



Les polluants émergents

**coordonné
par Eric Gomez et Thierry Pointet**



Elaboré en étroite collaboration avec le Bureau du Comité Scientifique et Technique de la SHF qui propose les sujets, chaque dossier thématique est l'occasion de replacer un sujet dans son actualité. Ces dossiers témoignent d'expérimentations, d'actions mises en oeuvre et de retours d'expérience concrets,

Ce dossier est une synthèse des résultats présentés lors du colloque SHF sur les polluants émergents de mars 2016. Les articles suivants ont été publiés dans La Houille Blanche. Se reporter au site web de la revue pour consulter la liste des auteurs : http://www.shf-hydro.org/186-1-les_polluants_emergents_-72.html

Screening environnemental par couplage POCIS - spectrométrie de masse haute résolution : application aux eaux souterraines

Capteurs électrochimiques carbonés pour la détection de micropolluants émergents

Identification de 750 pesticides, médicaments et leurs métabolites en une seule analyse grâce à la spectrométrie de masse à haute résolution

Capteur électrochimique pour le dosage des ions Hg(II) dans les eaux naturelles : design, étude physico-chimique et performances analytiques

Surveillance des polluants émergents : identification de traceurs pertinents

Polluants émergents : des études prospectives à la surveillance réglementaire, les actions du laboratoire national de référence AQUAREF

Enquête de la Fédération nationale des eaux conditionnées et embouteillées sur la qualité d'eaux de sources et minérales naturelles vendues en France : évaluation de la préservation des aquifères souterrains par la surveillance de potentiels composés organiques émergents à l'état de nano-traces

Occurrence et devenir des polluants émergents (antibiotiques) dans un aquifère régionale et son effet sur les bactéries multi-résistantes (région du bas-Fluvià, Catalogne)

Perturbateurs endocriniens dans les eaux wallonnes : mise au point des méthodes et premier screening

Sélection et priorisation des substances à surveiller dans les eaux souterraines au titre de la DCE

Transport préférentiel des solutés dans la zone non saturée de l'aquifère des Calcaires de Beauce (France)

Équation de transport pour le gradient de concentration

Origine de la pollution par les perchlorates de captages en eaux souterraines soumis à une pression agricole

Occurrence et devenir des contaminants émergents et des pathogènes résistants dans un continuum eau de surface/eau souterraine à une échelle locale : Cas de la nappe de la Vistrenque

Risques sanitaires liés à la recharge artificielle de nappes d'eau souterraine en France

Exposition des eaux souterraines peu profondes à Escherichia coli résistant aux antibiotiques: approche hydrochimique pour identifier les sources et les voies de transfert

Évaluation de l'efficacité de la station d'épuration de Corbeil-Essonnes pour traiter les micropolluants perturbateurs endocriniens

Traitement électrochimique couplé à des films de birnessite électrodéposée appliqué à la dégradation de polluants émergents.

Élimination de composés pharmaceutiques par le procédé ozone/charbon actif

Traitement du paracétamol en milieu aqueux par plasma non thermique

Réduction des rejets en micropolluants à la source : le projet LUMEAU-STRA

Phyto'Scope : Outil d'évaluation et de prédiction des transferts des produits phytosanitaires entre zones d'application et eaux souterraines : Application au Val d'Orléans

Agriculture périurbaine et qualité de l'eau : un mariage complexe. L'exemple du plateau de Saclay

Projet PROMOTE : quels enjeux et stratégies pour l'identification, la quantification et l'élimination de contaminants organiques persistants et mobiles dans les eaux brutes et destinées à la consommation humaine

Présentation du guide technique pour une bonne gestion des déchets issus de médicaments et des déchets liquides dans les établissements de santé et médicaux sociaux



EDITORIAL

POLLUANTS ÉMERGENTS ET EAUX SOUTERRAINES

Des molécules nouvelles, des molécules récemment détectées, présentes en faible quantité, le plus souvent issues de la chimie organique, indésirables dans l'environnement et pour l'homme, tels sont les polluants émergents. On ignorait leur présence et leurs effets il y a quelques années ou dizaines d'années en raison de leurs faibles concentrations et des performances des méthodes analytiques d'alors. Les progrès de la chimie ont révélé qu'ils étaient là, parfois nombreux : 141 polluants émergents dans la Seine à Paris, et on en ignore certainement encore. En faisant le rapprochement avec des effets constatés sur des vertébrés, la stérilité des poissons par exemple, on a découvert un impact écotoxicologique déjà considérable qu'on n'avait pas pressenti. Sur l'homme, on avait observé des effets toxiques, mais comme pour tout sujet émergent, on tarde à en saisir l'importance. La presse ne parle guère de cet impact sur la santé humaine. On commence seulement à évoquer les perturbateurs endocriniens.

L'ARS nous impose de déclarer impropres à la consommation les eaux dont les teneurs en nitrates excèdent 50 mg/l et on ferme des captages, car le sujet a éclos et l'administration territoriale s'en est saisie. A-t-on fermé des captages en rivières pour excès de micropolluants que nos stations d'épuration des eaux usées ne parviennent pas à arrêter, car elles sont souvent anciennes et surtout elles n'avaient pas été conçues pour cela ? Ces molécules diffusent presque librement dans les milieux de vie de l'homme et des animaux. Nous ne pouvons souvent que constater, mais heureusement des méthodologies voient le jour.

Les eaux souterraines sont un révélateur et un facteur d'atténuation. Un révélateur car elles conservent la marque de la présence des micropolluants émergents dans leur lente migration, au rythme de l'écoulement de chaque nappe. Elles permettent un diagnostic du mode de migration et de la transformation progressive de la molécule initiale en ses produits dérivés. Présentes partout, ce qui n'est pas le cas des rivières, les eaux souterraines permettent de cartographier les panaches de pollution sous et autour des zones densément peuplées. Elles sont un précieux outil de compréhension de ce sujet, émergent lui aussi. Elles sont parfois un atténuateur : pour certaines molécules on remarque -sans toujours pouvoir l'expliquer- une atténuation entre la source émettrice et le point d'observation.

Les méthodes d'analyse font des progrès rapides. Les connaissances scientifiques se développent. Des programmes expérimentaux permettent d'agir et de révéler certaines propriétés épuratrices naturelles dont on peut tirer profit. Certains programmes sensibilisent les populations en soulignant leur rôle d'acteur pour maîtriser la consommation, donc l'émission de telles substances. Il est permis d'espérer sous peu une prise de conscience plus objective. C'est dans cet esprit que la SHF a tenu à organiser fin 2016 un colloque sur les polluants émergents. Les actes sont disponibles. La Houille Blanche a publié certains articles, et il a paru utile de revenir sur les acquis les plus marquants de ce colloque. C'est le but de ce dossier : rapprocher en quelques pages des résultats et des chiffres prouvés pour mieux comprendre et faire connaître l'acuité du problème.

Thierry Pointet
Président du comité de rédaction de La Houille Blanche



La notion de polluant émergent

Des molécules organiques issues de l'industrie, pesticides, médicaments, produits industriels et domestiques, sont présentes dans l'ensemble des écosystèmes. Ces molécules créées et utilisées par l'homme sont utilisées, donc disséminées, par l'agriculture intensive, par l'industrie chimique et pharmaceutique, par les traitements médicamenteux humains ou vétérinaires, et plus généralement par notre mode de vie. Les antibiotiques utilisés en grande quantité pour prévenir ou traiter des maladies infectieuses ont des effets écotoxicologiques certains. Dans l'élevage, ils sont souvent inconsidérément rejetés dans l'environnement par l'épandage au sol des lisiers et du fumier. Sur les 3000 substances utilisées dans l'industrie pharmaceutique, seule une toute petite partie a été étudiée. Les concentrations retrouvées dans l'environnement vont de quelques nanogrammes à quelques microgrammes par litre, inférieures aux plus petites concentrations induisant un effet sur la santé, mais nos connaissances sont encore limitées sur les effets chroniques, sur la toxicité des produits de transformations et sur les effets cocktails.

Quelle est la réponse ? Il s'agit de développer une intelligence collective interdisciplinaire, reposant sur une stratégie de prévention des contaminations et d'analyse optimisée des risques, transparente et indépendante et investir dans les études d'exposition, de toxicologie, d'écotoxicologie et d'écologie au regard des mélanges de contaminants présents dans les milieux naturels.

Les polluants émergents, la santé et l'environnement

Bon nombre de polluants émergents présents dans les eaux usées sont des perturbateurs endocriniens. Ils entrent dans la composition des pesticides, des médicaments, des produits cosmétiques ou encore des matières plastiques. Ils sont aussi responsables de beaucoup de dommages environnementaux, surtout lorsqu'ils s'accumulent. Le degré de gravité s'est accru au regard de la diversité chimique croissante des composants, de leurs propriétés mais surtout de leurs effets biologiques. Ils n'ont généralement pas encore de statut réglementaire et les traitements conventionnels des eaux usées ne permettent guère de gérer leur élimination. Ces molécules n'ont souvent en commun que leur capacité à perturber le système hormonal des organismes qui y sont exposés.

La prise en considération progressive de la santé environnementale et de l'écotoxicologie est un progrès qui nécessite un véritable investissement. Il faut tracer des tableaux de bord des dangers chimiques, physiques et microbiologiques, mais également des impacts sanitaires, sociaux et économiques induits. Ajoutons qu'au cours des dernières années, on a constaté une augmentation de la résistance des microbes aux antibiotiques, ce qui amplifie par défaut l'impact des polluants émergents.



Quels milieux sont touchés, quels phénomènes sont en jeu

L'analyse d'une vingtaine d'échantillons d'eaux-ressource ordinairement captées en région parisienne montre la présence de 48 molécules indésirables : 30 % de médicaments et 70 % de pesticides et leurs métabolites. Les concentrations sont comprises entre 0,5 et 50 ng/l, en deçà des limites réglementaires maximales pour l'eau potable fixées à 100 ng/l pour la plupart des molécules, mais cette étude nous alerte sur la présence occasionnelle de ces substances dans l'eau de consommation.

Dans la Seine à la sortie de Paris, et dans le Rhin en aval de Bâle, des échantillons d'eau montrent la présence de 141 molécules dont 40 % de pesticides et métabolites et 55 % de médicaments et métabolites. Les médicaments les plus présents sont des hypertenseurs, des antidépresseurs, des antibiotiques et des analgésiques. Vingt molécules présentent une concentration supérieure à 0,1 µg/l dont 70 % de médicaments et 20 % de pesticides. L'analyse d'une vingtaine d'eaux prélevées en région parisienne montre la présence de 48 molécules dont 30 % de médicaments et 70 % de pesticides et leurs métabolites. Les quantités sont là aussi comprises entre 0,5 et 50 ng/l.

Les stations d'épuration sont involontairement émettrices de substances dangereuses vers le milieu naturel car, en majorité, elles n'ont pas été conçues pour traiter les micropolluants. A l'heure actuelle, seule la mesure de quelques médicaments est concernée par la réglementation. Leur traitement n'est pas encore rendu obligatoire. Des projets de STEP « nouvelle génération » impliquant des traitements tertiaires voient le jour depuis quelques années. Les méthodes d'analyses multi-résidus permettraient d'évaluer l'efficacité des solutions mises en place sur ces STEP.

Sur la commune d'Evry dans l'Essonne, la STEP a une capacité nominale de 96 000 équivalents-habitants et un débit d'eaux usées de 15620m³/j. Les eaux brutes proviennent d'usages domestiques, d'un hôpital de 1500 lits et d'un tissu d'entreprises relativement modeste. Cette unité de traitement a subi d'importants travaux de réhabilitation, d'extension et de mise aux normes de 2008 à 2010. L'étude menée par le « Syndicat Intercommunal d'Aménagement, de Réseaux et du Cycle de l'Eau » sur les performances de la station montre que les eaux brutes présentant des effets de perturbation thyroïdienne et oestrogénique importants. La nature des molécules responsables de l'effet thyroïdien diffère selon les périodes de l'année, mais le traitement mis en place par la station a été efficace pour abattre les effets endocriniens notamment la toxicité aigüe qui était observée auparavant. Le test est pratiqué sur des larves d'amphibiens et de poissons.

A Nantes, l'ancienne décharge de déchets ménagers de la Prairie de Mauves, en activité entre 1969 et 1987, a accueilli de nombreux types de déchets. Elle est devenue en 2008 un site atelier de l'Observatoire Nantais des Environnements Urbains. La décharge repose sur des argiles avec des passées sablo-graveleuses, reposant elles-mêmes sur des micaschistes quasi imperméables. Cinq points d'eau périphériques ont été échantillonnés sur lesquels on a recherché 223 molécules phytosanitaires (carbaryl, carbendazime, chlorprophame, diphenylamine, diuron, lenacile, mecoprop, oxadiazon, thiabendazole, triadimenol, ...), 30 substances médicamenteuses (analgésiques, antipsychotiques, diurétiques, antiépileptiques, hypolipémieants, perturbateurs endocriniens) et 8 autres substances émergentes (dont bisphénol A, benzotriazole, tolyltriazole, triclosan). Sur ces 261 substances, onze substances médicamenteuses, 4 substances émergentes, et 10 phytosanitaires ont été décelées au moins une fois dans les lixiviats de la décharge.



On a détecté dans le puits amont ou dans les piézomètres aval, à très faibles concentrations, d'autres molécules pharmaceutiques émergentes non détectées dans les lixiviats. Le nombre de substances observées se réduit singulièrement en aval ce qui atteste d'une forte atténuation naturelle lors du transfert en nappe. La biodégradation, la dilution, l'adsorption et la matière organique jouent un rôle très important. Les lixiviats que le site produits encore à ce jour, plus de 25 ans après l'arrêt des dépôts, représentent toujours une source active de contaminants. La plupart des molécules médicamenteuses de la décharge de la Prairie de Mauves ont été retrouvées dans d'autres aquifères en France.

Pour les eaux embouteillées, une étude de la « Fédération Nationale des Eaux Conditionnées et Embouteillées », une des plus poussées réalisées en France, a choisi de suivre 330 molécules organiques appartenant à six classes distinctes, incluant des composés parents et des métabolites : 118 pesticides, 11 hormones, 172 substances pharmaceutiques, 10 composés perfluoroalkylés, 8 alkylphénols et 11 phthalates, traditionnellement responsables de pollutions ponctuelles ou diffuses des eaux souterraines. On a observé que la protection géologique naturelle des aquifères profonds exploités, la lente percolation de l'eau dans le sous-sol, l'absence de source de pollution significative dans les zones d'influence des captages et l'ensemble des mesures de protection mises en place, permettent de préserver la qualité des 40 eaux embouteillées analysées. Toutefois, ces mesures ne suppriment pas totalement la présence de nano-traces de composés organiques particulièrement stables, liés vraisemblablement à des usages anciens. Il s'agit principalement de pesticides et leurs métabolites, avec des valeurs cumulées très largement inférieures aux limites réglementaires les plus strictes pour les eaux embouteillées (moins de 50 ng/L), et plus de 200 fois inférieures au seuil maximum admis pour les pesticides dans les produits alimentaires, y compris biologiques. La présence d'autres substances non-réglées comme les PFAS, composés fluorés hydrophobes et lipophobes utilisés à des fins domestiques ou industrielles, même à de très faibles taux, montre la nécessité de poursuivre les mesures de protection des aquifères mises en place par les embouteilleurs.

Méthodes de mesure et de traitement

L'étude des **contextes naturels**, géologiques en particulier, nous guide pour chercher à confiner les polluants ou du moins contrôler leur dispersion dans la nature, à l'image de ce qui a été fait –avec succès– pour les centres d'entreposage de déchets radioactifs. Appliquer aux pollutions diffuses les méthodes de confinement des déchets, ou du moins les méthodes de gestion active des écoulements en milieu naturel peut paraître paradoxal, mais l'enjeu est considérable.

La **spectrométrie de masse** à haute résolution permet d'identifier un grand nombre de molécules. Une chimiothèque de plus de 1000 xénobiotiques a été constituée dont environ une moitié de médicaments, une moitié de pesticides et leurs métabolites. Les spectres de masse, les temps de rétention et les masses exactes de toutes les molécules ont été regroupées dans une base de données. La confrontation entre la base de données et les informations obtenues sur les échantillons d'eau a permis l'identification et la semi-quantification de 750 pesticides, médicaments et leurs métabolites en une seule analyse sur un volume initial de 50 mL d'eau.



Les capteurs sont des outils de mesures adaptés aux analyses de terrain. Ils permettent une détection rapide et précise, techniquement simple à mettre en œuvre sur site et à moindre coût. Les **capteurs électrochimiques** sont une des voies étudiées mais leur sensibilité et leur spécificité restent encore insuffisantes pour un milieu chimiquement aussi complexe que les eaux naturelles et pour les seuils de détection de micropolluants parfois extrêmement bas imposés par la DCE. Mais ils sont économiques, faciles d'emploi, peu consommateurs d'énergie. Ils ne consomment pas de réactifs, ce qui évite les contaminations induites, ils sont propices à la miniaturisation et à l'installation in situ, et ils donnent des résultats quasiment en temps réel.

Augmenter la sensibilité et la sélectivité des capteurs développés au laboratoire du CNRS « Interfaces Confinement Matériaux et Nanostructures », consiste à fonctionnaliser les matériaux. L'objectif est le développement de **capteurs électrochimiques** dédiés à la détection de micropolluants métalliques prioritaires définis dans la DCE et plus particulièrement le nickel et le plomb.

Des alternatives à l'analyse chimique sont l'utilisation de tests basés sur des **cellules en culture** et des tests purement in-vitro visant à déterminer l'interaction potentielle des molécules chimiques contenues dans l'échantillon avec des protéines purifiées (enzymes, récepteurs ou transporteurs hormonaux).

La stratégie qui offre actuellement la possibilité de déterminer l'effet endocrinien d'un échantillon d'eau aussi complexe qu'un effluent de station d'épuration reste l'utilisation de **tests in-vivo**. Les capacités d'absorption, de distribution, de métabolisation de telle molécule par l'organisme sont alors prises en compte et toutes les cibles des voies hormonales sont présentes. L'utilisation d'organismes complets permet, de plus, d'intégrer les effets des autres molécules présentes dans l'échantillon d'eau pour le traduire en un résultat net qui permet de savoir si le cocktail de molécules entraîne un effet endocrinien. Les tests mis en œuvre doivent être quantitatifs pour évaluer les niveaux de perturbation entre l'entrée et la sortie de la station d'épuration, ou d'un jour à l'autre. Plusieurs protocoles de tests répondent à ce cahier des charges. Ils utilisent des organismes aquatiques transgéniques qui expriment une protéine fluorescente en réponse à l'action de perturbateurs endocriniens. On utilise notamment des larves d'amphibiens ou de poissons qui s'allument en fluorescence quand une fonction hormonale est modifiée. L'OCDE encourage le développement de ce type de tests qu'il a validé avec l'objectif de les proposer comme lignes directrices pour la détection des effets thyroïdiens et oestrogéniques des molécules.

Certains composés pharmaceutiques ne sont pas éliminés par les techniques classiques d'assainissement et se retrouvent dans l'environnement, et parfois à nouveau dans les stations de potabilisation de l'eau-ressource. On a cherché à les éliminer par un procédé fondé sur le couplage entre **l'ozone et le charbon actif**. Les interactions entre l'oxydant et le matériau adsorbant engendrent des radicaux hydroxyles qui conduisent à la dégradation des composés. Des expériences ont été menées dans un réacteur semi-continu pour traiter une solution comportant six composés appartenant à des classes pharmaceutiques différentes. L'efficacité a été évaluée en tenant compte de la dégradation des polluants cibles et de l'évolution de la toxicité au cours du temps. Les résultats ont été comparés à ceux de l'ozonation seule et de l'adsorption seule, ce qui a souligné le très fort potentiel du couplage ozone/charbon actif. Les performances dépendent peu des conditions opératoires et des polluants cibles, mais certains sous-produits d'oxydation peuvent développer une toxicité significative, ce qui impose de conduire le traitement jusqu'à une minéralisation avancée et jusqu'au traitement complet de l'effluent.



Les **métaux lourds** sont un souci croissant pour l'environnement et la santé par leur dispersion dans les eaux douces, les eaux marines, l'air et les sols. Des concentrations croissantes sont observées dans les aliments, légumes, graines, fruits, poissons et fruits de mer. Une fois relâchés dans l'environnement, les métaux lourds, qui ne sont guère biodégradables. Ils y persistent parfois plus de 10 ans. Parmi eux, le **mercure** est présent sous forme minérale ou sous forme de composés organo-métalliques. Le méthylmercure, par sa bio-accumulation, est d'une importance critique pour l'environnement et la santé. L'Organisation Mondiale de la Santé a fixé une norme maximum de 1 µg/l dans les eaux potables. Pour le détecter, on s'est intéressé à l'or sous forme de nano-particules en raison de son affinité pour le mercure. Il permet de réaliser une préconcentration sur électrode. La technique est très sélective et d'une bonne sensibilité : la concentration de 0,2 pM de mercure est mesurable.

Une nouvelle **méthode multi-résidus** permet la détection et la semi-quantification de 750 molécules. Elle combine une pré-concentration de type SPE (extraction en phase solide) en ligne suivie d'une séparation par chromatographie liquide couplée à de la spectrométrie de masse haute résolution. Elle est l'une des plus exhaustives en matière d'analyse de médicaments et de pesticides dans l'eau. De plus, la création d'une banque de donnée interne contenant une grande diversité d'informations sur les composés recherchés permet une annotation et une identification fiables de ces derniers. L'application à diverses ressources en eau a confirmé la présence d'un grand nombre de pesticides, médicaments et leurs métabolites. Dès lors il serait intéressant d'évaluer plus largement les différentes ressources en eaux (eaux de surface et eaux souterraines) et de réaliser un état des lieux de la pollution environnementale, en s'interrogeant sur la présence de nouvelles substances émergentes, et sur les niveaux d'exposition et de toxicité.

La birnessite* électrodéposée sous forme de film mince est un matériau très intéressant pour le **traitement électrochimique** appliqué à l'assainissement des eaux usées contenant notamment glyphosate et AMPA**. De très bonnes capacités de minéralisation ont été obtenues pour le glyphosate avec des besoins énergétiques très faibles, et des coûts extrêmement bas. On estime la dépense à ~ 1 euro pour minéraliser 1 kg d'AMPA dans des conditions de laboratoire, en tenant compte à la fois de la synthèse des films minces de birnessite et du traitement électrochimique.

**La birnessite, oxyde de manganèse de la famille des phylломanganates, est la principale phase minérale du manganèse dans les sols. La birnessite oxyde les polluants organiques via des échanges électroniques qui se produisent à sa surface. L'idée est d'utiliser ce matériau comme une « électrode » dans un procédé électrochimique qui favorise les transferts électroniques et favorise la régénération afin d'améliorer les capacités de dégradation et de minéralisation de la birnessite.*

*** Acide alpha-amino-3-hydroxy-5-méthyl-4-isoxazolepropionique, un [neurotransmetteur](#).*



Quel avenir ?

La prise de conscience et la volonté de réduire la présence des micropolluants et des polluants émergents sont réels mais encore insuffisants dans la gestion des territoires. Le traitement biologique par les stations d'épuration permet d'abattre une partie de ces substances mais l'efficacité reste comprise entre 30% et 100%. Il n'existe pas à ce jour de normes de rejet des micropolluants, excepté en Suisse et dans le sud de l'Allemagne.

L'Union Européenne a listé 45 substances prioritaires de familles chimiques variées (cations métalliques, hydrocarbures aromatiques polycycliques [HAP], pesticides...), selon des normes fixées par la DCE. Quatre micropolluants métalliques sont cités : le mercure, le plomb, le cadmium et le nickel. Mais force est de constater que des inerties demeurent depuis 2000 dans la prise en compte des objectifs de la DCE par les territoires.

Définir une performance reste malaisé, car les micropolluants (émergents ou non) ont un impact sur la santé à des concentrations de l'ordre du ng/l. C'est justement leur définition. Le coût et la complexité des analyses limitent considérablement le nombre de mesures possible. L'interprétation des résultats vis-à-vis de la perturbation endocrinienne reste un réel challenge : une proportion encore trop faible des molécules a été testée pour leur effet endocrinien potentiel et même pour les molécules identifiées comme perturbateurs, les connaissances ne permettent pas de prédire l'effet des mélanges de plusieurs dizaines de molécules à faible dose.

La première voie repose sur des actions à la source. Des actions de communication, une prise de conscience et un changement de comportement des artisans, des particuliers, des industriels ainsi que sur le suivi des eaux pluviales pour réduire les émissions.

L'élimination de l'effet endocrinien par la station d'épuration est plus ou moins performant selon les molécules. La composition de l'entrant varie si la station est reliée à un réseau urbain uniquement, à un réseau urbain couplé à des industries ou à un réseau recevant des apports issus d'activités agricoles. La nature précise des activités industrielles, la présence d'hôpitaux dans l'agglomération, l'importance des activités agricoles sont déterminants ainsi que les types de procédés utilisés et les réglages associés. A cela s'ajoute le rôle des milieux aquifères, difficile à cerner, entre exutoire généralisé des émissions et effet bénéfique par la fonctions épuratrice naturelle qui fait effet selon la distance depuis les sources émettrices.

Beaucoup d'innovations portent sur les techniques d'analyse puis de traitement. On augmente la sensibilité et la sélectivité des capteurs, des greffages électrochimiques de groupements les rendent sélectifs vis-à-vis de micropolluants visés. Les tests basés sur des cellules en culture ou purement in-vitro visant à déterminer l'interaction potentielle des molécules sont prometteurs. Mesurer de l'effet biologique global des micropolluants face à la diversité des sous-produits de dégradation et la variabilité du taux d'élimination s'appuie sur l'effet intégrateur et permet d'évaluer globalement l'écotoxicité d'une filière. Il apporte des informations sur l'effet endocrinien en ciblant toutes les étapes de la voie hormonale.

