

Épisode 7 : Les sentinelles invisibles

Les capteurs du futur pour la surveillance environnementale

Contexte et enjeux

Un changement de paradigme dans l'observation des milieux naturels et anthropisés est crucial pour accompagner les grands défis sociétaux et environnementaux du XXI^e siècle. En effet, dans un contexte marqué par le changement climatique, la pression croissante sur les ressources naturelles et la complexité des interactions entre sociétés humaines et environnement, il devient indispensable de disposer d'outils capables d'analyser finement l'état du système Terre. Cette analyse doit couvrir différentes échelles spatiales (du site local à l'échelle planétaire) et temporelles (du long terme au temps présent), tout en intégrant les multiples compartiments du système (eau, air, sols, vivant, sociétés).

Cinq grands enjeux structurent cette démarche :

- La qualité et la disponibilité de l'eau, ainsi que le développement du vivant aquatique ;
- La qualité de l'air et ses caractéristiques physico-chimiques, incluant ses interactions avec la météorologie urbaine ;
- Le bon état du vivant, qu'il soit microbien, végétal ou animal ;
- La qualité des sols et la vigilance quant à leurs usages (urbains, industriels, agricoles) ;
- L'humain, à la fois acteur et vecteur d'observation, pour lui-même et pour les environnements qu'il habite.

Cette recherche vise ainsi à transformer l'observation environnementale en développant des capteurs autonomes, intelligents et durables, au service d'une gestion éclairée et collective des écosystèmes.

Les recherches menées

Pour répondre à ces enjeux, les travaux portent sur la conception, la fabrication et le déploiement *in natura* d'une nouvelle génération de capteurs environnementaux, qualifiés de « sentinelles invisibles ». Ces dispositifs doivent permettre une surveillance fine, continue et multi-paramètres des écosystèmes, afin de mieux suivre les environnements naturels et anthropisés, d'identifier les variations liées au changement climatique, de contrôler les zones d'intérêt critique, d'évaluer l'état des ressources naturelles et d'alimenter les systèmes d'alerte précoce.

Les innovations portent sur plusieurs axes majeurs :

- Autonomie énergétique : fonctionnement sans batterie, grâce à la récupération d'énergie ambiante (mécanique, piézoélectrique, thermoélectrique, photosynthétique ou électrochimique), garantissant durabilité et faible impact environnemental.
- Miniaturisation, intelligence et connectivité : instruments miniaturisés, sobres en énergie, capables de collecter et transmettre des données précises, conçus selon des critères de soutenabilité et de recyclabilité.
- Déploiement flexible et non intrusif : installation dans des observatoires fixes ou sur des plateformes mobiles, y compris via le biologging pour explorer des zones inaccessibles, sans perturber les milieux étudiés.
- Approche intégrée et multi-échelles : collecte simultanée de mesures variées, *in situ* ou à distance, en cohérence avec les différentes échelles du système Terre.
- Accessibilité des données : production d'informations lisibles et compréhensibles par les citoyens, afin de maintenir la confiance et de favoriser une gouvernance partagée face aux défis climatiques.