

NORME
INTERNATIONALE

ISO
4363

Deuxième édition
1993-11-15



**Mesure de débit des liquides dans les
canaux découverts — Méthodes de
mesurage des sédiments en suspension**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)
*Measurement of liquid flow in open channels — Methods for
measurement of suspended sediment*

ISO 4363:1993

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5893ad3a-c4d4-4021-8105-9b01e9306eb0/iso-4363-1993>



Numéro de référence
ISO 4363:1993(F)

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 4363 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 113, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts*, sous-comité SC 6, *Transport solide*.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5893ad3a-c4d4-4021-8105-9106c916c916/iso-4363-1993>

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 4363:1977), dont elle constitue une révision technique.

© ISO 1993

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

Introduction

Les sédiments sont généralement définis comme des particules solides transportées, ou susceptibles d'être transportées, par l'écoulement dans un chenal. Ils créent de nombreux problèmes pour les ingénieurs, les agriculteurs et les forestiers, tout le long du chenal. Ils élèvent le lit du cours d'eau, ce qui augmente les hauteurs de crue et les risques d'inondation; ils s'accumulent en grandes quantités derrière les barrages, et ainsi diminuent la capacité et gênent le fonctionnement de ceux-ci; ils obligent les rivières à former des méandres et souvent à quitter leur lit initial pour en adopter un nouveau, dévastant de larges zones de terre, ils envasent les canaux d'irrigation et de navigation, et diminuent leur efficacité. Les forestiers ont à faire face à l'érosion des sols et à trouver les moyens de leur préservation efficace.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 4363:1993
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4363-1993/iso-4363-1993>

L'érosion est provoquée par l'eau, le vent, les glaces et les activités humaines telles que les cultures, etc. Les mottes et agrégats de terre de la surface de captation des eaux sont décomposés en petites particules, qui sont emportées par les eaux sous forme de sédiments en suspension. Toutes les matières d'érosion ne sont pas emportées dans le chenal. La quantité totale de matières d'érosion transportées, depuis la source jusqu'en un point de mesurage donné en aval, s'appelle transport de sédiments.

Pour bien comprendre chacun des problèmes qui se posent, il est donc absolument nécessaire de connaître à fond les mouvements de sédiments et les méthodes d'évaluation de la charge sédimentaire.

Page blanche

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 4363:1993

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5893ad3a-c4d4-4021-8105-9b01e9306eb0/iso-4363-1993>

Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Méthodes de mesurage des sédiments en suspension

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale prescrit des méthodes de mesurage détaillé de la concentration en sédiments ainsi que des méthodes d'échantillonnage de routine. Étant donné que la charge sédimentaire varie considérablement en fonction du niveau, et aussi parce qu'elle varie considérablement au même niveau durant différentes périodes de crue, et du fait que la majeure partie des sédiments est entraînée durant les crues, un calcul précis de la charge sédimentaire totale durant une période impose un échantillonnage de routine durant les écoulements normaux et des échantillonnages de routine fréquents durant les périodes de montée, de chute et de pointe des crues.

Les détails concernant les instruments utilisés dans la détermination de la charge sédimentaire en suspension sont indiqués dans l'ISO 3716.

2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 748:—¹⁾, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Méthodes d'exploration du champ des vitesses.*

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

ISO 3716:1977, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Spécifications de fonctionnement et caractéristiques des appareils d'échantillonnage pour la détermination des charges sédimentaires en suspension.*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions données dans l'ISO 772 et les définitions suivantes s'appliquent.

3.1 transport solide: Mouvement des solides transportés d'une manière quelconque par un écoulement de liquide. Du point de vue du transport, c'est la somme du transport des matériaux en suspension et du transport des matériaux en saltation. Du point de vue de l'origine, c'est la somme des matériaux charriés et du «wash load».

3.2 charge sédimentaire totale: Du point de vue du transport des sédiments, la charge sédimentaire totale comprend les sédiments en saltation et les sédiments en suspension, ces derniers comprenant également le «wash load». Par contre, du point de vue de l'origine des sédiments, la charge sédimentaire totale comprend les matériaux charriés (y compris les sédiments en suspension) et le «wash load» (voir figure 1).

3.3 matériaux du lit: Matériaux dont on trouve des particules en quantité appréciable dans la partie du lit affectée par le charriage.

3.4 matériaux charriés: Partie du transport solide comportant les matériaux du lit, dont la vitesse de mouvement est limitée par la capacité de transport du chenal.

1) À publier. (Révision de l'ISO 748:1979)

3.5 sédiments en suspension: Partie de la charge sédimentaire totale transportée par unité de temps, qui est maintenue par la turbulence en suspension dans l'écoulement pendant des durées considérables, sans entrer en contact avec le lit du cours d'eau. Elle se déplace pratiquement à la même vitesse que l'eau. Elle s'exprime généralement en masse ou en volume par unité de temps.

3.6 sédiments en saltation: Sédiments se trouvant en contact presque continu avec le lit, qui se déplacent par roulement, par glissement ou par bonds.

3.7 «wash load»: Partie des sédiments en suspension, qui se compose de particules plus petites que celles que l'on trouve en quantité appréciable dans les matériaux du lit. Elle se trouve pratiquement en suspension constante et est entraînée sur tout le cours d'eau sans dépôt. Le débit «wash load», dans un bief, dépend seulement du taux de formation de ces particules dans la zone de captation des eaux et non de la capacité de transport de l'eau. Le «wash load» s'exprime généralement en masse ou en volume par unité de temps.

3.8 concentration en sédiments: Proportion de la masse ou du volume des sédiments secs dans un mélange eau/sédiments, par rapport à la masse totale ou au volume total de la suspension.

4 Unités de mesure

Les unités de mesure utilisées dans la présente Norme internationale sont les unités SI.

La concentration des sédiments en suspension s'exprime, de préférence, en parties par million (en masse ou en volume). Pour des raisons de convenance, elle peut être exprimée en grammes ou en milligrammes par litre.

5 Généralités

Pour bien comprendre les mouvements des sédiments et les termes qui s'y rapportent, on peut considérer un écoulement d'eau sur un lit de sédiments artificiellement aplani. À des vitesses très faibles, on n'observe aucun mouvement des matériaux du lit; puis, la vitesse augmentant, certaines particules commencent à se déplacer le long du lit par glissement, par roulement ou par bonds (charriage par saltation); à des vitesses encore supérieures, les particules du lit sont mises en suspension par la turbulence (charriage par suspension). Les sédiments en suspension peuvent aussi se présenter sous la forme de particules encore plus fines, en suspension quasi permanente depuis le bassin de captation des eaux («wash load»).

On peut observer un charriage simultané par saltation et par suspension, mais la délimitation des deux phénomènes n'est pas clairement définie. Si l'on se place du point de vue du transport des sédiments, la charge sédimentaire totale comprend les sédiments en saltation et les sédiments en suspension, ces derniers comprenant également le «wash load». Si, par contre, l'on se place du point de vue de l'origine des sédiments, la charge sédimentaire totale comprend les matériaux charriés (y compris les sédiments en suspension) et le «wash load» (voir figure 1).

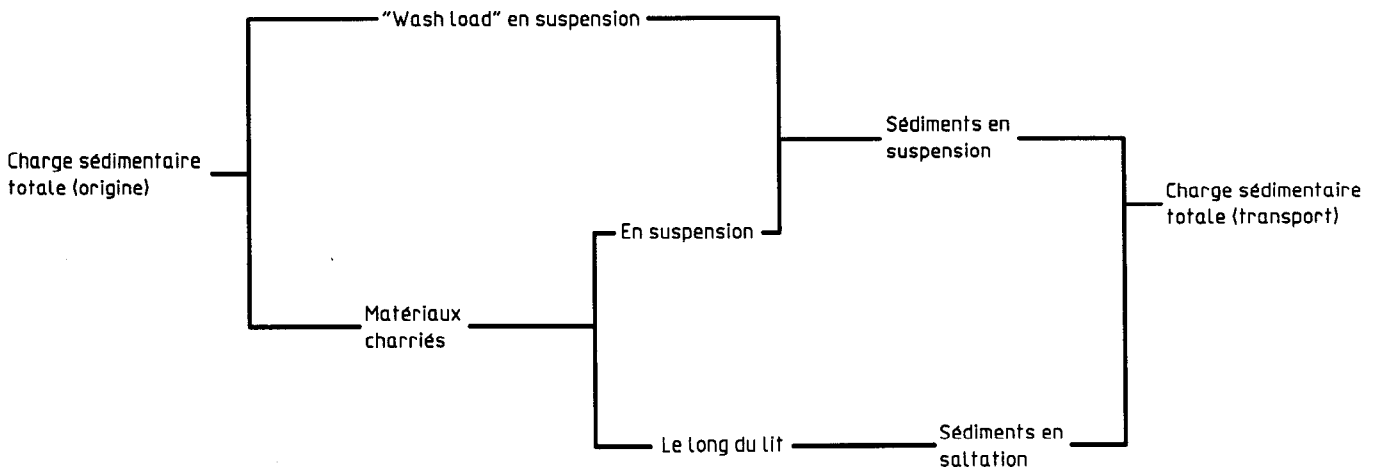


Figure 1 — Schéma des définitions

6 Mesurage des sédiments en suspension

6.1 Principe de mesurage

Il existe deux méthodes de mesurage des sédiments en suspension:

- la méthode indirecte, dans laquelle on mesure pratiquement en même temps, avec des dispositifs distincts, la concentration dans le temps des sédiments et la vitesse moyenne du courant en un point, les deux valeurs étant multipliées pour obtenir la charge sédimentaire ou dans laquelle la concentration moyenne pondérée sur le débit des sédiments dans la section prélevés par intégration de la profondeur est multipliée par le débit du cours d'eau pour obtenir le débit des sédiments;
- la méthode directe, dans laquelle on mesure sans intermédiaire, à l'aide d'un seul dispositif, la charge moyenne dans le temps des sédiments en suspension en un point donné.

6.1.1 Méthode indirecte de mesurage

On mesure pratiquement en même temps, en un grand nombre de points (m) de la zone de prélèvement d'une section, la concentration moyenne de sédiments en suspension (\bar{c}_i) et la vitesse moyenne du courant (\bar{v}_i). Chaque concentration et chaque vitesse sont représentatives d'une petite zone (Δa_i) ou d'une section de prélèvement. La somme de toutes les zones Δa_i représente la zone de prélèvement (A).

La charge de sédiments en suspension, Q_s , est déterminée par la formule

$$Q_s = \sum_{i=0}^m \bar{c}_i \bar{v}_i \Delta a_i \quad \dots (1)$$

Le second membre de la formule ci-dessus doit être multiplié par C lorsque Q_s est exprimé en masse par unité de temps, où C est un coefficient ayant la dimension de masse de sédiment par unité de volume d'écoulement.

La concentration pondérée sur le débit des sédiments en suspension est prélevée avec un échantillonneur intégrateur de profondeur sur des verticales dans la section du cours d'eau (voir 6.4.3.2). La concentration moyenne déterminée à partir de ces échantillons est multipliée par le débit du cours d'eau pour déterminer le débit des sédiments en suspension.

NOTE 1 L'échantillonneur de sédiments en suspension ne pouvant pas prélever d'échantillons près du lit du chenal, où la concentration est assez élevée, la charge de sédiments en suspension n'est déterminée et ne vaut que pour la «zone de prélèvement» du chenal.

6.1.2 Méthode directe de mesurage

Le mélange eau/sédiments pénètre dans la tuyère de l'échantillonneur presque à la même vitesse que l'écoulement non perturbé. Étant donné la diminution de la vitesse, les sédiments se déposent dans de vastes chambres d'échantillonnage à l'intérieur de l'instrument.

Au niveau du point de mesurage, la charge moyenne de sédiments en suspension par unité d'aire, \bar{q}_{si} , est déterminée directement par la relation:

$$\bar{q}_{si} = \frac{1}{t} \int_0^t v q_{si} dt \quad \dots (2)$$

où

v est un facteur sans dimension, qui peut varier avec la granulométrie, la vitesse du courant et le type de la tuyère (voir note 5);

t est le temps de mesurage.

La valeur (\bar{q}_{si}) est représentative d'une zone (Δa_i). Par conséquent, la charge de sédiments en suspension charriée à travers la zone de prélèvement A peut être déterminée par la formule

$$Q_s = \sum_{i=0}^m \bar{q}_{si} \Delta a_i \quad \dots (3)$$

NOTE 2 L'échantillonneur de sédiments en suspension ne pouvant pas prélever d'échantillons près du lit du chenal, où la concentration est assez élevée, la charge de sédiments en suspension n'est déterminée et ne vaut que pour la «zone de prélèvement» du chenal.

6.2 Choix du site de mesurage

Les critères de choix d'un site de mesurage des sédiments en suspension étant généralement les mêmes que ceux qui dictent le choix du site de mesurage du débit, ce site sera choisi conformément à l'ISO 748.

6.3 Conditions de mesurage de la concentration des sédiments en suspension

La concentration des sédiments en suspension change non seulement de point en point dans une section, mais aussi d'instant en instant en un point déterminé. Le type d'échantillonneur et la technique d'échantillonnage utilisés dépendent d'un grand nombre de facteurs. La concentration moyenne des sédiments en suspension sur une verticale de la section peut se déterminer soit par intégration sur la profondeur, en un certain nombre de points sur la verticale, soit à l'aide d'un échantillonneur intégrateur de profondeur, qui prélève automatiquement un échantillon dont la concentration en matériaux en

suspension est égale à la concentration moyenne sur la verticale (voir 6.4.3).

La concentration des sédiments en suspension ainsi que la grosseur des sédiments dans l'écoulement d'un cours d'eau augmentent de la surface vers le fond et varient également transversalement dans la section. Cette variation dépend des dimensions et de la forme de la section, du niveau de l'écoulement et d'autres caractéristiques du chenal. Il est donc nécessaire de procéder à un examen préliminaire pour choisir les points d'échantillonnage sur la verticale, ainsi que le nombre et l'emplacement des verticales d'échantillonnage, compte tenu de la précision désirée et des moyens disponibles.

Un résumé comparé des méthodes d'échantillonnage et de leur fidélité est donné dans le tableau 1 et les méthodes sont décrites en 6.4.3.

Pour la détermination de l'emplacement et de l'importance du point de concentration moyenne en sédiments, la concentration doit être déterminée en plusieurs points d'une verticale.

6.4 Mode opératoire pour le calcul de la charge sédimentaire mesurée par la méthode indirecte

6.4.1 Généralités

Le mode opératoire pour calculer par la méthode indirecte le débit de sédiments à partir des échantillons prélevés par intégration de la profondeur est indiqué en 6.1.1.

Le mode opératoire permettant d'obtenir le débit moyen de sédiments par unité de largeur est le suivant.

6.4.1.1 Tracer les courbes de répartition des vitesses et de concentration en sédiments, comme sur la figure 2 a) et 2 b). Les courbes doivent être prolongées jusqu'à la zone d'échantillonnage.

6.4.1.2 Déterminer le produit de la concentration moyenne (\bar{c}_i) par la vitesse moyenne (\bar{v}_i) aux points correspondants, et tracer la courbe du débit de sédiments comme sur la figure 2 c).

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

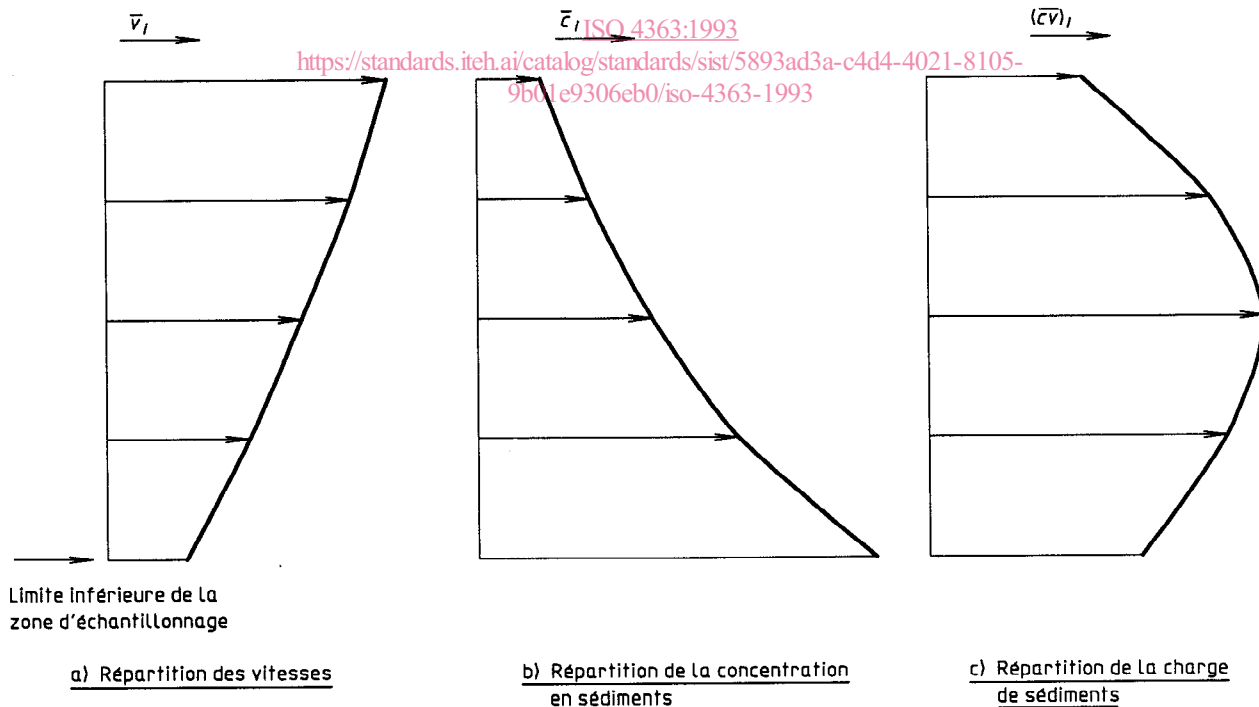


Figure 2 — Calcul de la charge sédimentaire

6.4.1.3 La charge de sédiments en suspension transportée par unité de largeur peut être déterminée numériquement, par une règle telle que la règle trapézoïdale, ou après avoir tracé une courbe comme celle indiquée à la figure 2 c), en mesurant la surface située sous la courbe à l'aide d'un planimètre.

NOTES

3 Étant donné que, dans un écoulement turbulent, la concentration et la vitesse varient dans le temps, il s'ensuit de $c_i = \bar{c}_i + c'_i$ et de $v_i = \bar{v}_i + v'_i$ que $(\bar{c}v)_i = (\bar{c}\bar{v})_i + (\bar{c}'v')_i$. La méthode indirecte implique donc que la charge moyenne de sédiments transportée, $(\bar{c}v)_i$, est égale à $(\bar{c}\bar{v})_i$.

4 Le mode opératoire indiqué de 6.4.1.1 à 6.4.1.3 est souvent plus laborieux que ne le justifieraient les mesurages habituels de la charge de sédiments en suspension. On suppose donc, parfois, que la masse de sédiments en suspension transportée sur une verticale est égale au produit de la vitesse moyenne de l'écoulement (\bar{v}_m) et de la concentration moyenne (\bar{c}_m) sur la verticale. Les sédiments fins (de granulométrie inférieure à 0,075 mm) se trouvent en général assez uniformément répartis sur la verticale pour qu'un seul échantillon, pris à n'importe quelle profondeur, suffise pour déterminer la concentration moyenne.

6.4.2 Choix des verticales

Pour déterminer la charge de sédiments en suspension transportée dans un cours d'eau, il convient de diviser la section en un nombre de segments aussi élevé que possible pour que cette détermination puisse être accomplie en une seule période d'observation.

Pendant les crues, où le niveau et le transport solide évoluent rapidement, la période d'observation dépend de la forme des courbes hydrographiques du débit et de la concentration en sédiments. Elle doit donc être corrigée de manière à donner ces courbes. Dans ce but, il peut s'avérer nécessaire de réduire le nombre de verticales de mesurage pendant chaque période d'observation.

6.4.3 Méthodes d'échantillonnage de routine

6.4.3.1 Méthode des points choisis

Dans cette méthode, l'échantillonneur doit être immergé en des points choisis ayant un rapport de proportionnalité avec la concentration moyenne en sédiments sur la verticale déterminée par les essais préliminaires de 6.4.1.

La charge moyenne de sédiments en suspension, \bar{q}_s , sur la verticale est déterminée par la formule:

$$\bar{q}_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\bar{c}_i \bar{v}_i}{\alpha_i} \quad \dots (4)$$

où

\bar{c}_i est la concentration moyenne en sédiments;

\bar{v}_i est la vitesse moyenne au point d'échantillonnage;

α_i est le rapport $\bar{c}_i \bar{v}_i / \bar{q}_s$;

n est le nombre de points d'échantillonnage sur la verticale.

Les valeurs de n et de α_i sont déterminées à partir des mesurages préliminaires effectués aux divers stades. Des renseignements sur les diverses méthodes ponctuelles et leurs limites sont donnés dans le tableau 1.

6.4.3.2 Méthode d'intégration de la profondeur

Cette méthode d'échantillonnage repose sur le principe que l'échantillonneur, conçu spécialement dans ce but, se remplit à une vitesse proportionnelle à la vitesse d'approche de l'écoulement et qu'en traversant le cours d'eau dans le sens de la profondeur à une vitesse uniforme, l'échantillonneur collectera en chaque point de la verticale un échantillon du mélange sédiments/eau à une vitesse proportionnelle à la vitesse instantanée. L'échantillonneur doit être descendu jusqu'au fond du cours d'eau à une vitesse uniforme, puis doit être remonté sans arrêt jusqu'à la surface à une vitesse uniforme, mais pas nécessairement la même; l'échantillonnage peut s'effectuer en continu à l'aller et au retour, ou bien l'appareil peut être conçu pour n'effectuer l'échantillonnage à une vitesse uniforme que dans une seule direction.

Deux différentes méthodes d'intégration de la profondeur sont couramment utilisées pour obtenir la concentration moyenne pondérée sur le débit pour une section. Les deux méthodes pondèrent la concentration avec le débit aussi bien latéralement que verticalement. Il s'agit de la méthode d'incrément égal de débit (IED) et de la méthode d'incrément égal de largeur (IEL).

6.4.3.2.1 Méthode IED

Dans la méthode IED, l'aire de la section mouillée est divisée latéralement en une série de sous-sections, chacune ayant le même débit d'eau. L'intégration de la profondeur est alors effectuée sur la verticale qui divise chaque débit de la sous-section en deux moitiés. Dans chaque sous-section individuelle, une vitesse verticale de transit est utilisée, laquelle fournira un volume échantillon pour la verticale qui est égal aux volumes échantillons pour chaque autre verticale. Les modes opératoires fournissent un groupe de sous-échantillons qui ont la même importance et qui représentent la même proportion du débit total à travers la zone d'échantillonnage. Ces sous-échantillons peuvent être combinés pour fournir un seul échantillon composé. Alternativement, si les volumes des sous-échantillons sont différents, on peut prendre la moyenne des concentrations de tous les sous-échantillons pour obtenir la concentration de l'échan-