



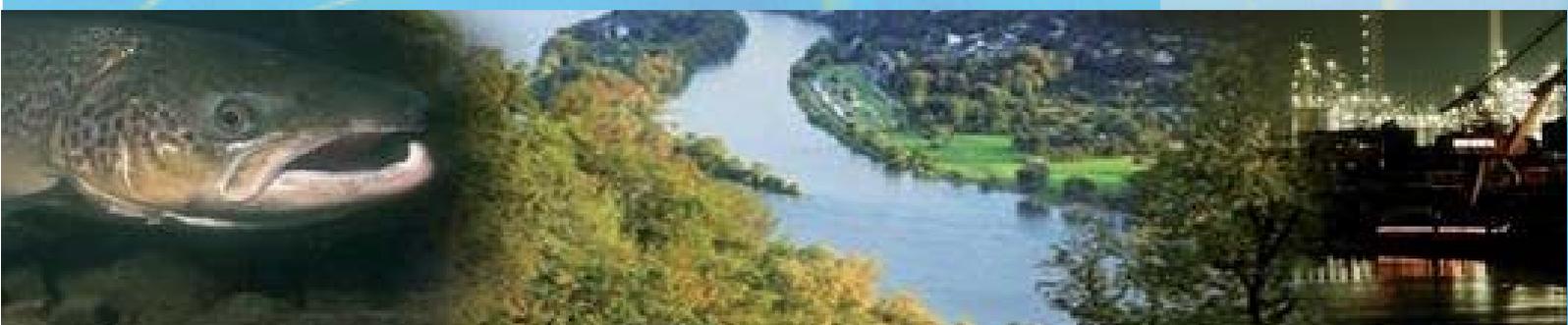
Rapport d'évaluation Œstrogènes

Internationale
Kommission zum
Schutz des Rheins

Commission
Internationale
pour la Protection
du Rhin

Internationale
Commissie ter
Bescherming
van de Rijn

Rapport n° 186



Editeur:

Comission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR)
Kaiserin-Augusta-Anlagen 15, 56068 Coblenze, Allemagne
Postfach 20 02 53, 56002 Coblenze, Allemagne
Téléphone +49-(0)261-94252-0, téléfax +49-(0)261-94252-52
Courrier électronique: sekretariat@iksr.de
www.iksr.org

ISBN 3-935324-49-9
© IKSr-CIPR-ICBR 2011

Rapport d'évaluation sur les œstrogènes

1. Introduction

On entend par dérèglement hormonal les différents effets émanant d'un grand nombre de substances qui ont en commun de modifier le fonctionnement normal du système endocrinien. Ces effets peuvent également affecter de différentes manières le mode de vie des organismes (aquatiques) : modification du comportement, troubles de croissance, changement de sexe et stérilité. La plupart des effets endocriniens connus ont été découverts par hasard par le passé. On note ainsi une féminisation des poissons mâles dans les rivières de taille régionale près des points de rejet de stations d'épuration. L'impact endocrinien perturbateur sur les poissons est imputable entre autres aux hormones naturelles et synthétiques. D'autres substances endocriniennes peuvent également perturber l'équilibre hormonal de la faune aquatique.¹ Mais cet impact est très faible comparé aux effets perturbateurs des hormones naturelles humaines et animales 17 β -estradiol et estrone ainsi qu'à ceux de l'hormone synthétique 17 α -éthynylestradiol utilisée dans la pilule contraceptive.

Pour ces raisons, le rapport d'évaluation ne porte que sur les deux hormones naturelles 17 β -estradiol et estrone ainsi que sur l'hormone synthétique 17 α -éthynylestradiol.

La principale voie d'apport de ces trois œstrogènes est imputable aux déjections humaines (urine et matières fécales) qui transitent par les égouts communaux et les stations d'épuration pour rejoindre les eaux de surface. Le fumier des animaux d'élevage épandu sur les terres agricoles ou transformé dans les installations de fermentation du fumier est une autre voie d'apport des hormones naturelles. Les émissions brutes d'hormones naturelles renfermées dans les engrais organiques sont estimées à 17.000 kg par an aux Pays-Bas.² Ceci correspond à un ordre de grandeur plus de 10 fois supérieur à la quantité totale d'hormones provenant de la population néerlandaise.

En se fondant sur les données d'analyse disponibles³, on estime que les effluents des stations d'épuration, de par le caractère continu et direct de leurs rejets dans les eaux de surface, jouent un rôle plus important dans le dérèglement hormonal des organismes aquatique que les apports indirects et discontinus dus au lessivage et au ruissellement du fumier à partir des surfaces agricoles.

Les informations ci-dessous se basent sur les informations tirées de la fiche de données.

2. Analyse des problèmes

En regard de la forte densité démographique dans les zones urbaines et de l'élevage (intensif) dans les zones agricoles le long du Rhin, on estime que les concentrations d'œstrogènes dans les eaux de surface du bassin du Rhin des concentrations sont relativement élevées. Les données de surveillance sur les trois œstrogènes considérés (estrone, 17 β -estradiol et 17 α -éthynylestradiol) sont peu nombreuses pour le cours principal du Rhin, mais plus fréquentes en revanche pour les affluents rhénans à l'échelle régionale.^{4, 5} Dans les cours d'eau de plus grand gabarit, les concentrations d'œstrogènes

¹ Vethaak AD, GBJ Rijs, SM Schrap, H Ruiter, A Gerritsen and J Lahr (2002). Estrogens and xeno-estrogens in the aquatic environment of the Netherlands. Occurrence, potency and biological effects. RIZA/RIKZ-report 2002.001.

² Janssen et al. (2000) Blok J en MAD Wösten (2000). Herkomst en lot van natuurlijke oestrogenen in het milieu. RIWA.

³ Montforts *et al.* (2007). Montforts MHMM, GBJ Rijs, JA Staeb en H Schmitt (2007). Diergeneesmiddelen en natuurlijke hormonen in oppervlaktewater van gebieden met intensieve veehouderij. RIVM-rapport 601500004/2007.

⁴ Micropoll OFEV (2009). Micropoll banque de données OFEV (2009). Banque de données de l'office fédéral de l'environnement (Suisse) comprenant des données de surveillance pour l'ensemble du territoire suisse.

sont toujours inférieures à la limite de détection de moins d'1 ng/l. Dans les affluents, elles peuvent atteindre quelques ng/l ; en général, les teneurs augmentent en fonction du pourcentage (traité biologiquement) d'eaux usées urbaines rejoignant le milieu récepteur. L'estrone, hormone naturelle, est la plus fréquente et est mesurée en concentrations élevées dans les affluents du Rhin.

La situation relevée dans le bassin du Rhin est comparable à celle que l'on observe dans le reste de l'Europe. Pour cette raison, on utilisera dans l'évaluation des trois œstrogènes analysés des considérations comparables tirées d'un rapport d'évaluation publié en 2002 par l'UE⁶. Il a également été tiré profit de données récentes⁷ utilisées par l'UE dans ses travaux préparatoires visant à évaluer si les hormones 17β-estradiol et 17α-éthynylestradiol devaient ou non être intégrées dans la liste des substances prioritaires de la directive cadre Eau. Il ressort de ces informations que les concentrations détectées dans les eaux de surface, qui sont de l'ordre de quelques ng/l, n'ont certes pas d'effets toxiques aigus, mais sont proches des valeurs seuils à partir desquelles peuvent apparaître des effets (perturbateurs endocriniens) spécifiques. Ainsi, la valeur seuil de toxicité aiguë de l'hormone synthétique 17α-éthynylestradiol est d'environ 1 mg/l alors que celle entraînant des effets endocriniens est inférieure d'un facteur d'un million (0,5 ng/l). Pour autant qu'on sache, il n'existe pas encore de normes de qualité environnementale validées pour ces trois hormones dans les Etats riverains du Rhin. De telles normes sont en cours de détermination au sein de l'UE pour les hormones 17β-estradiol et 17α-éthynylestradiol. Le rapport d'évaluation de l'UE (2002) montre que sur la base des concentrations d'exposition mesurées dans le milieu aquatique et des valeurs seuils CSEO (Concentration Sans Effet Observé) ne faisant pas apparaître d'effets endocriniens, la présence des hormones 17β-estradiol, estrone et 17α-éthynylestradiol dans les rivières européennes présente pour les poissons un risque potentiel qui ne peut être exclu a priori.

Il découle de ces considérations que l'on ne peut exclure a priori d'effets endocriniens sur les poissons et d'autres organismes aquatiques dans les affluents du Rhin. Cette remarque s'applique notamment aux eaux du bassin du Rhin fortement impactées par les effluents de stations d'épuration.

3. Analyse des voies d'apport

Jusqu'à présent, les effluents de STEP sont considérés comme la principale source d'apport d'œstrogènes dans le milieu aquatique. Au niveau local, les concentrations dans le milieu récepteur peuvent atteindre un ordre de grandeur entraînant des effets endocriniens sur les poissons. Le pourcentage d'effluents de STEP d'épuration par rapport à la dimension du milieu récepteur semble avoir un impact déterminant sur la présence de ces effets.

Les œstrogènes issus des déjections humaines (urine et matières fécales) rejoignent les eaux usées provenant des ménages, des industries ou des bateaux (apports diffus). Les eaux usées issues de ménages qui ne sont pas raccordés au réseau d'égout public (env. 1-2%) rejoignent le milieu récepteur sans épuration ou après un simple traitement. Par ailleurs, les eaux usées issues des toilettes à bord des bateaux sont souvent rejetées dans les eaux sans avoir été épurées. Dans le bassin du Rhin, plus de 95% des eaux usées ménagères et industrielles transitent par un réseau d'égout public et une STEP avant d'être rejetés dans les eaux de surface. Seul un faible pourcentage (de l'ordre de 1 à 3%) de ces eaux usées urbaines rejoint directement le milieu récepteur par le biais de

⁵ Adler *et al.* (2001) Adler, P., T. Steger-Hartmann, W. Kalbfuss (2001): Vorkommen natürlicher und synthetischer östrogen Steroide in Wässern des süd- und mitteldeutschen Raumes. Acta hydrochem. hydrobiol. 29 (4), 227-241.

⁶ Johnston *et al.* (2002). Johnson I en P Harvey (2002). Study on the scientific evaluation of 12 substances in the context of endocrine disrupter priority list of actions. European Commission. WRc-NSF report: UC 6052

⁷ EU (2010). Drafting Group on review of priority substances Ethinylestradiol EQS draft dossier dd 20/09/2010 and Beta-estradiol dd 09/04/2010.

déversoirs. Le taux de traitement dépend des conditions d'épuration dans la STEP et des propriétés spécifiques des substances. Le rendement épuratoire dans une STEP est de 90% pour le 17 β -estradiol et de 60% respectivement pour l'estrone et le 17 α -éthinyloestradiol. La dégradation biologique de ces hormones dans le milieu récepteur présente de nombreuses similitudes, le 17 α -éthinyloestradiol étant toutefois le moins dégradé et le 17 β -estradiol se transformant rapidement en estrone avant d'être minéralisé.

La voie d'apport dans le milieu aquatique des hormones naturelles estrone et 17 β -estradiol issues de l'élevage reste encore peu connue et devrait être quantifiée avec plus de détail. Les déjections brutes du bétail néerlandais sont beaucoup plus importantes (de l'ordre d'un facteur 10) que celles de la population aux Pays-Bas. Ici, une (petite) partie du fumier rejoint les eaux indirectement par le biais du lessivage et du ruissellement depuis les terres agricoles. Dans les zones à élevage intensif, ceci peut donner lieu à des concentrations élevées d'hormones naturelles et à des impacts éventuellement négatifs sur les poissons vivant dans ces eaux. On ne dispose encore que de peu d'informations sur ce point et les rares analyses réalisées ne font pas ressortir jusqu'à présent d'impacts négatifs sur le milieu aquatique. Un autre type de rejet peut éventuellement en être l'explication. A l'opposé d'un flux constant d'eaux usées d'une STEP avec un seul point de rejet, les apports issus de l'élevage sont diffus et la contamination des eaux de surface par les hormones naturelles n'est pas continue.

Cet argument n'est pas valable dans le cas des entreprises faisant fermenter le fumier aux fins de production énergétique et rejetant les eaux issues de cette production.

4. Mesures envisageables

Pour abaisser la contamination des eaux de surface par l'estrone, le 17 β -estradiol et le 17 α -éthinyloestradiol, il est possible de prendre à différents niveaux des mesures de réduction des émissions, même si ceci n'est que partiellement possible pour les hormones naturelles : mesures à la source ;

- Information du public
- Traitement des flux (partiels) d'eau usées
- Mesures centralisées dans les STEP
- ajustement des programmes d'analyse. Les mesures potentielles sont précisées dans les paragraphes suivants :

Mesures à la source

- Restitution des pilules non utilisées : en remettant aux pharmacies les pilules contraceptives non utilisées ou en les stockant comme 'petits déchets chimiques', on peut éviter que l'hormone synthétique 17 α -éthinyloestradiol (superflue) rejoigne les eaux usées ménagères.
- Produits innovants en relation avec la pilule contraceptive : on peut limiter la pollution du milieu aquatique par l'hormone 17 α -éthinyloestradiol en utilisant des matières actives biodégradables ou en améliorant le mode d'administration/le dosage de la substance active.
- Mise en place de zones non fertilisées dans l'agriculture : en respectant des zones non fertilisées en bordure des champs le long des eaux de surface lors de l'épandage de fumier sur des surfaces agricoles, on peut éviter que les hormones naturelles ne rejoignent le cours d'eau par lessivage.
- Optimisation des processus de production : en améliorant les processus de production dans les entreprises pharmaceutiques, le secteur de la santé, les entreprises de traitement de fumier etc., on peut éviter de polluer les eaux usées rejetées.

Information du public

En règle générale, la pertinence environnementale est à souligner dans les notices d'utilisation des pilules contraceptives et en particulier l'importance de restituer les pilules non utilisées dans un souci de respect de l'environnement.

Traitement des flux (partiels) d'eau usées

Les rejets non épurés d'eaux usées ménagères et de fumier peuvent contribuer fortement au flux d'œstrogènes dans les eaux de surface au niveau local. C'est notamment le cas des eaux usées issues d'un habitat dispersé non raccordé à une STEP, de déversoirs et de raccordements défectueux de logements au réseau d'eaux pluviales, mais aussi, par exemple, de rejets non épurés d'eaux usées ménagères à partir de bateaux. Dans le cas du fumier, il s'agit des eaux usées résultant de la fermentation des engrais et des installations de traitement du fumier. Pour l'hormone synthétique 17 α -éthynylestradiol, on pourra également tenir compte des eaux usées issues d'entreprises pharmaceutiques. Dans tous ces cas, il est possible de traiter le rejet final ou les effluents partiels contenant de fortes concentrations d'œstrogènes dans le but de réduire la pollution des eaux de surface régionales par ces substances. L'ordre de grandeur et la manière de traiter ces eaux usées (effluents partiels) dépendent des conditions (locales) spécifiques.

On peut envisager de prendre les mesures suivantes pour réduire les émissions :

- Eliminer les rejets non épurés de matières fécales et d'urine :
 - en raccordant les lotissements ou l'habitat dispersé au réseau communal et à une STEP
 - en réduisant la fréquence et le débordement d'égouts
 - en réduisant le nombre de raccordements défectueux de logements au réseau d'eaux pluviales et en limitant autant que possible les excréments canins rejoignant ce réseau
 - en épurant les eaux usées sanitaires issues des bateaux ou en les remettant à terre.
- Epurar les eaux usées résultant de la fermentation du fumier ou les utiliser comme source de nutriments dans l'agriculture
- Traiter les effluents (partiels) renfermant de fortes concentrations d'œstrogènes.

Mesures centralisées dans les STEP

Les effluents de STEP sont identifiés comme une des principales sources de propagation d'œstrogènes dans le milieu aquatique. A proximité des points de rejet de STEP et dans les eaux affichant un pourcentage élevé d'effluents de STEP issus d'eaux de surface plus en amont, les concentrations d'œstrogènes peuvent être élevées au point d'avoir des effets négatifs sur les poissons et les autres organismes aquatiques. Une telle situation est susceptible de survenir principalement dans les affluents rhénans et non ou très rarement dans le cours principal du Rhin même. Les méthodes d'épuration complémentaires visant à éliminer les micropolluants (oxydation par l'ozone, utilisation de charbon actif) sont efficaces pour réduire la pression des apports d'œstrogènes sur les affluents récepteurs (élimination complète au moyen de ces mesures plus poussées.) De telles méthodes auraient pour effet d'améliorer la qualité du milieu récepteur à proximité du point de rejet des effluents des STEP et plus en aval dans les affluents. Il en résulterait également un effet positif sous l'angle de la protection des ressources en eau potable produite à partir des eaux de surface. L'effet de réduction se limiterait pas aux hormones œstrogènes considérées dans le présent document mais s'étendrait à un large éventail de micropolluants organiques contenus dans les eaux usées des réseaux urbains.

Ajustement des programmes d'analyse et des systèmes d'évaluation

Pour les travaux de conception de programmes d'analyse et d'amélioration des systèmes d'évaluation, l'examen des informations disponibles amène les remarques suivantes :

1. Le nombre de données mesurées disponibles sur les œstrogènes estrone, 17 β -estradiol et 17 α -éthynylestradiol dans le cours principal du Rhin est trop limité pour permettre une description adéquate de l'état des faits.
2. Le pourcentage relatif des apports bruts des hormones naturelles estrone et 17 β -œstradiol issues des déjections des animaux d'élevage et de la population des Etats riverains du Rhin par rapport à la pression totale de ces hormones sur le milieu aquatique est inconnu. Il serait donc souhaitable d'analyser plus en détail les voies d'apport de ces hormones.
3. Les limites de détection des méthodes d'analyse appliquées aux œstrogènes sont certes faibles (< 0,1-0,5 ng/l) mais toutefois proches (voire supérieures pour le 17 α -éthynylestradiol) des concentrations pour lesquelles des impacts sur les poissons ont été prouvés.
Pour disposer d'informations plus fiables sur la présence de substances œstrogènes et sur d'éventuels impacts négatifs sur l'écologie du Rhin, il conviendrait d'abaisser plus encore les limites de détection de ces substances.
4. Des méthodes de tests biologiques (inter)nationales certifiées sont requises pour mettre en évidence les impacts négatifs sur le milieu aquatique de (mélanges) de substances, dans le cas précis les hormones, en soutien des méthodes d'analyse chimiques appliquées pour mesurer les substances individuelles.
5. Il n'existe pas de critères de qualité contraignants pour évaluer l'état écologique/chimique et pour protéger les ressources en eau potable. Si ceci est jugé nécessaire, de tels critères devraient être déterminés au niveau institutionnel adéquat.

5. Conclusions

Synthèse des mesures concevables à élaborer plus en détail et dont l'efficacité doit être vérifiée :

- **Mesures à la source** dans les ménages, les entreprises et l'élevage afin de prévenir autant que possible l'apport d'œstrogènes dans le milieu aquatique.
- **Mesures décentralisées** : éliminer les rejets non épurés de matières fécales et d'urine d'origine ménagère, les débordements d'égouts, les eaux des WC sur les bateaux, etc. et traitement d'effluents partiels d'eaux usées industrielles renfermant de fortes concentrations d'œstrogènes ou dans le cadre du traitement du lisier.
- **Mesures centralisées dans les STEP** : appliquer à l'avenir des méthodes d'épuration complémentaires plus poussées (oxydation par l'ozone, utilisation de charbon actif) pour réduire la pression des œstrogènes issus des STEP dans les zones du bassin du Rhin où les rejets en sortie de station sont significatifs en regard du milieu récepteur (régional). Grâce à ces mesures, il devrait être simultanément possible de réduire les concentrations d'un large éventail d'autres micropolluants dans les eaux usées urbaines. Il convient de rassembler et d'évaluer les expériences collectées dans les installations (pilotes) utilisant ces techniques d'épuration complémentaires afin d'en tirer des enseignements facilitant la prise de décision à l'avenir.
- **Amélioration des programmes d'analyse et des systèmes d'évaluation** : dans le but d'obtenir plus de connaissances sur les voies d'apport des hormones naturelles, via fumier des animaux d'élevage, dans le bassin du Rhin et de mesurer avec plus de fiabilité les faibles concentrations d'œstrogènes.



Internationale Kommission zum Schutz des Rheins
Commission Internationale pour la Protection du Rhin
Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn

Fiche de données sur les substances œstrogènes

La fiche de données est structurée comme suit :

1. Données générales sur les substances
2. Schéma de base sur l'analyse des flux de substances
3. Emissions (production et utilisation)
4. Concentrations dans le milieu naturel (concentrations et flux mesurés, flux calculés)
5. Critères d'évaluation (critères de qualité)
6. Approche stratégique (mesures de réduction potentielles)

Œstrogènes

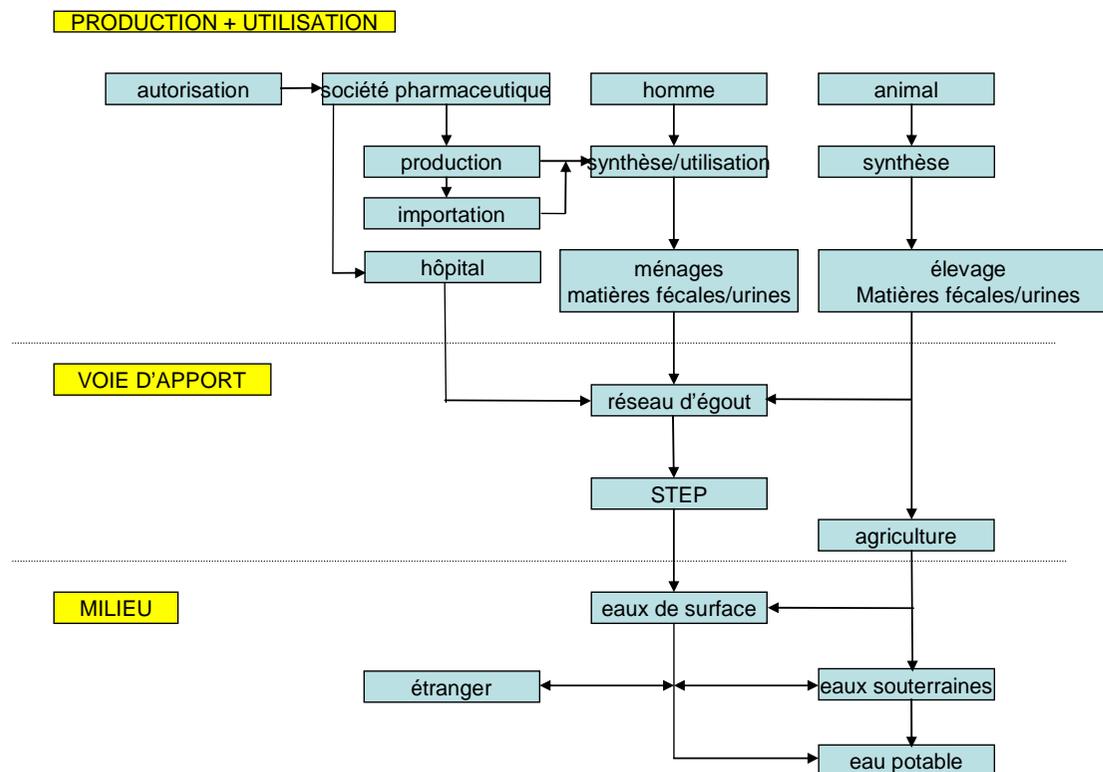
1. Données générales sur les substances

Tableau 1 : Données générales sur les substances

Nom de la substance	n° CAS	Désignation commerciale (exemples)	Utilisation	Référence bibliographique
17-bêta-estradiol (E2)	50-28-2		- hormone naturelle (homme/animal) - thérapie hormonale	
Estrone (E1)	53-16-7		- hormone naturelle (homme/animal) - thérapie hormonale	
17α-éthinyloestradiol (EE2)	57-63-6	Cilest (Janssen-Cilag), Femodeen (Schering), Harmonet (AHP), Lovette (AHP), Marvelon (Schering), Meliane (Schering), Mercilon (Schering), Microgynon 30 (Schering), Minulet (AHP), Modicon (Janssen-Cilag), Neocon (Janssen-Cilag), Neogynon 21 (Schering), Stediril 30 (AHP), Yasmin (Schering), Binordiol (AHP), Gracial (Schering), Trigynon (Schering), Tri-Minulet (AHP), Trinordiol (AHP), Trinovum (Janssen-Cilag), Triodeen (Schering), Evra (Janssen-Cilag), Nuvaring (Schering)	hormone de synthèse utilisée à des fins contraceptives	www.anticonceptie.nl

2. Schéma de base sur l'analyse des flux de substances

Diagramme 2.1 : Analyse des flux de substances



3. Emissions (production et utilisation)

Diagramme 3.1 : Voies d'apport

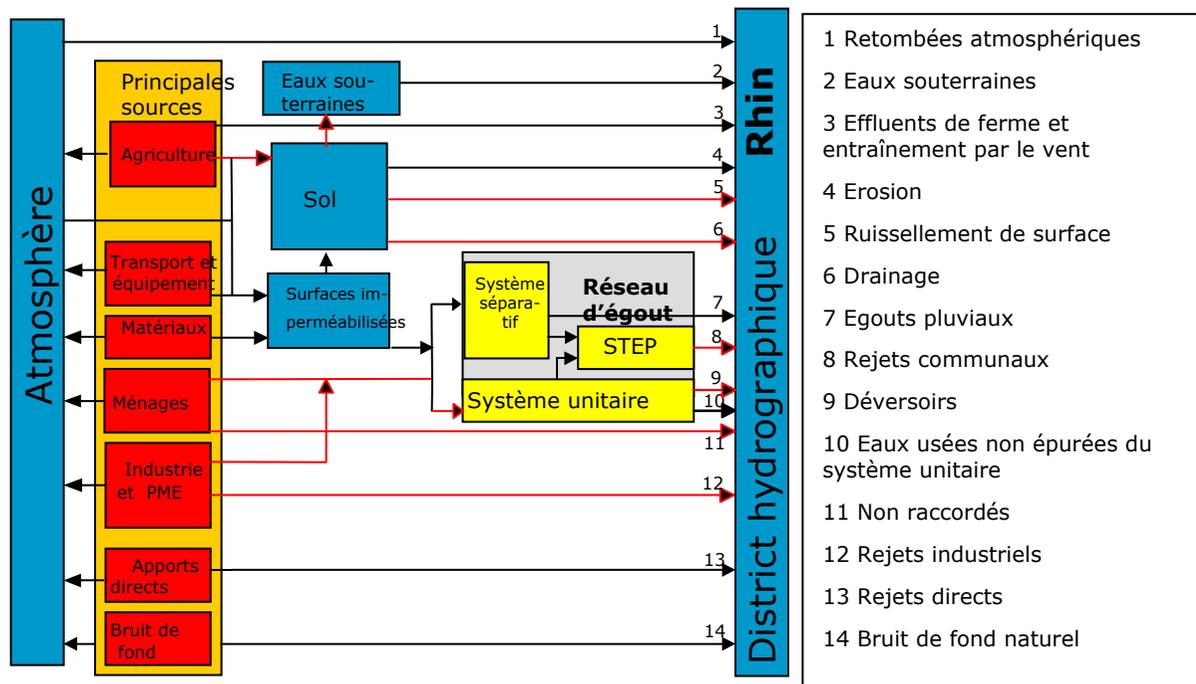


Tableau 3.1 : Quantités produites dans le bassin du Rhin

Nom de la substance	A	CH	D	F	L	NL	Total	Référence bibliographique
Nombre de sites de production implantés dans le bassin du Rhin rejetant des eaux usées								

Tableau 3.2 : Quantités utilisées au niveau national

Nom de la substance	A	CH	D	F	L	NL	Total	Référence bibliographique
Quantités nationales totales utilisées (en kg/an)								
17-bêta-estradiol + estrone						1200* 17000**		Blok <i>et al</i> (2000)
17-alpha-éthinyloestradiol						14*** 15****		Blok <i>et al</i> (2000) Aa <i>et al</i> (2008)
		186 (moyenne 2000 et 2004)						IMS Health (2005)
		4 (moyenne 2007, 2008 et 2009)						IMS Health (2010)

* Sur la base de 210 µg d'hormones naturelles 17-bêta-estradiol et estrone par jour et par habitant dans les matières fécales/l'urine. Population totale NL = 16.358.000 habitants. Répartition des hormones naturelles par groupe démographique : enfant < 14 ans (2%), jeunes de 14-19 ans (4%), homme adulte (12%), femme adulte (36%), femme enceinte (44%), autres (2%).

** Sur la base des excréments par tête de bétail. Répartition des hormones naturelles : truies d'élevage (23%), porcs d'engrais (1%), vaches gestantes (63%), vaches non-gestantes + jeune bétail (6%), poules pondeuses (3%) et juments (4%).

*** Sur la base de 30 µg de 17-alpha-éthinyloestradiol par jour et par personne pendant 21/28 jours par an. Nombre de personnes prenant la pilule = 11% de la population

**** Sur la base des prescriptions sur ordonnance via pharmacies en 2007.

Tableau 3.3 : Données mesurées (en ng/l) pour les voies d'apport

17-bêta-estradiol								
Voie d'apport	Etat riverain du Rhin	Nombre de mesures (n)	Valeurs < LD	Minimum	Médiane	Moyenne	Maximum	Référence bibliographique
Retombées atmosphériques (1)								
Eaux souterraines (2)								
Effluents de ferme et entraînement par le vent (3)								
Erosion (4)								
Ruissellement de surface (5)								
Drainage (6)								
Egouts pluviaux (7)								
Rejets communaux (8)								
NL		34	29	< 0,8	< 0,8	< 0,8	2,3	Vethaak et al (2002)
CH		48	30	< 0,4	0,5	3,2	17	STOWA (2005)
A		8	8	< LD			< LD	Micropoll DB Bafu (2009)
D								
Déversoirs (9)								
Eaux usées non épurées du système unitaire (10)								
NL		22	0	12,0	22,0	36,3	150	Vethaak et al (2002) STOWA (2005)
Non raccordés (11)								
Rejets industriels (12)								
Rejets directs (13)								
Bruit de fond naturel (14)								

Légende : LD = limite de dosage

Estrone								
Voie d'apport	Etat riverain du Rhin	Nombre de mesures (n)	Valeurs < LD	Minimum	Médiane	Moyenne	Maximum	Référence bibliographique
Retombées atmosphériques (1)								
Eaux souterraines (2)								
Effluents de ferme et entraînement par le vent (3)								
Erosion (4)								
Ruissellement de surface (5)								
Drainage (6)								
Egouts pluviaux (7)								
Rejets communaux (8)								
NL		43	14	< 0,3	2,9	5,3	28	Vethaak et al (2002) STOWA (2005) Micropoll DB Bafu (2009)
CH		50	15	< 0,2	4,3	9,1	51	
A D		8	1	< LD	3,0		7,5	
Déversoirs (9)								
Eaux usées non épurées du système unitaire (10)								
NL		22	0	< 0,3	55	70,0	150	Vethaak et al (2002) STOWA (2005)
A		8	0	43	58		100	
Non raccordés (11)								
Rejets industriels (12)								
Rejets directs (13)								
Bruit de fond naturel (14)								

Légende : LD = limite de dosage

17 α -éthynylestradiol								
Voie d'apport	Etat riverain du Rhin	Nombre de mesures (n)	Valeurs < LD	Minimum	Médiane	Moyenne	Maximum	Référence bibliographique
Retombées atmosphériques (1)								
Eaux souterraines (2)								
Effluents de ferme et entraînement par le vent (3)								
Erosion (4)								
Ruissellement de surface (5)								
Drainage (6)								
Egouts pluviaux (7)								
Rejets communaux (8)								
NL		43	34	< 0,3	< 0,3	1,0	6,1	Vethaak et al (2002)
CH		47	41	< 0,3	1	0,7	2,8	STOWA (2005)
A		8	8	< LD			< LD	Micropoll DB Bafu (2009)
Déversoirs (9)								
Eaux usées non épurées du système unitaire (10)								
NL		22	12	< 0,3	< 0,3	1,6	9,2	Vethaak et al (2002)
A		8	8	< LD			< LD	STOWA (2005)
Non raccordés (11)								
Rejets industriels (12)								
Rejets directs (13)								
Bruit de fond naturel (14)								

Légende : LD = limite de dosage

Tableau 3.5 : Pourcentages respectifs des différentes voies d'apport

Voie d'apport	17-bêta-estradiol NL*	Estrone NL	17-alpha-éthinyloestradiol NL	17-bêta-estradiol Rhin**	Estrone Rhin	17-alpha-éthinyloestradiol Rhin
Retombées atmosphériques (1)	-	-	-			
Eaux souterraines (2)	-	-	-			
Effluents de ferme et entraînement par le vent (3)	-	-	-			
Erosion (4)	-	-	-			
Ruissellement de surface (5)	?	?	-			
Drainage (6)	?	?	-			
Egouts pluviaux (7)	0 (0,3 %)	0 (0,3 %)	0 (0,3 %)			
Rejets communaux (8)	+ (99 %)	+ (99 %)	+ (99 %)	+ (97 %)	+ (97 %)	+ (97 %)
Déversoirs (9)	0 (0,3 %)	0 (0,3 %)	0 (0,3 %)	0 (1-2 %)	0 (1-2 %)	0 (1-2 %)
Eaux usées non épurées du système unitaire (10)	-	-	-			
Non raccordés (11)	0 (0,2 %)	0 (0,2 %)	0 (0,2 %)	0 (1-2 %)	0 (1-2 %)	0 (1-2 %)
Rejets industriels (12)	-	-	0 (0,1 %)			
Rejets directs (13)	0 (0,1 %)	0 (0,1 %)	0 (0,1 %)			
Bruit de fond naturel (14)	0 (0,1 %)	0 (0,1 %)	-			

Estimation effectuée à partir de l'exemple des Pays-Bas (*) et sur la base des médicaments à usage humain dans les Etats riverains du Rhin (**)

- = le pourcentage de la voie d'apport est nul

0 = la voie d'apport existe, mais son pourcentage est faible ou ne revêt qu'une importance locale

+ = la voie d'apport représente un pourcentage important

? = les apports bruts sont potentiellement élevés, mais sur la base d'un nombre restreint de mesures il semble que les apports dans les eaux de surface soient faibles ou ne revêtent qu'une importance locale.

4 Concentrations dans le milieu naturel (concentrations et flux mesurés, flux calculés)

4.1 Concentrations mesurées

Tableau 4.1.1 : concentrations mesurées dans le Rhin et quelques affluents (ng/l)

17-bêta-estradiol									
Station de mesure	PK	Etat riverain du Rhin	Nombre de mesures	Valeurs < LD	Minimum	Médiane	Moyenne	Maximum	Référence bibliographique
Cours principal du Rhin									
Lobith Maassluis		NL	13	13	< 0,8			< 1,0	Vethaak et al (2002)
Affluents, canaux, lacs									
Andijk Den Oever Nieuwegein Amsterdam IJmuiden		NL	26	26	< 0,8			< 0,8	Vethaak et al (2002)
Autres eaux		CH	106	92	< 0,2		0,9	10	Micropoll DB Bafu (2009)
		A	261	244	< LD			0,31	

Légende : LD = limite de dosage

Estrone									
Station de mesure	PK	Etat riverain du Rhin	Nombre de mesures	Valeurs < LD	Minimum	Médiane	Moyenne	Maximum	Référence bibliographique
Rhin									
Lobith Maassluis		NL	13	12	< 0,3	<0,3	0,33	2,2	Vethaak et al (2002)
Affluents									
Andijk Den Oever Nieuwegein Amsterdam IJmuiden		NL	26	22	< 0,3	< 0,3	0,40	2,1	Vethaak et al (2002)
Autres eaux		CH	130	99	< 0,1		0,8	5,0	Micropoll DB Bafu (2009)
		A	243	58	< LD			4,6	

Légende : LD = limite de dosage

17α-éthynylestradiol									
Nom de la station d'analyse	PK	Etat riverain du Rhin	Nombre de mesures	Valeurs < LD	Minimum	Médiane	Moyenne	Maximum	Référence bibliographique
Rhin									
Lobith Maassluis		NL	13	13	< 0,3			< 0,3	Vethaak et al (2002)
Bad Honnef Düsseldorf Bimmen		D	223	223	< 100			< 100	Bergman (2010)
Affluents									
Andijk Den Oever Nieuwegein Amsterdam IJmuiden		NL	26	26	< 0,3			< 0,3	Vethaak et al (2002)
Autres eaux		CH	113	110	< 0,1		1,1	2,0	Micropoll DB Bafu (2009)
		A	261	257	< LD			0,33	
Menden Opladen Eppinghoven Münding Wesel		D	1365	1365	< 100			< 100	Bergman (2010)

Légende : LD = limite de dosage

Tableau 4.1.3 Concentrations pour les eaux souterraines et l'eau potable (ng/l)

17-bêta-estradiol							
Etat rive-rain du Rhin	Nombre de mesures	Valeurs < LD	Minimum	Médiane	Moyenne	Maximum	Référence bibliographique
Eaux souterraines							
A	112	108	< LD			0,21	
Eau potable (filtrat de rive)							
Eau potable (robinet)							
NL	22	22	< 0,8			< 0,8	Versteegh et al (2003) Versteegh et al (2007)

Légende : LD = limite de dosage

Estrone							
Etat rive-rain du Rhin	Nombre de mesures	Valeurs < LD	Minimum	Médiane	Moyenne	Maximum	Référence bibliographique
Eaux souterraines							
A	109	89	< LD			1,6	
Eau potable (filtrat de rive)							
Eau potable (robinet)							
NL	22	22	< 0,3			< 0,3	Versteegh et al (2003) Versteegh et al (2007)

Légende : LD = limite de dosage

17α-éthynylestradiol							
Etat rive-rain du Rhin	Nombre de mesures	Valeurs < LD	Minimum	Médiane	Moyenne	Maximum	Référence bibliographique
Eaux souterraines							
A	112	111	< LD			0,94	
Eau potable (filtrat de rive)							
Eau potable (robinet)							
NL	22	22	< 0,3			< 0,3	Versteegh et al (2003) Versteegh et al (2007)

Légende : LD = limite de dosage

5 Critères d'évaluation (critères de qualité)

En 2002, l'UE a réalisé une évaluation scientifique de 12 perturbateurs endocriniens dont les hormones naturelles 17-bêta-œstradiol, œstrone et l'hormone de synthèse 17-alpha-éthynylestradiol. Les résultats de ces constatations figurent dans le rapport communautaire 'Study on the scientific evaluation of 12 substances in the context of endocrine disrupter priority list of actions (Johnson et al, 2002)'. On y trouve entre autres un aperçu de l'utilisation au niveau de l'UE, des données sur l'écotoxicité et les effets spécifiques des perturbateurs endocriniens, la présence dans les effluents de stations d'épuration et dans les eaux de surface et une estimation du risque environnemental obtenue par application d'une marge de sécurité entre les données mesurées et les données d'écotoxicité. Il en découle les conclusions suivantes pour les différentes substances :

17-bêta-œstradiol

Il apparaît que les impacts perturbateurs hormonaux du 17 β -œstradiol sur la reproduction et la croissance des poissons se manifestent à des concentrations plus basses que ceux dus à une toxicité aiguë. Il ressort d'un jeu de données mixte de tests écotoxicologiques sur différents critères que la valeur seuil au-dessus de laquelle ces effets sont démontrés est de l'ordre de 5 à 25 ng/l. Les concentrations de 17 β -œstradiol dans les eaux de surface européennes sont généralement inférieures à 5 ng/l, voire même pour la plupart en deçà de 1 ng/l.

La marge de sécurité MOS (Margin Of Safety), c'est-à-dire la CSEO (Concentration sans effet observé) la plus basse de détection d'effets perturbateurs hormonaux (5-25 ng/l) divisée par les concentrations d'exposition en présence dans les eaux de surface (1-5 ng/l) est comprise entre 1 et 25 et est donc inférieure au niveau de risque tolérable fixé à 100. On peut donc en déduire que la présence du 17 β -œstradiol dans les eaux constitue un risque potentiel pour les poissons (et d'autres organismes vertébrés).

œstrone

Il apparaît que les impacts perturbateurs hormonaux de l'œstrone sur la reproduction et la croissance des poissons se manifestent à des concentrations plus basses que ceux dus à une toxicité aiguë. Il ressort d'un jeu de données mixte de tests écotoxicologiques sur différents critères que la valeur seuil au-dessus de laquelle ces effets sont démontrés est de l'ordre de 1 à 10 ng/l. Les concentrations d'œstrone dans les eaux de surface européennes évoluent dans une marge < 0,5 – 14 ng, la plupart des valeurs restant cependant très basses et étant inférieures à 5 ng/l.

La marge de sécurité MOS (Margin Of Safety), c'est-à-dire la CSEO la plus basse de détection d'effets perturbateurs hormonaux (1-10 ng/l) divisée par les concentrations d'exposition en présence dans les eaux de surface (0,5-14 ng/l) est comprise entre 0,07 et 20 et est donc inférieure au niveau de risque tolérable fixé à 100. On peut donc en déduire que la présence de l'œstrone dans les eaux constitue un risque potentiel pour les poissons (et d'autres organismes vertébrés).

17 α -éthynylestradiol

Il apparaît que les impacts perturbateurs hormonaux du 17 α -éthynylestradiol sur la reproduction et la croissance des poissons se manifestent à des concentrations plus basses que ceux dus à une toxicité aiguë. Il ressort d'un jeu de données mixte de tests écotoxicologiques sur différents critères que la valeur seuil au-dessus de laquelle ces effets sont démontrés est de l'ordre de 0,3 à 1 ng/l. Les concentrations de 17 β -éthynylestradiol dans les eaux de surface européennes sont généralement inférieures à la limite de détection comprise entre 0,1 et 0,3 ng/l, mais on relève cependant des valeurs de l'ordre de 1 ng/l.

La marge de sécurité MOS (Margin Of Safety), c'est-à-dire la CSEO la plus basse de détection d'effets perturbateurs hormonaux (0,3-1 ng/l) divisée par les concentrations d'exposition en présence dans les eaux de surface (0,1-1 ng/l) est comprise entre 1 et 10 et est donc inférieure au niveau de risque tolérable fixé à 100. On peut donc en déduire que la présence du 17 β -éthinyloestradiol dans les eaux constitue un risque potentiel pour les poissons (et d'autres organismes vertébrés). Il convient ici de signaler cependant que la fixation de ces marges de sécurité n'est que partiellement possible, du fait des limites de fiabilité des résultats d'analyses, les concentrations de 17 α -éthinyloestradiol détectées dans les eaux de surface étant inférieures ou proches de la limite de détection des méthodes d'analyse appliquées.

En résumé, on peut dresser le tableau suivant :

Substance	Données mesurées dans les eaux de surface	Effets endocriniens perturbateurs CSEO	Marge de sécurité du risque environnemental observé MOS (margin of safety, > 100) Lowest NOEC for endocrine mediated responses/environmental concentrations
17-bêta-estradiol	< 1–5 ng/l, la plupart des valeurs mesurées étant < 1 ng/l et proches de la limite de détection	5 – 25 ng/l	1 – 25
Estrone	< 0,5 -14 ng/l, la plupart des valeurs mesurées étant < 5 ng/l et proches de la limite de détection	1 – 10 ng/l	0,07 - >20
17 α -éthinyloestradiol	< 1 ng/l, la plupart des valeurs mesurées étant < à la limite de détection (0,3 - 1 ng/l)	0,3 – 1,0 ng/l	1 – 10

Conclusion de l'UE (Johnson *et al*, 2002) : A partir des données d'exposition disponibles et de la CSEO la plus faible pour les effets perturbateurs, il semble que les trois hormones peuvent présenter un risque pour les poissons dans le milieu aquatique.

Dans la directive cadre sur l'eau de l'UE, les substances 17 β -estradiol et 17 α -éthinyloestradiol sont considérées comme des substances susceptibles d'être intégrées dans la liste de substances (dangereuses) prioritaires. Aux fins de préparation de ces travaux, un groupe de travail européen 'Drafting Group on Review of WFD Priority Substances List' a rassemblé des données sur la toxicité et les a utilisées pour déterminer les normes de qualité environnementale CMA-NQE (concentrations maximales) et MA-NQE (moyenne annuelle) dans l'eau. Les résultats provisoires figurent dans les projets de dossiers (UK, 2009 ; UE, 2010) et devront être évalués et mis à jour par le groupe de travail dans le courant de 2010-2011. En se basant également sur les normes de qualité environnementale CMA-NQE et MA-NQE déterminées par le groupe de travail, l'UE devra décider si les hormones 17 β -estradiol et 17 α -éthinyloestradiol seront incorporées ou non dans la liste des substances (dangereuses) prioritaires de la directive cadre sur l'eau. Pour le 17 β -estradiol, la MA-NQE provisoire déterminée par le groupe de travail européen est de 0,27 ng/l et se base sur une CSEO_{reduced hatching success} (14 j, *Oryzias latipes*) de 2,7 ng/l avec un facteur de sécurité de 10 (Shioda and Wakabayashi (2000) tiré de UE, 2010). Jusqu'à présent, la CPSE (Concentration prévue sans effet) était de 1 ng/l (Young *et al*, 2010 ; ARCEM, 2003 tiré de Ivashechkin, 2006). Caldwell et al (2010) ont

réexaminé les données disponibles relatives à la toxicité des hormones sur le milieu aquatique et déterminé une CPSE pour le 17 α -éthynylestradiol (Caldwell *et al.*, 2008). Pour le 17 α -éthynylestradiol, la MA-NQE provisoire déterminée par le groupe de travail européen est de l'ordre de 0,016 – 0,2 ng/l (UE, 2010). Celle-ci est basée en premier lieu sur une CMEO (**concentration minimale avec effet observé**) de 0,32 ng/l dans un test 'life-cycle' avec Fathead minnow (*Pimephales promelas*). On constate un décalage du sex-ratio en faveur des femelles et une réduction de la fécondation des œufs. Cette CMEO correspond à une CSEO de 0,16 ng/l (Parrott and Blunt, 2005). Dans le cadre de la détermination de la MA-NQE, le groupe de travail européen a également tenu compte des résultats de tiers ayant généralement utilisé des approches différentes (Caldwell *et al.*, 2008/2010 ; Kase *et al.*, 2010 ; Legler *et al.*, 2007 ; van Vlaardingen *et al.*, 2007). Le groupe de travail n'a pas tenu compte des méthodes expérimentales impliquant 'l'induction de la vitellogénine' comme effet écologique.

Tableau 5.1 : critères de qualité existant à l'échelon national et international

Nom de la substance	Critères de qualité (ng/l)									Référence bibliographique	
	NQE Rhin	Objectif de référence CIPR	Valeurs nationales						Autres		
			A	CH	D	F	L	NL	valeurs IAWR		Environmental Agency
17-bêta-estradiol (ng/l)										1	Young <i>et al</i> (2000)
Estrone (ng/l)										3-5	Young <i>et al</i> (2000)
17-alpha-éthinyloestradiol (ng/l)										0,1	Young <i>et al</i> (2000)

Légende : NQE = **n**orme de **q**ualité **e**nvironnementale
IAWR = **I**nternationale **A**rbeitsgemeinschaft der **W**asserwerke im **R**heineinzugsgebiet (Comité international de travail des usines d'eau du bassin du Rhin)

Tableau 5.2 : relevé des données de toxicité

Substance	CSEO* chronique (ng/l)	CSEO aiguë (ng/l)	Espèce	Point névralgique	FS aigu	FS chro- nique	CPSE chronique (µg/l)	CPSE aiguë (µg/l)	Référence bibliographique
17-bêta- estradiol	10		<i>Oncorhyn- chus mykiss</i> ; <i>Rutilus rutilus</i>	Induction de la vitellogénine					Routledge <i>et al</i> (1998)
17-bêta- estradiol	2,7		<i>Oryzias latipes</i>	verminderd broed succes / 14 d		10	$2,7 \times 10^{-4}$		Shioda and Wakabayashi (2000)
Estrone	1		<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Induction de la vitellogénine					Thorpe <i>et al</i> (2003)
17-alpha- éthinyloestr adiol	0,1		<i>Pimephales promelas</i>	Induction de la vitellogénine					Jobling <i>et al</i> (2004)
17-alpha- éthinyloestr adiol	CME0 = 0,32 CSEO = CME0/2	460.000	<i>Pimephales promelas</i> <i>Desmodesmus subspicatus</i>	Sex-ratio reproduction CE50/72 h		10	$0,16 \times 10^{-4}$	46	Parrot and Blunt (2005) Schering AG (2002)

Légende : CSEO = **C**oncentration **s**ans **e**ffet **o**bservé
CME0 = **C**oncentration **m**inimale avec **e**ffet **o**bservé
FS = **F**acteur de **s**écurité
CPSE = **C**oncentration **p**révue **s**ans **e**ffet

* Johnson *et al* (2002) et Legler *et al* (2007) indiquent différents points névralgiques pour les effets hormonaux tels que l'impact sur la reproduction, les modifications dans les gonades et l'induction de la vitellogénine. Le groupe de travail européen (2010) n'a pas considéré le point névralgique 'induction de la vitellogénine' dans les méthodes expérimentales.

6. Approche stratégique (mesures de réduction potentielles)

Tableau 6.1 : Mesures potentielles à la source

Mesure	Effet/évaluation de la mesure	Substances indicatives concernées	Temps requis			Référence bibliographique
			< 5 ans	> 5 ans - < 10 ans	> 10 ans	
a) optimiser les processus de production pour prévenir les flux pollués d'eaux usées et traiter séparément les flux d'eaux usées contenant de fortes concentrations de polluants (entreprise pharmaceutique, secteur de la santé, étables et entreprises de transformation du fumier)	Meilleur rendement et moindres coûts en cas d'épuration de flux d'eaux usées à fortes concentrations	Estrone (E1) 17-bêta-estradiol (E2)	X	X	X	Derksen en Roorda (2005)
b) Analyse des voies d'apport de E1 et E2 par le biais d'engrais d'animaux de rente dans les eaux de surface (ruissellement et lessivage) et les eaux souterraines	Indications sur la voie d'apport et la décomposition de E1 et E2 ainsi que sur le risque en découlant pour les eaux souterraines et les eaux de surface. Approches envisageables pour des mesures visant à réduire les émissions	Estrone (E1) 17-bêta-estradiol (E2)	X			Derksen en Roorda (2005)
c) Respect des zones non fertilisées le long des eaux de surface lors de l'épandage d'engrais	On prévient ainsi autant que possible le ruissellement de E1 et E2 dans les eaux de surface	Estrone (E1) 17-bêta-estradiol (E2)		X		Derksen en Roorda (2005)
d) Innovations dans la production de produits contraceptifs afin d'abaisser la contamination par l'EE2	On peut limiter la pollution du milieu aquatique en utilisant des matières actives biodégradables ou en améliorant la méthode/le dosage administré.	17a-éthynylestradiol (EE2)			X	Derksen en Roorda (2005)
e) Supprimer les raccordements défectueux de logements au réseau d'eaux pluviales et limiter les excréments canins rejoignant ce réseau	Réduction de la pollution du milieu aquatique par les matières fécales	Estrone (E1) 17-bêta-estradiol (E2)	X	X	X	Derksen en Roorda (2005)
f) Remettre aux pharmacies les pilules contraceptives non utilisées ou les stocker comme 'petits déchets chimiques' ménagers	La remise de produits non utilisés permet d'éviter leur rejet dans les eaux usées ménagères.	17a-éthynylestradiol (EE2)	X			Derksen en Roorda (2005)

Tableau 6.2 : Moyens potentiels de réduction des apports pour les différentes voies d'apport

Voie d'apport	Importance	Mesure	Effet/évaluation de la mesure	Substances indicatives éliminées	Temps requis			Référence bibliographique
					< 5 ans	> 5 ans - < 10 ans	> 10 ans	
Retombées atmosphériques (1)	0	-			< 5 ans	> 5 ans - < 10 ans	> 10 ans	
Eaux souterraines (2)	1	Supprimer les fuites dans les réseaux d'égout	Faible effet : amélioration locale de la qualité de l'eau			X	X	
Effluents de ferme et entraînement par le vent (3)	0	-						
Erosion (4)	0	-						
Ruissellement de surface (5)	2	i) Analyse des voies d'apport de E1 et E2 via engrais d'animaux de rente dans les eaux de surface (ruissellement et lessivage) et les eaux souterraines ii) Respect des zones non fertilisées le long des eaux de surface lors de l'épandage d'engrais	Effet moyen : apports bruts élevés, pollution éventuelle du milieu aquatique Stratégie d'anticipation au travers de mesures de réduction des apports	Estrone, 17-bêta-estradiol	i ii	ii		
Drainage (6)								
Egouts pluviaux (7)	1	Supprimer les raccordements défectueux de logements au réseau d'eaux pluviales et limiter les excréments canins rejoignant ce réseau	Faible effet : amélioration locale de la qualité de l'eau	Estrone, 17-bêta-estradiol, 17α-éthinyloestradiol	X	X	X	
Rejets communaux (8)	3	iii) optimiser les processus de production pour prévenir les flux d'eaux usées iv) Traitement distinct des effluents d'eaux usées renfermant de fortes concentrations avant rejet dans les réseaux d'égouts iv) Meilleure épuration des	Effet important Réduction sensible d'un grand nombre de substances contenues dans les eaux usées des entreprises et du secteur sanitaire ou provenant du	Estrone, 17-bêta-estradiol, 17α-éthinyloestradiol	iii iv	iii iv v	iiii	

Voie d'apport	Importance	Mesure	Effet/évaluation de la mesure	Substances indicatives éliminées	Temps requis			Référence bibliographique
		STEP grâce à l'utilisation de la filtration sur charbon actif	réseau urbain					
Déversoirs (9)	1	Séparation des eaux pluviales s'écoulant de surfaces imperméabilisées	Faible effet : Amélioration de la qualité locale de l'eau	Estrone, 17-bêta-estradiol, 17α-éthinyloestradiol		X	X	
Eaux usées non épurées du système unitaire (10)	0	-						
Non raccordés (11)	1	Raccorder au réseau public ou installation de systèmes d'épuration individuels dans le cas d'habitats clairsemés	Faible effet : Amélioration de la qualité locale de l'eau	Estrone, 17-bêta-estradiol, 17α-éthinyloestradiol		X		
Rejets industriels (12)	1	Optimiser les processus de production visant à prévenir les flux (partiels) d'eaux usées des entreprises (de transformation du fumier) et épuration de ces flux	Effet faible à moyen: Hausse des émissions due à la fermentation du fumier aux fins de production d'énergie	Estrone, 17-bêta-estradiol, 17α-éthinyloestradiol	X	X		
Rejets directs (13)	1	Collecte et remise d'eaux usées ménagères (bateaux)	Faible effet : Amélioration de la qualité locale de l'eau	Estrone, 17-bêta-estradiol, 17α-éthinyloestradiol		X	X	
Bruit de fond naturel (14)	0	-						

Légende :

Pourcentage de la voie d'apport sur le total des apports dans le Rhin

0 = sans importance

1 = de faible importance (apport < 10%)

2 = de moyenne importance (apport 10 - 50 %)

3 = de grande importance (apport > 50 %)

Tableau 6.3 : éléments à utiliser pour la stratégie globale de la CIPR

Mesure	Temps requis		
	< 5 ans	> 5 ans - < 10 ans	> 10 ans
En complément de la directive communautaire sur les eaux urbaines résiduaires, recommander aux autorités nationales et à l'UE de perfectionner globalement les processus d'épuration des STEP et d'appliquer des techniques d'épuration plus poussées aux STEP dans les parties du bassin du Rhin où les rejets en sortie de station sont significatifs par rapport au milieu récepteur.	X	X	X
Recommander aux autorités nationales et à l'UE d'analyser plus en détail la propagation dans les eaux de surface et les eaux souterraines des œstrogènes naturels contenus dans les engrais animaux et leurs impacts négatifs sur le milieu aquatique.	X		
Recommander aux autorités nationales et à l'UE d'identifier les éléments clés sur lesquels agir pour abaisser les pressions des œstrogènes naturels sur le milieu aquatique, comme par ex. la mise en place de bandes riveraines non fertilisées ou l'épandage de la fraction aqueuse sur les sols agricoles après la fermentation du fumier.	X	X	

Sources bibliographiques

Aa NGFM van der, GJ Kommer, GM de Groot en JFM Versteegh (2008). Geneesmiddelen in bronnen voor drinkwater. Monitoring, toekomstig gebruik en beleidsmaatregelen. RIVM-rapport 609715002/2008.

Adler P, T Steger-Hartmann, W Kalbfuss (2001). Vorkommen natürlicher und synthetischer östrogenen Steroide in Wässern des süd- und mitteldeutschen Raumes. *Acta hydrochimica et hydrobiologica* 29 (4), 227-241.

ARCEM (2003). Hormonwirkzame Stoffe in Österreichs Gewässern – ein Risiko? Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

Bergman S. (2010). Persoonlijke mededeling, mail dd 9 april 2010.

Blok J en MAD Wösten (2000). Herkomst en lot van natuurlijke oestrogenen in het milieu. RIWA.

Caldwell DJ, F Mastrocco, TH Hutchinson, R Laïgne, D Heijerick, C Janssen, PD Anderson and JP Sumpter (2008). Derivation of an aquatic Predicted No-Effect Concentration for the synthetic hormone 17alpha-Ethinyl Estradiol. *Environmental Science & Technology* 42(19): 7046-7054.

Caldwell DJ, F Mastrocco, E Nowak, J Johnston, H Yekel, D Pfeiffer, M Hoyt, BM DuPlessie and PD Anderson (2010). An assessment of potential exposure and risk from estrogens in drinking water. *Environmental Health Perspectives* 118(3): 338-344.

Derksen JGM en JH Roorda (2005). Ketenanalyse humane en veterinaire geneesmiddelen in het watermilieu. Grontmij-rapport 13/99058421/JW.

IMS Health (2005). Verkaufszahlen von Pharmazeutika in der Schweiz 2000 und 2004.

IMS Health (2010). Verkaufszahlen von Pharmazeutika in der Schweiz 2007, 2008 und 2009

Ivashechkin P (2006). Elimination organischer Spurenstoffe aus kommunalem Abwasser Von der Fakultät für Bauingenieurwesen der Rheinisch-Westfälischen Technische Hochschule Aachen zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Ingenieurwissenschaften genehmigte Dissertation.

Micropoll Datenbank BAFU (2009). Datenbank des Bundesamts für Umwelt (Schweiz) mit Monitoringdaten aus der ganzen Schweiz.

Jobling S, D Casey, T Rodgers-Gray, J Oehlmann, U Schulte-Oehlmann, S Pawlowski, T Baunbeck, AP Turner, & CR Tyler (2004). Comparative responses of molluscs and fish to environmental estrogens and an estrogenic effluent. *Aquatic Toxicology*, 66, 207-222.

Johnson I en P Harvey (2002). Study on the scientific evaluation of 12 substances in the context of endocrine disrupter priority list of actions. European Commission. WRC-NSF report: UC 6052.

Kase R and M Junghans (2010). A probabilistic approach to find a reliable EQS for 17- α -Ethinylestradiol (EE2)+ Consideration of meeting comments (revised version 21.09.2010). Presentation at the Multilateral Meeting 17th September 2010.

- Montforts MHMM, GBJ Rijs, JA Staeb en H Schmitt (2007). Diergeneesmiddelen en natuurlijke hormonen in oppervlaktewater van gebieden met intensieve veehouderij. RIVM-rapport 601500004/2007.
- Kuch HM, K Ballschmiter (2001). Determination of endocrine-disrupting phenolic compounds and estrogens in surface and drinking water by HRGC-(NCI)-MS in the picogram per liter range. *Environ Sci Technol* 35(15), 3201-3206.
- Legler J, T Hamers, JW Wegener en MH Lamoree (2007). 17 α -ethinyloestradiol als probleemstof voor het watermilieu. IVM-rapport E-07/18.
- Parrot JL and BR Blunt (2005). Life-cycle exposure of fathead minnows (*Pimephales promelas*) to an ethinylestradiol concentration below 1 ng/L reduces egg fertilization success and demasculinizes males. *Environ. Toxicol.* 20(2): 131-41.
- Rijkswaterstaat (2009). Effluenten rwzi's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's. Factsheet emissieregistratie.
- Routledge EJ, D Sheahan, C Desbrow, GC Brighty, M Waldock en JP Sumpter (1998). Identification of estrogenic chemicals in STW effluent. In vivo responses in trout and roach. *Environ Sci Technol* 34, 1521-1528.
- Schering AG (2002). Growth inhibition test of ethinylestradiol (ZK4944) on the green algae *Desmodesmus subspicatus* Report A12518.
- Shioda T and M Wakabayashi (2000). "Effect of certain chemicals on the reproduction of medaka (*Oryzias latipes*)." *Chemosphere* 40(3): 239-243.
- STOWA (2005). Verkennende monitoring van hormoonversturende stoffen en pathogenen op rwzi's met aanvullende zuiveringstechnieken. STOWA-rapport 2005-32.
- Thorpe KL, R Cummings, T Hutchinson, M Scholze, G Brighty, JP Sumpter, & CR Tyler (2003). Relative potencies and combination effects of steroidal estrogens in fish. *Environ. Sci. Technol.*, 37, 1142-1149.
- UK (2009). Proposed EQS for Water Framework Directive Annex VIII substances: 17 α -Ethinylestradiol. Science Report – Final Report (July 2009) – Restricted.
- Vethaak AD, GBJ Rijs, SM Schrap, H Ruiter, A Gerritsen and J Lahr (2002). Estrogens and xeno-estrogens in the aquatic environment of the Netherlands. Occurrence, potency and biological effects. RIZA/RIKZ-report 2002.001.
- Vlaardingen PLA van, LRM de Poorter, RHLJ Fleuren, PJCM Janssen, CJAM Posthuma-Doodeman, CJAM Verbruggen and JH Vos (2007). Environmental risk limits for twelve substances, prioritised on the basis of indicative risk limits, RIVM-report 601782003/2007.
- Wenzel, A, J Müller en T Ternes (2003). Study on endocrine disrupters in drinking water. IME/ESWE rapport ENV.D.1/ETU/2000/0083.
- Young, WF, P Whitehouse, I Johnson en N Sorokin (2002). Predicted-No-Effect Concentrations (PNECs) for Natural and Synthetic Steroid Oestrogens in Surface Waters. Technical Report Environmental Agency P2-TO4/1.

Liens

www.anticonceptie.nl
www.kompendium.ch