

# Satellites et données satellites pour l'hydrologie

Cette activité permet de découvrir les satellites et leurs mesures pour l'hydrologie ainsi que leurs avantages par rapport aux données in situ. Les mesures sont utilisées dans des domaines variés : états de surface<sup>1</sup>, irrigation, débitmètrie, réserve et qualité de l'eau, modélisation numérique ...

Page 1 : Présentation pédagogique  
Page 2 : Fiche élève  
Page 3 : Correction fiche élève  
Pages 4 et 5 : « En savoir plus »

## Relations aux programmes scolaires et compétences du cycle 4

**Technologie -Thème** - *Les objets techniques, les services et les changements induits dans la société*  
Compétence : Relier les évolutions technologiques aux inventions et innovations qui marquent des ruptures dans les solutions techniques. (L'évolution technologique liée aux satellites a révolutionné l'observation de notre Terre et les communications.)

En **Physique**, on pourra caractériser le mouvement orbital (thème *Mouvement et interactions*) et les types et propriétés des signaux (*Des signaux pour observer et communiquer*).

## Mise en œuvre de l'activité

Cette fiche élève permet de découvrir les données hydrologiques et l'intérêt des satellites. Elle ouvre également la possibilité d'approfondir certaines connaissances.

**Consigne 1** : Les élèves connaissent certaines utilisations des satellites (communication, télévision, météo). Le texte met en valeur le vocabulaire : *satellite, orbite et fauchée* avec la légende du schéma, ce qui permet également d'aborder *orbites et capteurs* (Cf « En savoir plus ») ou encore l'organisation d'un satellite (*plate forme* permettant le fonctionnement (structure, panneaux solaires pour l'énergie, GPS pour localisation,...) et *charge utile* permettant la réalisation de la mission (instruments de mesure, d'acquisition ou de transmission des informations).

**Consigne 2** : On pourra en préalable faire décrire le schéma pour mobiliser les connaissances sur le cycle de l'eau : vocabulaire, étapes du cycle, états de l'eau... L'association des termes et de leur définition/unité de mesure nécessite de prélever des indices sélectifs et constitue une occasion sensibiliser les élèves aux paramètres mesurés et à leurs unités de mesure, voir aux instruments de mesure (radar, etc), principe de fonctionnement des capteurs et détecteurs...

**Consigne 3** : Cette consigne permet de découvrir l'intérêt des mesures satellites par rapport aux mesures in situ : elles sont **globales dans l'espace**<sup>2</sup> (mesures de toute la Terre, sans frontière et y compris zones difficiles d'accès - glaciers, pôles,...) **et dans le temps** (mesures répétitives au même endroit (revisites) à intervalles réguliers<sup>3</sup> pendant plusieurs années. Les mesures satellites sont également **homogènes** car réalisées avec le même instrument (avec intercalibrage si relai de satellites) et **opérationnelles** (distribution automatisée et rapide des données).

Ces caractéristiques pourront être présentes dans le slogan proposé.

A noter cependant que, si le nombre de stations in situ diminue<sup>4</sup>, elles restent utiles pour suivre des phénomènes à très forte variabilité temporelle, par exemple au niveau d'embouchures, avec des réseaux de stations autonomes de mesures en continu. En effet les satellites ne permettent pas forcément l'observation de phénomènes courts ou transitoires qui coïncident difficilement avec le passage du satellite. Les mesures *in situ* aident aussi à la « validation » des mesures et au calibrage des instruments de mesure des satellites.

S'il existe des stations proches de la classe, on peut réaliser une comparaison de données in situ avec des mesures similaires réalisées par satellites, voire réaliser des mesures par d'autres moyens pour aider à la « validation » des mesures, calibrage des instruments de satellites.

1-occupation des sols, risque d'érosion, stress hydrique,...

2-Un avantage pour mesurer les grandeurs qui ne se mesurent qu'à grande échelle (bathymétrie, météo ou le niveau des mers)

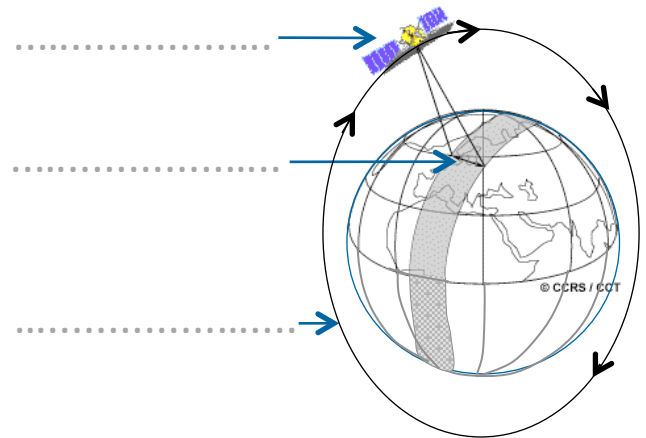
3-de quelques mn à plusieurs jours (jusqu'à 30) selon le satellite

4- 70 à 80 stations sont fermées tous les ans aux Etats-Unis, 30% des stations perdues depuis les années 1990 dans l'ancienne URSS

# Satellites et données hydrologiques

**1** En utilisant les mots écrits en gras dans le texte ci-dessous, complétez la légende du schéma.

Le **satellite** suit une trajectoire autour de la Terre appelée **orbite**. Le long de l'orbite, le capteur du satellite "observe" une certaine partie de la surface, nommée **fauchée**. La largeur de la fauchée varie généralement entre une dizaine et une centaine de kilomètres. Les satellites permettent ainsi des mesures globales depuis l'espace, en couvrant de grandes surface.



**2** Reliez les mesures pouvant être réalisées par les satellites (cadres du schéma) avec leur définitions et/ou unités de mesure :

✦Eaux stockées sous forme de glace. Mesures diverses : épaisseur, pourcentage de surface gelée, équivalent en mm d'eau liquide.

✦ Neige, grêle ou pluie. Mesure en hauteur d'eau tombée par unité de surface sur une durée. (ex : mm/m<sup>2</sup>/h)

✦ Surface, mesurée en m<sup>2</sup>

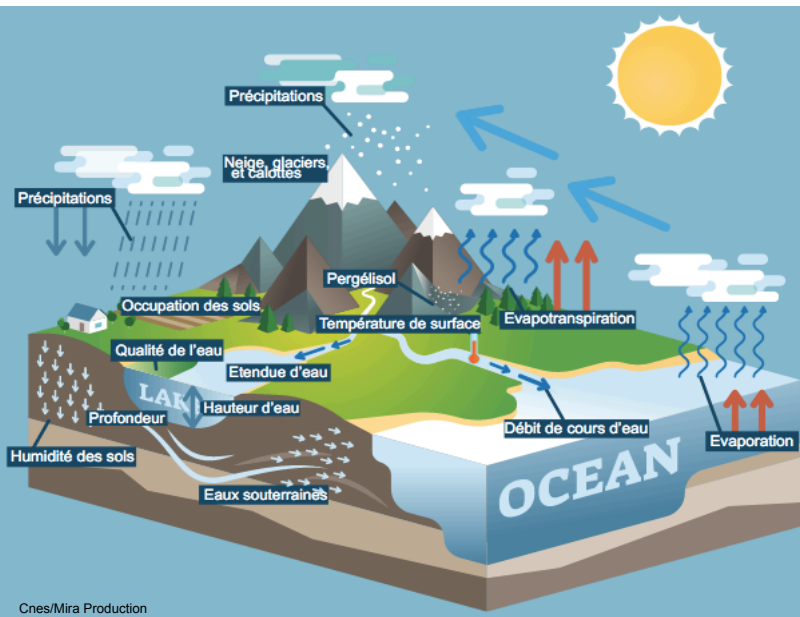
✦ Mesurée d'après la quantité de matière en suspension dans l'eau et sa nature. Mesure en UTN (Unité de Turbidité néphélogométrique)

✦ Quantité de vapeur d'eau dans le sol. Mesure en pourcentage (taux d'humidité) ou en m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>

✦ en mm, m, ... (mesures à partir de l'ellipsoïde de référence)

✦ Degré Celsius : °C

✦ Volume d'eau passant à un endroit donné sur toute la largeur du cours d'eau, par unité de temps (ex : m<sup>3</sup> /s seconde)



✦ Eau sous forme de vapeur. Mesurée en mm par surface et par an.

✦ Eaux dans les nappes souterraines. Mesurées en mm, m, ...

**3** A partir de ce texte qui présente les caractéristiques des stations de mesures « in situ » (sur place) et des satellites, résumez avec un slogan l'avantage de l'observation par satellite par rapport aux stations « in situ ».

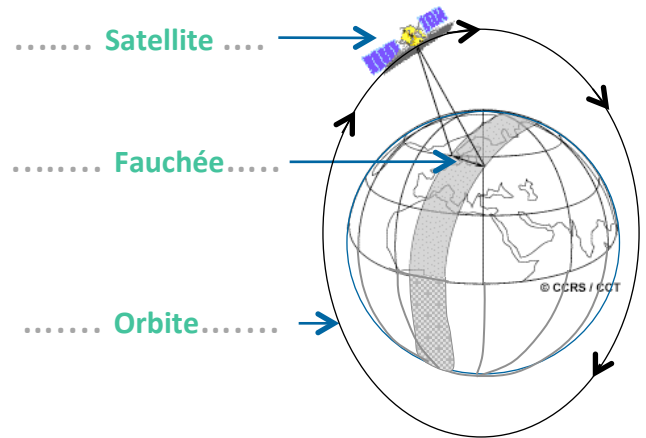
Les stations « in situ » existent depuis très longtemps et sont positionnées sur des lieux précis mais souvent mal répartis ou avec un accès parfois difficile (forêts denses, montagnes...). Les mesures peuvent être réalisées manuellement par un préleveur, ou automatisées grâce à des appareillages mémorisant les mesures. Le délai pour obtenir des données est souvent long et les données ne sont pas toujours partagées au niveau international. Il y en a de moins en moins en raison des coûts d'installation, de maintenance et de distribution des données.

Les satellites artificiels tournent en orbite autour de la Terre, par centaines. Grâce à leurs capteurs, ils permettent de nombreuses mesures sur l'intégralité de la Terre. Les données sont récupérables souvent quelques minutes ou heures après la mesure. Lorsqu'un satellite prend le relai d'un autre, les capteurs sont réglés, calibrés pour garder la continuité des mesures.

# Satellites et données hydrologiques

**1** En utilisant les mots écrits en gras dans le texte ci-dessous, complétez la légende du schéma.

Le **satellite** suit une trajectoire autour de la Terre appelée **orbite**. Le long de l'orbite, le capteur du satellite "observe" une certaine partie de la surface, nommée **fauchée**. La largeur de la fauchée varie généralement entre une dizaine et une centaine de kilomètres. Les satellites permettent ainsi des mesures globales depuis l'espace, en couvrant de grandes surface.



**2** Reliez les mesures pouvant être réalisées par les satellites (cadres du schéma) avec leur définitions et/ou unités de mesure :

✦Eaux stockées sous forme de glace. Mesures diverses : épaisseur, pourcentage de surface gelée, équivalent en mm d'eau liquide.

✦ Neige, grêle ou pluie. Mesure en hauteur d'eau tombée par unité de surface sur une durée. (ex : mm/m<sup>2</sup>/h)

✦ Surface, mesurée en m<sup>2</sup>

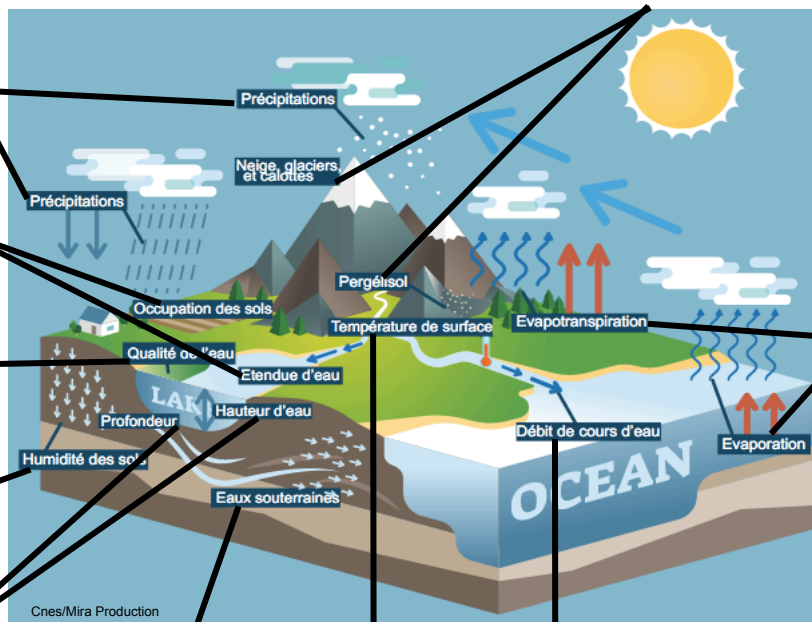
✦ Mesurée d'après la quantité de matière en suspension dans l'eau et sa nature. Mesure en UTN (Unité de Turbidité néphélogométrique)

✦ Quantité de vapeur d'eau dans le sol. Mesure en pourcentage (taux d'humidité) ou en m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>

✦ en mm, m, ... (mesures à partir de l'ellipsoïde de référence)

✦ Degré Celsius : °C

✦ Eau sous forme de vapeur. Mesurée en mm par surface et par an.



✦Eaux dans les nappes souterraines. Mesurées en mm, m, ...

**3** A partir de ce texte qui présente les caractéristiques des stations de mesures « in situ » (sur place) et des satellites, résumez avec un slogan l'avantage de l'observation par satellite par rapport aux stations « in situ ».

Les stations « in situ » existent depuis très longtemps et sont positionnées sur des lieux précis mais souvent mal répartis ou avec un accès parfois difficile (forêts denses, montagnes...). Les mesures peuvent être réalisées manuellement par un préleveur, ou automatisées grâce à des appareillages mémorisant les mesures. Le délai pour obtenir des données est souvent long et les données ne sont pas toujours partagées au niveau international. Il y en a de moins en moins en raison des coûts d'installation, de maintenance et de distribution des données.

Les satellites artificiels tournent en orbite autour de la Terre, par centaines. Grâce à leurs capteurs, ils permettent de nombreuses mesures sur l'intégralité de la Terre. Les données sont récupérables souvent quelques minutes ou heures après la mesure. Lorsqu'un satellite prend le relai d'un autre, les capteurs sont réglés, calibrés pour garder la continuité des mesures.

..... **Exemple de slogan : L'observation par satellite : des données variées et précises sur tout le globe en temps quasi réel !**.....



## « En savoir plus »

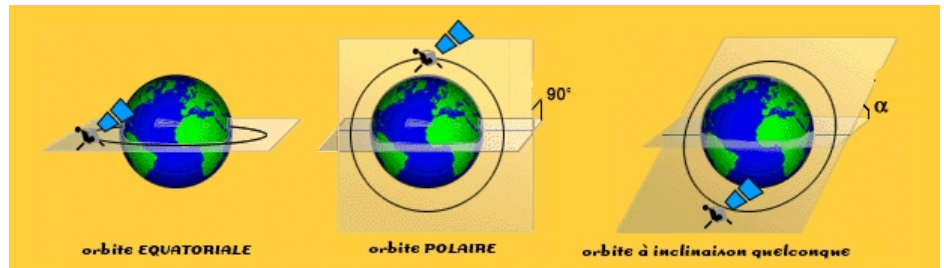
### → Orbites

Les orbites des satellites peuvent être circulaires ou elliptiques, à *basse* (entre 450 et 2.000 km), *moyenne* (entre 2.000 et 36.000 km) ou *haute* (36.000 km) altitude. Elles présentent des inclinaisons variées par rapport au plan de l'équateur et sont configurées en fonction des besoins : cartographies fines ou globales, type de mesures, zones étudiées, conditions d'éclairage, zones de couverture, fréquence de survol ...

Certaines orbites présentent des intérêts particuliers, comme :

- l'orbite polaire qui permet le survol des pôles à chaque révolution et une couverture quasi totale de la surface terrestre,
- L'orbite équatoriale à 35 786 km d'altitude : le satellite effectue une orbite complète en 23 h 56 min, comme la Terre et survole ainsi toujours la même zone géographique.

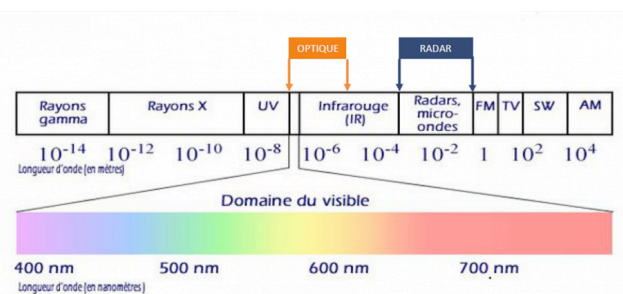
Ces satellites, qualifiés de géostationnaires (par opposition aux satellites dits défilants) transmettent en permanence et en temps réel les données et images de la vaste zone survolée.



Les principaux types d'orbites selon l'inclinaison à l'équateur  
Crédits : CNES

### → Capteurs

Deux types de capteurs exploitant des domaines spectraux différents sont utilisés pour l'imagerie satellitaire : les capteurs passifs (couleurs du spectre visible, proche et moyen infrarouge) et les capteurs actifs (micro-ondes).



Domaines spectraux des capteurs optiques et radars  
(Source : IDGEO, Cerema du 11 février 2019, Toulouse)

<p><b>Capteurs passifs</b></p> <p>Radiations Diffuses Soleil Radiations Directes nuages Diffraction Réflexion Radiations Réfléchies - Visible - PIR et IR</p>	<p><b>Capteurs passifs</b></p> <p>Le soleil éclaire les objets se trouvant à la surface terrestre, le capteur reçoit les radiations réfléchies et enregistre celles correspondant aux couleurs du spectre visible, proche et moyen infrarouge.</p> <p>les images prises de nuit ou avec un couvert nuageux trop important ne sont pas exploitables.</p>	<p><b>Capteurs actifs</b></p> <p>Capteurs actifs Nuages rétrodiffusion</p> <p><b>Capteurs actifs</b></p> <p>Le capteur envoie un signal micro-ondes vers la terre et mesure cette onde réfléchie en retour. (Radar ou Lidar, avec antennes émettrices et réceptrices)</p> <p>Les micro-ondes traversent les nuages et pénètrent dans la végétation.</p>
<p>Ex : images dans le visible avec des vraies couleurs.</p> <p>Les 3 images acquises au-dessus d'une même région dans des longueurs d'onde différentes sont affectées de 3 couleurs primaires (rouge, vert, bleu) dont notre œil peut voir le mélange :</p> <p>Image SPOT 5 Résolution 2.5 m</p>	<p>Ex : images avec de fausses couleurs.</p> <p>Le capteur mesure une longueur d'onde invisible pour notre œil et une couleur que notre œil est capable de voir est affectée à cette longueur d'onde.</p> <p>Ex : bande « Proche IR » indiquant l'état de la végétation (très réfléchive dans cette bande) associée à la couleur rouge :</p> <p>Image Landsat</p>	<p>Ex : imagerie Radar. Les radars envoient des impulsions micro-ondes et en reçoivent un écho. Grâce à l'évaluation de cet écho, une image est produite.</p> <p>TerraSAR-X</p>

Les capteurs passifs sont pertinents pour étudier l'occupation du sol, l'activité chlorophyllienne, la teneur en humidité du sol ou de la végétation (révélée par le moyen infrarouge).

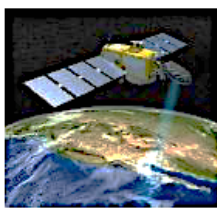
Les capteurs actifs sont adaptés pour déterminer l'humidité, la rugosité de surface (paramètre très utilisé en océanographie) sont insensibles au rayonnement solaire et à la couverture nuageuse.

## → Données satellites et applications

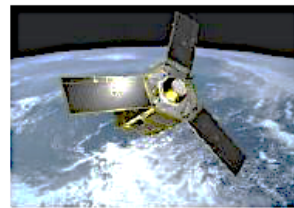
Les données satellites sont globales (temps & espace) et disponibles depuis 30 ans (période clé pour l'étude du climat), très souvent de façon gratuite<sup>1</sup>. Leur continuité spatiale (pas de frontière) est particulièrement importante pour l'étude de l'eau et des fleuves/réservoirs.

Pour une application donnée, on combine généralement les données de différents satellites, différents instruments -à différentes résolutions, revisite, bandes de fréquences- en combinant également avec des données complémentaires non satellitaires. L'hybridation et l'interopérabilité des données sont importants pour analyser et interpréter les observations dans tous les domaines (sociétaux, économiques...).

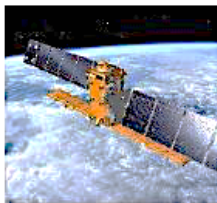
Pour l'hydrologie les mesures les plus utilisées sont liées au cycle de l'eau et s'appuient sur différents satellites et instruments, dont :



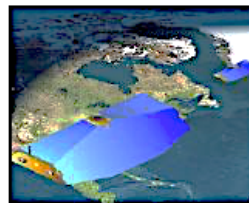
Radar altimétrique  
Jason 2 & 3, Saral,  
Sentinel 3 & 6, SWOT



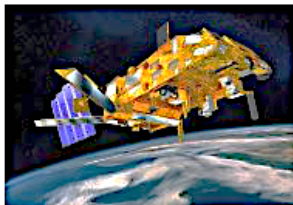
Radiomètre imageur optique  
SPOT 5, 6 & 7, Landsat 8,  
Pléiades 1 & 2, Sentinel 2,  
Metop, Météosat



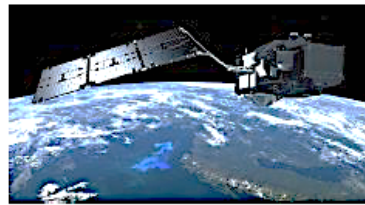
Radar à synthèse  
d'ouverture (SAR)  
Sentinel 1



Satellite gravimétrique  
Grace 1 & 2



Interférométrie  
infrarouge  
Metop (IASI, IASI  
NG)



Radiomètre infrarouge  
Sentinel-3



Radiomètre micro-ondes  
SMOS, SMAP, SMOS Next



*D'après "L'eau (douce) depuis l'espace : que peut-on mesurer ?" CC BY Cnes/Aviso -SA 4.0)*

### Mesures directes fournies sur les eaux douces :

- |                         |   |  |
|-------------------------|---|--|
| Qualité de l'eau        | Quantité de neige et de glace           | Température de surface de l'eau        |
| Évaporation             | Pluie, neige, grêle (précipitations)    | Profondeur de l'eau (par transparence) |
| Transpiration           | Vitesse du courant des rivières / débit | Occupation des sols                    |
| Niveau d'eau            | Réserves d'eau souterraines             |  |
| Étendue des plans d'eau | Humidité des sols                       |  |

Après traitement, les données fournies par les satellites fournissent des images et cartes permettant d'observer les évolutions de notre planète, les modifications liées au changement climatique (glaciers, déserts, littoraux, comportement de l'océan,...) et d'aider à prendre des mesures : gestion des ressources naturelles, de l'aménagement territorial (urbanisme, zones à protéger,..), des risques (inondations, sécheresses, cyclones, risques industriels) ...

<sup>1</sup> Par exemple Copernicus, programme de l'UE créé il y a plus de 20 ans, qui permet la fourniture de services et de données sur l'observation de la Terre.