

Hormones estrogéniques

Méthode d'analyse dans l'eau – Phase dissoute

Références de la méthode

La méthode qui suit est dérivée de la publication suivante	Miège C., Bados P., Brosse C. et Coquery M. Method validation for the analysis of estrogens including conjugated compounds in various aqueous matrices. Trends in Analytical Chemistry. Sous presse.
Norme dont est tirée la méthode	<i>Sans objet</i>
Niveau de validation selon Norman	Niveau 2 COST-636
Code SANDRE de la méthode (suivant niveau de validation)	

Généralités

Nom de la famille de substances	Hormones estrogéniques libres et totales (fraction libres + conjugués)
Nom des substances individuelles	Estrone (E1), alpha et beta estradiol (17a-E2 et 17b-E2), estriol (E3), alpha éthinylestradiol (EE2)
Code(s) SANDRE des substances individuelles	Estrone : 5396 Alpha estradiol : 5399 Beta estradiol : 5397 Estriol : 6446 Alpha éthinylestradiol : 2629
Matrice analysée	Eau : Eau douce de surface Eau souterraine Eau résiduaire
Acronyme [MSr5]	SPE-LC-MS-MS
Principe de la méthode	Extraction sur phase solide suivie d'une étape de purification sur phase solide et puis analyse en chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem.

Domaine d'application _[MSr6]	Limite inférieure : LQ Limite supérieure : dépend du dernier point de gamme injecté, du volume de reprise dans l'étalon interne et de la dilution de l'échantillon (à titre d'indication pour un dernier point de gamme à 500 µg/L, un volume de reprise de 200 µL et sans dilution de l'échantillon : 1000 ng/L)
Paramètres à déterminer en parallèle à l'analyse	<i>Sans objet</i>
Précautions particulières à respecter lors de la mise en œuvre de la méthode	La verrerie de laboratoire lavée est rincée à l'acétone Tous les solvants sont de qualité « pour analyse de pesticides » (l'eau utilisée est de l'eau Milli-Q®)

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 :	Eau : Phase dissoute
Conditionnement et conservation des échantillons - Protocole _[MSr10] : - Nature du contenant de stockage : - Lavage du contenant : - Résultats de l'étude de stabilité (durée de stabilité, température,...) :	Echantillonnage grâce à matériel en téflon ou/et en verre. Verre ambré Lavage en machine puis rinçage à l'acétone Eau brute : 24 heures à 4°C
Filtration : - Type de filtre et méthode de nettoyage : - Type de support de filtration :	- Filtres Whatman fibre de verre de diamètre de 45 mm ; porosité 0,7 µm (préalablement calcinés 1 heure à 450°C) - Support Sartorius avec fritté en verre
Pré-traitement des échantillons solide ou liquide	Déconjugaison, dans le cas du dosage des fractions libres et conjuguées (hormones totales) : Le pH des échantillons est amené à 5,2 par ajout d'acide acétique glacial (99%). La bêta-glucuronidase (l'enzyme de déconjugaison) est ajoutée à prise d'essai de l'échantillon à la proportion de 1/1000 v/v. Le tout est mis à incuber pendant une nuit (15 heures) à 52 ± 2°C (voir la publication pour plus de détails)

Analyse

Volume ou masse de la prise d'essai (mL ou mg selon la phase analysée)	Eau : Eau douce de surface 250 mL Eau souterraine 250 mL Effluent de STEP 250 mL Influent de STEP 100mL (diluée 2,5 fois par eau d'Evian)
Dérivation ^[N13] - Conditions (réactifs, solvants, pH, température et durée)	S/O
Extraction - Liquide / Liquide (préciser la nature et le volume du solvant) - Micro-onde (préciser la nature et le volume du solvant ainsi que les paramètres d'utilisation de l'appareil) - SPE (préciser le type de cartouche, la nature et les volumes des solvants de lavage et d'éluion) - PFE ^[MSr14] (T°C, P, solvant d'extraction, nombre de cycles, % de flush) - Micro extraction (support, durée d'exposition, température, sel) - Autre (préciser)	Sans objet Sans objet SPE sur autotrace Zymark® sur cartouche OASIS (Waters©) HLB 6mL, 200 mg : - conditionnement de la colonne par 6 mL de méthanol et 6 mL d'eau milliQ© - percolation de l'échantillon (250 mL) - rinçage de la colonne par 6 mL d'eau milliQ© - séchage sous azote pendant 30 min - éluion par 4 mL d'acétate d'éthyle/méthanol 70/30 v/v L'éluat se conserve 3 jours à température ambiante Evaporation sous azote et reprise dans 1 mL d'un mélange heptane/dichlorométhane (50/50 v/v) Sans objet Sans objet
Conservation de l'extrait	Pas d'étude effectuée, purifier l'extrait tout de suite après l'extraction.
Purification (type de purification, paramètres de purification, méthode d'évaporation)	SPE en manuel sur manifold sur Florisil (Supelco®) 6mL, 1g - conditionnement de la phase par 2 mL d'heptane/dichlorométhane 50/50 v/v - percolation échantillon (1 mL dans heptane/dichlorométhane 50/50 v/v) - rinçage par 2 mL d'heptane/dichlorométhane 50/50 v/v - séchage sous vide - éluion par 5.5 mL d'acétone/heptane 75/25 v/v L'éluat se conserve une nuit (15 heures) à 4°C. Evaporation sous azote et reprise dans 200 µL d'une solution d'étalon interne (E2-acétate) à 40 µg/L préparée dans eau/acétonitrile 60/40 v/v. La solution se conserve à -20°C pendant 1 mois (la gamme d'étalonnage est préparée la même jour et également congelée)

Minéralisation	<i>Sans objet</i>																											
Type d'appareil utilisé Durée et température et de minéralisation : Réactifs utilisés :																												
Volume^[MSr16] ou masse finale avant analyse :	200 µL																											
Méthode analytique utilisée Indiquer les paramètres complets de la méthode (exemple pour la chromatographie : gradient, phase mobile, débit, T °C, colonne, mode de détection) Pour la détection par masse : mode d'ionisation et ions de quantification et de confirmation	<p>Séparation HPLC :</p> <ul style="list-style-type: none"> □ Colonne : Xbridge Waters© (150 mm * 2.1 mm * 3.5 µm) ; précolonne de même phase (10 mm * 2.1 mm * 3.5 µm) □ Température de colonne : 30°C □ Volume d'injection : 10 µL □ Gradient : phase mobile en eau qualité HPLC (A) / acétonitrile (B) □ Gradient : <ul style="list-style-type: none"> ▪ -8 - 0 mn : 60% (A) / 40% (B) ▪ 0 - 2 mn : 60% (A) / 40% (B) ▪ 4,5 mn : 20% (A) / 80% (B) ▪ 4,5 – 7 mn : 20% (A) / 80% (B) ▪ 8,25 mn : 100% (B) ▪ 8,25 – 15 mn : 100% (B) □ Durée d'analyse : 23 minutes □ Débit : 0,2 mL/min <p><u>Analyse en masse :</u> Ionisation electrospray en mode négatif (ESI(-)) ; analyse MS-MS en mode MRM (multiple reaction monitoring)</p> <table border="1" data-bbox="534 1160 1420 1512"> <thead> <tr> <th>Molécule</th> <th>Transition de quantification</th> <th>Transition de confirmation</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Estrone</td> <td>268.9>145.2</td> <td>268.9>142.9</td> </tr> <tr> <td>α & β - Estradiol</td> <td>270.9>145.1</td> <td>270.9>182.9</td> </tr> <tr> <td>Estriol</td> <td>287.1>145.2</td> <td>287.1>171.0</td> </tr> <tr> <td>α – Ethynilestradiol</td> <td>294.4>145.1</td> <td>294.4>158.9</td> </tr> <tr> <td>Estrone – D4</td> <td>273.0>147.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>α – Estradiol – D2</td> <td>273.0>185.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Estriol – D2</td> <td>289.3>147.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>α – Ethynilestradiol – D4</td> <td>299.2>147.0</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>- La procédure de confirmation est basée sur la décision de la commission européenne n° 2002/657/CE</p>	Molécule	Transition de quantification	Transition de confirmation	Estrone	268.9>145.2	268.9>142.9	α & β - Estradiol	270.9>145.1	270.9>182.9	Estriol	287.1>145.2	287.1>171.0	α – Ethynilestradiol	294.4>145.1	294.4>158.9	Estrone – D4	273.0>147.0		α – Estradiol – D2	273.0>185.0		Estriol – D2	289.3>147.0		α – Ethynilestradiol – D4	299.2>147.0	
Molécule	Transition de quantification	Transition de confirmation																										
Estrone	268.9>145.2	268.9>142.9																										
α & β - Estradiol	270.9>145.1	270.9>182.9																										
Estriol	287.1>145.2	287.1>171.0																										
α – Ethynilestradiol	294.4>145.1	294.4>158.9																										
Estrone – D4	273.0>147.0																											
α – Estradiol – D2	273.0>185.0																											
Estriol – D2	289.3>147.0																											
α – Ethynilestradiol – D4	299.2>147.0																											
Equipement¹ (modèles utilisés) :	Chromatographie liquide haute performance Agilent 1100 Spectromètre de masse Applied Biosystem API 4000 (triple quadrupole linéaire)																											
Type d'étalonnage	Interne																											
Modèle utilisé	Linéaire																											
Étalons / Traceurs utilisés	Traceurs d'injection : Estrone-D4, β -Estradiol-D2 (pour quantifier l' α et la β estradiol), Estriol- D2, α-Ethynilestradiol-D4. Traceur interne : E2-acétate																											

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

Domaine de concentration	0,2-500 µg/L
Méthode de calcul des résultats	
Rendement	Utilisation du rendement : Oui (correction par le rendement des deutérés)
Blancs ^[MSr21]	

Paramètres de validation de la méthode

Norme utilisée ^[MSr22]	NF XPT 90-210 (1999)																																																																																																														
Modèle utilisé	Linéaire																																																																																																														
Domaine de validation	0,2-100µg/L																																																																																																														
Matériaux de référence certifiés utilisés	<i>Sans objet</i>																																																																																																														
Blancs analytiques (concentration ou résultat maximum acceptable)	<p>Les blancs solvants sont vérifiés régulièrement et ne doivent pas dépasser la valeur de la LQ pour chaque composé.</p> <p>Dans le cas où les blancs sont compris entre la LD et la LQ, c'est à l'analyste de déterminer si ceux-ci doivent être retranchés ou non (cas par exemple lorsque les blancs sont contaminés de façon systématique ou s'ils sont proches de la LQ ou encore lorsque la concentration de l'échantillon est élevée par rapport à la contamination)</p>																																																																																																														
Rendement - par type de matrice - par niveau de concentration - par molécule (si moyenne préciser le nombre de répétitions et l'écart-type)	<p>Moyennes journalières des rendements (R, %, n=5) et des écart-types (RSD, %, n=5)</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Hormones</th> <th colspan="4">Eau de rivière</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Dopage : 10 ng/L</th> <th colspan="2">Dopage : 40 ng/L</th> </tr> <tr> <th></th> <th>R (%)</th> <th>RSD (%)</th> <th>R (%)</th> <th>RSD (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E1</td> <td>87</td> <td>3</td> <td>106</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>17a-E2</td> <td>91</td> <td>9</td> <td>88</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>17b-E2</td> <td>84</td> <td>8</td> <td>89</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>EE2</td> <td>82</td> <td>10</td> <td>110</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>E3</td> <td>88</td> <td>14</td> <td>104</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Hormones</th> <th colspan="4">Influent de STEP</th> <th colspan="4">Effluent de STEP</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Dopage : 20 ng/L</th> <th colspan="2">Dopage : 80 ng/L</th> <th colspan="2">Dopage : 15 ng/L</th> <th colspan="2">Dopage : 60 ng/L</th> </tr> <tr> <th></th> <th>R (%)</th> <th>RSD (%)</th> <th>R (%)</th> <th>RSD (%)</th> <th>R (%)</th> <th>RSD (%)</th> <th>R (%)</th> <th>RSD (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E1</td> <td>115</td> <td>19</td> <td>84</td> <td>8</td> <td>112</td> <td>11</td> <td>110</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>17a-E2</td> <td>105</td> <td>22</td> <td>106</td> <td>6</td> <td>100</td> <td>7</td> <td>97</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>17b-E2</td> <td>103</td> <td>21</td> <td>95</td> <td>11</td> <td>95</td> <td>10</td> <td>96</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>EE2</td> <td>96</td> <td>21</td> <td>105</td> <td>15</td> <td>105</td> <td>16</td> <td>128</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>E3</td> <td>91</td> <td>17</td> <td>75</td> <td>36</td> <td>111</td> <td>12</td> <td>97</td> <td>7</td> </tr> </tbody> </table>	Hormones	Eau de rivière				Dopage : 10 ng/L		Dopage : 40 ng/L			R (%)	RSD (%)	R (%)	RSD (%)	E1	87	3	106	6	17a-E2	91	9	88	8	17b-E2	84	8	89	5	EE2	82	10	110	20	E3	88	14	104	5	Hormones	Influent de STEP				Effluent de STEP				Dopage : 20 ng/L		Dopage : 80 ng/L		Dopage : 15 ng/L		Dopage : 60 ng/L			R (%)	RSD (%)	E1	115	19	84	8	112	11	110	4	17a-E2	105	22	106	6	100	7	97	4	17b-E2	103	21	95	11	95	10	96	4	EE2	96	21	105	15	105	16	128	4	E3	91	17	75	36	111	12	97	7						
Hormones	Eau de rivière																																																																																																														
	Dopage : 10 ng/L		Dopage : 40 ng/L																																																																																																												
	R (%)	RSD (%)	R (%)	RSD (%)																																																																																																											
E1	87	3	106	6																																																																																																											
17a-E2	91	9	88	8																																																																																																											
17b-E2	84	8	89	5																																																																																																											
EE2	82	10	110	20																																																																																																											
E3	88	14	104	5																																																																																																											
Hormones	Influent de STEP				Effluent de STEP																																																																																																										
	Dopage : 20 ng/L		Dopage : 80 ng/L		Dopage : 15 ng/L		Dopage : 60 ng/L																																																																																																								
	R (%)	RSD (%)	R (%)	RSD (%)	R (%)	RSD (%)	R (%)	RSD (%)																																																																																																							
E1	115	19	84	8	112	11	110	4																																																																																																							
17a-E2	105	22	106	6	100	7	97	4																																																																																																							
17b-E2	103	21	95	11	95	10	96	4																																																																																																							
EE2	96	21	105	15	105	16	128	4																																																																																																							
E3	91	17	75	36	111	12	97	7																																																																																																							

Limite de détection (LD) Limite de quantification (LQ) [MSr25] (indiquez la méthode de détermination en précisant la matrice testée)	Limites de quantification (ng/L) observées selon les matrices :																										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Hormones</th> <th>Eau de rivière ¹</th> <th>Influent ²</th> <th>Effluent ²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E1</td> <td>0.4</td> <td>1.0</td> <td>0.4</td> </tr> <tr> <td>17α-E2</td> <td>0.4</td> <td>0.8</td> <td>0.4</td> </tr> <tr> <td>17β-E2</td> <td>0.6</td> <td>1.4</td> <td>0.6</td> </tr> <tr> <td>E3</td> <td>0.8</td> <td>2.6</td> <td>0.8</td> </tr> <tr> <td>EE2</td> <td>1.2</td> <td>3.0</td> <td>1.2</td> </tr> </tbody> </table>	Hormones	Eau de rivière ¹	Influent ²	Effluent ²	E1	0.4	1.0	0.4	17 α -E2	0.4	0.8	0.4	17 β -E2	0.6	1.4	0.6	E3	0.8	2.6	0.8	EE2	1.2	3.0	1.2	¹ : obtenues par vérification avec n=5 dopages ² : non vérifiées par des dopages car ces matrices contiennent naturellement des hormones	
Hormones	Eau de rivière ¹	Influent ²	Effluent ²																								
E1	0.4	1.0	0.4																								
17 α -E2	0.4	0.8	0.4																								
17 β -E2	0.6	1.4	0.6																								
E3	0.8	2.6	0.8																								
EE2	1.2	3.0	1.2																								
Spécificité de la méthode (préciser la matrice)	Testée : Oui (selon NF XPT90-210 (1999)) sur eau de rivière, influent, effluent.																										
Incertitudes (%) sur les résultats - par type de matrice - par niveau de concentration - par molécule (reproductibilité avec méthode de détermination)	En cours selon NF 90-220																										

Contacts

Auteurs Institut Adresses mail	Cécile Miege Cemagref (Lyon) cecile.miege@cemagref.fr
---	---