

Adsorción de microcontaminantes emergentes en aguas residuales farmacéuticas con una nueva generación de reactores de lecho fluido

La masiva introducción de fármacos en nuestras vidas está generando un impacto medioambiental cada vez más evidente. Los residuos generados se vierten, de forma casi inapreciable al principio, en la red de alcantarillado y depuración de los núcleos de población. El hecho de que estos restos suelen darse en concentraciones muy débiles hace que su detección sea muy compleja y hasta hace poco, pasaban inadvertidos para la mayoría de los controles. Sin embargo, su presencia es considerada, hoy en día, como un riesgo debido a sus potenciales efectos perjudiciales en los ecosistemas y en la salud humana. Por ello, hoy más que nunca es clave desarrollar tecnologías que permitan afrontar con eficiencia el problema de los microcontaminantes antes de su vertido al medio, a la salida de las propias industrias.

KADER GAID ; PHILIPPE SAUVIGNET

DEPARTAMENTO TÉCNICO Y PRESTACIONES
DE VEOLIA ENVIRONNEMENT, AUBERVILLIERS
ABDELKADER.GAID@VEOLIA.COM ; PHILIPPE.
SAUVIGNET@VEOLIA.COM

Numerosos microcontaminantes orgánicos, tanto plaguicidas, disruptores endocrinos, como sobre todo residuos de medicamentos, están cada vez más presentes en las aguas residuales. Su eliminación es problemática en las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR). Por ello, estas sustancias terminan vertiéndose en los medios receptores de los que procede el agua potable.

Se han desarrollado diferentes procesos de tratamiento de estos microcontaminantes, para dar respuesta a la creciente preocupación de la industria farmacéutica. Algunos se aplican en el tratamiento terciario de las plantas de tratamiento de aguas residuales, ya sean en la propia industria o EDAR municipales para reducir su vertido; otras soluciones se basan en el tratamiento en las plantas de agua potable.

El último proceso desarrollado por Veolia Water Technologies para este tipo de aplicaciones es el proceso Oparcarb® FL, un proceso de reactores de lecho fluido de carbón activado.

La experimentación pone de manifiesto la eficacia de Oparcarb® FL tanto en lo que respecta a la calidad del agua producida (turbidez, DQO), como a su eficacia en la elimina-

ción de los compuestos responsables de las alteraciones endocrinas.

Introducción

Cuando hablamos de microcontaminantes, nos referimos a un problema emergente que inquieta cada vez más a la industria, sobre todo la dedicada a la fabricación de fármacos, una de las fuentes de este tipo de residuos.

Así, las aguas residuales municipales contienen una gran cantidad de estos microcontaminantes, como son disruptores endocrinos y otros principios activos. El tratamiento biológico realizado en las plantas de tratamiento de aguas residuales elimina un porcentaje importante de estos restos (productos hormonales), pero en el caso de otros, como son los productos farmacéuticos, los pesticidas y los herbicidas, la eficacia es menor. Como resultado, al final del proceso de tratamiento, las aguas residuales tratadas siguen contaminadas por estas moléculas orgánicas que terminan vertiéndose al medio ambiente receptor.

Aunque las normas de vertido aún no están claramente fijadas para este tipo de compuestos orgánicos, pronto será importante eliminarlos antes de su descarga en el medio ambiente, probablemente mediante un tratamiento terciario, o bien habrá que plantearse su eliminación complementaria directamente en las plantas de agua potable.

Varios procesos de tratamiento son posibles y se clasifican según el mecanismo de eliminación:

- Procesos de oxidación química, que incluyen la ozonización simple o combinada con la adición de peróxido de hidrógeno (H_2O_2), el uso de radiación UV combinada con ozono, H_2O_2 o adición de óxido de titanio (TiO_2).
- Procesos de adsorción en carbón activado mediante la adición de carbón activado dentro de un reactor (carbón activado en polvo, microgranulado o granulado).
- Procesos avanzados para la depuración biológica de aguas residuales con lechos móviles (MBBR).

Los resultados obtenidos mediante los procesos implementados por Veolia utilizando carbón activado en polvo han sido objeto de numerosas comunicaciones (1 a 8). Al parecer, el uso de carbón activado en polvo en plantas de coagulación-floculación-sedimentación requería la adición de coagulante y polímero para formar un aglomerado fácilmente sedimentable. La adición de coagulante y polímero podría aparecer, en algunos casos, como una desventaja económica ya que generaría costes adicionales de cara a los procesos de funcionamiento.

Por esta razón, Veolia decidió utilizar un carbón en polvo aglomerado bajo forma de micrograno, cuyas condiciones de uso no requerían la adición de reactivos químicos. En

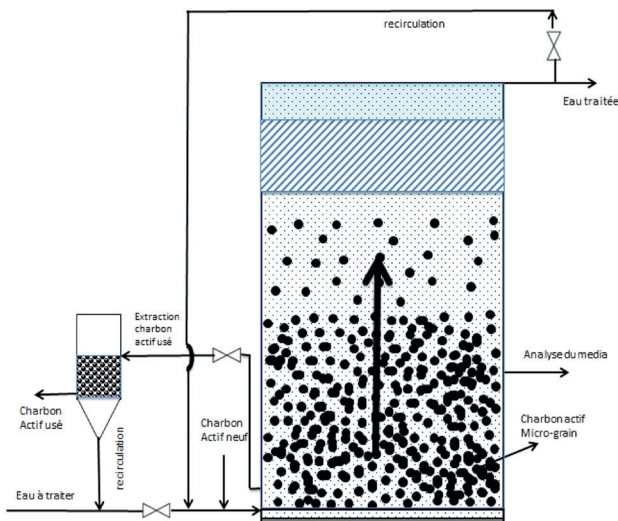


Figura 1: Opacarb® FL con opción de lamelas.

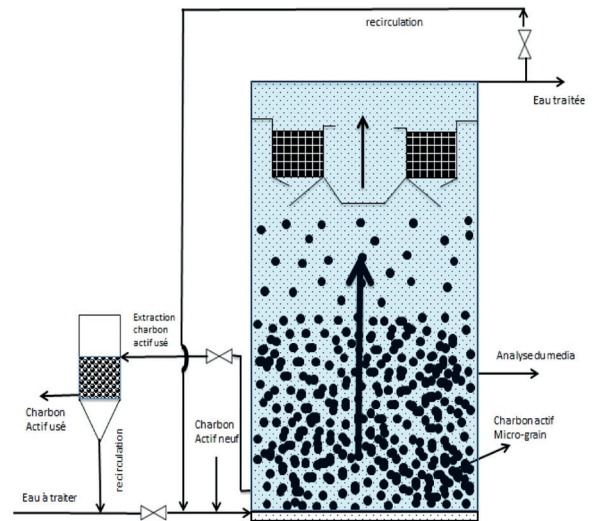


Figura 2: Opacarb® FL con opción de deflector.

combinación con las importantes propiedades mecánicas y de adsorción, el micrograno es especialmente adecuado para la reacción múltiple. El proceso Filtraflo® carb (9) utilizado para caudales bajos y medios ha demostrado su eficiencia en esta aplicación, existiendo cuatro plantas de agua potable que ya funcionan según este principio y con este tipo de carbón activado microgranulado.

Para caudales más elevados, se ha desarrollado el proceso Opacarb® FL (sin adición de coagulante o polímero) utilizando carbón activado microgranulado. Este artículo describe este proceso y presenta los resultados obtenidos con respecto a la materia orgánica.

II El proceso Opacarb® FL

II.1 Descripción del proceso

Opacarb® FL es un reactor de flujo ascendente que consiste en un lecho fluido de carbón activado microgranulado. El uso de un flujo ascendente permite una expansión controlada del carbón activado en función de la velocidad aplicada. De hecho, esta velocidad está calculada para evitar una expansión excesiva que podría provocar una pérdida de medios.

Por lo tanto, el agua a tratar se alimenta desde el fondo del reactor utilizando medios mecánicos e hidráulicos para asegurar una distribución óptima del flujo a través de los medios (Figuras 1 y 2).

La velocidad del flujo se calcula de forma que se obtenga un compromiso entre, por un lado, una zona de expansión del lecho de carbón activado y, por otro, una zona de tranquilidad suficiente para evitar la presencia de partículas de carbón activado.

Los índices medios de expansión del lecho de carbón activado se sitúan entre el 10 y el 100%. Sin embargo, para una misma tasa de ascensión, esta tasa de expansión varía en función de las características del carbón activo. Los parámetros se definen en función de la granulometría del carbón activado, la altura de la estructura deseada y la concentración de carbón activado en el medio.

El reactor puede estar equipado con un paquete lamelar situado por encima de la zona de amortiguación (Figura 1) para atrapar las partículas residuales de carbón activado.

El tipo de lamelas utilizadas es del tipo agua potable con la clásica separación de 36 a 42 mm.

El reactor también puede tener un deflector de agua en la parte superior (figura 2), diseñado para separar físicamente las partículas. En este caso, las pequeñas partículas de carbón activado que son arrastradas hacia arriba en el reactor se topan con los medios de desviación y, debido a la disminución de la velocidad del flujo ascendente, vuelven a caer hacia abajo en el reactor. El agua tratada queda casi libre de partículas de carbón activado.

En todos los casos, la zona de amortiguación, que está relacionada con la tasa de expansión del medio y la altura total de la estructura, reduce la turbulencia del medio y controla la fuga de partículas de carbón activado.

Opacarb® FL dispone de medios para inyectar carbón activo nuevo y para extraer el carbón activo usado. Este último se extrae por la parte inferior y se dirige hacia un separador (hidrociclón) que permite recircular los goteos dentro del reactor. El carbón activo gastado se envía para su regeneración térmica, que se lleva a cabo en una empresa especializada.

Opacarb® FL puede incluir una recirculación de agua tratada que permite disminuir la concentración de sustancias contaminantes en el agua bruta y reducir las dosis de carbón activado que se envían al reactor.

Por último, se puede instalar una unidad de análisis para medir la capacidad de adsorción de las muestras de microgranulos del reactor, como el índice de yodo.

II.2 Parámetros de funcionamiento :

El dimensionamiento del reactor se basa en un tiempo de contacto variable entre 5 y 20 minutos. La concentración de carbón activado en el reactor puede estar entre 100 g/l y 800 g/l. La granulometría del carbón activado está entre 100 y 800 µm. La velocidad de circulación ascendente en relación con la expansión será de entre 20 y 40 m/h.

II.3. Resultados :

Los tests se realizaron con carbón activado con un tamaño de partícula entre 0,4 mm y 1 mm (Figura 3). La concentración de carbón activado era de unos 200 g/l.

El carbón activado es pulverizado antes de ser aglomerado. Su estructura porosa (figura 4) abarca una amplia gama de tamaños de poros (poros de transporte y poros de adsorción) para favorecer la cinética de adsorción. La creación de poros de transporte en los gránulos reaglomerados permite que los gases activadores penetren profundamente en el gránulo y activen no sólo su superficie, sino todo el grano.

El reactor utilizado es una columna (figura 5) con un paquete lamelar. Las velocidades de ascenso fueron de 20 m/h y 40 m/h para

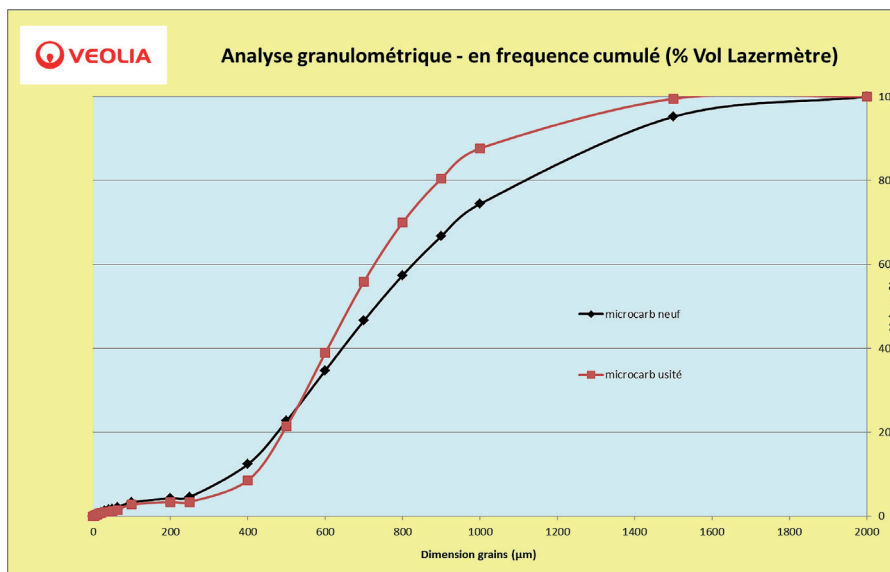


Figura 3: Tamaño de las partículas de carbón activado Microsorb

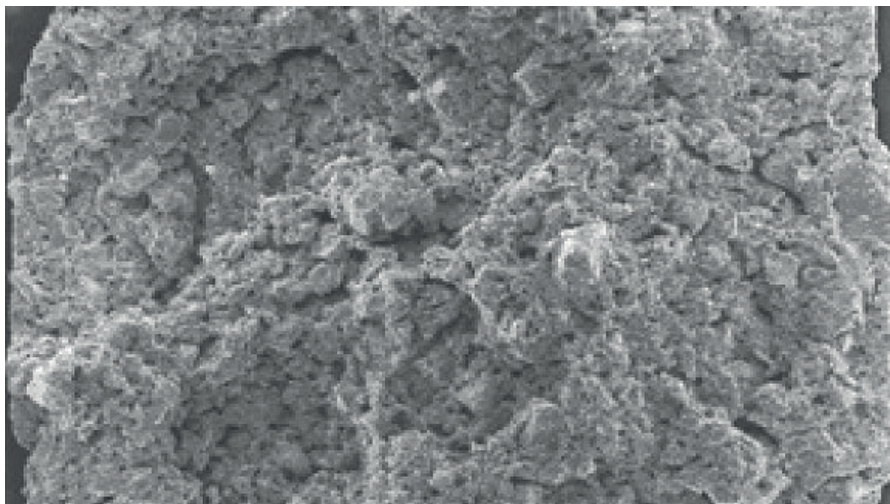


Figura 4: Carbón activado micrograno



Figura 6: pack lamelar empleado

caudales de 2 m³/h y 4 m³/h respectivamente. Los tiempos de contacto fueron ligeramente inferiores a 10 minutos.

Para este tipo de carbón activado y en las condiciones de funcionamiento de los ensayos, el porcentaje de expansión alcanza el 100% para una velocidad de ascenso de 40 m/h y solo es del 13,5% para una velocidad de 10 m/h, lo que no es suficiente para que el lecho de carbón entre en fluidificación (figura 8).

Los resultados obtenidos demuestran que la turbidez está controlada por los medios de separación y captura y se mantiene significativamente por debajo de 2 NTU y, por lo tanto, es compatible con la filtración aguas abajo. La eficiencia de eliminación de COD varía entre el 50 y el 70%, dependiendo de



Figura 5: Columna de ensayo



Figura 7: Implementación con paquete lamelar

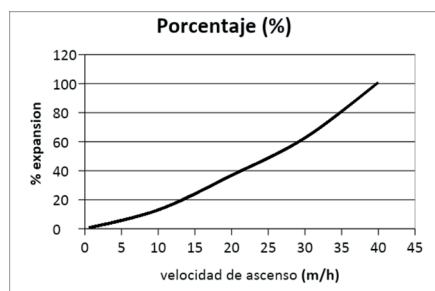


Figura 8: Porcentaje de expansión en función de la velocidad de ascenso

la dosis de carbón activado y de la edad del carbón activado en el reactor (Figura 10).

La eliminación de plaguicidas y microcontaminantes emergentes también es muy elevada y depende de la dosis de carbón activo inyectada durante la renovación.

III. Ámbitos de aplicación de Opacarb® FL

Los ámbitos de aplicación de Opacarb® FL son los siguientes

- Como primer paso de tratamientos para aguas subterráneas (con muy baja turbidez) contaminadas con pesticidas y/o materia orgánica y micro contaminantes orgánicos.
- Integrado como una etapa más de refinamiento de las aguas superficiales contaminadas con pesticidas, materia orgánica y/o micro contaminantes orgánicos.
- Integrado como una etapa de refinado en el tratamiento terciario de aguas residuales cargadas de pesticidas, materia orgánica y micro contaminantes orgánicos.

IV. Conclusiones

Veolia apuesta por un proceso constante de innovación tecnológica. Para el tratamiento de plaguicidas, microcontaminantes emergentes y materia orgánica, el proceso Opacarb® FL supone una verdadera aportación tecnológica porque:

- Funciona sin coagulantes ni polímeros añadidos al agua.
- Las velocidades ascensionales pueden variar entre 20 y 40 m/h.
- El carbón activado utilizado es regenerable. Por tanto, no hay lodos que tratar.
- Su implementación es sencilla y las innovaciones introducidas en su funcionamiento permiten:
 - obtener agua descontaminada,
 - mejorar la gestión del carbón activado, en particular mediante la reducción de las dosis,
 - generar un ahorro sustancial gracias a este modo de funcionamiento
 - reducir las pérdidas de agua ●

Bibliografía :

1. Gaid,K., Sauvignat,Ph., Koh,W.K., (2012),Investigation and comparison of the performance of the magnetic ion exchange process and the powder activated carbon with ballasted clarification process for NOM removal from high TOC water source, conf.Singapore.
2. Gaid,K., Sauvignat,Ph., Marlin,P., (2017), Use of PAC (powder Activated Carbon) combined with Actiflo & UF membrane for enhanced NOM removal from a high DOC (Dissolved Organic Carbon) water source.
3. Sauvignat,Ph., Mechouk,C.,(2010), Elimination de la matière organique utilisant l'Actiflo® carb sur une eau de nappe alluviale de Loire., prés. Journées Informations Eaux, Poitiers, France.
4. Gaid,K., Sauvignat,Ph., (2012), Elimination des micropolluants en eaux usées avec réacteur charbon actif en poudre (Actiflo® Carb) et suivi de la qualité du traitement , prés. Journées Informations Eaux, Poitiers, France.
5. Gaid,K., Sauvignat,Ph., Bourdon,F., Rigot,M.,Ingrand,V.,(2015),Les réacteurs CAP "Multiflo-Actiflo": la solution pour l'élimination des perturbateurs endocriniens et substances dangereuses, Eaux, Industries & Nuisances, n°353, p68-75.
6. Gaid,K., Sauvignat,Ph.,(2013), High rate PAC reactor combined with Ozone Oxidation for enhanced micro-pollutants removal from urban waste water, prés.International Water Association, Zurich, Suisse.
7. Gaid,K., Sauvignat,Ph., Chesneau,M., Bro Capron,R., (2007), Veolia Water introduces the Actiflo® carb process (PAC reactor combined with Actiflo®) delivering NOM (Natural Organic Matter), pesticides & endocrine disruptors removal for potable water treatment plants,
8. Gaid,K., Sauvignat,Ph.,Tazi-Pain, A., Houssais,B., (2007), Les réacteurs CAP: un plus pour l'élimination des matières organiques et pesticides, Eaux Industries & Nuisances, n°307, p49-56.
9. Gaid,K., Sauvignat,Ph.,(2015), Substances organiques, perturbateurs endocriniens, micropolluants., le Filtraflo® carb une solution efficace, Eaux, Industries & Nuisances, n°381, p79-83.

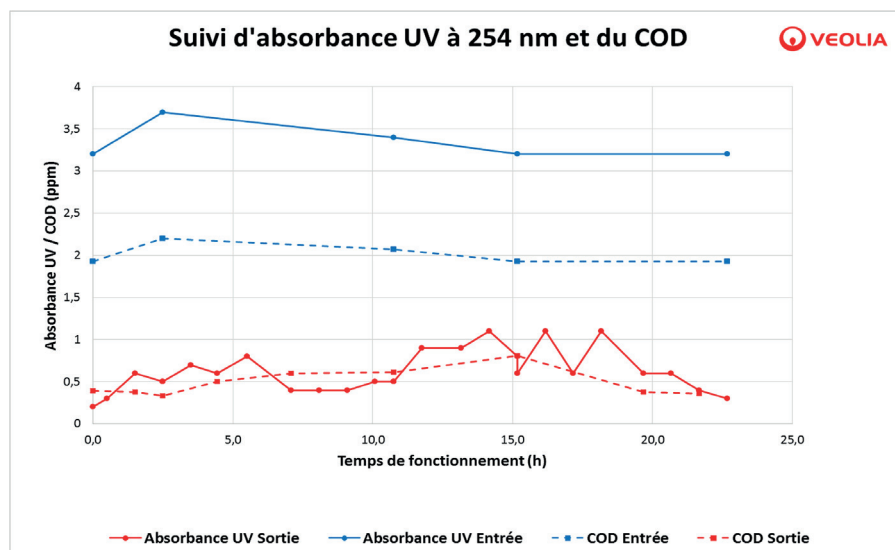


Figura 9: Control de la absorbancia de la UV254 y del carbono orgánico disuelto (COD)

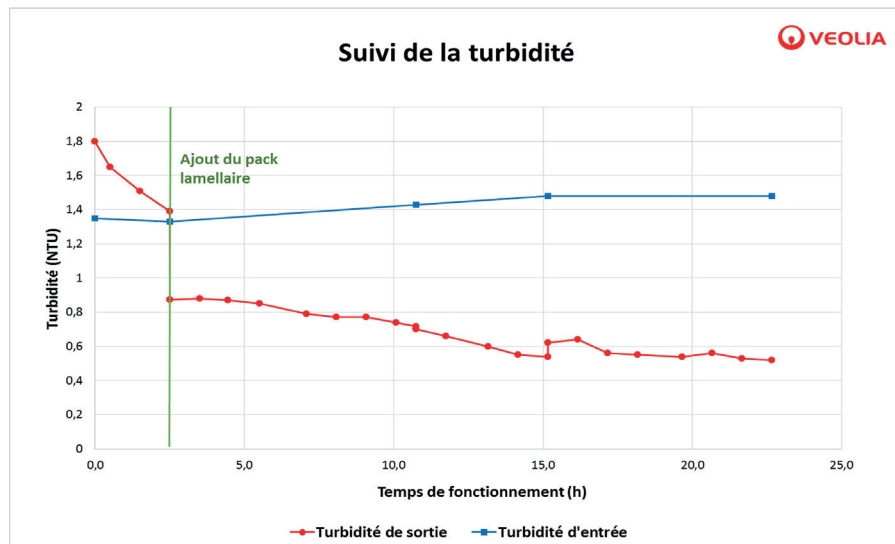


Figura 10: Control de la turbidez