



# ADMIR

## **BioMIR**

---

L'imagerie infrarouge au service du contrôle de la qualité microbienne des eaux

# La qualité de l'eau : un enjeu pour l'avenir



## Contexte

Dans un contexte d'accroissement démographique mondial et d'augmentation des risques de contamination par les activités humaines, la qualité de l'eau est plus que jamais un enjeu de santé publique.

En 2023, les eaux de baignade françaises représentaient à elles seules 3370 points de surveillance microbiologique<sup>1</sup>. S'y ajoutent les nombreux contrôles quotidiens des eaux destinées à la consommation ou à la production industrielle. Plus nombreux et plus stricts, ces contrôles nécessitent des moyens toujours plus importants.

[1] <https://www.eea.europa.eu/themes/water/interactive/bathing/state-of-bathing-waters>

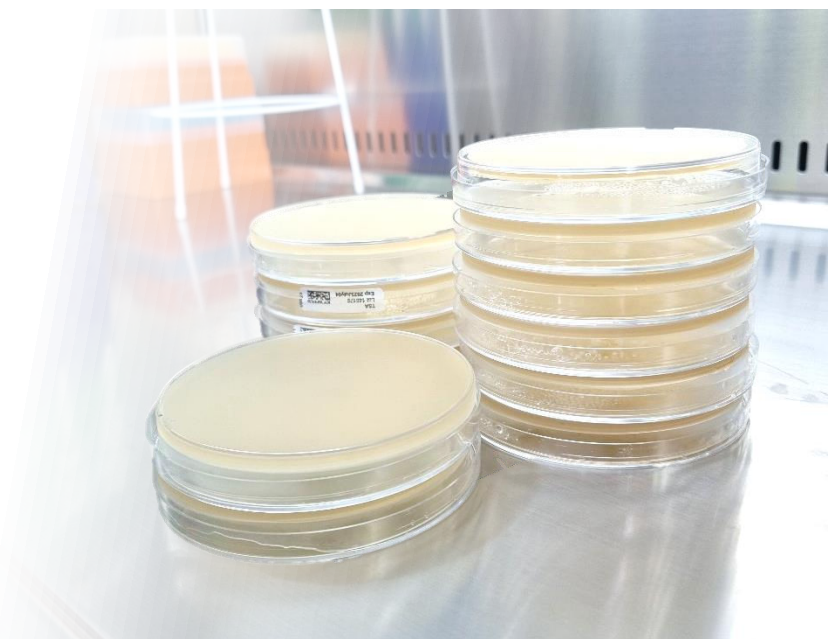
## Procédé standard

Les contrôles microbiologiques surveillent une large gamme de microorganismes pathogènes ou associés à une contamination fécale. Les tests standards passent par une mise en culture des cellules sur des milieux sélectifs ou chromogéniques, puis par un comptage des colonies ainsi formées. Bien qu'efficace, cette approche nécessite de tester plusieurs milieux de culture spécifiques, ce qui implique d'importantes quantités de consommables.

Jusqu'à douze cultures par échantillon

Difficultés à détecter certaines souches toxiques

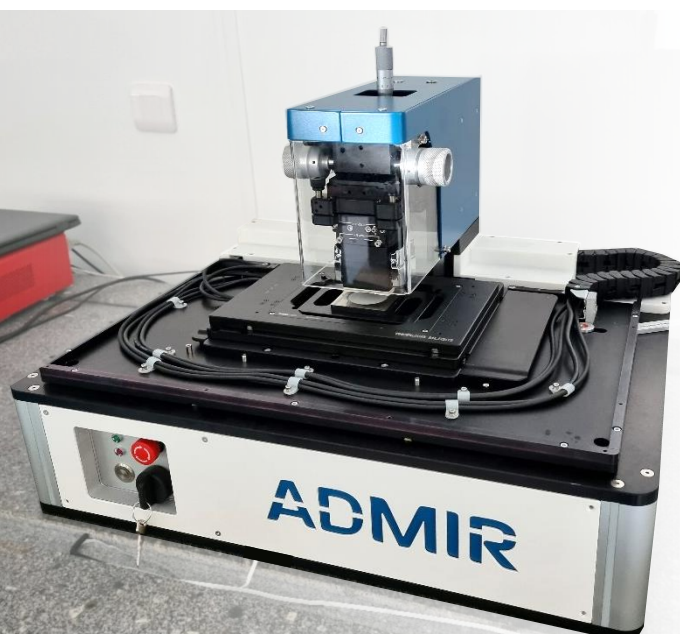
Nécessite une logistique conséquente



## BioMIR

Les instruments de la gamme BioMIR sont spécifiquement conçus pour améliorer l'identification microbiologique, réduire le recours aux consommables et simplifier la préparation d'échantillon.

- Identification universelle
- À partir d'une culture unique
- Sans réactif
- Sans repiquage
- Permet le typage de *E. coli*



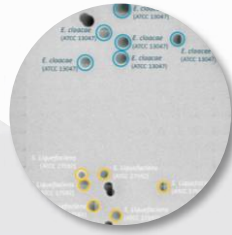
### Idéal pour la filtration

Le BioMIR est conçu pour travailler avec les membranes de filtration. Après capture des microorganismes, puis culture des colonies, la membrane est simplement transférée sur le support de l'instrument. Les colonies sont analysées en place, sans repiquage.



### Utilisation simplifiée

L'appareil est entièrement automatisé. Aucune intervention n'est requise entre le lancement des acquisitions et l'affichage des résultats sur l'interface opérateur.



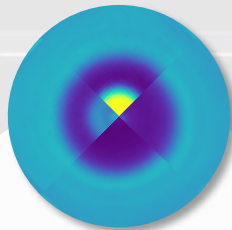
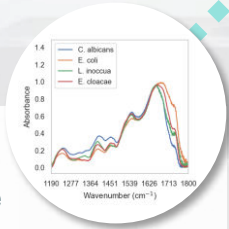
### Sans marquage

L'analyse proposée par le BioMIR est universelle, sans marquage, sans coloration et sans *a priori* sur l'identification. Les résultats sont ainsi fournis sans autre consommable que le matériel de culture et de filtration, et détectent toutes les souches présentes.



### Spectroscopie

BioMIR acquiert des signatures optiques qui traduisent des informations sur la chimie des échantillons. Ces signatures spectrales varient d'une espèce de microorganisme à l'autre, ce qui permet l'identification. L'information spectrale étant fortement redondante, concentrer les analyses sur un nombre restreint de longueurs d'ondes accélère les acquisitions, sans dégrader les performances.



### Imagerie spectrale

L'imagerie dans l'infrarouge, à quelques longueurs d'ondes soigneusement choisies, combine des informations chimiques et spectrales. Ce double apport améliore encore les performances atteignables en identification.

97%

### Deep learning

Les signatures morphologiques et spectrales des colonies sont classifiées *via* un algorithme d'apprentissage profond. À ce jour, notre modèle identifie correctement 97% des colonies, et ce même sur des cas de typage de souches de *E. coli*.

# Protocole

Avec BioMIR, ADMIR s'engage à ne pas modifier les protocoles de préparation d'échantillon déjà en place dans les laboratoires d'analyse de l'eau.

## Prise d'échantillon



Les contrôles microbiologiques concernent toutes les eaux de consommation (potables, de baignade, ou destinées à la production industrielle). Les contrôles qualité surveillent principalement les marqueurs de contamination fécale (*Escherichia coli*, certaines entérobactéries ou encore certains entérocoques), et débutent par un prélèvement d'eau dans le milieu concerné.

## Filtration



Les microorganismes sont ensuite isolés par filtration à travers des membranes poreuses<sup>1</sup>. En déposant ces membranes sur un milieu de culture gélosé, les cellules peuvent être cultivées et vont former des colonies directement à la surface du support de filtration.

[1] Voir normes ISO-7899, 8199 et 9308

## Procédé standard



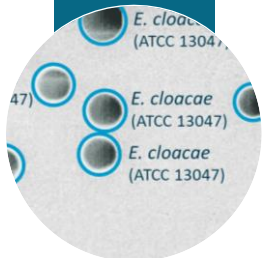
La méthode classique d'évaluation de la qualité de l'eau consiste à déposer les membranes sur différents milieux sélectifs ou chromogéniques. Ces milieux sont spécifiques d'une ou plusieurs espèces-cibles. Plusieurs cultures sur milieux différents sont réalisées afin d'identifier les espèces présentes dans un prélèvement. Cette technique impose donc de réaliser une culture différente pour chaque espèce-cible.

## Protocole simplifié



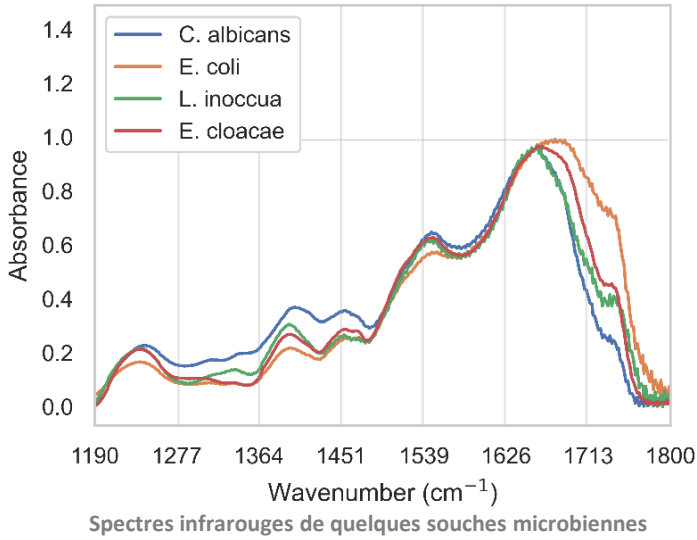
Avec BioMIR, ADMIR vise à remplacer les multiples cultures microbiennes sur milieux spécifiques, par une unique culture sur un milieu générique. Le reste du protocole de préparation d'échantillon est identique.

## Résultats BioMIR



Une fois la membrane placée dans le BioMIR, l'appareil détecte et scanne automatiquement les colonies. Les résultats d'identification, à l'espèce ou à la souche, sont disponibles en quelques minutes. Cette méthode, sans *a priori*, recherche indistinctement toutes les souches microbiennes répertoriées dans une base de données préalablement établie.

# L'imagerie spectrale : quand imagerie et analyse chimique se rencontrent



## De la spectroscopie infrarouge...

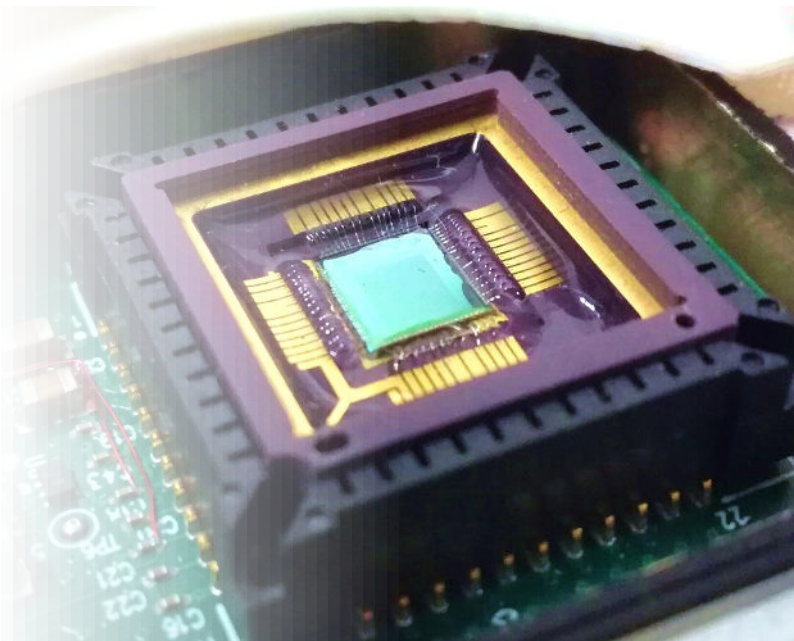
La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier est une méthode d'analyse sans marquage, fournissant des informations sur la composition chimique d'un échantillon. En biologie, elle est utilisée pour le typage de colonies de microorganismes. Cependant, son utilisation souffre de la faible intensité des sources lumineuses utilisées, ce qui limite l'épaisseur maximale des échantillons et force le repiquage des colonies.

- Une identification fiable jusqu'à la souche
- Repiquage nécessaire
- Acquisitions longues, données fortement redondantes

## ... à l'imagerie spectrale

Aujourd'hui, la disponibilité sur le marché d'imageurs toujours plus grands et des sources lasers infrarouges de haute brillance repoussent les limites de la spectroscopie. Ces nouveaux composants permettent désormais l'imagerie rapide d'échantillons biologiques, jusqu'ici trop épais pour être analysés.

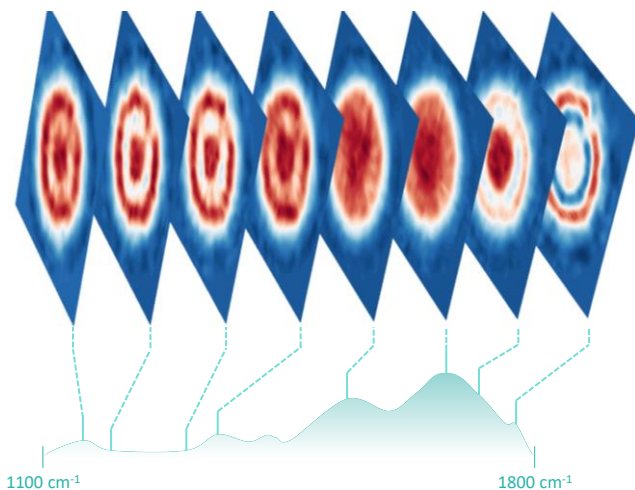
- Grande facilité d'utilisation
- Compacité améliorée
- Coût mesuré



## Vers des analyses approfondies

L'imagerie multispectrale consiste à imager séquentiellement un échantillon à différentes longueurs d'ondes. Cette méthode combine un apport d'informations spectrales et morphologiques, permettant l'obtention d'une signature optique unique pour chaque colonie. L'analyse aboutit à l'identification des populations microbiennes isolées sur une membrane.

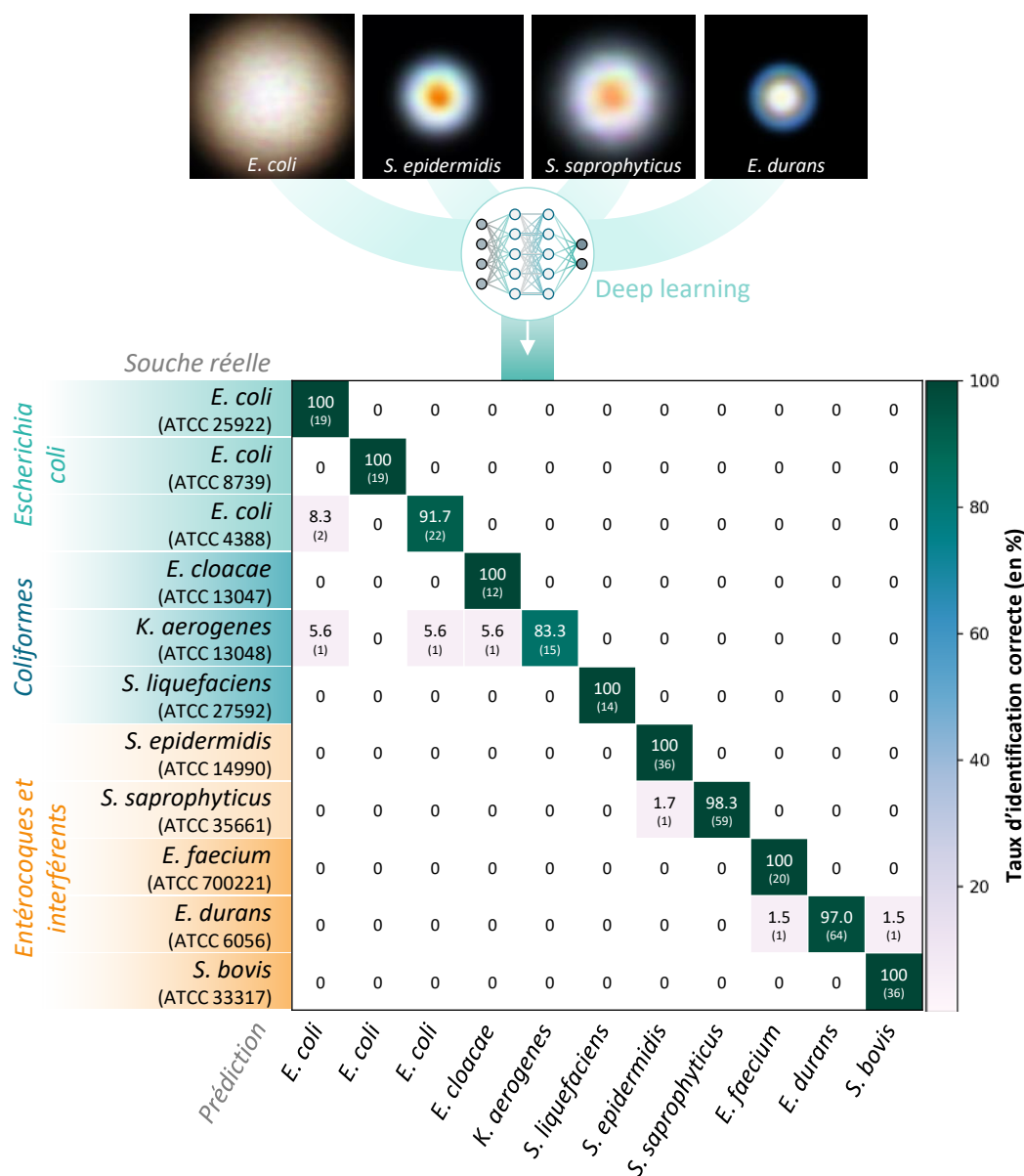
- Analyse rapide : moins de cinq minutes
- Sans repiquage des colonies
- Cible spécifiquement les longueurs d'onde d'intérêt biochimique



# Notre preuve de concept

## De la signature optique multispectrale...

À ce jour, 3300 signatures optiques multispectrales de colonies ont été enregistrées au BioMIR. Ces colonies appartiennent à neuf espèces représentatives des cibles recherchées en analyse de l'eau (*E. coli*, entérocoques), ainsi que certaines espèces interférentes (coliformes, staphylocoques, streptocoques). Sur le cas particulier de *E. coli*, trois souches ont été analysées pour démontrer un premier essai de typage. Après acquisition, un algorithme d'apprentissage profond exploite ces signatures pour identifier la souche microbiologique.



## ... à l'identification

Les résultats de classification sont présentés sur la matrice de confusion ci-dessus. Chaque ligne indique, en pourcentages et pour une souche donnée, le taux d'identification correcte (sur la diagonale) et les probabilités de confusion avec les autres souches (exemple: 98.3% des colonies de *S. saprophyticus* ont été correctement classifiées, 1.7% ont été confondus avec *S. epidermidis*). Les bactéries coliformes sont correctement identifiées dans la plupart des cas. La méthode distingue également les différentes souches de *E. coli*, y compris ATCC 4388, représentative du phénotype toxique O157:H7. Un tel typage permettrait un déclenchement accéléré des protocoles d'urgence en cas de contamination.

Les résultats sur les entérocoques et leurs interférents sont plus encourageants encore, avec près de 100% d'identification correcte. En moyenne, 97% des colonies analysées sont correctement classifiées.

## BioMIR en quelques chiffres

**3300**

colonies  
analysées

**97%**

d'identification  
correcte

**9**

espèces  
reconnues

**3**

souches  
typées

**1**

milieu de  
culture



**ADMIR**



<https://www.admir-analysis.com/>

contact@admir-analysis.com

## BioMIR

BioMIR est un instrument d'analyse basé sur l'imagerie infrarouge. Dédié à l'identification et au typage de microorganismes, il offre trois promesses destinées à améliorer les contrôles qualité.

- 1 Une culture unique sur un milieu générique
- 2 Un appareil automatisé, facile d'utilisation
- 3 Une identification à la souche en quelques minutes

## À propos d'ADMIR

Créée en septembre 2022, ADMIR est une start-up française essaimée de l'institut de recherche CEA-Leti. Elle propose des instruments et des logiciels pour accélérer et améliorer la précision des analyses biologiques. Avec BioMIR, ADMIR propose une solution dédiée à la surveillance de la qualité microbiologique de l'eau.

6  
ans de  
R&D

12  
brevets