

teach with space

→ CAS D'ÉTUDE COPERNICUS BROWSER : MARÉES NOIRES VUES DE L'ESPACE

OBSERVATION DE LA TERRE EN CLASSE



Photographie prise par Envisat de la marée noire (visible sous la forme d'un tourbillon blanc à droite) dans le golfe du Mexique.
Credit: ESA

Objectifs d'apprentissage :

- Définir les termes pompage et déversement d'hydrocarbures et expliquer les principales différences entre les satellites actifs et passifs.
- Décrire le rôle des satellites Sentinel-1 dans la détection des marées noires et de l'activité maritime.
- Utilisez l'outil Copernicus Browser pour examiner les images radar et repérer d'éventuels rejets d'eaux de cale ou déversements d'hydrocarbures.
- Analyser les images radar afin de distinguer les marées noires, les navires et d'autres éléments marins.
- Évaluer les avantages et les limites de l'utilisation des satellites pour la surveillance de l'environnement.
- Élaborer des stratégies visant à prévenir les rejets d'eaux de cale ou les déversements d'hydrocarbures et sensibiliser le public à cette question.

Résumé :

Cette activité aide les enseignants et enseignantes à guider leurs élèves dans l'étude des marées noires et de leurs répercussions à l'aide d'images satellites. Elle comprend des exercices de collecte et d'analyse de données, qui peuvent être adaptés en fonction du thème spécifique choisi par la classe. En utilisant les données satellites de la mission Copernicus Sentinel-1, les élèves apprendront à analyser ces phénomènes et réfléchiront à leurs répercussions sur les écosystèmes et la société.

Important ! Cette activité est conçue pour compléter le [Guide Copernicus Browser](#), qui fournit davantage d'informations sur la plateforme et vous aide à vous familiariser avec ses fonctionnalités.

Aperçu :

Sujet : Géographie, Biologie, Physique, Sciences de la vie et de la Terre

Age : 14-18 ans

Type: Fiche d'activité

Difficulté : Adaptable

Durée : 45 - 60 minutes

Coût : N/A

Lieu : En classe

Prérequis : Connexion internet et support informatique (ordinateur ou tablette)

Mots clés : Marées noires, surveillance environnementale, rejets d'eaux de cale, Sentinel-1, imagerie satellite, écosystèmes marins, changement climatique, détection de la pollution, technologie radar, Copernicus Browser, protection du littoral.

Copernicus Browser, c'est quoi ?

[Copernicus Browser](#) est un outil en ligne qui permet d'accéder facilement et gratuitement à des images satellites issues de différentes missions d'observation de la Terre (OT). Il propose des images satellites prêtes à l'emploi ainsi que des visualisations préconfigurées. Cet outil est accessible depuis un navigateur sur ordinateur ou un appareil mobile.

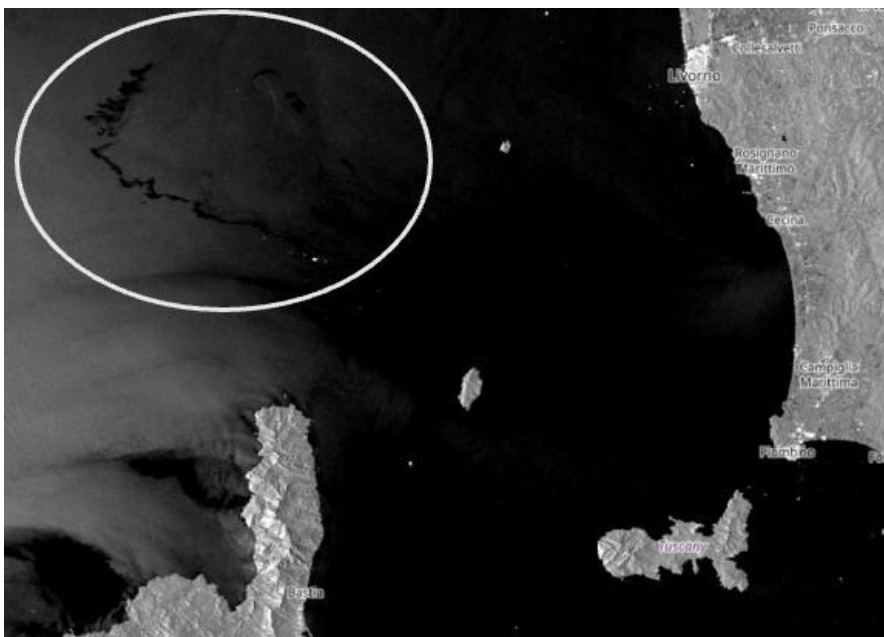
Utiliser Copernicus Browser pour l'éducation

Copernicus Browser est un outil puissant destiné à l'enseignement des sciences, des technologies, de l'ingénierie et des mathématiques (STIM) qui permet d'intégrer facilement des données environnementales réelles dans les cours. Il facilite les travaux pratiques et les projets en classe, tels que « [Climate Detectives](#) », en aidant les élèves à étudier les changements climatiques mondiaux à l'aide d'images satellites. Que vous enseigniez la géographie, la physique, la biologie ou les sciences de l'environnement, cet outil offre une approche pratique pour explorer l'évolution de la Terre au fil du temps.

Grâce à Copernicus Browser, il est possible de consulter des images satellites de presque n'importe quel endroit, qu'il s'agisse d'une ville, d'un glacier, de déserts, de forêts tropicales ou même d'un volcan. Ces images peuvent être visualisées en couleurs réelles, telles qu'elles apparaissent à l'œil nu, ou via différents modes satellites qui mettent en évidence des facteurs environnementaux clés tels que l'état de la végétation, les niveaux de chlorophylle dans l'eau, les niveaux de pollution atmosphérique, etc.

Les fonctions de comparaison et de time-lapse nous permettent de suivre l'évolution de la Terre au fil du temps grâce aux données des satellites Sentinel, qui surveillent la planète depuis 2014. Il est possible de créer des animations illustrant l'évolution des paysages au fil des saisons, de mesurer l'étendue de la déforestation ou d'analyser l'impact de catastrophes naturelles telles que les éruptions volcaniques. Des images dans différents formats peuvent être téléchargées pour approfondir l'étude du sujet ou pour des activités en classe.

En intégrant Copernicus Browser dans les cours, l'enseignement des sciences de l'environnement peut se transformer en une expérience interactive, offrant aux élèves les outils nécessaires pour explorer, analyser et comprendre le monde qui les entoure, à l'instar de véritables scientifiques.



Marée noire en Méditerranée, au nord de la Corse. Crédit : données Copernicus Sentinel modifiées (2018), traitées par l'ESA

Comment utiliser cette activité ?

Cette activité a pour but d'accompagner les élèves dans l'étude des marées noires à l'aide des données satellitaires issues de la mission Copernicus Sentinel-1. Suivez les étapes ci-dessous pour mettre en œuvre efficacement cette activité en classe.

Introduction

Commencez par familiariser les élèves avec les notions fondamentales du sujet et abordez les dommages environnementaux causés par les rejets d'eaux de cale et les marées noires, ainsi que leurs répercussions sur les écosystèmes marins et la société. Expliquez comment les satellites, en particulier Sentinel-1, contribuent à détecter et à atténuer ces problématiques. Utilisez les informations générales fournies pour contextualiser l'enquête. Les élèves peuvent également approfondir leurs connaissances sur le sujet en regardant de courts documentaires ou des vidéos, ou en effectuant des recherches sur Internet.

- *Qu'est-ce qu'une marée noire et une vidange des eaux de cale ?*
- *Quels sont les principaux dangers pour la vie marine et les communautés humaines ?*

Découvrez Copernicus Browser

Avant de commencer cette activité, il est recommandé de se familiariser avec l'outil Copernicus Browser et de le tester. Pour ce faire, vous pouvez consulter le [guide d'utilisation de Copernicus Browser](#). Il est également conseillé à chaque élève de créer un compte ou de se connecter à Copernicus Browser avant de commencer l'activité, car cela peut prendre un certain temps. Vous trouverez les instructions pour créer un compte dans la section « Premiers pas avec Copernicus Browser » ci-dessous.

Collecte et analyse de données

Les élèves utiliseront Copernicus Browser pour localiser et analyser des images satellites montrant des marées noires et des rejets d'eaux de cale dans certaines régions. Vous pouvez les aider en :

- Les aidant à choisir les périodes et à zoomer sur les zones concernées, comme la Manche.
- Les aidant à identifier les principales caractéristiques du milieu marin, telles que les routes maritimes et les parcs éoliens.
- Les incitant à explorer l'étendue de la marée noire et à examiner l'environnement qui l'entoure.

Discussions

Une fois les données recueillies, les élèves doivent réfléchir à leurs conclusions en répondant aux questions guidées fournies dans cette activité. Facilitez ce processus en encourageant une analyse approfondie, en favorisant les discussions de groupe et en mettant l'accent sur les applications pratiques de l'imagerie satellite dans la surveillance de l'environnement et la gestion de la pollution.

Pendant que les élèves analysent leurs résultats, invitez-les à réfléchir aux implications plus larges du rejet des eaux de cale et des marées noires, notamment sur les plans social, environnemental et juridique. À partir de ces réflexions, invitez-les à proposer des initiatives de sensibilisation ou des mesures concrètes visant à prévenir de nouveaux dommages environnementaux.

Pour transposer leurs connaissances en actions concrètes, invitez les élèves à élaborer un plan d'action visant à réduire les rejets d'eaux de cale et les marées noires. Insistez sur l'importance de solutions réalistes, applicables et fondées sur des données, en tenant compte à la fois des perspectives locales et mondiales. Enfin, invitez les élèves à aller au-delà des discussions en classe en réfléchissant à la manière de militer en faveur de changements politiques.

Informations générales

Qu'est-ce que le vidage des eaux de cale ?

La vidange des cales consiste en un rejet intentionnel et souvent illégal d'eaux usées huileuses non traitées (eaux de cale), un mélange d'eau, d'hydrocarbures et de polluants, depuis les navires vers l'océan. Cette pratique enfreint des réglementations telles que la convention MARPOL (une convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires signée par les Nations Unies), qui n'autorise le rejet que si la teneur en hydrocarbures est inférieure à 15 parties par million (ppm) après traitement. Elle résulte généralement de mesures de réduction des coûts, d'un mauvais entretien ou de l'absence de systèmes de traitement, tels que les séparateurs d'eau huileuse. Bien que d'une ampleur moindre que les marées noires majeures, les rejets fréquents d'eaux de cale causent néanmoins des dommages importants aux écosystèmes marins, polluent les eaux locales et passent souvent inaperçus, entraînant des dommages environnementaux à long terme.

Qu'est-ce qu'une marée noire ?

Les marées noires correspondent au déversement de pétrole brut, de produits pétroliers raffinés ou de leurs dérivés dans l'environnement. Elles sont souvent causées par des collisions de pétroliers, des fuites de forage ou des ruptures de pipelines. Bien qu'elles soient généralement accidentelles, certaines marées noires sont intentionnelles, comme celles résultant d'actes de sabotage ou de vols de pétrole (par exemple, le siphonnage illégal ou le détournement de pipelines). Ces incidents peuvent prendre une ampleur considérable et avoir des conséquences environnementales et économiques dévastatrices. Les marées noires nuisent gravement aux écosystèmes marins, à la faune et aux communautés locales, avec des dégâts qui peuvent prendre des décennies à être réparés et des opérations de nettoyage extrêmement coûteuses.

Principales différences entre le vidage des cales et les marées noires :

Aspect	Vidage des cales	Marée noire
Intention	Intentionnelle (illégale si non traitée)	Généralement accidentelle (parfois intentionnelle)
Volume	Faibles, récurrentes	Importants, des événements de grande ampleur et catastrophiques
Cause	Négligence, réduction des coûts ou pratiques inappropriées	Généralement accidentelles (par exemple, les collisions de pétroliers)
Impact	Pollution accumulée au fil du temps	Des dégâts immédiats et considérables, avec des effets à plus ou moins long terme

Le saviez-vous ?

Les marées noires retiennent généralement davantage l'attention en raison de leur impact considérable et visible. En revanche, les vidanges de cale passent souvent inaperçues, bien qu'elles constituent un problème environnemental persistant.



Credit: ESA

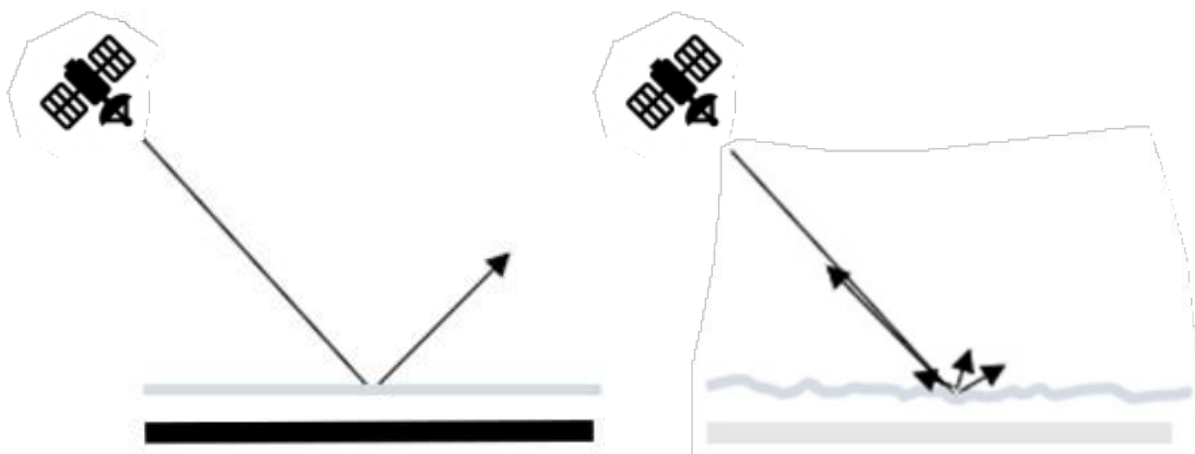
Données satellitaires d'observation de la Terre

L'observation de la Terre (OT) consiste à collecter, analyser et présenter des données afin de mieux comprendre notre planète. Ces données peuvent être recueillies par des plateformes de télédétection, telles que des satellites, ou directement depuis le sol. Les mesures au sol, appelées « données au sol » ou « in situ » (sur place), sont essentielles pour valider les données satellitaires. Ensemble, ces deux types de données se complètent, offrant ainsi une image plus précise de l'environnement de notre planète.

Depuis l'espace, les satellites recueillent des données partout dans le monde, même dans les régions les plus reculées. Ils offrent ainsi une vision globale et garantissent des mesures régulières et continues. Les données collectées par les satellites peuvent être converties en informations exploitables, qui peuvent servir à surveiller des facteurs environnementaux tels que la pollution atmosphérique, à cartographier la déforestation et l'expansion urbaine. Ils permettent également de mesurer les changements de température de la Terre et permettent une réponse rapide et adaptée aux crises après des catastrophes naturelles ou d'origine humaine. Consciente de l'importance de ces données, l'ESA considère l'observation de la Terre comme une priorité absolue. Dans ce but, elle a développé les satellites Sentinel pour le programme Copernicus de l'Union européenne, la plus grande initiative de surveillance environnementale au monde.

Détecter les vidanges de cale et les marées noires depuis l'espace

Les satellites jouent un rôle crucial dans la détection des marées noires et des rejets d'eaux de cale depuis l'espace, constituant ainsi un outil puissant pour la surveillance régulière de la pollution marine à l'échelle locale, régionale et mondiale. Parmi eux, le programme Sentinel-1, qui est au cœur de cette activité, utilise deux satellites pour fournir en continu des images radar haute résolution de la surface de la Terre. Ces satellites sont équipés de la technologie radar à synthèse d'ouverture (SAR), un capteur actif qui émet des signaux radar vers la surface de la Terre et mesure leurs réflexions (comme le montre l'image ci-dessous).



Cette technologie est particulièrement efficace pour détecter les marées noires et les vidanges de cale, même dans des conditions météorologiques et d'ensoleillement difficiles.

Quelles sont les principales différences entre les capteurs actifs et les capteurs passifs ?

Capteurs actifs	Capteurs passifs
Les capteurs actifs (tels que le SAR) produisent leur propre énergie en émettant des signaux radar et en mesurant leurs échos. Ils fonctionnent indépendamment de toute source externe de lumière ou de chaleur, ce qui garantit une collecte de données constante et fiable dans presque toutes les conditions, y compris dans l'obscurité, par temps nuageux et par mauvais temps.	Les capteurs passifs fonctionnent grâce à des sources d'énergie naturelles, telles que la lumière du soleil ou le rayonnement thermique terrestre, et peuvent avoir du mal à produire des images nettes dans des conditions de faible luminosité, par exemple la nuit, ou lorsque des nuages masquent la surface.

Comment le SAR détecte les marées noires et les vidanges de cale ?

La mer houleuse, généralement agitée par le vent et les vagues, réfléchit les signaux radar de telle sorte qu'une partie de l'énergie est renvoyée vers le capteur du satellite. Sur les images SAR, ces surfaces irrégulières apparaissent sous forme de motifs clairs et texturés : plus le pixel est clair, plus le signal réfléchi est intense.

Lorsque du pétrole est présent, il forme une fine couche lisse qui atténue la rugosité naturelle de l'eau. Cette surface lisse agit comme un miroir, détournant les signaux radar du satellite au lieu de les renvoyer vers le capteur. Il en résulte une zone sombre et lisse sur l'image SAR, qui contraste fortement avec l'eau environnante, claire et à la texture rugueuse. Les scientifiques étudient ces images afin de déterminer l'emplacement, la taille et l'étendue des marées noires ou des vidanges de cale.

Cependant, d'autres facteurs, tels qu'une eau calme et sans vent, peuvent également créer des surfaces lisses qui apparaissent sombres sur les images SAR. C'est pourquoi les scientifiques recoupent souvent les données SAR avec d'autres observations, telles que la position des navires ou des facteurs environnementaux comme la configuration des vents, afin de confirmer la présence de pétrole.

En combinant les données SAR avec d'autres observations satellitaires et des inspections sur le terrain, les autorités peuvent renforcer l'application de la législation maritime et détecter des activités illégales qui, sans cela, pourraient passer inaperçues.

Dans ce contexte, Sentinel-1 joue un rôle essentiel en :

- **Détectant** les rejets illégaux d'eaux de cale, c'est-à-dire lorsque des navires déversent intentionnellement des eaux usées contenant des hydrocarbures dans l'océan.
- **Surveillant** les marées noires de grande ampleur, suivant leur propagation et évaluant leur impact potentiel sur les côtes et les écosystèmes marins.
- **Soutenant** les interventions d'urgence par la fourniture de données en temps réel afin d'orienter les opérations de nettoyage.

Premiers pas avec Copernicus Browser

Nous vous recommandons vivement de vous assurer que chaque élève dispose d'un compte sur Copernicus Browser avant de commencer l'activité, car cela pourrait sinon vous faire perdre un temps précieux en cours. Vous trouverez ci-dessous les instructions pour créer un compte :

1. Rendez-vous sur Copernicus Browser, via le lien suivant :

<https://browser.dataspace.copernicus.eu/>

Copernicus Browser est disponible en plusieurs langues, dont le français.

2. Sélectionnez la langue (1) dans le panneau de navigation principal.
3. En haut à droite du panneau de navigation principal, cliquez sur le bouton de connexion (3).



Remarque : pour accéder à cette ressource, vous devez disposer d'un compte. Bien qu'il soit possible d'utiliser l'outil Copernicus Browser pour télécharger des images satellites sans compte utilisateur, certaines fonctionnalités de la barre d'outils de la carte, telles que la fonction « time-lapse » et l'enregistrement de repères (nécessaires dans le cadre de cette ressource), nécessitent que vous soyez connecté..

Veuillez également noter que la réception de l'e-mail de vérification peut prendre un certain temps. Nous vous recommandons donc de vous inscrire avant de commencer cette activité.

The image shows a login form titled 'Login to access your account'. It has two input fields: 'Email' and 'Password'. Below the password field is a link that says 'Forgot Password?'. At the bottom left of the form is a green 'LOGIN' button. A green arrow points to the 'LOGIN' button.

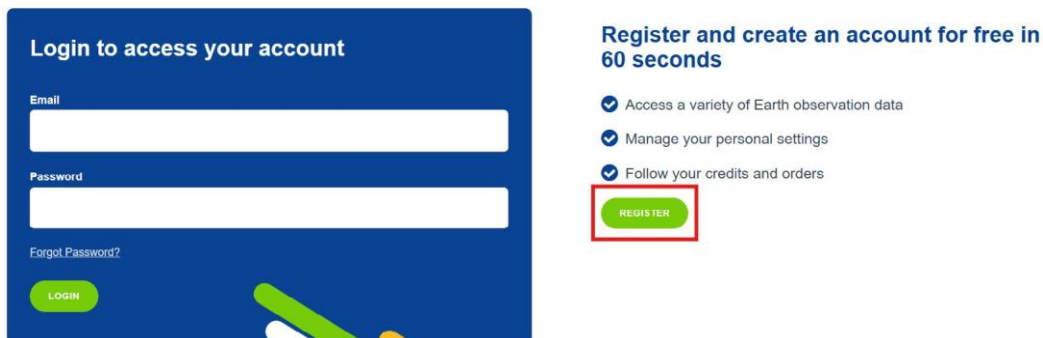
Comment s'inscrire sur Copernicus Browser :

La création d'un compte sur Copernicus Browser est gratuite. Pour créer un compte, veuillez cliquer sur ce lien : <https://browser.dataspace.copernicus.eu/>

1. Cliquer sur “connexion” :



2. Une fenêtre contextuelle s'affichera. Faites défiler vers le bas et cliquez sur le bouton vert «S'inscrire» situé en bas de la page.



3. Vous serez ensuite redirigé vers un formulaire d'inscription que vous devrez remplir. Une fois l'inscription effectuée, vous recevrez un e-mail de confirmation. Veuillez noter que la réception de cet e-mail peut prendre un certain temps.

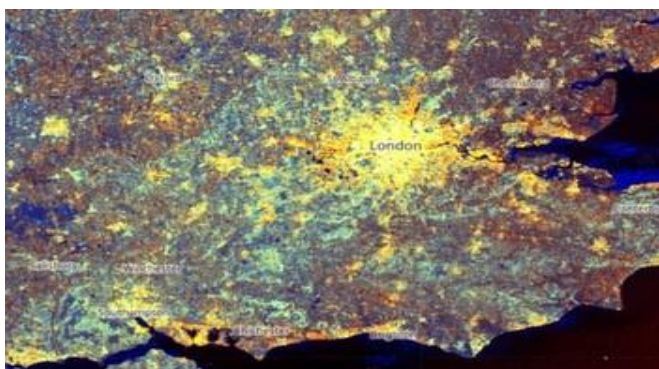
Questions et réponses tirées de la fiche d'activité

Après vous être familiarisés avec Copernicus Browser et avoir collecté des données Sentinel-1 pour détecter et analyser les marées noires et les vidanges de cale, vous pouvez entamer une discussion sur l'activité à l'aide des questions et réponses suivantes. Les élèves peuvent commencer par travailler en petits groupes, ou vous pouvez proposer une discussion avec toute la classe après chaque étape de l'activité.

Q.1. Zoomez sur l'image et voyez ce que vous pouvez identifier :

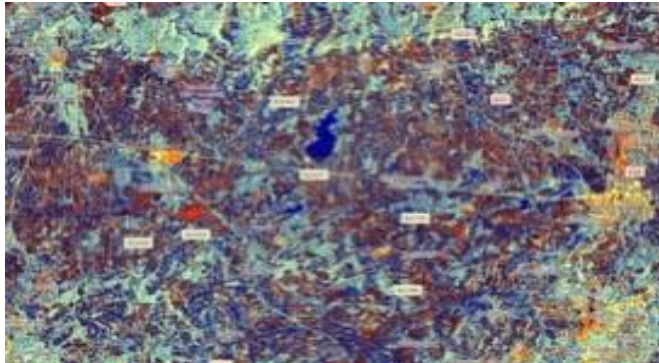
Q.1.1. Quelles structures pouvez-vous observer ?

Les élèves peuvent identifier :



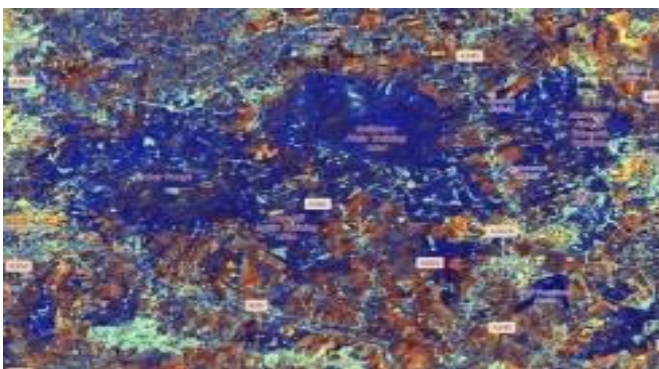
Des villes et des zones urbaines :

Les zones jaune vif indiquent des zones urbaines à forte densité, comme Londres et les villes environnantes. Ces couleurs vives sont dues aux fortes réflexions radar causées par les bâtiments et les infrastructures, caractéristiques des milieux urbains.



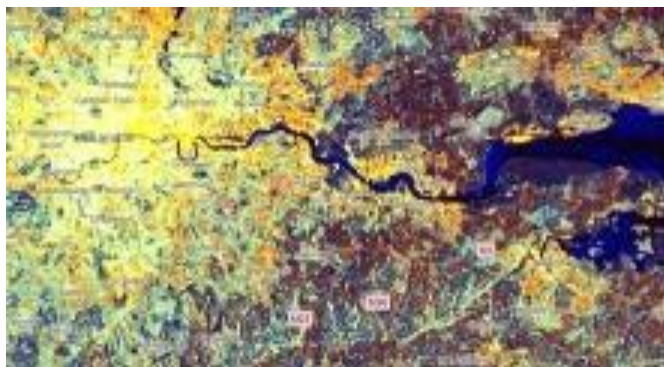
Des réseaux routiers :

Certaines lignes reliant les zones urbaines correspondent à des routes importantes. Elles apparaissent sur les images radar car elles produisent des signaux de rétrodiffusion constants, notamment lorsqu'elles sont larges, pavées et bordées de structures ou de végétation qui amplifient la réflexion radar. Leur forme linéaire et la connectivité entre les zones urbaines lumineuses permettent de les distinguer des éléments naturels.



Zones rurales et forestières :

Les zones verdâtres ou bleues représentent généralement des régions rurales, agricoles ou forestières. En effet, ces surfaces naturelles produisent une rétrodiffusion radar plus faible ou plus diffuse que les zones urbaines.



Rivières et voies navigables :

Les lignes plus sombres correspondent aux rivières et aux ruisseaux qui traversent le paysage. En effet, la surface de l'eau a tendance à absorber les signaux radar plutôt qu'à les réfléchir, ce qui entraîne une faible rétrodiffusion. Comme les ondes radar sont peu réfléchies par des surfaces lisses telles que l'eau, ces zones apparaissent comme des lignes sombres sur l'image.

Q.1.2. À quoi ressemble l'eau ? Quelles caractéristiques pouvez-vous observer à sa surface ?

Les élèves remarqueront peut-être que l'eau apparaît sombre avec des points brillants éparés, qui représentent des éléments en surface, comme des navires ou des parcs éoliens en mer (offshore). Cela s'explique par le fait que l'eau, étant lisse, absorbe les signaux radar au lieu de les réfléchir, ce qui donne une image sombre sur l'image radar. En revanche, les surfaces rugueuses et complexes, comme la coque d'un navire ou les structures d'un parc éolien offshore, réfléchissent plus efficacement les signaux radar vers le satellite. Cette meilleure réflexion se traduit par des points brillants sur l'image, permettant de distinguer ces objets de l'eau environnante.

Q.1.3. Comment pouvez-vous exploiter ces informations pour identifier des objets à la surface depuis l'espace ?

Ces informations peuvent être exploitées pour identifier des objets à la surface de l'eau depuis l'espace en analysant les éléments suivants :

- La luminosité : Les points lumineux se détachent sur l'eau plus sombre, rendant visibles des objets comme les navires.
- Les motifs : Des regroupements ou des alignements de points lumineux pourraient indiquer des voies de navigation, des navires ancrés ou des parcs éoliens en mer.

La comparaison de la répartition des points lumineux avec les activités maritimes connues (zones de pêche, ports à fort trafic, etc.) permet d'identifier des objets ou des événements spécifiques. En combinant ces observations à l'analyse d'images satellitaires, il est possible de surveiller l'activité maritime, de suivre les navires, voire de détecter des pratiques illégales comme le déversement d'eaux de cale.

Q.2. Pourquoi certaines parties de l'eau sont-elles plus sombres que d'autres ?

Dans l'eau, les surfaces calmes renvoient moins de signal radar au satellite Sentinel-1 et apparaissent donc plus sombres. Cela peut être dû à un vent faible, à des nappes de pétrole ou à d'autres facteurs réduisant la rugosité de la surface. En présence de vagues et de vent plus fort, on observe généralement davantage de nuances de gris et de motifs à la surface de l'eau.

Q.3. Zoomez sur les points blancs et commentez leur apparence.

Beaucoup de points blancs ont une forme d'étoile ou de croix, tandis que d'autres sont allongées.

Q.3.1. Que représentent selon vous les points en forme de croix ?

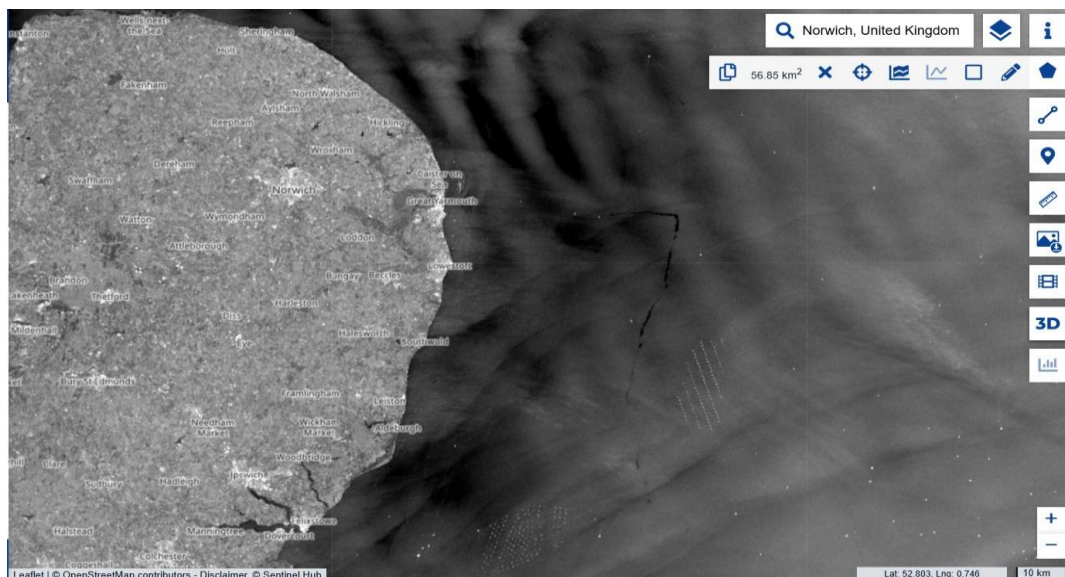
Compte tenu de leur taille et de leur répartition, la plupart des points blancs sont probablement des bateaux. En effet, leur disposition reflète les schémas de trafic maritime habituels en haute mer.

Q.3.2 À votre avis, pourquoi certains objets forment-ils des figures sur l'eau ? De quoi pourraient-ils s'agir ?

Les objets disposés en formations structurées, semblables à des grilles, sont probablement des objets stationnaires, tels que des parcs éoliens en mer.

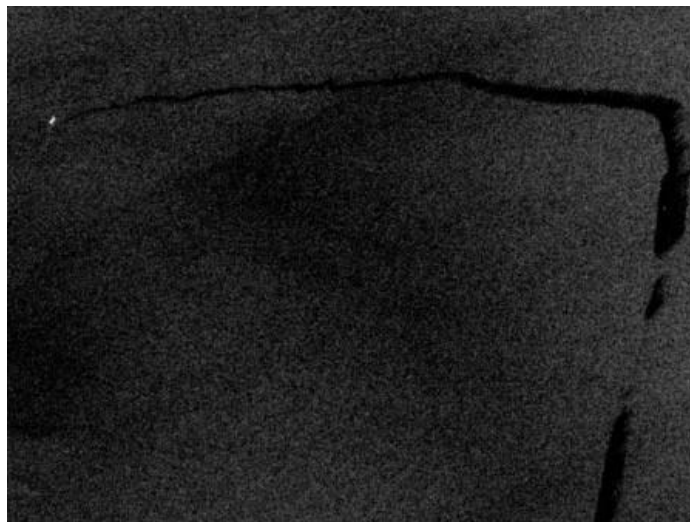
Q.4. Cliquez sur la date en haut du menu pour ouvrir le calendrier. Essayez différentes dates en février ou utilisez les flèches de chaque côté de la date affichée pour naviguer rapidement entre les images disponibles.

Les élèves étudieront la zone maritime à l'est de Norwich (Royaume-Uni) pour localiser la marée noire, visible sur les images du 4 février. Cette marée noire peut être difficile à trouver sur les images. Il est nécessaire d'explorer différentes zones de cette région.

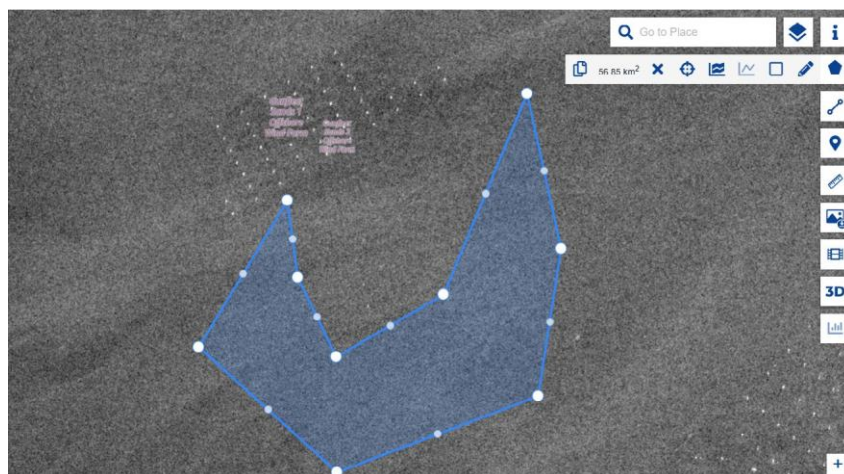


Q.4.1. Existe-t-il des éléments terrestres susceptibles de bloquer le vent ? Y a-t-il un navire (point blanc) ou peut-être une embouchure de rivière à l'une des extrémités de la marée noire, d'où il serait possible de retracer l'origine du déversement ?

Aucun élément du relief immédiat ne pourrait bloquer le vent et expliquer cette configuration particulière. Cependant, la présence d'un navire (un point blanc brillant) à une extrémité de la nappe de pétrole indique fortement que celle-ci provient de ce navire. La nappe semble suivre la trajectoire du navire, ce qui renforce cette conclusion.



Q.5. Copernicus Browser peut vous permettre de mesurer la taille de la zone, comme ceci :



Q.5.1. Pouvez-vous comparer la taille de la marée noire à une zone que vous connaissez bien, comme une ville ou un aéroport ?

Les élèves doivent estimer que la marée noire couvre une superficie d'environ 35 à 40 kilomètres carrés. À titre de comparaison, cela équivaut approximativement à la superficie de Cambridge (Royaume-Uni, environ 40,7 km²) ou de l'aéroport Charles de Gaulle (Paris, environ 32,38 km²). Faire la comparaison avec un lieu familier permet de mieux visualiser l'ampleur de la marée noire et son impact environnemental potentiel.

Q.6. A l'aide de ces informations, calculez la quantité minimale de pétrole qui aurait pu être déversée.

Si la nappe de pétrole observée couvre 35 km², et que l'on sait que 1 km² correspond à au moins 1 m³ de pétrole, alors le volume minimal estimé de pétrole déversé serait de :

$$35 \text{ km}^2 \times 1 \frac{\text{m}^3}{\text{km}^2} = 35 \text{ m}^3$$

Au moins 35 m³ de pétrole ont donc été déversés.

Vous pouvez discuter avec vos élèves de la meilleure façon de lutter contre le problème des déversements d'eaux de cale à l'aide de satellites et des autres organisations qui pourraient être impliquées :

Les réponses peuvent inclure :

- **Les organismes environnementaux** (par exemple, l'Organisation maritime internationale, les garde-côtes nationaux et les agences locales de protection de l'environnement) doivent signaler les déversements d'hydrocarbures et faire pression pour un renforcement de l'application de la loi.
- **Les représentants du gouvernement et les décideurs politiques** doivent plaider en faveur de réglementations plus strictes et de sanctions plus sévères pour les déversements illégaux.
- **Les médias** devraient sensibiliser le public et exercer une pression indirecte sur les entreprises et les gouvernements afin qu'ils prennent des mesures.
- **L'industrie maritime et les autorités** (par exemple, les compagnies maritimes et les autorités portuaires) pourraient encourager le respect des pratiques légales d'élimination des déchets.

Conclusion

Les satellites capables de détecter les navires en mer peuvent couvrir des zones plus vastes que toute autre technologie de surveillance en un seul balayage et assurer une couverture mondiale quasi quotidienne. Aujourd'hui, il est plus facile que jamais d'accéder aux données satellitaires et de les obtenir rapidement à un coût bien inférieur à celui des missions de reconnaissances maritimes ou aériennes. Les satellites sont devenus un outil courant pour le suivi des navires non identifiés et pour le soutien des opérations de surveillance, de contrôle et de suivi des pêches. Les renseignements recueillis permettent ainsi de guider les patrouilles au sol et aériennes.

Étude de cas : Pollution dans la Manche

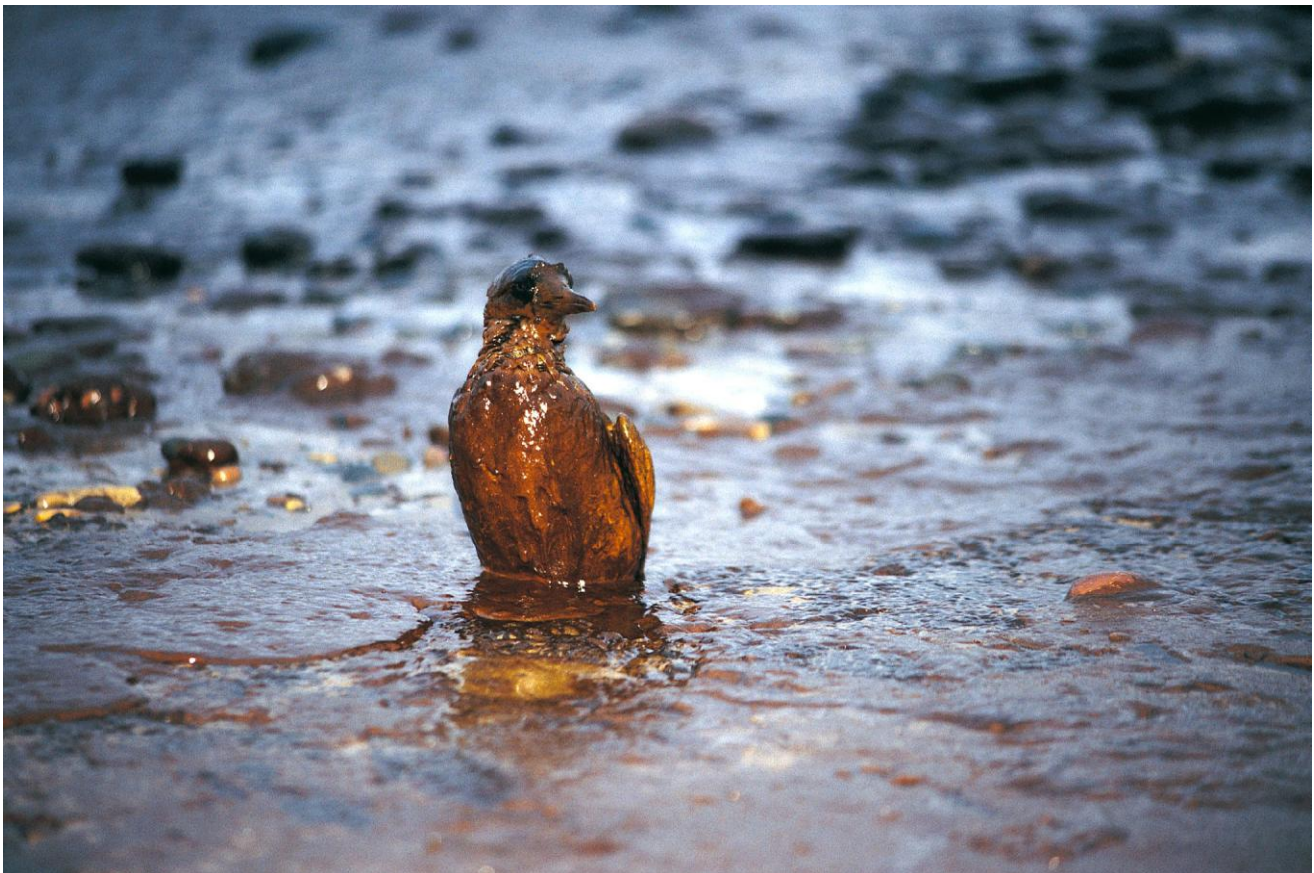
Fiche d'activité

Introduction et contexte

Chaque jour, des milliers de navires traversent la Manche. Il s'agit de la voie maritime la plus fréquentée au monde. Près de 200 000 navires traversent chaque année ce passage étroit, reliant l'Europe continentale à l'océan Atlantique et au-delà. Si ces navires sont essentiels au commerce mondial, certains se livrent à des pratiques néfastes, comme le déversement d'eaux de cale, le rejet illégal d'eaux usées huileuses non traitées en mer.

Les eaux de cale contiennent du pétrole, des métaux dangereux et des produits chimiques toxiques, constituant une grave menace pour les écosystèmes marins et les communautés côtières. Selon un rapport de Lighthouse Reports publié en 2022, cette pratique illégale se produit 3 000 fois par an dans les seules eaux européennes. Sans contrôle, le vidage des eaux de cale peut dévaster la vie marine, polluer les côtes et nuire aux secteurs d'activité qui dépendent des océans, comme le tourisme et la pêche.

Dans cette étude de cas, vous analyserez le problème des déversements d'eaux de cale dans la Manche à l'aide des données de la mission satellitaire Sentinel-1. Grâce à une investigation pratique, vous apprendrez à identifier les marées noires depuis l'espace et à évaluer leurs conséquences environnementales et sociétales.



Credit: ESA

Collecte et analyse de données

Exercice : Détection des marées noires et des navires

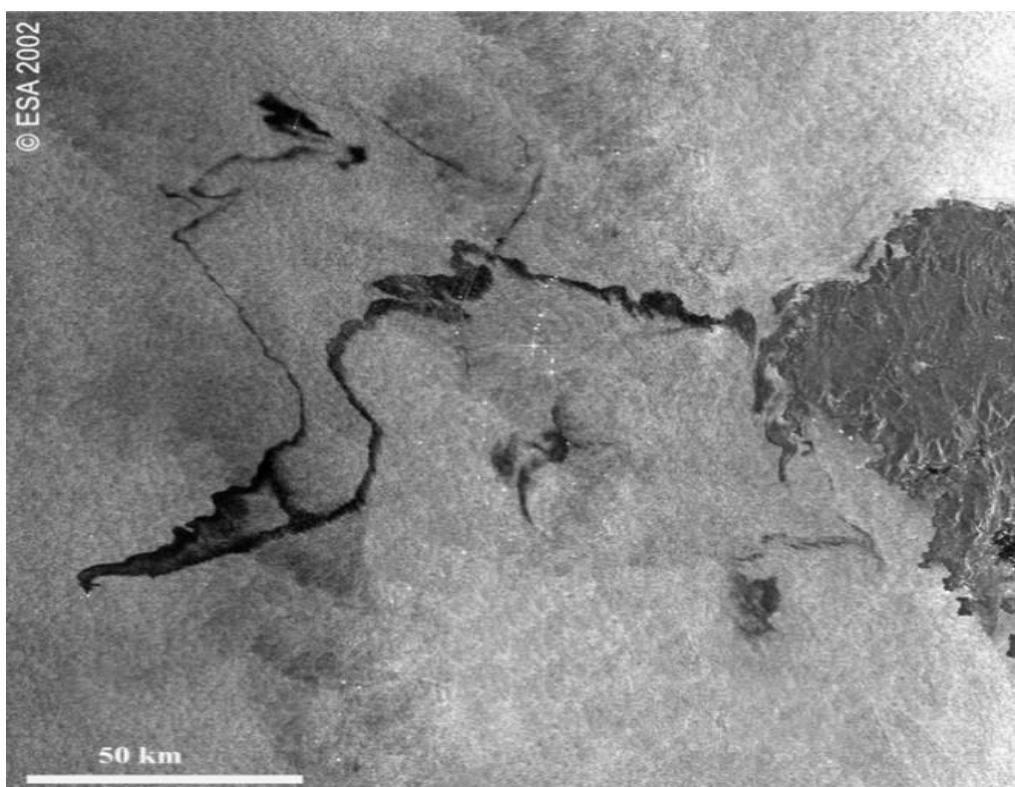
A : Collecte de données

L'observation de la Terre (OT) consiste à collecter, analyser et présenter des données afin de mieux comprendre notre planète. Les marées noires peuvent être étudiées localement, depuis le sol, grâce à des mesures in situ, et par satellite, qui les surveillent depuis l'espace. Les données d'observation de la Terre se divisent donc en deux catégories : les « données au sol », collectées sur Terre, et les « données satellitaires », recueillies depuis l'espace. Ces deux catégories de données sont complémentaires. Grâce à ces informations, les scientifiques peuvent élaborer des stratégies pour protéger la santé publique, les écosystèmes et préserver les secteurs de la pêche et du tourisme.

Le saviez-vous ?

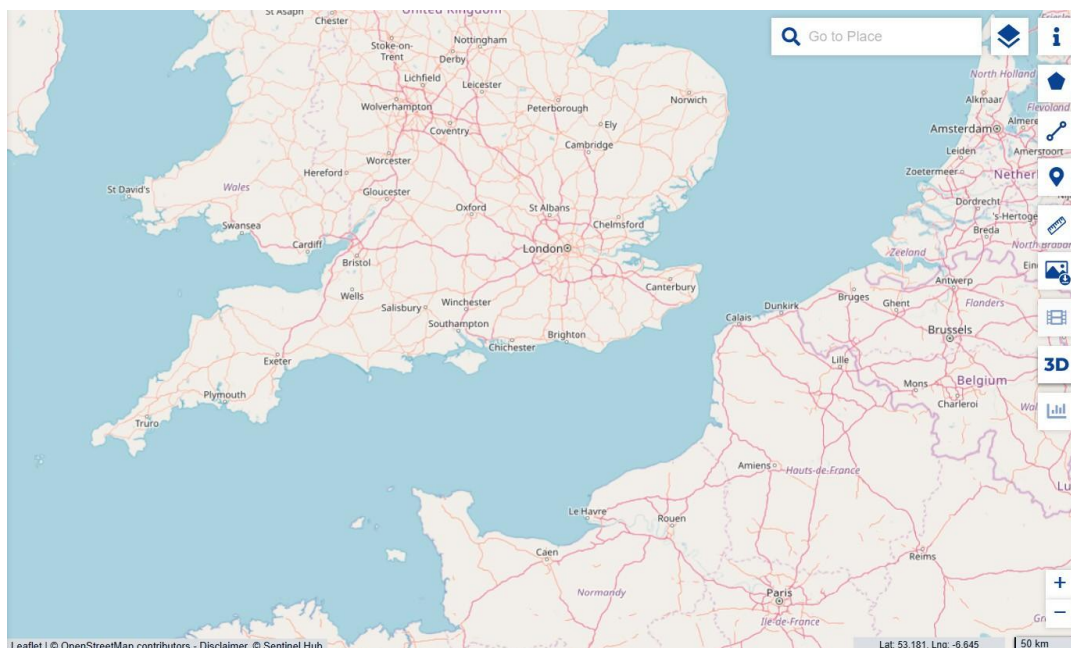
Le programme Copernicus de l'Union européenne met à disposition gratuitement des données satellitaires, vous offrant ainsi la possibilité de devenir vous-même observateur et observatrice de la Terre ! Cartographier les marées noires et fournir des informations cruciales sur les écosystèmes marins ne sont que quelques exemples de l'utilisation des satellites Sentinel dans le cadre du programme européen de surveillance environnementale Copernicus. Les satellites Sentinel surveillent également nos terres, nos glaces et notre atmosphère afin de comprendre les dynamiques globales à grande échelle.

Pour bien débiter votre étude, veuillez suivre les instructions numérotées en bleu.



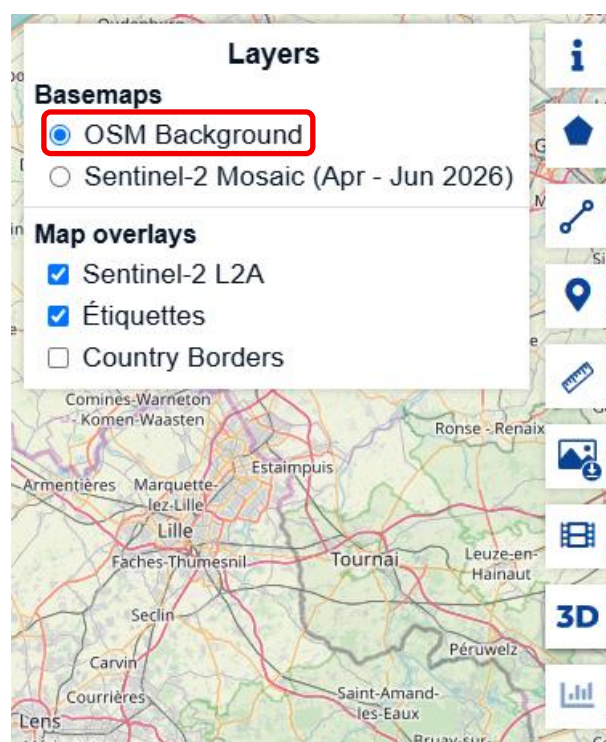
Marée noire provenant du pétrolier Prestige, coulé à 100 km des côtes espagnoles. Crédit : ESA

1. Naviguez ou effectuez une recherche sur la carte jusqu'à ce que vous puissiez voir toute la zone autour de la Manche et de la mer du Nord au large des côtes des Pays-Bas.

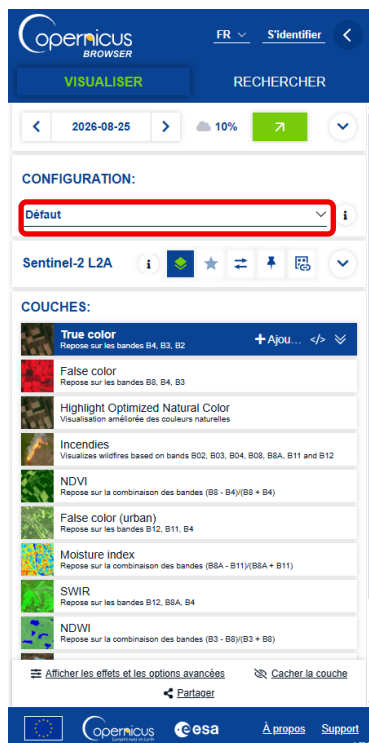


Attention

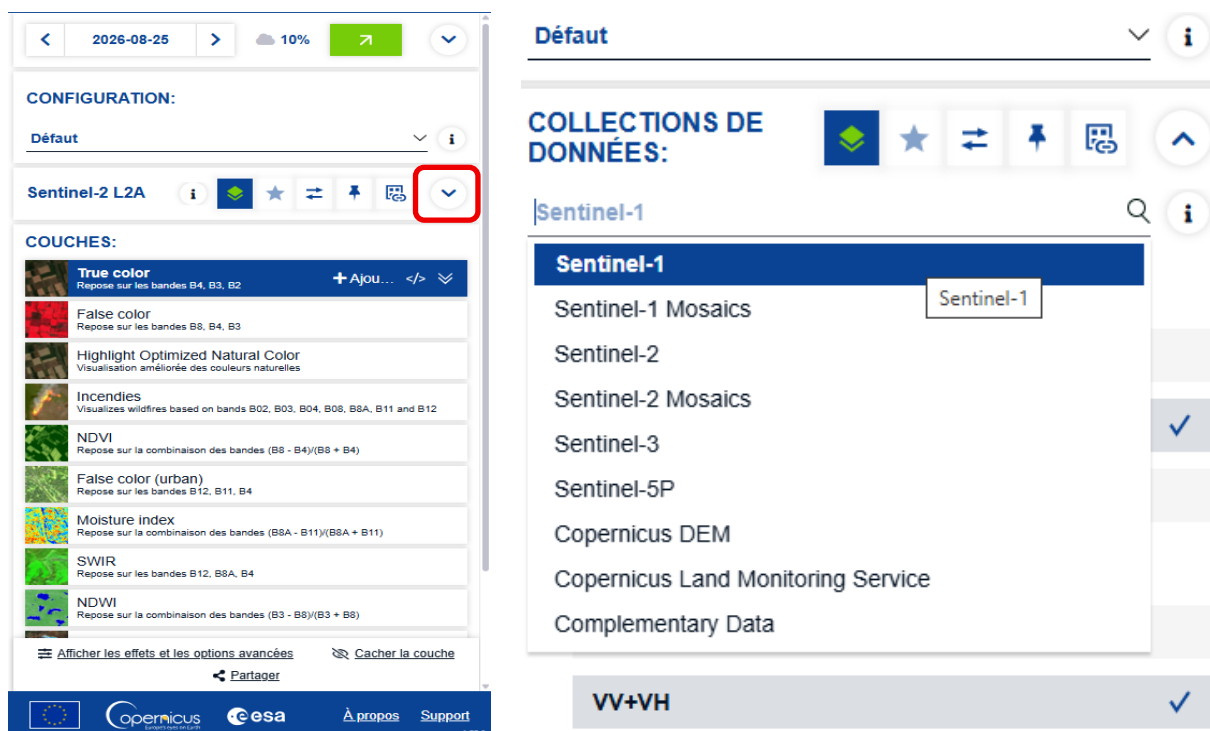
La carte de base présélectionnée (arrière-plan) est une mosaïque de différentes images satellites et peut parfois être confondue avec les images que vous visualisez. Pour la modifier, accédez au coin supérieur droit et remplacez « Mosaïque Sentinel-2 » par « Arrière-plan OSM ».



2. Dans le panneau de navigation principal à gauche, choisissez la configuration « Défaut » dans l'onglet « Visualiser »



3. Sous « Collections de données », choisissez « Sentinel-1 ». Il s'agit du satellite radar Copernicus.



4. Laissez les paramètres par défaut (mode d'acquisition IW, polarisation VV+VH, direction de l'orbite ascendante et descendante).

Mode d'acquisition: ⓘ

SM - Stripmap Mode 3.5m x 3.5m

IW - Interferometric Wide Swath 10m x 10m ✓

EW - Extra-Wide Swath 40m x 40m

Polarisation: ⓘ

VV

VV+VH ✓

HH

HH+HV

Direction de l'orbite: ⓘ

Ascending ☒

Descending ☒

5. Appuyez sur « Afficher la date la plus récente » en haut du menu. Vous devrez peut-être zoomer légèrement sur la carte avant de pouvoir appuyer sur le bouton.

< YYYY-MM-DD > **↗** ▼

CONFIGURATION:

Défait ▼ ⓘ

COLLECTIONS DE DONNÉES: [Map Icon] [Star Icon] [Refresh Icon] [Pin Icon] [Layers Icon] [Up Arrow Icon]

Sentinel-1 ▼ ⓘ

Astuce

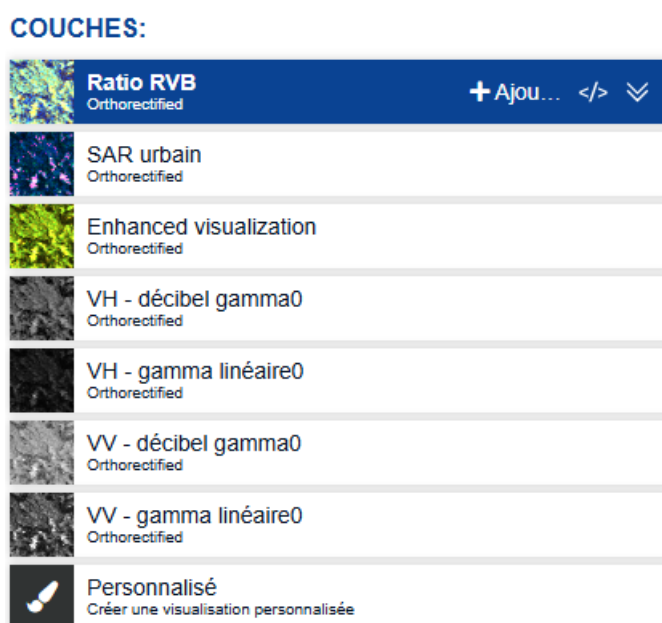
La date la plus récente peut n'afficher que des données partielles de la zone d'intérêt, comme illustré ci-dessus. Vous pouvez modifier les dates en haut à gauche et sélectionner une date pour laquelle davantage de données sont disponibles.



- Q.1 Zoomez sur l'image et voyez ce que vous pouvez identifier :
 - Q.1.1. Quelles structures pouvez-vous observer sur terre ?
 - Q.1.2. À quoi ressemble l'eau ? Quelles structures pouvez-vous distinguer à sa surface ?
 - Q.1.3. Comment pouvez-vous exploiter ces informations pour identifier des objets à la surface depuis l'espace ?

Notez vos observations et vos réflexions.

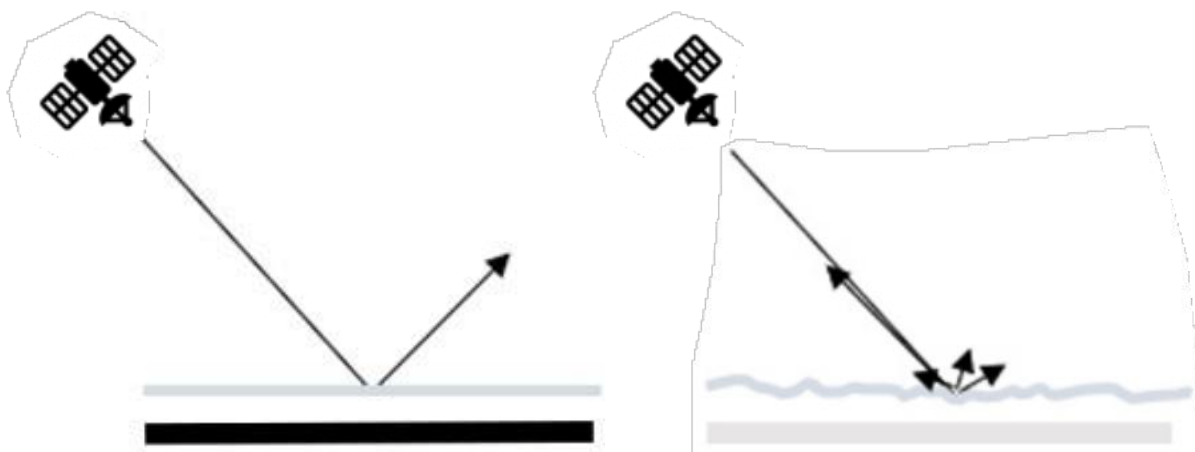
6. Sous « Couches », choisissez « VV – décibel gamma0 ».



Cette couche illustre l'une des polarisations que les satellites Sentinel-1 peuvent capturer : la polarisation verticale, où les ondes radar émises et reçues sont polarisées verticalement. La polarisation décrit la direction d'oscillation d'une onde lors de sa propagation.

Imaginez une clôture à barreaux verticaux. Si vous agitez une corde latéralement, les barreaux la bloqueront, mais si vous l'agitez verticalement, elle pourra osciller. De même, les ondes radar sont émises et reçues en oscillant dans une direction spécifique, tout comme une corde peut être balancée selon différents angles (par exemple, de haut en bas ou latéralement). En polarisation VV, les ondes oscillent verticalement (de haut en bas) lors de l'émission et sont reçues dans la même direction verticale.

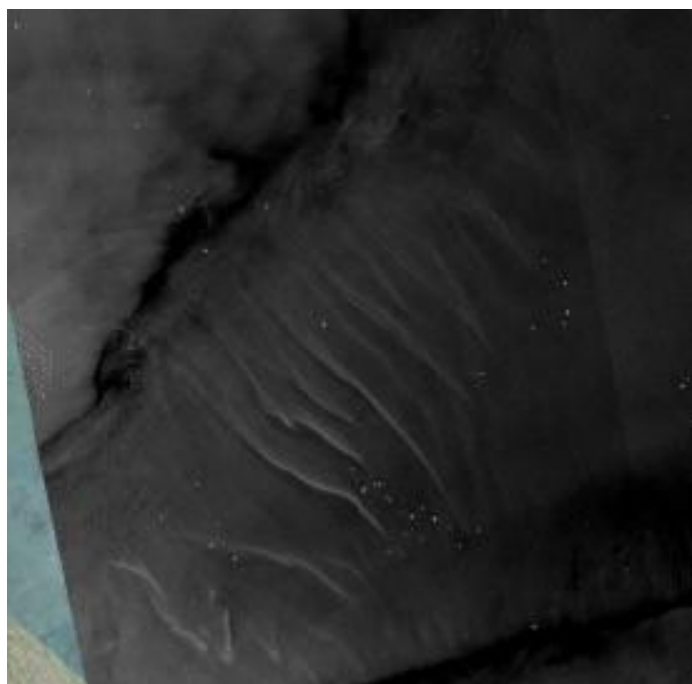
La polarisation VV est très sensible aux surfaces rugueuses, comme les vagues océaniques, car ces surfaces diffusent le signal radar dans de multiples directions, augmentant ainsi la quantité de signal renvoyée au satellite. Elle s'avère donc utile pour détecter les mouvements d'eau et identifier les zones plus lisses dues aux vidages des eaux de cale ou aux marées noires.



Le radar fonctionne grâce au retour du signal qu'il émet. Une image noire indique une surface plane et réfléchissante où le signal radar est réfléchi à l'opposé, s'éloignant ainsi du récepteur. Pour renvoyer un signal, la surface doit être rugueuse. Plus un pixel est lumineux, plus le signal renvoyé depuis ce point de l'image est intense.

Q.2. Pourquoi certaines zones de l'eau sont-elles plus sombres que d'autres ?

Si l'image VV est complètement noire au-dessus de la mer, remontez de quelques dates (en haut du menu) jusqu'à trouver une image où l'océan apparaît gris au lieu de noir sur l'imagerie VV.



DATE: SINGLE



< 2026-09-16 >

Afficher la dernière date ↗

[Trouver des produits pour la vue actuelle](#)

CONFIGURATION:

Défaut



B : Détection des navires

Nous pouvons utiliser les signaux radar pour détecter les navires. Lorsque les signaux radar rebondissent sur des objets comme des navires ou des éoliennes à la surface de l'eau, ils sont diffusés, créant ainsi des points lumineux sur les images. Il en résulte deux caractéristiques utiles que nous exploiterons :

- Les objets à la surface de l'eau se détachent nettement sur les images.
- Si la surface est lisse, cette partie de l'image sera très sombre.

Il est ainsi possible d'identifier des objets comme les navires car ils apparaissent comme des points blancs sur l'eau.

Q.3. Zoomez sur les points blancs et notez leur apparence.

Q.3.1. Que représentent selon vous les points qui ressemblent à des étoiles/croix ?

Q.3.2. À votre avis, pourquoi certains objets ont une forme particulière sur l'eau ? De quoi pourraient-ils s'agir ?



Maintenant que vous comprenez ces images, vous pouvez commencer la recherche de marées noires !

C : Marées noires

1. Assurez-vous d'avoir sélectionné la visualisation « VV – décibel gamma0 ».

Les marées noires sont très caractéristiques sur les images radar VV. Le pétrole flotte à la surface de l'eau et forme une couche lisse qui agit comme un miroir pour le signal radar. Par temps venteux, les nappes de pétrole apparaissent d'un noir intense sur un fond gris. En l'absence de vent, il est parfois impossible de distinguer l'eau du pétrole.

Des militants écologistes de Norwich, en Angleterre, ont observé un navire déverser du pétrole au large de la côte est en février 2024.

Utilisez les connaissances acquises précédemment pour examiner les images radar sur Copernicus Browser et essayez de localiser la marée noire à l'est de Norwich, en Angleterre, en février 2024.

Q.4. Cliquez sur la date en haut du menu pour ouvrir le calendrier. Essayez différentes dates en février ou utilisez les flèches de chaque côté de la date affichée pour naviguer rapidement entre les images disponibles.



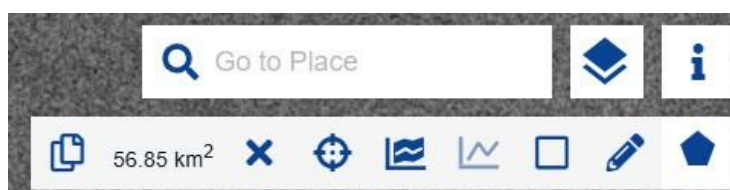
Notez que le calendrier de Copernicus Browser met en évidence les dates pour lesquelles des images sont disponibles pour la zone actuellement affichée à l'écran. N'hésitez pas à explorer la carte si vous ne voyez rien ou pour consulter d'autres dates.

Étant donné que des zones sans vent apparaissent également noires, il est nécessaire de prendre en compte non seulement la « marée noire » elle-même, mais aussi ce qui se trouve immédiatement autour d'elle.

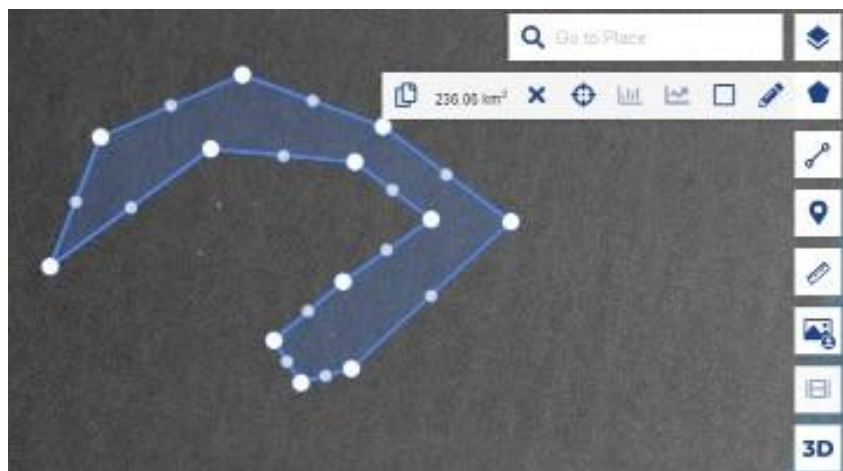
Q.4.1. Existe-t-il des éléments susceptibles de bloquer le vent ? Y a-t-il un navire (point blanc) ou peut-être une embouchure de rivière à l'une des extrémités de la marée noire, qui nous permettrait de retracer son origine ?

D : Calculer le volume de pétrole

1. Une fois la marée noire identifiée, utilisez l'outil de zone d'intérêt et tracez un polygone suivant les contours de la nappe.



2. Q.5. Copernicus Browser vous indiquera alors la surface couverte par la zone, comme ceci :



Q.5.1. Pouvez-vous comparer l'ampleur de la marée noire à une zone que vous connaissez, comme une ville ?

La l'épaisseur minimale de pétrole sur l'eau requise pour qu'elle soit visible sur l'imagerie radar est de $1\text{ }\mu\text{m}$ (1 micromètre), soit $0,000001\text{ m}$.

Pour estimer la quantité de pétrole déversée, nous devons savoir :

- La surface de la zone,
- L'épaisseur de la couche de pétrole.

Si une nappe de pétrole recouvre une surface de 1 km^2 , alors le volume minimal de pétrole recouvrant cette surface est d'au moins 1 m^3 :

(calculée grâce à cette formule)

$$1000\text{ m (largeur)} \times 1000\text{ m (longueur)} \times 0.000001\text{ m (épaisseur)} = (1 \times 10^3\text{ m})^2 \times (1 \times 10^{-6}\text{ m}) = 1\text{ m}^3$$

Nous savons donc qu'une nappe de pétrole de 1 km^2 équivaut au moins à 1 m^3 de pétrole déversé.

Q.6. Calculez la quantité minimale de pétrole déversée à l'aide de ces informations.

S'il vous reste du temps, essayez de trouver d'autres marées noires :

- Choisissez une zone en Europe où il y a beaucoup de navires et commencez vos recherches.

→ **Liens**

Activités liées aux Projets ESA

Missions d'observation de la Terre de l'ESA

https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/ESA_for_Earth

Projet Climate Detectives

<https://esero.fr/projets/climate-detectives/>

School Atlas | La géographie depuis l'espace

https://esero.fr/assets/uploads/2025/07/ESA_Schoolatlas_FR.pdf

Ressources et autres supports pédagogiques

[Copernicus Browser Guide](#)

Cas d'étude Copernicus Browser : Les Proliférations d'algues vues de l'espace

Copernicus Browser

The Copernicus Data Space Ecosystem Browser

<https://browser.dataspace.copernicus.eu/>

Formation en ligne aux Outils Copernicus Browser et EducSCO Température

<https://esero.fr/formations/formations-aux-projets/climate-detectives-formations-en-ligne/>

Les bureaux de l'éducation de l'ESA et d'ESERO France vous invite à leur faire part de vos remarques et commentaires
teachers@esa.int & esero.france@cnes.fr

Copyright 2025 © European Space Agency