
**Mesure de débit des liquides dans les canaux
découverts — Méthodes de dilution en régime
permanent utilisant des traceurs —**

**Partie 3:
Traceurs chimiques**

ISO 9555-3:1992

<https://standards.iteh.org/en/standards/iso-9555-3-1992> — *Measurement of liquid flow in open channels — Tracer dilution methods for the measurement of steady flow —*

Part 3: Chemical tracers



Sommaire

Page

1	Domaine d'application	1
2	Référence normative	2
3	Définitions, symboles et unités de mesure	2
3.1	Définitions	2
3.2	Symboles	2
3.3	Unités de mesure	2
4	Traceurs utilisés	2
4.1	Généralités	2
4.2	Iodure	2
4.3	Lithium	3
4.4	Chlorure	3
4.5	Chrome	3
5	Mesurages du traceur	3
5.1	Principes	3
5.2	Mesurage in situ	5
5.3	Mesurage en laboratoire	6
6	Facteurs environnementaux affectant les traceurs	7
6.1	Facteurs chimiques	7
6.2	Facteurs physiques	9
6.3	Facteurs biologiques	9
7	Techniques d'injection des traceurs	9
8	Techniques d'échantillonnage	10
9	Analyse et sources d'erreurs	10
10	Prescriptions spéciales	10
10.1	Iodure	10

ITeH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 9555-3:1992

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7902f80-ab63-448f-bb82-26ef8cb55d33/iso-9555-3-1992>

© ISO 1992

Droits de reproduction réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation
Case Postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse

Imprimé en Suisse

10.2	Lithium	10
10.3	Chlorure	10
10.4	Chrome	11

Annexe

A	Caractéristiques générales des traceurs chimiques communément utilisés	12
----------	--	-----------

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 9555-3:1992](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/790f2f80-ab63-448f-bb82-26ef8cb55d33/iso-9555-3-1992)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/790f2f80-ab63-448f-bb82-26ef8cb55d33/iso-9555-3-1992>

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 9555-3 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 113, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts*, sous-comité SC 4, *Méthodes de dilution*. [ISO 9555-3:1992](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7902f80-ab63-448f-bb82-10c5eb5d7130/iso-9555-3:1992)

L'ISO 9555 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Méthodes de dilution en régime permanent utilisant des traceurs*:

- *Partie 1: Généralités*
- *Partie 2: Traceurs radioactifs*
- *Partie 3: Traceurs chimiques*
- *Partie 4: Traceurs fluorescents*

L'annexe A fait partie intégrante de la présente partie de l'ISO 9555.

Introduction

L'ancienne série de normes ISO 555 a été subdivisée en fonction de la méthode utilisée in situ, c'est-à-dire la méthode d'injection à débit constant et la méthode par intégration (injection instantanée). Étant donné que le choix du traceur à utiliser in situ dépend souvent de la compétence de l'utilisateur et de l'équipement de laboratoire disponible, la nouvelle série de normes ISO 9555 est divisée en fonction du type de traceur utilisé. Ainsi, une telle division s'avèrera plus pratique pour l'utilisateur et permettra d'éviter les répétitions inutiles dans le texte des différentes parties.

L'ISO 9555 traite du mesurage de débits dans les canaux découverts, en régime permanent, par les méthodes de dilution utilisant des traceurs. Toutefois, ces méthodes peuvent être étendues au mesurage de débits variant lentement. Ces méthodes ne s'appliquent que lorsque les conditions d'écoulement assurent un mélange convenable de la solution injectée à l'ensemble de l'écoulement.

Pour le mesurage de débits très importants, toute méthode utilisant des traceurs peut être onéreuse en termes de coût de traceur et de durée de mesurage. Néanmoins, l'utilisation des traceurs minimise souvent les dangers pour le personnel pendant les fortes crues.

L'ISO 9555-1 présente les principes généraux des méthodes par injection à débit constant et par intégration (injection instantanée). L'ISO 9555-2, l'ISO 9555-3 et l'ISO 9555-4 traitent des aspects spécifiques de l'usage des traceurs radioactifs, chimiques et fluorescents, respectivement, ainsi que des procédés spécifiques d'analyse.

Ce plan a été retenu pour les raisons suivantes:

- faciliter les opérations ultérieures de mise à jour, les compléments ou révisions qui ne devraient concerner que l'ISO 9555-2, l'ISO 9555-3 ou l'ISO 9555-4;
- rendre le document plus pratique pour l'utilisateur qui est souvent conduit à choisir le traceur le plus approprié à l'équipement d'analyse disponible.

Page blanche

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 9555-3:1992

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/790f2f80-ab63-448f-bb82-26ef8cb55d33/iso-9555-3-1992>

Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Méthodes de dilution en régime permanent utilisant des traceurs —

Partie 3: Traceurs chimiques

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 9555 traite de l'utilisation de traceurs chimiques dans le cadre des mesurages de débit par la méthode de dilution. Les appareils et procédés d'application sont exposés dans l'ISO 9555-1 et ne sont pas répétés ici, à l'exception de ceux qui sont spécifiques aux traceurs chimiques.

Les traceurs chimiques présentent plusieurs avantages:

- a) Comme pour les traceurs fluorescents, leur manipulation s'effectue suivant les pratiques normales de laboratoire et sans matériel spécial (par exemple écran antirayonnement). Il est nécessaire toutefois de manipuler avec soin les traceurs concentrés pour éviter de polluer les échantillons et certains traceurs pour des raisons de toxicité.
- b) En général, les traceurs chimiques se trouvent facilement dans le commerce et peuvent se conserver de manière illimitée.
- c) L'analyse peut s'effectuer avec les matériels de laboratoire déjà utilisés pour déterminer la qualité de l'eau.
- d) En général les traceurs chimiques sont photochimiquement stables.

Les inconvénients des traceurs chimiques sont les suivants:

- a) Leur seuil de détection est relativement élevé; chaque jaugeage demande donc une plus grande quantité de traceur. Pour des raisons pratiques, ceci peut réduire l'usage de ces traceurs aux petits débits. Cependant, pour certains traceurs, les techniques de reconcentration permettent de mesurer des débits importants (de l'ordre de $1\,000\text{ m}^3/\text{s}$) lorsque les conditions de mélange et les pertes de traceur sont acceptables.
- b) Sauf pour la méthode par conductivité utilisant le chlorure de sodium, les plages de dosage des méthodes d'analyse en laboratoire sont limitées, ce qui nécessite une dilution des échantillons prélevés dans la rivière avant l'analyse. Cette restriction explique qu'il soit préférable pour les traceurs chimiques d'utiliser la méthode d'injection à débit constant (sauf pour la méthode par conductivité), car il serait difficile de déterminer le pic de concentration résultant d'une injection instantanée.
- c) Les bruits de fond naturels et notamment la conductivité (résultant de la dissolution de solides dans les eaux naturelles) peuvent être de niveau élevé et variable et nécessiter une quantité de traceur plus grande que cela ne semblerait utile en ne considérant que les seuils de détection.
- d) Il n'est pas possible d'utiliser un porteur, comme pour les traceurs radioactifs, et dans certains cas les pertes par adsorption peuvent être notables.

2 Référence normative

La norme suivante contient des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO 9555. Au moment de la publication, l'édition indiquée était en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente partie de l'ISO 9555 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer l'édition la plus récente de la norme indiquée ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 772:1988, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Vocabulaire et symboles.*

3 Définitions, symboles et unités de mesure

3.1 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 9555 les définitions suivantes s'appliquent. Les définitions relatives aux nombreux aspects de la mesure de débit, y compris aux méthodes de dilution sont données dans l'ISO 772.

3.1.1 électrode sélectrice d'un ion: Sonde potentiométrique dont le potentiel de sortie mesuré par rapport à celui d'une électrode de référence appropriée est proportionnel à l'activité de l'ion choisi dans la solution testée.

3.1.2 interférence: Erreur dans la détermination d'un ion chimique causée par la sensibilité de la méthode d'analyse à la présence d'autres ions dans la solution.

3.1.3 loi de Beer-Lambert: Loi physique stipulant que l'absorption d'énergie lumineuse par un milieu absorbant varie de façon exponentielle avec l'épaisseur et la concentration molaire de ce milieu.

3.1.4 colorimétrie: Méthode d'analyse chimique fondée sur la mesure de l'absorption de la lumière visible par des substances en solution dans une gamme donnée de longueurs d'onde selon la loi de Beer-Lambert.

3.1.5 spectrométrie d'absorption atomique dans la flamme: Méthode d'analyse chimique fondée sur la mesure de l'absorption de la lumière visible par un échantillon atomisé dans une flamme dans une gamme donnée de longueurs d'onde selon la loi de Beer-Lambert.

3.1.6 spectrométrie d'émission atomique dans la flamme: Méthode d'analyse chimique fondée sur la mesure de la lumière émise par un échantillon ato-

misé dans une flamme dans une gamme donnée de longueurs d'onde selon la loi de Beer-Lambert.

3.1.7 adsorption: Fixation des ions d'une solution par une surface solide.

3.1.8 méthode par mesure de la conductivité: Technique de détermination de la concentration en traceur à partir de la conductivité électrique.

3.2 Symboles

Les symboles utilisés dans la présente partie de l'ISO 9555 sont définis lorsqu'ils apparaissent dans le texte.

3.3 Unités de mesure

Les unités de mesure utilisées dans la présente partie de l'ISO 9555 sont celles du Système International (SI).

4 Traceurs utilisés

4.1 Généralités

Les traceurs chimiques d'usage courant sont les suivants:

- l'iode sous forme d'iodure de sodium, solubilité 1 800 kg par m³;
- le lithium sous forme de chlorure de lithium, solubilité 600 kg par m³;
- le chlorure sous forme de chlorure de sodium, solubilité 350 kg par m³;
- le chrome sous forme de dichromate de sodium, solubilité 800 kg par m³.

Les bromures et les fluorures sont des traceurs satisfaisants mais ne sont pas d'usage courant. D'autres substances ont également été utilisées comme le sulfate de manganèse et le nitrate de sodium.

Les caractéristiques générales des traceurs chimiques communément utilisés sont données sous forme de tableau dans l'annexe A.

4.2 Iodure

L'iodure de sodium et l'iodure de potassium sont deux éléments extrêmement solubles dont les solutions sont toutes deux utilisées comme traceurs. L'iodure de sodium est meilleur marché par unité de masse d'iodure. L'ion iodure peut être dosé par spectrophotométrie catalytique ou à l'aide d'une électrode sélectrice d'ion. Dans chaque cas la limite de détection est d'environ 1 µg/l et la gamme normale de travail est comprise entre 10 µg/l et

100 µg/l. Les concentrations dans les eaux douces naturelles peuvent atteindre jusqu'à 2 µg/l mais sont en général très inférieures. La méthode par spectrophotométrie catalytique est préférable en laboratoire (voir 5.1.1.1) tandis que la méthode à électrode sélectrice d'ion peut être utilisée in situ (voir 5.1.1.2 et 5.2.1).

4.3 Lithium

Le lithium est disponible sous la forme d'une multitude de sels et c'est le chlorure qui est généralement utilisé pour les études par traceurs. Le chlorure de lithium est la forme chimique la moins onéreuse pour un poids donné de lithium. La saumure de lithium, qui peut contenir jusqu'à 83 g de lithium par litre, est plus pratique à manipuler que le chlorure de lithium anhydre qui est déliquescent et se dissout de façon exothermique (voir 10.2.1).

Le lithium est dosé normalement par spectrométrie d'émission atomique ou d'absorption atomique dans la flamme et ses limites de détection sont généralement de 0,1 µg/l et 10 mg/l respectivement. Les concentrations en canaux découverts s'échelonnent entre moins de 0,1 µg/l dans les ruisseaux de montagne et plus de 10 mg/l dans les effluents d'usine de traitement des minerais. Les eaux résiduelles et l'eau des rivières qui les recueillent peuvent en contenir de 10 µg/l à 50 µg/l. L'analyse destructive utilise quelques millilitres d'échantillon alors que les techniques du type spectrométrie d'absorption atomique sans flamme peuvent s'employer lorsqu'on ne dispose que de très petits volumes d'échantillon.

4.4 Chlorure

La méthode par mesure de la conductivité doit sa popularité à la relative simplicité et au coût peu élevé des conductivimètres qui peuvent être utilisés in situ, ainsi qu'aux propriétés du traceur (chlorure de sodium), qui se caractérise par son haut degré de dissociation électrolytique en solution dans l'eau, sa facilité d'approvisionnement, son prix peu élevé, ainsi qu'une solubilité modérée sur laquelle la température a peu d'influence. Le chlorure de sodium est par ailleurs peu nocif pour la faune et la flore aux concentrations utilisées et il est peu absorbé par la végétation et les matériaux du lit du chenal.

L'inconvénient de la méthode de mesure de la conductivité est son bruit de fond élevé, de 25 mS/cm à 500 mS/cm, qui résulte des autres solides dissous naturellement. Le seuil de détection du sodium approche de 0,5 mg/l pour les conductivimètres généralement disponibles mais, malgré tout, la conductivité des eaux naturelles est parfois telle qu'il faut utiliser de grandes quantités de chlorure de sodium pour provoquer une variation mesurable avec précision de la conductivité de l'eau du chenal.

Le traceur doit être dilué dans de grandes quantités d'eau afin d'obtenir une solution injectable de masse volumique spécifique suffisamment faible pour éviter une stratification par densité.

4.5 Chrome

Le chrome en tant que traceur est utilisé sous la forme de dichromate de sodium; la mise en solution est endothermique.

Le chrome hexavalent, de concentration approchant 0,1 mg/l, peut être dosé directement par colorimétrie à l'aide de réactifs appropriés, mais il est également possible d'effectuer une reconcentration préliminaire par extraction qui améliore la sensibilité de la méthode d'un facteur 10 et même 100, et permet d'atteindre 1 µg/l.

Le chrome total est dosé dans les gammes de concentration similaires par spectrométrie d'absorption atomique dans la flamme.

5 Mesurages du traceur

5.1 Principes

5.1.1 Iodure

5.1.1.1 Méthode spectrométrique catalytique

L'ion iodure d'une solution faible peut être dosé à partir de son effet catalytique sur la vitesse de réaction entre l'ion cérique et l'acide arsénieux. La couleur jaune d'une solution cérique se mesure par spectrométrie à un moment fixé après le début de la réaction et l'on enregistre la réduction d'absorbance causée par une réaction plus rapide en présence d'iodure. Il est essentiel de surveiller de près la température des solutions réactives. Les concentrations en iodure sont déterminées par référence à une courbe d'étalonnage. Les étalons servant à préparer la courbe d'étalonnage sont fabriqués à partir d'un gros échantillon d'eau «naturelle» prélevé dans l'écoulement en amont de l'injection et servant de diluant.

La coloration de l'eau naturelle, la turbidité ou la présence dans l'eau de substances capables de réduire le sulfate d'ammonium et de cérium (IV) peuvent perturber le mode opératoire. Les mélanges réactifs dérivés d'eaux colorées ou turbides ont une transmission plus faible que les mélanges à base d'eau distillée; cette modification de la transmission est aussi plus prononcée pour les mélanges réactifs contenant des concentrations plus fortes en iodure et donne un gradient plus faible à la courbe d'étalonnage pour des eaux colorées. Ce phénomène, ajouté à la nature curviligne de la courbe d'étalonnage, explique la nécessité de tracer une courbe d'étalonnage pour chaque jaugeage en utilisant de

l'eau naturelle comme diluant. Cette manière de faire a aussi pour avantage de permettre de disposer des substances perturbatrices inconnues éventuelles à la même concentration dans les échantillons et dans les étalons.

5.1.1.2 Méthode utilisant une électrode sélectrice d'ion

L'électrode sélectrice d'ion (ou plus précisément la cellule composée de l'électrode sélectrice d'ion, de l'échantillon et d'une électrode de référence) produit une différence de potentiel électrique qui est fonction, sur une plage donnée, de l'activité de l'ion iodure dans la solution. Pour les solutions de concentration inférieure à 0,000 1 mol/l environ (12,7 mg/l, soit une solution molaire d'iodure de sodium ayant une concentration de 127 g/l), on a l'équation suivante:

$$E = E_0 - 59,12 \lg I \text{ (à } 25 \text{ °C)}$$

où

E est le potentiel mesuré, en millivolts;

E_0 est le potentiel normal, en millivolts;

I est la concentration de l'ion iodure dans la solution, en moles par litre.

En usage normal les échantillons et les étalons utilisés pour tracer la courbe d'étalonnage sont amenés à la même concentration ionique totale par addition d'un volume égal de solution de nitrate de potassium, de qualité pure pour réactif analytique et de concentration 2 mol/l. On mesure le potentiel traversant la cellule à l'aide d'un voltmètre à grande impédance et l'on détermine la concentration en iodure par référence à la courbe d'étalonnage.

Pour les jaugeages par dilution, il est nécessaire de connaître uniquement la concentration du traceur ajouté à l'eau de la rivière pendant le jaugeage et il est préférable d'utiliser l'eau naturelle de la rivière comme diluant pour préparer les étalons car cette manière de faire élimine le problème des substances interférentes, c'est-à-dire les substances, outre l'iodure, auxquelles l'électrode est sensible. L'iodure présente dans l'eau naturelle peut provoquer de légers écarts de linéarité de la courbe représentant le logarithme de la concentration en fonction du potentiel électrique.

5.1.2 Lithium

La méthode par spectrométrie d'émission/d'absorption atomique dans la flamme, qui est utilisée normalement en laboratoire se fonde sur la mesure des énergies de transition des atomes de lithium soumis à la flamme. Dans cette méthode on atomise le lithium par injection de fines gouttelettes

d'une solution échantillon dans une flamme. Avec les appareils d'émission atomique les transformations se produisant dans la flamme excitent les atomes de lithium au-delà de leur état énergétique de base et ces atomes se stabilisent en émettant une lumière dont la longueur d'onde prédominante est de 671 nm. Avec les appareils d'absorption atomique, une lumière de 671 nm de longueur d'onde principale passe à travers la flamme et l'on mesure son absorption par les atomes de lithium lorsqu'ils sont excités au-dessus de leur état énergétique de base. La méthode d'émission est plus sensible que la méthode d'absorption mais cette dernière est moins sujette aux interférences, notamment par le calcium.

Il existe une température de flamme optimale car l'ionisation augmente avec la température, ce qui réduit le nombre d'atomes pouvant être excités par la flamme. Les éléments présents dans la solution qui s'ionisent moins facilement que le lithium (le magnésium par exemple) favorisent également l'ionisation du lithium en attirant les électrons libres dans la flamme. Inversement, les éléments s'ionisant plus vite que le lithium (le potassium par exemple) augmentent la production d'atomes de lithium libres. La formation dans la flamme de molécules comprenant du lithium, par exemple oxyde ou hydroxyde de lithium, réduit le nombre d'atomes de lithium et des molécules contenant d'autres éléments comme le calcium peuvent interférer dans le spectre. Il est clair que la composition de l'échantillon joue un rôle important dans la sensibilité et la reproductibilité de l'analyse. Tous les échantillons, y compris les solutions de comparaison, doivent, si possible, sauf pour la teneur en lithium, avoir une composition quasi similaire et doivent être traités de manière similaire. La stabilité de concentration des ions en concurrence ainsi que du lithium naturel doit être vérifiée pendant l'analyse avec traceur par un examen complet des échantillons prélevés, de préférence au lieu d'échantillonnage avant et après l'injection du traceur. Il est possible également de prélever des échantillons réguliers en amont du point d'injection et pendant cette dernière pourvu qu'il n'y ait aucun apport supplémentaire d'eau dans la rivière entre le lieu d'échantillonnage du traceur et le lieu d'échantillonnage de l'eau non tracée.

5.1.3 Chlorure

La méthode par conductivité se fonde sur la détermination de la concentration en traceur dans le cours d'eau par un moyen indirect, c'est-à-dire la variation de la conductivité électrique de l'eau. L'application de ce principe est facilitée par le fait que dans les électrolytes très dilués il existe un rapport linéaire entre la concentration en traceur, c , et la conductivité électrique, S :

$$c = KS$$

où K est le coefficient de proportionnalité qui varie en fonction du traceur.

NOTE 1 Pour le chlorure de sodium, par exemple, la variation de conductivité est de $1,86 \mu\text{S}/\text{cm}$ pour $1 \text{ mg}/\text{l}$ de sel à $18 \text{ }^\circ\text{C}$ et la relation linéaire se poursuit jusqu'à $5,8 \text{ g}/\text{l}$.

La conductivité de l'eau est mesurée à l'aide d'un instrument qui détermine la résistance électrique entre deux électrodes dans un circuit à pont à courant alternatif fonctionnant à une fréquence de l'ordre de 2 kHz . L'utilisation du courant alternatif est nécessaire pour éviter la formation de bulles de gaz sous l'effet de l'électrolyse de l'eau. Il est possible de trouver des instruments portatifs assez bon marché actionnés par une batterie interne, qui peuvent effectuer des mesures isolées ou des enregistrements en continu.

5.1.4 Chrome

5.1.4.1 Colorimétrie

Les échantillons ne sont pas suffisamment colorés pour pouvoir être analysés directement par colorimétrie. Il est nécessaire de faire apparaître une couleur à l'aide d'un réactif. Le principal réactif utilisé pour le dosage colorimétrique du chrome hexavalent est à base de diphénylcarbazide (DPC) $[(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{CO}(\text{NH})_4]$.

Le complexe formé par addition de ce réactif à des solutions aqueuses de chrome hexavalent (Cr^{6+}) est de couleur rose-violet et suit la loi de Beer-Lambert avec un pic d'intensité vers 545 nm . L'action du réactif est encore améliorée dans un milieu acide.

Plusieurs solvants du DPC peuvent être utilisés pour préparer le réactif, par exemple $0,125 \text{ g}$ de DPC, 2 g d'anhydride phtalique et 50 ml d'alcool éthylique pur.

Ce réactif demande à être vigoureusement agité et chauffé à environ $50 \text{ }^\circ\text{C}$ pour obtenir la dissolution effective de l'anhydride phtalique tandis que le réactif préparé de $0,125 \text{ g}$ de DPC et 50 ml d'acétone extra pur donne une solution quasi immédiate, mais le flacon doit être fermé de façon hermétique pour éviter l'évaporation de l'acétone.

Ces deux solutions réactives sont stables pendant plusieurs jours si on les protège de la lumière.

L'analyse colorimétrique d'une eau chargée en sédiments est affectée par la dispersion et la diffusion de la lumière par les particules en suspension. Il est nécessaire dans ce cas de clarifier ou de filtrer la solution au préalable (voir l'ISO 9555-1).

5.1.4.2 Spectrométrie d'absorption atomique dans la flamme

Cette méthode physique d'analyse des éléments métalliques exploite la propriété des atomes d'absorber les quanta d'énergie à certaines longueurs d'onde. La solution à analyser est vaporisée dans une flamme qui atomise les éléments présents dans la solution. La flamme est traversée par un faisceau lumineux modulé provenant d'une source représentée par une lampe à cathode creuse dont la cathode faite dans le métal à analyser émet un spectre contenant les raies d'absorption particulières à l'élément considéré. La mesure de l'intensité de la lumière du faisceau avant et pendant la vaporisation permet de déterminer la concentration de l'élément analysé.

Pour le chrome, la raie spectrale la plus fortement absorbée est $357,8 \text{ nm}$ et la courbe d'étalonnage suit la loi de Beer-Lambert sur la plage de concentration s'étalant entre $0,5 \mu\text{g}$ et $100 \mu\text{g}$ de chrome par litre.

5.2 Mesurage in situ

5.2.1 Iodure

L'ion iodure peut être déterminé in situ à l'aide d'une électrode sélectrice d'ion placée dans une cellule. La cellule présente l'avantage de permettre l'agitation de l'échantillon de façon contrôlée et sa protection contre la lumière. La température de l'eau traversant la cellule doit être contrôlée à l'aide d'un thermostat, le potentiel normal E_0 variant de $-0,6 \text{ mV}/\text{K}$. Pour un mesurage précis il est nécessaire de faire un ajout contrôlé d'un régulateur de force ionique (voir 5.1.1.2).

Même sans les perfectionnements du thermostat et du réglage de la force ionique, l'électrode sélectrice d'ion est un indicateur valable du passage du traceur (pour la méthode par injection instantanée) ou de l'arrivée à un palier (pour la méthode d'injection à débit constant). (Voir ISO 9555-1.)

5.2.2 Lithium

Il n'existe aucune méthode permettant l'analyse du lithium in situ. L'analyse d'échantillons en laboratoire mobile est praticable mais n'apporte aucun avantage notable.

5.2.3 Chlorure

La quantité de traceur injecté peut être déterminée indirectement par mesure de la conductivité électrique de la solution injectée. La linéarité de la relation entre concentration et conductivité ne se vérifie pas pour les solutions très concentrées; aussi la solution est-elle généralement diluée avant la mesure pour ramener sa concentration dans la fourchette opti-