

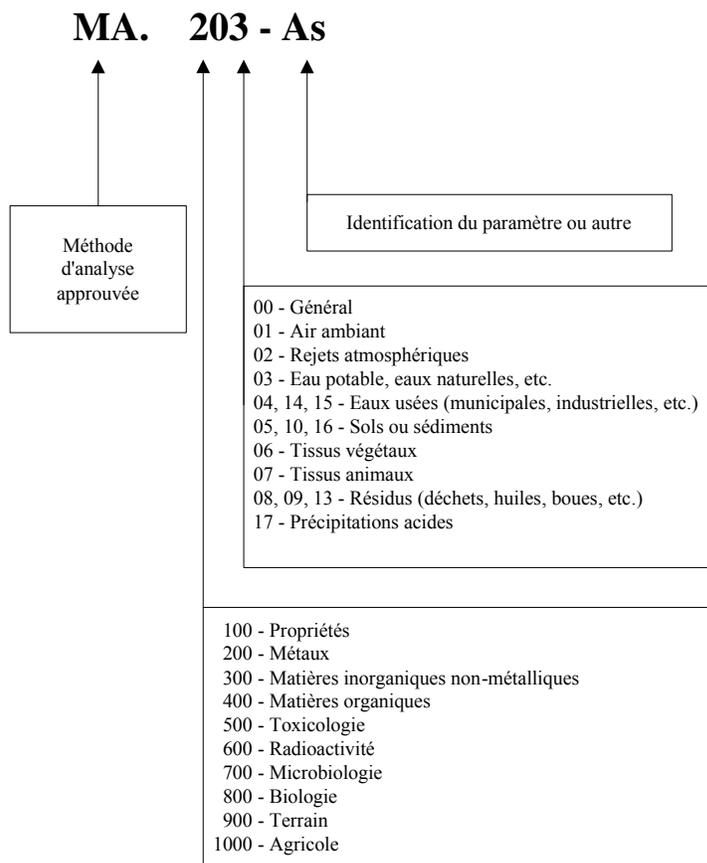
# Méthode d'analyse



## MA. 400 – BPC 1.0

Détermination des biphényles polychlorés : dosage par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse **ou à un détecteur à capture d'électrons** – méthode par congénère et groupe homologue

## Comment fonctionne la codification ?



**Note** – Les méthodes publiées avant le 14 janvier 2014 ont deux chiffres à la fin de la codification de la méthode (ex. : MA. 203 – As 3.4). Le premier chiffre désigne le numéro de la méthode (3) et le deuxième chiffre désigne le numéro de l'édition (4).

### Référence à citer :

CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC.  
*Détermination des biphényles polychlorés : dosage par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse ou à un détecteur à capture d'électrons – méthode par congénère et groupe homologue*, MA. 400 – BPC 1.0, rév. 5, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, 2014, 35 p.

Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec  
2700, rue Einstein, bureau E.2.220  
Québec (Québec) G1P 3W8

Téléphone : 418 643-1301  
Télécopieur : 418 528-1091  
Courriel : ceaeq@mddelcc.gouv.qc.ca

## TABLE DES MATIÈRES

|   |    |
|---|----|
| INTRODUCTION  | 5  |
| 1. DOMAINE D'APPLICATION                                    | 5  |
| 2. PRINCIPE ET THÉORIE                                      | 5  |
| 3. INTERFÉRENCE   | 6  |
| 4. CONSERVATION   | 6  |
| 5. APPAREILLAGE   | 7  |
| 6. RÉACTIFS ET ÉTALONS                                      | 7  |
| 7. PROTOCOLE ANALYTIQUE                                     | 12 |
| 7.1. Préparation spéciale de la verrerie                    | 12 |
| 7.2. Extraction des échantillons                            | 13 |
| 7.3. Purification des échantillons                          | 17 |
| 7.4. Dosage   | 22 |
| 8. CALCUL ET EXPRESSION DES RÉSULTATS                       | 28 |
| 8.1. Critères d'identification des BPC                      | 28 |
| 8.2. Calcul des 41 congénères spécifiques et des BPC totaux | 29 |
| 8.3. Expression des résultats                               | 30 |
| 9. CRITÈRES D'ACCEPTABILITÉ                                 | 33 |
| 10. BIBLIOGRAPHIE   | 34 |
| ANNEXE  | 35 |

## LISTE DES TABLEAUX

|  |    |
|--|----|
| Tableau 1 - Composition de la solution mère des étalons de recouvrement.....   | 9  |
| Tableau 2 - Composition des solutions mères des étalons volumétriques.....   | 9  |
| Tableau 3 - Solutions étalons servant au dosage par GC-ECD et GC-MS<br>(concentrations typiques).....  | 10 |
| Tableau 4 - Composition de la solution fenêtre .....   | 12 |
| Tableau 5 - Résumé des quantités utilisées en fonction de la nature des échantillons .....   | 22 |
| Tableau 6 - Ions utilisés pour l'acquisition des BPC par GC-MS .....   | 26 |
| Tableau 7 - Utilisation des congénères spécifiques et des étalons volumétriques pour<br>le dosage par GC-ECD et GC-MS des BPC non étalonnés..... | 32 |
| Tableau 8 - Correction des BPC à l'aide des étalons de recouvrement .....  | 33 |
| Tableau 9 - Critères d'acceptabilité.....  | 33 |
| Tableau 10 - Plages typiques d'étalonnage par GC-ECD et GC-MS (pg/ $\mu$ l) .....  | 35 |

## INTRODUCTION

Les biphényles polychlorés, ou BPC, sont des composés synthétiques formés de deux noyaux benzéniques joints par un de leurs sommets et dont les 10 atomes d'hydrogène peuvent être substitués par autant d'atomes de chlore. Ils sont caractérisés par une grande stabilité thermique, chimique et biologique. Les biphényles polychlorés sont peu solubles dans l'eau mais hautement solubles dans les graisses, les huiles et les liquides non polaires.

Les BPC étaient utilisés, entre autres, comme plastifiants dans les fluides hydrauliques, les lubrifiants et les composés de scellement et aussi comme isolants dans les transformateurs et condensateurs électriques.

Cette méthode consiste, dans un premier temps, à doser et à rapporter spécifiquement 41 congénères de BPC qui sont ciblés soit pour leur toxicité, leur persistance dans l'environnement ou leur abondance dans les quatre mélanges commerciaux les plus fréquemment utilisés au Québec, à savoir les Aroclor<sup>®</sup> 1242, 1248, 1254 et 1260. Les congénères ciblés servent à générer des facteurs de réponse moyens qui permettent de calculer la concentration des autres BPC présents dans l'échantillon. Un total, défini comme « BPC totaux », est obtenu par la somme des 41 congénères spécifiques et des autres BPC non étalonnés; précisons que les BPC constituant ce total sont des BPC ayant entre 3 et 10 atomes de chlore. La méthode permet de souligner qualitativement, lorsque possible, la présence d'un ou de plusieurs Aroclor<sup>®</sup>.

### 1. DOMAINE D'APPLICATION

Cette méthode permet la détermination des BPC par congénère dans les quatre groupes de matrices suivantes : eaux (incluant matières dangereuses liquides), matières solides (sols, sédiments, matières dangereuses solides, boues, etc.), matières liquides organiques (telles que huiles, solvants, etc.) et frottis.

Cette méthode permet le dosage des BPC par congénère avec deux types de détecteur, soit le détecteur à capture d'électrons (ECD) et le spectromètre de masse (MS). Les plages **typiques** d'étalonnage **pour le** dosage sont énumérées dans le tableau 10 présenté en annexe. L'énumération des congénères de BPC est faite par ordre croissant de temps de rétention sur une colonne de type DB5-MS (GC-ECD) ou HP5-MS (GC-MS). **Il est à noter que les temps de rétention de certains composés sont inversés sur une colonne HP5-MS par rapport à une colonne DB5-MS.** De façon générale, les plages d'étalonnage des congénères sont les suivantes : 10 à 200 pg/μl en GC-ECD et 10 à 2 000 pg/μl en GC-MS.

### 2. PRINCIPE ET THÉORIE

Les biphényles polychlorés contenus dans l'échantillon sont extraits avec de l'hexane. Dans le cas des solides et des frottis, l'extraction est faite à l'aide d'un bain à ultrason. La mise en contact est utilisée pour les matières liquides organiques telles que huiles, solvants, etc.

L'extrait est ensuite purifié en trois étapes : un traitement à l'acide sulfurique pour éliminer les substances polaires, la séparation de la fraction contenant les hydrocarbures de celle contenant

les BPC à l'aide d'une colonne d'alumine activée et, enfin, un traitement avec cuivre pour éliminer les composés sulfurés.

Après concentration de l'extrait, celui-ci est dosé par GC-ECD ou GC-MS. Les eaux et les sols sont normalement dosés par GC-MS alors que les matières liquides organiques (huiles, solvants, etc.) et les frottis sont d'abord dosés en GC-ECD puis en GC-MS si nécessaire.

Les 41 congénères spécifiques sont rapportés individuellement et le paramètre « BPC totaux » est calculé grâce à la somme des BPC spécifiques et des autres BPC calculés à l'aide d'un facteur de réponse moyen. Les groupes homologues sont rapportés lorsque le dosage a été effectué en GC-MS.

### **3. INTERFÉRENCE**

Les interférences peuvent être causées par des contaminants contenus dans les solvants, les réactifs, la verrerie ou les appareils de préparation. Tous les solvants, les réactifs et les appareils utilisés sont vérifiés par l'analyse d'un blanc de méthode qui subit les mêmes étapes qu'un échantillon réel.

D'autres composés organiques, notamment ceux qui sont combinés avec le chlore, le soufre et le phosphore, peuvent interférer avec les BPC lors du dosage en ECD. La procédure de purification décrite dans cette méthode suffit généralement à les éliminer.

Les hydrocarbures ont un effet de suppression du signal en GC-ECD : il est très important de s'assurer que les hydrocarbures présents dans la matrice ont été séparés des BPC lors de l'obtention de l'extrait final servant au dosage. Si des hydrocarbures sont malgré tout présents avec les BPC, il faut s'assurer que leur concentration n'a pas d'effet sur le détecteur à capture d'électrons. Selon le modèle du ECD, les hydrocarbures ont un effet de suppression du signal à partir de concentrations différentes; il faut donc avoir bien évalué le détecteur ECD avant de travailler au dosage des BPC dans des matrices huileuses.

### **4. CONSERVATION**

Les échantillons doivent être conservés selon les recommandations décrites à la section Guide d'échantillonnage (en fonction de la matrice et du règlement) du site Internet du CEAEQ.

À titre indicatif, les échantillons sont conservés selon le mode suivant :

Les matières solides peuvent être conservées 6 mois à 4 °C. Cependant, les sols peuvent être conservés 2 semaines à 4 °C et indéfiniment à -20 °C.

Les matières liquides organiques et les frottis peuvent être conservés 6 mois à 4 °C.

Les eaux peuvent être conservées 28 jours à 4 °C ou 40 jours à 4 °C si l'échantillon a été extrait à l'intérieur des 28 premiers jours.

Le lecteur se réfèrera aux divers cahiers du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyse environnementale* autant que possible. Lorsqu'une matrice n'est couverte par aucun de ces cahiers, le CEAEQ peut donner l'information aux clients qui en font la demande.

## 5. APPAREILLAGE

- 5.1. Chromatographe en phase gazeuse, muni d'un injecteur capillaire split/splitless et d'un détecteur à capture d'électrons Ni<sup>63</sup>
- 5.2. Colonne chromatographique capillaire « fused silica » d'une longueur de 30 m x 0,25 mm Di, de type DB-5MS **et/ou HP5-MS** (ou équivalent) dont la phase est d'une épaisseur de 0,25 µm
- 5.3. Spectromètre de masse basse résolution permettant l'impact électronique
- 5.4. Colonne de verre
- 5.5. Évaporateur rotatif
- 5.6. Balances analytiques dont la sensibilité est de **0,01 et 0,0001 g**
- 5.7. Agitateur Vortex
- 5.8. Système d'évaporation sous jet d'azote
- 5.9. Colonne en verre de 30 cm x 2,5 cm Di munie d'un robinet en téflon
- 5.10. Centrifugeuse pour tubes de 50 ml et 250 ml
- 5.11. Échantillonneur automatique couplé au chromatographe en phase gazeuse
- 5.12. Logiciel permettant l'acquisition et le traitement de données
- 5.13. Agitateur culbuteur (de type « Réax »)
- 5.14. Agitateur rotatif (de type « Rollacell »)
- 5.15. Bain à ultrasons

## 6. RÉACTIFS ET ÉTALONS

Tous les solvants utilisés sont de qualité « pesticide grade » ou l'équivalent. Les réactifs commerciaux utilisés sont de qualité A.C.S. à moins d'indication contraire.

L'eau utilisée pour la préparation des réactifs est de l'eau déminéralisée, traitée sur charbon activé et filtrée sur une membrane de 5 µm.

- 6.1. Acide sulfurique, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (CAS n° 7664-93-9)

- 6.2. Solution d'acide chlorhydrique, HCl 1,0 N (CAS n° 7647-01-0)

Diluer, par exemple, 83 ml de HCl dans environ 800 ml d'eau, laisser refroidir et compléter à 1 000 ml.

- 6.3. Solution saturée de chlorure de sodium, NaCl (CAS n° 7647-14-5)

Dissoudre, par exemple, 65 g de NaCl dans environ 180 ml d'eau et compléter à 200 ml avec de l'eau.

- 6.4. Bicarbonate de sodium, NaHCO<sub>3</sub> (CAS no 144-55-8)

- 6.5. Cuivre métallique (20 - 30 Mesh)

- 6.6. Sulfate de sodium anhydre, 12 - 60 Mesh, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Traiter le Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en le chauffant à 650 °C pendant une nuit afin d'éliminer les impuretés et l'eau. Il est ensuite conservé à la température ambiante dans un contenant hermétique.

- 6.7. Alumine activité I (70-230 Mesh), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (CAS n° 1344-28-1)

**NOTE – Éviter de laisser l'alumine à l'air libre car elle s'hydrate facilement. Conserver au dessiccateur lorsque le contenant est ouvert.**

- 6.8. Mélange NaHCO<sub>3</sub> : Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (2:1 P/P)

Peser du NaHCO<sub>3</sub> et du Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dans des proportions deux pour un.

- 6.9. Acétone, CH<sub>3</sub>COCH<sub>3</sub> (CAS n° 67-64-1)

- 6.10. Hexane, C<sub>6</sub>H<sub>14</sub> (CAS n° 110-54-3)

- 6.11. Dichlorométhane (CAS n° 75-09-2)

- 6.12. Solution commerciale d'Aroclor<sup>®</sup> 1242 à précisément environ 100 µg/ml

- 6.13. Solution commerciale d'Aroclor<sup>®</sup> 1254 à précisément environ 100 µg/ml

- 6.14. Solution commerciale d'Aroclor<sup>®</sup> 1260 à précisément environ 100 µg/ml

Les concentrations indiquées ci-dessus pour les solutions d'Aroclor<sup>®</sup> sont à titre indicatif. Le solvant est préférablement l'hexane ou l'isooctane.

- 6.15. Solution d'Aroclor<sup>®</sup> 1242-1254-1260 à précisément environ 0,5 µg/ml chacun pour la vérification des temps de rétention des BPC autres dans la table d'étalonnage (GC-ECD) et la validation des gabarits utilisant les 41 congénères spécifiques (GC-ECD et GC-MS)

Cette solution sert autant en GC-ECD qu'en GC-MS. Il est à noter que cette solution pourrait être remplacée par une solution de BPC reconstituant les Aroclor<sup>®</sup> 1242, 1254 et 1260.

Les solutions commerciales des Aroclor® 1242, 1254 et 1260 sont utilisées pour la préparation de cette solution. Le solvant utilisé pour la solution finale est l'hexane. La concentration individuelle visée pour les étalons volumétriques lors de l'injection est 100 pg/µl pour le GC-ECD et 500 pg/µl pour le GC-MS.

6.16. Solution mère d'étalons de recouvrement à précisément environ 5000 pg/µl chacun

Cette solution mère sert à l'ajout des étalons de recouvrement (étalons analogues ou « *surrogates* », cf. DR-12-VMC) et à l'étalonnage de l'alumine activée. Elle est préparée à partir des solutions commerciales individuelles de BPC « nature ». Ces solutions commerciales sont disponibles à diverses concentrations allant d'environ 35 µg/ml à environ 100 µg/ml. Les solvants utilisés pour ces solutions commerciales sont l'hexane ou l'isooctane. Le solvant utilisé pour préparer la solution mère est l'hexane. Le tableau 1 décrit les BPC présents dans cette solution mère d'étalons de recouvrement.

Tableau 1 - Composition de la solution mère des étalons de recouvrement

| Nom du BPC « nature » | Concentration typique<br>pg/µl | Légende  |
|-----------------------|--------------------------------|--|
| Cl-3 IUPAC n° 34      | 5 000                          | Cl - X = X nb d'atomes de chlore sur la molécule         |
| Cl-5 IUPAC n° 109     | 5 000                          | IUPAC = International Union Pure and Applied<br>Chemists |
| Cl-9 IUPAC n° 207     | 5 000                          |  |

6.17. Solutions mères des étalons volumétriques (étalons internes) à précisément environ 1 000 pg/µl et 5 000 pg/µl.

Ces solutions mères sont préparées à partir des solutions commerciales individuelles de BPC « nature ». Ces solutions commerciales sont disponibles à diverses concentrations allant d'environ 35 µg/ml à environ 100 µg/ml. Les solvants utilisés pour ces solutions commerciales sont l'hexane ou l'isooctane. Le solvant utilisé pour préparer la solution mère est l'hexane. Le tableau 2 décrit les BPC présents dans cette solution mère des étalons volumétriques.

Tableau 2 - Composition des solutions mères des étalons volumétriques

| Nom du BPC « nature » | Concentration typique pg/µl<br>(GC-MS) | Concentration typique pg/µl<br>(GC-ECD) |
|-----------------------|--|---|
| Cl-3 IUPAC n° 29      | 5 000                                  | 1 000                                   |
| Cl-5 IUPAC n° 100     | 5 000                                  | 1 000                                   |
| Cl-5 IUPAC n° 119     | 5 000                                  | 1 000                                   |
| Cl-7 IUPAC n° 189     | 5 000                                  | 1 000                                   |

6.18. Solution mère des étalons de dosage à environ 2 000 pg/μl par congénère : solution « DSJ »

Cette solution est soit obtenue à l'aide d'un mélange commercial des congénères spécifiques, soit préparée à l'aide de solutions commerciales de chacun des congénères spécifiques. Le solvant utilisé pour le mélange commercial peut être l'isooctane ou l'hexane alors que le solvant utilisé pour la solution mère DSJ préparée à l'aide des solutions commerciales individuelles des congénères est l'hexane. Il est à noter que presque tous les congénères spécifiques servant d'étalons sont à une concentration précise d'environ 2 000 pg/μl. Cependant, certains congénères ont délibérément été préparés à des concentrations différentes de cette cible afin de tenir compte de certaines particularités d'un mélange typique des Aroclor<sup>®</sup> 1242, 1254 et 1260.

6.19. Solutions étalons servant à la préparation de la table d'étalonnage en GC-ECD et en GC-MS et au dosage des BPC par congénère.

Préparer ces solutions à partir des solutions mères suivantes : « DSJ » (cf. 6.18), étalons volumétriques (cf. 6.17) et étalons de recouvrement (cf. 6.16).

**Tableau 3 - Solutions étalons servant au dosage par GC-ECD et GC-MS (concentrations typiques)**

| Nom du congénère spécifique (pg/μl) | ECD-1            | ECD-2            | ECD-3            | ECD-4           | ECD-5             | ECD-6           | MS-1 | MS-2 | MS-3 | MS-4  | MS-5  |
|-------------------------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-------------------|-----------------|------|------|------|-------|-------|
| Cl-3 IUPAC 18                       | 10               | 30               | 50               | 100             | 150               | 200             | 20   | 100  | 500  | 1 000 | 2 000 |
| Cl-3 IUPAC 17                       | 2,5              | 7,5              | 12,5             | 25              | 37,5              | 50              | 5    | 25   | 125  | 250   | 500   |
| Cl-3 IUPAC 28+31                    | 17,5             | 52,5             | 87,5             | 175             | 262,5             | 350             | 35   | 175  | 875  | 1 750 | 3 500 |
| Cl-3 IUPAC 33                       | 10               | 30               | 50               | 100             | 150               | 200             | 20   | 100  | 500  | 1 000 | 2 000 |
| Cl-4 IUPAC 52                       | 10               | 30               | 50               | 100             | 150               | 200             | 20   | 100  | 500  | 1 000 | 2 000 |
| Cl-4 IUPAC 49                       | 10               | 30               | 50               | 100             | 150               | 200             | 20   | 100  | 500  | 1 000 | 2 000 |
| Cl-4 IUPAC 44                       | 10               | 30               | 50               | 100             | 100               | 200             | 20   | 100  | 500  | 1 000 | 2 000 |
| Cl-4 IUPAC 74                       | 10               | 30               | 50               | 100             | 150               | 200             | 20   | 100  | 500  | 1 000 | 2 000 |
| Cl-4 IUPAC 70                       | 15<br>(70+95)    | 45<br>(70+95)    | 75<br>(70+95)    | 150<br>(70+95)  | 225<br>(70+95)    | 300<br>(70+95)  | 20   | 100  | 500  | 1 000 | 2 000 |
| Cl-5 IUPAC 95                       |                  |                  |                  |                 |                   |                 | 10   | 50   | 250  | 500   | 1 000 |
| Cl-5 IUPAC 101                      | 10               | 30               | 50               | 100             | 150               | 200             | 20   | 100  | 500  | 1 000 | 2 000 |
| Cl-5 IUPAC 99                       | 10               | 30               | 50               | 100             | 150               | 200             | 20   | 100  | 500  | 1 000 | 2 000 |
| Cl-5 IUPAC 87                       | 10               | 30               | 50               | 100             | 150               | 200             | 20   | 100  | 500  | 1 000 | 2 000 |
| Cl-5 IUPAC 110                      | 10               | 30               | 50               | 100             | 150               | 200             | 20   | 100  | 500  | 1 000 | 2 000 |
| Cl-6 IUPAC 151                      | 12,5<br>(151+82) | 37,5<br>(151+82) | 62,5<br>(151+82) | 125<br>(151+82) | 187,5<br>(151+82) | 250<br>(151+82) | 20   | 100  | 500  | 1 000 | 2 000 |
| Cl-5 IUPAC 82                       |                  |                  |                  |                 |                   |                 | 5    | 25   | 125  | 250   | 500   |
| Cl-6 IUPAC 149                      | 10               | 30               | 50               | 100             | 150               | 200             | 20   | 100  | 500  | 1 000 | 2 000 |
| Cl-5 IUPAC 118                      | 10               | 30               | 50               | 100             | 150               | 200             | 20   | 100  | 500  | 1 000 | 2 000 |
| Cl-6 IUPAC 153                      | 10               | 30               | 50               | 100             | 150               | 200             | 20   | 100  | 500  | 1 000 | 2 000 |
| Cl-6 IUPAC 132                      | 5                | 15               | 25               | 50              | 75                | 100             | 10   | 50   | 250  | 500   | 1 000 |
| Cl-5 IUPAC 105                      | 2,5              | 7,5              | 12,5             | 25              | 37,5              | 50              | 5    | 25   | 125  | 250   | 500   |
| Cl-6 IUPAC 158+138                  | 12,5             | 37,5             | 62,5             | 125             | 187,5             | 250             | 25   | 125  | 625  | 1 250 | 2 500 |
| Cl-7 IUPAC 187                      | 10               | 30               | 50               | 100             | 150               | 200             | 20   | 100  | 500  | 1 000 | 2 000 |
| Cl-7 IUPAC 183                      | 10               | 30               | 50               | 100             | 150               | 200             | 20   | 100  | 500  | 1 000 | 2 000 |

| Nom du congénère spécifique (pg/μl) | ECD-1 | ECD-2 | ECD-3 | ECD-4 | ECD-5 | ECD-6 | MS-1 | MS-2 | MS-3 | MS-4  | MS-5  |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|
| CI-6 IUPAC 128                      | 10    | 30    | 50    | 100   | 150   | 200   | 20   | 100  | 500  | 1 000 | 2 000 |
| CI-7 IUPAC 177                      | 10    | 30    | 50    | 100   | 150   | 200   | 20   | 100  | 500  | 1 000 | 2 000 |
| CI-7 IUPAC 171                      | 10    | 30    | 50    | 100   | 150   | 200   | 20   | 100  | 500  | 1 000 | 2 000 |
| CI-6 IUPAC 156                      | 10    | 30    | 50    | 100   | 150   | 200   | 20   | 100  | 500  | 1 000 | 2 000 |
| CI-7 IUPAC 180                      | 10    | 30    | 50    | 100   | 150   | 200   | 20   | 100  | 500  | 1 000 | 2 000 |
| CI-7 IUPAC 191                      | 10    | 30    | 50    | 100   | 150   | 200   | 20   | 100  | 500  | 1 000 | 2 000 |
| CI-6 IUPAC 169                      | 10    | 30    | 50    | 100   | 150   | 200   | 20   | 100  | 500  | 1 000 | 2 000 |
| CI-7 IUPAC 170                      | 10    | 30    | 50    | 100   | 150   | 200   | 20   | 100  | 500  | 1 000 | 2 000 |
| CI-8 IUPAC 199                      | 7,5   | 22,5  | 37,5  | 75    | 112,5 | 150   | 15   | 75   | 375  | 750   | 1 500 |
| CI-9 IUPAC 208                      | 10    | 30    | 50    | 100   | 150   | 200   | 20   | 100  | 500  | 1 000 | 2 000 |
| CI-8 IUPAC 195                      | 10    | 30    | 50    | 100   | 150   | 200   | 20   | 100  | 500  | 1 000 | 2 000 |
| CI-8 IUPAC 194                      | 10    | 30    | 50    | 100   | 150   | 200   | 20   | 100  | 500  | 1 000 | 2 000 |
| CI-8 IUPAC 205                      | 10    | 30    | 50    | 100   | 150   | 200   | 20   | 100  | 500  | 1 000 | 2 000 |
| CI-9 IUPAC 206                      | 10    | 30    | 50    | 100   | 150   | 200   | 20   | 100  | 500  | 1 000 | 2 000 |
| CI-10 IUPAC 209                     | 10    | 30    | 50    | 100   | 150   | 200   | 20   | 100  | 500  | 1 000 | 2 000 |
| Étalon de recouvrement              |       |       |       |       |       |       |      |      |      |       |       |
| CI-3 IUPAC 34                       | 10    | 30    | 60    | 125   | 250   | 500   | 20   | 100  | 200  | 500   | 1 000 |
| CI-5 IUPAC 109                      | 10    | 30    | 60    | 125   | 250   | 500   | 20   | 100  | 200  | 500   | 1 000 |
| CI-9 IUPAC 207                      | 10    | 30    | 60    | 125   | 250   | 500   | 20   | 100  | 200  | 500   | 1 000 |
| Étalons volumétriques               |       |       |       |       |       |       |      |      |      |       |       |
| CI-3 IUPAC 29                       | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 500  | 500  | 500  | 500   | 500   |
| CI-5 IUPAC 100                      | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 500  | 500  | 500  | 500   | 500   |
| CI-5 IUPAC 119                      | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 500  | 500  | 500  | 500   | 500   |
| CI-7 IUPAC 189                      | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 500  | 500  | 500  | 500   | 500   |

## 6.20. Solution « fenêtre » permettant l'ajustement des temps d'acquisition pour les différents ions en spectrométrie de masse

Cette solution est préparée à partir d'une solution commerciale regroupant les différents BPC pertinents solubilisés dans l'hexane ou l'isooctane. La solution de travail, dite « fenêtre », est préparée à partir de la ou des solutions commerciales et le produit final est dans l'hexane. Les BPC et leur concentration typique sont énumérés au tableau 4. Le premier et le dernier BPC d'une famille (CI-4, CI-5, etc.) sont énumérés dans l'ordre croissant d'élution sur une colonne de type DB5-MS.

Tableau 4 - Composition de la solution fenêtre

| Nom des congénères spécifiques | Concentration typique pg/μl |
|--------------------------------|-----------------------------|
| CI-1 IUPAC 1 (premier éluant)  | 250                         |
| CI-1 IUPAC 3 (dernier éluant)  | 250                         |
| CI-2 IUPAC 10                  | 250                         |
| CI-2 IUPAC 15                  | 250                         |
| CI-3 IUPAC 19                  | 250                         |
| CI-3 IUPAC 37                  | 250                         |
| CI-4 IUPAC 54                  | 250                         |
| CI-4 IUPAC 77                  | 250                         |
| CI-5 IUPAC 104                 | 250                         |
| CI-5 IUPAC 126                 | 250                         |
| CI-6 IUPAC 155                 | 250                         |
| CI-6 IUPAC 169                 | 250                         |
| CI-7 IUPAC 188                 | 250                         |
| CI-7 IUPAC 189                 | 250                         |
| CI-8 IUPAC 202                 | 250                         |
| CI-8 IUPAC 205                 | 250                         |
| CI-9 IUPAC 208                 | 250                         |
| CI-9 IUPAC 206                 | 250                         |
| CI-10 IUPAC 209                | 250                         |

## 7. PROTOCOLE ANALYTIQUE

Pour toute série d'échantillons, les recommandations des *Lignes directrices concernant les travaux analytiques en chimie*, DR-12-SCA-01, sont suivies afin de s'assurer d'une fréquence d'insertion adéquate en ce qui concerne les éléments de contrôle et d'assurance de la qualité (blanc, matériaux de référence, duplicatas, etc.). Tous ces éléments d'assurance et de contrôle de la qualité suivent les mêmes étapes du protocole analytique que les échantillons.

### 7.1. PRÉPARATION SPÉCIALE DE LA VERRERIE

La verrerie utilisée doit être rincée de la façon décrite ci-dessous en connaissant la concentration des échantillons ayant été traités avec cette verrerie lors de la série précédente d'échantillons. **Chaque morceau de vaisselle réutilisable est identifié afin de pouvoir retracer les contaminations.**

La verrerie des échantillons dont la teneur en BPC a été rapportée au-dessus de **10 pg/μl pour au moins un congénère**, doit être rincée avec **3 portions d'environ 10 ml d'hexane**. Lorsque les concentrations détectées sont beaucoup plus élevées, une procédure de nettoyage au Décon® et/ou à l'acide sulfochromique pourrait être nécessaire. Dans ces deux cas, un composite du dernier rinçage de toute la verrerie pour chaque échantillon contaminé est concentré à environ 1 ml et est injecté en GC-ECD.

**Lorsque** la concentration en BPC est inférieure à 10 pg/μl pour chacun des congénères, la verrerie est mise au **lave-vaisselle**. Dans le cas contraire, il faut recommencer **la procédure de décontamination**.

**NOTE – Toute la verrerie est lavée selon le document de référence interne DR-09-04-COL-01 intitulé : « Instructions de lavage ».**

## 7.2. EXTRACTION DES ÉCHANTILLONS

Cette étape peut différer selon la nature des échantillons. C'est pourquoi des paragraphes distincts à l'intérieur de cette section seront décrits pour les quatre grands groupes de matrices visés par cette méthode.

**NOTE – Les échantillons congelés sont mis au réfrigérateur (4 °C) le soir précédent la journée de l'extraction.**

### 7.2.1. Eaux (eaux usées, eaux potables, effluents, etc.)

Cette section est disponible à titre d'information pour les laboratoires qui souhaitent utiliser la technique de l'extracteur rotatif et l'ampoule. Cette technique d'extraction n'est plus utilisée de façon courante au CEAEQ. Le lecteur se référera à l'édition courante de la méthode MA. 400 – SPE – BPC/Clbz/HAP 1.0 pour l'extraction des eaux.

Le CEAEQ peut par contre utiliser cette technique advenant que la technique SPE soit inadéquate pour une matière liquide aqueuse spéciale et problématique dans le cadre d'une urgence. Le technicien analyste doit par contre documenter ses actions si une telle technique doit être utilisée pour des eaux.

- Sortir les échantillons du réfrigérateur et laisser reposer à la température ambiante pendant 30 minutes.
- Homogénéiser et prélever un volume connu d'échantillon pouvant atteindre jusqu'à 800 ml.

**NOTE – Tous les échantillons qui semblent contenir des matières particulaires doivent être filtrés. Seuls les échantillons exempts de matières particulaires ne font pas l'objet de la filtration décrite ci-dessous. Les effluents de pâtes et papiers sont systématiquement filtrés.**

**Les prochaines étapes permettent la filtration de l'échantillon et l'extraction du filtre et du filtrat séparément.**

- Acidifier l'échantillon à  $\text{pH} \leq 2$  à l'aide de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
- Ajouter 40  $\mu\text{l}$  de la solution mère des étalons de recouvrement à 5 000  $\text{pg}/\mu\text{l}$  (cf. 6.16) dans une fiole jetable contenant environ 1 ml d'acétone.
- Ajouter à l'échantillon la totalité de la fiole et rincer celle-ci à deux reprises avec 1 ml d'acétone. Verser ce rinçage à l'échantillon. La concentration finale visée est précisément environ de 100  $\text{pg}/\mu\text{l}$  pour chaque étalon de recouvrement dans l'extrait (2 ml final). Agiter manuellement pendant environ 10 secondes et laisser reposer environ 10 minutes.

- Filtrer sur filtre Whatman 934AH.
- Le filtrat est transféré dans une bouteille de 1 000 ml.

#### Traitement du filtrat

- S'assurer que le goulot des bouteilles est propre et sec.
- Rincer le contenant de l'échantillon filtré avec trois portions de 20 ml d'hexane et transférer le solvant de rinçage à la bouteille qui contient l'échantillon.
- Ajouter 20 ml d'une solution saturée de chlorure de sodium à la bouteille.
- Si nécessaire, mettre un morceau de téflon rincé à l'hexane dans le fond du bouchon et fermer les bouteilles.
- S'assurer que les bouteilles ne coulent pas.
- Déposer sur l'agitateur rotatif, ajuster la vitesse de rotation à environ 12 tr/min et laisser tourner pendant au moins 8 heures.
- S'assurer que l'hexane n'est pas dans le goulot.
- Après cette première extraction, transférer la phase aqueuse dans une ampoule à décanter de 2 litres.
- **Récupérer** la phase organique dans un ballon de 500 ml.
- Rincer la bouteille avec deux portions de 15 ml d'hexane et ajouter le matériel de rinçage dans l'ampoule à décanter de 2 litres.
- Procéder à la deuxième extraction de façon manuelle avec l'ampoule. Agiter pendant environ 1 minute par échantillon.
- Laisser décanter et séparer les phases. Transférer la phase organique dans le ballon de 500 ml.
- Ajouter 30 ml d'hexane à l'ampoule.
- Procéder à la troisième extraction de façon manuelle avec l'ampoule. Agiter pendant environ 1 minute par échantillon.
- Laisser les phases se séparer.
- Transférer la phase organique (3<sup>e</sup> extrait) dans le ballon de 500 ml.
- Jeter la phase aqueuse.

### Traitement du filtre

- À l'aide de pincettes, mettre le filtre Whatman 934-AH dans une fiole à centrifugation de 250 ml et immerger avec une solution hexane-acétone 50 : 50 % (V/V).
- Extraire au bain à ultrasons pendant 2 minutes.
- Répéter l'extraction deux autres fois avec une portion fraîche d'hexane-acétone 50 % (V/V).
- Récupérer ces trois portions (extractions) dans le ballon de 500 ml (traitement du filtrat) et concentrer l'extrait à l'aide d'un évaporateur rotatif dont la température du bain-marie est inférieure à 30 °C, jusqu'à un volume d'environ 3 ml.
- Transférer quantitativement ce volume dans une éprouvette de 30 ml (bouchon avec face intérieure en téflon). Un volume total d'environ 10 ml d'hexane est nécessaire pour le transfert quantitatif. Rappelons que le ballon de 500 ml contient les extraits du filtre et du filtrat.
- Concentrer sous jet d'azote le contenu de l'éprouvette jusqu'à environ 9 ml.
- Procéder à la purification par traitement à l'acide selon l'instruction décrite à la section 7.3.1 (si nécessaire).

### 7.2.2. Matières solides (sols, sédiments, boues, etc.)

Dans le cas où les résultats doivent être exprimés sur base sèche, un aliquote de chaque échantillon est utilisé afin d'évaluer la proportion d'eau. Effectuer une perte à 105 °C pour la mesure de la proportion d'eau dans l'échantillon. Dans le cas où deux phases sont présentes (eau et solide), **si le client le demande**, la partie aqueuse est traitée comme une eau alors que la partie solide est traitée telle que ci-dessous.

- Sortir les échantillons du réfrigérateur et laisser reposer à la température ambiante pendant 30 minutes.
- Homogénéiser et peser précisément environ 5,00 g d'échantillon dans une bouteille à centrifugation de 250 ml.
- Ajouter au sol 40 µl de la solution mère d'étalons de recouvrement à 5 000 pg/µl (cf. 6.16) et laisser évaporer l'hexane. La concentration finale visée est précisément environ 100 pg/µl pour chaque étalon de recouvrement dans l'extrait (volume final de 2 ml).
- Ajouter ensuite 100 ml d'un mélange hexane-acétone 50:50 % (V/V) (solution d'extraction) et agiter avec une tige de verre ou une spatule.
- Placer ce mélange dans un bain à ultrasons et extraire pendant 2 minutes.

- Centrifuger si nécessaire à une vitesse d'environ 2 000 tr/min pendant environ 10 minutes. Décanter ensuite la phase organique dans un ballon de 500 ml.
- Répéter l'extraction deux autres fois avec des portions fraîches de 100 ml de la solution d'extraction.

**NOTE – Si nécessaire, évaporer après les 2 premières extractions pour réduire le volume de solvant afin d'éviter d'avoir un trop grand volume à évaporer dans le ballon de 500 ml.**

- Évaporer l'extrait résultant des multiples extractions jusqu'à environ 3 ml et transférer quantitativement dans une éprouvette vissable de 30 ml (bouchon avec face intérieure en téflon). Un total d'environ 10 ml d'hexane est nécessaire pour le transfert quantitatif.
- Concentrer sous jet d'azote jusqu'à environ 9 ml **dans une éprouvette préjaugée.**
- Procéder à la purification par traitement à l'acide selon l'instruction décrite à la section 7.3.1 (si nécessaire).

#### 7.2.3. Matières liquides organiques (huiles, solvants, etc.)

- Sortir les échantillons du réfrigérateur et laisser reposer à la température ambiante pendant 30 minutes.
- Agiter l'échantillon afin d'obtenir un mélange le plus homogène possible.
- Peser précisément environ 1,00 g d'échantillon dans une éprouvette de 30 ml vissable (bouchon avec face intérieure en téflon). Dans le cas d'échantillons provenant de centres de transfert, la quantité pesée doit être de 0,50 g.
- Ajouter à l'huile 50 µl de la solution mère d'étalons de recouvrement à 5 000 pg/µl (cf. 6.16). Bien agiter au vortex. La concentration finale visée est précisément environ **250 pg/µl** pour chaque étalon de recouvrement dans l'extrait (volume final de 1 ml) **pour un dosage au GC-ECD.**

**NOTE – Certains échantillons huileux (Centres de transfert) requièrent un dosage au GC-MS. Pour ces derniers, le volume final de l'extrait est de 2,5 ml afin d'obtenir une concentration finale de 100 pg/µl.**

- Ajouter environ 8 ml d'hexane à l'éprouvette et mélanger au vortex.
- Procéder à la purification par traitement à l'acide selon l'instruction décrite à la section 7.3.1 (si nécessaire).

#### 7.2.4. Frottis

- Sortir les échantillons du réfrigérateur et laisser reposer à la température ambiante pendant 30 minutes.

- Transférer le ou les frottis dans une bouteille à centrifuger de 250 ml par exemple.
- Ajouter aux frottis 20 µl de la solution mère d'étalons de recouvrement à 5 000 pg/µl (cf. 6.16). La concentration finale visée est précisément environ 100 pg/µl pour chaque étalon de recouvrement dans l'extrait (volume final de 1 ml). Laisser reposer environ 2 minutes.
- Si nécessaire, rincer le contenant d'origine des frottis avec trois portions de 20 ml d'hexane et transférer dans la **bouteille** à centrifuger. Ajouter en sus 40 ml d'hexane afin d'obtenir approximativement 100 ml. Bien s'assurer que les frottis sont immergés.
- Placer la bouteille à centrifuger dans un bain à ultrasons pendant deux minutes. Centrifuger si nécessaire et décanter la phase organique dans un ballon de 500 ml.
- Répéter l'extraction deux autres fois avec des portions fraîches de 100 ml d'hexane.

**NOTE – Si nécessaire, évaporer après les 2 premières extractions pour réduire le volume de solvant afin d'éviter d'avoir un trop grand volume à évaporer dans le ballon de 500 ml.**

- Évaporer le contenu du ballon de 500 ml jusqu'à environ 3 ml et transférer quantitativement dans une éprouvette vissable de 30 ml **préjaugée à 9 ml**. Rincer le ballon avec des portions d'hexane (total d'environ 10 ml).
- Ramener ensuite ce volume à environ 9 ml d'hexane dans l'éprouvette en évaporant sous jet de gaz (azote par exemple).
- Procéder à la purification par traitement à l'acide selon l'instruction décrite à la section 7.3.1 (si nécessaire).

### 7.3. PURIFICATION DES ÉCHANTILLONS

**NOTE – Les échantillons dont l'apparence indique clairement qu'il n'est pas nécessaire de procéder à toutes les purifications pour obtenir un dosage adéquat sont exemptés de ces étapes. Cependant, si un effet de matrice est constaté au dosage (voir étalons volumétriques) et/ou si la récupération des étalons de recouvrement dans ces échantillons est jugée inacceptable, les extraits doivent être purifiés avec toutes les étapes.**

#### 7.3.1. Purification par traitement à l'acide

**NOTE – Suivre les mesures de sécurité appropriées à l'égard de l'utilisation de l'acide sulfurique.**

- Ajouter 20 ml d'acide sulfurique à l'éprouvette.

**NOTE – Ce dernier ajout doit se faire précautionneusement puisqu'il est possible que l'échantillon contienne de l'eau.**

- Les éprouvettes des échantillons sont mises sur l'agitateur culbuteur et l'agitation est démarrée pour une nuit (minimum 8 heures) à environ 60 tr/min.
- Arrêter l'agitateur culbuteur et laisser reposer jusqu'à séparation des phases.
- Centrifuger les échantillons (environ 1 800 rotations par minute pendant 10 minutes).
- Concentrer **la phase hexanique sous jet d'azote** à environ 1 ml.

### 7.3.2. Purification sur colonne d'alumine

#### 7.3.2.1 Étalonage de l'alumine

- Dans une colonne de verre (30 cm x 2,5 cm Di) munie d'un robinet de téflon, introduire un morceau de laine de verre. Verser ensuite environ 70 ml d'hexane.
- Peser environ 50 g d'alumine et verser dans la colonne. Taper légèrement celle-ci afin d'obtenir une surface plane et un volume uniforme de l'adsorbant. Ajouter **environ 4 cm** d'un mélange de bicarbonate de sodium-sulfate de sodium 2:1 (P/P). Ajouter ensuite environ 0,5 cm de sulfate de sodium en tête de la colonne.
- Laisser ensuite l'hexane s'écouler jusqu'à égalité du sulfate de sodium.

**NOTE – Ne pas laisser sécher la colonne.**

- Avec une seringue, déposer au-dessus du sulfate de sodium **40 µl** de la solution mère d'étalons de recouvrement (**5 000 pg/µl**) (cf. 6.16) pour étalonner l'alumine. Lorsque l'analyste le juge nécessaire, cette solution est remplacée par **100 µl** de la solution mère DSJ (cf. 6.18), à environ 2000 pg/µl, afin de vérifier l'étalonnage sur un plus grand nombre de congénères. Les volumes de solution mère ajoutés à la colonne d'alumine peuvent varier mais la concentration finale visée est d'environ précisément 100 pg/µl par congénère.
- Ajouter 180 ml d'hexane et éluer à une vitesse maximale du goutte à goutte.

**NOTE – Disposer de cette fraction (F1).**

- Éluer à vitesse maximale du goutte à goutte les BPC retenus sur l'alumine avec 160 ml d'un mélange hexane-dichlorométhane 80:20 % (V/V) et récupérer dans un ballon de 500 ml (Fraction F2).
- Concentrer cette fraction jusqu'à environ 1 ml à l'aide d'un évaporateur rotatif **dont la température du bain-marie est inférieure à 30 °C**. Transférer quantitativement dans une éprouvette jaugée à 2 ml.
- **L'ajout de l'étalon volumétrique se fait en prélevant 500 µl de ces 2 ml, qui sont évaporés à environ 400 µl auxquels on ajoute 50 µl de l'étalon volumétrique à 1 000 pg/µl**

(GC-ECD) ou à 5 000 pg/µl (GC-MS), pour compléter de nouveau à 500 µl. La concentration attendue de chacun des étalons de recouvrement est précisément d'environ 100 pg/µl.

- L'analyse de cette fraction se fait par GC-ECD ou par GC-MS. Le pourcentage de récupération de chacun des étalons de recouvrement doit se situer entre 80 et 120 % de la valeur attendue. Dans l'éventualité où il n'est pas possible d'obtenir des récupérations se situant dans l'intervalle énuméré ci-dessus, des ajustements **peuvent être** faits au niveau des volumes d'hexane pour les fractions F1 et F2. S'il est possible d'expliquer pourquoi les récupérations sortent légèrement de la plage attendue, l'alumine peut être acceptée mais le chimiste supervisant l'analyse doit initialiser le registre du suivi de l'étalonnage de l'alumine.

**NOTE – L'alumine ainsi étalonnée est utilisable pour une période de 3 mois après quoi, si celle-ci est encore en utilisation, un nouvel étalonnage devra être refait.**

### 7.3.2.2 Éluion des BPC contenus dans l'échantillon

**NOTE – Comme il a été déjà mentionné, cette étape peut être omise. Il faut cependant s'assurer qu'aucun effet de matrice ne résulte de cette omission en GC-ECD ou GC-MS. Par exemple, il est possible d'omettre la purification sur alumine dans le cas des matières liquides organiques telles les huiles; cependant, il faut s'assurer préalablement que les dilutions utilisées pour l'extrait permettent d'obtenir une concentration d'huile (hydrocarbures) qui n'affecte pas le détecteur ECD. Dans le cas où cette façon de faire serait utilisée pour une matrice, il faut quand même s'assurer que l'extrait hexanique est asséché et neutralisé à l'aide du sulfate de sodium combiné au bicarbonate de sodium (voir étapes intégrant le sulfate de sodium et le bicarbonate de sodium de la section 7.3.2.3).**

- Dans une colonne de verre (30 cm x 2,5 cm Di) munie d'un robinet de téflon, introduire un morceau de laine de verre. Verser ensuite environ 70 ml d'hexane.
- Peser **environ** 50 g d'alumine et verser dans la colonne. Taper légèrement celle-ci afin d'obtenir une surface plane et un volume uniforme de l'adsorbant. Ajouter environ 4 cm d'un mélange de bicarbonate de sodium-sulfate de sodium 2:1 (**P/P**). Ajouter ensuite environ 0,5 cm de sulfate de sodium en tête de la colonne.
- Laisser ensuite l'hexane s'écouler jusqu'à égalité du Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

**NOTE – Ne pas laisser sécher la colonne.**

- Transférer le 1 ml d'échantillon sur la colonne d'alumine à la suite de la purification en 7.3.1 et laisser écouler l'hexane de la colonne jusqu'à égalité du Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
- Rincer le contenant de l'échantillon avec environ 2 ml d'hexane et transférer sur la colonne d'alumine. Éluer de nouveau jusqu'à égalité du Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
- Répéter cette opération une seconde fois.

- Éluer l'échantillon avec 180 ml (voir note ci-dessous) d'hexane en tenant compte de l'hexane des ajouts précédents (rinçages), et éluer à une vitesse maximale du goutte à goutte.

NOTE – Vérifier dans le formulaire de l'étalonnage de l'alumine si ces volumes n'ont pas été modifiés (voir le commentaire dans le formulaire).

- Disposer de cette fraction (F1).
- Éluer à vitesse maximale du goutte à goutte les BPC retenus sur l'alumine avec 160 ml (voir note ci-dessus) d'un mélange hexane-dichlorométhane 80:20 % (V/V) et récupérer dans un ballon de 500 ml (fraction F2).
- Concentrer cette fraction jusqu'à environ 2 ml à l'aide d'un évaporateur rotatif dont la température du bain-marie est inférieure à 30 °C.
- Passer à l'étape 7.3.3.

#### 7.3.2.3 Lorsque la purification sur alumine n'est pas nécessaire

- Dans une colonne d'environ 1 cm de diamètre, ajouter un morceau de laine de verre.
- Ajouter environ 10 cm du mélange bicarbonate de sodium-sulfate de sodium (2 :1 P/P) et environ 0,5 cm de sulfate de sodium.
- Mouiller la colonne avec environ 10 ml d'hexane et laisser s'écouler l'hexane jusqu'au niveau du sulfate de sodium.
- Transférer l'échantillon à la suite de la purification en 7.3.1
- Laisser écouler jusqu'au niveau du sulfate de sodium en recueillant l'extrait dans un tube de 30 ml.
- Rincer l'interface acide de l'éprouvette de digestion deux fois avec une portion d'environ 2 ml d'hexane et ajouter ce rinçage à la colonne.
- Rincer la colonne d'asséchant avec de l'hexane jusqu'à ce qu'un volume d'environ 29 ml d'hexane ait été recueilli.
- Évaporer sous jet d'azote ce volume jusqu'à environ 2ml.
- Passer à l'étape 7.3.3.

#### 7.3.3. Purification par traitement au cuivre

##### 7.3.3.1 Activation du cuivre

- Juste avant son utilisation, peser environ 15 g de cuivre granulaire.

- Ajouter environ 10 ml d'une solution de HCl 1,0 N afin de bien immerger le cuivre.
- Agiter avec une tige de verre, décantier et jeter la solution acide.
- Si nécessaire, répéter la mise en contact avec la solution de HCl 1,0 N jusqu'à obtention d'une couleur métallique.
- Rincer par petites portions avec environ 100 ml d'eau distillée.
- Immerger avec deux portions successives de 10 ml d'acétone, suivies de deux portions successives de 10 ml d'hexane pour éliminer l'acétone.

#### 7.3.3.2 Traitement au cuivre

- Ajouter quelques milligrammes de cuivre fraîchement activé à l'extrait. Agiter pendant quelques secondes. Si tout le cuivre est devenu noir, ajouter du cuivre et répéter l'agitation. Le soufre (entre autres) a totalement réagi lorsqu'une partie du cuivre ajouté conserve son apparence métallique.
- Lorsque suffisamment de cuivre a été ajouté, transférer l'extrait dans une éprouvette jaugée en s'assurant de rincer le ballon de 500 ml avec 3 portions d'environ 2 ml d'hexane.
- Concentrer l'extrait **sous jet d'azote** jusqu'à l'obtention d'un volume **final** pour l'analyse des BPC totaux dans une matrice donnée. Le tableau 5 énumère les **différents** volumes **finaux en fonction des matrices analysées**.
- L'ajout de l'étalon volumétrique se fait en prélevant 500 µl de l'extrait final qui sont évaporés à environ 400 µl auxquels on ajoute 50 µl de l'étalon volumétrique à 1 000 pg/µl (GC-ECD) ou 5 000 pg/µl (GC-MS) pour compléter de nouveau à 500 µl. La concentration attendue de chacun des étalons de recouvrement est précisément d'environ 100 pg/µl (GC-ECD) et 500 pg/µl (GC-MS).

Tableau 5 - **Résumé des quantités utilisées en fonction de la nature des échantillons**

| Type de matrice                             | Poids (g) ou volume d'échantillon (ml) | Volume solution étalon de recouvrement (µl) | Volume final typique (ml) | Volume solutions étalons volumétriques (µl)<br>(pour une aliquote de 500 µl) |                 |
|---|--|---|---------------------------|--|-----------------|
|   |  |   |                           | ECD (1000 pg/µl)   | MS (5000 pg/µl) |
| Frottis                                     | sans objet                             |   | 1                         | 50   | 50              |
| Liquides organiques                         | 1                                      | 50  | 1                         | 50   | 50              |
| Liquides organiques<br>Centres de transfert | 0,5                                    | 50  | 2,5                       | non dosé   | 50              |
| Solides                                     | 5                                      | 40  | 2                         | non dosé   | 50              |
| Eaux  | 800                                    | 40  | 2                         | non dosé   | 50              |

**NOTE – Des volumes finaux différents peuvent être ciblés selon les exigences analytiques et la réglementation visées.**

Les échantillons sont ensuite agités au vortex et conservés à environ 4 °C jusqu'au dosage.

#### 7.4. DOSAGE

Les solutions étalons et les échantillons (incluant les éléments d'assurance et de contrôle de la qualité) sont dosés par GC-ECD ou GC-MS.

D'office, les matrices *eaux et matières solides* sont dosées directement par GC-MS. Dans le cas des matrices *frottis et des matières liquides organiques* (huiles, solvants, etc.), leurs extraits sont d'abord dosés par GC-ECD. Ces extraits sont dosés par GC-MS lorsqu'il y a des raisons de croire que le dosage en GC-ECD est sujet à des interférences ou que les Aroclor<sup>®</sup> présents dans l'extrait sont altérés ou leurs patrons absents.

Si nécessaire, le dosage en GC-MS suit le dosage en GC-ECD pour ces deux dernières matrices. Les balises qui servent à déterminer si le dosage en GC-ECD est inadéquat et si celui-ci doit être repris en GC-MS sont les suivantes :

- 1- Le ratio de la concentration des congénères ciblés versus la concentration de tous les congénères présents est inférieur à 50 %.
- 2- Une portion non négligeable du chromatogramme obtenu par GC-ECD montre des interférences apparentes (par exemple des massifs, des pics plus évasés que d'habitude, etc.).
- 3- Si deux étalons volumétriques ou plus sont à exclure lors des calculs, il est nécessaire d'aller en GC-MS. Une des raisons les plus fréquentes est que des interférences sont présentes aux temps de rétention de certains étalons volumétriques. Malgré l'utilisation de deux étalons volumétriques, il peut être nécessaire de doser en GC-MS si ces deux étalons ne couvrent pas adéquatement la plage pertinente de temps de rétention de l'ensemble du chromatogramme, par exemple.

- 4- Les résultats des étalons de recouvrement, comparés aux données historiques de ceux-ci dans le même type de matrice, peuvent inciter à croire à certaines interférences.
- 5- Si la réponse d'un ou des étalons volumétriques au dosage de l'extrait de l'échantillon par GC-ECD est d'au moins 50 % plus faible que pour les mêmes étalons volumétriques dans un étalon de dosage (courbe d'étalonnage), il est fort probable qu'on soit en présence d'une suppression du signal du ECD à cause d'effets de matrices tels que ceux induits par les hydrocarbures.

**NOTE – Ces balises servent de guide. Elles ne permettent pas de systématiser la prise de décision. De plus, il peut y avoir d'autres événements qui incitent à doser par GC-MS et qui ne sont pas couverts par celles-ci. Le jugement et l'expérience de l'analyste sont toujours nécessaires. Malgré cette possibilité (dosage GC-MS). Il est parfois possible, moyennant l'utilisation d'une deuxième colonne d'alumine, de doser l'extrait final en GC-ECD.**

### Conditions chromatographiques

Le mélange utilisé pour évaluer si la colonne permet une résolution chromatographique suffisante est un étalon de dosage de niveau 3. Les congénères ciblés sont les suivants :

- IUPAC n° 74 versus 95 avec une résolution de 93 %, n° 180 versus 191 avec une résolution de 98 %, n° 208 versus 195 avec une résolution de 48 %, n° 153 versus 132 avec une résolution de 40 %.

L'écart type acceptable est de 25 %. La fréquence de validation est de une fois par année ou lors de tout changement majeur au système chromatographique.

INJECTEUR : Mode **split/splitless**, Isotherme 280 °C

COLONNE : Colonne DB5-MS **ou équivalente** d'une longueur 30 m x 0,25 mm Di, avec une phase stationnaire de 0,25 µm  
Débit de colonne : 1,0 ml/min (37 cm/s)

Température initiale : 60 °C durant 1 minute

1<sup>er</sup> palier de programmation :

Taux : 40 °C/min

Final : 200 °C durant 1 minute

2<sup>e</sup> palier de programmation :

Taux : 5 °C/min

Final : 290 °C durant 0 minute

3<sup>e</sup> palier de programmation :

Taux : 50 °C/min

Final : 310 °C pendant 5 minutes **pour GC-ECD et pendant 10 minutes pour GC-MS**

## DÉTECTEURS :

|                          |   |
|--------------------------|---|
| ECD :                    | Température : 325 °C                          |
|                          | Gaz vecteur : Hélium                          |
|                          | Gaz d'appoint : Azote                         |
| MS / Ligne de transfert: | 280 °C  |
| MS / Source:             | 230 °C  |
| MS / Quad:               | 150 °C  |
| Mode d'ionisation :      | Impact électronique avec acquisition SIM/SCAN |

VOLUME D'INJECTION : 1 µl

### 7.4.1. Dosage par GC-ECD

Les solutions étalons sont d'abord injectées afin d'obtenir les courbes d'étalonnage des 41 congénères (dont certains coélutants). Ces courbes sont faites lors de l'implantation de la méthode et lors de tout changement **pouvant altérer** ces courbes d'étalonnage. Les courbes pour chaque **BPC** sont considérées acceptables si le coefficient de **détermination** est d'au moins 0,990. **Un minimum de trois points d'étalonnage est nécessaire pour faire une courbe.**

L'utilisation d'un facteur de réponse moyen au lieu de la régression linéaire est acceptable si l'écart type, exprimé en pourcentage, est de 20 % et moins. La régression quadratique peut être utilisée seulement sur des composés qui ne peuvent être évalués à l'aide de la régression linéaire ou le facteur de réponse moyen. De plus, il faut un minimum de quatre points pour la régression quadratique.

Les étalons, échantillons et éléments d'assurance et de contrôle de la qualité sont injectés selon la séquence décrite ci-dessous. Cette séquence est élaborée à titre indicatif. Elle permet l'utilisation de lignes directrices pour l'insertion des éléments à doser. Cette séquence est décrite en assumant que les courbes d'étalonnages ont été faites, utilisées et mises à jour lors de dosages antérieurs.

- 1- Hexane
- 2- Étalon niveau 3
- 3- Étalon niveau 3
- 4- Étalon niveau 1
- 5- Solution des Aroclor<sup>®</sup> 1242, 1254 et 1260
- 6- Blanc de méthode
- 7- Matériaux de référence (injecter tous les matériaux de référence en série s'il y en a plus d'un)
- 8- Autres éléments de contrôle et d'assurance de la qualité (en série)
- 9- Échantillons jusqu'à un total de 10 injections depuis le dernier étalon injecté (incluant blanc, matériaux de référence, etc.)
- 11- Étalon niveau 4
- 12- Autre série d'échantillons (10 maximum depuis l'étalon niveau 4)
- 14- Étalon niveau 5
- 15- Autre série d'échantillons (10 maximum depuis l'étalon niveau 5)
- 17- Étalon niveau 2

- 18- Autre série d'échantillons (10 maximum depuis l'étalon niveau 2)
- 20- Étalon niveau 1 (toujours à la fin de la séquence)

Si d'autres échantillons doivent être injectés en sus de ceux déjà prévus dans la séquence ci-dessus, les étalons sont injectés de la même façon que précédemment et à la même fréquence. S'il n'y a pas assez d'échantillon pour que tous les niveaux d'étalonnage puissent être injectés en cours de séquence, **il est recommandé, mais non obligatoire de les rajouter en fin de séquence.**

#### Remarques au sujet de certains éléments de la séquence d'injection

Un étalon de niveau 3 est injecté et dosé en inconnu à deux reprises au début de la séquence d'injection. Les valeurs d'au moins 30 des 36 **BPC** de ce mélange étalon doivent correspondre aux valeurs attendues à 20 % près pour une des deux injections. Un maximum de six **composés** peut être à l'extérieur du 20 % de la valeur attendue. Si ces critères sont respectés, les courbes d'étalonnage déjà existantes sont utilisées. Dans le cas contraire, il faut injecter à nouveau ces étalons ou ajuster le GC-ECD pour atteindre ces critères. Dans le cas où cela n'est pas possible, il faut refaire l'étalonnage du ECD à l'aide des solutions étalons.

Un étalon de niveau 1 est injecté à la suite des étalons de niveau 3 afin de s'assurer que le détecteur ECD a une sensibilité suffisante pour le dosage des BPC totaux par congénère (écart acceptable de 30 % par rapport à la valeur de préparation).

La solution des Aroclor<sup>®</sup> 1242, 1254 et 1260 est injectée afin d'ajuster les temps de rétention des BPC autres que les BPC spécifiques contenus dans les solutions étalons. Cette saisie des temps de rétention des BPC autres a pour but de faciliter leur dosage avec une table d'étalonnage qui vise spécifiquement 41 congénères mais qui permet le dosage avec un facteur de réponse relatif moyen des autres BPC non étalonnés. Cette saisie des temps de rétention sert au dosage par GC-ECD. Les temps de rétention relatifs des BPC autres (non étalonnés) sont connus et documentés pour la colonne chromatographique utilisée (voir fabricants de colonnes). Il est à noter que ces ajustements de temps de rétention surviennent principalement lors d'une coupe non négligeable de la colonne.

De façon générale, lorsque les étalons de niveaux x sont validés à travers la séquence et que le ou les étalons de niveau 1 le sont aussi (sensibilité suffisante), la courbe d'étalonnage faite avant cette séquence est utilisée pour l'ensemble des échantillons (incluant les éléments d'assurance et de contrôle de la qualité).

Dans le cas où le niveau x d'une série d'injections (10) n'est pas acceptable, la courbe d'étalonnage est à refaire à l'aide des étalons de différents niveaux répartis à travers la séquence et cette nouvelle courbe sert à doser la ou les séries de 10 injections dont le niveau x a été invalidé. Si la nouvelle courbe d'étalonnage ne satisfait pas au critère énuméré au premier paragraphe, à savoir 0,990 de coefficient de **détermination**, les injections des échantillons dont les niveaux x sont invalidés doivent être reprises avec une courbe d'étalonnage acceptable selon les critères énumérés précédemment.

**NOTE – Il n'est pas nécessaire de refaire toutes les courbes mais seulement celles des BPC qui n'ont pas été validées.**

## 7.4.2. Dosage au GC-MS

### Calibration du MS

La résolution de l'appareil est vérifiée ou ajustée avec le PFTBA ( Perfluoro ter-Butyle amine) : l'intensité relative et la résolution des ions de masse (m/z) 69, 219 et 502 sont vérifiées et ajustées au besoin. À noter que la résolution est ajustée à l'unité près. Les balises servant à valider la calibration sont disponibles dans le logiciel instrumental. La fréquence de ce « tuning » est de 24 heures ou à chaque séquence si celle-ci excède 24 heures.

La sensibilité du détecteur MS est vérifiée à l'aide de l'étalon de niveau 1 (bas de courbe).

De plus, avant toute injection en mode d'acquisition d'ions sélectifs (SIM) des échantillons, la solution « fenêtre » (cf. 6.20) est injectée en mode balayage complet (SCAN) afin d'ajuster les fenêtres d'acquisition des différents ions pertinents au dosage des BPC. Cette étape n'est pas nécessaire s'il n'y a eu aucun changement significatif de nature à influencer les temps de rétention des composés à doser. Le tableau 6 énumère les ions choisis pour l'acquisition en GC-MS.

Tableau 6 - Ions utilisés pour l'acquisition des BPC par GC-MS

| Nom de la famille de BPC | Ion de quantification (m/z) | Ion de confirmation (m/z) | Rapport isotopique théorique | Plage acceptable |
|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|------------------|
| Cl-3                     | 255,96 (M)                  | 257,96 (M+2)              | 1,03                         | 0,88 - 1,18      |
| Cl-4                     | 289,92 (M)                  | 291,92 (M+2)              | 0,78                         | 0,62 - 0,94      |
| Cl-5                     | 325,88 (M+2)                | 327,88 (M+4)              | 1,55                         | 1,24 - 1,86      |
| Cl-6                     | 359,84 (M+2)                | 361,84 (M+4)              | 1,24                         | 0,99 - 1,49      |
| Cl-7                     | 393,80 (M+2)                | 395,80 (M+4)              | 1,04                         | 0,83 - 1,25      |
| Cl-8                     | 427,76 (M+2)                | 429,76 (M+4)              | 0,89                         | 0,71 - 1,07      |
| Cl-9                     | 461,72 (M+2)                | 463,72 (M+4)              | 0,78                         | 0,62 - 0,94      |
| Cl-10                    | 497,68 (M+4)                | 499,68 (M+6)              | 1,18                         | 0,94 - 1,42      |

Les solutions étalons (cf. 6.19) sont d'abord injectées afin d'obtenir les courbes d'étalonnage des 38 « pics-analytes » (41 congénères au total dont certains coéluants). Ces courbes sont faites lors de l'implantation de la méthode et lors de tout changement chromatographique de nature à changer ces courbes d'étalonnage. Les courbes pour chaque « analyte » sont considérées acceptables si le coefficient de **détermination** est d'au moins 0,990. À noter que les points doivent être le plus près possible de la droite de régression. Un minimum de trois points est nécessaire pour l'étalonnage.

L'utilisation d'un facteur de réponse moyen au lieu de la régression linéaire est acceptable si l'écart type, exprimé en pourcentage, est de 20 % et moins. Il faut aussi un minimum de trois points pour l'utilisation d'un facteur de réponse moyen. La régression quadratique peut être utilisée seulement sur des composés qui ne peuvent être évalués à l'aide de la régression linéaire ou le facteur de réponse moyen. De plus, il faut un minimum de quatre points pour la régression quadratique.

Les étalons, échantillons et éléments d'assurance et de contrôle de la qualité sont injectés selon la séquence décrite ci-dessous. Cette séquence est élaborée à titre indicatif. Elle permet l'utilisation de lignes directrices pour l'insertion des divers éléments à doser. Cette séquence est décrite en assumant que les courbes d'étalonnage ont été faites, utilisées et mises à jour lors de dosages antérieurs.

- 1- Hexane
- 2- Étalon niveau 3
- 3- Étalon niveau 3
- 4- Étalon niveau 1
- 5- Solution des Aroclor<sup>®</sup> 1242, 1254 et 1260
- 6- Blanc de méthode
- 7- Matériaux de référence (injectez tous les matériaux de référence en série si plus d'un)
- 8- Autres éléments de contrôle et d'assurance de la qualité (en série)
- 9- Échantillons jusqu'à un total de 10 injections depuis le dernier étalon niveau 3 injecté (incluant blanc, matériaux de référence, etc.)
- 11- Étalon niveau 4
- 12- Autre série d'échantillons (10 maximum depuis l'étalon niveau 4)
- 14- Étalon niveau 5
- 15- Autre série d'échantillons (10 maximum depuis l'étalon niveau 5)
- 17- Étalon niveau 2
- 18- Autre série d'échantillons (10 maximum depuis l'étalon niveau 2)
- 20- Étalon niveau 1 (toujours à la fin de la séquence)

Si d'autres échantillons doivent être injectés en sus de ceux déjà prévus dans la séquence ci-dessus, les étalons et l'hexane sont injectés de la même façon que précédemment et à la même fréquence. S'il n'y a pas assez d'échantillon pour que tous les niveaux d'étalonnage puissent être injectés en cours de séquence, **il est recommandé, mais non obligatoire, de les rajouter** en fin de séquence.

#### Remarques au sujet de certains éléments de la séquence d'injection

Un étalon de niveau 3 est injecté et dosé en inconnu à deux reprises au début de la séquence d'injection. Un minimum de 32 des 38 **BPC** de ce mélange étalon doit correspondre aux valeurs attendues à 20 % près pour une des deux injections. Un maximum de six **composés** pourra excéder ce critère de 20 %. Dans le cas où ces critères ne sont pas respectés, il faut injecter de nouveau cet étalon ou ajuster le GC-MS pour atteindre ce critère. Dans le cas où cela n'est pas possible, il faut refaire les courbes d'étalonnage à l'aide des solutions étalons.

Un étalon de niveau 1 est injecté à la suite des étalons de niveau 3 afin de s'assurer que le détecteur MS a une sensibilité adéquate pour le dosage des BPC totaux par congénère. L'étalon de niveau 1 dosé en inconnu doit générer une réponse suffisante pour les congénères spécifiques (écart acceptable de 30 % par rapport à la valeur de préparation).

La solution des Aroclor<sup>®</sup> 1242, 1254 et 1260 est injectée afin de s'assurer que le gabarit dans le chiffrier électronique fonctionne adéquatement et que la table d'étalonnage ne comporte pas d'erreurs.

De façon générale, lorsque les étalons de niveau x sont validés sur l'ensemble de la séquence et que le ou les étalons de niveau 1 le sont aussi, la courbe d'étalonnage provenant du début de la séquence est utilisée pour l'ensemble des échantillons (incluant les éléments d'assurance et de contrôle de la qualité).

Dans le cas où l'étalon de niveau x d'une série d'injections (10) n'est pas acceptable, la courbe d'étalonnage est à refaire à l'aide des étalons de différents niveaux répartis à travers la séquence et sert à doser la ou les séries de 10 injections dont le niveau x a été invalidé. Si la nouvelle courbe d'étalonnage ne satisfait pas aux critères précédemment énumérés, à savoir 0,990 de coefficient de **détermination**, les injections des échantillons dont les niveaux x sont invalidés doivent être reprises avec une courbe d'étalonnage acceptable selon les critères énumérés précédemment.

**NOTE – Il n'est pas nécessaire de refaire toutes les courbes mais il faut refaire seulement celles des BPC qui n'ont pas été validés.**

## 8. CALCUL ET EXPRESSION DES RÉSULTATS

### 8.1. CRITÈRES D'IDENTIFICATION DES BPC

Le temps de rétention d'un **congénère** dosé dans un échantillon doit correspondre à 2,4 secondes (0,04 minute) près du temps de rétention du même « analyte » dans la table d'étalonnage en GC-ECD. Le temps de rétention de l'ion de quantification en GC-MS doit correspondre à 2,4 secondes près de l'ion de confirmation (« qualifier ») correspondant (tableau 6).

De plus, le rapport isotopique de l'ion de quantification versus l'ion de confirmation majeur (normalement deuxième ion de quantification ou « qualifier ») ne doit pas différer de plus de 20 % du rapport isotopique théorique pour les mêmes ions tels que mentionnés au tableau 6.

#### Utilisation de la droite de régression

Le calcul des concentrations des BPC étalonnés fait appel à une droite de régression générée à l'aide des niveaux de concentration individuelle de chaque congénère spécifique. Ainsi, de façon générale, cinq niveaux d'étalonnage servent à la génération d'une droite de régression pour chaque congénère spécifique (étalonné). Le logiciel utilisé génère donc une droite de régression dont l'équation est la suivante :

$$Y = mX + b$$

où

Y : réponse du détecteur pour l'« analyte » / réponse du détecteur pour l'étalon volumétrique.

L'unité de la réponse est : « count » (réponse du détecteur) / unité de surface.

où

X : concentration « analyte » / concentration étalon volumétrique;  
b : ordonnée à l'origine;  
m : pente de la droite de régression.

Les congénères non étalonnés (BPC autres) sont quantifiés à partir d'un facteur de réponse moyen généré à l'aide des facteurs de réponse (FRR) des cinq niveaux précédemment mentionnés. Les FRR sont le quotient du « ratio réponse analyte-étalon-volumétrique » versus le « ratio concentration de l'analyte-concentration de l'étalon volumétrique ». La description de la droite de régression générée pour les « analytes » étalonnés détaille d'ailleurs ces types de ratios (réponses et concentrations).

## 8.2. CALCUL DES 41 CONGÉNÈRES SPÉCIFIQUES ET DES BPC TOTAUX

### Calcul des 41 congénères spécifiques (GC-ECD et GC-MS)

**NOTE – Il est à noter que les 41 congénères spécifiques sont dosés à l'aide de la table d'étalonnage et cette façon de faire est la même par GC-ECD et par GC-MS. Les 41 congénères représentent 36 « pics-analytes » en GC-ECD et 38 « pics-analytes » en GC-MS. Cette différence provient du fait que des BPC coéluant en GC-ECD peuvent être distingués en GC-MS. Afin d'alléger le texte, il ne sera fait mention que des « 41 congénères » dans cette section.**

Les congénères spécifiques sont dosés à l'aide des courbes d'étalonnage obtenues par l'analyse des cinq solutions étalons en GC-MS ou six solutions étalons en GC-ECD. La réponse des différents congénères parmi les solutions étalons est relativisée à la réponse d'un étalon volumétrique spécifique. Le tableau 7 décrit les congénères spécifiques et leur étalon volumétrique correspondant. Quatre groupes sont identifiés selon les quatre étalons volumétriques utilisés.

### Calcul des BPC autres

#### Par GC-ECD

Les BPC autres éluants à l'intérieur d'un groupe (tableau 7) sont dosés à l'aide du facteur de réponse relatif de ce groupe (FRRg).

Le facteur de réponse généré pour un groupe (FRRg) fait appel à la moyenne des FRR moyens (FRRm) de chaque congénère spécifique d'un groupe. Par exemple, les niveaux d'étalonnage du congénère IUPAC n° 33 (tableau 7) génèrent un FRRm; la moyenne de ce FRRm et des FRRm de tous les autres congénères spécifiques du groupe 1 permet de générer le FRRg du groupe 1. Et le FRRg du groupe 1 sert à doser des congénères tels que IUPAC n° 19 et IUPAC n° 32, congénères non ciblés dans la table d'étalonnage mais susceptibles d'être présents dans un mélange de BPC provenant d'une matrice environnementale.

#### Par GC-MS

Chaque BPC non étalonné est dosé à l'aide du facteur de réponse relatif moyen du groupe homologue qui lui correspond (FRRg). Par exemple, un BPC trichloré non étalonné sera dosé à l'aide du FRRg du groupe homologue Cl-3. Ce FRRg sera obtenu par la moyenne des FRR moyens de chaque BPC étalonné de la famille Cl-3, soit les BPC IUPAC n° 18, 17, 28, 31 et 33

(tableau 7). Le FRR moyen de chacun de ces BPC étalonnés est, quant à lui, obtenu en faisant la moyenne des FRR de chaque niveau de l'étalonnage.

### Calcul des BPC totaux

#### GC-ECD et GC-MS

Les BPC totaux consistent en la sommation des congénères spécifiques et des BPC autres précédemment calculés et ayant entre 3 et 10 atomes de chlore. Dans le cas du dosage en GC-ECD, les BPC autres sont calculés à l'aide des quatre groupes ciblés avec des plages de temps de rétention alors que pour le dosage en GC-MS, les BPC autres sont rapportés à l'intérieur de leur groupe homologue respectif.

Les calculs permettant d'obtenir l'expression de ces BPC (spécifiques, autres et totaux) ne sont pas complexes mais sont facilités par l'utilisation d'un chiffrier électronique. Un gabarit dans l'environnement d'un chiffrier électronique permet d'automatiser les calculs, d'éliminer les possibilités d'erreurs à la saisie et de faire une économie appréciable de temps. Une façon bien simple de valider quotidiennement les gabarits utilisés pour les calculs est de s'assurer que le total des BPC lors du dosage de la solution des Aroclor<sup>®</sup> 1242, 1254 et 1260 représente environ 100 %  $\pm$  25 de la valeur attendue en BPC totaux.

### 8.3. EXPRESSION DES RÉSULTATS

Les résultats des congénères spécifiques sont rapportés avec leur limite de détection méthodologique (LDM). Les valeurs sont corrigées en fonction des étalons de recouvrement (voir tableau 8). Les résultats des BPC non étalonnés sont aussi corrigés par les étalons de recouvrement.

Si le dosage est fait au GC-MS, les congénères trichlorés et tétrachlorés sont corrigés à l'aide de l'étalon de recouvrement IUPAC n° 34. Les congénères pentachlorés et hexachlorés sont corrigés à l'aide de l'analogue de recouvrement IUPAC n° 109. Les congénères heptachlorés, octachlorés, nonachlorés et décachlorés sont corrigés à l'aide de l'analogue de recouvrement IUPAC n° 207.

Si le dosage est fait au GC-ECD, les groupes 1 et 2 (tableau 8) sont corrigés avec l'étalon de recouvrement IUPAC n° 34, le groupe 3 est corrigé avec l'analogue de recouvrement IUPAC n° 109 et le groupe 4 est corrigé avec l'analogue de recouvrement IUPAC n° 207. Les groupes 1 et 2 couvrent principalement les Cl-3, Cl-4 et quelques Cl-5 alors que les groupes 3 et 4 couvrent principalement les Cl-5, Cl-6 et les Cl-7, Cl-8, Cl-9, Cl-10 respectivement.

Le résultat en BPC totaux est rapporté avec une limite de détection méthodologique pratique correspondant à la LDM la plus élevée des congénères spécifiques. Le résultat BPC totaux étant la somme des congénères spécifiques et de tous les autres BPC non étalonnés, et puisque les congénères spécifiques et les BPC autres (non étalonnés) sont corrigés par les étalons de recouvrement, ce résultat est aussi corrigé automatiquement. La récupération des étalons de recouvrement est rapportée en sus des résultats corrigés. Il faut mentionner que si les dilutions de l'extrait sont telles qu'il n'est pas possible de doser les étalons de recouvrement, les résultats sont rapportés non corrigés et une mention est ajoutée au rapport. Des interférences au dosage des

étalons de recouvrement peuvent aussi faire en sorte que la correction ne puisse être faite. Le tableau 8 énumère les étalons de recouvrement ainsi que les congénères correspondants qui sont corrigés à l'aide de ces derniers.

Tableau 7 - Utilisation des congénères spécifiques et des étalons volumétriques pour le dosage par GC-ECD et GC-MS des BPC non étalonnés

| Identification des congénères Spécifiques | T rétention approx. (min) | Étalon volumétrique utilisé pour le dosage | T rétention approx. (min) | Numéro du groupe associé au dosage des BPC autres (GC-ECD) |
|---|---------------------------|--|---------------------------|--|
| CI-3 IUPAC#18 & 17                        | 7,579                     | CI-3 IUPAC 29                              | 9,077                     | Groupe 1 (7,235 à 9,000 min)                               |
| CI-3 IUPAC 34 surr.                       | 8,039                     | idem                                       |                           | Groupe 1   |
| CI-3 IUPAC 28+31                          | 8,425                     | idem                                       |                           | Groupe 1   |
| CI-3 IUPAC 33                             | 8,590                     | idem                                       |                           | Groupe 1   |
| CI-4 IUPAC 52                             | 9,092                     | CI-5 IUPAC 100                             | 11,237                    | Groupe 2 (9,001 à 11,240 min)                              |
| CI-4 IUPAC 49                             | 9,177                     | idem                                       |                           | Groupe 2   |
| CI-4 IUPAC 44                             | 9,522                     | idem                                       |                           | Groupe 2   |
| CI-4 IUPAC 74                             | 10,379                    | idem                                       |                           | Groupe 2   |
| CI-4&CI-5 IUPAC 70+95                     | 10,529                    | idem                                       |                           | Groupe 2   |
| CI-5 IUPAC 101                            | 11,121                    | idem                                       |                           | Groupe 2   |
| CI-5 IUPAC 99                             | 11,242                    | idem                                       |                           | Groupe 2   |
| CI-5 IUPAC 109 surr.                      | 11,498                    | CI-5 IUPAC 119                             | 12,634                    | Groupe 3 (11,241 à 14,461 min)                             |
| CI-5 IUPAC 87                             | 11,831                    | idem                                       |                           | Groupe 3   |
| CI-5 IUPAC 110                            | 12,074                    | idem                                       |                           | Groupe 3   |
| CI-6&CI-5 IUPAC 151+82                    | 12,379                    | idem                                       |                           | Groupe 3   |
| CI-6 IUPAC 149                            | 12,719                    | idem                                       |                           | Groupe 3   |
| CI-5 IUPAC 118                            | 12,855                    | idem                                       |                           | Groupe 3   |
| CI-6 IUPAC 153                            | 13,471                    | idem                                       |                           | Groupe 3   |
| CI-6 IUPAC 132                            | 13,529                    | idem                                       |                           | Groupe 3   |
| CI-5 IUPAC 105                            | 13,605                    | idem                                       |                           | Groupe 3   |
| CI-6 IUPAC 158+138                        | 14,288                    | idem                                       |                           | Groupe 3   |
| CI-7 IUPAC 187                            | 14,733                    | CI-7 IUPAC 189                             | 19,848                    | Groupe 4 (14,462 à 21,593)                                 |
| CI-7 IUPAC 183                            | 14,907                    | idem                                       |                           | Groupe 4   |
| CI-6 IUPAC 128                            | 15,111                    | idem                                       |                           | Groupe 4   |
| CI-7 IUPAC 177                            | 15,636                    | idem                                       |                           | Groupe 4   |
| CI-7 IUPAC 171                            | 15,797                    | idem                                       |                           | Groupe 4   |
| CI-6 IUPAC 156                            | 15,904                    | idem                                       |                           | Groupe 4   |
| CI-7 IUPAC 180                            | 16,410                    | idem                                       |                           | Groupe 4   |
| CI-7 IUPAC 191                            | 16,558                    | idem                                       |                           | Groupe 4   |
| CI-6 IUPAC 169                            | 17,120                    | idem                                       |                           | Groupe 4   |
| CI-7 IUPAC 170                            | 17,322                    | idem                                       |                           | Groupe 4   |
| CI-8 IUPAC 199                            | 17,549                    | idem                                       |                           | Groupe 4   |
| CI-9 IUPAC 208                            | 18,620                    | idem                                       |                           | Groupe 4   |
| CI-8 IUPAC 195                            | 18,713                    | idem                                       |                           | Groupe 4   |
| CI-9 IUPAC 207 surr.                      | 18,923                    | idem                                       |                           | Groupe 4   |
| CI-8 IUPAC 194                            | 19,431                    | idem                                       |                           | Groupe 4   |
| CI-8 IUPAC 205                            | 19,530                    | idem                                       |                           | Groupe 4   |
| CI-9 IUPAC 206                            | 20,600                    | idem                                       |                           | Groupe 4   |
| CI-10 IUPAC 209                           | 21,593                    | idem                                       |                           | Groupe 4   |

Tableau 8 - Correction des BPC à l'aide des étalons de recouvrement

| Identification des congénères analogues | Correction des congénères spécifiques   |
|---|---|
| CI-3 IUPAC 34                           | 17, 18, 28, 31, 33, 44, 49, 52, 70, 74  |
| CI-5 IUPAC 109                          | 82, 87, 95, 99, 101, 105, 110, 118, 128, 132, 138, 149, 151, 153, 156, 158, 169 |
| CI-9 IUPAC 207                          | 170, 171, 177, 180, 183, 187, 191, 194, 195, 199, 205, 206, 208, 209            |

**NOTE – Les congénères 70 et 95 ne sont pas séparés en GC-ECD. Dans ce cas, ils sont corrigés avec le IUPAC-34.**

## 9. CRITÈRES D'ACCEPTABILITÉ

Les termes utilisés dans cette section sont définis au document DR-12-SCA-01 et sont appliqués comme suit :

Tableau 9 - Critères d'acceptabilité

|   |   |
|---|---|
| Blanc de méthode                              | ≤ LQM   |
| Matériaux de référence (MR)                   | Chartes de contrôle ( $\pm 2 \sigma$ )                            |
| Duplicata                                     | $\pm 30 \%$ pour 80 % des BPC si le résultat $\geq 10 \times$ LQM |
| Étalons volumétriques (étalons internes)      | $\pm 30 \%$ entre les injections                                  |
| Étalons de recouvrement ( <i>surrogates</i> ) | 20-110 %  |

Lorsqu'une interférence chromatographique significative semble affecter un étalon volumétrique et que les deux autres étalons volumétriques ne sont pas affectés, il est possible que le technicien ou le chimiste exclue cet étalon volumétrique et utilise un des deux autres étalons afin de corriger les résultats des composés normalement ciblés par l'étalon volumétrique fautif.

Les résultats sont corrigés en fonction de la récupération des étalons de recouvrement. Si la récupération d'un de ceux-ci est hors critère, la moyenne des 2 autres résultats est utilisée pour les calculs. Bref, même si une balise a été fixée au sujet des récupérations attendues pour les étalons de recouvrement, le jugement du chimiste est nécessaire et celui-ci peut prendre une décision qui tient compte de situations spéciales.

## 10. BIBLIOGRAPHIE

CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC, *Détermination des biphényles polychlorés, des chlorobenzènes et des hydrocarbures aromatiques polycycliques : extraction et purification sur phase solide (SPE) et dosage par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse*, MA. 400 – SPE – BPC/C1bz/HAP 1.0, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, Édition courante.

[<http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/pdf/MA400SPEBPCClbzHAP10.pdf>]

CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC. *Détermination des biphényles polychlorés dans les matières dangereuses solides : dosage par chromatographie en phase gazeuse couplée à un détecteur à capture d'électrons*, MA. 408 - BPC 2.0, Ministère de l'Environnement du Québec, Édition courante.

[<http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/pdf/MA408BPC20.pdf>]

CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC. *Lignes directrices concernant les travaux analytiques en chimie*, DR-12-SCA-01, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, Édition courante.

[[http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/accréditation/PALA/DR12SCA01\\_lignes\\_dir\\_chimie.pdf](http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/accréditation/PALA/DR12SCA01_lignes_dir_chimie.pdf)]

CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC, *Modes de prélèvement et de conservation des échantillons relatifs à l'application du Règlement sur les matières dangereuses*, DR-09-01, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, Édition courante.

[[http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/documents/publications/echantillonnage/dr09\\_01.pdf](http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/documents/publications/echantillonnage/dr09_01.pdf)]

CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC. *Protocole pour la validation d'une méthode d'analyse en chimie*, DR-12-VMC, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, Édition courante.

[[http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/accréditation/PALA/DR12VMC\\_protocole\\_val\\_chimie.pdf](http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/accréditation/PALA/DR12VMC_protocole_val_chimie.pdf)]

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE DU QUÉBEC. *Guide de caractérisation des échantillons contaminés par des biphényles polychlorés*, Direction des laboratoires, 1996.

## ANNEXE

Tableau 10 - Plages typiques d'étalonnage par GC-ECD et GC-MS (pg/µl)

| Nom du composé         | Type           | GC-ECD   | GC-MS                      |
|------------------------|----------------|----------|----------------------------|
| CI-3 IUPAC 18          | « analyte »    | 10-200   | 20-2000                    |
| CI-3 IUPAC 17          | « analyte »    | 2,5-50   | 5-500                      |
| CI-3 IUPAC 34          | étalon recouv. | 10-500   | 20-1000                    |
| CI-3 IUPAC 28+31       | « analyte »    | 17,5-350 | 35-3500                    |
| CI-3 IUPAC 33          | « analyte »    | 10-200   | 20-2000                    |
| CI-4 IUPAC 52          | « analyte »    | 10-200   | 20-2000                    |
| CI-4 IUPAC 49          | « analyte »    | 10-200   | 20-2000                    |
| CI-4 IUPAC 44          | « analyte »    | 10-200   | 20-2000                    |
| CI-4 IUPAC 74          | « analyte »    | 10-200   | 20-2000                    |
| CI-4&CI-5 IUPAC 70+95  | « analyte »    | 15-300   | 20-2000(70)<br>10-1000(95) |
| CI-5 IUPAC 101         | « analyte »    | 10-200   | 20-2000                    |
| CI-5 IUPAC 99          | « analyte »    | 10-200   | 20-2000                    |
| CI-5 IUPAC 109         | étalon recouv. | 10-500   | 20-1000                    |
| CI-5 IUPAC 87          | « analyte »    | 10-200   | 20-2000                    |
| CI-5 IUPAC 110         | « analyte »    | 10-200   | 20-2000                    |
| CI-6&CI-5 IUPAC 151+82 | « analyte »    | 12,5-250 | 20-2000(151)<br>5-500(82)  |
| CI-6 IUPAC 149         | « analyte »    | 10-200   | 20-2000                    |
| CI-5 IUPAC 118         | « analyte »    | 10-200   | 20-2000                    |
| CI-6 IUPAC 153         | « analyte »    | 10-200   | 20-2000                    |
| CI-6 IUPAC 132         | « analyte »    | 5-50     | 10-1000                    |
| CI-5 IUPAC 105         | « analyte »    | 2,5-100  | 5-500                      |
| CI-6 IUPAC 158+138     | « analyte »    | 12,5-250 | 25-2500                    |
| CI-7 IUPAC 187         | « analyte »    | 10-200   | 20-2000                    |
| CI-7 IUPAC 183         | « analyte »    | 10-200   | 20-2000                    |
| CI-6 IUPAC 128         | « analyte »    | 10-200   | 20-2000                    |
| CI-7 IUPAC 177         | « analyte »    | 10-200   | 20-2000                    |
| CI-7 IUPAC 171         | « analyte »    | 10-200   | 20-2000                    |
| CI-6 IUPAC 156         | « analyte »    | 10-200   | 20-2000                    |
| CI-7 IUPAC 180         | « analyte »    | 10-200   | 20-2000                    |
| CI-7 IUPAC 191         | « analyte »    | 10-200   | 20-2000                    |
| CI-6 IUPAC 169         | « analyte »    | 10-200   | 20-2000                    |
| CI-7 IUPAC 170         | « analyte »    | 10-200   | 20-2000                    |
| CI-8 IUPAC 199         | « analyte »    | 7,5-150  | 15-1500                    |
| CI-9 IUPAC 208         | « analyte »    | 10-200   | 20-2000                    |
| CI-8 IUPAC 195         | « analyte »    | 10-200   | 20-2000                    |
| CI-9 IUPAC 207         | étalon recouv. | 10-500   | 20-1000                    |
| CI-8 IUPAC 194         | « analyte »    | 10-200   | 20-2000                    |
| CI-8 IUPAC 205         | « analyte »    | 10-200   | 20-2000                    |
| CI-9 IUPAC 206         | « analyte »    | 10-200   | 20-2000                    |
| CI-10 IUPAC 209        | « analyte »    | 10-200   | 20-2000                    |