



**MINISTÈRE  
DE LA TRANSITION  
ÉCOLOGIQUE,  
DE LA BIODIVERSITÉ,  
DE LA FORÊT, DE LA MER  
ET DE LA PÊCHE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

**Application de l’outil bio-met aux données de surveillance pour l’évaluation  
de la qualité des eaux de surface continentales (cours d’eau et plan d’eau) vis-  
à-vis de NQE représentatives de conditions de biodisponibilité élevée pour  
certains métaux (Ni, Pb<sup>1</sup>, Zn et Cu) : mise à jour de la note technique nationale  
de 2015**

**Décembre 2023**

 **LES  
AGENCES  
DE L’EAU**

ÉTABLISSEMENTS PUBLICS DU MINISTÈRE  
EN CHARGE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

  
**OFB**  
OFFICE FRANÇAIS  
DE LA BIODIVERSITÉ

Version finale en date du 19/12/2023

Personnes ayant participé à la rédaction de cette note :

---

Dorothee BOLZAN (Agence de l'eau Artois-Picardie), Magali BARNIER et Xavier BOURRAIN (Agence de l'eau Loire-Bretagne), Jonathan CANAL (Agence de l'eau Adour-Garonne), Baptiste CASTEROT (Agence de l'eau Seine-Normandie), Miguel NICOLAÏ (Agence de l'eau Rhin-Meuse), Lionel NAVARRO (Agence de l'eau Rhône-Méditerranée Corse), Olivier PERCEVAL (OFB/DRAS)

## 1. Contexte

La directive 2013/39/UE autorise les Etats membres à prendre en compte les spécificités physico-chimiques locales des masses d'eau (principalement le carbone organique dissous, le pH, la dureté de l'eau ou le calcium dissous) pour la mise en œuvre des NQE-MA « biodisponibles » (*i.e.* exprimées sous forme de concentration moyenne annuelle et représentatives de conditions de biodisponibilité élevées), pour le nickel (Ni) et le plomb (Pb). En complément, les règles d'évaluation définies dans l'arrêté du 27 juillet 2018, modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010, donnent la possibilité d'appliquer ces mêmes approches permettant de tenir compte de la biodisponibilité au cuivre (Cu) et au zinc (Zn), dans le cadre de l'évaluation de l'état écologique des cours d'eau et des plans d'eau.

Les modèles BLM simplifiés (« Biotic Ligand Models *screening tools* »), mis en avant dans cette note, sont précisément applicables aux eaux continentales de surface, pour l'évaluation de l'état des eaux vis-à-vis de ces NQE-MA « biodisponibles » (traduisant un régime d'exposition chronique). Ces modèles ne peuvent en aucun cas être utilisés pour prendre en compte la biodisponibilité des éléments traces métalliques dans des rejets urbains (eaux de ruissellement, effluents industriels et domestiques), des développements étant encore nécessaires pour tenir compte, notamment, des propriétés de complexation particulières de la matière organique dissoute d'origine anthropique, et également pour anticiper l'évolution de la spéciation et de la biodisponibilité des métaux une fois qu'ils sont émis dans le milieu.

Le principe de l'utilisation des modèles BLM pour des fins d'évaluation des risques occasionnés par la présence des métaux traces dans les milieux aquatiques vis-à-vis d'organismes pélagiques a été validé par le comité

---

<sup>1</sup> Au moment de l'élaboration de la NQE biodisponible du Pb en 2011, aucun modèle BLM chronique n'avait encore été développé pour ce métal. A la place, le modèle utilisé pour tenir compte des conditions physico-chimiques locales est une simple fonction permettant de calculer une concentration en Pb biodisponible à partir des concentrations mesurées en Pb dissous et en carbone organique dissous (COD) à la station où l'échantillon d'eau a été prélevé. Depuis, un modèle BLM complet a été développé par l'Université de Gand avec le soutien de l'industrie du plomb (International Lead Association) et est disponible à partir du lien suivant : [arche-consulting.be](http://arche-consulting.be). Une forme simplifiée de ce modèle BLM complet a été implémentée dans l'outil bio-met (Version 5.1, juin 2022).

scientifique des risques sanitaires et environnementaux établi par la Commission européenne (SCHER), dans un avis rendu en 2010 (voir Annexe 1).

Trois types de modèles BLM simplifiés, issus des modèles BLM complets présentés dans les rapports européens d'évaluation des risques pour le cuivre<sup>2</sup>, le nickel<sup>3</sup> et le zinc<sup>4</sup>, ont fait l'objet de développements ces dernières années en Europe à des fins d'application dans le contexte de la DCE :

- L'outil bio-met élaboré par WCA, en libre diffusion via le site (<http://bio-met.net/>)<sup>5</sup> complété par la macro XLS *Pb screening tool* ([https://wca-environment.com/wp-content/uploads/2022/06/Final\\_Pb\\_Screening\\_Tool.xls](https://wca-environment.com/wp-content/uploads/2022/06/Final_Pb_Screening_Tool.xls))
- L'outil M-BAT qui est une adaptation par l'*Environment Agency* de l'outil Bio-met
- L'outil PNEC-Pro élaboré par DELTARES, en libre diffusion via le site (<http://www.pnec-pro.com/>)<sup>6</sup>

Les caractéristiques complètes des modèles BLM, les hypothèses simplificatrices utilisées dans les outils simplifiés qui découlent de ces modèles, ainsi qu'une comparaison des prédictions obtenues à l'aide de ces modèles (complets et simplifiés) figurent dans le guide technique européen portant sur la mise en œuvre pratique des NQE biodisponibles pour les métaux traces (cf. paragraphe ci-dessous). A titre d'exemple, le Tableau 1 ci-dessous présente les résultats des simulations obtenues à l'aide de l'outil bio-met (version 4.0, avril 2017) comparés à ceux générés par PNEC-Pro 6, à partir de données à l'échelle européenne de pH, COD et calcium dissous issues de la base de données FOREGS. D'une manière générale, les valeurs de HC5 (concentration protégeant 95% des espèces) obtenues sont comparables pour les deux outils BLM simplifiés en ce qui concerne le Ni, le Cu et le Pb, mais pas pour le Zn, pour lequel les prédictions issues de PNEC-Pro sont plus conservatrices. Il faut néanmoins signaler qu'à ce jour, seuls les modèles BLM implémentés dans l'outil bio-met ont fait l'objet d'une validation (Peters *et al.* 2020), basée sur la comparaison systématique des sorties des modèles BLM algues, invertébrés et poissons à des résultats d'essais de toxicité réalisés en laboratoire sur des eaux naturelles (voir Tableau 4), justifiant le choix de **l'outil bio-met (version 5.1)** pour les évaluations réalisées au niveau national.

Par ailleurs, pour prendre en compte l'incertitude des prédictions issues des modèles et s'assurer que l'application des outils simplifiés aux données de surveillance ne conduise pas à une requalification « abusive » en bon état [de sites/échantillons initialement évalués en mauvais état dans le cadre de l'approche graduée (*i.e.* concentration moyenne annuelle en métal dissous  $\geq$  NQE biodisponible en étape 1)], du fait d'une sous-estimation du risque (par augmentation du taux de faux négatifs), il est recommandé d'appliquer un facteur de sécurité d'au moins 2 et idéalement de 3 (pour viser respectivement un taux de protection respectif de 87 et 95 % cf. Tableau 4) aux concentrations en métal biodisponible calculées à l'aide de l'outil simplifié (ou à la valeur du ratio de risque chronique RCR correspondant), ce pour le Ni, le Cu et le Zn (voir justification détaillée à la section 5.4).

---

<sup>2</sup> European Communities (2008a). European Union risk assessment Report. Copper, Copper II sulphate pentahydrate, Copper(I)oxide, Copper(II)oxide, Dicopper chloride trihydroxide.

<sup>3</sup> European Communities (2008b). European Union Risk assessment report, Nickel and nickel compounds.

<sup>4</sup> European Communities (2008c). European Union risk assessment report on Zinc and zinc compounds. Part 1 Environment, European Chemicals Bureau, prepared by the Netherlands in the context of Regulation EEC No. 793/93.

<sup>5</sup> Peters A, Merrington G, de Schampelaere K, Delbeke K (2011). Regulatory consideration of bioavailability for metals: simplification of input parameters for chronic copper biotic ligand model. *Integrated Environmental Assessment and Management* 7: 437-444.

<sup>6</sup> Verschoor AJ, Vink JPM, Vijver MG (2012). Simplification of biotic ligand models of Cu, Ni, and Zn by 1-, 2-, and 3-parameter transfer functions. *Integrated Environmental Assessment and Management* 8: 738-748

**Tableau 1.** Comparaison des distributions des valeurs de HC5 (concentration protégeant 95% des espèces, en µg/l) obtenues à l'aide des outils simplifiés bio-met 4.0 et PNEC-Pro 6, à partir d'un jeu de données commun (base de données FOREGS).

Percentile	Ni N = 256		Cu N = 412		Zn N = 489		Pb N = 416	
	PNEC-pro	bio-met	PNEC-pro	bio-met	PNEC-pro	bio-met	PNEC-pro	bio-met
5e	2.8	6.8	2.1	2.3	4.7	13.4	3.7	5.4
10e	5.0	7.6	3.7	3.5	6.9	14.9	5.2	6.4
25e	9.0	10.7	10.6	7.8	12.4	20.6	9.2	8.5
50e	16.2	15.1	19.2	17.1	17.1	32.4	16.0	15.1
75e	25.3	22.0	31.3	34.5	23.2	56.8	27.3	25.0
90e	31.1	28.9	44.8	53.8	29.5	78.8	36.7	35.4
95e	37.2	30.3	50.8	62.1	33.8	88.5	42.2	40.4

## 2. Documents de référence

Cette note a été actualisée à partir des documents listés ci-après et du retour d'expérience de l'utilisation de l'outil bio-met par les Agences de l'eau, notamment dans le cadre de l'état des lieux 2019.

Ces documents traitent à la fois de la question du domaine d'applicabilité des modèles BLM simplifiés, des paramètres d'entrée nécessaires et de leur qualité (données de surveillance), et de l'interprétation des résultats des modèles. Ces rapports fournissent également les solutions techniques nécessaires pour contourner certaines difficultés liées à la mise en œuvre pratique des modèles BLM et leur application à des données de surveillance, à savoir (liste non-exhaustive) :

- Les données des paramètres physico-chimiques (pH et Ca dissous) hors gamme de validation des modèles BLM ;
- Les paramètres manquants (*i.e.* non mesurés) et le recours à des données « historiques » pour pallier ce manque de données ;
- La prise en compte de la variabilité spatiale de la biodisponibilité en cas d'extrapolation à la masse d'eau ;
- Le mode d'agrégation des données (calculs à partir de valeurs individuelles ou de données moyennées), etc.

EC (European Commission) (2021). *Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) Guidance Document No. 38 – Technical guidance for implementing Environmental Quality Standards (EQS) for metals: consideration of metal bioavailability and natural background concentrations in assessing compliance*. European Communities. <https://circabc.europa.eu/ui/group/9ab5926d-bed4-4322-9aa7-9964bbe8312d/library/db3e483a-5209-44f0-859e-59a1df8090e1/details>

bio-met (2022). *bio-met bioavailability tool user guide (version 5.1). Guidance document on the use of the bio-met bioavailability tool*. Available on [www.bio-met.net](http://www.bio-met.net).

Tack K (2012). *Prise en compte de la biodisponibilité des métaux selon la DCE : guide méthodologique*. INERIS report N°DRC-12-126834-07511A, Verneuil-en-Halatte, France. <https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/DRC-12-126834-07511A%20-%20biodisponibilit%C3%A9%20des%20m%C3%A9taux.pdf>

Pour ce qui est de la question de la validation des modèles BLM (complets et simplifiés), de leurs performances relatives et de la comparabilité des résultats entre modèles « concurrents », cette note s'appuie sur les références ci-dessous :

Peters A, Nys C, Merrington G, *et al.* (2020). Demonstrating the reliability of bio-met for determining compliance with Environmental Quality Standards for metals in Europe. *Environmental Toxicology and Chemistry* 39(12): 2361-2377. <https://setac.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/etc.4883>

Peters A, Wilson I, Merrington G and Chowdhury MJ (2018). Are lead exposures a risk in European fresh waters? A regulatory assessment accounting for bioavailability. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 100(1): 127-133.

Verschoor AJ, Vijver MG and Vink JPM (2017). Refinement and cross-validation of nickel bioavailability in PNEC-Pro, a regulatory tool for site-specific risk assessment of metals in surface water. *Environ. Toxicol. Chem.* 36(9): 2367-2376. <https://setac.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/etc.3772>

### 3. NQE biodisponibles utilisées pour les évaluations

Les valeurs des NQE biodisponibles fixées par la réglementation sont rappelées dans le Tableau 2. Pour les quatre métaux concernés, les effets délétères liés à l'écotoxicité directe des métaux en phase dissoute vis-à-vis d'espèces pélagiques, se feront généralement sentir à des concentrations moins élevées que celles nécessaires pour occasionner un empoisonnement secondaire des prédateurs supérieurs via la consommation de proies contaminées ou une intoxication de l'Homme par la consommation de produits de la pêche contaminés ou d'eau de boisson. Le seul cas faisant exception est celui du plomb, sur lequel une attention particulière devra être portée pour veiller à ce que les concentrations en Pb ne dépassent pas les normes spécifiques « empoisonnement secondaire » et le cas échéant « eau destinée à la production d'eau potable » (exprimées respectivement en plomb dissous et plomb total), et ne contreviennent pas à l'objectif DCE de non-augmentation des concentrations en Pb (en tant que PBT) dans les sédiments et le biote.

**Tableau 2.** Valeurs des NQE<sub>biodisp</sub> et normes de qualité spécifiques (QS) (exprimées en µg/l) pour le nickel, le plomb, le cuivre et le zinc pour différents objectifs de protection/usages.

	<b>NQE<sub>biodisp</sub> = QS water,eco</b> <i>écotoxicité directe envers les organismes pélagiques (en µg/l de métal <u>biodisponible</u> pour ces organismes)</i>	<b>QS water,secpois</b> <i>empoisonnement secondaire des prédateurs supérieurs (norme exprimée dans l'eau en µg/l de métal <u>dissous</u>)</i>	<b>QS water,hh food</b> <i>intoxication de l'Homme via la consommation de produits de la pêche (norme exprimée dans l'eau en µg/l de métal <u>dissous</u>)</i>	<b>QS dw,hh</b> <i>intoxication de l'Homme via la consommation d'eau de boisson (en µg/l de métal <u>total</u>)</i>
Ni	4 <sup>1</sup> (AF = 1)	46 <sup>2</sup>	151	20
Pb	1,2 (AF = 2)	2,3	n.d. (en raison de la variabilité des BCF/BAF selon la catégorie de produits de consommation considérée)	10 (5) <sup>3</sup>
Cu	1 (AF = 1)			2 000 (1 000) <sup>4</sup>
Zn	7,8 <sup>5</sup> (AF = 2)			

<sup>1</sup> Dans la récente proposition de la Commission européenne d'amendement de la directive-cadre sur l'eau et de ses directives filles (dont directive NQE), un facteur de sécurité (« *Assessment Factor* ») de 2 serait appliqué à la HC5 du Ni, ce qui porterait la valeur de la NQE biodisponible à 2 µg/l (en moyenne annuelle) pour ce métal. <sup>2</sup> Dans cette même proposition, la valeur de la QSwater,secpois serait abaissée à 2,45 µg/l.

<sup>3</sup> Dans la Directive (UE) 2020/2184 du 16 décembre 2020 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine, et l'arrêté du 30 décembre 2022 la valeur paramétrique de 10 µg/l a été temporairement maintenue avec pour objectif de respecter une valeur paramétrique de 5 µg/l au plus tard le 1<sup>er</sup> janvier 2036 (12 janvier 2036 au niveau européen), afin de répondre à la recommandation de l'OMS de viser les concentrations les plus faibles possibles.

<sup>4</sup> Limite de qualité à 2 000 µg/l assortie d'une référence de qualité à 1 000 µg/l.

<sup>5</sup> La NQE actuellement en vigueur pour le Zn n'est pas une NQE biodisponible. Une étude réalisée en 2019 par WCA pour le compte de l'OFB, a permis de déterminer une NQE biodisponible pour le Zn représentative des conditions physico-chimiques de nos eaux de surface, avec une proposition de HC5 égale à 11,26 µg/l (correspondant au 5<sup>e</sup> percentile des valeurs de HC5 obtenues pour la région la plus sensible, *i.e.* la Bretagne), pouvant être assortie d'un facteur de sécurité de 2, ce qui abaisserait la valeur de la NQE à 5,6 µg/l.

#### 4. Approche graduée d'évaluation (« *tiered approach* »)

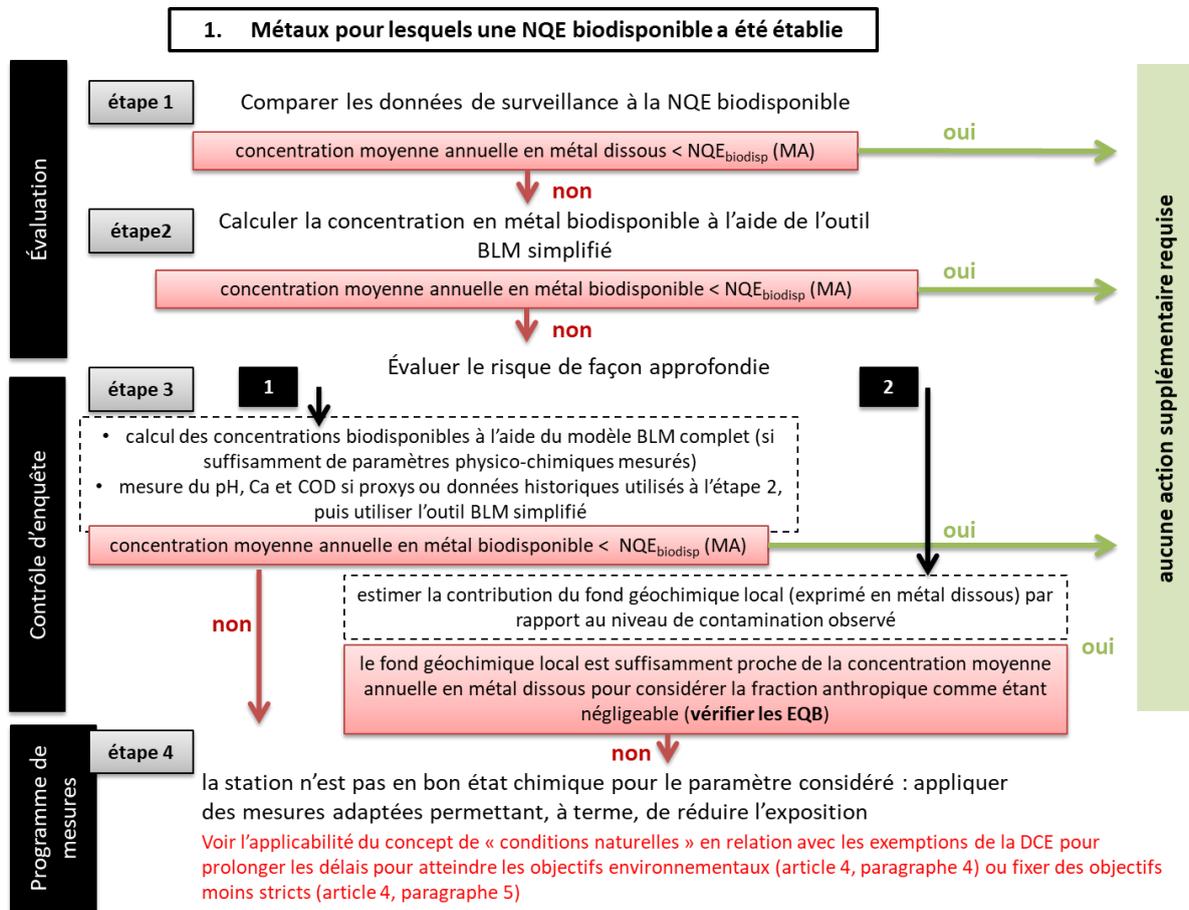
##### 4.1 Métaux pour lesquels une NQE biodisponible a été déterminée (Ni, Pb, Cu, Zn)

La prise en compte de la biodisponibilité des métaux en fonction des conditions physico-chimiques du milieu, doit se faire dans le cadre d'une approche « graduée » d'évaluation, décrite dans le logigramme ci-dessous (Figure 1a).

Cette approche prévoit la prise en compte séquentielle, dans l'appréciation du risque, de la biodisponibilité du métal à l'aide des outils BLM simplifiés (étape 2), voire des modèles BLM complets si les données disponibles le permettent (étape 3-1)<sup>7</sup>, ou alternativement, d'un fond géochimique local (étape 3-2). L'étape de prise en compte de la biodisponibilité se fait avant celle du bruit de fond, l'incertitude entourant la détermination du fond géochimique local étant généralement considérée comme supérieure à celle résultant de l'utilisation des modèles BLM. A cette ultime étape, on prendra soin de vérifier les notes des EQB (Eléments de Qualité Biologiques) à la station, pour confirmer que la fraction anthropique du métal « ajoutée » à la concentration de fond ne représente pas un risque pour les communautés en place (notamment les macro-invertébrés benthiques).

---

<sup>7</sup> Les calculs à l'aide des modèles BLM complets requièrent les paramètres d'entrée suivants : concentrations en COD, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, OH<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>



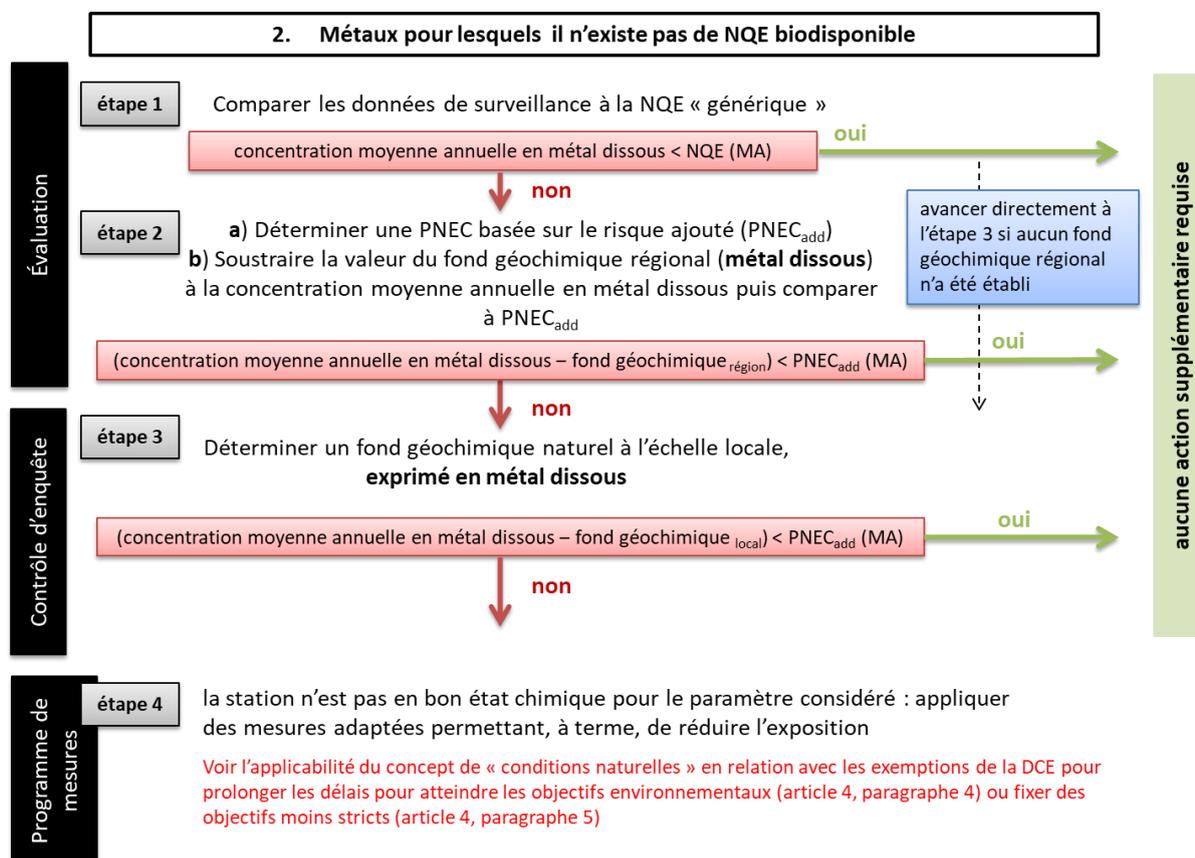
**Figure 1a.** Principales étapes de l'approche graduée d'évaluation du dépassement des NQE biodisponibles établies pour Ni, Pb, Zn et Cu.

#### 4.2 Autres métaux, prise en compte du fond géochimique

La prise en compte du fond géochimique n'est pertinente que dans des situations où la valeur de celui-ci est proche (*i.e.* dans la même gamme) voire supérieure à la valeur de la NQE, et ne concerne théoriquement que les contaminants métalliques dont les NQE ont été établies à partir de l'approche du risque ajouté (« ARA : *Added Risk Approach*<sup>8</sup> »). Dans ce cas, il est justifié de retrancher la valeur de ce bruit de fond (qu'il ait été défini à un niveau régional ou local) aux concentrations mesurées en métal dissous avant de les comparer à la PNEC<sub>add</sub> (Figure 1b). La PNEC<sub>add</sub> est déterminée à partir des valeurs des concentrations sans effet observés (NOEC) ou EC10 établies à partir d'essais d'écotoxicité en laboratoire sur des organismes modèles, auxquelles ont été soustraites les concentrations en métal dans le milieu de culture et/ou dans l'eau utilisée pour les expérimentations. Dans la pratique, les eaux de laboratoire utilisées dans ces essais sont peu concentrées en métal, et le plus souvent, la valeur de la PNEC<sub>add</sub> est égale à la valeur de la NQE.

<sup>8</sup> Par cette approche, on définit une concentration maximale qui ajoutée au fond géochimique n'entraîne pas d'effets délétères significatifs envers les organismes, ce qui permet d'établir une NQE dont la valeur est toujours supérieure aux concentrations ambiantes en métaux d'origines naturelles.

Différentes méthodologies sont décrites dans le guide technique européen pour déterminer le fond géochimique pour les métaux dissous (cf. section 2 de la présente note), dont l'approche développée en 2013 par Irstea<sup>9</sup>.



**Figure 1b.** Principales étapes de l'approche d'évaluation graduée du dépassement des NQE pour des métaux pour lesquels des NQE biodisponibles n'ont pas été établies.

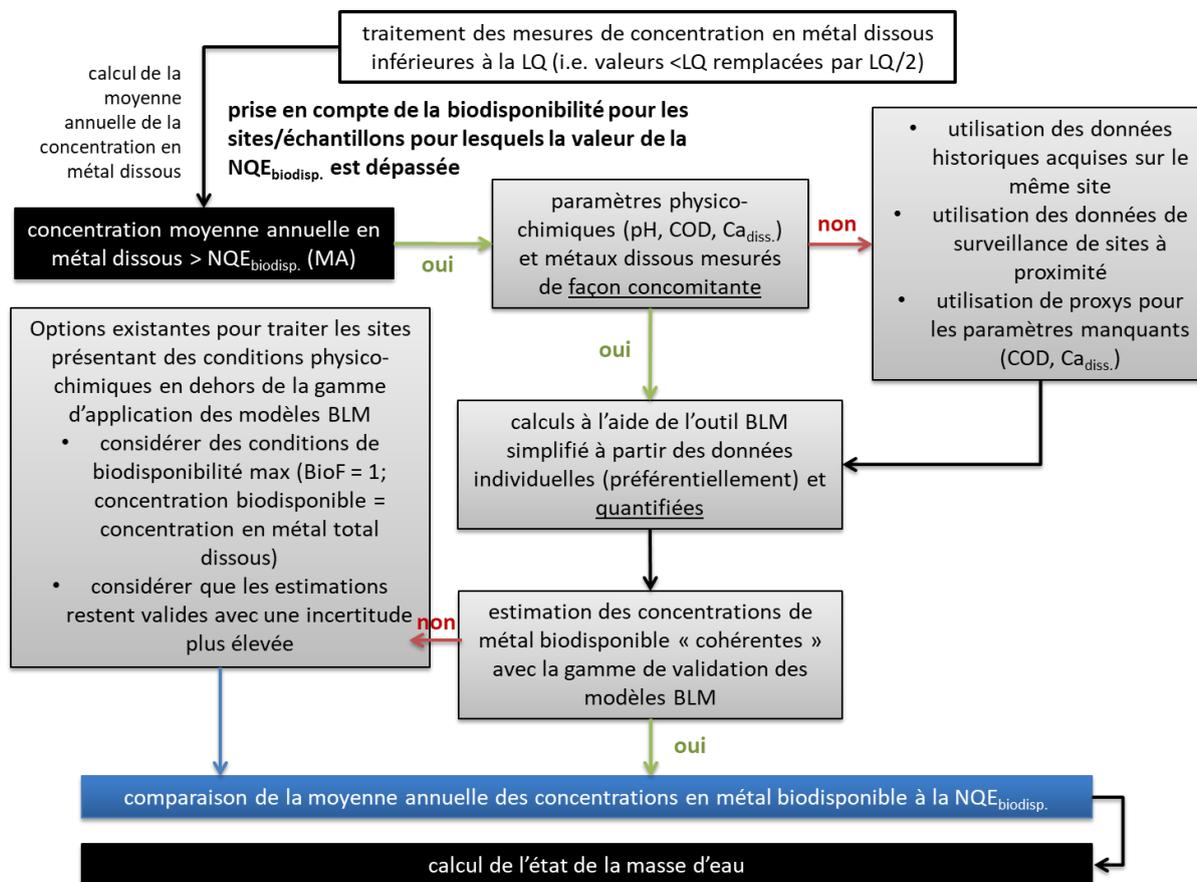
**!** Une conséquence directe des principes énoncés ci-dessus est que dans l'ancien outil bio-met (version 4.0), la valeur du fond géochimique pour le Zn dans la colonne « Zinc ABC Conc (dissolved) » devait être renseignée comme étant égale à zéro (cf. capture d'écran ci-dessous) avant de commencer les calculs.

Pour des versions ultérieures de l'outil bio-met (notamment la **version 5.1**), cette mise en garde ne s'applique pas, car il n'est plus possible de considérer le fond géochimique du zinc simultanément avec sa biodisponibilité dans le calcul du ratio de risque chronique (RCR).

<sup>9</sup> Chandesris A, Canal J, Bougon N and Coquery M (2013). Détermination du fond géochimique pour les métaux dissous dans les eaux continentales. Rapport final. Irstea. 65 p + Annexes (231 p.)

[https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/2013\\_031.pdf](https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/2013_031.pdf)





**Figure 2.** Logigramme décrivant les principales étapes aboutissant à la détermination des concentrations en métal biodisponible à la station à partir de l'application des modèles simplifiés aux données de surveillance.

## 5.2 Utilisation des données historiques pour pallier le manque de données

Si sur un site donné, la mesure des concentrations en métal total dissous n'a pas été réalisée conjointement avec la mesure des paramètres physico-chimiques de base (pH, Ca dissous et COD), alors il est possible et même recommandé d'utiliser les données acquises antérieurement sur ce même site (*i.e.* données « historiques »), et de remplacer les paramètres manquants par la valeur du 25<sup>ème</sup> centile de la distribution des données de COD et de Ca dissous exploitables. Pour le pH, les 25<sup>ème</sup> et 75<sup>ème</sup> centiles de la distribution des valeurs sont indépendamment utilisés pour le calcul de la concentration de métal biodisponible, et la valeur la plus haute obtenue à l'issue de ces calculs est conservée pour l'évaluation.

La détermination des centiles de ces paramètres physico-chimiques clés devra se faire à partir de données acquises sur une période de trois années consécutives au minimum. Au préalable, il conviendra de s'assurer de la qualité des données « historiques », et veiller à ne ce qu'il y ait pas de décrochage évident dans la chronique choisie (par l'examen de la distribution des données, par exemple) qui pourrait être imputable à un changement de méthode ou d'appareil de mesure ou à une évolution réelle du milieu.

### 5.3 Gestion des paramètres d'entrée en dehors de la gamme de validation des modèles BLM

Dans le cas où les données de surveillance (*i.e.* données d'entrée des modèles) se situent en dehors du domaine d'applicabilité des modèles (Tableau 3), le résultat des simulations n'est pas forcément invalidé. Cependant, l'incertitude associée au résultat obtenu est forcément augmentée. La gestion des données « hors-gamme » n'est un réel problème que dans les cas de figure suivants :

- Eaux douces avec de faibles valeurs de concentration en Ca dissous ; les interactions compétitives entre le  $\text{Ca}^{2+}$  et l'ion métallique pour la fixation sur le ligand biotique sont alors relâchées et l'effet protecteur du calcium diminué.
- Eaux acides avec de faibles valeurs de pH ; les interactions compétitives entre protons et ions métalliques pour la fixation sur le ligand biotique sont plus intenses avec un effet protecteur du pH vraisemblablement contrebalancé par un déplacement de l'équilibre chimique du métal en solution vers la forme libre responsable de la toxicité. Une diminution du pH entraîne également une diminution des capacités de complexation du COD envers les métaux, résultant en une augmentation générale de la biodisponibilité du métal. Ces eaux sont le plus souvent peu concentrées en calcium ce qui accroît encore un peu plus la biodisponibilité (par diminution de l'effet protecteur du calcium).
- Eaux alcalines, avec des valeurs de pH élevées, entraînent un relâchement des interactions compétitives entre les protons et l'ion métallique pour la fixation sur le ligand biotique.

**Pour toutes ces situations, la biodisponibilité du métal devra être considérée comme maximale (BioF = 1),** avec les valeurs estimées des concentrations en métal biodisponible égales aux concentrations mesurées en métal dissous. Dans tous les autres cas de figure, les résultats des simulations peuvent être conservés.

**Tableau 3.** Etendues des valeurs des paramètres physico-chimiques pour lesquelles les modèles BLM complets ont été validés<sup>10</sup>.

Modèle BLM	Paramètre		
	Ca dissous (mg/L)	pH	COD (mg/L)
Cu	3,1-129	6,0-8,5	0,1-30 <sup>11</sup>
Ni	2,0-88,0	6,5-8,2	0,1-30
Zn	5,0-160,3	5,5-8,5	0,3-22,9
Pb (correction par [COD])	s.o.	s.o.	1,0-20
Pb (BLM complet)	3,6-204	6,3-8,4	0,4-27,3

### 5.4 Calcul des concentrations de métal biodisponible, interprétation des sorties de l'outil bio-met

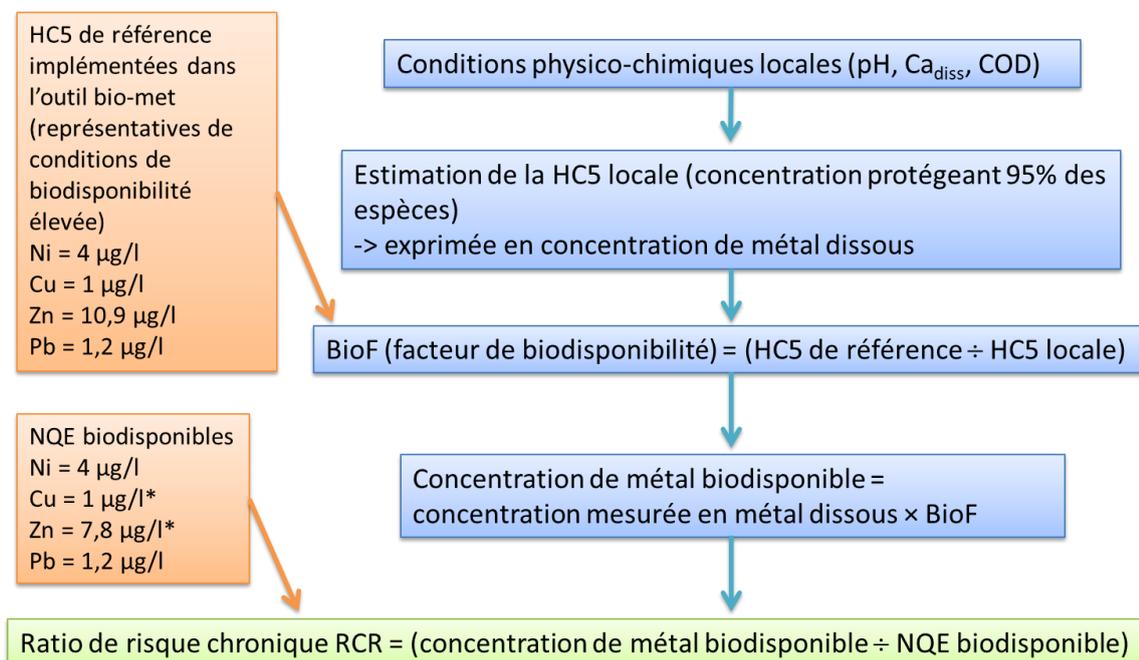
Comme préconisé dans le guide INERIS (Tack 2012), les outils BLM simplifiés doivent être appliqués sur les données individuelles (à chaque date de prélèvement et à la station). Les estimations ainsi obtenues (concentration en métal biodisponible) sont ensuite moyennées sur une année. Idéalement, la moyenne

<sup>10</sup> L'outil bio-met utilisant les résultats des simulations des modèles complets réalisées à partir d'un jeu de paramètres physico-chimiques plus complet (température,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ , et alcalinité en plus du pH, du calcium dissous et du COD) pour déterminer les HC5 locales/site-spécifique, les gammes de validation des paramètres d'entrée des modèles complets s'appliquent également à l'outil BLM bio-met. Pour les modèles complets, des gammes de validation ont été définies pour le pH, la dureté, et le COD. Les modèles simplifiés utilisent les propriétés de co-variation entre la concentration en Ca dissous et le reste des ions majeurs, établies à partir de relations empiriques, pour réduire le nombre de paramètres d'entrée nécessaires pour alimenter le modèle.

<sup>11</sup> La concentration en carbone organique dissous (COD) dans le milieu d'exposition a une grande incidence via son influence sur la spéciation du métal.

annuelle se calcule, pour les cours d'eau, à partir de 12 valeurs individuelles de concentrations en métal total dissous, en Ca dissous, en carbone organique dissous et de 12 valeurs de pH. En cas de données manquantes pour les paramètres physico-chimiques de base, procéder à la méthode de substitution décrite au § 5.2. Les moyennes obtenues sont ensuite comparées à la valeur de la NQE biodisponible pour le métal correspondant. Pour les plans d'eau, les moyennes annuelles seront calculées à partir de 4 valeurs individuelles de concentration en métal biodisponible, et comparées à la NQE biodisponible correspondante.

Les résultats des calculs issus de l'outil bio-met et les relations entre les variables dépendantes sont explicités dans le diagramme ci-dessous.



➔ **Prise en compte des incertitudes liées aux résultats issus modèle dans le diagnostic d'état**

Dans l'évaluation, il est possible d'établir des règles *a minima* pour tenir compte des incertitudes associées aux estimations des outils BLM simplifiés, en capitalisant les résultats des études de validation des modèles figurant dans Peters *et al.* 2020, et synthétisées dans le Tableau 4. Cette validation se fait en deux étapes : la première consiste à comparer les résultats d'essais de toxicité réalisés en laboratoire sur des espèces modèles (algues, invertébrés, poissons) à partir d'eaux naturelles prélevées sur le terrain (plans d'eau et cours d'eau) aux prédictions des modèles BLM appliqués sur ces mêmes eaux ; la seconde étape consiste à comparer les résultats des modèles BLM complets à ceux obtenus à l'aide de l'outil simplifié pour des eaux identiques d'un point de vue physico-chimique.

Pour ni, Cu et Zn, la majeure partie (*i.e.* >80%) des estimations issues des modèles BLM algues, invertébrés et poissons ne diffèrent pas de plus d'un facteur 3 des toxicités observées dans les bioessais, et les valeurs de toxicité (HC5) obtenues à l'aide de l'outil simplifié diffèrent relativement peu (de 10 à 20% selon le métal considéré) des HC5 calculées à l'aide du modèle complet (Tableau 4), ce qui confirme la pertinence du recours à l'outil BLM bio-met simplifié pour l'évaluation des concentrations biodisponibles. Toutefois, afin de viser une évaluation conservatrice dans 95 % des cas qui ont été étudiés (*i.e.* un taux d'évaluation non-conservatrice ≤ 5 %), il est recommandé de multiplier, pour chaque prélèvement, les concentrations de métal biodisponible obtenues **par un facteur 3** avec un plafonnement à 100% de biodisponibilité (*i.e.* biodisponibilité « majorée » =

Min (concentration de métal biodisponible × 3 ; concentration en métal dissous) avant de les comparer aux valeurs de NQE biodisponibles. Cette approche conservatrice est d'autant plus indiquée pour Ni et Cu, les NQE biodisponibles pour ces métaux n'étant pas assorties d'un facteur de sécurité (*i.e.* un AF de 1 a été appliqué aux HC5 dans la détermination de leur NQE).

S'agissant du plomb, l'outil de screening *Pb screening tool* conduit généralement à des estimations conservatrices (notamment par rapport au modèle BLM complet, voir Peters *et al.* 2018), et un facteur de sécurité (AF) de 2 a été appliqué à la HC5 dans le calcul de la NQE. Le recours à un facteur de sécurité supplémentaire ne semble par conséquent pas nécessaire pour évaluer la biodisponibilité de ce métal. Il est toutefois rappelé (en écho au § 3) que le respect de la NQE biodisponible du plomb garantit de l'absence d'effet écotoxique direct mais ne suffit pas à lui seul à garantir l'atteinte des objectifs connexes concernant la limitation des concentrations en plomb total dans l'eau potable, les sédiments et le biote.

**Tableau 4.** Validation de l'outil bio-met et des modèles BLM complets dont il est issu (données issues de Peters *et al.* 2020, *Environmental Toxicology and Chemistry* 39(12) : 2361-2377). Comparaisons établies à partir de 58 tests pour le cuivre, 72 tests pour le nickel et 86 tests pour le zinc.

	<b>Comparaison des prédictions des modèles BLM (algues, invertébrés et poissons) aux observations issues d'essais d'écotoxicité</b> (pour des eaux avec les mêmes caractéristiques physico-chimiques)				<b>Comparaison des prédictions obtenues à partir des modèles BLM complets à celles issues de l'outil bio-met</b> (pour des eaux avec les mêmes caractéristiques physico-chimiques)	
<b>Métal</b>	% des prédictions différant d'un facteur <2 par rapport à la toxicité observée	% des prédictions à la fois non conservatrices ( <i>i.e.</i> valeurs de EC10 et NOEC prédites supérieures à celles observées) et différant d'un facteur >2 par rapport à la toxicité observée	% des prédictions différant d'un facteur <3 par rapport à la toxicité observée	% des prédictions à la fois non conservatrices ( <i>i.e.</i> valeurs de EC10 et NOEC prédites supérieures à celles observées) et différant d'un facteur > 3 par rapport à la toxicité observée	% des prédictions différant d'un facteur <2	Différence moyenne (en %) entre les prédictions obtenues à l'aide du modèle BLM complet et celles issues de l'outil bio-met
<b>Cu</b>	81%	12%	<b>95%</b>	<b>3%</b>	97%	± 23%
<b>Ni</b>	53%	6%	<b>82%</b>	<b>1%</b>	99%	± 18%
<b>Zn</b>	72%	13%	<b>88%</b>	<b>5%</b>	100%	± 9%

**Annexe 1** : Extrait de l'avis du SCHER (*Scientific Committee on Health and Environmental Risks*) rendu en octobre 2010, relatif au document-guide sur l'élaboration des normes de qualité environnementale (NQE) et à l'utilisation des modèles BLM pour évaluer le risque encouru par les organismes aquatiques vis-à-vis d'une contamination par les métaux traces.

[http://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/environmental\\_risks/docs/scher\\_o\\_127.pdf](http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/environmental_risks/docs/scher_o_127.pdf)

**Q:** "Our attention has been drawn to concerns about the use of BLMs in determining the level of protection of water bodies from metals. Does the SCHER agree that the use of BLMs as advised in the guidance provides sufficient protection from the potential effects of metals?"

**R:** "The number of studies that describe and demonstrate the development, validation and application of BLMs for various species and metals has grown considerably during the past decade. As such, the amount of scientific information which demonstrates the reliable use of these models for regulatory purposes is at least comparable to that on other (exposure and effects) models or approaches currently used in the EU. It is the opinion of SCHER that the two main concerns stated in the 'European Workshop on Metals in the Environment' report (Annex 5), *i.e.* (1) 'geochemical conditions not covered by the approaches' and (2) 'the relative importance of other pathways other than the free ionic form of metals', are sufficiently documented in open literature and/or addressed in the TGD document. Indeed, the TGD clearly states that the models should only be applied within their development/validation domains, thus elevating concern 1. Additionally, chronic BLMs (p. 74 TGD), *i.e.* which implicitly include the dietary exposure route, have been developed and validated for a number of species and metals. This fact together with dedicated studies demonstrating the rather small contribution of dietary metal to the overall toxicity value, suggests that concern 2 can be considered to be of minor importance. Consequently, SCHER is of the opinion that the use of BLMs as advised in the guidance provides sufficient protection from the potential effects of metals."

*Traduction automatique DEEPL :*

**Q:** "Notre attention a été attirée sur les préoccupations concernant l'utilisation des BLM pour déterminer le niveau de protection des masses d'eau contre les métaux. Le CSRSE estime-t-il que l'utilisation des BLM, telle qu'elle est conseillée dans le guide, offre une protection suffisante contre les effets potentiels des métaux ?"

**R :** "Le nombre d'études qui décrivent et démontrent le développement, la validation et l'application des BLM pour diverses espèces et divers métaux a considérablement augmenté au cours de la dernière décennie. Ainsi, la quantité d'informations scientifiques démontrant l'utilisation fiable de ces modèles à des fins réglementaires est au moins comparable à celle d'autres modèles ou approches (d'exposition et d'effets) actuellement utilisés dans l'UE. Le CSRSE estime que les deux principales préoccupations exprimées dans le rapport de l'atelier européen sur les métaux dans l'environnement (annexe 5), à savoir (1) "les conditions géochimiques non couvertes par les approches" et (2) "l'importance relative d'autres voies d'exposition que la forme ionique libre des métaux", sont suffisamment documentées dans la littérature accessible et/ou résolues dans le document TGD. En effet, le TGD indique clairement que les modèles ne doivent être appliqués que dans leurs domaines de développement/validation, ce qui renforce la préoccupation 1. En outre, des BLM chroniques (p. 74 du TGD), c'est-à-dire qui incluent implicitement la voie d'exposition alimentaire, ont été développés et validés pour un certain nombre d'espèces et de métaux. Ce fait, ainsi que des études spécialisées démontrant la contribution plutôt faible des métaux alimentaires à la valeur de toxicité globale, suggère que la préoccupation 2 peut être considérée comme étant d'importance mineure. Par conséquent, le CSRSE est d'avis que l'utilisation des BLM, telle qu'elle est conseillée dans le guide, offre une protection suffisante contre les effets potentiels des métaux".