Les capteurs au service du développement durable

Najla FOURATI

Un capteur ?

Mesurande (grandeur)

- Optique
- Mécanique
- Magnétique
- Thermique
- Chimique
- Biologique…

Capteur

Capteur (Sens)

Grandeur physique mesurable généralement électrique :

- Intensité de courant
- Fréquence
- Tension …

Capteur capacitif

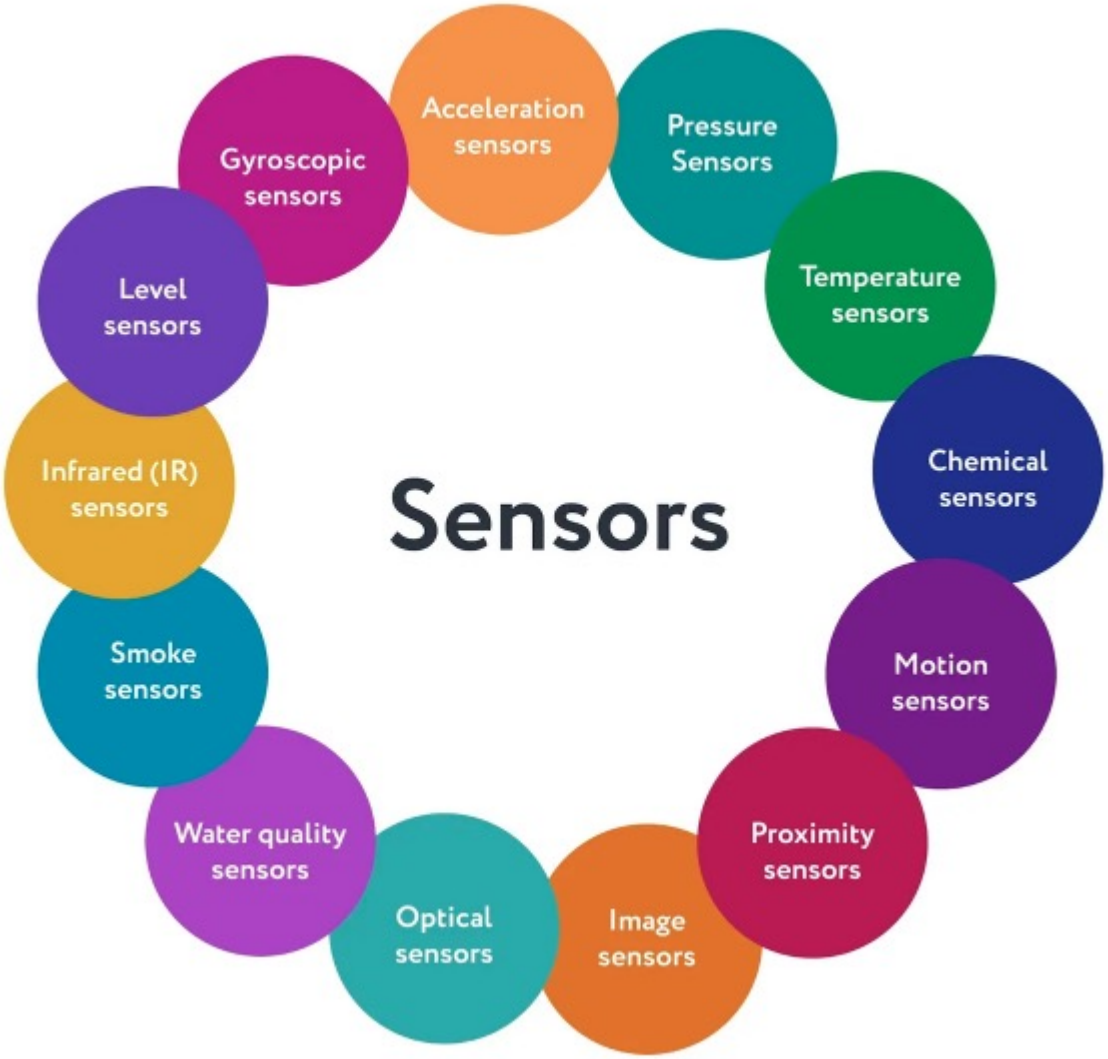
Capteur optique

Capteur chimique

Capteur de pression

Capteur chimique

Exemples d'applications



Les 17 Objectifs de Développement Durable (ODD) de l'ONU définissant les priorités et aspirations mondiales pour 2030

Connaissez vous des exemples de capteurs utilisés dans le domaine de la santé et le bien être ?

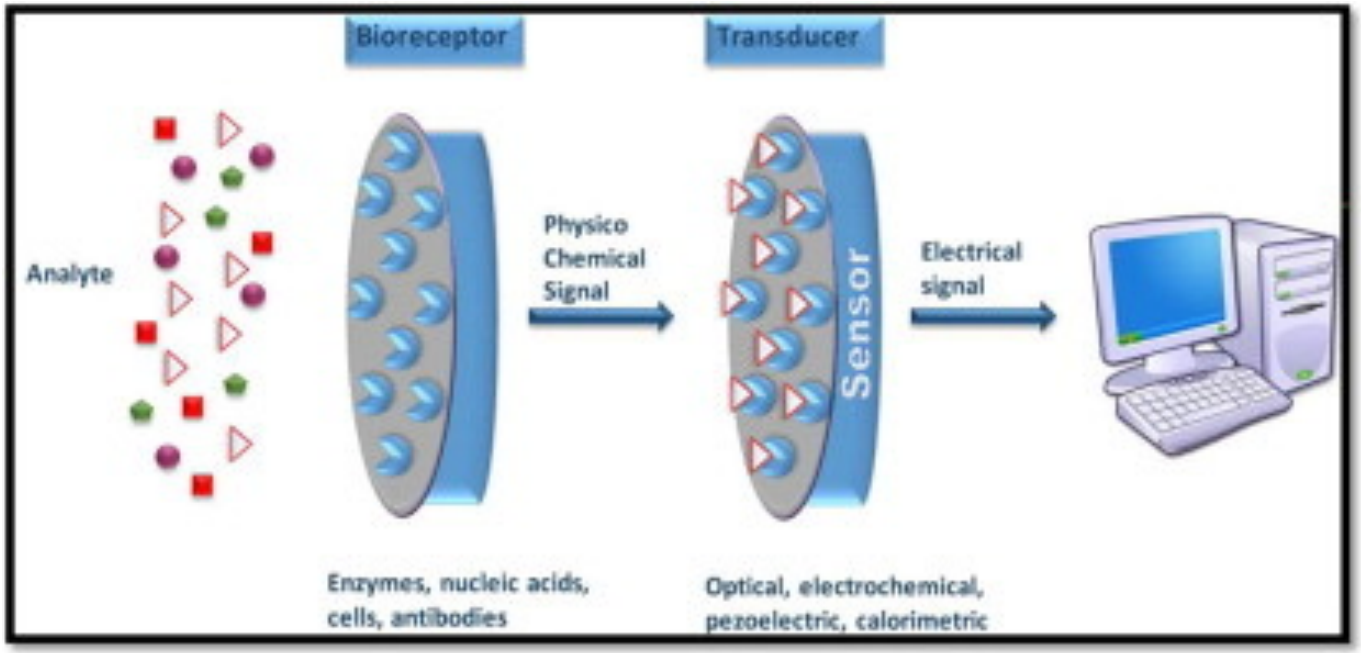
Bien sûr que oui …

Le glucomètre

Le test de grossesse

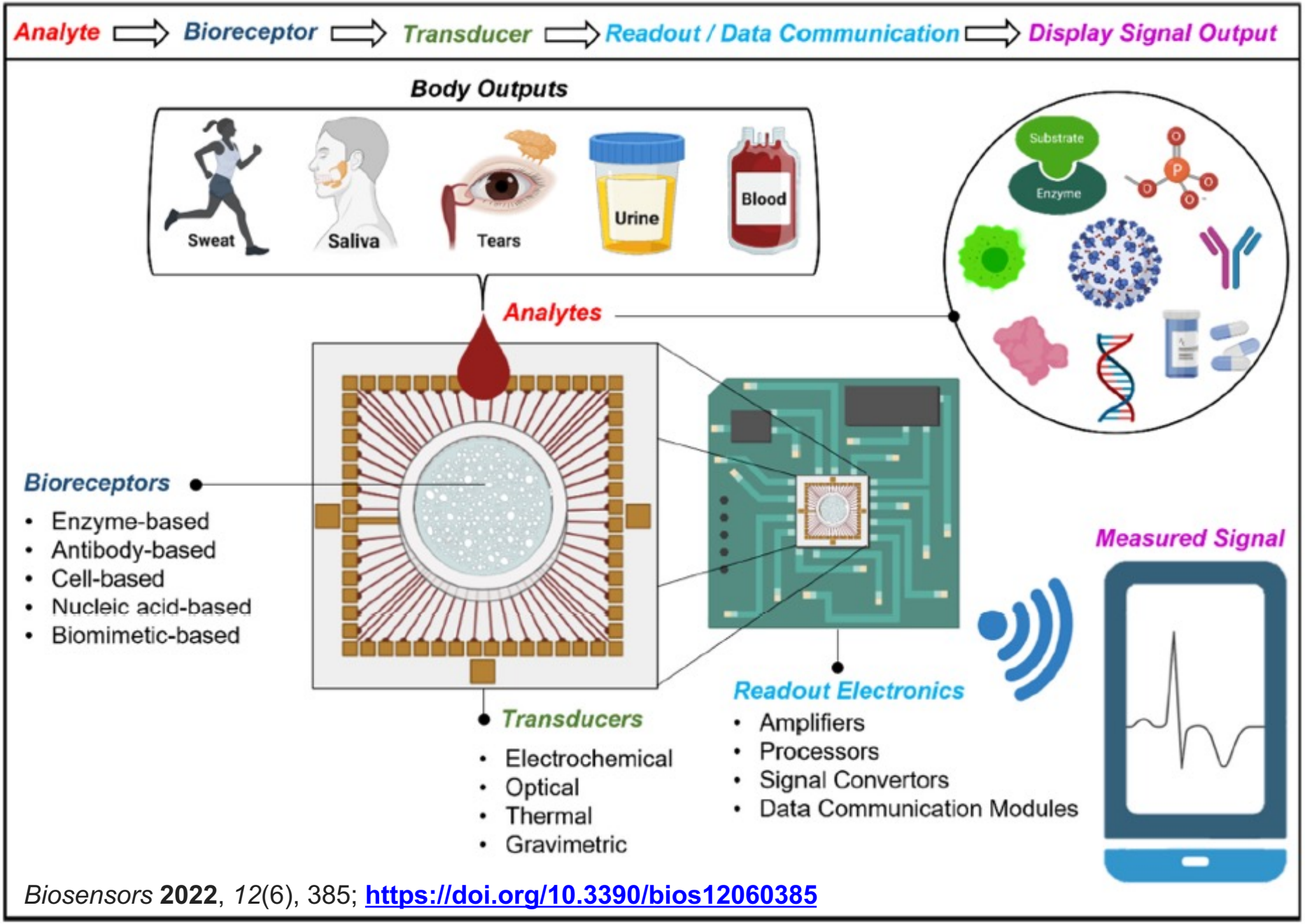
Test de dépistage du Covid 19

Les biocapteurs



Dispositifs analytiques :

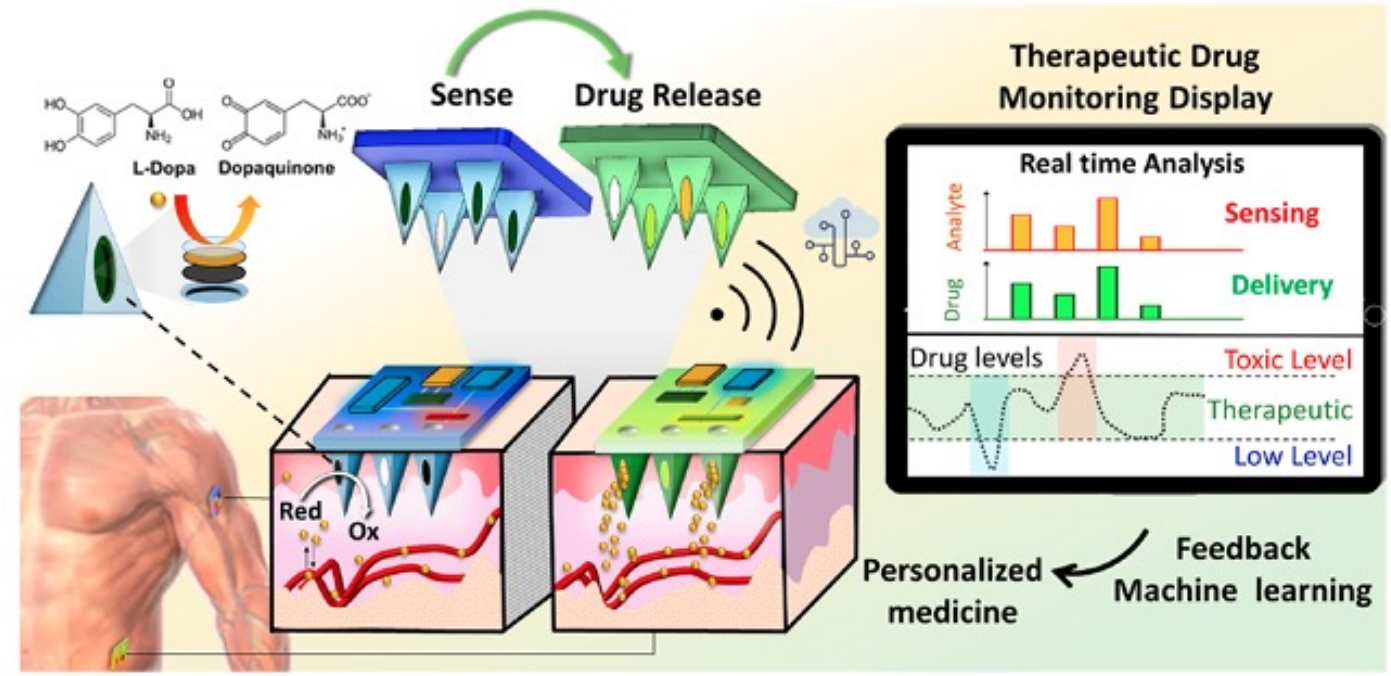
- Un biorécepteur: une entité biologique capable d'intéragir spécifiquement avec la molécule d'intérêt
- Un transducteur : dispositif qui convertit la reconnaissance physico-chimique molécule d'intérêt / biorécepteur en un signal physique mesurable
- Et un moyen de traitement du signal



Biosensors **2022**, *12*(6), 385; **https://doi.org/10.3390/bios12060385**

Tendance actuelle : développement de capteurs portables

Les capteurs portables : des outils utiles pour surveiller votre état de santé



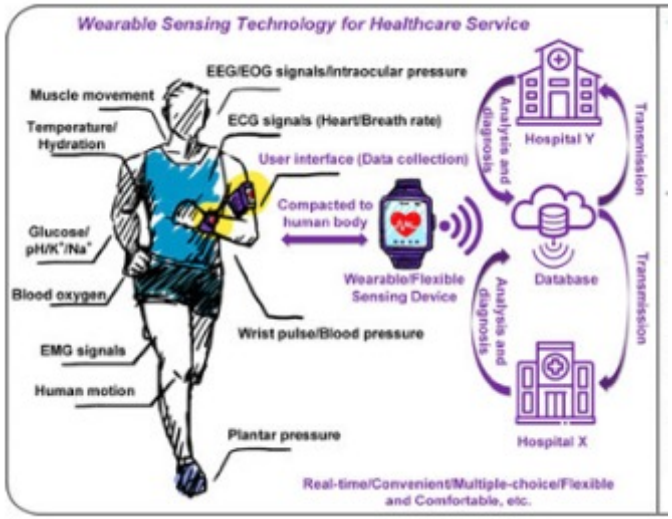
Système autonome de **micro-aiguilles** pour la mesure en continu du taux de glucose ou le suivi thérapeutique dans **le liquide interstitiel** (sous la peau et non dans le sang)

⇨ **Vers une thérapie personnalisée et un résultat thérapeutique optimal**

ACS Sens. 2020, 5, 2679–2700

Plus couramment : les montres intelligentes et dispositifs portables intelligents

- Mesure de l'activité physique : nombre de pas + énergie dépensée (accéléromètre + gyroscope)
- Mesure de la distance parcourue (GPS),
- Mesure du rythme cardiaque (ECG)
- Détection de chutes (accéléromètre)
- Détection des arythmies cardiaques (capteurs optiques)
- Estimation de la saturation en oxygène du sang (capteurs optiques)
- A venir : Mesure du volume et du poids des liquides dans les poumons (capteurs biomécaniques incorporés dans des vêtements ou des souliers, ou des capteurs diélectriques)



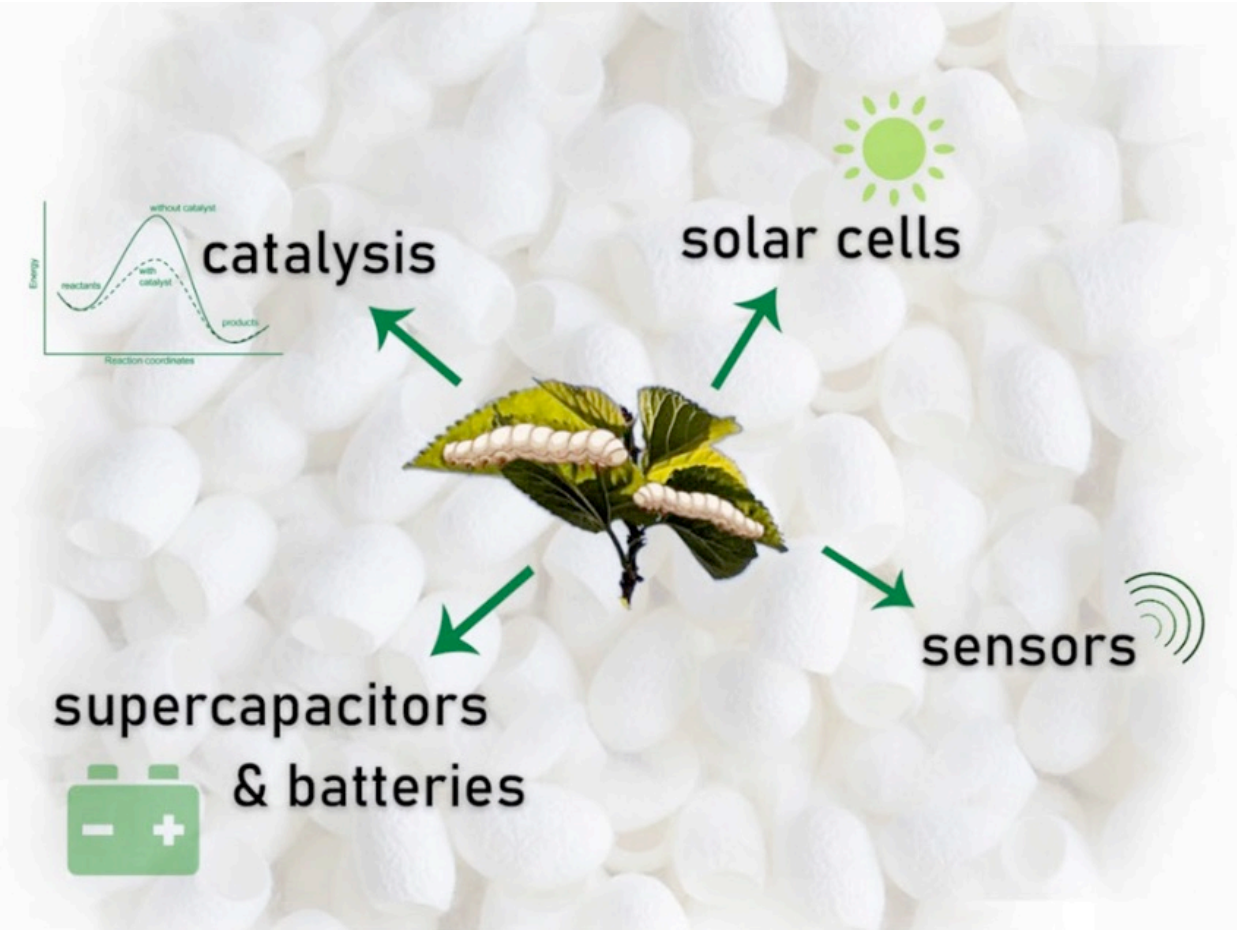
https://observatoireprevention.org/2022/03/17/les-dispositifs-portables-intelligents-des-outils-utiles-pour-surveiller-notre-etat-de-sante/

Les capteurs….

Offrent la possibilité de rencontrer des équipes de diverses disciplines

- **Vanessa Champion,** *cofondatrice InsurAngels : Création d'un Business Angels*
- **Gisèle Nojean,** *Chief product officer : Tabsters, pilotez vos projets en toute simplicité*
- **Tanguy Poudret et Baptiste Garnier,** *Lauréats du programme PEPITE HESAM : Kashgar, représentant des artisanats d'exception sur les Routes de la Soie*
- **Franc Raffalli,** *Directeur général : Sys Enr, au service des énergies renouvelables*

La soie naturelle pour des applications énergétiques et sensorielles



Environmental Chemistry Letters (2021) 19:2141–2155

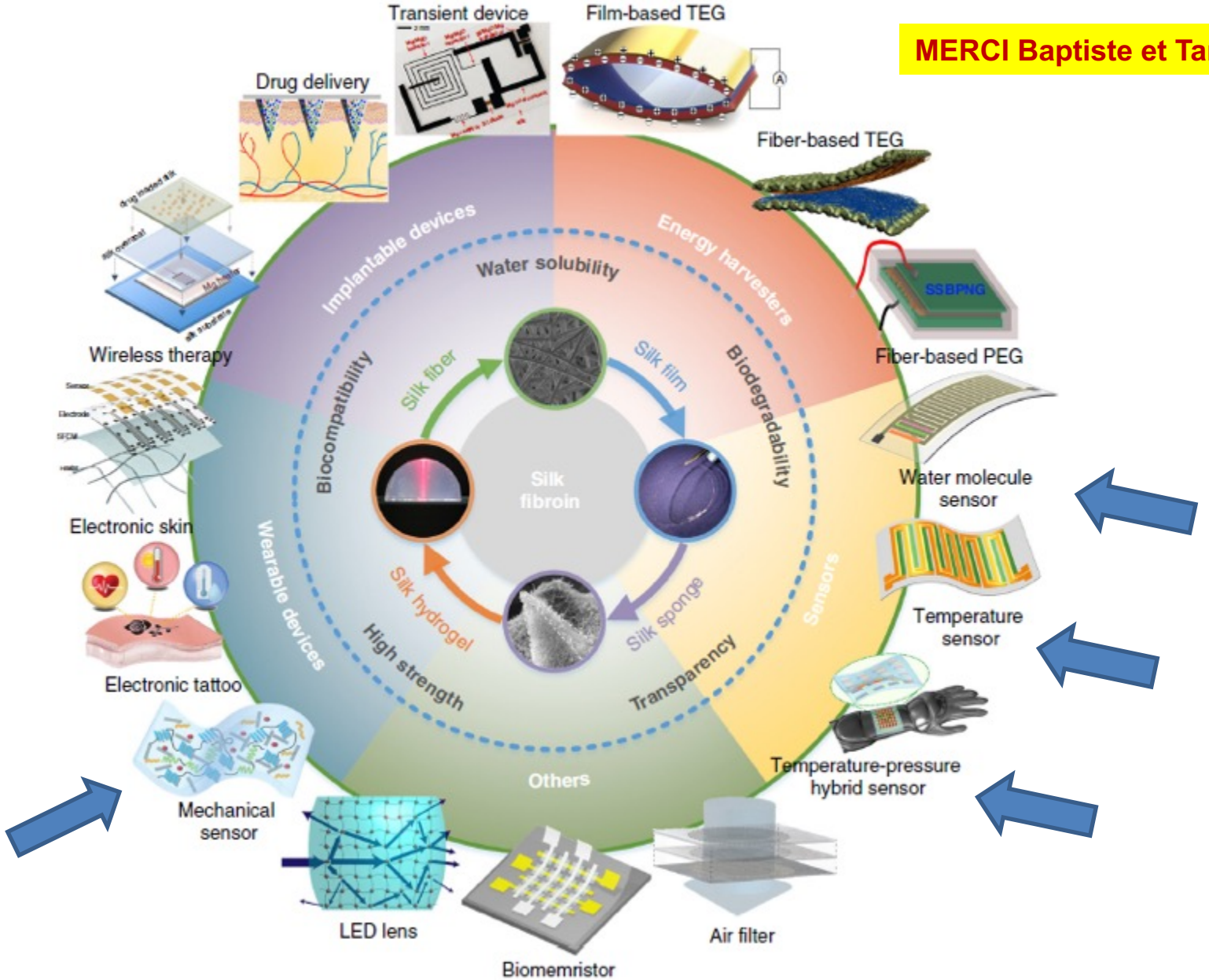
La soie naturelle pour des applications sensorielles

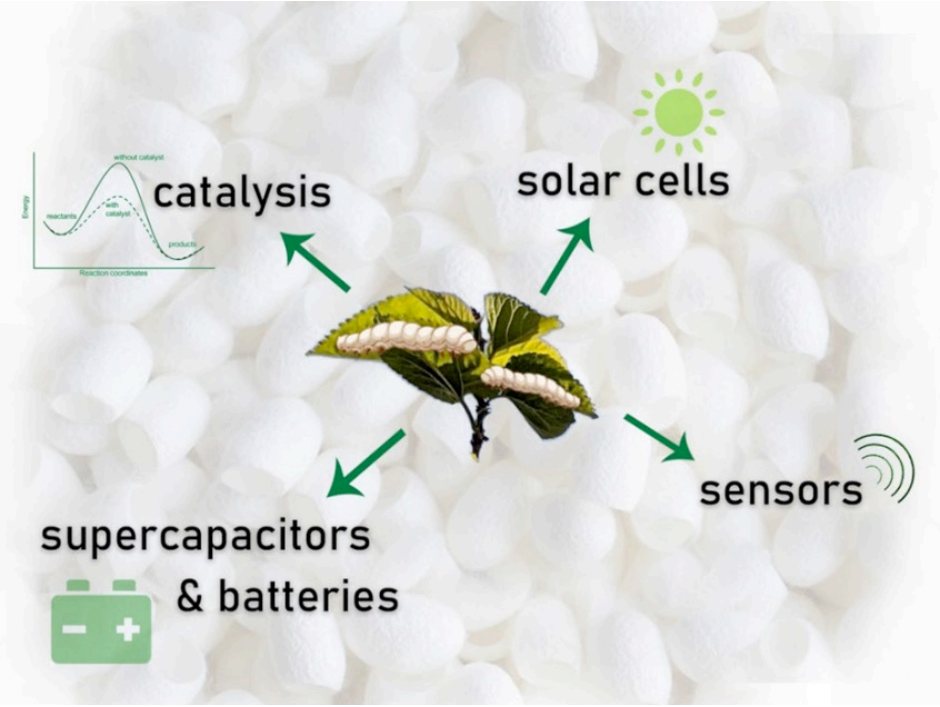
Exemples de capteurs	Avantages
Capteurs de pression	• Grande flexibilité • Étirable • Excellentes propriétés mécaniques
Capteurs optiques	• Une absorption sélective exceptionnelle • La nanostructure de la soie peut changer en fonction du taux d'humidité • Activité/signature fluorescente • Chimiquement stable
Capteurs chimiques et biologiques	• Biocompatibilité • Ancrage solide des matériaux actifs sans liant • Chimiquement stable

Environmental Chemistry Letters (2021) 19:2141–2155

Et beaucoup d'autres applications sensorielles

MERCI Baptiste et Tanguy ☺




catalysis
solar cells
sensors
supercapacitors
& batteries

7
ÉNERGIE PROPRE
ET D'UN COÛT
ABORDABLE

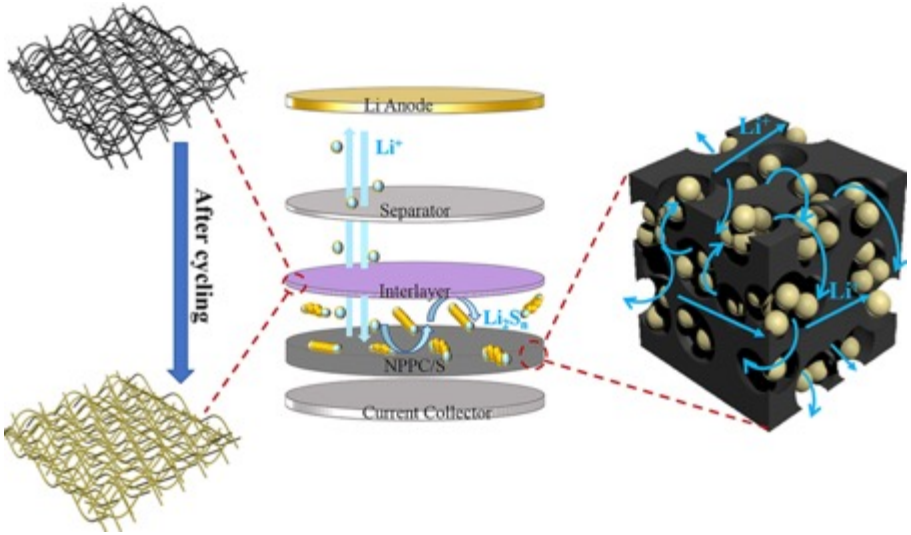
La soie naturelle pour des applications énergétiques

Constat : la plupart des batteries commerciales sont composées de produits chimiques dangereux ou toxiques

⇨ Une vraie menace pour la planète

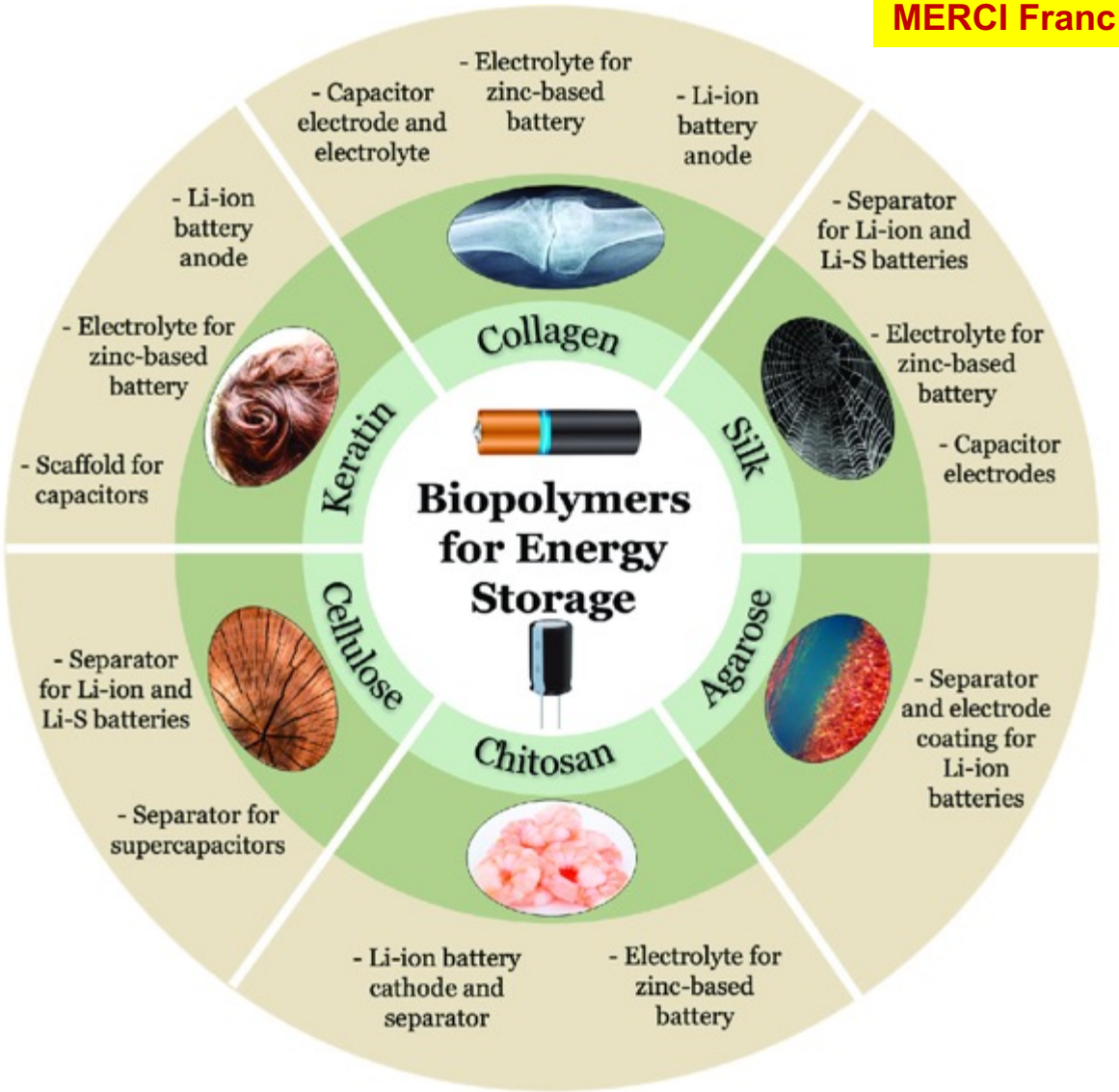
⇨ **Alternative** : utilisation de la soie comme matériau éco-responsable et respectueux de l'environnement pour la fabrication de :

- Super capacités
- Batteries
- Cellules solaires



Mais il n'y pas que la soie …

MERCI Franc ☺



Int. J. Mol. Sci. 2023, 24, 3975

Connaissez-vous d’autres exemples de capteurs qui entrent dans le cadre de l’ODD 7?

Bien sûr que oui ! Les capteurs solaires

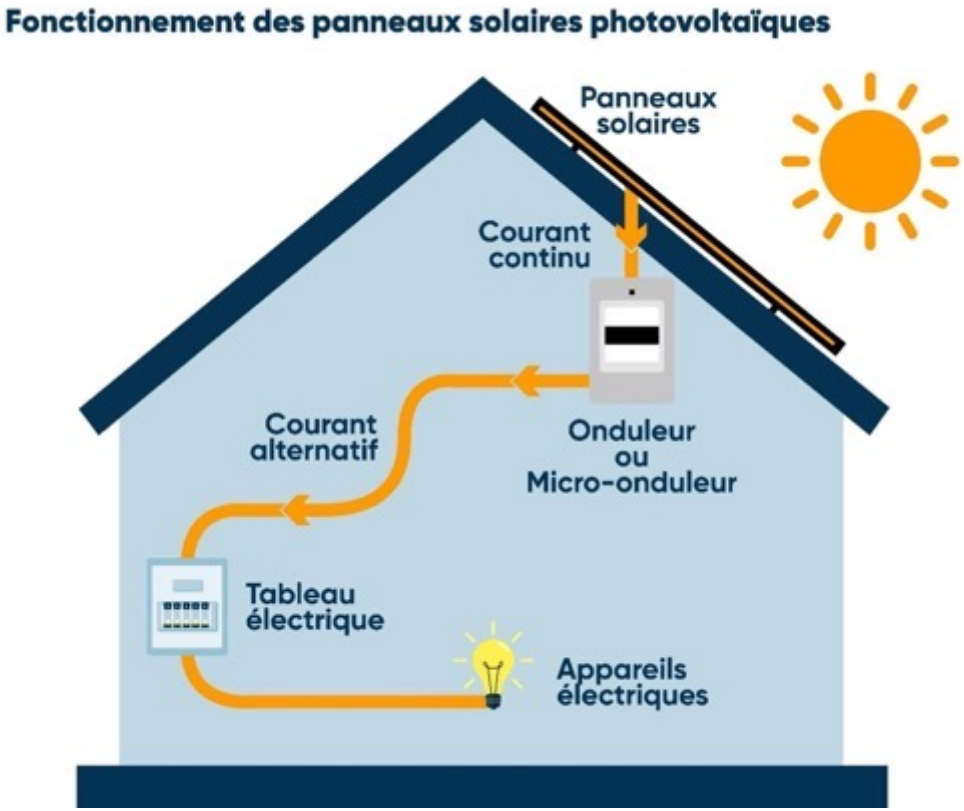
Deux types de capteurs solaires :

1) Les capteurs solaires thermiques : absorbent le rayonnement solaire pour le convertir en énergie thermique ⇨ permettent l'alimentation du réseau de chauffage central.

https://www.effy.fr/travaux-energetique/chauffage/panneaux-solaires-voltaiques-thermiques

Les capteurs solaires

2) Les capteurs solaire photovoltaïques : absorbent l'énergie solaire et la transforment en énergie électrique.

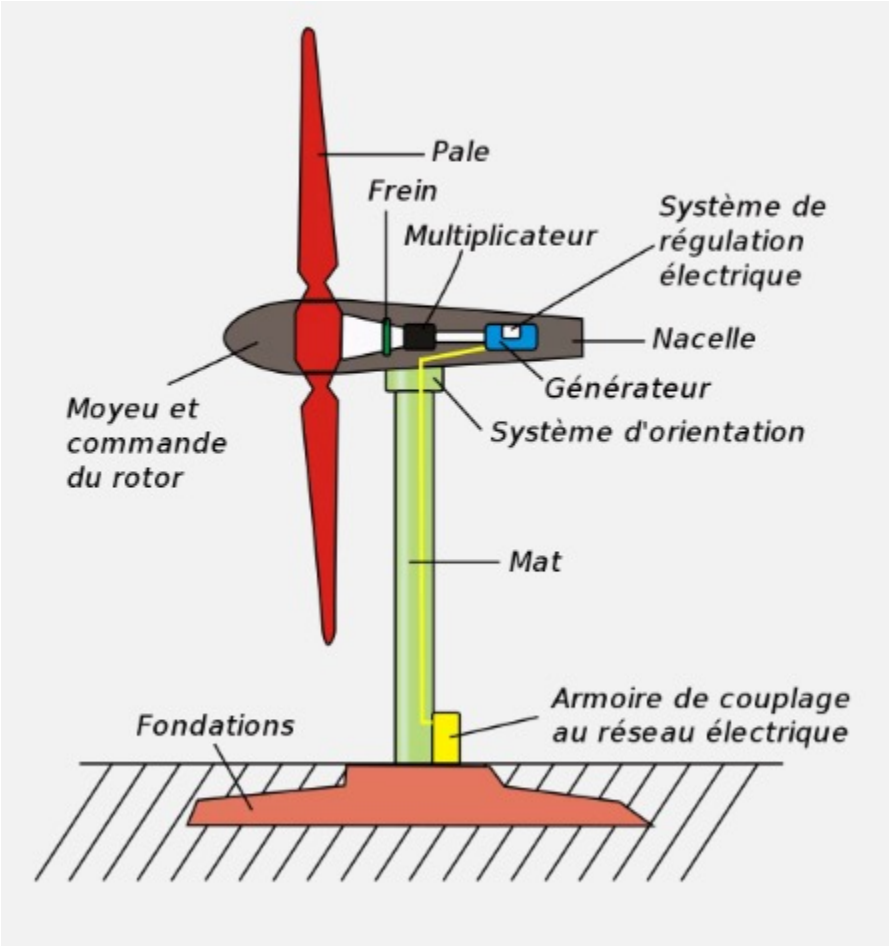


https://www.quelleenergie.fr/economies-energie/panneaux-solaires-photovoltaiques

Autres exemples ?

Exemples de capteurs utilisés dans les éoliennes

- Détection du gel sur les pales de rotor
- Mesure du courant de foudre
- Mesure de charges mécaniques et des vibrations dans les pales
- Surveillance des différentes structures des éoliennes



https://www.techno-science.net/definition/7172.html

Pourquoi a-t-on besoin de capteurs pour répondre aux ODDs 6 et 14

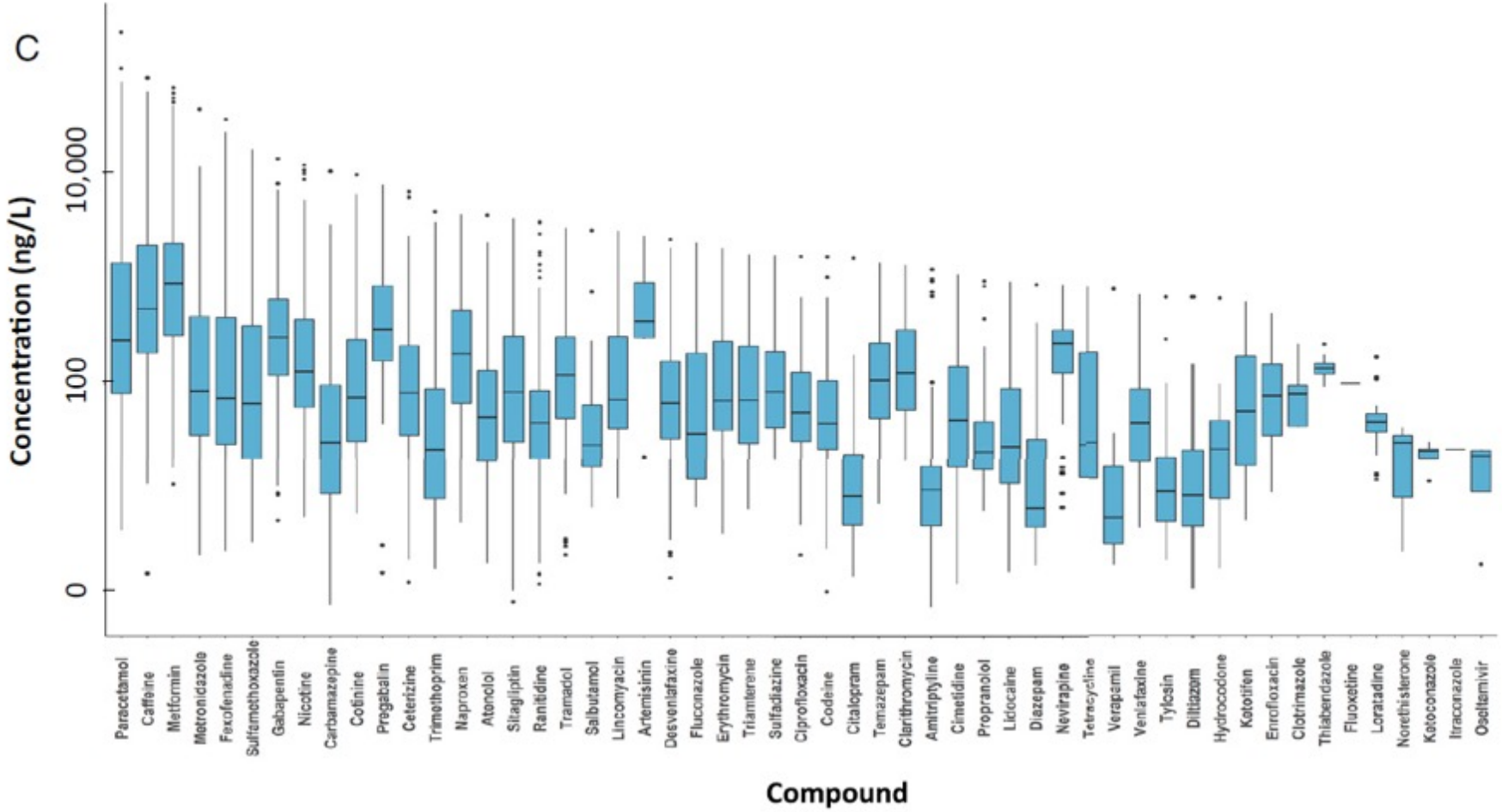
3 événements et constats pour répondre à cette question

1) Découverte de poissons intoxiqués par des anti-inflammatoires dans la mer Méditerranée

- ✓ **Causes** : présence de résidus d'anti-inflammatoires non traités par les stations d'épuration dans les milieux aquatiques
- ✓ **Constat** : 70 à 80% des résidus de médicaments (antibiotiques et anti-inflammatoires) se retrouveraient dans les eaux naturelles de la planète car **ils ne sont pas filtrés par les stations d'épuration..**

https://france3-regions.francetvinfo.fr/provence-alpes-cote-d-azur/poissons-intoxiques-anti-inflammatoires-mer-mediterranee-1686694.html

Concentrations moyennes, min et max des résidus pharmaceutiques (prélèvements faits dans 1052 rivières appartenant à 104 pays)



Wilkinson et al., Pharmaceutical pollution of the world's rivers, **PNAS**
https://doi.org/10.1073/pnas.2113947119

1) Découverte de poissons intoxiqués par des anti-inflammatoires dans la mer Méditerranée

Nécessité de surveiller en continu et in situ la qualité d'eau en sortie des stations d'épuration

aquatiques

- ✓ **Constat** : 70 à 80% des résidus de médicaments (antibiotiques et anti-inflammatoires) non filtrés par les stations d'épuration. se retrouveraient dans les eaux naturelles de la planète.

https://france3-regions.francetvinfo.fr/provence-alpes-cote-d-azur/poissons-intoxiques-anti-inflammatoires-mer-mediterranee-1686694.html

2) Crise sanitaire de Flint (USA)

- Une catastrophe sanitaire qui résulte non pas d'un accident, mais de mesures d'économie.
- Pour ne pas payer l'eau potable dans une autre ville Flint pompera l'eau dans la rivière locale.

- Très vite, des habitants:
  - se plaignent de la couleur et du goût de l'eau
  - souffrent de vomissements, de perte de cheveux et d'éruptions cutanées.

- Problème : Utilisation de produits chimiques pour combattre les bactéries ⇨ eau plus corrosive ⇨ tuyaux érodés ⇨ contamination de l'eau « potable » avec le plomb.

2) Crise sanitaire de Flint (USA)

- Une catastrophe sanitaire qui résulte non pas d'un accident, mais de mesures d'économie.

Nécessité de surveiller en permanence la qualité de l'eau potable

  - se plaignent de la couleur et du goût de l'eau
  - souffrent de vomissements, de perte de cheveux et d'éruptions cutanées.

- Problème : l'utilisation de produits chimiques pour combattre les bactéries ⇨ eau plus corrosive ⇨ tuyaux érodés ⇨ contamination de l'eau « potable » avec le plomb.

3) Pollution de l'eau de mer à Sidi Mansour (Sfax, Tunisie)

- **Causes** : prolifération d'une algue microscopique toxique, sous l'effet de la chaleur conjuguée à la lumière et à la **pollution**.
- **Problématique** : absence de systèmes de contrôle continu de polluants

https://www.webmanagercenter.com/2019/07/05/436763/sfax-le-changement-de-couleur-de-la-mer-a-sidi-mansour-est-un-phenomene-naturel/

3) Pollution de l'eau de mer à Sidi Mansour (Sfax, Tunisie)

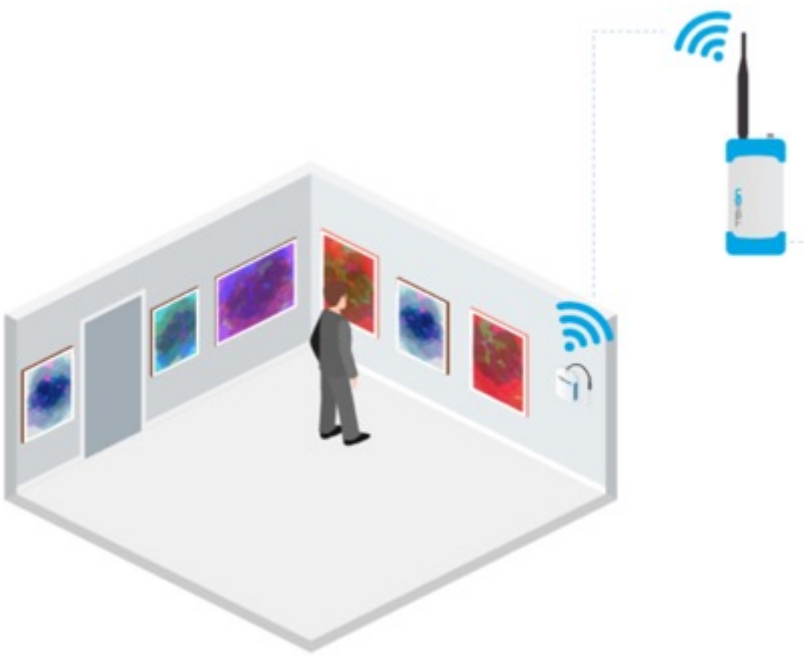
Nécessité de surveiller en permanence et en temps réel les eaux de mers, de rivière, souterraines et à la sortie des stations d'épuration

Une cible, quelques exemples de capteurs

11.4. Renforcer les efforts de protection et de préservation du patrimoine culturel et naturel mondial

Capteurs de température et de l'humidité relative pour le suivi de la conservation des biens culturels

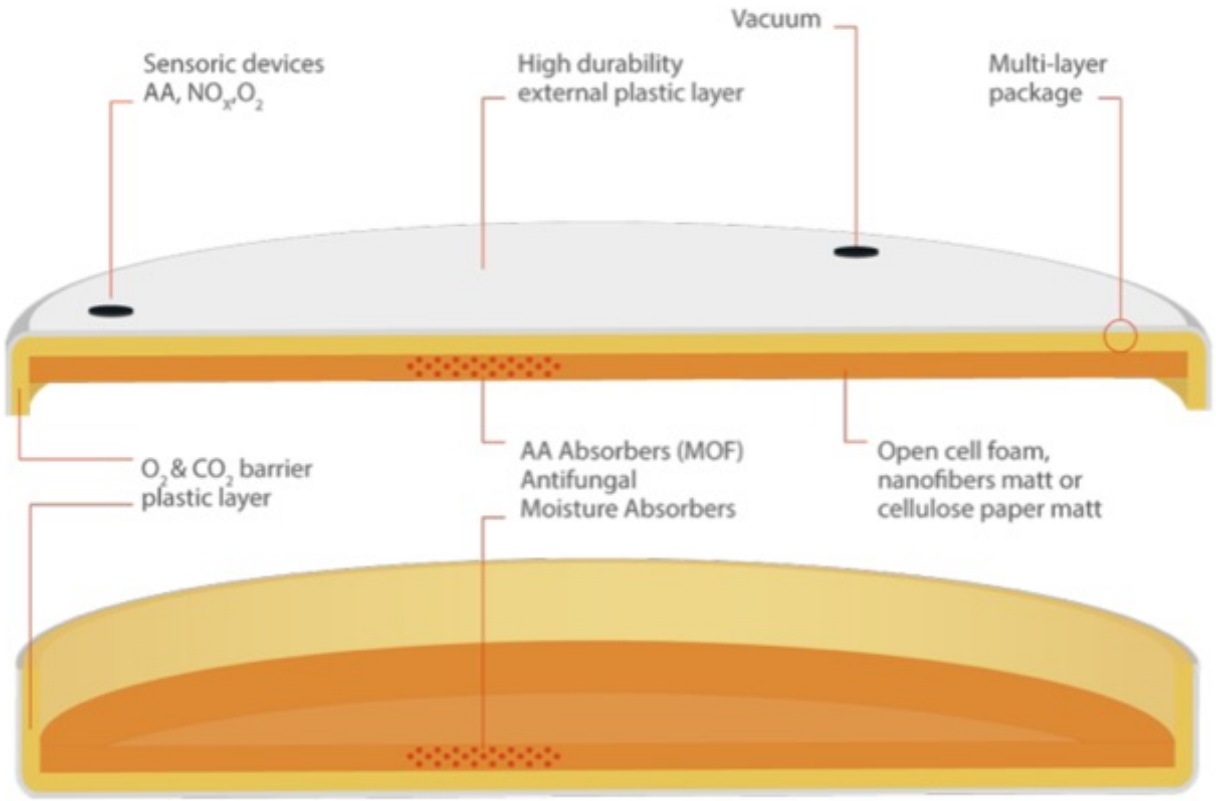
But : limiter les dommages mécaniques causés par le climat aux matériaux organiques hygroscopiques (norme NF EN 15757:Novembre 2010)



Autre exemple : capteurs pour la conservation d'objets du patrimoine culturel du 20e siècle

- **Contexte** : des dérivés de la cellulose ont été utilisés dans un pourcentage important du patrimoine culturel européen (films, photographies, affiches, diapositives) produit entre 1895 et 1970
- **Problème** : Instabilité naturelle de l'acétate de cellulose ⇨ Risques de perte de ce patrimoine
- **Solution** : développement d'un nouveau packaging incluant divers types de capteurs pour la conservation de ces objets

Autre exemple : capteurs pour la conservation d'objets du patrimoine culturel du 20e siècle



Projet Européen NEMOSINE : solutions d'emballage innovantes pour le stockage et la conservation d'objets du patrimoine culturel du 20e siècle (https://nemosineproject.eu/)

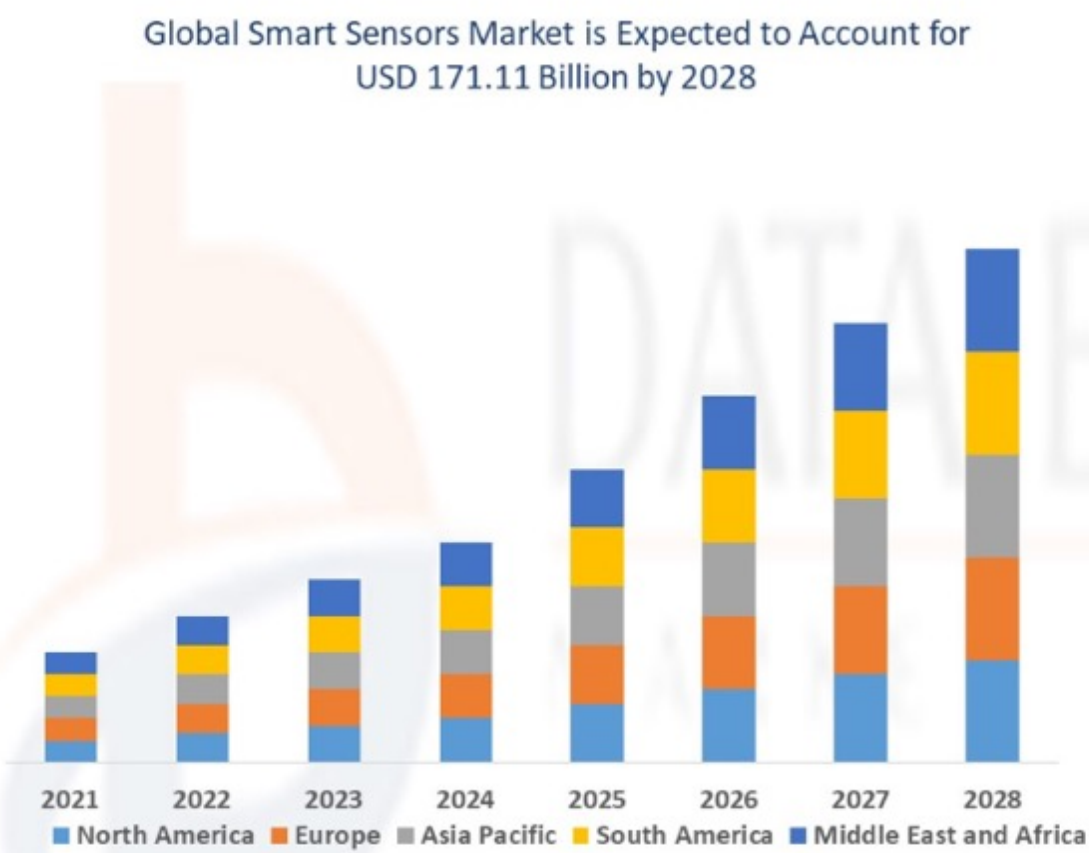
Pourquoi les capteurs peuvent ils être au service du développement durable?

Plusieurs avantages…

- ✓ Outils d'analyse fiables et versatiles
- ✓ Haute sensibilité et très faibles limites de détection
- ✓ Conviennent aux mesures in situ dans l'environnement (eaux de rivières, stations d'épuration, eau potable, …) et en milieu clinique
- ✓ Echantillons de faibles volumes
- ✓ Temps de réponse courts
- ✓ Couts beaucoup plus faibles que les techniques d'analyse classiques grâce à l'utilisation de la technologie des MEMS pour une production en masse.
- ✓ Une vraie réponse aux défis économiques et sociétaux

Et les entrepreneur.e.s dans tout ça ??

Constat mondial …



Challenges à relever

- Détection en milieux réels et in-situ (environnement et santé)
- Capteurs portables plus sensibles et plus fiables
- Capteurs intelligents pour « prévenir » et non pas intervenir après coup
- Plus de liens entre SHS et Sciences de l'Ingénieur.e.s

Ensemble nous serons plus performants ☺

Et pour finir …

Les capteurs….

Offrent la possibilité de rencontrer des équipes de diverses disciplines

- **Vanessa Champion,** *cofondatrice InsurAngels : Création d'un Business Angels*
- **Gisèle Nojean,** *Chief product officer : Tabsters, pilotez vos projets en toute simplicité*
- **Tanguy Poudret et Baptiste Garnier,** *Lauréats du programme PEPITE HESAM : Kashgar, représentant des artisanats d'exception sur les Routes de la Soie*
- **Franc Raffalli,** *Directeur général : Sys Enr, au service des énergies renouvelables*

Et surtout d'être présente parmi vous aujourd'hui ☺

Merci pour votre attention

Najla FOURATI

fourati@cnam.fr