faible : 1 - 1,6	4 standards + turbidité + 4 paramètres	15 - 19 ans
3	150 000 € - 200 000 €	40 000 € - 70 000 €	Contrainte moyenne : 1,6 - 2,3	Contrainte moyenne : 1,6 - 2,3	4 standards + turbidité + 2 ou 3 paramètres	10 - 14 ans
2	200 000 € - 250 000 €	70 000 € - 100 000 €	Contrainte forte : 2,3 - 3	Contrainte forte : 2,3 - 3	4 standards + turbidité	5 - 9 ans
1	> 250 000 €	> 100 000 €	Contrainte très forte : > 3	Contrainte très forte : > 3	4 paramètres standards	< 5 ans

Tableau 2 : Echelle des axes du radar pour le domaine d'application « Eau potable »



Ce que l'on observe	Ce que l'on en conclut
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Plus il y a de paramètres, plus les coûts de fonctionnement sont élevés 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Les coûts de fonctionnement sont corrélés au nombre de paramètres mesurés
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Les niveaux de contraintes analytique et technique sont sensiblement les mêmes et dans le même ordre 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ La contrainte technique et la contrainte analytique sont corrélées

Tableau 3 : Observations et conclusions de l'analyse coûts-bénéfices des 3 cas pour la protection de la ressource en eau potable

4.3.2.2 Perception des coûts et des avantages de la mesure en continu dans le suivi des eaux de surface

Pour réaliser le radar pour le domaine des eaux de surface, l'échelle suivante a été créée, à partir des trois retours d'expérience. L'objectif est de mettre en évidence dans le même graphe les différences entre les cas étudiés.

Echelle	Faiblesse des coûts d'investissement	Faiblesse des coûts de fonctionnement	Facilité analytique	Facilité technique	Nombre et pertinence des paramètres mesurés	Longévité des installations
5	< 100 000 €	< 20 000 €	Contrainte inexistante : < 1	Contrainte inexistante : < 1	4 standards + turbidité + plus de 4 paramètres	> 20 ans
4	100 000 € - 150 000 €	20 000 € - 50 000 €	Contrainte faible : 1 - 1,6	Contrainte faible : 1 - 1,6	4 standards + turbidité + 4 paramètres	15 - 19 ans
3	150 000 € - 200 000 €	50 000 € - 80 000 €	Contrainte moyenne : 1,6 - 2,3	Contrainte moyenne : 1,6 - 2,3	4 standards + turbidité + 2 paramètres	10 - 14 ans
2	200 000 € - 250 000 €	80 000 € - 110 000 €	Contrainte forte : 2,3 - 3	Contrainte forte : 2,3 - 3	4 standards + turbidité	5 - 9 ans
1	> 250 000 €	> 110 000 €	Contrainte très forte : > 3	Contrainte très forte : > 3	4 paramètres standards	< 5 ans

Tableau 4 : Echelle des axes du radar pour le domaine d'application « Eaux de surface »

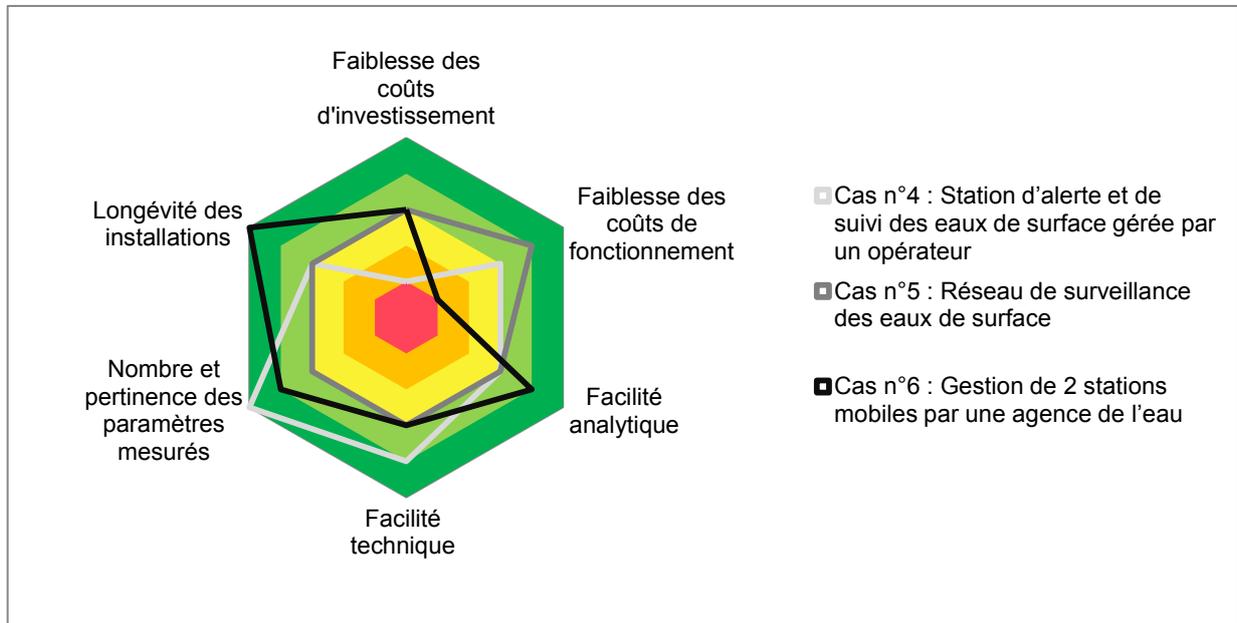


Figure 3 : Comparaison des coûts et avantages dans les 3 études de cas réalisées sur les eaux de surface

Ce que l'on observe	Ce que l'on en conclut
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Toutes les courbes ont des formes différentes 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Il existe une grande disparité entre les cas étudiés. Aucune corrélation n'est possible
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Les points associés au nombre de paramètres mesurés sont dans le même ordre que pour qualifier la contrainte technique 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Plus il y a de paramètres mesurés, plus la contrainte technique est forte.

Tableau 5 : Observations et conclusions de l'analyse coûts-bénéfices des 3 cas pour le suivi des eaux de surface

4.3.2.3 Perception des coûts et des avantages de la mesure en continu dans le cas des eaux de rejets

Pour réaliser le radar pour le domaine des eaux de rejets, l'échelle suivante a été créée, à partir des deux retours d'expérience. L'objectif est de mettre en évidence dans le même graphe les différences entre les cas étudiés.

Echelle	Faiblesse des coûts d'investissement	Faiblesse des coûts de fonctionnement	Facilité analytique	Facilité technique	Nombre et pertinence des paramètres mesurés	Longévité des installations
5	< 10 000 €	< 2 000 €	Contrainte inexistante : < 1	Contrainte inexistante : < 1	Débit + Paramètres standards + Paramètres réglementaires + Plus de 2 autres	> 10 ans
4	10 000 € - 40 000 €	2 000 € - 5 000 €	Contrainte faible : 1 - 1,6	Contrainte faible : 1 - 1,6	Débit + Paramètres standards + Paramètres réglementaires + 2 autres	7 - 10 ans
3	40 000 € - 70 000 €	5 000 € - 8 000 €	Contrainte moyenne : 1,6 - 2,3	Contrainte moyenne : 1,6 - 2,3	Débit + Paramètres standards + Paramètres réglementaires	5 - 7 ans
2	70 000 € - 100 000 €	8 000 € - 11 000 €	Contrainte forte : 2,3 - 3	Contrainte forte : 2,3 - 3	Débit + Paramètres standards	3- 5 ans
1	> 100 000 €	> 11 000 €	Contrainte très forte : > 3	Contrainte très forte : > 3	Débit	< 3 ans

Tableau 6 : Echelle des axes du radar pour le domaine d'application « Eaux de rejets »

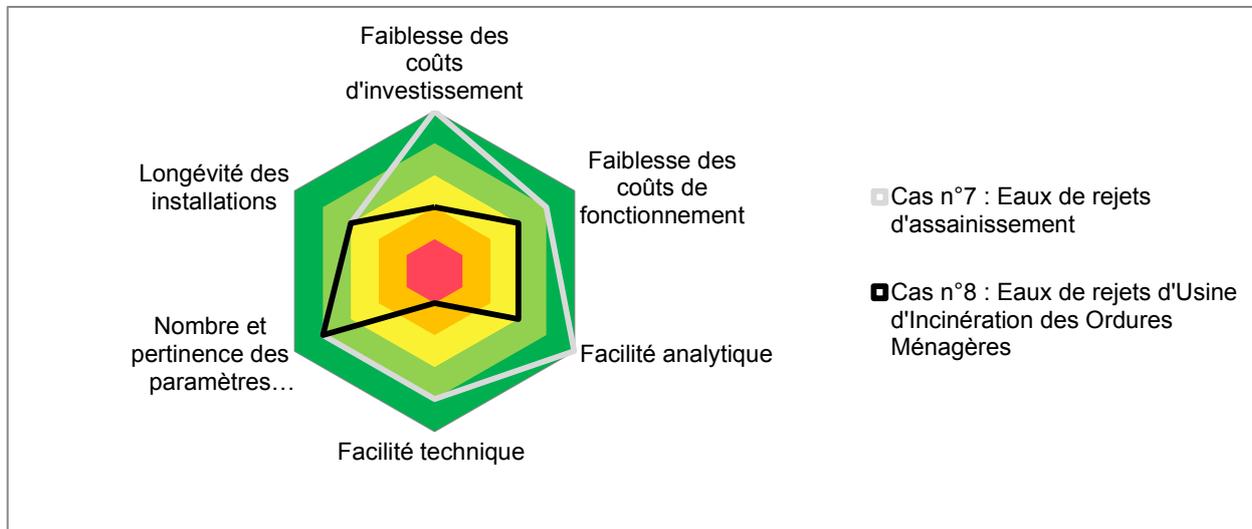


Figure 4 : Comparaison des coûts et avantages dans les 2 études de cas réalisées sur les eaux de rejets

Ce que l'on observe	Ce que l'on en conclut
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Le périmètre de la courbe relative aux eaux en sortie de STEP est plus important que celui concernant les rejets d'usine d'incinération 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ La mesure en continu fonctionne correctement en sortie de station d'épuration mais elle présente des difficultés pour le suivi de COT dans les eaux de rejets d'usine d'incinération
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Les paramètres mesurés en sortie d'usine d'incinération sont limités et la contrainte technique est très élevée 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ La technologie utilisée en usine d'incinération n'est pas adaptée à l'environnement industriel et elle trop coûteuse pour en justifier l'utilisation, sur un nombre de paramètres restreint

Tableau 7 : Observations et conclusions de l'analyse coûts-bénéfices des 2 cas pour les cas d'eaux de rejets

4.3.2.4 Perception des coûts et des avantages de la mesure en continu dans les 4 domaines d'application étudiés – Comparaison entre les types d'application

Afin de comparer les domaines d'application entre eux, nous avons réalisé une échelle spécifique qui nous permet de tous les placer sur le même graphe. Les échelles utilisées dans les graphes précédents ont donc été modifiées.

Des moyennes ont été calculées pour le domaine d'application des eaux de surface et de la protection en eau potable mais n'ont, en aucun cas, la vocation de proposer un modèle générique. Les 3 autres cas analysés sont étudiés séparément car les situations sont trop différentes pour les rassembler dans une même courbe (notamment les cas des eaux de rejet). Le cas des eaux de transition sont ajoutés à ce graphe pour permettre la comparaison de ce cas avec les 3 domaines d'application jugés prioritaires dans le cadre de cette étude. Par ailleurs, le cas des eaux de transition (eaux marines, littorales, estuariennes) présente des caractéristiques bien différentes des 3 autres milieux et, notamment, une variabilité spatiale et temporelle beaucoup plus grande, ce qui complique la mesure en continu. Un seul cas a pu être investigué dans ce domaine.

Un tableau d'analyse et récapitulatif permet, suite à ce graphe, de faire l'état des observations et de tirer quelques conclusions, à la simple lecture du graphe, ou d'apporter des éléments de compréhension ou de complément aux quelques observations.

Echelle	Faiblesse des coûts d'investissement	Faiblesse des coûts de fonctionnement	Facilité analytique	Facilité technique	Nombre et pertinence des paramètres mesurés	Longévité des installations
5	< 50 000 €	< 5 000 €	Contrainte inexistante : < 1	Contrainte inexistante : < 1	Très poussé	> 20 ans
4	50 000 € - 100 000 €	5 000 € - 20 000 €	Contrainte faible : 1 - 1,6	Contrainte faible : 1 - 1,6	Poussé	15 - 19 ans
3	100 000 € - 150 000 €	20 000 € - 60 000 €	Contrainte moyenne : 1,6 - 2,3	Contrainte moyenne : 1,6 - 2,3	Moyen	10 - 14 ans
2	150 000 € - 200 000 €	60 000 € - 100 000 €	Contrainte forte : 2,3 - 3	Contrainte forte : 2,3 - 3	Faible	5 - 9 ans
1	> 200 000 €	> 100 000 €	Contrainte très forte : > 3	Contrainte très forte : > 3	Minimum	< 5 ans

Tableau 8 : Echelle des axes du radar pour les trois domaines d'application

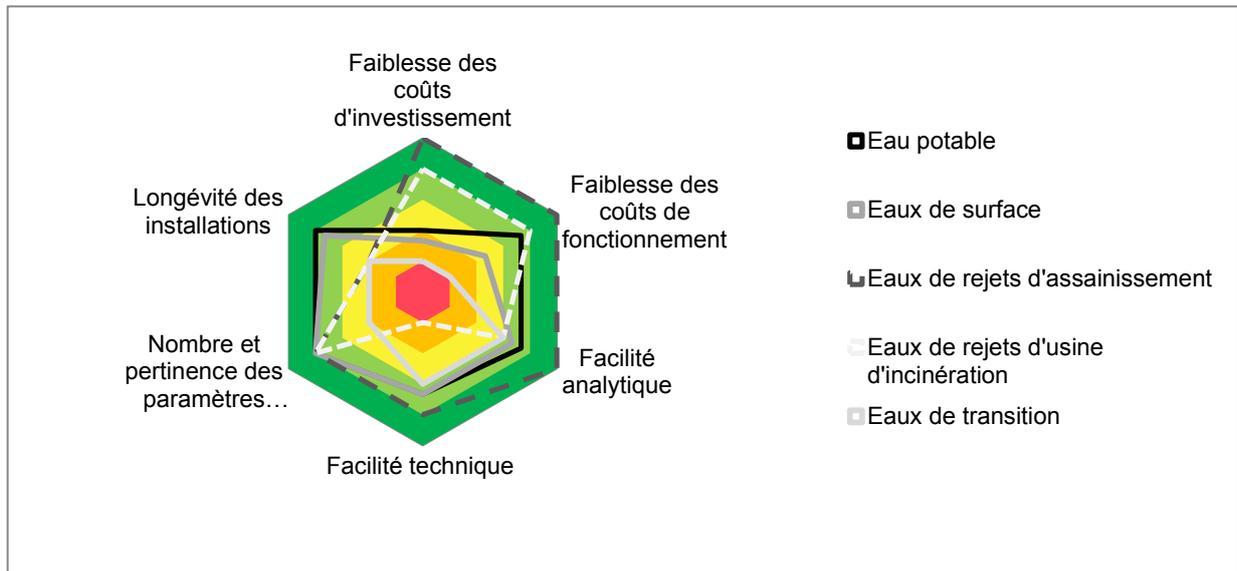


Figure 5 : Comparaison des coûts et avantages dans les 4 domaines d'application étudiés

Ce que l'on observe	Ce que l'on en conclut
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Les coûts d'investissement pour les eaux de rejets du système d'assainissement sont beaucoup plus faibles que pour les autres domaines d'application. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Cette différence de coûts peut s'expliquer par deux raisons : ▶ aucun génie civil lourd n'est requis, les infrastructures sont intégrées aux installations existantes, ▶ moins de paramètres sont suivis, même s'ils sont plus spécifiques.
<ul style="list-style-type: none"> ▶ La durée de vie des technologies utilisées pour le suivi des eaux de rejets et des eaux littorales est moins longue que pour l'eau potable et les eaux de surface. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Elles sont moins robustes car elles sont moins adaptées au milieu, milieu qui est plus agressif dans le cas des eaux de rejets ou des eaux de transition, que dans le cas de la ressource en eau potable ou des eaux de surface. Les technologies subissent plus de fatigue, de fouling...
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Les paramètres mesurés pour les eaux de surface et la protection de la ressource en eau potable sont plus nombreux que pour les eaux de rejets et les eaux de transition. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Le contrôle établi pour les eaux de rejets et pour les eaux de transition est beaucoup plus ciblé que pour l'eau potable ou les eaux de surface. En effet, les mesures sont beaucoup plus dépendantes du contexte.
<ul style="list-style-type: none"> ▶ La contrainte technique est plus forte lorsque le nombre de paramètres est plus élevé. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ La contrainte technique est corrélée au nombre de paramètres suivis, chaque paramètre étant suivi par une technologie particulière.
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Le nombre de paramètres mesurés n'est pas proportionnel au coût d'investissement. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Les coûts d'investissement sont indépendants du nombre de paramètres mesurés. En effet, les coûts les plus importants sont les coûts d'infrastructures et de génie civil.
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Le nombre de paramètres mesurés n'est pas proportionnel au coût de fonctionnement. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Les coûts de fonctionnement sont indépendants du nombre de paramètres mesurés. En effet, les coûts de fonctionnement sont liés à la maintenance fixe, qui change peu avec la variation du nombre de paramètres. Peu de réactifs interviennent.
<ul style="list-style-type: none"> ▶ La contrainte analytique est en moyenne plus faible que la contrainte technique. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Les technologies sont abouties et bien reliées aux réseaux existants, le traitement des données n'est pas compliqué. C'est la prise en main de la technologie dans un milieu particulier qui pose plus de problèmes pour des personnes formées à d'autres techniques de mesures.
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Le cas d'étude qui présente le plus de contraintes est le cas des eaux de transition et des eaux littorales. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ La technologie la moins aboutie est celle utilisée dans le cas des eaux de transition et des eaux littorales. Les problématiques y sont en effet plus nombreuses (mélange des eaux, sédimentation, agressivité du milieu).
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Les coûts d'investissement et de fonctionnement pour le suivi des eaux marines et eaux de transition sont beaucoup plus élevés que dans les autres domaines d'application. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Ces coûts supplémentaires sont dûs aux infrastructures marines complexes et chères qu'il est nécessaire d'installer.

Tableau 9 : Observations et conclusions de l'analyse coûts-bénéfices des 9 cas étudiés, dans 4 domaines d'application différents

4.4. Synthèse des enjeux par domaine d'application

4.4.1 Synthèse des avantages et des inconvénients de la mesure en continu

La mesure en continu, selon les domaines d'application, présente des avantages et des inconvénients par rapport à la mesure de laboratoire. Nous avons listé, dans le tableau ci-dessous, les principaux avantages et inconvénients cités par les interlocuteurs dans le cadre des études de cas et trouvés dans la bibliographie.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ▶ La mesure en continu se fait en temps réel. Elle permet d'anticiper, d'être rapide et réactif face à une pollution. ▶ Les mesures sont disponibles à tout moment. ▶ La mesure est représentative : dans l'espace, dans le temps, et elle se prémunit d'intermédiaires (échantillonnage, transport...). C'est une mesure dynamique qui donne l'état global d'une eau et donne accès aux phénomènes rapides ou peu fréquents. ▶ Détention de preuves en continu et traçabilité des pollueurs. Le principe de Pollueur Payeur peut être appliqué. ▶ Elle permet des détections et alarmes car elle suit l'intégralité des phénomènes et des évolutions. ▶ Le volume important de données à disposition permet d'avoir un patrimoine d'historiques de mesures, de corrélérer des paramètres entre eux et de construire des modèles. Cette analyse de données est plus poussée qu'une analyse issue de mesures de laboratoire. ▶ Les technologies sont généralement fiables. ▶ La mesure en continu est une bonne aide à la décision car elle met en évidence des phénomènes non visibles avec des prélèvements ponctuels pour la mesure en laboratoire. ▶ C'est une mesure qui se fait directement sur le terrain et dont les actions liées sont donc pragmatiques. ▶ Elle limite les coûts de logistique et de déplacement. ▶ Elle est un facteur de crédibilité et d'amélioration de l'image car elle montre une meilleure maîtrise des mesures et démontre un engagement important pour assurer une bonne qualité des masses d'eau. Les mesures effectuées peuvent être mises à la disposition de nombreux utilisateurs. La question de la propriété doit cependant être résolue si les données sont diffusées. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Les mesures effectuées ne sont pas toujours bien valorisées et toutes les mesures effectuées ne sont pas forcément justifiées et utilisées a posteriori. ▶ Ce type de mesure n'est pas reconnu d'un point de vue réglementaire. ▶ Ce type de mesure peut nécessiter des compétences particulières et du personnel spécialisé. ▶ La mesure en continu est moins précise que la mesure de laboratoire (mais il est important de noter que la précision est un choix qui dépend du protocole, de la calibration et de la validation de la mesure). ▶ Cette méthode est non standardisée et les pièces de rechange sont souvent parfois indisponibles. ▶ Une capacité de traitement de données importante est nécessaire face au volume important de données. ▶ Selon les cas et les compétences disponibles en interne, son utilisation peut être jugée difficile. ▶ La mesure en continu peut poser des contraintes d'autonomie dans des milieux isolés. ▶ Ce type de mesures nécessite parfois des infrastructures et du génie civil avant d'être installé. ▶ Les appareils de mesure en continu peuvent mal s'adapter au milieu, notamment dans des milieux agressifs, et/ou manquer de robustesse. ▶ Le temps de maintenance, d'entretien, et d'exploitation de ce système de mesure est très important. ▶ Rentabilité, coûts élevés, investissement lourd et coûts de maintenance importants.

Tableau 10: Avantages et inconvénients de la mesure en continu

Source : Bibliographie et entretiens auprès des utilisateurs dans les 9 études de cas

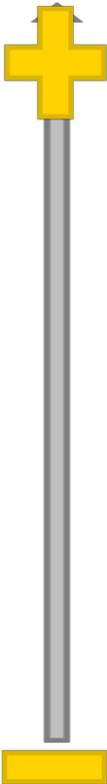
4.4.2 Avantages et inconvénients par domaine d'application

Ces avantages et inconvénients sont cependant différents selon les domaines d'application. En effet, les enjeux associés à chaque domaine d'application varient. Par exemple, tandis que l'alerte et la réactivité sont des enjeux primordiaux pour l'eau potable, le pragmatisme et la représentativité de la mesure sont plus importants pour le suivi des eaux de surface, suivi qui s'attache à opérer le suivi des masses d'eau sur le long terme.

Le tableau suivant présente donc les avantages et les inconvénients par domaine d'application, selon le degré d'importance des enjeux. En vert sont renseignés les avantages, déjà identifiés précédemment, et en rouge les inconvénients. Le niveau de transparence indique l'importance de l'enjeu dans le domaine d'application. Ainsi, une couleur intense indique un enjeu important pour le milieu, tandis qu'une couleur pastel indique un enjeu faible. Ainsi, les avantages associés aux enjeux les plus forts (vert intense) sont les plus gros leviers à la mesure en continu dans chaque domaine, et les inconvénients liés aux enjeux forts (rouge intense) sont les plus gros freins à la mesure en continu. Les avantages et inconvénients de couleur pastel sont peu décisifs dans le choix de ce type de mesure. Ces avantages et inconvénients sont donc classés par ordre d'importance, les avantages les plus forts étant en haut du graphique, les inconvénients les plus discriminants en bas de ce tableau. Les avantages et inconvénients liés à de faibles enjeux sont placés au milieu du tableau.

La légende appliquée est la suivante :

	Enjeux importants	Enjeux moyens	Enjeux faibles
Avantages	Avantage Enjeu important	Avantage Enjeu moyen	Avantage Enjeu faible
Inconvénients	Inconvénient Enjeu important	Inconvénient Enjeu moyen	Inconvénient Enjeu faible



	Eau potable	Eaux de surface	Eaux de rejets	Eaux littorales / de transition
Rapidité de mesure				
Disponibilité et fréquence des données				
Représentativité spatio-temporelle				
Traçabilité				
Fonction d'alarme				
Volume de données disponibles				
Fiabilité des technologies				
Outil d'aide à la décision				
Pragmatisme des actions engagées				
Logistique associée				
Crédibilité de la structure				
Mauvaise valorisation des données				
Pas de reconnaissance réglementaire				
Besoin de compétences spécifiques				
Manque de précision				
Méthode non standardisée				
Capacité de traitement nécessaire				
Utilisation complexe				
Manque d'autonomie				
Besoin d'infrastructures				
Mauvaise adaptabilité au milieu				
Maintenance contraignante				
Coûts élevés des systèmes de mesure				

Tableau 11 : Avantages et inconvénients de la mesure en continu par domaine d'application en fonction des enjeux associés à chaque domaine

A la lecture de ce tableau, réalisé à partir des entretiens et de la lecture bibliographique sur chacun des domaines d'application, nous observons que la mesure en continu, incontestablement, permet des mesures rapides, disponibles constamment et représentatives à la fois dans le temps et dans l'espace. Ce sont là ses principaux avantages, quel que soit le milieu. Par ailleurs, la traçabilité qu'elle offre est un atout important dans une démarche d'application du principe du pollueur payeur.

La fiabilité des technologies, la précision des mesures, selon le protocole et les objectifs de la mesure, seront plus ou moins importants, de même pour ses services liés à la communication qu'elle permet.

Cependant, ce système nécessite des coûts d'investissement non négligeables et un niveau de maintenance adapté. L'adaptation des technologies aux milieux est un aspect encore perçu comme contraignant pour les exploitants et les interlocuteurs interrogés. Concernant les infrastructures et l'autonomie, c'est une question qui se pose notamment dans des milieux isolés. En effet, dans le domaine des eaux de rejets, les infrastructures existent souvent déjà et la question de l'autonomie se pose moins. C'est cependant un enjeu important pour des milieux isolés qui, s'il n'est pas rempli, pose de gros inconvénients pour une bonne application de la mesure en continu.

4.4.3 Applications complémentaires

La mesure en continu présente également des avantages et des inconvénients pour les applications complémentaires. Ils sont les mêmes que ceux identifiés pour les applications prioritaires. Cependant, nous pouvons noter les avantages et inconvénients suivants :

- ▶ **Eaux pluviales² :**
 - **Avantages :** Prévisions possibles dans un rayon large, intérêt de la mesure dynamique car phénomène mouvant, conception de modèles,
 - **Inconvénients :** disposer d'expertise pour surmonter la difficulté de calibration des radars et réaliser une modélisation hydraulique nécessairement complémentaire.

- ▶ **Eaux souterraines³ :**
 - **Avantages :** calculs de recharge de nappe impossible avec une mesure ponctuelle et statique en laboratoire.

- ▶ **Eaux de transition (eaux littorales, marines, estuariennes)⁴ :**
 - **Avantages :** pas de biais dus à la météo et à la logistique (traitement de conservation, transport), moins de problèmes d'accessibilité,
 - **Inconvénients :** coût des communications.

- ▶ **Réseau d'eau potable⁵ :**
 - **Avantages :** représentativité et modélisation possible,
 - **Inconvénients :** incertitude sur le degré de précision du calage de la modélisation, réseaux denses à couvrir donc coûts proportionnellement importants

² Source : MUSY André (2005). Cours d'Hydrologie – Chapitre 7 – La mesure hydrologique. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.

³ Source : TARRISSE André, HANNOYER Patrick (2008). Qualité des eaux souterraines. Apports de la mesure en continu de paramètres-guides. Direction Départementale de l'Équipement et de l'Agriculture du Lot, 6p

⁴ Source : Etude de cas réalisée auprès de l'Ifremer

⁵ Source : FELT Jean-François (2006). Mesures en continu sur le réseau de distribution d'eau potable de la Communauté Urbaine de Strasbourg. Amélioration de la gestion de la qualité de l'eau et du service. Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg, 97p.

4.5. Analyse des coûts

4.5.1 Calcul du nombre de mesures de laboratoire équivalent justifiant la mesure en continu

Afin de proposer un indicateur commun à tous les cas étudiés, et pour avoir une référence dont l'ordre de grandeur est parlant, il nous a semblé important d'estimer le nombre moyen d'analyses de laboratoire qu'il est nécessaire de faire pour atteindre le coût de la mesure en continu.

Les calculs effectués ci-dessous consistent à calculer, dans un premier temps, le coût annuel de la mesure en continu à partir des retours des exploitants. Puis nous calculons le coût d'une analyse de laboratoire sur les paramètres mesurés en continu. Nous avons considéré, pour ces calculs, les coûts d'analyse de laboratoire privés et publics (hors échantillonnage) (ces coûts sont disponibles en annexe). Les coûts d'échantillonnage sont estimés entre 7€ et 40€. Nous avons donc considéré un coût d'échantillonnage de 15€ car le nombre élevé de mesures de laboratoire nécessaires justifie un coût relativement faible de l'échantillonnage. Enfin, nous avons calculé le ratio entre le coût journalier de la mesure en continu des différents paramètres de l'installation M et le coût d'un prélèvement et d'une analyse délivrée par un laboratoire sur les mêmes paramètres mesurés. La formule du ratio est donc la suivante, calculée grâce à un mode de calcul itératif :

$$\text{Equivalent nombre de mesures de labo} = \frac{(OPEX + CAPEX) - \text{Echantillonnage}}{\text{Labo} \times 365}$$

Avec les indices suivants :

OPEX = Coûts de fonctionnement annuels de la mesure en continu

CAPEX = Coûts d'investissement annuels de la mesure en continu (Investissement/Durée d'amortissement)

Echantillonnage = Coût annuel d'échantillonnage = 15€ x 365 x Equivalent du nombre de mesures de labo

Labo = Coût de la mesure en laboratoire pour l'ensemble des paramètres mesurés au point de mesure

Cet indicateur est simplement un indicateur de référence qui permet de comparer les cas sur une même base mais il n'a pas vocation à pousser pour l'une ou l'autre méthode de mesure (en laboratoire ou en continu). En effet, ces méthodes sont complémentaires, comme nous l'ont précisé les interlocuteurs interrogés et, en aucun cas, l'une ne peut remplacer l'autre, leurs objectifs étant tout à fait différents.

Application	Eau Potable					
Site concerné	Cas n° 1	Cas n° 2	Cas n° 3			
Paramètres suivis			Standards	Hydro-carbures	Matière organique	Total
Coût annuel HT de la mesure en continu (€)	80 900 €	24 948 €	Confidentiel	Confidentiel	Confidentiel	Confidentiel
Coût de mesure labo associée (HT) hors échantillonnage	60 €	44 €	Confidentiel	Confidentiel	Confidentiel	Confidentiel
Coût annuel (€ HT) d'échantillonnage	16 151 €	6 296 €	Confidentiel	Confidentiel	Confidentiel	Confidentiel
Equivalent nombre de mesures labo par jour	3,0	1,2	1,6	0,4	0,5	1,3

Tableau 12 : Nombre de mesures de laboratoire équivalent pour les études de cas "Eau potable"

Source : Entretiens et coûts de laboratoire issus d'une étude Ernst&Young

Nota Bene : Cas n°1 : Le coût de la mesure en continu considéré est le coût moyen sur les 9 dernières années pour lisser les investissements ponctuels sur le temps

Cas n°3 : Les coûts d'infrastructures ne sont pas pris en compte dans la répartition par paramètres. Mais le coût d'investissement moyen est estimé à 180 000€ pour le total.

Application	Eaux de surface					
Site concerné	Cas n° 4	Cas n° 5				Cas n° 6
Paramètres suivis	Hors radioactivité	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4	
Coût annuel HT de la mesure en continu (€)	92 263 €	23 633 €	25 114 €	19 220 €	18 162 €	54 167 €
Coût de mesure labo associée (HT) hors échantillonnage	126 €	17 €	13 €	13 €	13 €	33 €
Coût annuel (€ HT) d'échantillonnage	9 746 €	11 060 €	13 469 €	10 348 €	9 746 €	16 973 €
Equivalent nombre de mesures labo par jour	1,8	2,0	2,5	1,9	1,8	3,1

Tableau 13 : Nombre de mesures de laboratoire équivalent pour les études de cas "Eaux de surface"

Source : Entretiens et coûts de laboratoire issue d'une étude Ernst & Young

Application	Eaux de rejets			
Site concerné	Cas n° 7			Cas n° 8
Paramètres suivis	Ammonium Nitrates	Ammonium	Turbidité	
Coût annuel HT de la mesure en continu (€)	4 849 €	3 942 €	1 636 €	35 589 €
Coût de mesure labo associée (HT) hors échantillonnage	8 €	4 €	2 €	13 €
Coût annuel (€ HT) d'échantillonnage	3 176 €	3 121 €	1 440 €	19 053 €
Equivalent nombre de mesures labo par jour	0,6	0,6	0,3	3,5

Tableau 14 : Nombre de mesures de laboratoire équivalent pour les études de cas "Eaux de rejets"

Source : Entretiens et coûts de laboratoire issue d'une étude Ernst & Young

Ces tableaux mettent en évidence les éléments suivants :

- ▶ Selon le type de paramètres mesurés et la technologie utilisée, il faut de 1 à 3 mesures de laboratoire par jour pour justifier la mesure en continu d'un point de vue financier. Les données calculées dans le cas n°3 sont sous-estimées dans la répartition par paramètre car les coûts d'investissements liés aux infrastructures n'y sont pas intégrés.
- ▶ Les données ne sont pas homogènes dans un même domaine d'application et dépendent des paramètres mesurés et des technologies utilisées.
- ▶ Ce ratio est amené à diminuer du fait de la baisse des coûts de la mesure en continu et de la stagnation des coûts de laboratoire. En effet, le développement de la technologie et la concurrence de marché vont baisser les coûts de la mesure en continu. Par ailleurs, la mesure en laboratoire semble avoir atteint une productivité maximale donc ses coûts ne vont plus baisser.
- ▶ La réglementation, de plus en plus stricte, va augmenter le nombre de mesures requises par jour, et justifier d'autant plus le passage à la mesure en continu.

Cette analyse brute ne prend pas en compte tous les gains potentiels liés à la mise en place de la mesure en continu. Ceci sera traité dans les chapitres suivants.

4.5.2 Calcul du ratio OPEX/CAPEX

Un deuxième indicateur peut être utilisé comme référence relative dans l'analyse des coûts de la mesure en continu. Il s'agit du calcul du ratio OPEX/CAPEX (Operational Expenditure / Capital Expenditure = Coûts de fonctionnement / Coûts d'investissement)

Nous utilisons la même numérotation des cas que dans l'intégralité de l'étude.

		Coûts de fonctionnement annuels (OPEX)	Coûts d'investissement annuels (CAPEX)	Coûts annuels	Ratio OPEX/CAPEX
Eau potable	Cas n° 1	70 350 €	10 550 €	80 900 €	6,7 (*)
	Cas n° 2	6 615 €	18 333 €	24 948 €	0,4
	Cas n° 3	33 075 €	9 000 €	42 075 €	3,7
	Moyenne	36 680 €	12 628 €	49 308 €	2,9
Eaux de surface	Cas n° 4	56 984 €	35 279 €	92 263 €	1,6
	Cas n° 5 - Site 1	9 439 €	14 193 €	23 632 €	0,7
	Cas n° 5 - Site 2	9 439 €	15 675 €	25 114 €	0,6
	Cas n° 5 - Site 3	9 439 €	9 780 €	19 219 €	1,0
	Cas n° 5 - Site 4	9 439 €	8 722 €	18 161 €	1,1
	Cas n° 6	40 500 €	13 667 €	54 167 €	3,0
	Moyenne	22 540 €	16 219 €	38 759 €	1,4
Eaux de rejets	Cas n° 7	2 000 €	1 725 €	3 725 €	1,2
	Cas n° 8	18922€	16 667 €	35 589 €	1,1
Eaux littorales	Cas n° 9	101 100 €	149 000 €	250 100 €	0,7

Tableau 15 : Calcul du ratio OPEX / CAPEX pour les 9 études de cas réalisées

Source : Entretien auprès des 9 exploitants

NotaBene : Cas n°1 : la moyenne des investissements sur les 10 dernières années est prise en compte pour le coût d'investissement annuel, mais les coûts d'investissement initiaux inconnus ne sont pas intégrés, ce qui explique un ratio plus élevé que pour les autres cas, ratio peu comparable. (*)

Cas n°4 : la radioactivité est hors périmètre dans ce calcul de coûts

Cas n°5 : la moyenne des sites est calculée pour le coût de fonctionnement annuel de chaque site

Cas n°6 : dans les coûts de fonctionnement, le coût du rapport annuel n'est pas pris en compte

Cas n°7 : une moyenne est calculée à partir des 3 types de mesures considérées

Cas n°8 : les coûts de fonctionnement annuels sont estimés entre 8300€ et 26 000€



Building a better
working world

Pôle de compétitivité HYDREOS

Etude technico-économique de la mesure en continu

Rapport final

Cet indicateur donne un bon aperçu de la maintenance nécessaire (car la maintenance est le poste principal des coûts de fonctionnement) dans chacun des cas. Elle semble très importante pour les eaux de rejets, dans les cas étudiés et relativement faible pour les eaux de surface. Cela s'explique également par les coûts d'investissement, très élevés pour les eaux de surface car les infrastructures sont à construire et peu élevés pour les eaux de rejets qui bénéficient d'infrastructures existantes.

Encore une fois, nous observons une disparité entre les cas, entre les différents domaines d'application, mais également au sein d'un même domaine d'application.

Le cas des eaux marines est très spécifique car des infrastructures importantes sont nécessaires dans ce milieu agressif, ce qui explique ces coûts d'investissement et de fonctionnement élevés.

4.6. Besoins et attentes du marché – Challenges pour l’avenir

4.6.1 Enseignements issus des études de cas et attentes du marché

A partir des retours d’expérience, nous avons pu lister les enseignements tirés de la mise en place de la mesure en continu dans les différents cas d’application. Ces enseignements peuvent servir de bonnes pratiques pour d’autres cas d’exploitation.

Nous avons également mis en évidence les attentes des utilisateurs vis-à-vis de la mesure en continu. Ces besoins s’adressent particulièrement aux fabricants et aux développeurs.

Nous proposons un tableau de synthèse (Tableau 16) qui reprend l’ensemble des enseignements tirés et des attentes énoncées par les utilisateurs. Ce tableau précise dans quels cas ces éléments ont été mentionnés, ce qui permet d’avoir une vision globale sur les principaux points d’attention à retenir des expériences.

Par souci de lecture, nous numérotons de la façon suivante les cas dans le tableau de synthèse :

- ▶ **Protection de la ressource en eau potable :**
 - Cas n°1 : Station d’alerte sur l’eau potable
 - Cas n°2 : Service de l’eau et de l’assainissement d’une collectivité
 - Cas n°3 : Retour d’expérience d’un opérateur exploitant plusieurs stations

- ▶ **Suivi de la qualité des eaux de surface :**
 - Cas n°4 : Station d’alerte et de suivi des eaux de surface gérée par un opérateur
 - Cas n°5 : Réseau de surveillance des eaux de surface
 - Cas n°6 : Gestion de 2 stations mobiles par une agence de l’eau

- ▶ **Suivi des eaux de rejets :**
 - Cas n°7 : Eaux de rejets d’assainissement
 - Cas n°8 : Eaux de rejets d’Usine d’Incinération des Ordures Ménagères

- ▶ **Suivi des eaux de transition et des eaux littorales :**
 - Cas n°9 : Réseau de 6 stations de surveillance des eaux de transition

	Eau potable			Eaux de surface			Eaux de rejets		Transi- tion
	n°1	n°2	n°3	n°4	n°5	n°6	n°7	n°8	n°9
Enseignements tirés de l'expérience									
Anticipation avant l'installation									
Anticiper les coûts et les contraintes techniques pour pouvoir atteindre les objectifs réalistes de la mesure et obtenir des données exploitables		x	x					x	
Définir les objectifs et anticiper les données à mesurer pour que les mesures soient exploitables et servent les objectifs		x							
Faire des tests de validation des performances des technologies choisies sur le cas d'application en exploitation avant leur adoption		x					x	x	
Performance opérationnelle									
Disposer d'une organisation interne et de moyens humains pour exploiter le site de mesures et accompagner le personnel d'exploitation sur plusieurs sites		x		x	x	x	x		
Ne pas imposer par la réglementation une technologie non validée sur site ; une solution alternative et plus efficace à la mesure en continu peut être adoptée								x	
Utiliser la mesure en continu pour mieux conduire le process et contrôler ses performances sur le milieu (traçabilité des événements) ou pour des travaux annexes (dimensionnement de travaux d'ouvrages par exemple)					x	x	x		
Prévoir des installations rustiques, faciles à entretenir et conçues simplement	x				x				
Intégrer un outil de gestion du parc d'appareils de mesures aux outils de l'exploitation pour maîtriser les OPEX / CAPEX							x		
Capitaliser sur l'expérience acquise sur plusieurs années	x		x		x				x
Traitement et utilisation de l'information									
Exploiter et traiter en interne les informations issues de la mesure en continu pour mieux les maîtriser		x		x	x	x	x		x
Communiquer en externe sur la qualité de l'eau et sur des événements de pollution pour justifier le financement de la mesure en continu	x		x			x			
Utiliser la mesure en continu dans le rôle de « gendarme » continu vis-à-vis de pollueurs potentiels	x								
Enjeux externes									
Rester en veille sur les technologies (maintien de la compétence, évolution)						x			
Tenir compte du climat politique et de la réglementation qui ont une influence sur la mise en place de telles mesures			x						

Tableau 16 : Enseignements tirés des expériences des utilisateurs
Source : Entretiens auprès des interlocuteurs des 9 études de cas

	Eau potable			Eaux de surface			Eaux de rejets		Transi- tion
	n°1	n°2	n°3	n°4	n°5	n°6	n°7	n°8	n°9
Attentes des utilisateurs vis-à-vis des installations clés en main et des développeurs d'applications									
Efforts de R&D pour améliorer les technologies									
Disposer de technologies simples qui s'intègrent dans l'environnement physique existant du point de mesure		x	x		x	x	x	x	x
Disposer d'analyseurs pour améliorer les conditions d'exploitation : un niveau de technicité plus faible et un temps de maintenance moins lourd	x	x	x	x	x		x	x	x
Améliorer l'ingénierie de l'hydraulique des stations (ex : par la mesure in situ)	x			x	x				
S'affranchir de contraintes d'installation de bâtiments (ex : par la mesure in situ)				x					
Disposer de technologies plus fiables	x	x							
Dispositifs pour mieux accompagner les utilisateurs									
Disposer d'une meilleure efficacité de la part des services après-vente			x					x	
Bénéficier de retours d'expérience d'autres exploitants sur les paramètres mesurés	x				x				
Bénéficier de retours d'expérience d'autres exploitants sur le traitement des données en temps réel (alerte) et en temps différé (communication, appréciation de l'évolution de la qualité de l'eau)	x	x				x			x
Bénéficier de retours d'expérience d'autres exploitants sur les technologies utilisées					x				
Incitations économiques									
Bénéficier de coûts d'investissements plus rentables pour l'exploitation	x			x			x		

Tableau 17 : Attentes des utilisateurs
Source : Entretiens auprès des interlocuteurs des 9 études de cas

4.6.2 Synthèse des besoins identifiés : les challenges opérationnels à venir

Les retours d'expérience approfondis dans cette étude et la bibliographie étudiée nous amènent à proposer les recommandations suivantes.

4.6.2.1 Organisation du retour d'expérience et communication technique

- ▶ Définir des objectifs et le périmètre (une ou plusieurs applications ? état des lieux précis des technologies) et mettre au point une méthodologie validée sur plusieurs cas.
- ▶ Réaliser des audits techniques sur site (en interne ou bureaux d'étude et d'ingénierie) pour s'assurer de la traçabilité des informations de performances rapportées.
- ▶ Mettre à disposition des indicateurs de performance de référence (OPEX/CAPEX, équivalent nombre de mesures de laboratoire, taux de disponibilité des mesures, nombre de dépassement de seuil d'alerte validé,....).
- ▶ Rendre disponibles les retours d'expérience.
- ▶ Mettre en place un club, par segment de marché, piloté par l'Onema ou par les pôles de compétitivité pour :
 - établir et améliorer le dialogue entre utilisateurs et fabricants,
 - permettre aux développeurs et aux fabricants de bénéficier de retours d'expérience,
 - accompagner les exploitants pour la mise en œuvre et l'exploitation de la mesure en continu (formations utilisateurs, informations).
- ▶ Mieux transmettre l'information technique sur le terrain des opérations et adapter la communication grâce à :
 - l'utilisation de supports de communication différents et complémentaires,
 - la transcription des documents techniques pour les spécialistes dans des documents plus opérationnels pour les exploitants.
- ▶ Se rapprocher des pays européens homologues (Allemagne, Pays-Bas), pour faciliter la gestion conjointe des eaux transfrontalières, comme cela est mis en avant dans le retour d'expérience néerlandais. Les pays peuvent être identifiés en avance et les retours d'expérience d'autres pays ayant des problématiques transfrontalières peuvent être joints à l'initiative.

4.6.2.2 Efforts de R&D

- ▶ Développer des technologies qui répondent mieux aux attentes et besoins du terrain.
- ▶ Proposer des technologies plus adaptées au milieu (miniaturisation, robustesse).
- ▶ Améliorer l'autonomie des appareils.
- ▶ Proposer une mesure in situ permettant de s'affranchir des infrastructures.
- ▶ S'affranchir au maximum de réactifs, de produits chimiques (en quantité relativement aux volumes d'eau traités) et limiter au maximum les effluents toxiques ou chimiques.

4.6.2.3 Normalisation et assurance qualité

- ▶ Impliquer les assurances, comme au Royaume-Uni, pour crédibiliser la démarche.
- ▶ Normaliser le retour d'expérience et proposer des indicateurs globaux de référence.
- ▶ Etendre le périmètre du parc d'équipements de mesures concerné par la démarche d'assurance qualité qui permet de crédibiliser la mesure.
- ▶ Des guides de bonnes pratiques et des procédures de qualité obligatoires comme ils sont mis en place au Royaume-Uni, peuvent être répliqués en France. Ces guides permettent de normaliser la démarche et de résoudre les problèmes techniques liés à la mesure en continu. Ces guides peuvent aider à la fois dans le choix des technologies et dans l'ingénierie.

5. Analyse coûts-avantages

Les sept étapes clés du processus de décision et de sélection d'un type de métrologie environnementale sont décrites ci-dessous :

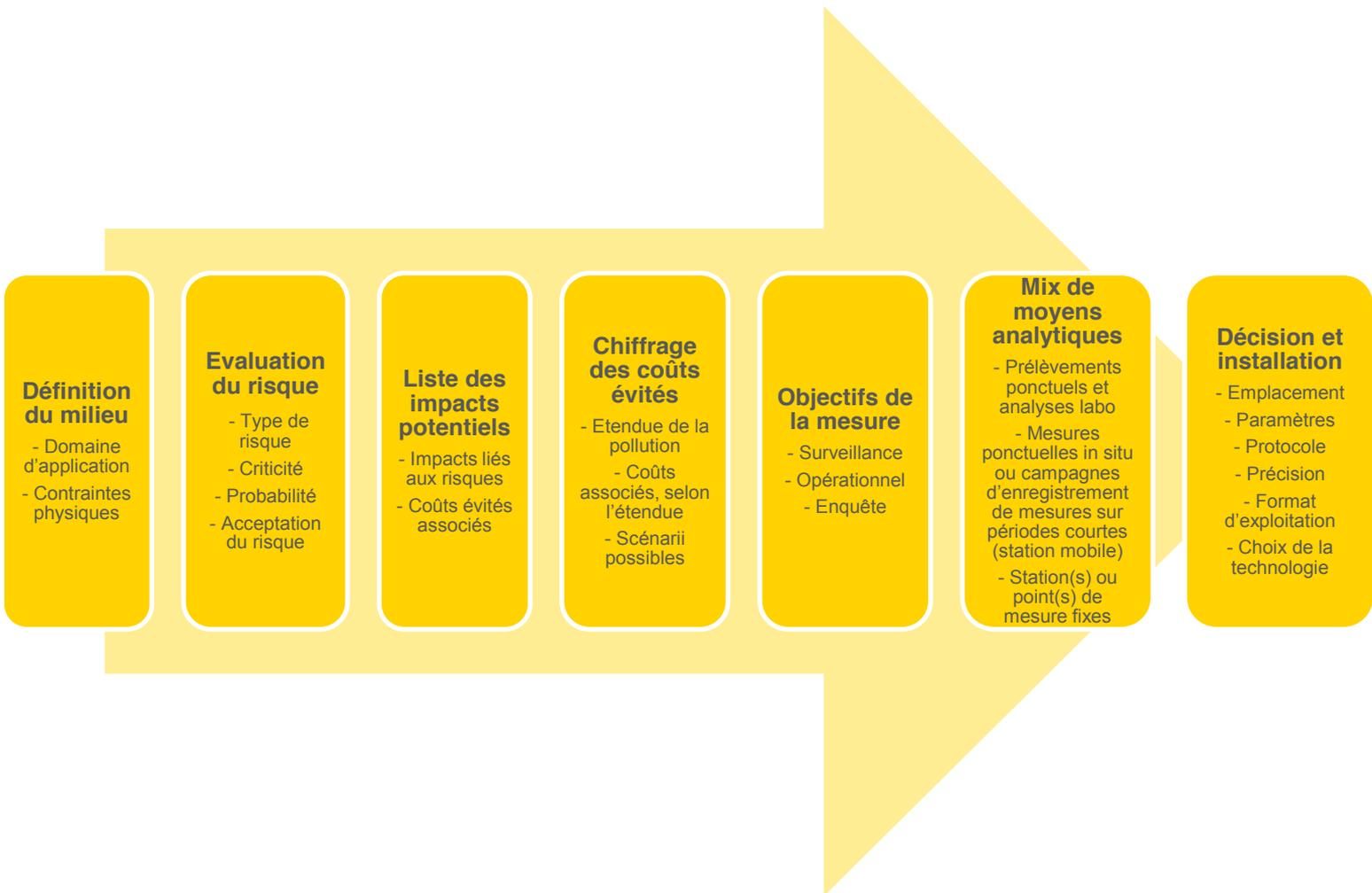


Figure 6 : Process de décision de la mise en place d'un type de métrologie environnementale

En effet, la première étape consiste à définir le type de milieu dans lequel on se trouve. Ce milieu détermine les contraintes physiques qu'il faut considérer dans le choix de la technologie. A ce milieu sont associés certains risques, ayant un niveau de criticité et une probabilité à définir. Les événements de risques possibles sont définis selon les activités économiques environnantes et le contexte géographique. Une fois ces risques identifiés, les impacts qu'ils peuvent avoir sur le milieu peuvent être listés. Pour quantifier les coûts associés à ces risques, il est nécessaire de définir le périmètre touché, et de chiffrer les coûts par catégorie (nous les verrons dans la suite de l'étude). Une fois ce pronostic établi, l'exploitant peut déterminer les objectifs qu'il poursuit dans la mise en place de la mesure et donc évaluer le nombre de mesures qu'il doit réaliser pour répondre à ces objectifs. Enfin, il a toutes les clés en main pour choisir son « mix » de systèmes de mesure, selon son aversion au risque et les financements en OPEX et CAPEX dont il peut bénéficier.

5.1. Risques identifiés dans chaque domaine d'application

5.1.1 Typologie des risques

Afin de mesurer la nécessité de se doter de mesure en continu, une fois le milieu identifié, les risques associés au milieu et à l'environnement, sont le premier élément à déterminer. En effet, ces risques permettent de définir le milieu et ses enjeux. Ils conditionnent les impacts potentiels contre lesquels la mesure en continu peut permettre de se prémunir ou qu'elle peut limiter, et permet d'évaluer la pertinence de la mesure en continu. Dans l'objectif de limiter ces risques, la mesure en continu peut par exemple être l'un des outils utilisés dans le cadre des Plans de prévention des risques, ou dans le cadre de démarche HACCP en milieu industriel notamment. Il est également nécessaire de prendre en compte l'aversion au risque de l'utilisateur ou du décisionnaire dans la décision finale.

Les principaux risques, spécifiques à chaque site, peuvent être identifiés selon cette méthode :

- ▶ Il s'agit en premier lieu de déterminer le type de pollution auquel le milieu peut être exposé. Cette pollution peut être diffuse et/ou ponctuelle.
- ▶ Il faut ensuite déterminer les causes associées à chaque type de pollution. Ces pollutions, diffuses ou ponctuelles, peuvent être dues à des accidents, à des actes volontaires ou de malveillance, à des phénomènes naturels.
- ▶ Enfin, il est nécessaire d'identifier les responsables potentiels de chaque pollution selon les caractéristiques des activités et des acteurs économiques présents et à partir du contexte local. Les responsables peuvent être l'agriculture, l'activité industrielle, les particuliers, le transport, ou tout événement pluvieux.

Le schéma ci-dessous récapitule ces éléments d'analyse, éléments qui peuvent être utilisés dans tout domaine d'application :

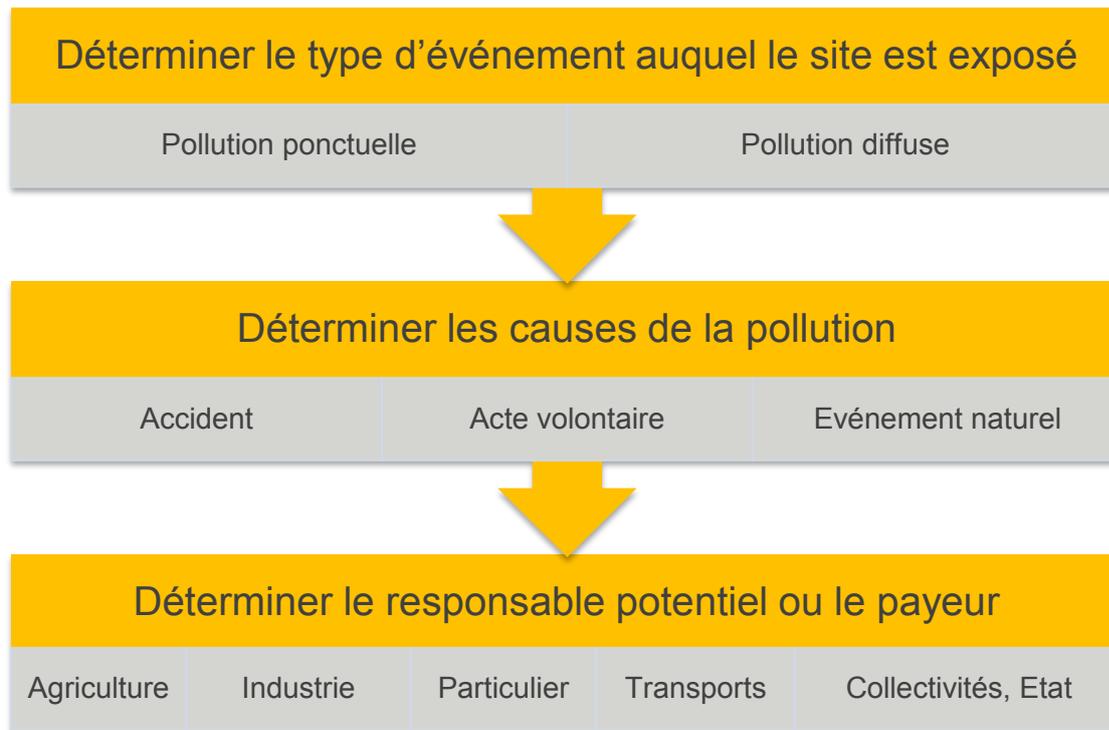


Figure 7 : Qualification des risques dans le domaine de l'eau

Les conséquences, pour les responsables et les payeurs, sont notamment liées à la gestion de la pollution, notamment pour nettoyer les zones touchées. Des frais sont engendrés par ces pollutions, à la fois pour restaurer le milieu et pour payer les amendes éventuelles ou dédommager les personnes touchées.

Ces types de risques identifiés doivent ensuite être évalués selon leur criticité et leur probabilité dans chaque cas d'étude et être pris en compte selon le niveau d'acceptabilité du risque de l'exploitant.

Enfin, ce schéma, outre présenter une typologie des risques, présente comment déterminer le responsable d'une pollution et donc le payeur, si le principe du Pollueur Payeur est appliqué. En effet, éviter ou identifier un les causes d'un événement permet à la fois de le limiter mais également d'identifier le pollueur et de le taxer pour une redistribution plus juste des coûts. C'est dans ce type de situation que les assurances jouent un rôle important, afin de dédommager les « victimes » de la pollution qui, faute de preuves, sont les acteurs qui payent. Or aujourd'hui, souvent en l'absence de preuves ou d'identification des pollueurs, les collectivités locales ou l'Etat sont souvent nommés responsables pour payer la réparation des préjudices.

5.1.2 Le rôle de la mesure en continu face à ces risques

Face à ces risques, la mesure en continu peut avoir plusieurs rôles sur les pollutions potentielles auxquelles sont exposés les différents milieux et à différents niveaux :

- ▶ Empêcher des pollutions par :
 - Son rôle dissuasif de « gendarme »
 - La communication et la prévention

- ▶ Anticiper les effets de la pollution grâce à :
 - La modélisation comme outil complémentaire et de synthèse de l'information
 - La détection de phénomènes de changement de la qualité des eaux jusque-là inconnus ou négligés

- ▶ Limiter la pollution grâce à :
 - Une détection d'événements courts ou se produisant en dehors des périodes d'échantillonnage manuel
 - Une détection précoce des phénomènes
 - La mise en place d'alarmes
 - La mise en place d'actions rapides et réactives

Ainsi, la mesure en continu limite la pollution avant, pendant et après sa propagation selon le schéma suivant :

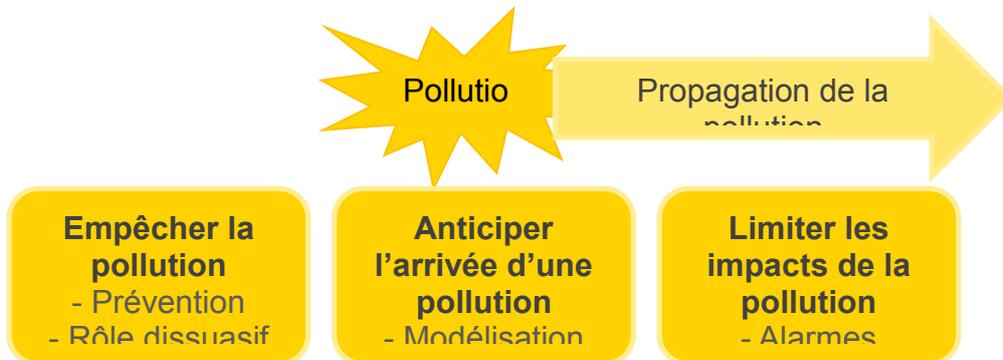


Figure 8 : Le rôle de la mesure en continu dans un cas de pollution

5.2. Coûts évités

Définition du portail de l'eau eaufrance (<http://www.economie.eaufrance.fr>)

Les coûts évités sont des « coûts supportés par les usagers de l'eau du fait de la dégradation de l'état des eaux. Il s'agit notamment pour le service de l'approvisionnement en eau potable des surcoûts de traitement de l'eau supportés par les secteurs économiques du fait de la non-réalisation du bon état (traitement d'eau eutrophisée, de nitrates, de produits phytosanitaires), de la création de nouveaux captages et travaux d'interconnexion suite à une dégradation de l'état de l'eau brut, et des achats d'eau en bouteille motivés par le sentiment d'une mauvaise qualité de l'eau distribuée».

Une fois les risques identifiés, il est important d'évaluer leur impact et surtout d'estimer les coûts évités grâce à la mise en place de la mesure en continu. Si cette dernière ne peut supprimer ces coûts, notamment lors de pollutions, elle peut néanmoins les limiter grâce à l'instantanéité et la représentativité temporelle qui la caractérisent et permettent d'anticiper et de réagir plus vite sur des pollutions.

Les principaux coûts évités grâce à la mesure en continu sont listés ci-dessous. Ils sont de deux ordres :

- ▶ Les coûts évités directs : il s'agit de coûts dont l'impact est sûr et quantifiable immédiatement, notamment les coûts de gestion immédiate lors de la pollution ou de l'accident.
- ▶ Les coûts évités indirects : ce sont tous les coûts induits par une pollution à plus ou moins long terme, non liés à la gestion de la pollution elle-même mais aux effets induits par la pollution.

5.2.1 Coûts évités directs

- ▶ Gestion de l'urgence :
 - campagne de communication et d'information
 - approvisionnement des populations en eau potable (achat de bouteille, collecte et traitement des bouteilles, filtrage de l'eau du robinet à domicile, déplacement des captages)
- ▶ Gestion de la pollution (domestique / industrielle)
- ▶ Restauration du milieu et réhabilitation de la faune et de la flore
- ▶ Traçabilité du pollueur et redistribution des coûts auprès des responsables

5.2.2 Coûts évités indirects

- ▶ Impact intangible sur l'image
- ▶ Impact sur des activités économiques :
 - tourisme
 - pertes d'exploitation (arrêt de l'usine)
 - dédommagements (particuliers)
 - activité économique locale (petits commerces)
- ▶ Coûts de contentieux
- ▶ Perte de valeur patrimoniale (bien-être retiré par les habitants)
- ▶ Campagnes de communication et de prévention
- ▶ Coûts liés à une mauvaise décision
- ▶ Coût de l'emploi / Coût social des licenciements

Le schéma suivant peut résumer le lien entre ces coûts et les acteurs qui les supportent ou bénéficient des gains indirects liés coûts évités. Les coûts directs sont les coûts de pollution. Les coûts indirects sont supportés par l'exploitant ou la collectivité, les acteurs économiques locaux, la société et le milieu lui-même.

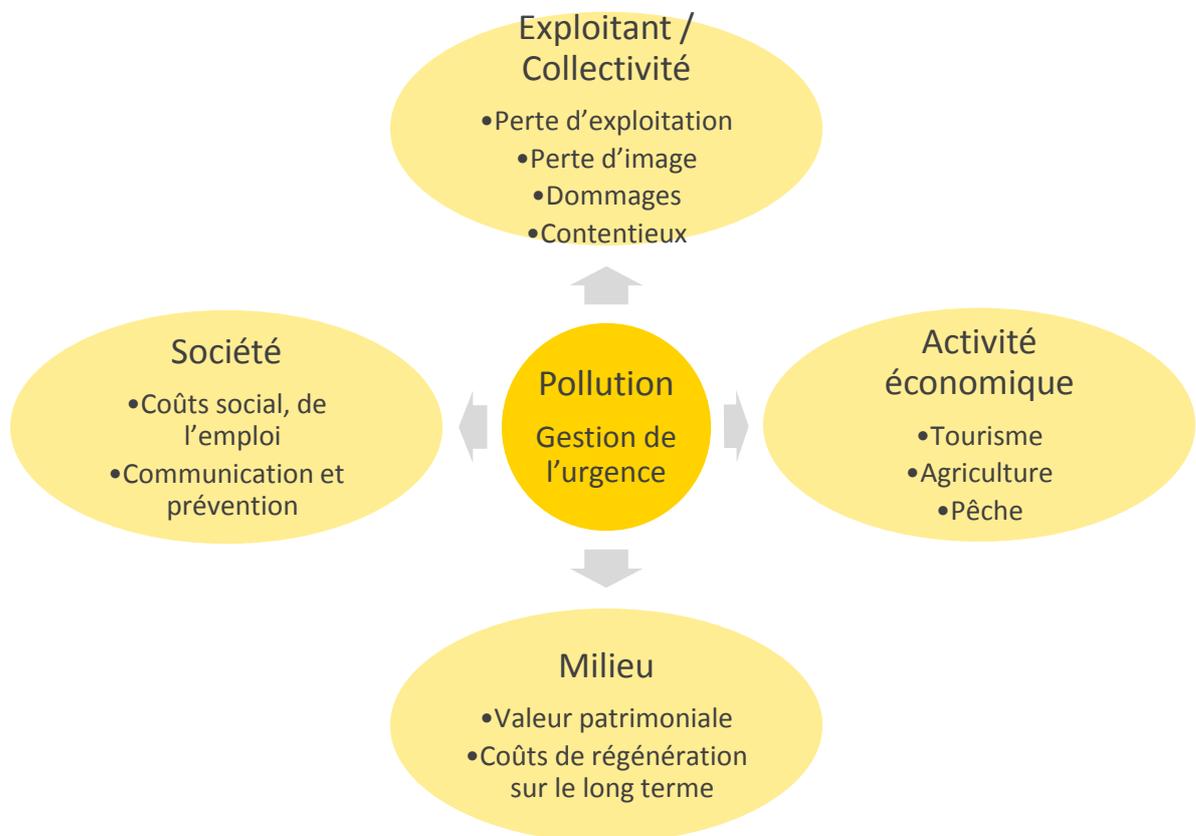


Figure 9 : Coûts liés à une pollution que la mesure en continu permet d'éviter ou de limiter

5.3. Illustration de la méthode : la station d'alerte d'Huningue

Cette étude de cas s'inspire en partie de l'étude du BRGM « *Impact of the Use of water quality monitoring methods and tools on decision making* » réalisée en 2006. Elle est complétée par les données collectées lors de la visite du site dans le cadre de cette étude.

5.3.1 Présentation du cas

La station d'alerte d'Huningue a été installée suite à la pollution de Sandoz en 1986 à la demande de l'agence de l'eau Rhin-Meuse et de la région Alsace. Cette station a pour objectif de détecter précocement toute pollution toxique afin de protéger la nappe phréatique de la plaine d'Alsace et les puits de captage d'eau potable.

Il y a en moyenne 10 alertes par an et 3 fermetures du canal par an.

5.3.2 Les risques

Cette station d'alerte est stratégique car le site est particulièrement exposé à des risques industriels (il y a en amont une forte activité industrielle à Bâle) dont des impacts néfastes affecteraient de nombreuses parties prenantes.

Les risques de pollutions sont les suivants :

- ▶ des hydrocarbures provenant des industries de traitement des eaux usées,
- ▶ des pollutions provenant d'erreurs industrielles,
- ▶ des inondations peuvent provoquer de fortes concentrations de matières organiques qui détériorent les écosystèmes et sont un danger pour les utilisateurs en aval,
- ▶ les déchets des usines de traitement sont un autre risque, indirectement lié à l'activité industrielle elle-même et qui augmente les concentrations en Cadmium,
- ▶ aucun risque dû aux accidents de transports sur voies navigables ne semble menacer ce lieu car le Rhin n'est pas navigable au-delà de Bâle.

5.3.3 Les impacts potentiels

Ces pollutions potentielles peuvent avoir plusieurs impacts et à plusieurs niveaux. L'extension géographique et les types d'impacts sont à étudier pour évaluer l'ensemble des impacts.

5.3.3.1 Extension géographique

- ▶ Sur les eaux de surface : expansion sur l'ensemble du réseau de canaux et des nappes phréatiques liées en aval :
 - le canal de Huningue dans toute sa longueur,
 - le canal du Rhin au Rhône,
 - le III,
 - le canal de la Hardt.
- ▶ Sur les eaux souterraines :
 - les nappes phréatiques alimentées par ces canaux.

Les pollutions restent 3h à 12h dans les eaux de surface et entre une semaine et 6 mois dans les eaux souterraines.

5.3.3.2 Impacts liés à ces pollutions

Les impacts liés à ces pollutions peuvent toucher des acteurs différents. Ils sont répertoriés ci-dessous, selon le domaine d'application considéré :

- ▶ Pour les eaux de surface
 - L'agriculture est touchée pour l'irrigation
 - Les activités de pêche sont concernées
 - Le tourisme est impacté pour les sports d'eaux vives notamment
 - L'impact sur les écosystèmes est un coût écologique à considérer
- ▶ Pour les eaux souterraines
 - La production d'eau potable est touchée par la pollution
 - L'irrigation agricole est compromise
 - L'utilisation industrielle doit être vérifiée également

5.3.4 Chiffrage des coûts évités par la mesure en continu

Pour chiffrer ces impacts, de nombreuses considérations et données sont à prendre en compte. Nous en dressons la liste exhaustive, dans ce cas concret, ci-dessous, par domaine d'application et par activité touchée.

► **Eaux de surface**

- **Premières considérations**
 - Durée de la pollution
 - Etendue de la pollution
- **Irrigation pour l'agriculture**
 - Durée d'irrigation sur l'année et fréquence d'irrigation
 - Types de productions touchées et surfaces de cultures
 - Temps de pollution
 - Part des agriculteurs touchés
 - Mesures de sécurité d'arrêt des ventes et pertes de marges associées
 - Contamination des sols qui implique des coûts pour la culture suivante
- **Activités de pêche**
 - Nombre de pêcheurs déclarés et ratio de pêcheurs prêts à changer de site
 - Période de pêche
 - Richesse en poissons de la masse d'eau
 - Temps d'interdiction de pêche fixé par les autorités
 - Dépenses par jour et par pêcheur
 - Part de la surface de la zone polluée dans la zone de pêche total
- **Tourisme**
 - Activités liées à l'eau : canoë, sports d'eaux vives
- **Coût écologique : impact sur les écosystèmes**
 - Surface de zone écologique protégée
 - Types d'espèces et estimation de leur nombre
 - Qualification de l'impact d'une pollution

▶ **Eaux souterraines**

- **Premières considérations**
 - Surface et quantité d'eau touchée en cas de pollution à estimer selon les infiltrations des canaux dans les nappes souterraines
 - Temps de la pollution à prendre en compte

- **Production d'eau potable**
 - Calcul du délai pour atteindre la source en eau potable selon le débit
 - Nombre de puits d'eau potable touchés
 - Quantification de la population affectée par cette population
 - Temps d'indisponibilité d'eau potable
 - Coût du traitement de l'eau
 - Coût d'approvisionnement des populations en eau potable

- **Irrigation pour l'agriculture**
 - Le calcul est le même que le précédent, en prenant en compte le nombre de puits concernés et le délai de pénétration ainsi que les surfaces irriguées par ce biais

- **Utilisation industrielle : les seules industries touchées sont celles qui ont leur propre puits dans les nappes phréatiques. Les autres industries touchées sont déjà considérées dans les coûts calculés pour l'eau potable**
 - Déterminer les industries touchées et évaluer leur consommation (notamment hôtels, restaurants, industries agro-alimentaires)

A partir de ces données, des scénarii sont établis et des calculs sont effectués pour chiffrer les coûts évités. Ils sont spécifiés dans le tableau ci-dessous, dans le cadre de cette étude précise.

		Estimation basse	Estimation haute
Eaux de surface			
Activités économiques			
Agriculture	Pas d'irrigation en hiver : aucun impact	0 €	Dévaluation des produits arrosés à l'eau polluée 454 775 €
Autres activités			
Pêche - sur les canaux	Pas d'impact : les pêcheurs peuvent changer de site sans coûts supplémentaires	0 €	Interdiction de pêcher pendant 1 mois sur les canaux 3 987 €
Pêche - sur la rivière III	En hiver, la rivière III n'est pas alimentée par le canal de Huningue	0 €	Interdiction de pêcher pendant 1 mois sur la rivière III (la moitié de l'année) 8 306 €
Eaux souterraines			
Activités économiques			
Eau potable	Interdiction d'utiliser l'eau du réseau d'eau potable pendant 1 semaine seulement au niveau des infiltrations	98 084 €	Traitement de l'eau polluée pendant 6 mois au carbone actif 124 750 €
Agriculture	Pas d'irrigation en hiver : aucun impact	0 €	Perte d'exploitation car l'irrigation a dû être arrêtée pendant toute la campagne 394 390 €
Industrie	Perte d'exploitation des hôtels / restaurants / industries agro-alimentaires pendant 1 semaine	146 216 €	Perte d'exploitation des hôtels / restaurants / industries agro-alimentaires pendant 1 semaine 146 216 €
Total		244 300 €	1 132 424 €

Tableau 18 : Scénarii des coûts évités dans le cas de la station d'alerte d'Huningue

Source : Rapport BRGM, 2006, « Impact of the Use of water quality monitoring methods and tools on decision making »

Ces coûts sont ensuite à lire au regard des risques associés et déterminés précédemment, de leur probabilité, de leur fréquence et de leur criticité, afin d'établir un coût annuel de la pollution et les coûts évités par la mesure en continu.

La fiabilité de l'appareil peut également être prise en compte, ainsi que le contexte du milieu et l'état du marché, pour une analyse plus fine.

6. Conclusions et recommandations

Cette étude se limite à la seule interprétation des résultats de l'analyse bibliographique, des retours européens d'expériences et des études de cas réalisées. Ses conclusions et ses recommandations sont strictement issues des observations des experts consultés sur l'analyse comparative coûts-avantages entre la métrologie en continu et la métrologie en laboratoire dans des situations précises. De ce fait, les délais de réalisation et le nombre de cas étudiés ne permettent pas de définir de nouvelles politiques publiques de soutien à la métrologie en continu mais de mettre en valeur les atouts objectifs et les améliorations attendues dans sa mise en œuvre par les opérateurs.

6.1. Conclusions

6.1.1 Sur le plan général

La mesure en continu et la mesure en laboratoire n'entrent pas en concurrence l'une contre l'autre mais répondent à des enjeux et des situations très spécifiques illustrés notamment dans les études de cas.

Les deux types de mesures peuvent même apparaître complémentaires au regard de leurs points de force et points de faiblesse respectifs.

Quel que soit le choix de l'opérateur pour l'un ou l'autre, voire les deux types de mesures, le recours à la métrologie constitue un moyen nécessaire et significatif d'appréciation de l'amélioration de la qualité des eaux.

6.1.2 Sur un plan plus opérationnel

Les études de cas réalisées, même si les résultats ne peuvent être généralisés et relèvent d'une interprétation au cas par cas, montrent que la métrologie en continu offre des avantages comparatifs à haute valeur ajoutée :

- ▶ La réactivité et la rapidité d'intervention constituent un moyen déterminant de limiter l'impact de la pollution sur le milieu.
- ▶ La représentativité spatio-temporelle renforce in fine la qualité de la métrologie.
- ▶ La continuité de la mesure donne une lecture en dynamique, contrairement à la mesure en laboratoire qui n'offre qu'une mesure instantanée.
- ▶ Un contrôle in situ, sans manipulations intermédiaires permet d'éviter la détérioration de l'échantillon prélevé et analysé en laboratoire.
- ▶ La gestion des risques pour les milieux les plus exposés. La prise en compte en amont de ces risques, prévisibles ou imprévisibles, dus à des accidents, à des actes volontaires ou à des événements naturels, permet leur anticipation ainsi que la limitation de leur impact sur le milieu.
- ▶ La mesure en continu offre une traçabilité des données et en conséquence une meilleure détection des pollutions et des pollueurs. Elle permettra, à terme, de constituer des bases de données significatives qui pourront être exploitées pour modéliser les risques et optimiser les solutions palliatives.

- ▶ Par ailleurs, les études de cas réalisées mettent en évidence que le développement de la métrologie en continu est limité par quatre facteurs clés :
- ▶ La capacité d'analyse des polluants et le niveau de précision de la mesure qui ne sont toutefois pas des facteurs discriminants dans le cadre d'une application pour l'alerte ou de contrôle in situ.
- ▶ L'adaptation des technologies au milieu, en particulier dans les environnements hostiles avec notamment de forts besoins de maintenance simplifiée, d'autonomie énergétique, et d'infrastructures de fonctionnement.
- ▶ L'absence de réglementation et de normes ad hoc n'incitent pas les industriels à investir dans des solutions technologiques pourtant reconnues.
- ▶ Le coût global qui intègre l'investissement et le fonctionnement. Ce dernier facteur peut, dans une lecture rapide, apparaître dissuasif pour le choix de la mesure en continu. Toutefois, au coût de la mesure en laboratoire doivent être ajoutés les coûts de transport ainsi que les coûts évités, coûts proportionnels aux risques auxquels est exposé le milieu :
 - Les coûts évités directs peuvent être évalués au cas par cas en prenant en compte :
 - gestion de l'urgence
 - gestion de la pollution
 - traçabilité du pollueur et redistribution des coûts auprès des responsables
 - restauration du milieu et réhabilitation de la faune et de la flore
 - Les coûts évités indirects peuvent être évalués au cas par cas en prenant en compte :
 - impact sur l'image
 - impact sur les activités économiques
 - coûts de contentieux
 - perte de valeur patrimoniale
 - campagnes de communication et de prévention
 - coûts liés à une mauvaise décision
 - coût de l'emploi / coût social des licenciements

On constate alors que le facteur économique peut ne plus être un handicap mais un avantage. A ce stade, il est toutefois nécessaire de rester très prudent sur le calcul et l'estimation des coûts évités standards qui s'avèrent très spécifiques à une situation particulière.

6.2. Recommandations

Les recommandations sont établies à partir des conclusions énoncées précédemment.

- ▶ Ne pas opposer la mesure en continu à la mesure en laboratoire mais plutôt évoquer les solutions adaptées à des situations spécifiques. Ces solutions ont toutes les deux pour objectif et pour enjeu d'évaluer les améliorations de la qualité des eaux.
- ▶ Promouvoir les avantages comparatifs de la métrologie en continu, à savoir :
 - La réactivité de l'alerte et du contrôle
 - La qualité et la représentativité de la mesure
 - La vision en continu de l'état du milieu
 - L'état réel du milieu contrôlé en continu, y compris pour les événements éphémères
 - Une adéquation avec la typologie et le niveau de risque
 - L'établissement d'un référentiel de connaissances des milieux, des risques et des solutions.
- ▶ Identifier et prioriser les situations et les milieux pour lesquels la métrologie en continu s'avère la solution la plus appropriée.
- ▶ Améliorer les caractéristiques techniques et technologiques de la métrologie en continu sur les facteurs clés suivants :
 - Précision et capacité d'analyse pour les polluants les plus critiques pour les opérateurs suivant les rejets et les milieux.
 - Autonomie énergétique, transmission des données, maintenance.
- ▶ Développer les solutions de métrologie en continu in situ qui limitent les coûts d'infrastructures, de maintenance et favorisent la centralisation des données et leur analyse.
- ▶ Définir des standards normatifs pour les technologies et produits existants et futurs de la métrologie en continu les plus recherchés par les opérateurs et les utilisateurs.
- ▶ Intégrer dans la réglementation relative à la qualité de l'eau, des éléments spécifiques en vue de l'encadrement de la métrologie en continu.
- ▶ Réaliser une cartographie des risques potentiels par milieu et une échelle de risques selon des situations ad hoc.
- ▶ Etablir une liste des pollutions types et des coûts afférents pour éclairer le choix des utilisateurs et des opérateurs.
- ▶ Elaborer un outil de diagnostic et d'aide à la décision pour orienter, selon des critères objectifs, le choix des acheteurs vers des solutions de métrologie adaptées.

7. Bibliographie

Bibliographie principale

BRIAND Jean-Charles, DUCROQ Caroline (2012). Le secteur de l'instrumentation de mesure en région Centre. Zoom sur la métrologie environnementale. CENTRECO – DREAM: 52p.

BREIL Pascal, CHANET Jean-Pierre, CLEMENT Yohann, DE SOUSA Gil, NAMOUR Philippe, LANTERI Pierre (2012). The Water Framework Directive requires new tools for a better water quality monitoring. E-WATER: 12p.

DWORAK Thomas, LUCKGE Helen (2006). D52: Synthesis report on the assessment of the likely changes in WFD monitoring costs resulting from the use of screening methods and emerging tools. SWIFT-WFD: 42p.

GRAVELINE Nina, MATON Laure, ELSASS P., RINAUDO Jean-Daniel. (2006). Impact of the use of water quality alternative monitoring methods and tools on decision making. BRGM/RP-55267-FR., BRGM: 55p.

GRAVELINE Nina, MATON Laure (2006). D64/2/c: National workshop report (French case study). SWIFT-WFD : 53p.

GRAVELINE Nina, MATON Laure, LUCKGE Helen, ROUILLARD Josselin, STROSSER Pierre, PALKANIETE Kristine, RINAUDO Jean-Daniel, TAVERNE Didier, INTERWIES Eduard (2010). An operational perspective on potential uses and constraints of emerging tools for monitoring water quality. In Trends in Analytical Chemistry, Vol. 29, No. 5: p 378-p.384.

GRAVELINE Nina, STROSSER Pierre, MATON Laure, LUCKGE Helen (2007). D57: Synthesis on the assessment of the impact of SMETs on decision making and on the development of river management plans (including distributional effects). SWIFT-WFD: 31p. (16)

GRAVELINE Nina, STROSSER Pierre (2007). Brief: Assessing the impact of enhanced information on decision making. SWIFT-WFD: 4p.

HERIVAUX C. (2008). Développement d'un cadre méthodologique pour évaluer le coût d'atteinte du bon état des masses d'eau du bassin Rhin-Meuse. Volume III : Evaluation du coût d'atteinte des mesures de lutte contre la pollution diffuse d'origine agricole. BRGM/RP-56133-FR., BRGM : 68p.

JAFFREZIC-RENAULT Nicole, NAMOUR Philippe (2009). Capteurs pour la mesure de la matière organique totale et biodégradable dans les eaux. Cemagref - ONEMA : 32p.

LUCKGE Helen, PALKANIETE Kristine, STROSSER Pierre (2006). D50: Framework for assessing the impact of integrating screening methods into WFD monitoring. SWIFT-WFD: 26p.

LUCKGE Helen, STROSSER Pierre, GRAVELINE Nina, DWORAK Thomas, RINAUDO Jean-Daniel (2009). Assessing the Impacts of Alternative Monitoring Methods and Tools on Costs and Decision

Making: Methodology and Experience from Case Studies. In Rapid Chemical and Biological Techniques for Water Monitoring. John Wiley & Sons, Ltd: p.385-p.395.

MAYER Tomas Michel, SACAREAU Pierre (2012). Sensors and Monitoring Report. WsSTP: 54p.

SAMEN Florence, Aoustin Yannick, REPECAUD Michel, ROLIN Jean-François, WOERTHER Patrice (2010). Rapport de synthèse ONEMA : Monitoring Haute Fréquence pour la surveillance du milieu littoral. Ifremer : 160p.

SCHNEIDER Xenia (2007). D66: A best practice guide for water body monitoring. SWIFT-WFD: 36p.

TOURAUD Evelyne (2007). D53/3: French Market study. SWIFT-WFD: 24p.

Documents complémentaires

BLOHM Werner, LECHTEL Michael. Automated Surface Water Monitoring Stations in the City of Hamburg as part of the EU Water Framework Directive. Institut für Hygiene und Umwelt. 24p.

FELT Jean-François (2006). Mesures en continu sur le réseau de distribution d'eau potable de la Communauté Urbaine de Strasbourg. Amélioration de la gestion de la qualité de l'eau et du service. Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg, 97p.

GILBERT Dominique, ROUVREAU Laurent (2012). Journée technique "du plan de gestion à l'achèvement des travaux de dépollution". BRGM - MEDDE, 25p.

HALL John S., SZABO Jeffrey G., PANGULURI Srivinas, MEINERS Greg (2009). Distribution System Water Quality Monitoring : Sensor technology evaluation methodology and results. A guide for Sensor manufacturers and Water Utilities. United States Environmental Protection Agency - 60p.

HERIVAUX C., RINAUDO J.-D. (2005) - Développement d'un cadre méthodologique pour évaluer le coût d'atteinte du bon état des masses d'eau du Bassin Rhin-Meuse. Volume II : Evaluation du coût d'atteinte du bon état concernant les pollutions organiques. Rapport final BRGM/RP-54266-FR. 102p.

LECHTEL Michael, BLOHM Werner. Automated Surface Water Monitoring Stations in the City of Hamburg as part of the EU Water Framework Directive. Hamburg Institute for Hygiene and Environment. 24p.

MEUNIER V., (2009). Analyse coût-bénéfices : guide méthodologique. Numéro 2009-06 des Cahiers de la Sécurité Industrielle, Institut pour une Culture de Sécurité Industrielle, Toulouse, France (ISSN 2100-3874). Disponible à l'URL http://www.icsi-eu.org/francais/dev_cs/cahiers/

MUSY André (2005). Cours d'Hydrologie – Chapitre 7 – La mesure hydrologique. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. Site web : <http://echo2.epfl.ch/e-drologie/>

RINAUDO J.-D. et LOUBIER S. (2005). Cost-benefit analysis of large-scale groundwater remediation in France. In Cost-Benefit Analysis and Water Resources Management. Roy BROUWER and David PEARCE, OBE: p.290-314.

TARRISSE André, HANNOYER Patrick (2008). Qualité des eaux souterraines. Apports de la mesure en continu de paramètres-guides. Direction Départementale de l'Équipement et de l'Agriculture du Lot, 6p.

TOULET Fabien (2005). Rénovation de la station d'alerte de Huningue 2003-2004. APRONA 14p.



Building a better
working world

Pôle de compétitivité HYDREOS

Etude technico-économique de la mesure en continu

WINKELMANN-OEI Gerhard (2009). The Institute for Hygiene and Environment Hamburg and the German Federal Environment Agency are planning a "Training of Experts from Ukraine and Moldova in the field of automatic water monitoring stations". Hamburg Institute for Hygiene and Environment.2p.

Base de données Aqualarm et plateforme de communication des données [En ligne] :

Station de surveillance Eijsden http://www.aqualarm.nl/Eijsden_fr.html (consulté le 26/06/2013)

Stations de surveillance Lobith-Bimmen http://www.aqualarm.nl/LOBITH_fr.html (consulté le 26/06/2013)

8. Table des illustrations

Table des tableaux

Tableau 1 : Perception des contraintes de la mesure en continu dans les 9 études de cas réalisées	64
Tableau 2 : Echelle des axes du radar pour le domaine d'application « Eau potable »	68
Tableau 3 : Observations et conclusions de l'analyse coûts-bénéfices des 3 cas pour la protection de la ressource en eau potable	69
Tableau 4 : Echelle des axes du radar pour le domaine d'application « Eaux de surface »	70
Tableau 5 : Observations et conclusions de l'analyse coûts-bénéfices des 3 cas pour le suivi des eaux de surface	71
Tableau 6 : Echelle des axes du radar pour le domaine d'application « Eaux de rejets »	72
Tableau 7 : Observations et conclusions de l'analyse coûts-bénéfices des 2 cas pour les cas d'eaux de rejets ...	73
Tableau 8 : Echelle des axes du radar pour les trois domaines d'application	75
Tableau 9 : Observations et conclusions de l'analyse coûts-bénéfices des 9 cas étudiés, dans 4 domaines d'application différents	76
Tableau 10: Avantages et inconvénients de la mesure en continu	78
Tableau 11 : Avantages et inconvénients de la mesure en continu par domaine d'application en fonction des enjeux associés à chaque domaine	80
Tableau 12 : Nombre de mesures de laboratoire équivalent pour les études de cas "Eau potable"	84
Tableau 13 : Nombre de mesures de laboratoire équivalent pour les études de cas "Eaux de surface"	84
Tableau 14 : Nombre de mesures de laboratoire équivalent pour les études de cas "Eaux de rejets"	84
Tableau 15 : Calcul du ratio OPEX / CAPEX pour les 9 études de cas réalisées	86
Tableau 16 : Enseignements tirés des expériences des utilisateurs	89
Tableau 17 : Attentes des utilisateurs	90
Tableau 18 : Scenarii des coûts évités dans le cas de la station d'alerte d'Huningue	103

Table des figures

Figure 1 : Etapes de mise en place d'un système de mesure en continu et coûts associés	2
Figure 2 : Comparaison des coûts et avantages dans les 3 études de cas réalisées sur l'eau potable	69
Figure 3 : Comparaison des coûts et avantages dans les 3 études de cas réalisées sur les eaux de surface	71
Figure 4 : Comparaison des coûts et avantages dans les 2 études de cas réalisées sur les eaux de rejets	73
Figure 5 : Comparaison des coûts et avantages dans les 4 domaines d'application étudiés	75
Figure 6 : Process de décision de la mise en place d'un type de métrologie environnementale	93
Figure 7 : Qualification des risques dans le domaine de l'eau	95
Figure 8 : Le rôle de la mesure en continu dans un cas de pollution	96
Figure 9 : Coûts liés à une pollution que la mesure en continu permet d'éviter ou de limiter	98

9. Remerciements

Correspondants principaux, membres du Comité de Coordination

Nous remercions l'ensemble des membres du Comité de Coordination. Ils se sont rendus disponibles pour établir l'ensemble de l'étude, ont coordonné l'ensemble des travaux, et ont apporté leur expertise dans le cadre des comités de pilotage.

Onema :

Pierre-François STAUB, spécialiste de la chimie aquatique, pierre-francois.staub@onema.fr

Pôle Dream Eaux & Milieux :

Daniel VILLESSOT, Président, daniel.villessot@lyonnaise-des-eaux.fr

Gaëtane SUZENET, Directrice Générale, gaetane.suzenet@poledream.org,

Jean-Charles BRIAND, Chargé de mission Eau et Environnement, jean-charles.briand@poledream.org,

Pôle Hydréos :

Georges POTTECHER, Directeur Général, georges.pottecher@hydreos.fr

Cédric FAGOT, Vice-Président, Cedric.Fagot@fr.endress.com

Sophie ALTMAYER, Chargée de Mission Réseaux et Matériaux, sophie.altmeyer@hydreos.fr

Pôle Eau :

Jean-Pierre DUGUET, Direction Scientifique, Jean-Pierre.DUGUET@veolia.com

MEDDE :

Martine CHOQUERT, Chargée de mission, Martine.Choquert@developpement-durable.gouv.fr

Jean-Pierre RIDEAU, Chargé de mission auprès du Directeur de l'eau, Jean pierre.Rideau@developpement-durable.gouv.fr

Alain GRIOT, Sous-directeur à l'innovation, Alain.Griot@developpement-durable.gouv.fr

Autres contributeurs, membres du Comité de Pilotage

Nous remercions l'ensemble des membres du Comité de Pilotage. Ils ont apporté leur expertise, nous ont fait bénéficier de leur connaissance sur le sujet, et ont permis à la réflexion d'avancer. Nous remercions leur lecture attentive du rapport final et leur éclairage sur l'ensemble des sujets.

Yannick Aoustin, Service Ingénierie et Instrumentation Marine (Pôle Mer Bretagne), Yannick.Aoustin@ifremer.fr

Nathalie Guigues, Chef de Projet Qualité des Eaux Direction Métrologie Scientifique et Industrielle /Pôle Chimie Biologie (LNE), nathalie.guigues@lne.fr

Guy Herrouin, Consultant (Pôle Mer PACA) herrouin@polemerpaca.com

Didier Treinsoutrot, Directeur de la délégation de Toulouse, (CETE) Didier.Treinsoutrot@developpement-durable.gouv.fr

Dominique Didelot, délégué aux partenariats industriels (IRSTEA), dominique.didelot@irstea.fr

Catherine Berho, Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM), c.berho@brgm.fr

Guilhem Bourrie, Directeur de Recherche (INRA) bourrie@aix.inra.fr

Guillaume Bonello, Directeur des projets R&D, (Optitec) guillaume.bonello@popsud.org

Francis Pithon, Vice-président (Fabrila), francispithon@orange.fr

Luc Derreumaux, Président (CIFEC), ld@cifec.fr

Rémy Claverie, Directeur (GEMCEA), remy.claverie@gemcea.u-nancy.fr

Christophe Chevillon, Directeur général (Environnement SA), c.chevillon@environnement-sa.com

Personnes interrogées dans le cadre des études de cas

Nous remercions toutes les personnes qui ont participé à l'élaboration de ce document par leur participation aux études de cas, leur témoignage, leur accord pour transmettre des informations, et le temps qu'ils ont dévoué pour nous recevoir, s'entretenir avec nous, et relire nos recommandations.

Mélanie Le Moign, Service Prospectives et Etudes des Milieux, SIVOA (Syndicat Mixte de la Vallée de l'Orge)

Michel Andres, Ingénieur Support Métiers, Station d'Observation de la Qualité des Eaux de la Loire (SOQEL), Orléanaise des Eaux

Stéphane Gillot, Chef d'usine, Station d'Observation de la Qualité des Eaux de la Loire (SOQEL), Orléanaise des Eaux



Building a better
working world

Pôle de compétitivité HYDREOS

Etude technico-économique de la mesure en continu

Rapport final

Arnaud BIGNOLAIS, Instrumentiste, technicien de traitement, Station d'Observation de la Qualité des Eaux de la Loire (SOQEL), Orléanaise des Eaux

Jean PRYGIEL, Responsable de service, Agence de l'Eau Artois-Picardie

Frédéric HOTTIN, Suivi des équipements, Agence de l'Eau Artois-Picardie

Cédric HALKETT, Ingénieur expert qualité des eaux, Agence de l'Eau Artois-Picardie

Michel AROLD, Opérateur, Agence de l'Eau Artois-Picardie

Olivier GIBOIRE, Ingénieur support – Instrumentation, Direction Technique de Veolia Eau

Fabien TOULET, Responsable de la station d'Alerte d'Huningue, APRONA (Association pour la protection de la Nappe Phréatique de la Plaine d'Alsace)

Thierry COLLAY, Responsable de service, Direction de l'Eau et de l'Assainissement de la ville de Clermont-Ferrand, Service équipements industriels

Thierry DAUGE, Technicien responsable métrologie, Direction de l'Eau et de l'Assainissement de la ville de Clermont-Ferrand, Service équipements industriels,

Christophe Anselme, Directeur Technique et Scientifique, Station d'épuration de Bordeaux, Lyonnaise des Eaux

Patrick LEFRANCOIS, Expert Métrologie, Station d'épuration de Bordeaux, Lyonnaise des Eaux

Laure DE SAINT PHALLE, Ingénieur Responsable Méthodes d'Exploitation, Novergie, Sita

José DE FREIT AS, Directeur Industriel pour la Valorisation Energétique de SITA

Christine BERTIER, Hydrosédimentologue en milieu fluvial et estuarien, Mission « Observation, et communication », GIP Loire Estuaire

Tony HARRINGTON, Directeur Environnement, Welsh Water

Dr. Gerard STROOMBERG, Conseiller – Chef de projet opérationnel, Rijkswaterstaat, Service Surveillance et Laboratoire, Pays-Bas

Dr Jaana BACK, programme européen ANAEE (Analysis and Experimentation on Environment)

Anne-Mari VENNELA, Pyhäjärvi Instituutti, Finlande

Anne OJALA, Expert qualité des eaux, Station SMEAR II, Finlande

Angelika MEYER

Pr. Nüzhet DALFES, Université technique d'Istanbul, Turquie



Building a better
working world

Pôle de compétitivité HYDREOS

Etude technico-économique de la mesure en continu

Rapport final

10. Annexe 1 : Guide d'entretien

Date de l'entretien :

Exploitant – Etude de cas :

Renseignements sur la personne interviewée et sur l'organisme :

Nom :

Prénom :

Statut :

Société / organisme / institut :

Adresse

Tél :

Mail :

Quel est votre rôle dans la mise en place et l'utilisation de la mesure en continu sur votre site ?

Coordinateur du projet. Sinon, qui est-il ?

Scientifique ?

Utilisateur de la donnée ?

Autre fonction ?

1. PRESENTATION DU CONTEXTE ET DE L'ACTIVITE

1.1 Présentation de l'exploitant

1.1.1 Collectivité ? Bureau d'étude ? Industriel ?

1.2 Domaine(s) d'application de la mesure en continu

1.2.1 Eaux de surface ? Ressource en eau potable ? Rejets et assainissement ?

1.3 Finalité et enjeux identifiés pour l'exploitant

1.3.1 Personnes impliquées

1.3.1.1 Demandeur

1.3.1.2 Destinataire

1.3.1.3 Décisionnaire

1.3.1.4 Autres acteurs touchés

1.3.2 Raisons ayant motivé le choix

Raison	O/N	Explication
Réglementaire		
Certification		
Enjeu commercial		
Economique		
Sensibilisation et communication		
Recherche		
Optimisation et productivité		
Autres		

1.4 Historique de mise en œuvre de la mesure en continu

1.4.1 Objectif initial

1.4.2 Procédé de mise en œuvre

1.4.3 Historique (début du projet, évolutions, temps associé)

2. TECHNOLOGIE DE MESURE EN CONTINU MISE EN OEUVRE

2.1 Paramètres mesurés sur le domaine d'application retenu

- 2.1.1 Paramètres mesurés par la mesure en continu
- 2.1.2 Objectifs de la mesure pour chacun des paramètres
- 2.1.3 Actions conduites pour répondre aux objectifs
- 2.1.4 Points de mesures et mesures associées

2.2 Caractéristiques de l'instrument de mesure utilisé sur l'application

- 2.2.1 Composition de la station de mesure
- 2.2.2 Système analytique pour chaque paramètre étudié :
 - 2.2.2.1 Système analytique utilisé : Mesure en continu ? Mesure en laboratoire ? Mesure portative ?
 - 2.2.2.2 Technologie utilisée
 - 2.2.2.3 Données annexes : installation, alimentation du système, transmission des données
 - 2.2.2.4 Modèle et fabricant

2.3 Evolution du système de mesure dans le temps

- 2.3.1 Méthode utilisée avant la mise en place de la mesure en continu, si pertinent
- 2.3.2 Phases de test préalable : expliquez et décrivez
- 2.3.3 Objectifs de ces tests

3. EVALUATION TECHNIQUE DE LA METHODE UTILISEE

3.1 Contraintes associées à la mesure en continu

Notation : 0= Contrainte inexistante ; 1 = Faible ; 2 = Moyenne ; 3 = Forte

	Note	Informations complémentaires
Contraintes techniques		
Contraintes liées à l'utilisation		
Utilisation facile de l'outil		
Disponibilité des données		
Fiabilité		
Flexibilité		
Volume des données traitées		
Pannes (fréquence, remise en marche)		
Fiabilité et disponibilité de la mesure		
Contraintes liées à l'installation, à la maintenance, à l'entretien		
Robustesse et fréquence de changement		
Adaptation aux réseaux existants		
Autonomie		
Nécessité de maîtrise d'ouvrage ou d'infrastructures supplémentaires		
Temps de maintenance et d'entretien		
Contraintes analytiques liées à la technologie		
Données mesurées et leur forme		
Format d'exploitation des mesures		
Fréquence et disponibilité des données		
Volume des données		
Suivi de l'exactitude et de la justesse des mesures		
Précautions prises pour que la mesure soit de qualité		
Gestion et analyse des données		
Collecte et mise à disposition des données		
Validation des données – Invalidation en temps réel (représentativité spatiale, coûts d'organisation)		
Analyse des données		
Utilisation des données		
Sous-traitance		
Autres difficultés		
Contraintes réglementaires		
Précision de la mesure		
Validation de la technologie utilisée		
Freins organisationnels et socioculturels		
Changement des habitudes, réticence au changement		
Compétences inadaptées		

3.2 Perspectives sur cette technologie

3.2.1 Durée de vie et fréquence de remplacement (composants, matériel)

3.2.2 Qualification de la technologie (points forts et points faibles)

3.2.3 Améliorations espérées / attendues, besoins futurs

4. EVALUATION ECONOMIQUE DE LA METHODE UTILISEE

4.1 Analyse des coûts associés au projet

4.1.1 Précisions sur l'organisation, le périmètre, la chaîne de valeur

- 4.1.1.1 Périmètre
- 4.1.1.2 Composition de la chaîne de valeur
- 4.1.1.3 Part de la sous-traitance

4.1.2 Coûts associés à chaque technologie

		Etude de cas		
Détails sur la technologie				
Paramètres étudiés		Paramètre 1	Paramètre 2	Paramètre 3
Année de mise en place				
Technologie				
Coûts d'investissement				
Matériel (principal et annexe)				
Installation				
Durée d'amortissement				
Installations annexes				
Coûts de fonctionnement (dont interventions préventives)				
Maintenance, entretien, nettoyage				
Conditionnement, traitement				
Consommables				
Temps de main d'œuvre				
Energie				
Coûts des interventions correctives				
Nombre d'heures passées				
Coût annuel				
Coût Total				

4.2 Financement du projet

- 4.2.1 Investissement initial
- 4.2.2 Financement du fonctionnement
- 4.2.3 Avez-vous touché des subventions ?

4.3 Bénéfices associés au projet**4.3.1 Coûts évités**

4.3.1.1 Coûts de nettoyage

4.3.1.2 Coûts de pollution

4.3.1.3 Evaluation des coûts de mauvaises décisions ou d'inefficacité

4.3.1.4 Coûts logistiques

4.3.1.5 Coûts des amendes

(les bénéfices liés à la récupération de perte matière et la réduction de matière sont exclus de cette expérimentation)

4.3.2 Bénéfices directs

4.3.2.1 Redistribution des charges selon la responsabilité (principe pollueur-payeur)

4.3.2.2 Rentabilité et optimisation : gains sur l'exploitation : réactifs, énergie, temps de main d'œuvre

4.3.3 Bénéfices indirects

4.3.3.1 Services supplémentaires commercialisés

4.3.3.2 Création de valeur ajoutée

4.3.3.3 Impact clients – Marchés

5. BILAN ET PERSPECTIVES

5.1 Bilan de la mise en place de cette technologie

- 5.1.1 Prise en compte de l'impact environnemental (GES, énergie). Expliquez.
- 5.1.2 Succès et échecs
- 5.1.3 Difficultés
 - 5.1.3.1 Quelles difficultés ?
 - 5.1.3.2 Etaient-elles anticipées ? Comment ont-elles été surmontées ?
- 5.1.4 Quelles leçons tirez-vous de cette expérience ?
- 5.1.5 Certains points sont-ils restés non résolus ?

5.2 Avantages et inconvénients, opportunités et menaces de la mesure en continu

5.2.1 Liste des avantages (+) et inconvénients (-)

	+	-	Précisions
Avantages et inconvénients de la mesure en continu			
Qualité de la mesure			
Exploitabilité de la mesure			
Rapidité			
Complexité/facilité d'utilisation			
Efficacité			
Coûts			
Représentativité de la mesure			
Encadrement, temps passé, éducation nécessaire			

5.2.2 Liste des opportunités (+) et des menaces (-) au développement de la mesure en continu

	+	-	Précisions
Perspectives de développement de la mesure en continu			
Exigences réglementaires			
Développement de la technologie			
Services supplémentaires apportés par la mesure en continu			
Redistribution des coûts entre les acteurs			
Obsolescence			
Continuité / Discontinuité dans les mesures			
Concurrence			
Autres ? Préciser :			

5.3 Perspectives pour la mesure en continu

- 5.3.1 Solutions alternatives imaginées à travers la métrologie
- 5.3.2 Calendrier d'investissements futurs ou développements potentiels envisagés

11. Annexe 2 : Coûts de laboratoire

Paramètre	Prix moyen (€ HT)	Prix HT avec échantillonnage
Température	1 €	1 €
Turbidité	2 €	3 €
MES	8 €	10 €
Conductivité	2 €	3 €
Légionelles	50 €	63 €
Escherichia Coli	6 €	8 €
Autres bactéries	6 €	8 €
DBO	10 €	13 €
DCO	8 €	10 €
Nitrates	4 €	5 €
Ammonium	4 €	5 €
Azote total	12 €	15 €
Phosphates	6 €	8 €
Phosphore total	10 €	13 €
Pesticides / famille	50 €	63 €
Hydrocarbures	35 €	44 €
PCB	50 €	63 €
Solvants	40 €	50 €
Détergents	25 €	31 €
Cadmium	8 €	10 €
Plomb	8 €	10 €
Chrome	8 €	10 €
Mercure	12 €	15 €
Arsenic	8 €	10 €
Cuivre	8 €	10 €
Zinc	8 €	10 €
Nickel	8 €	10 €
Pack métaux	60 €	75 €
pH	2 €	3 €
Potentiel Redox	5 €	6 €
Chlorure	4 €	5 €
Sulfates	4 €	5 €
Chlore	2 €	3 €
Fluorures	7 €	9 €
Cyanures	15 €	19 €
Oxygène dissous	2 €	3 €
Minéraux	7 €	9 €
COT	13 €	16 €

Source : Recherche réalisée par EY dans le cadre d'une étude de marché. Prix collectés auprès de différents laboratoires, une moyenne réaliste est appliquée.



Building a better
working world

Pôle de compétitivité HYDREOS

Etude technico-économique de la mesure en continu

Rapport final

Vos contacts

Patrice Lefeu

EY, Directeur exécutif

Email : patrice.lefeu@fr.ey.com

Georges Golla

EY, Consultant

Email : georges.golla@fr.ey.com

Perrine Duffaure

EY, Consultante

Email : perrine.duffaure@fr.ey.com

Louis Cagnet

Valor Consultants, Expert en métrologie

Email : aquascopia@wanadoo.fr

