

# Les espaces naturels en ville



Pléiades © CNES 2012,  
Distribution Airbus DS



## L'exemple de Toulouse

Depuis le Grenelle de l'Environnement de 2007, les **trames vertes** et **bleues** se sont affirmées comme un outil majeur du développement durable. Dans les grandes métropoles, les réservoirs de biodiversité, et les corridors qui les relient, permettent de travailler sur la qualité environnementale, la richesse naturelle et l'amélioration du cadre de vie des citoyens.

Aujourd'hui intégrées dans les documents urbains officiels (PLU, SCOT...), elles représentent un enjeu clairement identifié dans le développement urbain.

### THÉMATIQUES TRAITÉES

- › Trames vertes/Trames bleues
- › L'artificialisation des sols
- › Les réservoirs et les corridors de biodiversité

### PISTES DE RÉFLEXION

- › Que sont les trames vertes et les trames bleues?
- › Comment s'insèrent-elles dans les dynamiques de développement des grandes métropoles?

## THÉMATIQUE 1

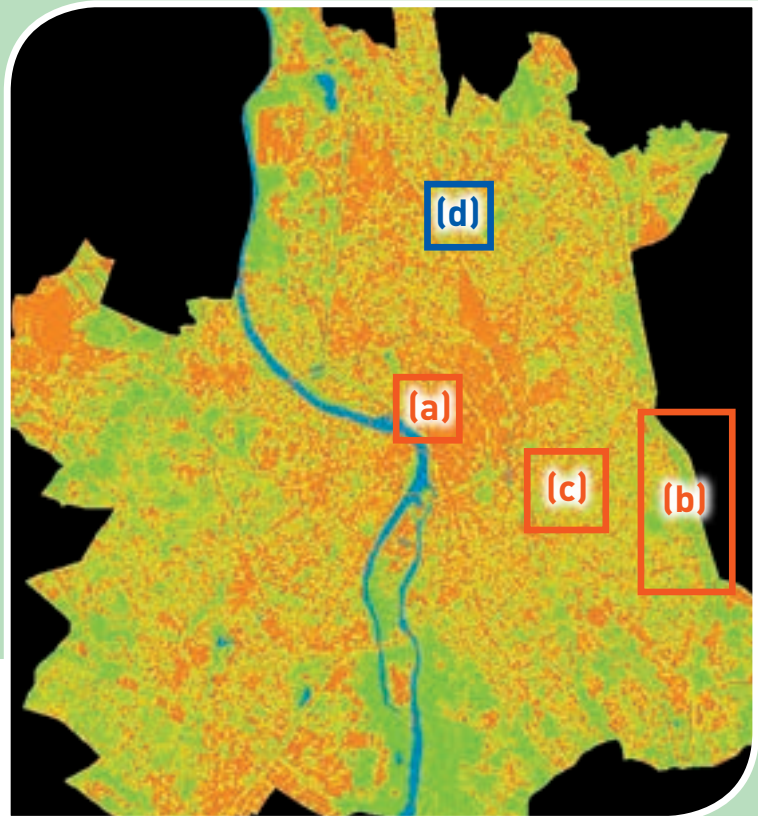
## Trames vertes/Trames bleues

L'image suivante est une classification supervisée de l'ensemble de la commune de Toulouse. Elle permet de différencier les espaces artificialisés (en orange), les espaces végétalisés (en vert) et les espaces en eau (en bleu).

**Questionnement :**

- Dégagez les grandes caractéristiques de la ville de Toulouse en termes d'occupation des sols.
- Insistez sur la part et la localisation des espaces verts et aquatiques.

Pour réaliser une telle image, consultez la page 4 ainsi que le DVD d'accompagnement.



Les 3 images ci-dessous sont des zooms successifs tirés de l'image ci-dessus. Le code couleur est donc le suivant : les espaces artificialisés sont en orange, les espaces végétalisés sont en vert et les espaces en eau sont en bleu.

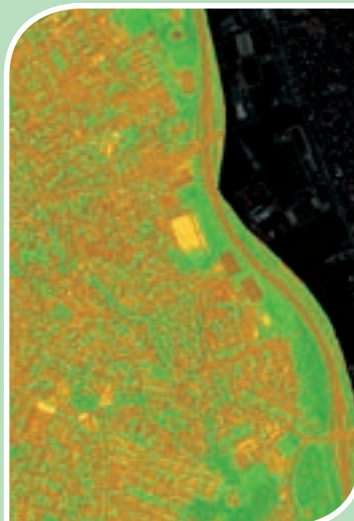
**Questionnement :**

- Relevez les différences d'occupation des sols entre les 3 quartiers.
- Expliquez quels sont les enjeux urbains d'aménagement en fonction du quartier considéré.

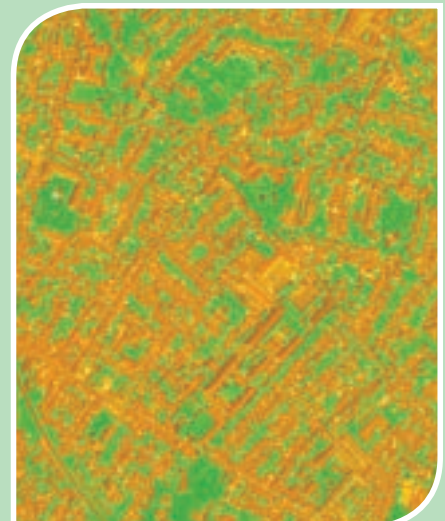
(a) Le centre ville de Toulouse



(b) L'axe de la rocade



(c) Quartier résidentiel de la Côte Pavée





## THÉMATIQUE 2

## L'artificialisation des sols

En comparant l'occupation des sols de 1990 avec l'image Pléiades de 2012, on note le changement : **en jaune**, les anciennes parcelles agricoles de 1990 sont devenues des zones d'habitation alors qu'en 1990, seules les zones **en rouge** étaient artificialisées.

Le quartier de Borderouge est localisé dans le dans le cadre **(d)** sur l'image générale de la thématique 1.

### Questionnement :

- En prenant appui sur l'exemple de Borderouge, déterminez l'intérêt d'intégrer aux schémas de développement urbain des trames vertes et bleues.



Quartier de Borderouge

## THÉMATIQUE 3

## Un réservoir et un corridor de biodiversité

Les jardins du Muséum de Toulouse occupent une surface de quelques 10 ha (image de gauche ci-dessous).

Ils forment le poumon vert du quartier de Borderouge (cadre **(d)** sur l'image générale).

L'axe de la Garonne est un couloir aquatique en partie végétalisé qui permet le transit d'espèces animales.

### Questionnement :

- Expliquez pourquoi les réservoirs de biodiversité sont insuffisants pour assurer la pérennité d'une trame verte.
- Concluez sur l'importance des corridors de biodiversité.



Jardins du Muséum



Aller plus loin

## Pour en savoir plus



- Qu'est-ce-que la couche d'occupation des sols Corine Land Cover ?
- Suivez pas à pas la réalisation de la classification supervisée sur l'image de Borderouge et familiarisez-vous avec la réalisation d'une classification supervisée avec le logiciel TerrelImage.

## Le site du CNES



Pour tout savoir sur les satellites Pléiades, rendez-vous sur le site du CNES.

<https://pleiades.cnes.fr/>

## Le site Éduthèque

une offre du service public  
du numérique éducatif



Pléiades © CNES2012, Distribution Airbus DS

**La rubrique CNES de ce site propose la donnée Toulouse-centre. Cette image Pléiades de 0,5 m de précision au sol a été utilisée tout au long de cette étude.**

<http://www.edutheque.fr>

## Lançons le débat !



**Les trames vertes et bleues** contribuent-elles à un développement urbain durable ou sont-elles un frein à la croissance des grandes villes françaises ?



# Les enjeux de l'eau en Afrique sahélienne



## L'exemple de la région du village de Taredji

**Au nord du Sénégal**, la région du Fuuta Tooro constitue un milieu caractéristique de la bande sahélienne. Cet espace est marqué par l'aridité (moins de 400 mm de précipitations/an), une saison des pluies bien définie (90 % sont concentrées en août et septembre). L'insécurité face à l'approvisionnement en eau constitue un des premiers enjeux de développement des populations locales. Malgré cela, la rive gauche du fleuve Sénégal est peuplée à plus de 80 % par des agriculteurs et ce depuis des siècles. Avec une image Pléiades de fin avril 2012 (fin de saison sèche), étudions les dynamiques et les aménagements de l'espace dans un milieu aux conditions naturelles particulières.

Pléiades © CNES 2012,  
Distribution Airbus DS

### THÉMATIQUES TRAITÉES

- › Occupation humaine d'un milieu contraignant
- › Gestion des contraintes
- › Exploitation des ressources
- › Télé-épidémiologie

### PISTES DE RÉFLEXION

- › Comment mettre en valeur un territoire marqué par une forte aridité ?
- › De quelle manière les satellites contribuent-ils à améliorer notre compréhension des dynamiques liées à l'eau en zone sahélienne ?

## THÉMATIQUE 1

## Occupation humaine d'un milieu contraignant

Sur l'image Pléiades de la région de Taredji, on relève la présence de nombreux villages aux caractéristiques diverses. Village traditionnel de pasteurs dans la zone la plus aride (c), village traditionnel de cultivateurs sur les bords de la Rivière (le Doué) (b), village moderne géométrique dans les zones d'agriculture irriguée (a).



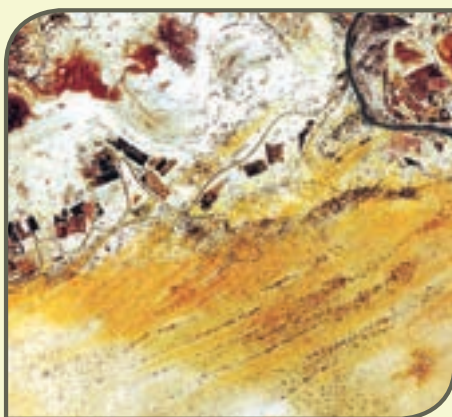
## Questionnement :

- Commentez la diversité de l'occupation humaine en insistant sur les différents facteurs explicatifs de localisation des différents villages.



## THÉMATIQUE 2

## La gestion des contraintes



## Par traitement de l'image satellitaire,

le logiciel Terrelmage permet de mettre en évidence les zones les plus humides (en noir). La lecture de l'image de droite permet donc de définir les territoires les plus marqués par l'aridité et le manque d'eau.

Pour réaliser une telle image, rendez-vous en page 4 et sur les explications contenues dans le DVD-ROM.

## Questionnement :

- Montrez que la région n'est pas dépourvue d'eau et d'humidité.
- Montrez que cette région est marquée par une coupure nord/sud majeure en termes d'humidité.



THÉMATIQUE 3

## L'exploitation des ressources

**La région de Taredji** est essentiellement exploitée au niveau agricole, avec des pasteurs semi-nomades au sud, et des agriculteurs de décrue au nord. Depuis quelques décennies, et comme le montre l'image Pléiades, l'agriculture irriguée tend à prendre de l'importance.

**Questionnement :**

- Décrivez comment l'agriculture irriguée se développe sur la rive gauche du fleuve Sénégal.
- Mettez en relation la présence de l'agriculture irriguée avec la création du village moderne au centre de l'image (*carré jaune*).



THÉMATIQUE 4

## La télé-épidémiologie

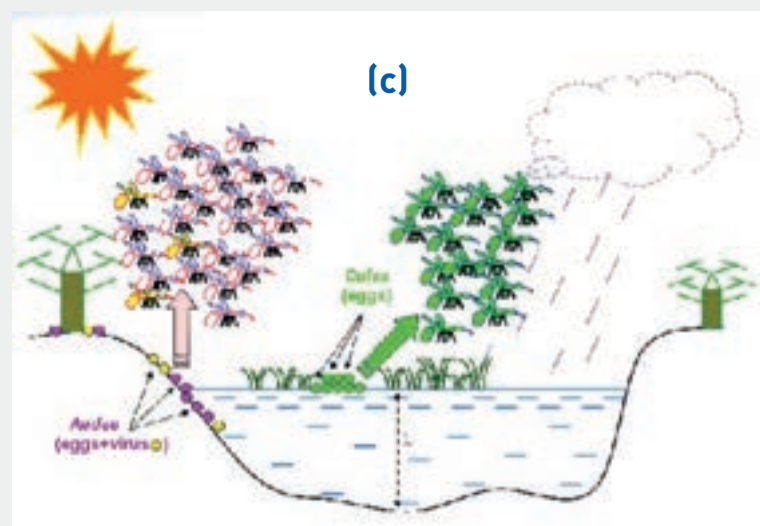
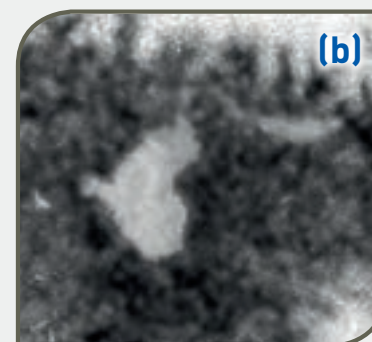
**Le traitement de l'image satellitaire (a)** permet de mettre en évidence la présence d'une mare. Pour autant, cette ressource ne semble pas exploitée puisqu'aucune forme d'aménagement humain n'est visible à proximité.

Le traitement de cette image satellitaire Pléiades va nous permettre de formuler une hypothèse pour expliquer le caractère répulsif de la mare dans une région pourtant très aride.

**Le document (c)** détermine les conditions naturelles favorables au développement des moustiques responsables de la transmission de la Fièvre de la Vallée du Rift (*Aedes vexans* et *Culex poicilipes*).

**Questionnement :**

- Montrez que la mare n'est pas fortement mise en valeur par l'Homme (a).
- Décrivez les résultats observés lorsque le logiciel calcule l'indice de turbidité de la mare (plus la couleur est grise, plus l'eau est turbide) (b).
- Étudiez l'illustration jointe et formulez une hypothèse sur le caractère répulsif de la mare.



Adapted from Bâ et al 2005, Ndiaye et al., 2006

Source : La "Télé-épidémiologie", une aide à la santé dans un contexte de changement climatique. Murielle LAFAYE, Responsable Environnement-Climat-Santé CNES.

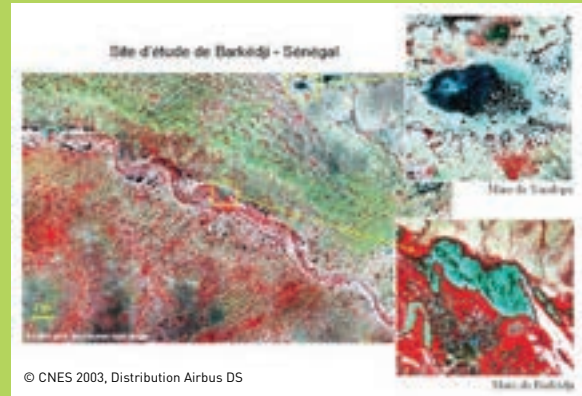
Aller plus loin

## Pour en savoir plus



- Pour déterminer les espaces les plus humides du territoire sur l'image de Taredji, il est nécessaire de travailler sur la dynamique de l'image, en particulier sur la bande spectrale proche infrarouge (PIR). Vous trouverez ici des informations sur la méthode permettant de mettre en évidence l'eau sur une image satellitaire.
- Pour prouver les conditions favorables à l'existence de parasites responsables de maladies telles que la Fièvre de la Vallée du Rift, le logiciel TerrelImage dispose d'un outil de traitement : l'indice de turbidité (NDTI). Dans le manuel de l'utilisateur, vous trouverez de plus amples informations sur ce traitement.

## Le site du CNES



© CNES 2003, Distribution Airbus DS

Le site propose des exemples poussés sur la télé-épidémiologie et sur l'apport des satellites dans la prévention des maladies infectieuses liées aux divers parasites dans les mares du Sahel.  
<https://cnes.fr/fr/web/CNES-fr/9510-gp-tele-epidemiologie-prevoir-l-apparition-des-moustiques-par-satellite.php>

## Le site Éduthèque une offre du service public du numérique éducatif



Dans la rubrique CNES du site Eduthèque figure une étude complète sur cette région du Sénégal.

Il est également possible de commander l'image afin de disposer des données nécessaires à un travail sur cette thématique.

<http://www.edutheque.fr/thematiques/sciences-et-techniques/partenaire/cnes.html>

## Lançons le débat !

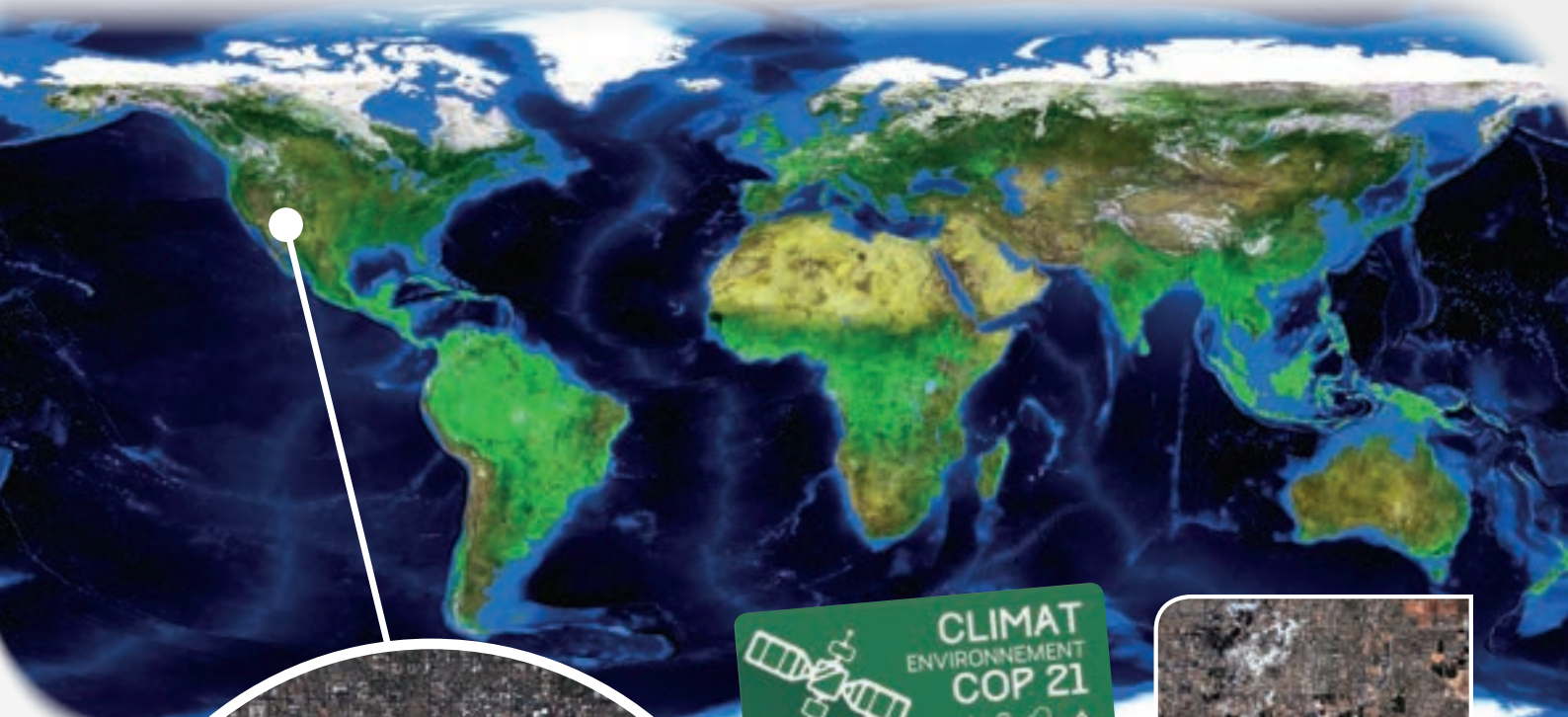


© Shutterstock

Le développement des cultures irriguées, progrès technologique majeur, a-t-il été à l'origine d'une rupture de l'organisation traditionnelle dans le Sahel sénégalais ?



# Phoenix : enjeux agricoles, irrigation et développement urbain durable



© Cnes 2015

## L'exemple de l'Arizona

À Phoenix, ainsi que dans toutes les villes satellites du désert de Sonora, les enjeux environnementaux sont considérables. La croissance urbaine, parmi les plus dynamiques des États-Unis (la ville devrait atteindre 6 millions d'habitants en 2030), ainsi que le développement économique et résidentiel pèsent fortement sur un environnement fragile.

L'utilisation de l'eau dans la Valley of the Sun constitue un réel enjeu puisque la multiplication des sécheresses pourrait contrarier l'approvisionnement de la région.

La Salt River et surtout le Colorado, principales ressources de la zone, présentent des débits fortement réduits.

Pléiades © CNES 2015,  
Distribution Airbus DS

### THÉMATIQUES TRAITÉES

- > Croissance urbaine
- > L'agriculture dans le désert
- > L'eau, une ressource exploitée
- > Activité humaine et vulnérabilité du territoire

### PISTES DE RÉFLEXION

- > Comment se manifestent les enjeux environnementaux liés à l'eau à Phoenix ?
- > La croissance urbaine de la ville peut-elle être qualifiée de durable ?



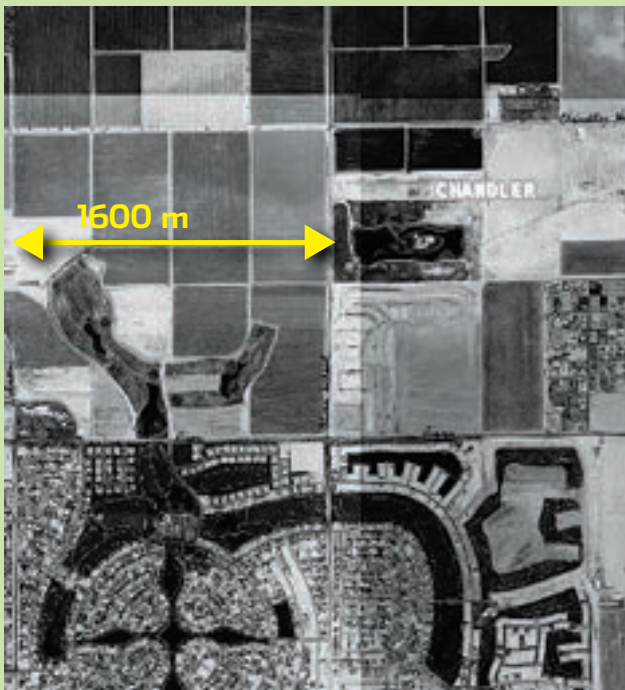
## THÉMATIQUE 1 A

## La ville de Phoenix, une métropole en pleine croissance démographique

En 1990, la population de Phoenix était de 2,3 millions d'habitants. Les chiffres de 2014 donnent 4,5 millions. Cette croissance illustre le boom démographique des États du sud-ouest américain. Dans son évolution urbaine, la ville de Chandler, qui appartient à l'aire métropolitaine de Phoenix, illustre cette explosion de population.

### Questionnement :

- Montrez la réalité de la croissance urbaine entre 1990 (à gauche) et 2015 (à droite) (une image de 2001 est disponible sur le DVD).
- Décrivez l'organisation de cette croissance urbaine.



© Maricopa County 2015



## THÉMATIQUE 1 B

## Une région agricole en plein désert

Malgré son climat aride, l'Arizona présente des résultats agricoles impressionnants. Les légumes et les agrumes destinés au marché local et à l'exportation côtoient les grandes cultures de coton et de fourrages.

### Questionnement :

- En utilisant l'indice de végétation du logiciel Terrelmage, démontrez l'importance des zones agricoles : (plus la couleur est blanche, plus le couvert végétal est important).



Pour comprendre et utiliser l'indice de végétation (NDVI), veuillez consulter le DVD-ROM.



## THÉMATIQUE 2

## L'eau : une ressource fortement exploitée

Souvent qualifiée de ville-oasis, la métropole de Phoenix a fondé son développement sur un approvisionnement régulier en eau. Cette maîtrise de la ressource hydraulique, destinée en premier lieu aux habitants, a également contribué à faire de la Valley of the Sun une région agricole très dynamique et performante.

### Questionnement :

- Etudiez la croissance des terres cultivées au sud de Chandler et déterminez, en fonction de l'organisation du parcellaire agricole, qu'il s'agit d'une irrigation moderne.

Pour comprendre pourquoi la végétation apparaît en rouge sur l'image Pléiades de 2015, veuillez consulter le DVD.



## THÉMATIQUE 3

## L'activité humaine et la vulnérabilité du territoire

Le long du cours de la Salt River qui traverse Phoenix, on remarque des parcelles non urbanisées. Si on compare ces zones avec les données du Maricopa County, on note la concordance entre les zones inondables (en bleu, le dégradé marquant le caractère plus ou moins élevé du risque) et les espaces non artificialisés. Ces aménagements témoignent de la prise en compte de la vulnérabilité aux inondations centennales dans la ville de Phoenix, pourtant située en plein désert.

### Questionnement :

- Relevez la concordance entre les zones artificialisées et les espaces inondables (a).
- Expliquez l'importance que peut revêtir la retenue d'eau située à l'est de l'aéroport (b).



© Maricopa County



Aller plus loin

## Pour en savoir plus



- Vous serez amenés à utiliser l'indice de végétation (NDVI) afin de déterminer l'importance de la végétation sur l'image de Chandler.

Pour comprendre comment cet indice est calculé et quelle est son utilité, veuillez consulter le DVD.

## Le site du CNES



- De nombreuses études menées par le CNES ou en collaboration avec des laboratoires de recherche (CESBIO) permettent de mener une analyse dynamique d'occupation des sols : ([https://venus.cnes.fr/fr/VENUS/Fr/ex\\_appli2.htm](https://venus.cnes.fr/fr/VENUS/Fr/ex_appli2.htm)).
- Des archives sont accessibles afin d'étudier un suivi de la végétation sur le long terme.

## Le site Éduthèque

une offre du service public  
du numérique éducatif



SPOT5 © CNES 2009, Distribution airbus DS

- Un exemple tiré de l'Université d'Été Espace et Éducation organisée par le CNES en 2014 permet d'approfondir l'analyse de problématiques agricoles en étudiant l'apport des images satellitaires au suivi de la culture de la canne à sucre dans l'île de la Réunion.

<http://www.edutheque.fr/thematiques/sciences-et-techniques/partenaire/cnes.html>

## Lançons le débat !

Le développement d'une ville-oasis comme Phoenix est-il durable ?



© Shutterstock



# Développement économique et développement durable en Chine littorale



Pléiades © CNES 2012,  
Distribution Airbus DS



## Dongguan, une ville chinoise sur la Rivière des Perles

**Le Delta de la Rivière des Perles** s'étend, dans la basse vallée du fleuve Zhujiang, de Canton jusqu'aux nouveaux territoires de Hong Kong et de Macao. Cette zone du Guangdong présente la particularité d'avoir été la première à connaître l'ouverture économique souhaitée par Deng Xiaoping dès le début des années 1980. À ce titre, elle a servi de modèle au pays entier pour la mise en place des Zones Economiques Spéciales (ZES). Les chiffres de population de 2010 donnent un total de 7 à 8 millions d'habitants (les statistiques officielles donnaient un chiffre légèrement inférieur à 2 millions en 1993). Cette explosion démographique, en grande partie due aux travailleurs ruraux venant s'installer dans la région, traduit le formidable essor économique de cet espace. C'est donc une région soumise à une très forte et très évolutive pression anthropique que l'image satellitaire Pléiades nous donne à étudier.

### THÉMATIQUES TRAITÉES

- › Riziculture et système agraire du sud-est asiatique.
- › Artificialisation des sols et conflits d'usage
- › Les perspectives d'artificialisation

### PISTES DE RÉFLEXION

- › Comment le développement économique et urbain se traduit-il dans l'espace local ?
- › Comment ce développement modifie-t-il les structures traditionnelles d'occupation des territoires ?
- › Quels sont les impacts de cette artificialisation sur les espaces naturels et agricoles ?



## THÉMATIQUE 1

## Riziculture et système agraire du sud-est asiatique

Dans la région de Dongguan, 3 grands types de mise en valeur agricole cohabitent : la riziculture (a), les cultures fruitières (b) et l'aquaculture (c). Les images Pléiades permettent de mettre en évidence cette diversité ; en effet la résolution à 0,5m, mais également la possibilité de réaliser une composition colorée dans le proche infrarouge, permettent de différencier ces 3 types d'occupation.

## Questionnement :

- Comparez l'image en couleur naturelle et la même image en composition colorée dans le proche infrarouge afin de déterminer comment cette dernière permet une meilleure compréhension de l'image.
- Décrivez l'organisation agraire présentée sur cette image.

Pour comprendre l'intérêt d'une composition colorée dans la lecture d'un paysage, consultez le DVD d'accompagnement.



## THÉMATIQUE 2

## L'artificialisation des sols et les conflits d'usage (1)

Sur l'île de Longxuecun, un gigantesque chantier naval est en train de faire disparaître un paysage exclusivement dédié à la pisciculture. C'est donc à une artificialisation majeure des sols que conduit le développement industriel du sud-est chinois.

## Questionnement :

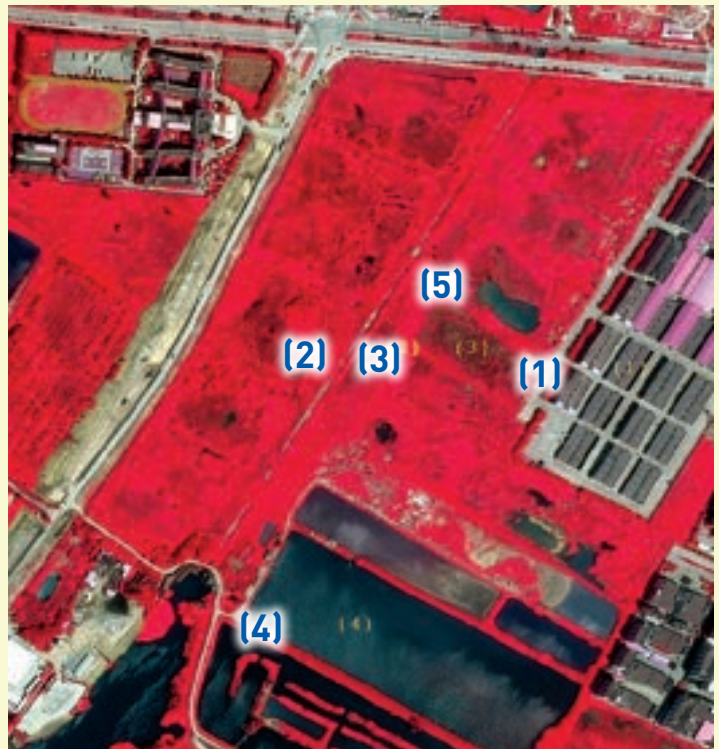
- Décrivez comment sur cette image les dynamiques industrielles entrent en conflit avec l'activité agricole traditionnelle.





## L'artificialisation des sols et les conflits d'usage (2)

Sur cette image en composition colorée, on relève les informations suivantes : une zone industrielle nouvelle (1), un ancien chemin de contournement d'un bassin aquacole (2), un ancien bassin comblé par un remblais (3). L'ancien bassin comblé est reconnaissable à sa couleur plus sombre : cela signifie que le sol est plus humide en raison de son ancien usage piscicole. La présence de bassins non encore comblés (4) ou en cours de comblement (5) est avérée.



### Questionnement

- Déterminez en quoi cette image est significative de l'évolution des territoires à Dongguan.
- Précisez en quoi cette évolution provoquera des modifications dans les procédures d'approvisionnement en produits alimentaires pour les populations locales.

### THÉMATIQUE 3

## Vision prospective, les perspectives d'artificialisation

L'image suivante est une classification supervisée de l'image de Dongguan.

Le but de ce traitement est de classer les différentes parties de l'image en fonction du type d'occupation au sol : ici ont été créées une classe Cultures, une classe Eau, une classe Forêt, une classe Urbanisation (espaces urbanisés) et une classe en voie d'Artificialisation (en rouge).



Pour produire une cartographie automatique, consulter le DVD-ROM.

### Questionnement :

- En vous aidant de la légende, décrivez la carte produite par la classification automatique.
- Déterminez les enjeux territoriaux qui sont à l'oeuvre sur le territoire de Dongguan.

- Voie-Artificialisation 1
- Urbanisation 1
- Forêt 1
- Eau 1
- Cultures 1



Aller plus loin

## Pour en savoir plus



- Pourquoi une image en composition colorée dans le proche infra-rouge (PIR) permet-elle une meilleure lecture d'un paysage ? À partir de l'exemple de Dongguan, vous comprendrez tout l'apport d'une image satellitaire.
- Suivez pas à pas la méthodologie pour réaliser la classification supervisée à l'aide du logiciel Terrelmage.

## Le site du CNES

© DVD Sceren/CRDP Bordeaux/Cnes



- Sur le site du CNES, vous trouverez de nombreuses ressources destinées à présenter les apports des technologies spatiales aux projets de développement durable.
- Consultez les différents magazines CNES Mag et leurs suppléments CNES Mag Educ en relation avec le développement durable.

(<https://cnes.fr/fr/cnesmag-archives>)

## Le site Éduthèque

une offre du service public  
du numérique éducatif



Pléiades©CNES2012, Distribution Airbus DS

- Dans la rubrique du CNES de ce site, vous trouverez une présentation complète et détaillée de la région de Dongguan pour construire des activités pédagogiques à utiliser en classe.
- Les différentes images utilisées dans cette fiche peuvent être commandées directement sur le site Éduthèque.

<http://www.edutheque.fr/thematiques/sciences-et-techniques/partenaire/cnes.html>

## Lançons le débat !

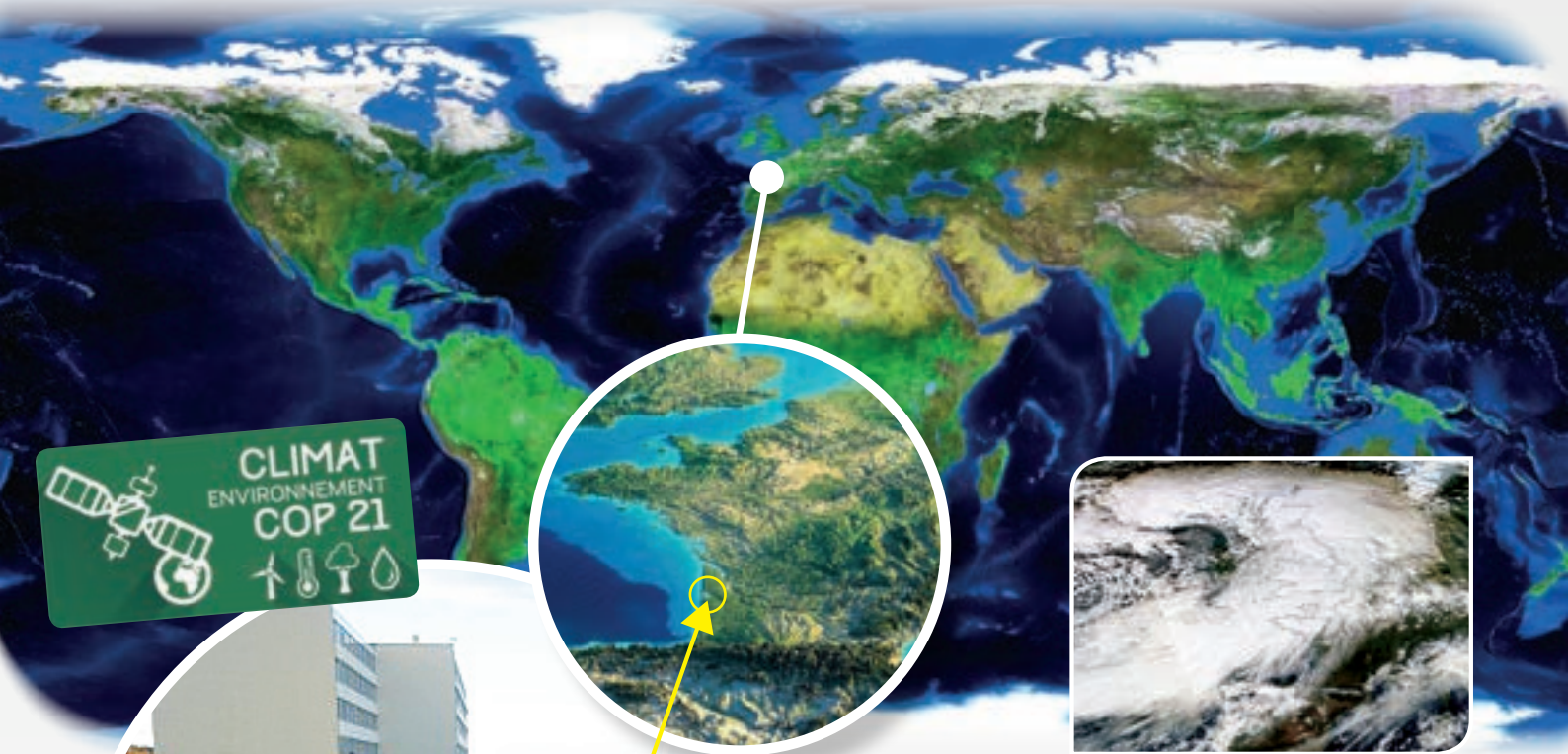
La croissance économique dans les territoires les plus dynamiques de la planète est-elle compatible avec les principes du développement durable ?



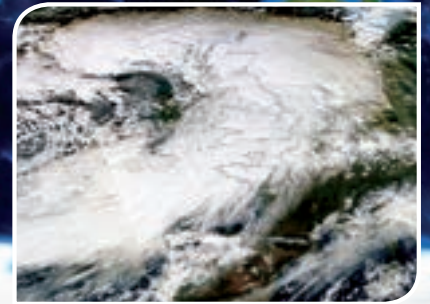
© Shutterstock



# Le littoral atlantique face aux évolutions climatiques : impact des tempêtes



© Y. Guiet



## L'exemple de la côte aquitaine

**Durant l'hiver 2013-2014**, la côte atlantique, et en particulier la côte aquitaine, a subi deux épisodes de tempêtes entre décembre 2013 et janvier 2014 qui ont entraîné un recul significatif des systèmes dunaires et des dégâts importants dans les stations balnéaires landaises. Au-delà de ces événements météorologiques, le recul des côtes françaises est devenu un enjeu majeur pour les décennies à venir, les côtes basses étant les plus menacées. Le ministère de l'Écologie et le secrétariat d'Etat aux Transports ont installé en janvier 2015 le comité national chargé de suivre la mise en œuvre prévue de la **Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte**, adoptée en 2012.

Les satellites d'observation de la Terre sont des outils précieux pour suivre et évaluer ces phénomènes.

### THÉMATIQUES TRAITÉES

- › Suivi satellitaire d'un aléa météorologique
- › Suivi satellitaire de l'évolution des côtes : cartographie multi-temporelle du trait de côte
- › Elévation du niveau des mers et changement climatique / projections des risques et des changements probables d'occupation des sols des stations balnéaires à moyen et long terme
- › Risques environnementaux et menaces sur la biodiversité

### PISTES DE RÉFLEXION

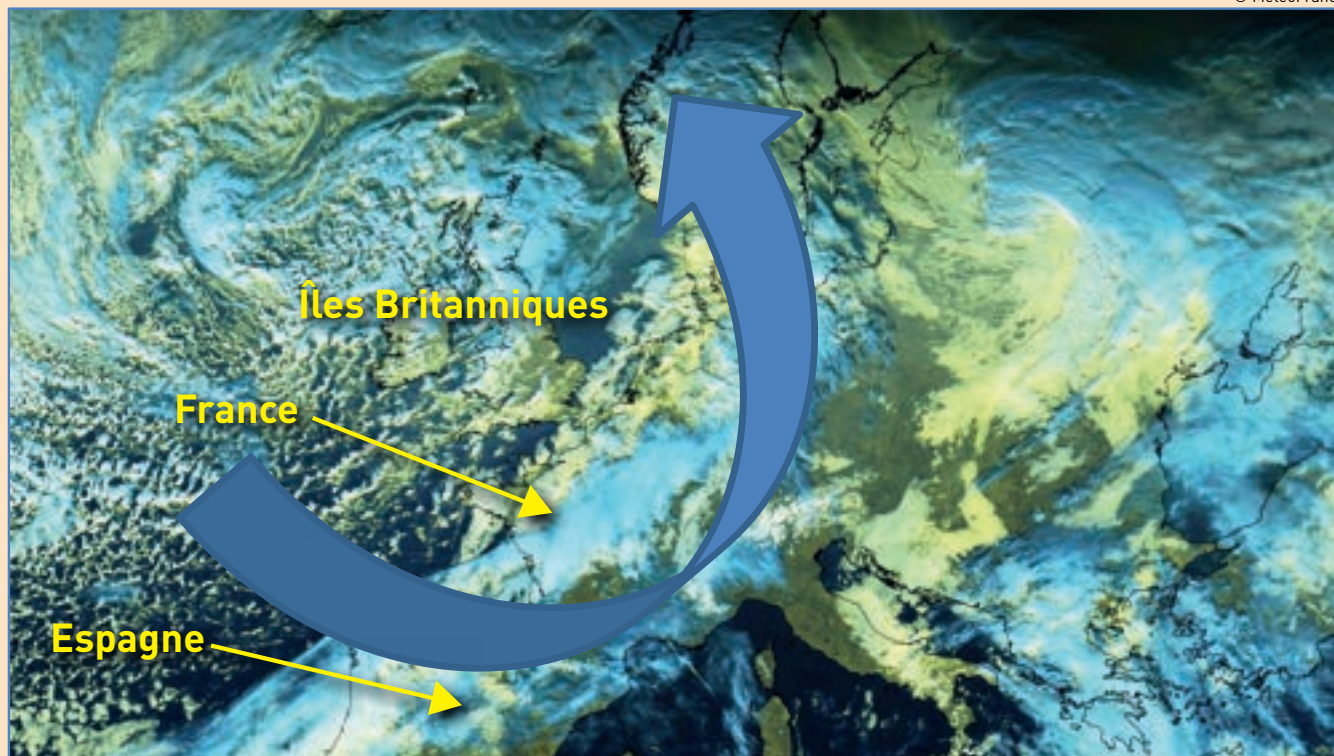
- › Quelles sont les zones côtières françaises les plus menacées ?
- › Quel pourcentage du côtier cela représente-t-il ?
- › Quelles sont les causes de l'érosion côtière ?
- › Quelles sont les mesures prises à l'échelle nationale ?
- › Existe-t-il des analyses prospectives à l'échelon local ?



## THÉMATIQUE 1

## Les tempêtes de l'hiver 2013-14

© MétéoFrance



### Les aléas météorologiques : les tempêtes Dirk (24/12/2013) et Hercules (07/01/2014)

Durant l'hiver, deux tempêtes importantes se sont succédées à 15 jours d'intervalle. La deuxième tempête a coïncidé avec une forte marée et a occasionné les dégâts les plus importants.



© Shutterstock

### L'arrivée de la tempête

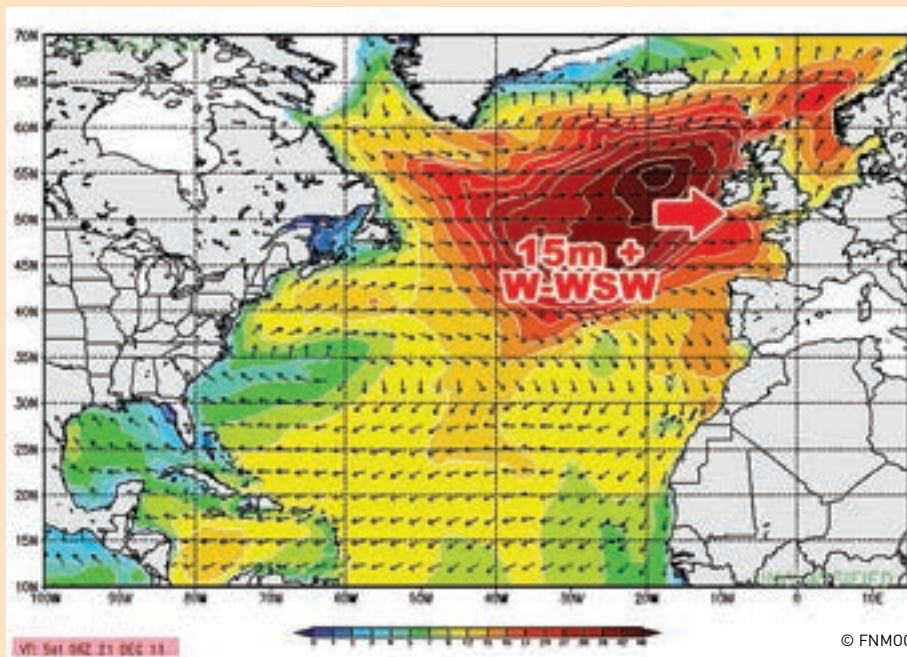
#### Hercules au large de l'Irlande

le 06/01/2014 a induit des houles exceptionnelles sur le Royaume-Uni et dans le Golfe de Gascogne, dont la hauteur significative (Hs) au large a atteint 15 m (FNMOC).

Les flèches indiquent le sens des champs de vagues et les couleurs l'intensité de leur hauteur le 6 janvier 2014.

### Questionnement :

- Pourquoi la tempête Hercules a occasionné des dégâts supérieurs à ceux causés par Dirk ?
- Quelles sont la hauteur et la direction des vagues dans le Golfe de Gascogne ?



© FNMOC



THÉMATIQUE 2

## L'apport des satellites à la mesure et surveillance de l'érosion

© Geolittoral 2000



Des prises de vues avant et après des événements météorologiques majeurs permettent d'évaluer l'évolution du trait de côte. L'évaluation des dégâts et du recul du trait de côte ont été faits au niveau du littoral nord de la Gironde, zone de Soulac-sur-Mer.

**Questionnement :**

- Le trait de côte en 2000 (bleu) et en 2014 (rouge) : que constatez-vous ?
- Recherchez le nom de l'immeuble de la ville de Soulac figurant sur la photo et analysez les problèmes qu'il présente.

THÉMATIQUE 3

## Cartographie multi temporelle du trait de côte à partir d'images satellitaires



Des marqueurs historiques tels que les *blockhaus* de la Seconde Guerre mondiale installés en haut de dune en 1943 se retrouvent aujourd'hui sur la plage et envoyés à marée haute. Ils permettent de mesurer le recul côtier sur 70 ans.

**L'accélération de l'érosion est-elle appelée à se poursuivre ?**

« La situation ne va pas s'arranger, du fait de cette élévation du niveau de la mer mais aussi de la pénurie de sédiments. Le sable qui constitue nos plages est un héritage des glaciations du Pléistocène. *Tant qu'il n'y aura pas de grand épisode de froid, il n'y aura pas de nouvel apport.* Les sédiments ne se renouvellent pas de façon automatique à l'échelle humaine mais à l'échelle géologique. Leur disparition est également due à des raisons humaines : pendant des années, on a fortement entamé les stocks de sable, notamment pour la construction. L'érosion va s'accélérer, et on va avoir des dommages plus fréquents et plus élevés » (Catherine Meur-Férec).

**Questionnement :** en vous appuyant sur ces mesures et sur le retrait constaté durant l'hiver 2013-14, peut-on parler d'accélération des phénomènes ? En vous appuyant sur le texte ci-dessus, dites pourquoi ?



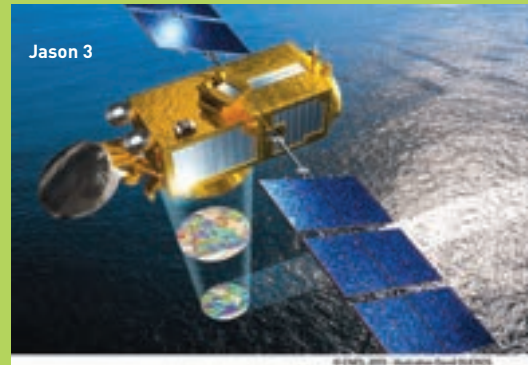
Aller plus loin

## Pour en savoir plus



- Rechercher sur le web les études menées par des stations balnéaires de la côte landaise pour faire un état des lieux et anticiper les aménagements à prévoir pour les 40 à 50 prochaines années.
- Quelles sont les solutions envisagées ?
- Quels sont les défis et problèmes soulevés par ces études ?
- Quelles évolutions législatives seront nécessaires ?

## Le site du CNES



Jason 3 est le prochain satellite d'océanographie dédié à la surveillance du climat. Il poursuit les mesures réalisées depuis 20 ans, initiées par le satellite franco-américain Topex-Poséidon en 1992. Elles ont notamment permis de mesurer la hauteur des vagues et de confirmer la hausse du niveau des océans.

<https://jason-3.cnes.fr/>

## Le site Éduthèque une offre du service public du numérique éducatif



- L'étude complète dans la rubrique Terrelmage du site CNES Eduthèque : <https://edutheque.cnes.fr/fr/web/CNES-fr/11126-em-le-projet-educatif-terr-image.php>
- Se familiariser avec le logiciel de traitement d'images satellitaires Terrelmage à l'aide du manuel d'utilisation
- Trouver des séquences sur d'autres exemples concernant le littoral

## Lançons le débat !

Explosion urbaine littorale et risques majeurs, à partir des exemples ci-dessus et anciens (La Faute-sur-Mer), lancer une réflexion sur les enjeux économiques en regard des risques et enjeux environnementaux.





# Migration de la mangrove guyanaise sous l'effet des courants équatoriaux et des dépôts amazoniens



## L'exemple des côtes guyanaises

Les côtes guyanaises sont caractérisées par la présence **d'une des plus grandes mangroves mondiales**.

La mangrove est un écosystème forestier littoral à la fois très riche en biodiversité et fortement menacé à l'échelle mondiale. En Guyane où elle est protégée, la mangrove subit une forte dynamique sous l'influence combinée des courants littoraux équatoriaux et des dépôts vaseux issus du delta de l'Amazone situé à 500 km au sud.

Son évolution constante fait notamment l'objet d'un suivi par satellite.

Pléiades © CNES 2013,  
Distribution Airbus DS

### THÉMATIQUES TRAITÉES

- › Suivi satellitaire de l'évolution de la mangrove de la côte guyanaise
- › Étude et compréhension de la dynamique des bancs vaseux et de la mangrove
- › Actions de l'Homme et appauvrissement de la biodiversité

### AUTRES THÉMATIQUES

- › Impact des évolutions sur les pêcheries locales

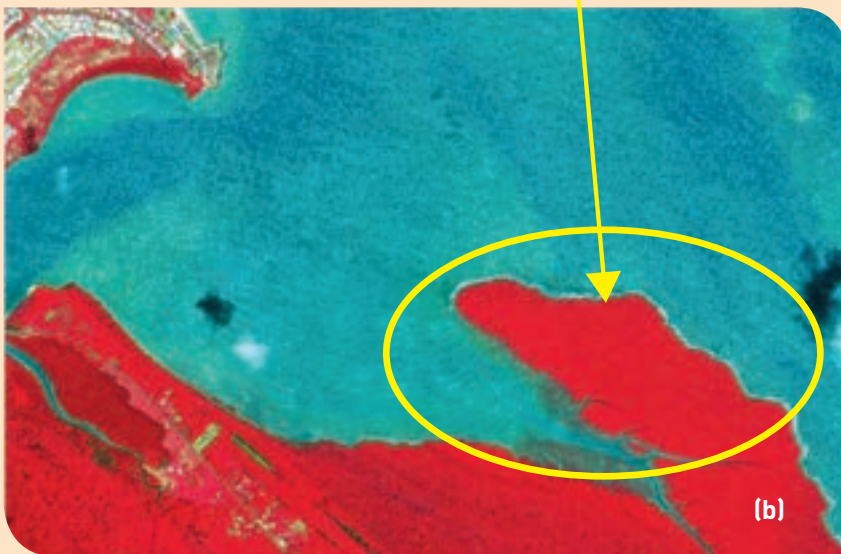
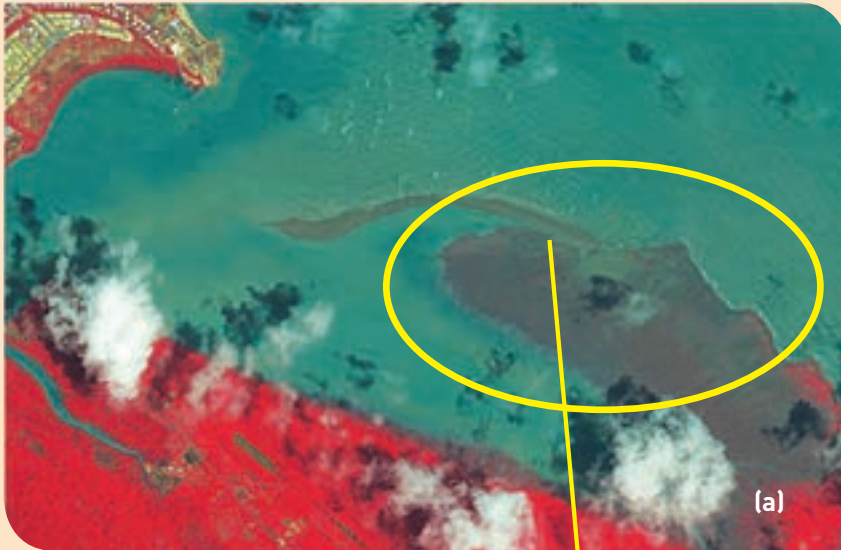
### PISTES DE RÉFLEXION

- › Quelles sont les menaces de l'aquaculture (crevette) sur les mangroves ?
- › Biodiversité et évolution de la mangrove
- › Quel est l'impact potentiel du changement climatique sur les mangroves ?



THÉMATIQUE 1

## Dynamique des bancs de vase et des mangroves

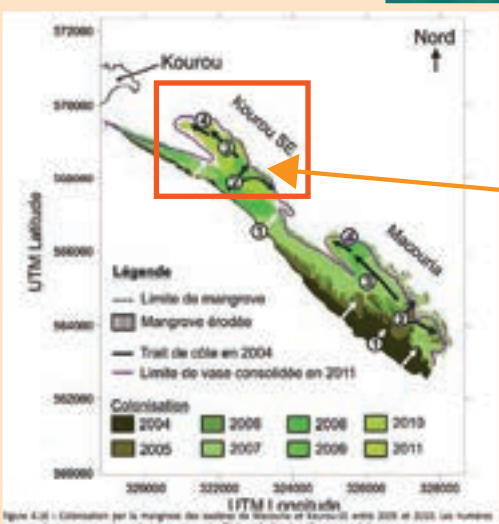


**Mise en évidence de la dynamique des bancs de vase** à l'embouchure du Kourou avec une image SPOT 5 de 2010 (a) et une image Pléiades de 2013 (b).

**Questionnement :**

- En s'appuyant sur la carte de 1762 et les images satellitaires récentes, quelle évolution constate-t-on ?
- Quel type de végétation a colonisé le banc vaseux en 3 ans ?

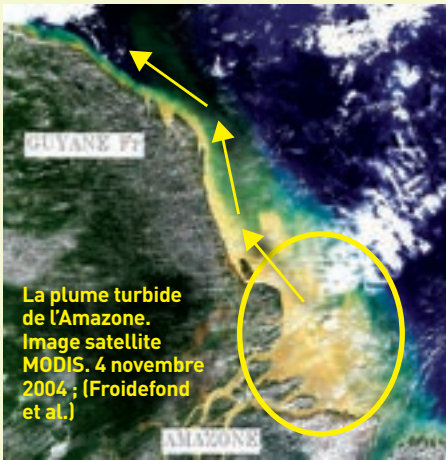
Superposition de l'image Pléiades de 2013 (b) sur l'image SPOT de 2010 (a)





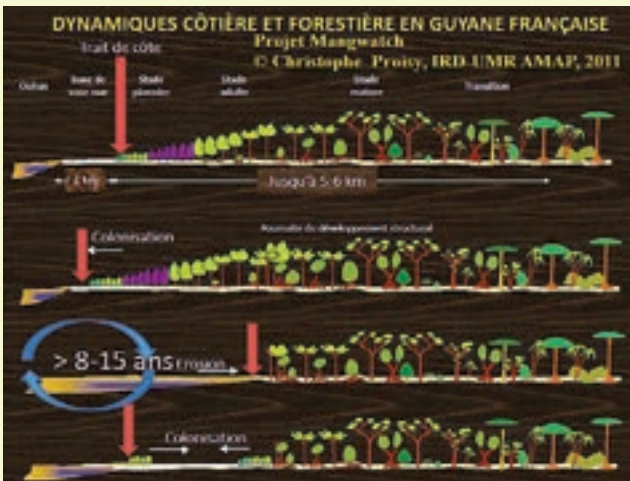
THÉMATIQUE 2

## Cycle d'évolution de la côte guyanaise



« En longeant la côte (guyanaise) sous la forme d'énormes bancs de vase, les apports sédimentaires amazoniens bouleversent les écosystèmes côtiers de manière récurrente. L'arrivée d'un banc de vase peut créer une zone intertidale de plusieurs km<sup>2</sup> en quelques mois pour finir par être colonisée par la mangrove en l'espace de seulement deux à trois ans... Les bancs de vase migrent le long de la côte à une vitesse variable. Cependant, ils sont en accélération depuis le début des années 1990 passant de 0,2 à 1,8 km.an à 1 à 3 km.an\*. Il a été mis en évidence une relation probable entre l'augmentation de l'énergie des houles et l'augmentation de la vitesse de déplacement des bancs de vase ».\*\*

Source : Dynamique morpho-sédimentaire d'un littoral sous influence amazonienne. Impact des forçages hydro-sédimentaires sur la migration des bancs de vase et la mangrove côtière : Le cas de la Guyane française ; Erwan Gensac ; Thèse 2012 \* Froidefond et al., 1988,\*\* Gardel et Gratiot, 2005.



## Cycle d'évolution de la mangrove

En Guyane, la mangrove est caractérisée par seulement 4 espèces arborescentes (Cadamuro 2004), ce qui contraste fortement avec la forte diversité végétale de la forêt amazonienne. En particulier, en Guyane, l'Avicenia occupe le front de mer et le Rhizophora est en arrière.

« Cet écosystème (...) est une zone favorable pour les nurseries de poissons et invertébrés marins et estuariens, qui trouvent refuge et nourriture » (Paskoff 1993).

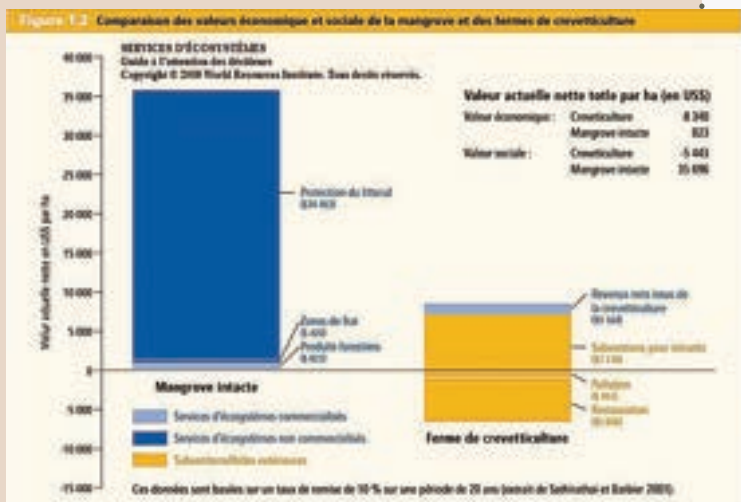
**Questionnement :**

- En analysant les textes, l'image et le schéma ci-contre, comment évolue le système littoral guyanais et la mangrove ?
- Recherchez sur internet des arguments sur le rôle du changement climatique et la déforestation amazonienne dans l'augmentation de la vitesse des bancs de sables le long de la côte.

THÉMATIQUE 3

## Phénomènes liés au changement global

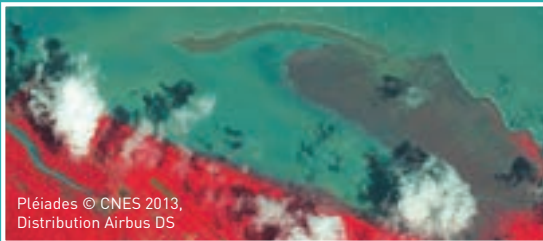
« Ainsi les phénomènes liés au changement global, comme la hausse du niveau moyen des mers, la modification des courants marins, l'évolution de la répartition des températures et la pluviométrie, peuvent la modifier ou la détruire... **Les actions humaines directes constituent la menace la plus importante.** Souvent considérée comme un milieu hostile pour l'homme, la mangrove a cependant montré qu'elle pouvait contribuer à l'économie locale par l'intermédiaire de la pêche, de l'élevage de crevettes, du prélèvement de bois. Cependant, de nombreuses mangroves ont été détruites et remplacées par des bassins d'aquaculture, de crevetteculture qui se sont implantés de manière intensive détruisant le système écologique de la mangrove.» - CNES Mag Educ n°46 ; 2010.



**Questionnement :** Que suggère la figure ci-dessus sur l'intérêt de maintenir les écosystèmes de la mangrove au regard de leur destruction pour exploiter l'aquaculture (crevettes) ?

Aller plus loin

## Pour en savoir plus



Pléiades © CNES 2013,  
Distribution Airbus DS

Les images satellitaires sont devenues très utiles pour suivre des phénomènes évolutifs.

### QUELQUES PISTES

**a) Méthodologiques :** comment afficher une image SPOT ou Pléiades avec le logiciel Terrelmage; comment superposer 2 images satellitaires pour mettre en évidence une dynamique.

**b) Apports des recherches scientifiques à la thématique**  
Dynamique morpho-sédimentaire d'un littoral sous influence amazonienne. Impact des forages hydrosédimentaires sur la migration des bancs de vase et la mangrove côtière : le cas de la Guyane française. Géomorphologie. Erwan Gensac, Université du Littoral Côte d'Opale, 2012.

*Actualisation de connaissances du domaine marin en Guyane Française; IFREMER novembre 2012 RBE/BIODIVHAL 2012-4*

## Le site du CNES



© Shutterstock

**La mangrove guyanaise vue par le satellite Pléiades :**  
<https://cnes.fr/fr/1-loeil-du-satellite/la-mangrove-guyanaise-un-dedale-de-biodiversite>

**Une vidéo sur la mangrove guyanaise :**  
[http://videothèque.cnes.fr/index.php?urlaction=doc&id\\_doc=3524](http://videothèque.cnes.fr/index.php?urlaction=doc&id_doc=3524)

**Le CNES Mag Educ - Biodiversité, la mangrove une réserve d'énergie :**  
[http://www.cnes-multimedia.fr/video/flash/edu/documents/CNESMAG\\_educ\\_BAG.pdf](http://www.cnes-multimedia.fr/video/flash/edu/documents/CNESMAG_educ_BAG.pdf)

## Le site Éduthèque

une offre du service public du numérique éducatif



<http://www.edutheque.fr/thematiques/sciences-et-techniques/partenaire/cnes.html>

- Se familiariser avec le logiciel de traitement d'images satellitaires Terrelmage à l'aide du manuel d'utilisation.
- Trouver des séquences sur d'autres exemples concernant le littoral
- Tout savoir sur les satellites Pléiades

## Lançons le débat !

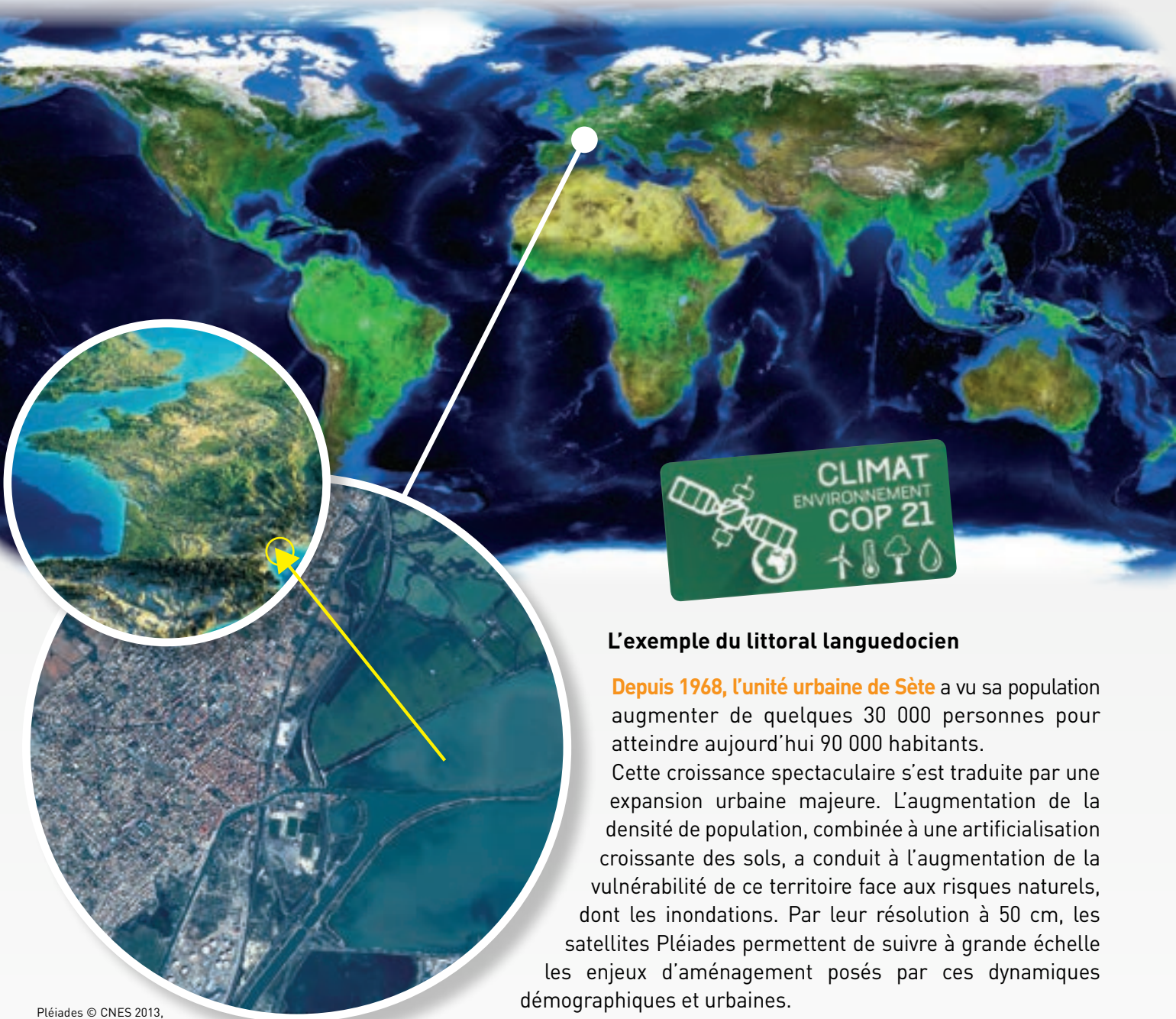
**Les mangroves mondiales**, sont menacées à la fois par le changement climatique et par les activités humaines (aquaculture, riziculture...). La prise en compte dans les évaluations économiques de la valeur environnementale d'un écosystème peut-il changer la situation actuelle ?



© Shutterstock



# Aménagements, développement économique et risques naturels



Pléiades © CNES 2013,  
Distribution Airbus DS

## L'exemple du littoral languedocien

Depuis 1968, l'unité urbaine de Sète a vu sa population augmenter de quelques 30 000 personnes pour atteindre aujourd'hui 90 000 habitants.

Cette croissance spectaculaire s'est traduite par une expansion urbaine majeure. L'augmentation de la densité de population, combinée à une artificialisation croissante des sols, a conduit à l'augmentation de la vulnérabilité de ce territoire face aux risques naturels, dont les inondations. Par leur résolution à 50 cm, les satellites Pléiades permettent de suivre à grande échelle les enjeux d'aménagement posés par ces dynamiques démographiques et urbaines.

### THÉMATIQUES TRAITÉES

- › La croissance démographique et l'expansion urbaine
- › L'artificialisation des sols
- › Les conflits d'usage
- › La vulnérabilité d'un territoire méditerranéen

### PISTES DE RÉFLEXION

- › Quelle est la réalité de la croissance démographique et urbaine sur cette zone côtière du Languedoc ?
- › Quels sont les signes de vulnérabilité de ce territoire ?

## THÉMATIQUE 1 A La croissance démographique, l'expansion urbaine

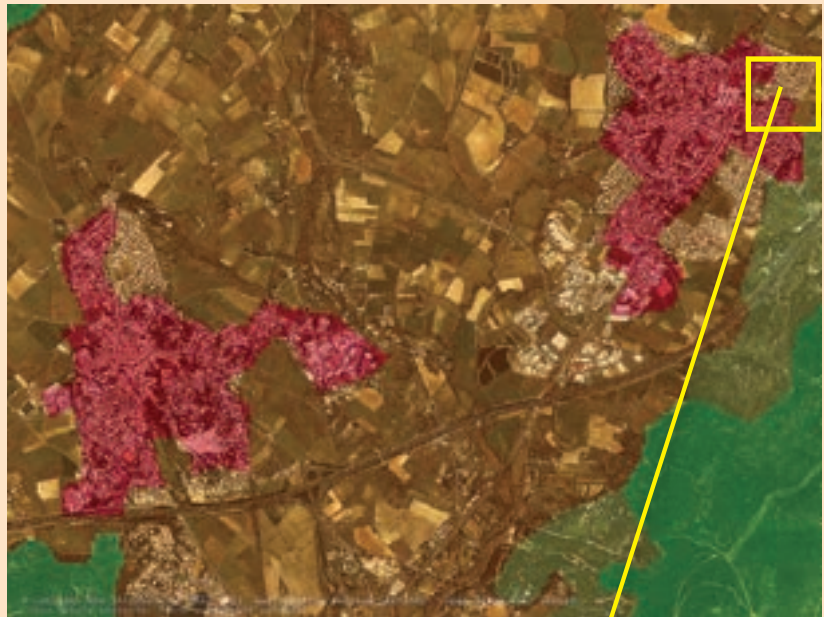
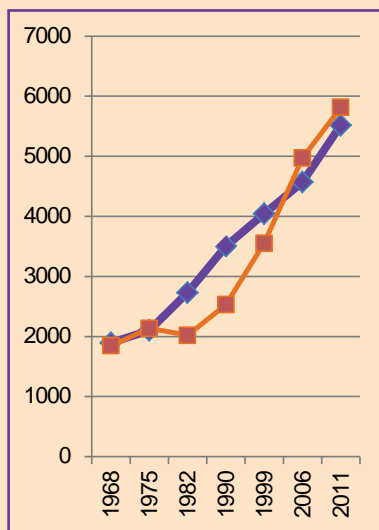
Sur le graphique (ci-dessous), on relève l'évolution de la population des communes de Poussan (village à l'ouest) et de Gigean (village à l'est) depuis 1968. Si on superpose l'image prise en 2013 par un satellite Pléiades avec la couche d'occupation de sols Corine Land Cover de 1990, on note une nette évolution de la surface urbanisée.

*Légende des couleurs : en rouge, ce qui était urbanisé en 1990 (lorsque des maisons ne sont pas sous un aplat de couleur rouge, cela signifie qu'elles ont été construites après 1990).*

### Questionnement :

- Déterminez l'importance de la croissance urbaine dans ces villages.
- Décrivez le type de croissance urbaine (type de bâti, type de quartiers, importance des voies de communication...) observée entre 1990 et 2013.

Évolution de la population de Gigean et de Poussan en nombre d'habitants (1968/2011)



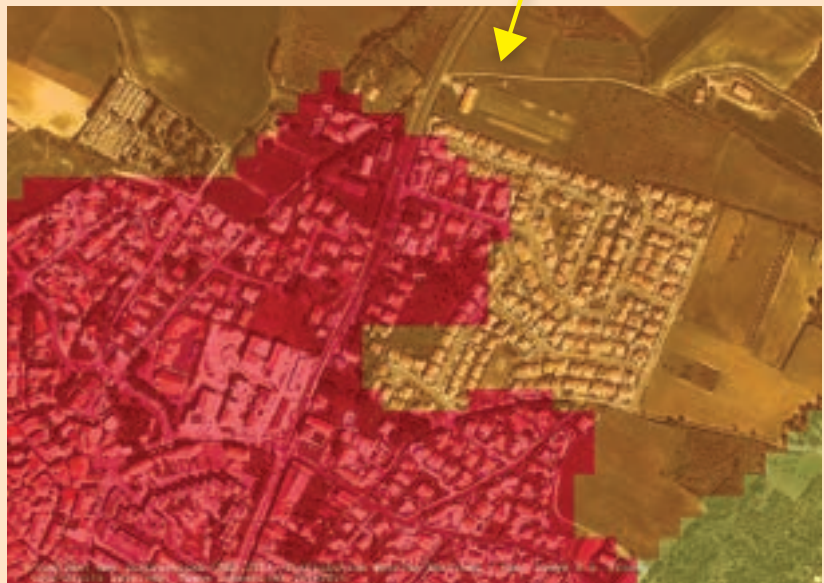
## THÉMATIQUE 1 B L'artificialisation des sols

**La croissance démographique entraîne une extension urbaine majeure.**

Si on superpose l'image du village de Gigean prise en 2013 par un satellite Pléiades, avec la couche d'occupation de sols Corine Land Cover de 1990, on note une nette évolution de la surface urbanisée.

### Questionnement :

- À partir de cette image, déterminez la réalité de l'artificialisation des sols.
- Définissez la notion de conflit d'usage et cherchez en quoi elle s'applique à cette image.
- Présentez comment le village de Gigean a évolué d'un village viticole à une commune périurbaine.





THÉMATIQUE 2

## Mise en évidence des conflits d'usage

**Entre terre et mer**, à proximité de la métropole montpelliéraine, en bordure d'espaces naturels protégés (Montagne de la Gardiole) et au cœur d'un vignoble AOC, la ville de Frontignan offre l'exemple d'une croissance urbaine aux prises avec des contraintes spatiales fortes.

**Questionnement :**

- Déterminez la diversité de l'occupation des sols dans la commune de Frontignan (en violet, les espaces à vocation industrielle sur la couche Corine Land Cover de 2006).
- Expliquez, à partir de cet exemple, la notion de conflit d'usage.



© Cnes 2013

THÉMATIQUE 3

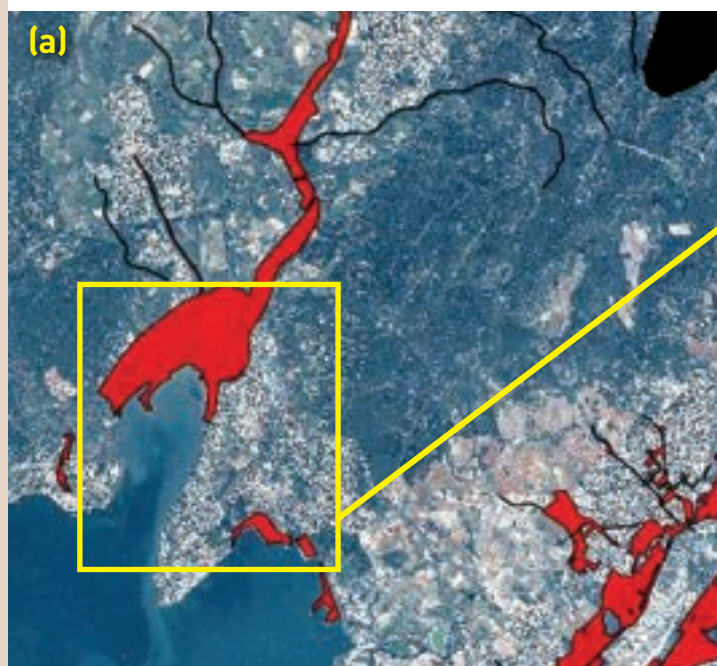
## La vulnérabilité aux risques naturels d'un territoire méditerranéen

**Dans ce territoire méditerranéen, l'aléa climatique** peut se révéler brutal. Toutes les opérations d'aménagement doivent prendre en considération les risques induits par les fortes précipitations et les inondations. Grâce aux données du ministère de l'Environnement (Georisque), le SIG Qgis nous permet de confronter les zones inondables (en rouge sur les illustrations) avec l'image satellitaire Pléiades.

**Questionnement :**

- Déterminez l'importance du risque d'inondation dans cette région du Languedoc (a).
- Expliquez comment cette menace a été prise en compte (ou pas) dans l'extension de la commune de Balaruc (b).

Pour savoir comment obtenir les couches d'informations Cartorisque, rendez-vous sur le DVD-ROM.



© Cnes 2013





Aller plus loin

## Pour en savoir plus



© Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie

Sur le DVD-ROM :

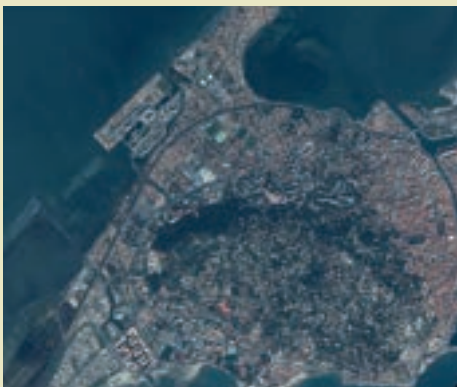
- Qu'est-ce que la couche d'occupation des sols Corine Land Cover ?

## Le site du CNES



- Pour tout savoir sur les satellites Pléiades, <https://pleiades.cnes.fr/fr>.
- Pour comprendre comment les technologies spatiales sont mobilisées en cas de catastrophes naturelles, vous pouvez consulter le dossier consacré à la Charte Internationale Espace et catastrophes majeures <https://jeunes.cnes.fr/fr/web/CNES-Jeunes-fr/8664-histoire-de-la-charte-espace-et-catastrophes-majeures.php>

## Le site Éduthèque une offre du service public du numérique éducatif



Pléiades © CNES 2013, Distribution Airbus DS

La rubrique CNES du site Eduthèque donne accès à un TD sur la gestion des risques naturels grâce à l'outil satellitaire, réalisé dans le cadre de l'Université d'Été Espace Education organisée par le CNES en 2014.

## Lançons le débat !

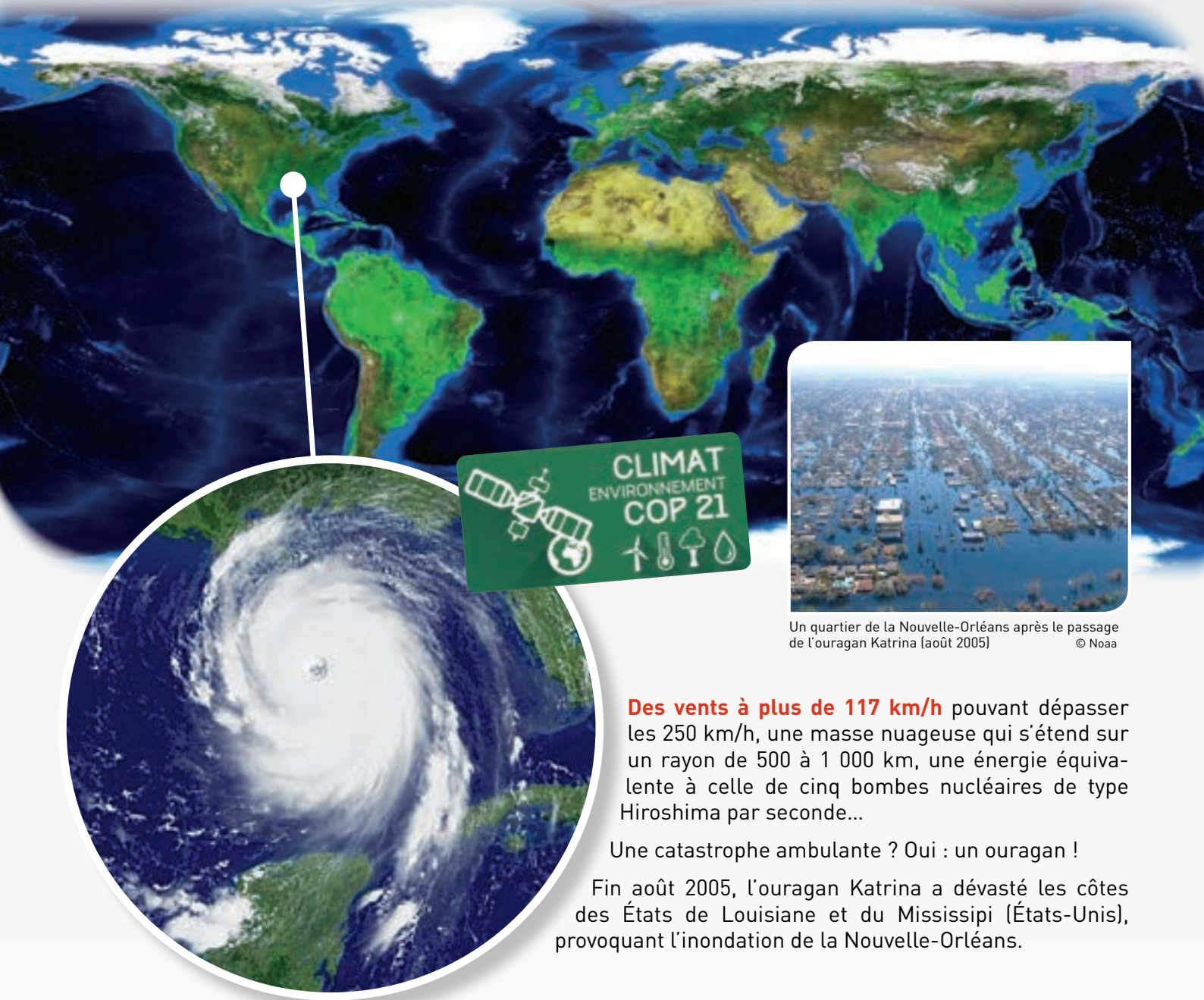
L'extension urbaine liée à la croissance d'une métropole est-elle conciliable avec les enjeux environnementaux et la prise en compte des risques naturels et technologiques ?



© Shutterstock



# Katrina, un cyclone dans l'œil du satellite



Un quartier de la Nouvelle-Orléans après le passage de l'ouragan Katrina (août 2005) © Noaa

**Des vents à plus de 117 km/h** pouvant dépasser les 250 km/h, une masse nuageuse qui s'étend sur un rayon de 500 à 1 000 km, une énergie équivalente à celle de cinq bombes nucléaires de type Hiroshima par seconde...

Une catastrophe ambulante ? Oui : un ouragan !

Fin août 2005, l'ouragan Katrina a dévasté les côtes des États de Louisiane et du Mississippi (États-Unis), provoquant l'inondation de la Nouvelle-Orléans.

L'ouragan Katrina le 28 août 2005, vu par un satellite météo © Noaa

## THÉMATIQUES TRAITÉES

- › L'observation par satellite pour la prévention et la réponse aux catastrophes naturelles
- › Les influences de l'océan sur les cyclones

## AUTRES THÉMATIQUES

- › Les échanges hydrosphère/atmosphère

## PISTES DE RÉFLEXION

- › Quelles mesures de prévention efficaces adopter suite à une prévision de cyclone ?
- › Quelles remédiations envisager pour les populations exposées aux catastrophes naturelles ?

## THÉMATIQUE 1

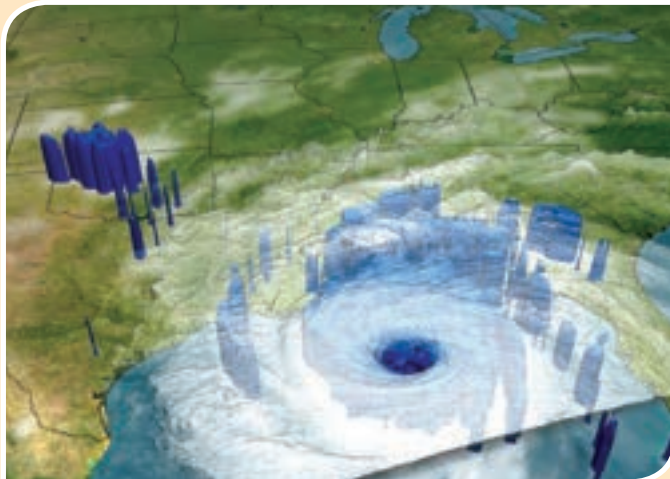
## L'observation par satellite pour la prévention et la réponse aux catastrophes naturelles

### Suivre et prévoir

Impossible à empêcher, un tel phénomène doit être suivi de près pour pouvoir alerter les populations. Pour cela, rien ne vaut les regards plongeants des satellites : vitesse du vent à la surface de la mer, nuages, hauteur des vagues, précipitations et température de surface de l'océan sont mesurés par leurs instruments.

Après le passage d'un cyclone, les images des satellites comme Spot ou Pléiades permettent d'estimer les dégâts et d'affecter les secours aux zones qui en ont le plus besoin.

### Sondage dans un ouragan



Précipitations dans l'ouragan, vues par le radar de la mission TRMM

© Nasa/Jaxa

### En première ligne : les satellites météo

Les satellites météorologiques sont les premiers à pouvoir détecter et suivre la transformation d'une banale tempête en cyclone sous les tropiques.

Placés sur une orbite géostationnaire, ils observent en permanence une région et permettent d'obtenir des images toutes les 30 minutes.

D'autres satellites, sur des orbites basses de 800 km à 2 000 km, font des mesures moins fréquentes mais plus précises, faisant appel à d'autres techniques telles que le radar.

### Questionnement :

- Relevez les exemples montrant que les satellites permettent de prévenir ou de remédier aux catastrophes naturelles.



La Nouvelle-Orléans vue par satellite, avant et après le passage de Katrina. Toutes les zones plus sombres sont inondées. © Nasa

**À chaque catastrophe de grande ampleur**, les satellites mobilisés par les membres de la Charte « Espace et catastrophes majeures » photographient la zone concernée.

Dans un délai de 48 h, des images sont envoyées gratuitement aux pays sinistrés, leur permettant d'évaluer les dégâts et de savoir où aller pour aider les survivants.



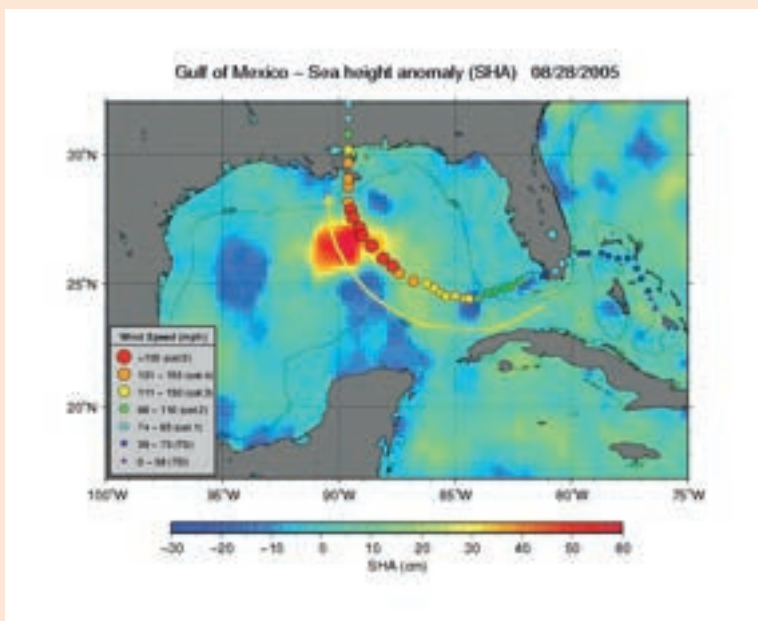
THÉMATIQUE 2

# Les influences de l'océan sur les cyclones

## Le cyclone, un monstre essentiellement marin

Une eau à 26°C sur une épaisseur d'au moins 50 m et sur une grande étendue sont les conditions du développement d'un cyclone. Sur Terre, il perd de sa puissance et s'étiolé, non sans avoir fait des dégâts. Les altimètres (comme ceux des satellites de la famille Jason) mesurent la vitesse du vent et la hauteur des vagues à la surface de tous les océans. Ils permettent aussi de repérer des courants chauds ou froids (sous forme de tourbillons) susceptibles de modifier la trajectoire et l'intensité d'un ouragan.

La prise en compte de l'océan, de sa température et de ses courants devrait permettre de mieux estimer la puissance d'un ouragan lorsqu'il touche la terre ferme.



### Influence des tourbillons océaniques

Lors de son trajet, l'ouragan Katrina est passé au-dessus du courant chaud du golfe du Mexique et en particulier d'un de ses tourbillons.

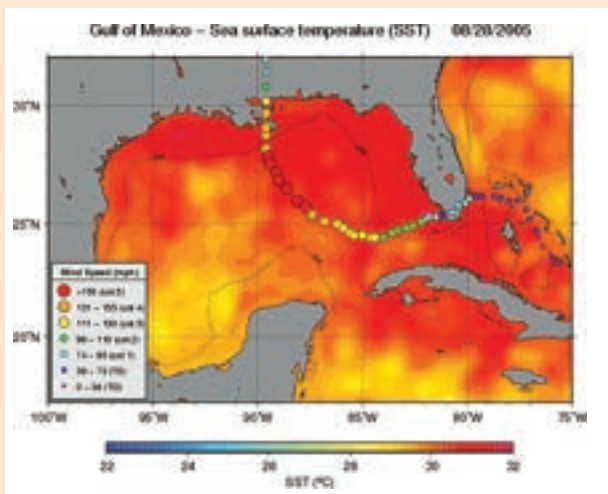
Hauteurs de mer SHA (écarts à la moyenne) dans le golfe du Mexique le 28 août 2005 et vitesse des vents sur la trajectoire de Katrina

© NOAA, hauteurs de mer Cnes/CLS

### Questionnement :

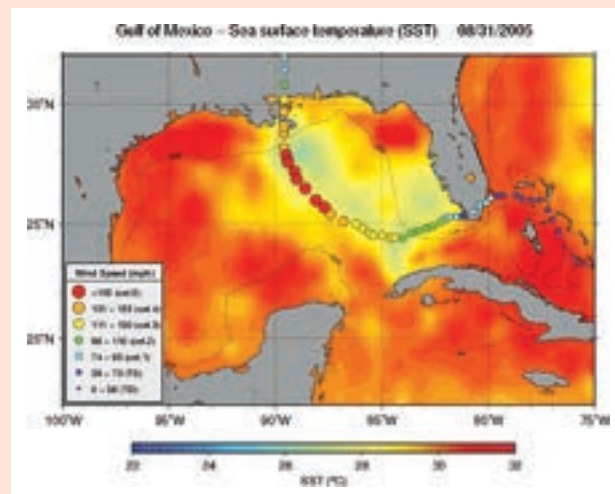
- Que se passe-t'il lorsqu'un ouragan se déplace au-dessus d'un tourbillon ?

## Influence de la température de l'eau



Température de surface le 28 août 2005

© NOAA



Température de surface le 31 août 2005

© NOAA

### Questionnement :

- Pourquoi peut-on dire que Katrina s'est « nourri » de la chaleur de l'océan ?
- Quelles conditions océaniques repérables par satellite permettent de prévoir qu'un ouragan sera de force majeure ?

Aller plus loin

## Pour en savoir plus



© Shutterstock

Vous trouverez des documents complémentaires sur cette thématique tels que des documents, des liens internet et des vidéos sur la prévision des cyclones.

## Le site du CNES



Créée en 2000 par le CNES et l'ESA, la Charte « Espace et Catastrophes Majeures » fournit régulièrement et gratuitement des images satellites aux pays victimes de catastrophes naturelles pour les aider à organiser les secours. En 2015, elle repose sur un réseau de 41 satellites actifs.

<https://cnes.fr/fr/evenements-climatiques-extremes-une-realite-pour-la-charte>

et

<https://jeunes.cnes.fr/fr/web/CNES-Jeunes-fr/8664-histoire-de-la-charte-espace-et-catastrophes-majeures.php>

## Le site Éduthèque

une offre du service public  
du numérique éducatif



Sur le portail Éduthèque, le CNES propose une interface dynamique permettant aux enseignants d'accéder facilement aux contenus pédagogiques portant sur les thématiques des sciences et techniques spatiales, notamment sur l'observation de la Terre.

<http://www.edutheque.fr>

## Lançons le débat !

Le réchauffement climatique peut-il avoir une influence sur la fréquence, la localisation et la force des cyclones ?



© Shutterstock



# Pollution par le pétrole et courants marins



**Nettoyage ou vidange en mer** des réservoirs des navires ou pétroliers, **pollutions accidentelles** lors de l'exploitation des gisements sous-marins ou pendant le transport, le pétrole répandu dans les océans représente une pollution dont l'impact sur les écosystèmes est important. Cet impact est soit direct, par les dégâts qu'il cause sur les animaux et végétaux, soit moins visible mais tout aussi conséquent, par la pollution, souvent à long terme, des milieux naturels.

En complément de l'observation aérienne, l'imagerie satellitaire et la modélisation du déplacement des nappes de pétrole permettent d'évaluer et d'organiser au mieux la protection de l'environnement.

#### L'exemple de « DeepWater Horizon »

Le 20 avril 2010, la plate-forme pétrolière explose, entraînant la mort de 11 employés et un impact écologique majeur, avec un volume de plus de 780 millions de litres de pétrole répandu. La fuite est finalement colmatée le 19 septembre. Outre les écosystèmes marins, les zones humides de la Louisiane particulièrement fragiles ont été touchées. On estime que les marais mettront des années à se rétablir.

Image du golfe du Mexique transmise le 17 mai 2010 par le satellite Terra de la NASA. En gris plus clair, on distingue la nappe de pétrole issue de la plateforme.

© Nasa



© US Coast Guard

#### THÉMATIQUES TRAITÉES

- › Impacts de la pollution par le pétrole sur les écosystèmes
- › Utilisation de prévisions océaniques pour les marées noires

#### PISTES DE RÉFLEXION

- › Comment prévenir et remédier aux pollutions par le pétrole ?
- › Quelles sont les autres sources de pollution des milieux océaniques ?

## THÉMATIQUE 1

## Impacts sur les écosystèmes



Dauphins bleus dans du pétrole émulsifié

© NOAA



Tortue de Kemp recouverte de pétrole

© NOAA and Georgia Department of Natural Resources



Côtes souillées par du pétrole

© NOAA



Plage polluée par le pétrole

© NOAA

**Conséquences sur les espèces marines**

Le pétrole détruit la capacité isolante de la fourrure des mammifères et le caractère hydrophobe des plumes des oiseaux. Sans cette capacité à s'isoler de l'eau froide, oiseaux et mammifères risquent de mourir de froid. De nombreux animaux avalent également du pétrole en essayant de se nettoyer, ce qui peut les empoisonner. Quand le pétrole se mélange avec l'eau en profondeur, les poissons peuvent avoir des retards de croissance, une hypertrophie du foie, des changements dans les rythmes cardiaque et respiratoire, une érosion de leurs nageoires et un taux de reproduction plus faible.

Le pétrole a également des conséquences négatives sur les œufs et la survie des larves.

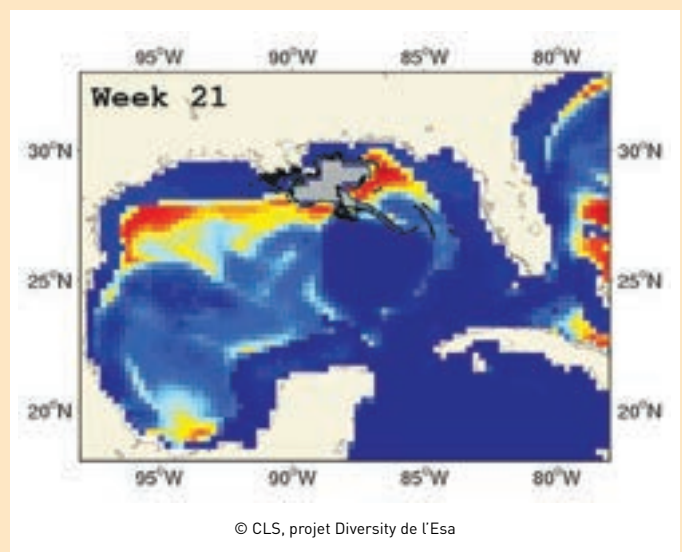
La présence d'un film en surface freine les échanges eau/atmosphère (baisse de l'oxygène), diminue la luminosité et augmente le taux de CO<sub>2</sub> de l'eau qui s'acidifie.

De plus, la toxicité des dispersants, des produits de nettoyage ou de brûlage de pétrole a également un impact sur les animaux et végétaux.

**L'impact d'une pollution sur un écosystème** dépend de son ampleur mais aussi de la période de l'année et des zones touchées. Ainsi, une pollution touchant une zone de reproduction pendant la période de reproduction aura plus d'impacts, y compris à long terme, qu'une pollution hors période de reproduction.

Les modèles de prévision océaniques sont maintenant capables de prévoir la répartition d'une population d'un animal particulier en fonction des conditions physiques, mais aussi biologiques, observées et prédites.

Carte de répartition du frai de thon rouge calculée par un modèle d'écosystème pour la semaine du 24 au 30 mai 2010 (en rouge les zones de reproduction) avec la surface de la marée noire due à l'accident de la plateforme pétrolière DeepWater Horizon dans le golfe du Mexique.



© CLS, projet Diversity de l'Esa

**Questionnement :**

- Quelles ont été les conséquences de la pollution au pétrole liée à « DeepWater Horizon » sur les écosystèmes ?



THÉMATIQUE 2

# Utilisation de prévisions océaniques pour les marées noires

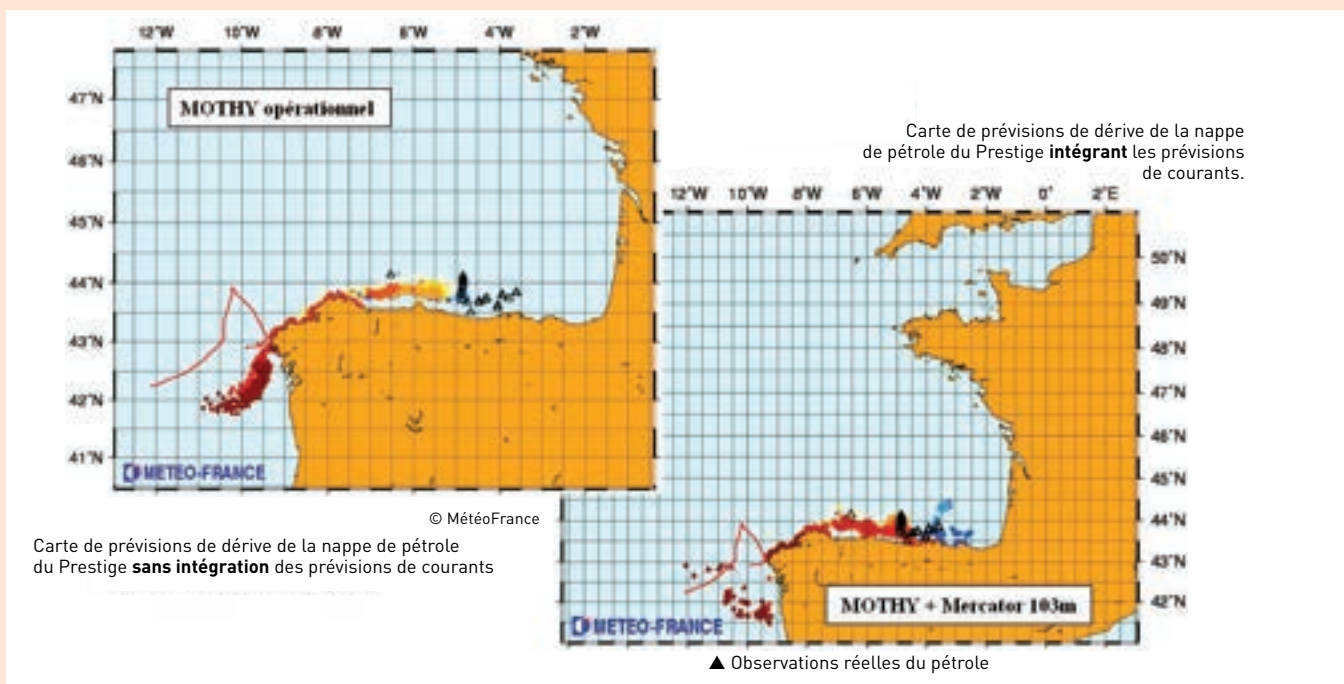
© 123ocean.com



### Le « Prestige »

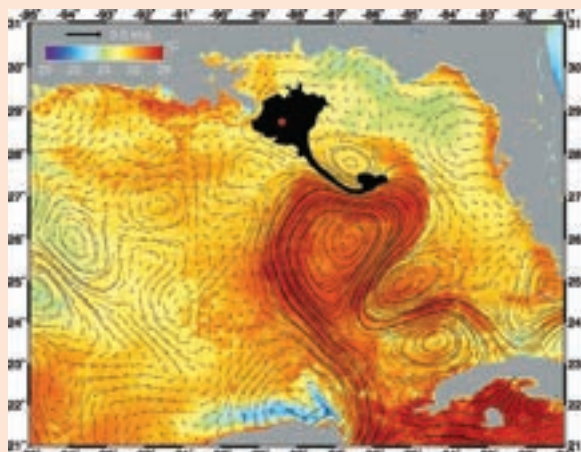
Le 19 novembre 2002, le pétrolier « Prestige » coule au large des côtes de Galice (Espagne) par 3 500 m de fond. Une cellule de crise est activée pour prévoir les conséquences de cette marée noire ainsi que pour coordonner et mobiliser les moyens aux bons endroits sur les côtes.

Des cartes de prévisions, intégrant des prévisions de courants (Mercator Océan) sont élaborées et des bouées sont larguées aux bords de la nappe pour suivre ses mouvements par satellite (Argos).



### Questionnement :

- Quel est l'intérêt d'intégrer des prévisions de courants aux cartes de prévision de dérive de la nappe ?



Suite à la marée noire de « DeepWater Horizon », les satellites ont permis de suivre la nappe de pétrole pour permettre aux acteurs concernés d'en prévoir les conséquences.

Carte des courants (flèches de longueurs proportionnelles à la vitesse du courant), température de surface de l'océan (couleur) et étendue maximale de la nappe de pétrole (noire) issue de « DeepWater Horizon » (point rouge).

© Univ. Colorado/CNES/AVISO/GOES SST/Radarsat-2

### Questionnement :

- Établissez une relation entre les données satellites (courants : direction, vitesse et température de surface) et le déplacement de la nappe de pétrole.

Aller plus loin

## Pour en savoir plus



© Shutterstock

Vous trouverez des documents complémentaires sur cette thématique tels que :

- Les panneaux de l'exposition « Impacts de la pollution sur les animaux marins »
- Une vidéo sur le suivi de la pollution par satellites

## Le site du CNES

Sur les sites du CNES et de CLS\*, vous trouverez des exemples d'utilisation des techniques spatiales sur le suivi des pollutions en mer.

Sites à consulter:

<https://www.cnes.fr>  
[www.cls.fr](http://www.cls.fr)



\* Collecte Localisation Satellites

## Le site Éduthèque

une offre du service public du numérique éducatif



Sur le portail Éduthèque, le CNES propose une interface dynamique permettant aux enseignants d'accéder facilement aux contenus pédagogiques portant sur les thématiques des sciences et techniques spatiales, notamment sur l'observation de la Terre.

<http://www.edutheque.fr>

## Lançons le débat !

Quelles sont les conséquences de la pollution des océans d'un point de vue économique et écologique ?

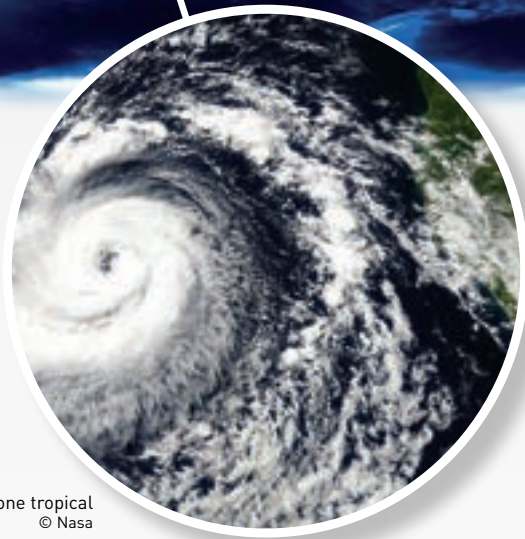
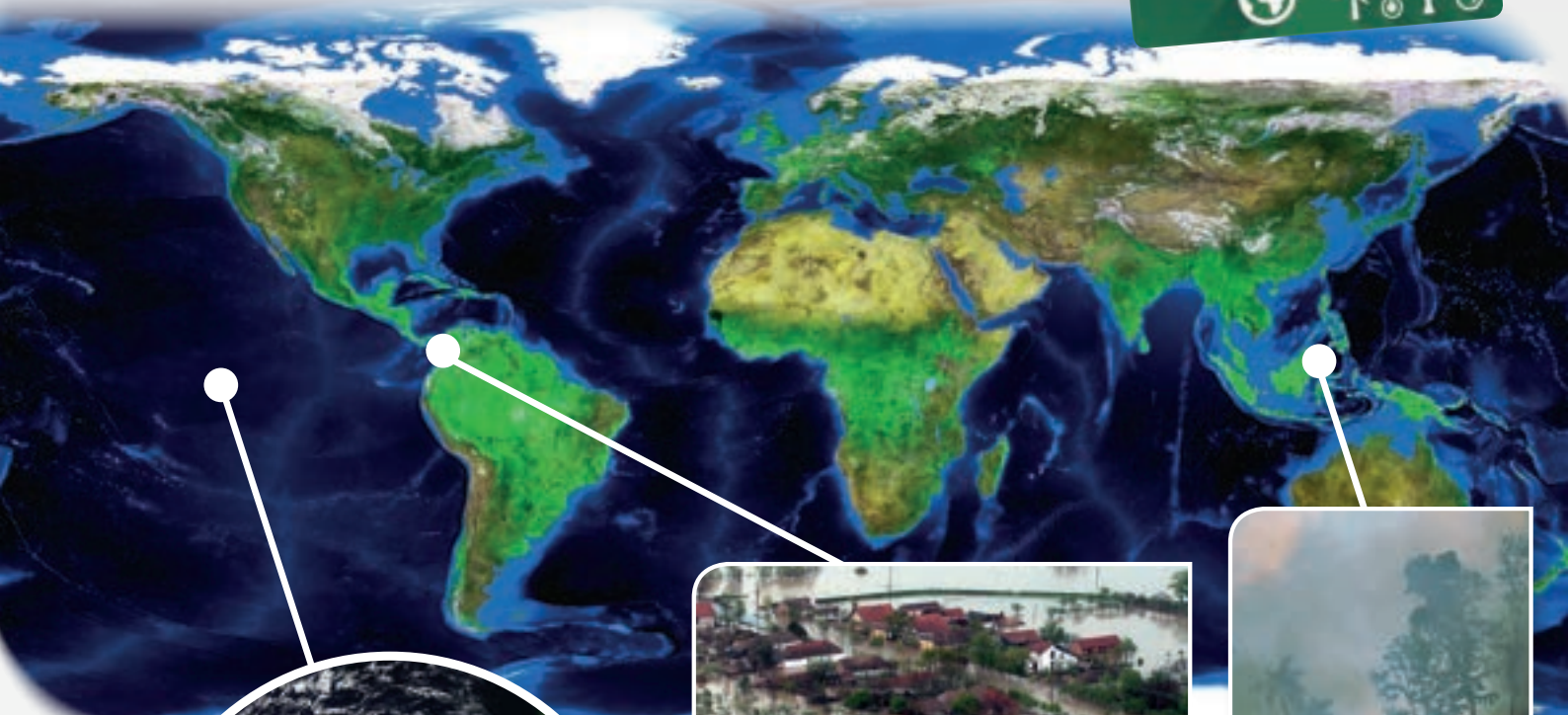
Quels moyens de protection de l'environnement pourraient être envisagés ?



Pollution d'un élément vital : l'eau © Shutterstock



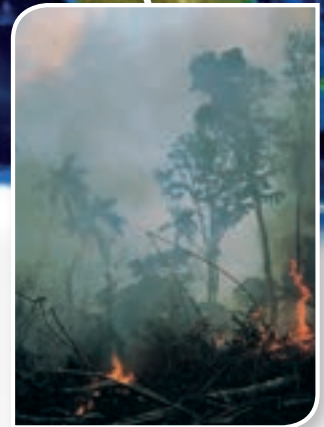
# El Niño, l'enfant terrible



Cyclone tropical  
© Nasa



Vue aérienne d'inondations  
© Thinkstock/GettyImages, 2014



Feu de forêt  
© Thinkstock/GettyImages, 2014

**Les pêcheurs péruviens** ont remarqué que, certaines années au moment de Noël, l'océan est plus chaud que la normale, entraînant une raréfaction brutale de certaines espèces.

Ce réchauffement, qui entraîne également des sécheresses, des inondations ou des cyclones, est associé au phénomène baptisé El Niño (« l'enfant Jésus »).

Pendant l'hiver 1997/1998, les satellites ont contribué à l'analyse et à la compréhension de ce phénomène complexe, où océan et atmosphère sont en étroite relation.

## THÉMATIQUES TRAITÉES

- › Les mécanismes du phénomène El Niño
- › Les conséquences d'El Niño : prévoir et prévenir

## AUTRES THÉMATIQUES

- › Le couplage de l'océan et de l'atmosphère
- › Les moyens d'observation d'un phénomène d'ampleur mondiale

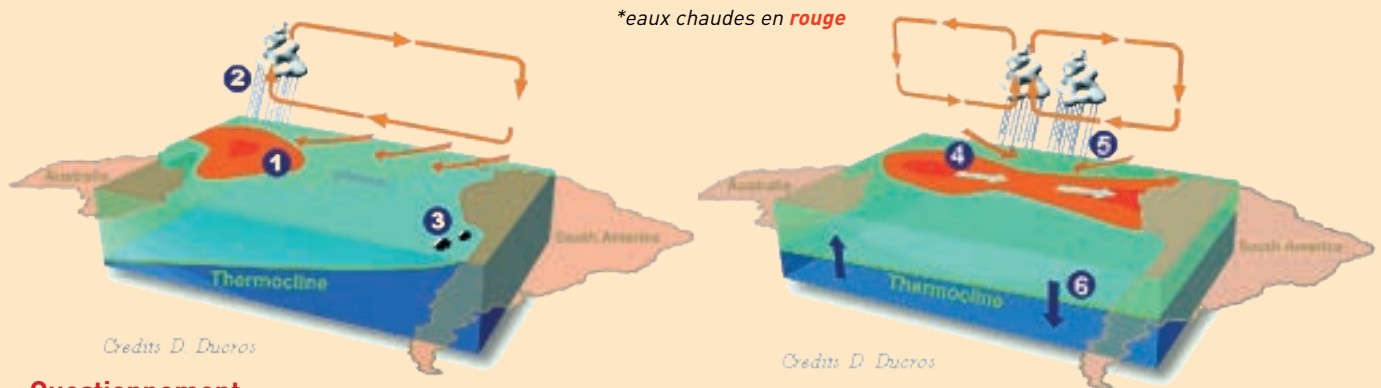
## PISTES DE RÉFLEXION

- › Rôle de l'océan dans la régulation (et les dérèglements) du climat
- › En quoi le phénomène la Niña est-il différent d'El Niño ?
- › Existe-t-il d'autres phénomènes illustrant le couplage entre atmosphère et océan ?

## THÉMATIQUE 1

## Les mécanismes du phénomène El Niño

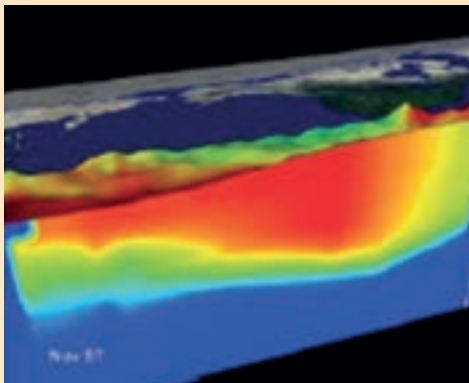
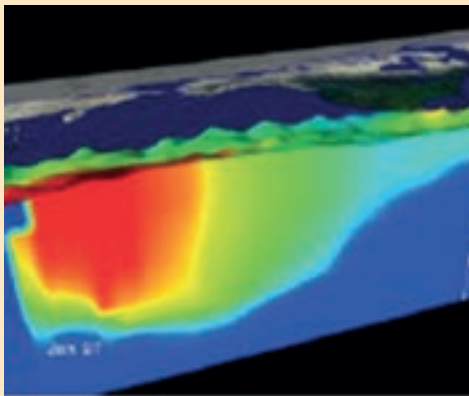
Caractéristiques des vents, précipitations et mouvements d'eau\* en temps normal et lors d'un déclenchement d'El Niño.



## Questionnement :

- Associez ces légendes aux numéros indiqués sur les schémas :

- A- Les alizés, vents soufflant de l'est vers l'ouest, se chargent d'humidité qu'ils libèrent sous forme de fortes pluies à l'ouest.
- B- Les alizés poussent les eaux chaudes de surface vers l'Australie et les Philippines, créant un réservoir d'eau chaude.
- C- Les alizés s'affaiblissent ou disparaissent, des vents soufflant vers l'est apparaissent.
- D- Le réservoir d'eau chaude se déplace vers le centre du Pacifique équatorial, ainsi que la zone des précipitations et des cyclones qui provoquent des pluies abondantes sur les îles du centre du Pacifique, puis de nombreuses inondations sur les côtes de l'Amérique du Sud.
- E- Le long des côtes du Chili et du Pérou, le climat est sec. La remontée d'eaux froides, riches en sels nutritifs, favorise le développement du plancton et d'espèces marines (anchois, etc).
- F- Les eaux bordant le Chili et le Pérou deviennent chaudes, pauvres en sels nutritifs, et les espèces marines se raréfient brutalement.



## Des mouvements d'eau en profondeur

Les études montrent que le déplacement important des eaux chaudes vers l'est, remarqué en surface lors du phénomène El Niño, s'observe également jusqu'en grande profondeur.

## Questionnement :

- Quelle différence de hauteur d'eau s'observe en temps normal (exemple janvier 1997) à l'équateur dans le Pacifique entre l'ouest et l'est ?
- Mettez cette observation en relation avec le mouvement d'eau chaude (en rouge) observé lorsque les alizés faiblissent (exemple novembre 1997)



THÉMATIQUE 2

# Les conséquences d'El Niño : prévoir et prévenir

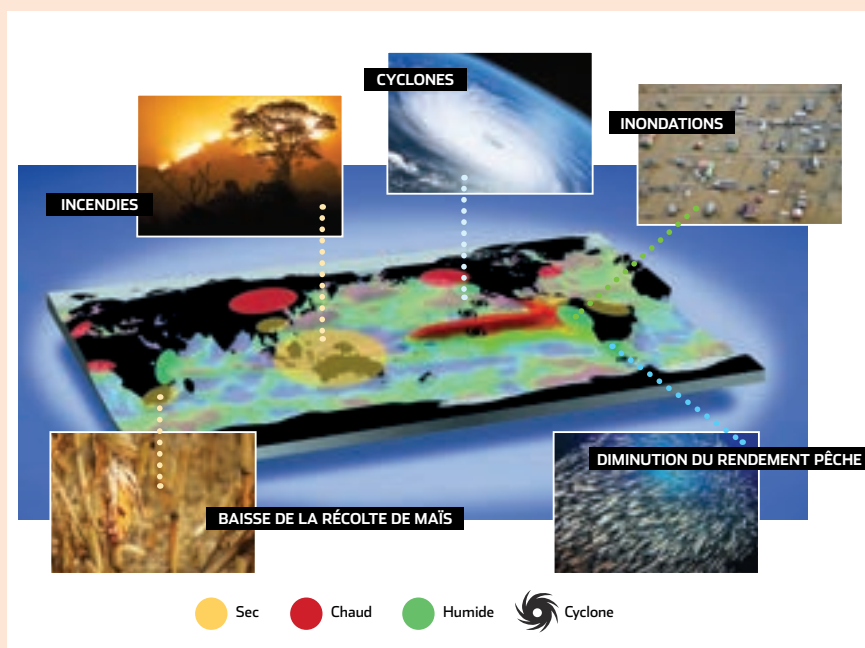
## Des conséquences prévisibles

Quand El Niño est de forte intensité, il engendre systématiquement un cortège de bouleversements dans le monde, de nature et d'intensité très variable selon la distance des pays avec le Pacifique.

Grâce aux prévisions et à l'information des populations touchées, on peut maintenant essayer de se prémunir de ses conséquences. Celles-ci ne sont pas catastrophiques partout : certaines zones voient leur climat devenir plus clément durant cette période.

### Questionnement :

- En vous basant sur les informations de la thématique 1, expliquez les différentes conséquences climatiques et économiques observables après un épisode d'El Niño.



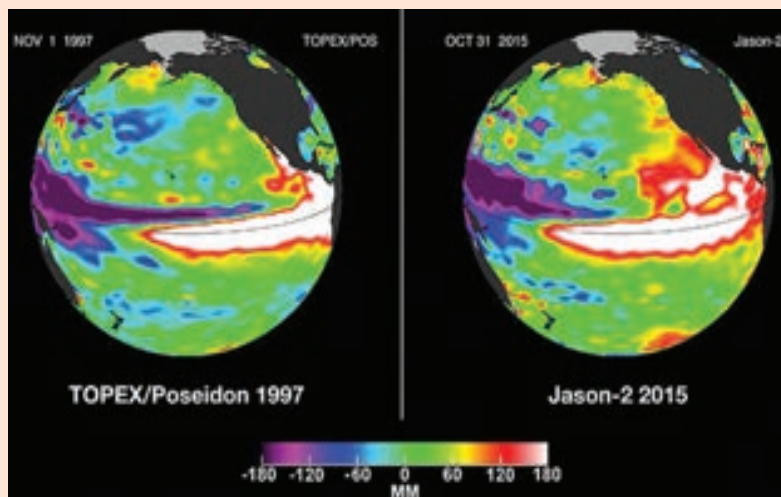
Conséquence climatiques et économiques après un épisode d'El Niño  
© ACM, Shutterstock

## El Niño 2015/2016

Au printemps 2015, l'observation des variations des hauteurs de mer dans l'ouest et au centre du Pacifique tropical indiquait un possible nouvel épisode d'El Niño. La comparaison des données collectées avec celles de 1997/1998 aide à prévoir l'intensité du phénomène.

### Questionnement :

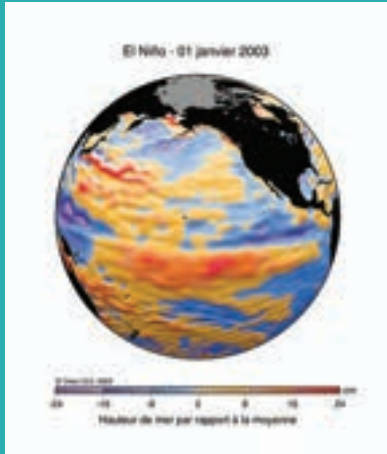
- Comparez les variations de hauteur du niveau de la mer enregistrées par les satellites en novembre 1997 et octobre 2015. Que peut-on en déduire ?



Hauteurs du niveau de la mer mesurée le 1<sup>er</sup> novembre 1997 (image satellite TOPEX/Poseidon) et le 31 octobre 2015 (image satellite Jason-2)

Aller plus loin

## Pour en savoir plus



© CNES/CLS, 2003

Vous trouverez des documents complémentaires sur cette thématique ainsi qu'une vidéo expliquant simplement les mécanismes d'El Niño et une fiche pédagogique sur l'observation de ce phénomène.

## Le site du CNES

Pour suivre la montée des océans, la relève est assurée avec le satellite Jason-3.

Le lancement de Jason-3 permettra d'assurer, au moins jusqu'en 2020, la continuité des mesures du niveau des océans, capitales dans le contexte du réchauffement climatique, et le développement de services opérationnels.



© CNES/IL/DUCROS David, 2013

<https://jason-3.cnes.fr/fr/JASON3/Fr/index.htm>

## Le site Éduthèque

une offre du service public du numérique éducatif



Sur le portail Éduthèque, le CNES propose une interface dynamique permettant aux enseignants d'accéder facilement aux contenus pédagogiques portant sur les thématiques des sciences et techniques spatiales, notamment sur l'observation de la Terre.

<http://www.edutheque.fr>

## Lançons le débat !

Le réchauffement climatique global peut-il avoir des conséquences sur la fréquence et l'intensité du phénomène El Niño ?



© THINKSTOCK