Composés Organostanniques « OTC »
Méthode d'analyse dans les biotes

Références de la méthode

La méthode qui suit est dérivée de la publication suivante	Sans Objet
Norme dont est tirée la méthode	Le traitement des échantillons est inspiré de la norme NF ISO 23161 (11/2009) Qualité du sol : « Dosage d'une sélection de composés organostanniques- Méthode par chromatographie en phase gazeuse » avant analyse en couplage GC/ICP/MS, développé dans le cadre de la fiche méthode MA-33
Niveau de validation selon Norman	Niveau 1.
Code SANDRE de la méthode (suivant niveau de validation)	

Généralités

Nom de la famille de substances

Composés organostanniques (OTC)

Nom des substances individuelles

Composés analysés	Abréviation	Formule de la substance de référence utilisée	N° CAS de la substance de référence utilisée
Cation monobutyle étain	*MBT*	$C_4H_9SnCl_3$	*1118-46-3*
Cation dibutyle étain	*DBT*	$(C_4H_9)_2SnCl_2$	*683-18-1*
Cation tributyle étain	*TBT*	$(C_4H_9)_3SnCl$	*1461-22-9*
Tétrabutyle étain	*TTBT*	$(C_4H_9)_4Sn$	*1461-25-2*
Cation monooctyle étain	*MOT*	$C_8H_{17}SnCl_3$	*3091-25-6*
Cation dioctyle étain	*DOT*	$(C_8H_{17})_2SnCl_2$	*3542-36-7*
Cation triphényle étain	*TPhT*	$(C_6H_5)_3SnCl$	*639-58-7*
Cation tricyclohexyle étain	*TCyT*	$(C_6H_{11})_3SnCl$	*3091-32-5*

Toutes ces substances sont dosées sous la forme de leur organo-cation respectif, les étalons peuvent donc être sous une forme autre que celle de chlorures à partir du moment où la dissociation est complète en solution.

Code(s) SANDRE des substances individuelles

Composés	Forme Organo-stannane	Forme Chlorure	Forme Organo-cation
MBT			*2542*
DBT		*1769*	*7074*
TBT			*2879*
TTBT	*1936*		
MOT	*2890*		
DOT	*2888*		
TCyT	*2885**		
TPhT		*1777*	*6372*

* : *ce code, actuellement en révision, ne précise pas la forme, cation ou stannane*

Matrice analysée

Biote : poisson, moule

Acronyme

GC/ICP/MS.

Principe de la méthode

Extraction solide-liquide des composés organostanniques par de l'acide acétique. Ethylation d'une aliquote, extraction au n-hexane et purification de l'extrait organique contenant les composés dérivés par extraction dispersive sur phase solide. Analyse en chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse à plasma à couplage inductif (GC/ICP/MS).

Domaine d'application

MBT, DBT, MOT, DOT, TCyT, TPhT : 5 à 100 ng/g poids sec.
TBT, TTPT : 5 à 80 ng/g poids sec.
Exprimé en concentration d'organo-cation

Paramètres à déterminer en parallèle à l'analyse

Pourcentage d'humidité (déterminé par gravimétrie)

Précautions particulières à respecter lors de la mise en œuvre de la méthode

1) Tous les réactifs utilisés doivent être d'une pureté suffisante pour l'analyse par ICP/MS.
2) La verrerie doit être nettoyée à l'eau avec un tensio-actif légèrement alcalin (par exemple labwash extra®) puis rincée à l'eau déminéralisée et séchée. La verrerie doit ensuite être calcinée à 500°C pendant 8 heures au moins.
3) En raison de la réactivité élevée de l'agent de dérivation, une pollution de celui-ci par les substances à doser ou par l'une des substances de références est fréquente. Pour la prévenir, il convient :
-d'utiliser la totalité du flacon de réactif pour la préparation de la solution de dérivation.
-de ne pas manipuler de substances, solutions ou échantillons à proximité de l'agent de dérivation.
-d'éviter ou de limiter au maximum l'utilisation de papier d'essuyage, certains papiers contenant des OTC.

***AVERTISSEMENT** : Il convient que l'utilisateur de cette méthode connaisse bien les pratiques courantes de laboratoire. Cette méthode n'a pas pour but de traiter tous les problèmes de sécurité qui sont, le cas échéant, liés à son utilisation. Il incombe à l'utilisateur d'établir des pratiques appropriées en matière d'hygiène et de sécurité et de s'assurer de la conformité à la réglementation nationale en vigueur. Certains des solvants utilisés dans le mode opératoire sont toxiques et dangereux. Les manipuler avec précaution.*

Il est absolument essentiel que les essais conduits conformément à cette méthode soient exécutés par du personnel ayant reçu une formation adéquate

Protocole analytique

Prétraitement

Fraction analysée :	Échantillon lyophilisé Biote : Muscle (poisson)
Conditionnement et conservation des échantillons - Protocole : - Nature du contenant de stockage : - Lavage du contenant : - Résultats de l'étude de stabilité :	Conservation sous forme congelée à –20°C en attente de lyophilisation, conservation sous forme lyophilisée à l'abri de la lumière et à +4°C, dans des flacons en verre ambré. Flacon de 100 mL en verre ambré ou protégé de la lumière, avec bouchon à visser ; opercule en aluminium entre le col du flacon et le bouchon. Flacons et opercules calcinés 8 heures à 500 °C. Pas d'étude spécifique
Filtration :	Sans objet
Pré-traitement des échantillons liquide ou solide	Poissons : disséquer, broyer/homogénéiser, lyophiliser, broyer

Analyse

Masse de la prise d'essai	Biote : Poisson (le poids sec doit être déterminé juste avant analyse sur une quantité aliquote pour calculer la reprise d'humidité pouvant se produire entre la lyophilisation et l'analyse). Prise d'essai de 1 g de biote lyophilisé.
Réactifs	**Solution d'hydroxyde de sodium 10 M :** Dissoudre 40 g de NaOH en pastilles dans 100 mL d'eau ultrapure (Attention : réaction très exothermique). **Solution de dérivation à 10% (m/V):** Ajouter 10 mL de THF directement dans le flacon contenant 1 g de Tétraéthyle borate de sodium. Utiliser la solution de préférence le jour même. Conservation possible 3 mois sous une couche de gaz inerte. **Solvants :** Acide acétique glacial, n-hexane pureté « pour analyse », Tétrahydrofurane exempt de peroxyde et d'eau Adapter les quantités préparées au nombre d'essais à réaliser.
Étalons	**Solutions mères mono-substances :** A partir du composé organostannique sous forme chlorure, préparer par pesée dans une fiole de 10 mL une solution de chaque composé à 1 mg/mL en organo-cation dans du méthanol (Cf facteurs de conversion massique ci-

dessous).
Il est également possible d'utiliser des solutions commerciales multi-composées à 1 mg/mL dans le méthanol.

Stabilité 1 an à 4°C à l'abri de la lumière.

Facteurs de conversion massique

	Composés	Facteur de Conversion Chlorure vers OrganoCation
Etalons	*Trichlorure de monobutyle étain*	*0.623*
	Dichlorure de dibutyle étain	*0.767*
	Chlorure de tributyle étain	*0.891*
	Tétrabutyle étain	*1.000*
	Trichlorure de monooctyle étain	*0.686*
	Dichlorure de dioctyle étain	*0.830*
	Chlorure de triphényle étain	*0.908*
	Chlorure de tricyclohexyle étain	*0.912*
Etalons Internes	*Trichlorure de monoheptyle étain*	*0.672*
	Dichlorure de diheptyle étain	*0.817*
	Chlorure de tripropyle étain	*0.875*
	Tétrapropyle étain (TTPT)	*1.000*
Etalon injection	*Tétrapentyle étain (TTPeT)*	*1.000*

Solutions filles multi-substances :

A partir des solutions mères précédentes et dans des fioles jaugées, préparer comme suit :

- une solution **A** contenant les 8 composés à doser (MBT, DBT, TBT, TTBT, MOT, DOT, TCyT, TPhT) : 0,5 mL de chaque solution mère qsp 10 mL de méthanol (conc. 50 µg/mL).
- une solution **B** contenant les 4 étalons internes (MHT, DHT, TPT, TTPT) : 0,1mL de chaque solution mère qsp 10 mL de méthanol (conc. 10 µg/mL).
- une solution **C** contenant l'étalon d'injection (TTPeT) : 0,1 mL de solution mère qsp 10 mL de méthanol (conc. 10 µg/mL).

Stabilité 1 semaine à 4°C à l'abri de la lumière des solutions A, B et C.

Solutions filles de travail :

Par dilution de la solution **A** dans du méthanol, préparer au moins 5 solutions étalons **Ax** (avec x niveau de solution étalon) couvrant la gamme de travail de 50 à 1000 ng/mL .
(v µL de A qsp 10mL de méthanol avec $10 \leq v \leq 200$)

	Par dilution de la solution d'étalon interne **B** dans du méthanol, préparer une solution **B1** à 1 µg/mL (1mL de B qsp 10 mL de méthanol). Les solutions étalons **Ax** et **B1** sont à préparer chaque jour.
Extraction Acide - Solide / Liquide	**Cas des étalons :** Pour chaque solution étalon Ax (avec au moins 5 solutions étalons), ajouter dans un flacon en verre de 40 mL: • 20 mL d'acide acétique glacial • 100 µL de solution fille de travail **Ax** • 40 µL de solution d'étalon interne **B1** (Solution **E**) **Cas des échantillons :** - Dans un flacon en verre de 40 mL, ajout de : o 1 g de biote o 40 µL de solution d'étalon interne **B1** o 10 mL d'acide acétique glacial, • Agitation mécanique pendant 30 min, • Centrifugation à 3000xg pendant 2 min, • Récupération du surnageant **S1**, • Ajout de 10 mL d'acide acétique supplémentaire au biote, • Agitation mécanique pendant 30 min, • Centrifugation à 3000xg pendant 2 min, • Récupération du surnageant **S2**, • Réunion des surnageants **S1** et **S2** et homogénéisation (Solution **S**).
Dérivation & Extraction - Liquide / Liquide	**Éthylation à pH 4,5 :** Pour chaque extrait d'étalon (E) ou d'échantillon (S) en milieu acide, • Ajout dans un flacon en verre de 40 mL d'une aliquote de 10 mL de solution E ou S • Ajustement du pH à 4,5 par ajout d'environ 5 mL d'hydroxyde de sodium 10M (réaction très exothermique (55°C), plongée de flacon dans un bain d'eau froide après ajout) • Après retour à 20°C, vérification du pH et ajustement à 4,5 si nécessaire. • Ethylation des composés organostanniques par ajout de 1 mL de la solution de tétraéthyle borate de sodium (à 10% dans le THF). • Légère agitation manuelle pendant 30 s **Extraction liquide/liquide :** • Ajout de 4 mL de n-hexane, • Extraction liquide/liquide par agitation mécanique pendant 30 min. • Centrifugation à 3000xg pendant 2 min pour éliminer l'émulsion. • Récupération du surnageant. • Transfert de l'extrait organique dans une fiole de 5 mL.

- Ajustement au trait de jauge par n-hexane.
- Conservation possible de l'extrait 24 h à 4°C à l'abri de la lumière avant purification et analyse.

Purification

Extraction dispersive sur phase solide (Florisil®) :

- Ajout de 500 mg de Florisil® dans un tube en verre 16x100 mm.
- Ajout de 2 mL d'extrait.
- Agitation 30 s au moyen d'un agitateur Vortex.
- Centrifugation à 3000xg pendant 1 min.

Rendement de purification :

Composés	Moyenne n= 8	Ecart-type
MBT	*94%*	*8%*
DBT	*94%*	*6%*
TBT	*96%*	*6%*
MOT	*98%*	*6%*
TTBT	*100%*	*7%*
DOT	*97%*	*5%*
TphT	*92%*	*9%*
TcyT	*103%*	*8%*
TPT	*96%*	*6%*
TTPT	*97%*	*5%*
MHT	*96%*	*7%*
DHT	*98%*	*4%*

Conservation de l'extrait

Non testée.

Minéralisation

Sans objet.

Volume ou masse finale avant analyse :

-Prélèvement de 1 mL de surnageant,
-Ajout de 5 µL de la solution **C** d'étalon d'injection (TTPeT).

Méthode analytique utilisée

- **Conditions chromatographiques :**
  - Colonne : VF1701-MS (60 m ; 0,25 mm ; 0,25 µm)
  - Gaz vecteur : Hélium à un débit constant de 2 mL/min
  - Liner en verre à chicanes
  - Injecteur: Programmable Temperature Vaporization (PTV).

Programmation en température:

Temp °C initiale	Rampe °C/min	Temp °C Finale	Palier min
250	*720*	*350*	*5*
-	*10*	*250*	*-*

Mode d'injection Pulsed Splitless 75 psi pendant 0,5 min après injection

Programmation du Split ouverture à 100 mL/min à partir d'1 min après injection.

Gas Saver à 20mL/min à partir de 5 min après injection.

Purge Septum à 3 mL/min.

Volume d'injection 1 µL

Four : Programmation en température

Temp °C initiale	Rampe °C/min	Temp °C Finale	Palier min
50	*-*	*-*	*1*
-	*5*	*150*	*0*
-	*15*	*290*	*3,67*

Temps d'analyse 34,0 min

Température des auxiliaires :

Préchauffage de l'Argon : 290°C

Ligne de transfert : 290°C

Injecteur Torche : 290°C

- **Conditions spectrométriques (sur le matériel utilisé pour cette étude, voir ci-dessous) : ICP/MS**

Paramètres	Critère fixé
ICP RF Power	*700 W*
Plasma Gas flow	*15 L.min^{-1}*
Carrier Gas Flow	*1,25 L.min^{-1}*
Make-up Gas Flow	*non*
Oxygen	*Non*
Reaction mode	*Off*
Acquisition mode	*Time resolved analysis (1 point per peak)*
Integration mode	*0,1 s per mass*
Isotopes Sn	*118 & 120*

Ces conditions sont données à titre indicatif. Elles seront à adapter en fonction du type de matériel utilisé pour le GC et l'ICP/MS et selon la colonne chromatographique utilisée.

Equipement [1](modèles utilisés) :

Chromatographie en phase gazeuse GC Agilent® 7890A équipé d'un injecteur PTV.

Spectromètre de masse à plasma à couplage inductif ICP-MS Agilent® 7500.

Type d'étalonnage

Interne.

Modèle utilisé

Linéaire pondéré 1/x

Etalons / Traceurs utilisés

	Composés	Abbrév.	Formule	N° CAS
Etalons Internes	*Trichlorure de monoheptyle étain*	*MHT*	*$C_7H_{15}SnCl_3$*	*59344-47-7*
	Dichlorure de diheptyle étain	*DHT*	*$(C_7H_{15})_2SnCl_2$*	*74340-12-8*
	Chlorure de tripropyle étain	*TPT*	*$(C_3H_7)_3SnCl$*	*2279-76-7*
	Tétrapropyle étain	*TTPT*	*$(C_3H_7)_4Sn$*	*2176-98-9*
Etalon injection	*Tétrapentyle étain*	*TTPeT*	*$(C_5H_{11})_4Sn$*	*3765-65-9*

Domaine de concentration

MBT, DBT, MOT, DOT, TCyT, TPhT : 5 à 100 ng/g poids sec.
TBT, TTPT : 5 à 80 ng/g poids sec.
Exprimé en concentration d'organo-cation

[1] Les matériels cités ici constituent des exemples d'application satisfaisante. Ces mentions ne constituent pas une recommandation exclusive, ni un engagement quelconque de la part du rédacteur ou d'AQUAREF

Méthode de calcul des résultats	L'efficacité de la dérivation dépend entre autres du degré d'alkylation des composés à analyser. Pour s'en affranchir, il est nécessaire d'utiliser un étalon interne ayant le même degré de substitution que l'analyte à doser. Ainsi les composés mono-substitués (MBT, MOT) sont dosés par rapport au monohexyle étain (MHT), les composés di-substitués (DBT, DOT), par le dihexyle étain (DHT), les composés tri-substitués (TBT, TCyT, TPhT) par le tripropyle étain (TPT) et le composé tétra-substitué (TTBT) par le tétrapropyle étain (TTPT). Le tétrapentyle étain est ajouté avant l'injection. Il ne subit pas tout le processus (extraction, dérivation, purification) et peut être utilisé pour déterminer les taux de récupération des étalons internes. Le tétrapropyle étain (TTPT) est péralkylé, il ne subit pas la dérivation et est donc un indicateur de l'efficacité de l'extraction. Le tripropyle étain (TPT) de par sa volatilité élevée renseigne sur la perte de composés pendant une étape d'évaporation. Le monohexyle étain (MHT) indique l'achèvement de la dérivation puisqu'il doit être éthylé trois fois. Enfin, le diheptyle étain (DHT), étant le moins volatile, permet de faire ressortir des discriminations chromatographiques.
Facteurs de réponse relatifs des étalons internes	Il convient de calculer le facteur de réponse relatif (RRF) de chacun des 4 étalons internes par rapport à l'étalon d'injection dans les 7 étalons de la gamme d'étalonnage selon l'équation suivante : $$RRF = \frac{A_i * m_{TTPeT}}{A_{TTPeT} * m_i}$$ où A_i est l'aire du pic de l'étalon interne i m_i est la masse de l'étalon interne i A_{TTPeT} est l'aire du pic de l'étalon d'injection m_{TTPeT} est la masse de l'étalon d'injection. De la même manière sont calculés les facteurs de réponse relatifs de chacun des étalons interne dans les échantillons. Les taux de récupération de chacun des étalons internes dans l'échantillon sont ensuite déterminés en faisant le rapport du RRF de l'étalon interne considéré dans l'échantillon sur le RRF moyen de l'étalon interne considéré obtenu pour l'étalonnage : $$T_x Récup_i = \frac{RRF_{i_{échantillon}}}{RRF_{i_{étalonnage}}} * 100$$ $RRF_{i_{échantillon}}$ est le facteur de réponse relatif de l'étalon interne i dans l'échantillon $RRF_{i_{étalonnage}}$ est le facteur de réponse relatif moyen de l'étalon interne i dans l'étalonnage. Ces taux de récupération ne doivent pas intervenir dans le calcul des résultats. Cependant ils permettent de mettre en évidence des erreurs systématiques (mode opératoire, matrice) et peuvent constituer un critère de contrôle qualité.

Rendement calculé à partir de matériaux de référence certifiés (MRC)	Il convient que ces taux de récupération soit d'au moins 80% pour chacune des étapes de la méthode (extraction/dérivation et purification) avec un minimum de 50% de récupération totale (Cf NF ISO 23161 : 2009-11 paragraphe 9 et annexe A3) On peut aussi utiliser des matériaux de référence certifiés pour déterminer l'efficacité de la méthode. (voir plus loin)

Paramètres de validation de la méthode

Norme utilisée	NF T90-210 (2009).
Modèle utilisé	Linéaire pondéré 1/x.
Domaine de validation	MBT, DBT, MOT, DOT, TCyT, TPhT : 5 à 100 ng/g poids sec. TBT, TTPT : 5 à 80 ng/g poids sec. (en dopants ajoutés).
Matériaux de référence certifiés utilisés	ERM CE-477 Tissue de moule
Blancs analytiques (concentration ou résultat maximum acceptable)	Blancs méthodes et échantillons analysés inférieurs à la limite de quantification.
Rendement **par molécule de même degré de substitution**	Matrice testée: muscle de truite et moule Détermination suivant NF T90-210 (2009) réalisée par ajout d'une quantité connue de chacun des 8 composés dans les biotes Nombre d'essais par niveau de concentration : 2 répétitions/jour pendant 5 jours. **Mono-substitués** :

Valeur des niveaux (ng/g poids sec exprimée en dopant ajouté)	MBT		MOT	
	Rdt (n=10)	Ecart type (n=10)	Rdt (n=10)	Ecart type (n=10)
5(LQ)	*79%*	*9%*	*90%*	*12%*
10	*79%*	*5%*	*100%*	*9%*
20	*74%*	*4%*	*95%*	*3%*
40	*77%*	*4%*	*99%*	*5%*
60	*79%*	*4%*	*101%*	*4%*
80	*79%*	*3%*	*104%*	*4%*
100	*82%*	*6%*	*108%*	*5%*

Di-Substitués :

Valeur des niveaux (ng/g poids sec exprimée en dopant ajouté)	DBT		DOT	
	Rdt (n=10)	Ecart type (n=10)	Rdt (n=10)	Ecart type (n=10)
5(LQ)	*97%*	*5%*	*103%*	*7%*
10	95%	4%	*100%*	*3%*
20	89%	2%	*94%*	*2%*
40	95%	1%	*100%*	*2%*
60	95%	2%	*99%*	*2%*
80	94%	2%	*98%*	*3%*
100	93%	4%	*99%*	*3%*

Tri-substitués :

Valeur des niveaux (ng/g poids sec exprimée en dopant ajouté)	TBT		TCyT		TPhT	
	Rdt (n=10)	Ecart type (n=10)	Rdt (n=10)	Ecart type (n=10)	Rdt (n=10)	Ecart type (n=10)
5(LQ)	*111%*	*4%*	*106%*	*6%*	*90%*	*5%*
10	*109%*	*3%*	*109%*	*3%*	*93%*	*3%*
20	*106%*	*2%*	*109%*	*3%*	*93%*	*3%*
40	*104%*	*2%*	*109%*	*5%*	*94%*	*4%*
60	*101%*	*2%*	*106%*	*5%*	*91%*	*4%*
80	*101%*	*3%*	*107%*	*5%*	*93%*	*3%*
100	-	-	*106%*	*5%*	*92%*	*3%*

Tétra-substitué :

Valeur des niveaux (ng/g poids sec exprimée en dopant ajouté)	TTBT	
	Rdt (n=10)	Ecart type (n=10)
5(LQ)	*102%*	*3%*
10	*101%*	*2%*
20	*98%*	*2%*
40	*99%*	*1%*
60	*98%*	*1%*
80	*98%*	*1%*
100	-	-

-par molécule certifiée

Détermination réalisée sur 0,5 g de matériau certifié ERM CE-477 (moule)
Nombre d'essais : 2 répétitions/jour pendant 5 jours.

Résultats non corrigés du rendement d'extraction :

Composés	*Concentration certifiée (ng/g)*	*Conc moyenne mesurée (ng/g)*	*Recouvrement moyen % (n=10)*	*Ecart Type (%)*
MBT	*1500*	*1246*	*83%*	*5%*
DBT	*1540*	*1144*	*74%*	*4%*
TBT	*2200*	*1825*	*83%*	*2%*

Résultats non corrigés du rendement d'extraction déterminé au cours de l'étude de caractérisation :

Composés	*Concentration certifiée (ng/g)*	*Conc moyenne mesurée (ng/g)*	*Recouvrement moyen % (n=10)*	*Ecart Type (%)*
MBT	*1500*	*1246*	*106%*	*5%*
DBT	*1540*	*1144*	*79%*	*4%*
TBT	*2200*	*1825*	*79%*	*2%*

Limite de détection (LD)
Limite de quantification (LQ)

LQ : Détermination suivant NF T90-210 (2009) réalisée par ajout d'une quantité connue de chacun des 8 composés dans les biotes
Nombre d'essais à la LQ : 2 répétitions/jour pendant 5 jours.

Composés	**LQ (ng/g poids sec exprimée en dopant ajouté)**
MBT	*5*
DBT	*5*
TBT	*5*
MOT	*5*
TTBT	*5*
DOT	*5*
TphT	*5*
TcyT	*5*

Le plan d'expérience a été effectué avec des LQ présupposées de 5 ng/g car une dispersion importante est observée à ce niveau pour les formes monosubstitués. Pour le dosage d'autres espèces, notamment le TBT, la LQ pourrait être améliorée d'un facteur estimé à 2 sur la base du signal obtenu à 5 ng/g. Le volume d'injection (1µL pour cette étude avec injecteur PTV) pourrait également être optimisé afin d'obtenir une meilleure LQ.

Spécificité de la méthode

Matrice testée : muscle de truite, moule

Interférents identifiés : néant

Incertitudes (%) sur les résultats

Les valeurs des incertitudes sont calculées selon la norme NF ISO 5725-2.
Il s'agit d'incertitudes élargies pour un niveau de confiance de 95 % (k=2)
Nombre d'essais par niveau de concentration : 2 répétitions/jour pendant 5 jours.

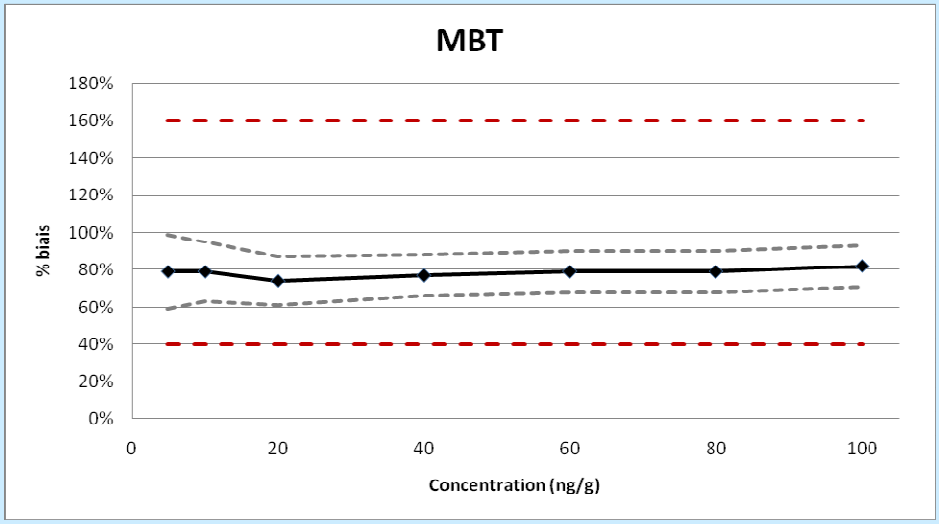
- par molécule
(reproductibilité)

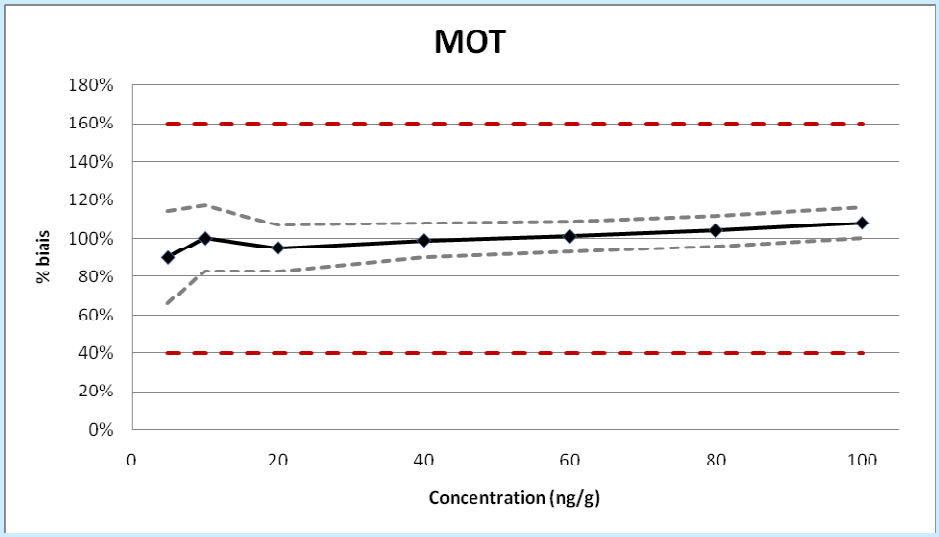
Matrice : muscle de truite

Valeur des niveaux : (ng/g poids sec exprimé en dopant ajouté)

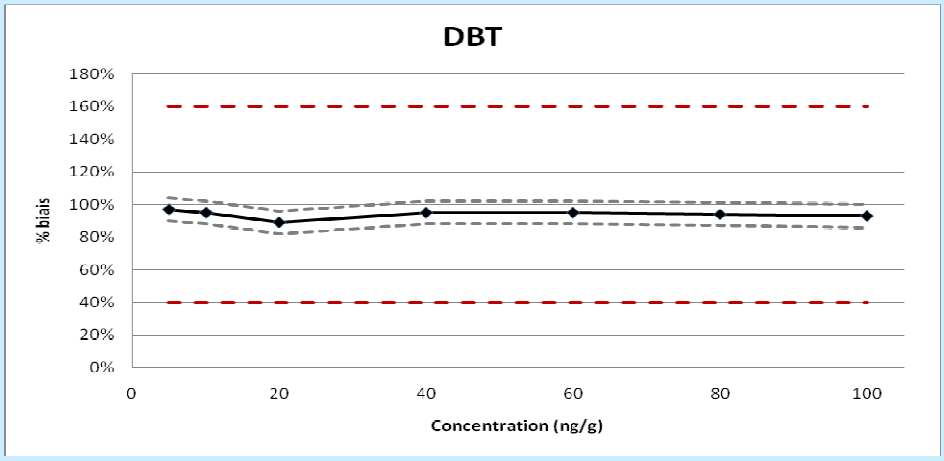
En noir trait plein : recouvrement (justesse)
En gris trait hachuré : Valeur haute et basse de reproductibilité
En rouge trait hachuré : Limite haute et basse d'acceptabilité

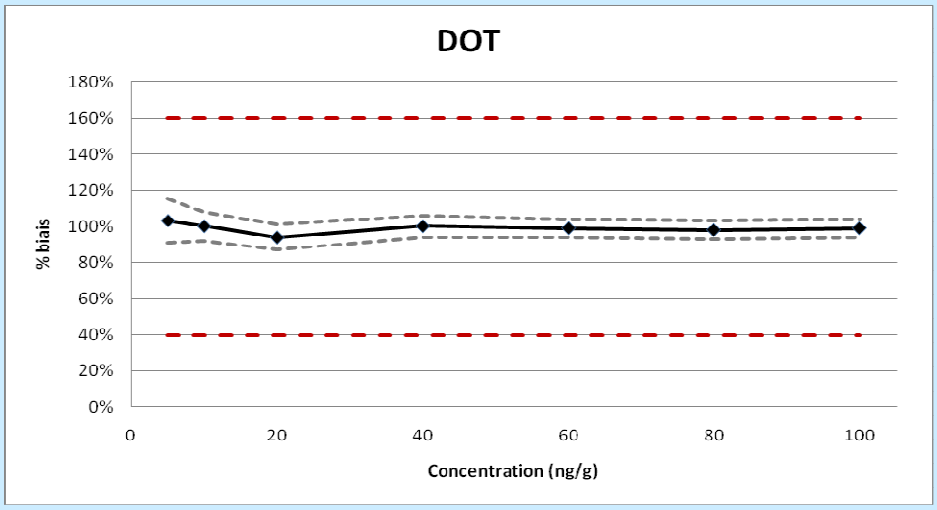
Mono-substitués :



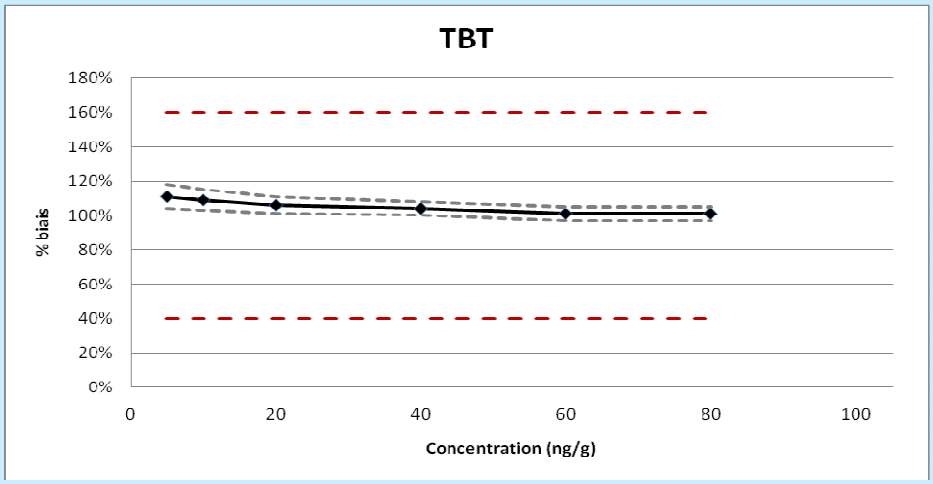


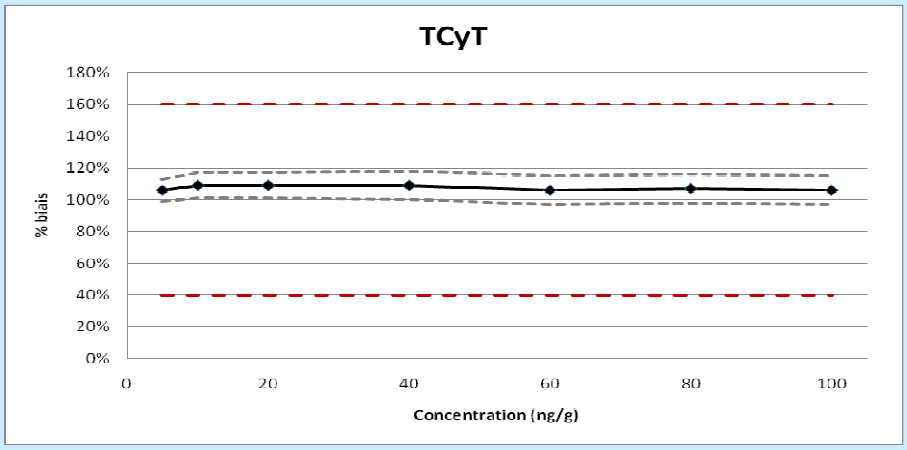
Di-Substitués :

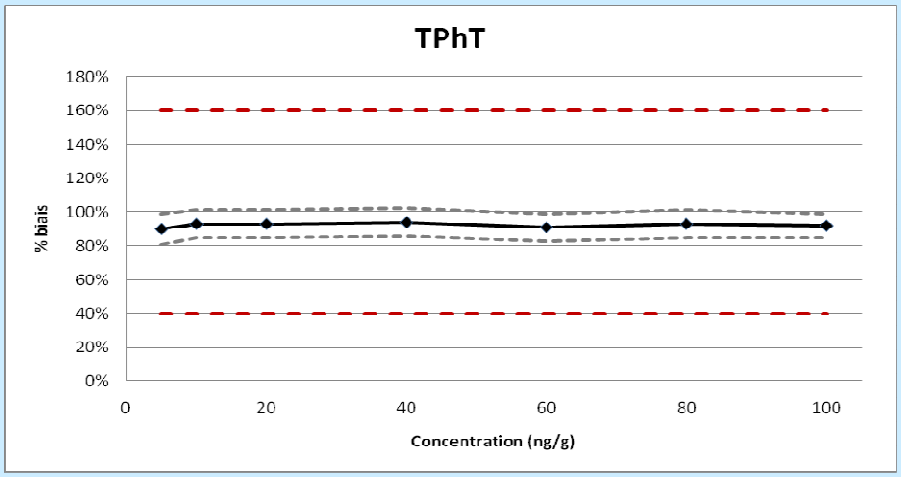




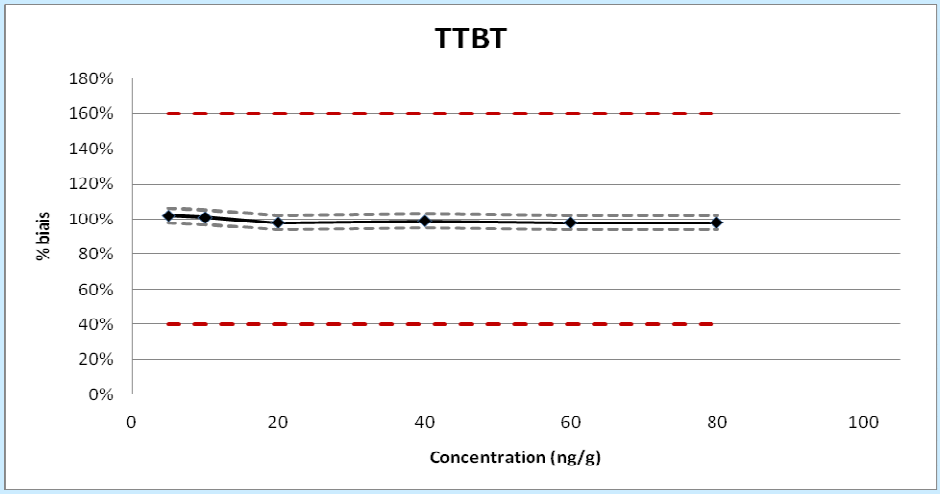
Tri-substitués :







Tétra-substitués :



Contacts

Auteurs	Jérôme Beaumont ; François Lestremau
Institut	INERIS
Adresses mail	jerome.beaumont@ineris.fr, francois.lestremau@ineris.fr