

décembre 2015

# CLS MAG

N°2

## spécial climat

les manchots  
royaux lanceurs  
d'alertes

Un thon  
vaut mieux  
que deux  
tu l'auras

**Changement  
climatique :**  
mythe ou réalité ?  
Les satellites tranchent

[www.cls.fr](http://www.cls.fr)

018071 894821



2180001 884774

CLS France, Toulouse (siège), Brest - CLS America (Washington), CLS Peru (Lima), PTCLS INDONESIA (Jakarta), PROOCEANO (Rio de Janeiro), ALTAMIRA INFORMATION (Barcelone, Calgary), TRE (Milan Vancouver), Horizon Marine Inc (Richmond, Marion), NOVACOM Services (Toulouse, Amsterdam, Bidart), CLS Maroc (Rabat), CLS Vietnam (Hanoi), CLS Chine (Pékin), CLS La Réunion (St Pierre), Cubic-I (Tokyo), Cunlogan (Santiago du Chili), SIT (Melbourne), Es-PAS (Moscou), KL-Trading (Séoul).



**CLS, filiale du CNES, de l'IFREMER et de la société d'investissements Ardian, opère plus de 80 instruments embarqués à bord de 40 satellites.** La principale mission de ses 600 salariés : observer la planète depuis l'espace et rendre compte de façon irréfutable de l'état de santé de nos mers et de nos océans. Avec ses océanographes, ingénieurs, experts en télédétection, spécialistes du traitement du signal, modélisateurs de dynamique de population marine, CLS œuvre depuis près de 30 ans dans la surveillance environnementale. Leader mondial en altimétrie, opérateur exclusif du système de collecte de données par satellite ARGOS, spécialiste radar, l'entreprise accompagne la communauté scientifique internationale dans une gestion durable de notre planète.

# édito



Biodiversité en sursis, océan en « ébullition », phénomènes climatiques de plus en plus intenses. Comment mesurer, observer un phénomène mondial comme le réchauffement climatique ? Comment s'adapter face à ses conséquences ? Seuls les satellites sont à même de témoigner de cette réalité globale et sans eux, il sera difficile de trouver des solutions.

CLS a été créée par l'agence spatiale française (CNES), il y a bientôt 30 ans, pour opérer le système de localisation et de collecte de données environnementales ARGOS. Depuis elle a élargi le spectre de ses outils et de ses compétences et utilise actuellement 80 instruments embarqués à bord de 40 satellites pour accompagner les scientifiques, les industriels, les associations et les autorités gouvernementales du monde entier dans la mise à jour du carnet de santé de la planète.

Que voit-on depuis l'espace : observations, études, diagnostics ! On vous dit tout dans cette édition spéciale CLIMAT.

**Christophe Vassal,**  
*Président du directoire de CLS.*

## PRÉSIDENT DE LA PUBLICATION

Christophe Vassal

## DIRECTRICE DE LA PUBLICATION

Marie-Claire Demmou

## RÉDACTRICE EN CHEF

Amélie Proust  
aproust@cls.fr  
00 33 6 62 80 45 92

## RÉDACTRICE EN CHEF ADJOINTE

Ghislaine Abbassi  
gabbassi@cls.fr

## RÉDACTRICES

Amélie Proust,  
Laurence Lebretonchel,  
Marianna Childress-Poli,  
Ghislaine Abbassi,  
Marie-Claire Demmou  
clsmag@cls.fr

## ASSISTANTE DE RÉDACTION

Madlyn Scelso

## MAQUETTE, MISE EN PAGE

Studio OGHAM

IMPRESSION : Imprimerie Delort



Imprimé sur papier issu  
de forêts gérées durablement

- 4 MICHAEL ABLAIN, QUAND LA MER MONTE...
- 5 PATRICK LEHODEY, LA SCIENCE DONNE LE THON
- 6-7 UN THON VAUT MIEUX QUE DEUX TU L'AURAS
- 8-9 L'OCÉAN, LA MATRICE DU CLIMAT
- 10-11 BIODIVERSITÉ, UN ENJEU POUR L'HUMANITÉ
- 12-13 LIMITONS NOS EMPREINTES CARBONE
- 14 L'EXTRÊME GÉRÉ DEPUIS L'ESPACE
- 15 LE DÉFI DE L'EAU
- 16-17 NOUVELLES TECHNOS ET CLIMAT
- 18 FILIÈRES D'EXCELLENCE
- 19 LES CHIFFRES CLÉS CLIMAT ET CLS : MESURER, LIMITER, S'ADAPTER



Plus d'informations  
sur [www.cls.fr](http://www.cls.fr)  
flashez ce QR code

#COP21CLS





# QUAND LA MER MONTE...

Ingénieur challenger, athlète au long cours, manager transversal, Michaël Ablain encadre, à CLS, le calcul du niveau moyen de la mer depuis près de 20 ans.

**Le niveau moyen des mers est en constante augmentation depuis 1992. +3,3 mm/an. Un chiffre incontestable**

Ils sont une dizaine dans le monde à connaître la précision de nos satellites altimétriques et Michaël Ablain est l'un d'entre eux. Des satellites altimétriques qui depuis plus de 20 ans nous permettent de mesurer et d'observer le moindre des mouvements, la plus petite saute d'humeur de nos mers et de nos océans.

Michaël Ablain est responsable du département Performance Mission et Climat à CLS. Lui et son équipe publient, tous les mois, l'état du niveau moyen des mers. Un passionné de météorologie... À 12 ans déjà, il relève minutieusement les températures et le niveau de pluviométrie de son jardin. Aujourd'hui, c'est à l'échelle planétaire que Michaël Ablain « ET ses équipes » (il y tient beaucoup) étudient notre environnement.

Ils sont près de 50 à CLS à œuvrer, de concert, pour établir cet indicateur clé du réchauffement climatique : le niveau moyen des mers. Depuis plus de 15 ans, cet ingénieur diplômé de l'INSA coordonne la collecte, le traitement, la calibration, la correction, la validation et la mise à disposition de cette donnée fondamentale pour l'ensemble de la communauté scientifique internationale.



## Cet indicateur prouve que globalement, notre planète se réchauffe.

*Michaël Ablain*  
responsable  
du département Performance  
Mission et Climat à CLS

### Son job : la précision !

Michaël Ablain commente les résultats obtenus : « La sentence est sans appel, le niveau moyen des mers est en constante évolution depuis 1992. Une moyenne d'augmentation de 3,3 mm/an. Mais ce n'est qu'une moyenne. Ce niveau augmente de près de 20 cm sur tout le bord ouest dans le Pacifique tropical avec pour première victime les îles Kiribati. Et ce même niveau peut stagner, voire baisser comme sur le bord Est de ce bassin où l'on constate une chute du niveau de la mer pouvant aller jusqu'à -4 cm sur 20 ans. Cet indicateur prouve néanmoins que globalement, notre planète se réchauffe. Nos océans emmagasinent cette chaleur, et comme l'eau qui bout sur le feu, ils se dilatent et sont sur le point de déborder. Cette donnée est incontestable ! »

Michaël Ablain se remémore la fameuse année 1998. 1998... l'année où la France a gagné la coupe du monde de foot mais plus sérieusement l'année du plus important phénomène El Niño jamais observé, avant celui que nous sommes en train de vivre. C'est la période où son mentor, Joël Dorandeu, chef du département observations spatiales à CLS, a constaté que la courbe du niveau moyen des mers s'élevait.

« À l'époque, on ne parlait pas du réchauffement climatique. Erreur de mesure ? La polémique naît. »  
Poussé et soutenu par Anny Cazenave, académicienne des sciences, océanographe au LEGOS\* et par les équipes du CNES, Michaël Ablain se lance alors dans la quête de la haute précision.

Ce grand sportif qui en a fait un art de vivre, cet athlète qui aime les challenges et qui a terminé cet été l'ultra trail du Mont-Blanc, démontrera que le niveau moyen des mers est un indicateur fiable de l'évolution du climat. Une mesure faite depuis l'espace, depuis des satellites placés en orbite à plusieurs centaines de kilomètres de la Terre, et juste à 0,5 mm/an près !

Aujourd'hui, avec l'Altimétrie, CLS observe le niveau moyen des mers, les courants, les glaces, les fleuves et même les icebergs. Toujours passionné par la météo, Michaël Ablain jette un œil deux fois par jour sur les modèles météo, un peu plus lors d'événements extrêmes nous avouera-t-il. Cet ingénieur infatigable regarde toujours vers l'avenir, et son futur il le voit dans la compréhension du climat !

\*Laboratoire d'Études en Géophysique et Océanographie Spatiale, CNRS

# LA SCIENCE DONNE LE THON

Ce brillant scientifique œuvre depuis plus de 20 ans pour percer les mystères des thonidés. Sa conclusion : les thons pourront s'adapter au réchauffement climatique à condition de limiter rapidement les niveaux d'exploitation trop élevés ! Retour sur le coup de gueule du Mag.

**F**ils d'une couturière et d'un commerçant, rien ne prédisposait Patrick Lehodey à faire des ressources marines son centre d'intérêt et encore moins LE sujet de sa vie. Et pourtant le responsable de la modélisation des écosystèmes marins de CLS entame sa troisième décennie de recherche en la matière. Ce Normand d'origine, père de 3 enfants, voiloux à ses heures perdues, cherche à percer les secrets du thon obèse, du thon jaune (albacore), de la bonite ou encore du thon germon. Le but de sa quête : améliorer encore et encore son modèle de prévision des dynamiques de populations marines. Ce qui le distingue, c'est d'avoir été capable de modéliser, donc de comprendre et de prévoir ce qui ne peut être vu ! En effet, Patrick Lehodey et son équipe ont intégré à ce modèle un mystérieux composant : le micronecton. Indispensable à la vie aquatique, base de l'alimentation des thons, le micronecton est une des ressources marines les plus importantes, dont toutes les autres dépendent. Connaître avec précision la répartition du micronecton permet de prévoir les mouvements et distributions de leurs prédateurs et donc l'évolution des populations de thons, de tortues, d'oiseaux de mers, de baleines,

pour mieux les protéger ou mieux gérer leur exploitation. « *C'était le chaînon manquant entre ce que l'on peut voir par satellite avec les observations de couleur de l'eau qui témoignent de la présence de phytoplancton et ce que l'on mesure à l'autre bout de la chaîne alimentaire avec les prises de pêches.* »

Le micronecton est sans nul doute la composante clé de la chaîne alimentaire, le Graal des biologistes marins qui permet de comprendre toute la dynamique de population dans son ensemble. Fort de ces avancées, Patrick Lehodey et son équipe utilisent aujourd'hui ce modèle pour prévoir l'impact de la pêche, de la pollution mais également du réchauffement climatique sur les populations marines. Il tire la sonnette d'alarme : « *Nos ressources marines et plus particulièrement les thons seraient capables de s'adapter au réchauffement climatique mais à condition de revenir à des niveaux de pression de pêche raisonnables. Aujourd'hui certains stocks comme le thon obèse du Pacifique sont réduits à 20 % de leur biomasse d'origine en raison de leur (sur) exploitation. Cette surexploitation additionnée aux effets du réchauffement climatique pourrait leur être fatale dans les prochaines décennies, et faire de ceux dont la vie dépend directement de*

**Plus qu'une évolution, c'est une révolution des pratiques de pêche et de gestion que Patrick Lehodey cherche à promouvoir**

*la pêche des réfugiés économiques... Il faut réagir maintenant ! Si l'on applique les scénarii les plus pessimistes du GIEC au modèle de thons, la pression climatique que devrait subir les stocks se fera sentir de plus en plus fortement d'ici une vingtaine d'années. »*

Il est indispensable de s'organiser dès à présent. La solution passe tout d'abord par un contrôle strict des captures et l'élimination de la pêche illégale. CLS a développé au cours des vingt dernières années des services efficaces. À l'aide de ces nouveaux outils combinant observations spatiales, modèles numériques, systèmes de localisation et de collecte de données en temps réel, CLS accompagne de nombreux gouvernements dans la mise en place d'une administration des pêches raisonnée, dans le déploiement de solutions de lutte contre la pêche illégale et dans la mise en place de plans d'aménagement des pêches durables. Plus qu'une évolution, c'est une révolution des pratiques de pêche et de gestion que Patrick Lehodey cherche à promouvoir avec les autres équipes de CLS avec l'espoir que notre planète bleue ne perde pas sa biodiversité et continue encore longtemps à pouvoir fournir une ressource précieuse.

“  
**L'avenir des populations de thons passe tout d'abord par un contrôle strict des captures et l'élimination de la pêche illégale.**

*Patrick Lehodey*  
responsable du département  
Écosystèmes Marins à CLS



# UN THON VAUT MIEUX QUE DEUX TU L'AURAS



Aujourd'hui, les ressources marines sont trop souvent surexploitées (sur-pêche, pêche illégale, non réglementée, non rapportée) et sont également victimes de l'activité humaine (pollutions). Ces stocks seront capables de faire face au réchauffement climatique à condition de revenir à des niveaux d'exploitation durable. Aujourd'hui, les scientifiques estiment que sous l'effet de la pression de pêche certains stocks comme le thon obèse du Pacifique sont réduits à moins de 20 % de leur biomasse d'origine. Une pression qui additionnée aux effets du réchauffement climatique pourrait leur être fatale. Le seuil raisonnable à ne pas franchir fixé par les scientifiques se situerait au minimum autour de 40 %. D'après des simulations récentes, le pic de pression conjuguant les effets de la pêche et du climat que devront subir les principaux stocks de thons devrait intervenir vers le milieu du siècle. Depuis bientôt 30 ans, CLS œuvre pour une gestion durable des ressources marines basée sur l'observation depuis l'espace. Plus récemment, CLS a ajouté à ses compétences la modélisation des écosystèmes marins. Que prévoient les modélisateurs de CLS ? Quelles nations seront gagnantes ? Perdantes ? On vous dit tout.

**À partir de 2060, le stock de thon blanc devrait repartir à la hausse... À condition qu'il ne soit pas tué dans l'œuf.**



**Le thon germon** commercialisé en conserve, frais ou congelé devrait voir son stock baisser jusque dans les années 2060 dans le Pacifique. Telle est la prévision de CLS en fonction du scénario du GIEC le plus pessimiste.

© Istock

## PRÉVOIR : LE NERF DE LA GUERRE

Le modèle de prévision développé au sein du Département Écosystèmes Marins de CLS permet de simuler dans le temps et dans l'espace l'évolution des dynamiques de populations marines comme les thons, en fonction des conditions physiques et biogéochimiques de l'océan, mais également de l'effort de pêche, de la pollution et du réchauffement climatique. Ce modèle prédit les distributions de densité à différents stades de vie (larves, juvéniles, immatures et poissons adultes).

## THON & CLIMAT : LA NOUVELLE DONNE

Le thon germon est une espèce présente dans les trois océans et la mer Méditerranée. Il est commercialisé en conserve, frais ou congelé. Afin de prévoir l'impact du réchauffement climatique sur cette espèce à la chair claire (on l'appelle également thon blanc), les scientifiques de CLS ont appliqué dans leur modèle d'évolution des populations de thons, les scénarii du Groupe International d'Experts sur le Climat. Patrick Lehodey et Inna Senina, les deux experts en ressources marines de CLS, ont utilisé

le scénario le plus pessimiste (A2) du GIEC. Il suppose que l'accroissement de nos émissions de gaz à effets de serre restera constant sur les prochaines décennies.

Patrick Lehodey nous livre alors leurs premières conclusions : « *Nous prévoyons une baisse du stock jusque dans les années 2060 dans le Pacifique. Le thon germon du Pacifique Sud sera directement impacté par le réchauffement des eaux avec des conditions de moins en moins favorables dans la zone de ponte actuelle en Mer de Corail et dans la région subéquatoriale. Le réchauffement des masses d'eaux en surface devrait accroître la stratification et diminuer les remontées de sels nutritifs nécessaires à la photosynthèse, à la base de la chaîne alimentaire. Le taux de survie des larves diminuera en conséquence. Mais le modèle prédit également qu'un nouveau site favorable à la ponte et à la survie larvaire se développera dans le nord de la mer de Tasman à partir de 2060, le stock devrait alors repartir à la hausse... À condition d'une gestion rigoureuse de la pêche pour maintenir le stock reproducteur à un niveau élevé.* » La gestion des ressources marines contraintes de s'adapter à ces nouvelles conditions sera déterminante pour l'avenir de ce patrimoine naturel et économique.



## LE THON MONTE

Depuis quelques années déjà, les migrations estivales du thon rouge Atlantique remontent de plus en plus au nord. L'espèce profite du réchauffement de l'océan et probablement aussi de l'extension des habitats de ses proies comme le maquereau Atlantique.

« **L**e thon rouge est une espèce qui migre de façon saisonnière vers les hautes latitudes pour se nourrir dans ces eaux particulièrement riches en été. Des thons rouges ont été capturés dans les eaux islandaises et il est probable que cette tendance à migrer de plus en plus au nord constitue un lien avec le réchauffement climatique, mais il ne faut pas non plus négliger la variabilité pluri-décennale », précise Inna Senina, chercheuse au sein du département de modélisation des écosystèmes marins à CLS. Compte tenu de cette nouvelle répartition, les pêcheurs norvégiens ont obtenu un quota de pêche exploratoire. Ils espèrent bien voir revenir le thon rouge dans leurs eaux. L'espèce avait en effet disparu de leur territoire maritime il y a plus de 30 ans.



## THON ET TENDANCES

Grâce à son expertise et à ses modèles de prévision de dynamiques de populations marines, CLS prévoit que les populations comme le thon germon ou le bigeye auront tendance à étendre leurs migrations estivales vers l'Atlantique Nord. Dans le cadre du projet de recherche européen Atlantos, une version opérationnelle du modèle de CLS appliqué au thon germon sera mise en place pour suivre cette évolution.

## EL NIÑO REDISTRIBUE LES CARTES

**Le phénomène El Niño qui se développe actuellement dans le Pacifique est annoncé comme le plus important depuis au moins deux décennies.**

Ce phénomène aura d'importantes répercussions sur les pêcheries thonières du Pacifique, de l'Océan Indien et peut-être de l'Atlantique. En effet ce réchauffement des eaux va créer des fluctuations d'abondances et des redistributions de populations d'un côté vers l'autre des bassins océaniques. La plus grosse pêcherie thonière au monde est celle qui exploite les thons tropicaux (bonite et thon jaune) dans le Pacifique centre-ouest.

Concentrés habituellement dans le Pacifique Équatorial Ouest (Papouasie Nouvelle Guinée et îles Salomon), les bancs de thons vont se diriger vers le Pacifique Central. Ces déplacements sont suivis en temps réel à l'aide des modèles développés à CLS.

Le phénomène El Niño modifie les conditions de température, de courants et de production primaire dans le Pacifique et en particulier la région équatoriale. En temps normal, les Alizés créent une divergence à l'Equateur en poussant l'eau de l'est vers l'ouest. Pour combler ce déplacement, les eaux profondes et froides chargées en nutriments remontent favorisant la photosynthèse et la production primaire : c'est le phénomène d'upwelling qui alimente la chaîne alimentaire et au final nourrit les populations de thons. Avec El Niño, les alizés faiblissent, les eaux chaudes accumulées à l'ouest, que l'on peut suivre grâce aux satellites, repartent vers le centre et l'est du Pacifique. Les thons suivent ce déplacement.

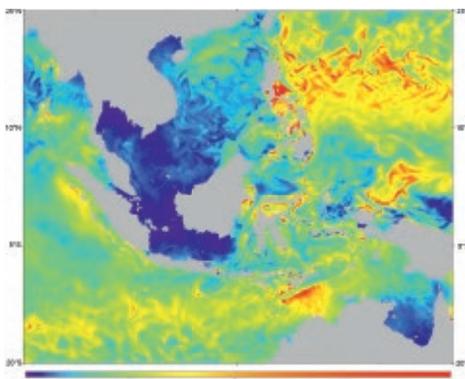
Les modèles mis en place à CLS suggèrent qu'entre avril et septembre les concentrations de bonites et thons jaunes habituellement à l'ouest se seraient déjà déplacées sur plus de 2000 km vers le Centre et l'Est du Pacifique.

Ce phénomène devrait aussi avoir un impact sur la survie larvaire, puis le recrutement des jeunes thons dans le stock exploité.

Ce devrait être ainsi le cas pour la bonite dans le Pacifique central et le thon jaune au large des côtes mexicaines et plus généralement dans l'Est du Pacifique.

Ces informations qui sonnent comme un bulletin météo, devraient, si elles se confirment, aider tous les acteurs de ce secteur économique, améliorant les connaissances nécessaires à une exploitation raisonnable et durable de la ressource.

**El Niño aura aussi des effets bénéfiques, avec une hausse du stock de bonites attendue pour 2016 dans le Pacifique.**



**Distribution du thon** prévue par le modèle SEAPODYM développé par CLS.  
© CLS



**CLS a livré à l'Indonésie SEAPODYM** son modèle de dynamique de populations marines. CLS accompagne au quotidien les acteurs locaux de la protection des ressources marines.  
©CLS

**Le niveau de la mer**

s'élève de 3,3 mm/an depuis 1992 à 0,5 mm/an près. La direction océanographie spatiale de CLS rassemble 110 experts du milieu marin.

# L'OCÉAN LA MATRICE DU CLIMAT

Alors que le climat est aujourd'hui au cœur de nos préoccupations, l'océan est LE grand oublié des négociations ! Il est pourtant la principale pompe à carbone, le plus grand concentrateur de chaleur de la planète. Comprendre les mécanismes climatiques, c'est en premier lieu comprendre l'Océan. Mais comment appréhender ce territoire maritime gigantesque ? Ces 30 dernières années, les systèmes d'observation des océans ont connu une véritable révolution. L'arrivée des satellites d'océanographie spatiale et de collecte de données environnementales a été la pierre angulaire de ce renouveau. Pionnière, depuis le début, CLS reçoit, traite et qualifie ces données satellitaires pour l'ensemble de la communauté internationale. Leader mondial en altimétrie, opérateur exclusif du système de localisation et de collecte de données environnementales ARGOS, CLS accompagne, au quotidien, les experts en climatologie. Ils témoignent aujourd'hui et nous livrent le bilan de santé de la planète bleue.

## LE GRAND ENTRETIEN

CLS MAG a rencontré Anny Cazenave, académicienne des sciences, membre du Groupe d'Experts International sur l'Évolution du Climat. Anny Cazenave est une chercheuse reconnue sur le changement climatique. Utilisatrice de l'indicateur du niveau moyen des mers calculé par CLS, Anny Cazenave témoigne de l'importance capitale de ce dernier. Elle met en avant la position de leader mondial\* détenue par CLS sur l'établissement de cet indicateur clé du réchauffement climatique.

## POURQUOI EST-IL IMPORTANT DE CONNAÎTRE LE NIVEAU MOYEN DES MERS ?

Le niveau moyen des mers est l'un des meilleurs indicateurs du réchauffement climatique. Sans doute meilleur que la température moyenne de la Terre. Aujourd'hui, à cause des émissions de gaz à effets de serre, générées par les activités humaines, notre planète est en déséquilibre énergétique. Elle accumule de la chaleur. 93 % de ce surplus de chaleur est stockée

dans l'océan. Le reste fait fondre les glaces et réchauffe l'atmosphère. Le niveau de la mer qui dépend du réchauffement de l'océan et de la fonte des glaces est donc un indicateur clé du réchauffement climatique. En effet, la chaleur accumulée dans l'océan dilate celui-ci. Conséquence : la mer monte. La fonte des glaciers de montagne ainsi que la perte de masse de glace au Groenland et en Antarctique sont une autre cause de l'élévation actuelle de la mer. Mais cette élévation est loin d'être uniforme. Certaines zones montent 4 fois plus vite qu'en moyenne globale. C'est le cas par exemple dans l'Océan Pacifique tropical ouest. Certaines régions côtières sont donc plus impactées que d'autres par ce phénomène.

## COMMENT UTILISEZ-VOUS CET INDICATEUR ?

Au LEGOS\*\*, nous cherchons à comprendre les causes régionales et globales de l'évolution du niveau de la mer. Nos recherches ont montré que la hausse moyenne globale du niveau de la mer des 20 dernières années est due pour environ 35 % au réchauffement de l'océan, 45 %

à la fonte des glaces continentales, et pour 10 %, au pompage de l'eau dans les nappes phréatiques (cette eau se retrouvant en fin de compte dans l'océan). Les 10 % restants sont, pour l'instant, inexpliqués mais très certainement liés aux incertitudes sur les mesures. Pour établir ce bilan au plus juste, il nous faut des observations les plus précises possible. ■■■

“  
Le travail de traitement et de qualification des observations du niveau moyen des mers mené par CLS est fondamental.

\*Portrait Michaël ABLAIN, Quand la mer monte... page 4

\*\*Laboratoire d'Études en Géophysique et Océanographie Spatiale, CNRS

Plus d'informations sur <http://aviso.altimetry.fr/fr/> ou flashez ce QR code





CLS s'est fortement impliquée ces dernières années dans le calcul précis du niveau de la mer à partir des données d'altimétrie spatiale de nombreux satellites.

L'indicateur « niveau de la mer » calculé par CLS est de plus en plus fiable et sans cesse plus précis. Il fait sans doute partie des meilleurs produits disponibles aujourd'hui.

## POURQUOI CET INDICATEUR EST-IL CAPITAL DANS LA GESTION DU CLIMAT ?

La hausse du niveau des océans représente, comme je vous le disais, un indicateur clé du réchauffement climatique actuel. Les séries temporelles de hauteur de la mer établies par CLS permettent en outre de valider les modèles climatiques développés pour simuler les évolutions futures.

## QUEL EST L'AVENIR DU NIVEAU MOYEN DES MERS ?

Si l'on continue d'émettre des gaz à effet de serre (GES) au même rythme qu'aujourd'hui, les modèles climatiques prévoient une élévation du niveau moyen des mers comprise entre 50 cm et 1 m à l'horizon 2100 (par rapport au niveau des années 2000). Dans le cas du scénario optimiste fondé sur une réduction des émissions de GES visant au maintien du réchauffement en deçà de 2 degrés, le niveau moyen des mers s'élèvera tout de même de 40 cm en moyenne (toujours par rapport aux années 2000). Comme aujourd'hui, cette hausse s'accompagnera d'importantes disparités régionales, parmi celles-ci, une amplification de l'ordre de 30 % dans les tropiques est attendue. Les impacts plus ou moins importants toucheront les régions côtières selon les quantités de GES émis par les humains dans les années à venir...

## RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE, DANS L'ORDRE NATUREL DES CHOSSES ?

Pour répondre à cette question Benoît Meyssignac, Docteur au LEGOS\*\* utilise les données de hauteur de mer calculées et qualifiées par CLS.

Ce chercheur utilise les variations du niveau de la mer pour estimer le déséquilibre énergétique de la planète provoqué par le changement climatique. Dans son bilan, Benoît Meyssignac, spécialisé dans l'étude du climat, montre que ce déséquilibre énergétique se traduit par un excédent de chaleur accumulé par la Terre au cours des dernières décennies qui est due très largement à l'activité humaine et non pas à la variabilité naturelle du climat.



**Benoît Meyssignac**, Docteur au LEGOS\*\*

## AVIS AUX SCEPTIQUES

**Selon les scientifiques, d'ici la fin de notre siècle, de nombreuses îles auront disparu, entraînant l'exode de leurs populations. À ceux qui osent encore douter des mesures du niveau moyen des mers, les ingénieurs de CLS répondent avec aplomb qu'il n'y a aucun doute possible. Depuis 1992, le niveau moyen des mers croît. En moyenne, ce niveau s'est élevé de 3,3 mm/an et la précision de ce chiffre atteint un demi mm (+ ou- 0,5 mm/an près).**

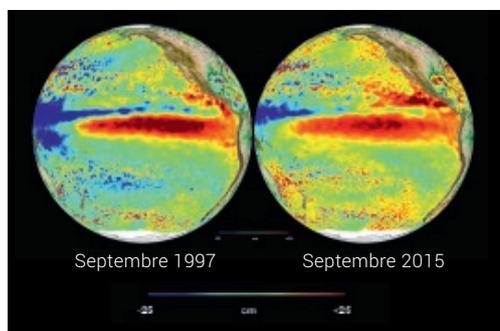


CLS traite, calibre et distribue à la communauté scientifique internationale les données de plus de 6 000 balises océanographiques.  
© CLS

## EL NIÑO, RETOUR DE L'ENFANT TERRIBLE

Depuis 1997, El Niño n'était pas réapparu avec autant d'intensité.

Ce courant saisonnier équatorial tient son nom d'un phénomène très particulier. Peu avant Noël, date anniversaire de la naissance de l'enfant Jésus (El Niño), un courant chaud fait littéralement disparaître les poissons des eaux péruviennes. El Niño est un phénomène océanique à grande échelle du Pacifique équatorial, affectant le régime des vents, la température de la mer et les précipitations. Vinca Rosmorduc, ingénieur à la Direction de l'océanographie spatiale de CLS, témoigne de cet épisode 2015 : « On le voit très clairement sur nos cartes. L'élévation de la température de l'eau provoque sa dilatation et donc l'augmentation du niveau de la mer. Et c'est cela que nous observons à CLS. Grâce à ces observations, on peut suivre très clairement le phénomène d'El Niño. Sur les cartes de septembre, on peut déjà observer que les eaux chaudes d'El Niño sont plus élevées qu'en 1997. Mesurer l'intensité de ce phénomène est important car il amène la sécheresse en Indonésie (incendie) et des précipitations en Amérique du Sud (inondations, glissements de terrain). Plus ce phénomène sera marqué, plus ses conséquences auront d'impact sur les populations. CLS tient toutes ces informations disponibles gratuitement pour tous les acteurs internationaux de la gestion des risques sur le site du CNES : [avis0 +](#). Une chose est certaine, cet épisode 2015 représente un événement climatique majeur du XXI<sup>e</sup> siècle. »



**El Niño 1997-2015 :** sur ces cartes on peut déjà constater que la surface étendue des eaux chaudes en 2015 est plus élevée qu'en 1997. L'épisode 2015 s'inscrit déjà comme l'un des événements climatiques du siècle.  
© AVISO/CNES/CLS

## ARGO, LE THERMOMÈTRE PLANÉTAIRE

L'Océan peut stocker 1 000 fois plus de chaleur que l'atmosphère. Le réseau de flotteurs sous-marin ARGO mesure la température et la salinité de la surface des océans sur ses 2 000 premiers mètres. Ce réseau unique au monde de 3 880 balises autonomes permet de mesurer l'expansion thermique liée au réchauffement climatique de l'Océan. Il représente un complément indispensable aux données d'observations satellitaires. CLS traite les données de 75 % de cette flotte et les transmet aux climatologues du monde entier. Certains flotteurs mesurent déjà la composition chimique de nos océans (oxygène dissous, CO<sub>2</sub>, pH, chlorophylle, azote) pour mieux mesurer l'acidification de nos eaux. Des instruments capables de descendre dans les abîmes et de rapporter des mesures précises de température et de salinité jusqu'à 6 000 mètres sont en cours de développement. Le but : une meilleure compréhension des courants océaniques, une meilleure compréhension de notre climat.

# BIODIVERSITÉ UN ENJEU POUR L'HUMANITÉ

**D'ici à 2050, les populations d'ours polaires seront réduites de trois quarts** sous les effets du réchauffement climatique. 900 ours ont été suivis par ARGOS et CLS depuis 1981.

Avec le réchauffement climatique, en Arctique, la banquise se forme de plus en plus tard. Les ours polaires attendent plus longtemps sur les côtes. Affamés, ils multiplient leurs incursions dans les villages Inuit, fouillent les poubelles, ravagent les décharges, rôdent autour des maisons en quête de nourriture. Ce phénomène étant de plus en plus fréquent, les Inuits pensent que cette espèce n'est pas en déclin. C'est à ce genre de conclusion que l'on peut arriver si l'on n'étudie pas une espèce dans sa globalité, si l'on ne prend pas un peu de hauteur. C'est là que CLS et les satellites entrent en jeu. L'étude des grands migrateurs ou des populations animales, vivant dans des territoires extrêmes, n'est en effet possible que depuis l'espace. En 1978, le CNES, la NASA et la NOAA ont créé le système satellitaire de localisation et de collecte de données environnementales ARGOS. Les données de ce système sont acquises, traitées et transmises à la communauté scientifique internationale depuis CLS. Chaque mois, l'entreprise suit plus de 8 000 animaux. Ils sont plus de 100 000 à avoir été suivis depuis les années 80. État des lieux de l'impact du réchauffement climatique sur la biodiversité vu depuis l'espace.



**George Durner,**  
de l'USGS Alaska Science Center  
© Photos et résultats

<https://www.facebook.com/trackwithargos>



## OURS EN SURSIS

900 ours ont été observés depuis l'espace, plus de 300 ans de suivi ont ainsi été récoltés par CLS.

Bilan : depuis les années 90, les habitats de chasse des ours se sont considérablement modifiés, réduits et éloignés. L'ours pour se nourrir, doit parcourir toujours plus de kilomètres. Dans les années 90, il parcourait quelques centaines de km, aujourd'hui on peut voir des tracés de plus de 1 000 km sur une seule semaine de chasse entraînant

une dépense énergétique considérable.

La répartition des tanières des femelles a elle aussi été modifiée. La qualité de la neige étant moins bonne, les tanières sont moins durables. Toutes ces données ont conduit au classement de l'ours polaire, *ursus maritimus*, en espèce menacée en 2008. Malgré cette mesure, les scientifiques qui utilisent ces données dans leurs modèles de prévision annoncent que d'ici à 2050, les populations d'ours polaires seront réduites de trois quarts passant de 25 000 individus à 5 000.

## TORTUES LUTH : L'EXODE

Déjà menacées par l'homme (occupation des plages de pontes, pêche), les tortues sont maintenant menacées par la hausse des températures de la mer.

La température de l'eau conditionne la zone d'habitat des tortues (26-30 °C). Comment le sait-on ? Grâce aux données Argos collectées sur des femelles équipées de balises ARGOS. Avec les prévisions sur l'évolution de la température de nos océans, les tortues luth du Pacifique devront s'éloigner de l'équateur. Survivront-elles à cet exode ?

### Grâce aux données ARGOS

et aux modèles de dynamique de populations les scientifiques ont démontré que les tortues luth devraient changer d'habitat et migrer. Survivront-elles à cet exode ?





## UNE BALISE PLUS LÉGÈRE QU'UN CENTIME D'EURO

Les oiseaux sont des bio-indicateurs des changements climatiques. Ils migrent et pondent parfois plus tôt que dans le passé, leurs aires de migration, de nourrissage, de reproduction se modifient. Ces découvertes ont été rendues possibles grâce au suivi satellitaire. Avec les progrès de la miniaturisation, la plus petite balise ARGOS solaire devrait bientôt équiper de très petits oiseaux. Plus légère qu'une pièce d'un centime d'euro (2,3 g), elle devrait aider les biologistes à étudier plus de 1 000 nouvelles espèces. Une avancée technologique qui permettra de mieux comprendre l'impact du réchauffement climatique sur la biodiversité.



© Ben Parkhurst

## ARGOS FORUM



Venez découvrir les témoignages de ces acteurs silencieux du climat dans leur intégralité sur notre revue ARGOS FORUM [www.argos-system.org](http://www.argos-system.org) ou flasher notre QR Code CLS-CLIMAT.

## ÉVOLUTION PHÉNOMÉNALE

En Australie, le réchauffement climatique engendre des phénomènes de sécheresse de plus en plus sévères.

Depuis l'agriculture jusqu'aux consommations urbaines, les difficultés de l'approvisionnement en eau se font sentir. Certaines espèces s'en sortent mieux que d'autres. Les échasses à tête blanche font partie des espèces qui devraient s'adapter à leurs nouvelles conditions. Grâce au suivi satellitaire ARGOS, les scientifiques ont découvert que ces oiseaux parcourent des centaines de km la nuit pour rejoindre des zones du pays récemment inondées, où ils se pressent pour créer leur nid et se reproduire. Ces oiseaux sont même capables de sentir la pluie et d'entamer des voyages incroyables ! Un spécimen a parcouru 2 000 km en deux jours pour retrouver un lac salé tout juste inondé ! Pragmatique à l'extrême, pendant des périodes de sécheresse, les échasses restent dans des zones marécageuses près des côtes et attendent que des conditions favorables à la reproduction apparaissent. Mais un mystère subsiste : comment l'échasse devine-t-elle l'arrivée des pluies à plusieurs milliers de kilomètres... Affaire à suivre !

## BIOLOGISTES DU BOUT DU MONDE

Basé à Chizé, dans les Deux-Sèvres, leur véritable terrain d'investigation se trouve à des milliers de km de la France Métropolitaine. Sur ces terres australes françaises et antarctiques que sont l'Archipel des Crozet, des Kerguelen et la Terre Adélie, ces chercheurs du bout du monde étudient une biodiversité régionale unique. Il y a tout d'abord Henri Weimerskirch, directeur de l'équipe « prédateurs marins » du CEBC/CNRS et spécialiste des albatros, Christophe Guinet, l'expert éléphants de mer et Charles-André BOST, alias Charly, l'homme des manchots royaux. À eux 3, ils totalisent près de 400 animaux suivis grâce au système ARGOS. Ensemble, ils ont découvert les effets « positifs » ou négatifs du réchauffement climatique sur ces trois populations endémiques des terres australes.

**HENRI WEIMERSKIRCH** a pu démontrer que l'accélération des vents, effet secondaire du réchauffement climatique, permettrait aux albatros de dépenser moins d'énergie lors de leurs campagnes de pêche. Les oiseaux plus gros sont plus résistants. Ces vents ont également redistribué leurs zones d'alimentation. Ces nouvelles zones, non exploitées, représentent moins de dangers pour les albatros. En effet, les lignes des pêcheurs industriels équipées d'hameçons sont une grande menace pour l'espèce, quand ils doivent se nourrir sur ces zones de pêche.

### CHRISTOPHE GUINET

a découvert, quant à lui, que le réchauffement climatique déplaçait les zones de nourriture des éléphants de mer plus en profondeur. Ces mammifères dépensent donc plus d'énergie et de temps en plongée pour s'alimenter. Conséquence, les femelles accumulent moins de réserve. Elles donnent alors naissance à des petits moins armés pour affronter la vie. Elles les sèvent également dans de moins bonnes conditions. Résultat : des taux de mortalité

qui pourraient atteindre 70 à 90 % dans des conditions océaniques et climatiques défavorables.

### CHARLES-ANDRÉ BOST

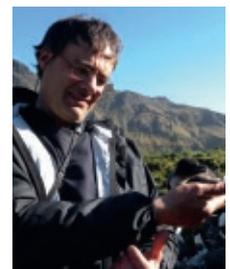
a posé près de 200 balises sur des manchots royaux, et son constat est sans appel : grâce aux données récoltées au travers du système satellitaire Argos, les scientifiques ont pu établir des modèles de prévision qui montrent que si l'homme poursuit son utilisation des énergies fossiles comme il le fait aujourd'hui, les manchots royaux auront disparu dans le nord de leur aire de distribution (Îles Crozet, Marion) d'ici 2100. Cette disparition serait une perte dramatique pour la biodiversité de ces contrées.

Elle entraînerait aussi la suppression d'un maillon de la chaîne alimentaire dont nous sommes incapables de prévoir les conséquences sur l'océan austral. Toutes ces études et ces résultats permettent d'évaluer les effets attendus des changements climatiques sur ces populations mythiques des zones australes.



### Sur l'Archipel des Crozet, des Kerguelen et la terre Adélie,

les chercheurs du CEBC étudient, grâce aux balises ARGOS et à CLS, une biodiversité régionale unique.



En haut, de gauche à droite :

**Christophe Guinet**  
**Charles-André Bost**



Ci-contre :  
**Henri Weimerskirch**

# LIMITONS NOS EMPREINTES CARBONE

En 2015, la COP21, également connue sous le nom de la Conférence sur le Climat à Paris, envisagera d'obtenir, pour la première fois en plus de 20 ans de négociations aux Nations Unies, un accord universel juridiquement contraignant sur le climat. Son but : maintenir le réchauffement climatique en dessous de 2 °C. Pour y arriver une seule solution : diminuer de façon drastique nos émissions de gaz à effets de serre. Une diminution mondiale de 40 % à 70 % d'ici 2050 sera indispensable. L'objectif final : s'approcher du niveau zéro d'ici la fin du siècle. Là encore, les satellites, jouent et joueront un rôle clé, parfaitement légitime, et d'ores et déjà opérationnel. CLS utilise les satellites pour contrôler nos empreintes carbone sur les territoires maritimes. De quelle manière ? En optimisant toute activité humaine : routage maritime, soutien aux énergies vertes, protection de la mangrove, taxe incitative liée à la production de nos déchets.

## Grâce au routage maritime

développé par CLS, 40 tonnes de fuel peuvent être non utilisées sur une liaison maritime transpacifique  
©Istock

## LIMITER LES ÉMISSIONS DE CO2 EN MER

Le trafic maritime international est responsable de 2 % des émissions totales de gaz à effets de serre. Aujourd'hui chaque % d'économisé compte. À partir des données altimétriques temps réel, CLS détecte les tourbillons, déduit la vitesse des courants et détermine la trajectoire la plus favorable. Les navires, grâce à CLS, optimisent ainsi leur rendement. Les gestionnaires de flotte réalisent des économies de carburant. Toute chose allant dans le bon sens quand on sait que l'énergie la moins polluante ou la moins impactante pour le climat est celle non utilisée...

## PROTÉGER LA MANGROVE

Les mangroves, véritable pompe à carbone constituent également un réel rempart contre les impacts du changement climatique (ouragans, tsunamis...). Avec la montée des eaux, elles constituent également un élément clé contre la salinisation des terres. En Indonésie, CLS a livré INDESO : un centre opérationnel d'océanographie spatiale capable de recevoir des images satellites optiques haute résolution. Ces informations permettent à l'Indonésie d'établir des cartographies de la mangrove et de suivre son état de santé jour après jour.



## La mangrove est un puits de carbone

et une barrière anti-tsunamis, depuis l'espace on peut l'observer, cartographier son étendue, son état de santé et mieux la protéger.

©Istock



## JETEZ MOINS, C'EST BON POUR LA PLANÈTE C'EST BON POUR VOTRE PORTE-MONNAIE

Pour limiter notre production de CO<sub>2</sub>, produire moins de déchets, on le sait, est capital.

Ce que l'on sait peut-être moins, c'est que CLS, à travers sa filiale NOVACOM SERVICES, a mis au point une solution de traçabilité globale des déchets ménagers. Une puce électronique équipe les containers poubelles. Les camions dotés d'une antenne de réception directe collectent les données de type : position, adresse, volume, et pesée éventuelle émises par la puce. À ce stade-là, l'intérêt est double : une facturation modulée en fonction du poids de déchets produit ! C'est la redevance incitative qui pousse à plus recycler pour payer moins. Et une réduction de la consommation en carburant et du CO<sub>2</sub> produit. En maîtrisant le ratio tonnes/kilomètre, il devient possible de redessiner les parcours et de réduire les fréquences. Les camions roulent moins, les déchets sont davantage recyclés.



### Cartographier la production des déchets de chaque foyer par satellite :

une solution pour accompagner les collectivités dans la mise en place de mesures incitatives au tri sélectif. ©Istock



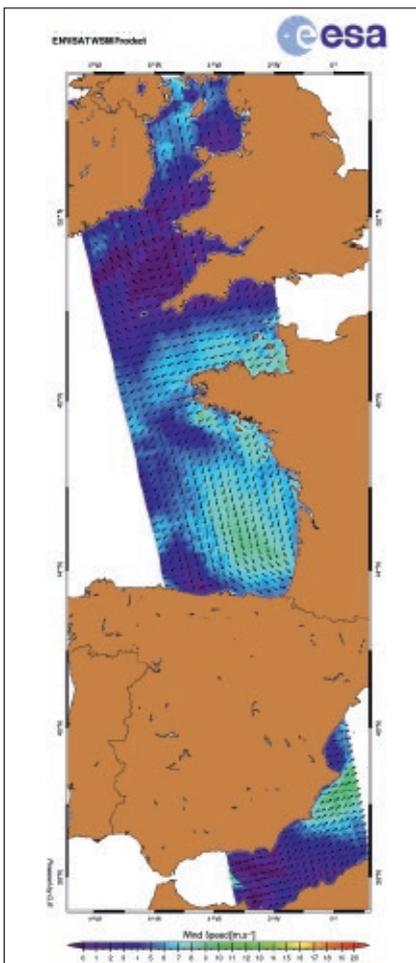
### VIGISAT est une station de réception directe et d'analyse d'images satellites opérée par CLS.

Grâce à l'imagerie radar satellitaire et l'expertise de CLS, VIGISAT offre les meilleurs services de surveillance et d'observation de l'océan.

## OPTIMISER LES ÉNERGIES VERTES

Les données des satellites radar acquises par la station de réception VIGISAT, basée à Brest, permettent aux experts en imagerie de CLS de calculer les champs de vent. Vincent Kerbaol, directeur des applications radar à CLS précise : « L'utilisation des images radar est très importante pour l'étude du vent en mer. À CLS, nous mesurons l'invisible : la direction du vent, sa force, le tout en très haute résolution. Ceci permet aux industriels du secteur de valider le potentiel de ressource énergétique sur un site, d'établir des implantations optimales de champs éoliens offshore en dimensionnant de la façon la plus adéquate qui soit les équipements (pales, mats, etc.). Et quand il s'agit d'investissements aussi onéreux, la notion de maintenance est capitale. »

De l'autre côté de l'Atlantique, la connaissance du positionnement précis des grandes structures dynamiques de courant (tourbillons, loop current) garantit la sécurité des hommes et du matériel lors des interventions (installation, maintenance) sur les champs éoliens offshore du Golfe du Mexique. La fourniture de tels services s'inscrit dans une démarche d'accompagnement des énergies vertes. C'est Horizon Marine, la filiale américaine du groupe CLS qui fournit ces prévisions. L'entreprise surveille les tourbillons les plus menaçants pour les hommes et les infrastructures. Des solutions indispensables car en haute mer, un seul instrument reste valable : le satellite.



### Sur les images radar traitées par CLS,

on peut obtenir la direction du vent et sa force en très haute résolution. ©CLS/ESA



### Grâce aux images radar satellitaires, CLS peut voir l'invisible :

le vent et soutenir les filières éoliennes.



# L'EXTRÊME GÉRÉ DEPUIS L'ESPACE

## RÉFUGIÉS CLIMATIQUES

**T**yphons, cyclones, tsunamis... ces mots reviennent à nos oreilles d'Occidentaux, pendant que pour d'autres, ils constituent une réalité contre laquelle il est difficile d'avoir le dernier mot. Les organisations comme l'UNHCR (l'Agence des Nations Unies pour les réfugiés) ou la Croix Rouge sont en première ligne. Comment déployer les moyens d'aide d'urgence le plus efficacement possible ? La filiale de CLS, NOVACOM SERVICES géolocalise les flottes de ces organismes qui œuvrent en première ligne pour le secours du plus grand nombre.



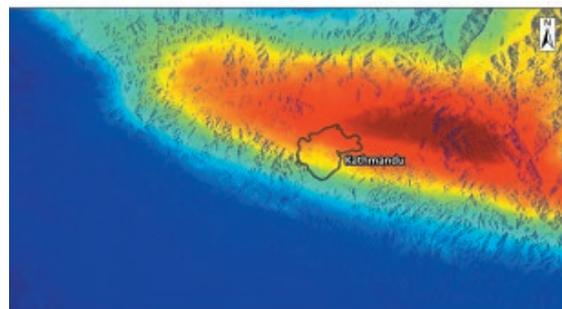
**NOVACOM SERVICES**, filiale de CLS, équipe plus de 1 500 véhicules humanitaires dans le monde. ©UN

Jean Muller, responsable des applications humanitaires chez NOVACOM SERVICES témoigne : « La confiance que ces organismes ont accordée à NOVACOM SERVICES est la mise en œuvre d'une coopération rapprochée et quotidienne. Au travers du projet Humanav Next, nous allons consolider et légitimer notre présence dans le monde de l'humanitaire. » En apportant son aide à travers ses solutions aux populations sinistrées, CLS et sa filiale, se positionnent en tant qu'acteurs incontournables dans le cadre de situations « climatiques » extrêmes.

**L'actualité nous le rappelle régulièrement, les situations climatiques extrêmes deviennent tristement fréquentes. Phénomènes météorologiques violents, tremblements de terres cataclysmiques, migration des réfugiés climatiques, comment faire face ? Les solutions satellitaires d'alerte cyclonique ou encore de gestion de flotte d'aide d'urgence développées par CLS et déployées dans le monde entier sont opérationnelles au quotidien. Retour sur des théâtres d'opérations extrêmes.**

### TREMBLEMENTS DE TERRE

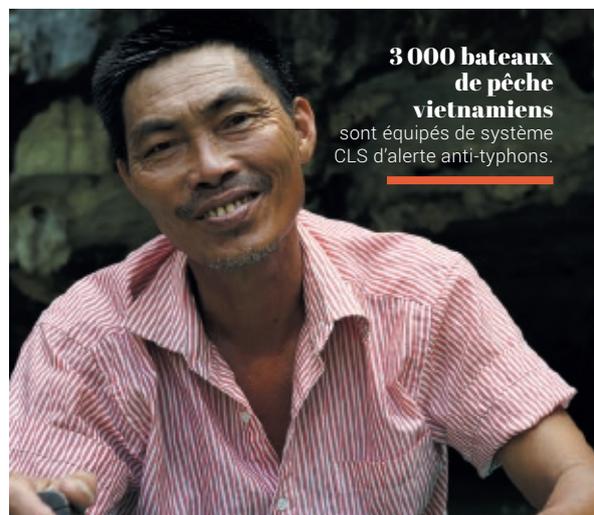
Les moussons sont plus fortes, les plaques tectoniques subissent en des temps record des pressions phénoménales. Des tremblements de terre créés par le mouvement des plaques, ont une occurrence de plus en plus importante. La réponse d'ALTAMIRA INFORMATION filiale de CLS : fournir des cartes de terrain et apporter son expertise dans l'interprétation des données des zones concernées, issues de satellites radar. En permettant de dimensionner les mouvements du sol, en mettant en lumière les différences avant/après phénomène, ALTAMIRA permet l'accompagnement des secours, pointe du doigt les zones susceptibles de répliquer... Un soutien pour les acteurs à l'œuvre sur le terrain lors de catastrophes climatiques.



**Carte de mouvement du sol générée par ALTAMIRA INFORMATION** suite au tremblement de terre survenu au Népal en avril dernier.

### TYPHONS

En 2006, le cyclone Chanchu fut dévastateur pour de nombreux pêcheurs à qui il arrachât la vie. Les Vietnamiens ont décidé de réagir et de s'équiper d'une solution fournie par CLS : Movimar. Cette technologie de pointe couple un système de surveillance des pêches à un autre d'envoi d'alertes cycloniques par satellite. Trois centres de surveillance installés au Vietnam sont les vigies des bateaux et de leur environnement climatique. En cas de réception d'alerte cyclonique, les équipages peuvent alors s'éloigner avant que l'étau de la dépression grandissante se resserre.



**3 000 bateaux de pêche vietnamiens** sont équipés de système CLS d'alerte anti-typhons.

# LE DÉFI DE L'EAU



## UNE GESTION SATELLITAIRE S'IMPOSERA

Selon le rapport du GIEC, « *La part de la population mondiale confronté à des pénuries d'eau ou affectée par d'importantes inondations va s'accroître avec le niveau du réchauffement au XXI<sup>e</sup> siècle* ». Cette raréfaction des ressources en eau douce devrait principalement toucher les pays de l'hémisphère Sud. Quant aux pays de l'hémisphère Nord, ils devraient connaître des épisodes d'inondations plus réguliers et plus dévastateurs.

## COMMENT GÉRER AU MIEUX CES NOUVELLES CONDITIONS ?

Les satellites et CLS peuvent apporter des solutions en termes de gestion des ressources en eau, de stress hydrique ou d'événements météorologiques extrêmes. L'entreprise toulousaine a la capacité et la volonté de combiner différents types de données : spatiales, in situ, modèles. Des solutions qui devraient se révéler indispensables pour une gestion globale et juste des ressources en eau. Ces solutions permettront de prévoir et de surveiller les réseaux fluviaux. Les contrôles de l'état des ressources seront alors possibles à un niveau régional. Grâce à ces outils spatiaux, les autorités seront en mesure de suivre l'intrusion des eaux salées dans les estuaires. Une information capitale pour lutter contre la salinisation des terres agricoles côtières.

Stéphanie Limouzin, directeur de l'océanographie spatiale à CLS, nous en dit plus : « *Nous nous préparons depuis plusieurs années au déploiement de solutions satellitaires de gestion durable de nos ressources en eau. Grâce aux satellites et à son expertise en altimétrie (mesure de la hauteur des eaux), nous suivons d'ores et déjà le niveau et la surface des grands fleuves*



**Depuis 2013**, CLS au travers de sa filiale ALTAMIRA INFORMATION cartographie et délimite les zones inondées par l'Adour sur la ville de Dax grâce aux satellites et à son expertise en imagerie radar. © CLS/ALTAMIRA INFORMATION/DAX

*comme l'Amazone, le fleuve Congo ou encore le Maroni. Nous sommes capables lors d'une crue, de surveiller le niveau d'eau pour anticiper l'inondation d'infrastructures situées plus en aval. Nos solutions permettent une surveillance à distance et globale des réservoirs d'eau douce : surfaces, niveaux et volumes. Pouvoir de la technologie, cette supervision concerne tout autant les réservoirs situés*

*en surface que l'impact de l'exploitation des réserves souterraines aquifères. Grâce à nos filiales ALTAMIRA INFORMATION et TRE, respectivement basées à Barcelone et à Milan, nous mesurons, depuis les satellites, les mouvements millimétriques du sol. Une information capitale qui nous renseigne sur les réseaux sous-terrains et qui permet de surveiller la subsidence des deltas. »*

“  
CLS, leader mondial en altimétrie mettra naturellement ses 30 ans d'expérience dans la surveillance des océans au service d'une gestion durable des ressources en eau.

# NOUVELLES TECHNO ET CLIMAT

Réchauffement climatique, la compréhension et la lutte contre ce nouveau phénomène et ses conséquences ne pourra passer que par l'innovation technologique et le développement de solutions high-tech. Ces outils devront être capables de rendre compte du phénomène dans sa globalité. CLS est au service du climat. Jour après jour, elle consacre toutes ses forces d'innovation, de recherche et de développement pour une surveillance environnementale la plus précise qui soit. Des recommandations faites aux agences internationales pour améliorer les capacités des satellites, aux innovations apportées aux nouvelles chaînes de traitement des données satellitaires en passant par le développement de nouvelles balises plus robustes, plus adaptées, plus performantes, CLS s'est engagée sur ce chemin, il y a 30 ans maintenant. Les progrès réalisés et les solutions que les ingénieurs ont su trouver face aux contraintes budgétaires et techniques pour lutter contre le réchauffement climatique font partie des défis quotidiens de l'entreprise toulousaine. Tour d'horizon des projets technologiques ambitieux dans lesquels CLS s'investit.



## Ce minuscule composant

va permettre d'élargir les recherches scientifiques menées grâce aux satellites Argos sur de très petites espèces d'animaux. © CLS

## MINIATURISATION

Le réchauffement climatique impactera sans aucun doute possible la biodiversité (cf. Biodiversité, un enjeu pour l'humanité page 10). C'est pourquoi il est capital de développer des balises toujours plus performantes adaptées au suivi du plus grand nombre d'espèces. Dans cette optique, CLS a été missionnée par l'ESA, programme SHARC, pour associer la miniaturisation à l'ensemble des dernières avancées technologiques du système de localisation et de collecte de données environnementales ARGOS. Ses atouts : faible consommation, coût bas et transmission efficace. Depuis maintenant 3 ans, CLS avec un consortium européen planche sur un émetteur/récepteur ARGOS de quatrième génération (haut débit, bi-directionnalité, miniature). Prénommé ARTIC (Argos Transceiver Integrated

Chipset), il pèse moins d'1 gramme et ne mesure que 7x7mm. « *Ce minuscule composant va permettre d'élargir les recherches scientifiques menées grâce aux satellites Argos sur de très petites espèces d'animaux.* » précise Michel Guigue, ingénieur à CLS. Il succède à un émetteur de 160 g de la taille d'un paquet de cigarette. Une technologie sans précédent qui sera intégrée pour sa première application dans un tag de suivi d'animaux marins. Déploiement prévu, fin 2015, en partenariat avec des équipes du WWF.

## SWOT : UNE PETITE RÉVOLUTION DANS LE SPATIAL

Le satellite SWOT (Surface Water Ocean Topography) est envisagé pour 2020 avec pour principal objectif de répondre aux besoins en données hydrologiques et océanographiques. Cette mission permettra de mesurer avec précision les hauteurs d'eau des fleuves, des lacs

et des zones inondées mais également d'améliorer l'observation des espaces côtiers. La collecte et le traitement de ces données spatiales permettra à CLS de distribuer des informations qualifiées avec précision sur les stocks d'eau disponibles. Une information primordiale lorsqu'on sait que la planète pourrait faire face à un déficit global d'eau potable de 40 % d'ici 2030. L'altimétrie interférométrique est une petite révolution en soi dans le domaine de l'océanographie spatiale, elle permet de fournir des images en très haute résolution sur quelques centaines de mètres. SWOT permettra ainsi de collecter des données à l'échelle de la planète. Un atout, pour les zones où il n'était possible de collecter des données que périodiquement ou pour les zones inaccessibles. Des applications concrètes pourront ainsi être déployées à grande échelle : topographie par imagerie/interférométrie de zones côtières, mesure des niveaux d'eau des grands fleuves par radar altimétrique, etc.

## Le satellite SWOT permettra de mesurer avec précision les hauteurs d'eau des fleuves, des lacs et des zones inondées mais également d'améliorer l'observation des espaces côtiers. CLS se prépare à recevoir son signal.



### SWOT,

ce satellite attendu pour 2020 devrait révolutionner l'hydrologie. CLS travaille d'ores et déjà pour être capable de traiter, qualifier et valoriser ses données... © CNES



**CLS a développé des drones (super) connectés** pour détecter les émissions nocives pour la planète.

## DRONES SATELLITAIRES, SENTINELLES CLIMATIQUES

CLS a développé et adapté ces nouvelles technologies que sont les drones à la surveillance environnementale.

### DRONES SOUS-MARINS

Brice ROBERT, ingénieur à CLS, nous présente l'utilité de ces nouvelles technologies : « Depuis plusieurs années, nous utilisons des drones sous-marins : des gliders. Ils nous permettent d'évaluer les quantités de CO<sub>2</sub>, de plancton et d'éventuelles fuites d'hydrocarbures présentes dans l'eau. Nous sommes ainsi capables de mesurer les effets du réchauffement climatique, l'acidification des océans et la pollution dans des zones précises de la planète. »

Par ailleurs, Mauricio Fragoso, océanographe chez PROOCEANO, filiale brésilienne du groupe CLS, précise : « Pilotés depuis la Terre, depuis Rio où nous sommes basés, nos drones sous-marins peuvent rester des mois dans l'océan et multiplier

*les plongées pour des missions jusque-là inédites. Nous coopérons avec des organismes de recherche internationaux qui utilisent ces drones dont nous récoltons les données par satellites. Ces instruments de dernière génération nous livrent des informations précieuses sur l'environnement marin : hauteur des vagues, vitesse du vent, intensité des courants, température de la surface et du fond des océans. Autant d'informations qui vont nourrir les modèles climatiques. »*

### DRONES ATMOSPHERIQUES

Des réglementations sur la limitation des gaz à effets de serre existent déjà. CLS développe des solutions innovantes pour accompagner les autorités dans le contrôle de ces réglementations. Afin de réduire les polluants néfastes pour le

climat et la santé (ici oxyde d'azote et oxyde de soufre) en Mer du Nord, Mer Baltique mais aussi aux USA, l'IMO (Organisation Maritime Internationale) a imposé, depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2015, de diviser par 10 la quantité maximale de soufre contenue dans les carburants marins autorisés.

Comment vérifier que les navires respectent la réglementation au large des côtes ? Pierre Debusschere, ingénieur en localisation et collecte de données à CLS et Jean-Jacques Valette, ingénieur système spatiaux à CLS, proposent une solution en domaine côtier. Des (super) drones, connectés par satellites, capables de contrôler les émissions polluantes des bateaux eux-mêmes localisés par satellites. Ainsi, toute utilisation de carburant polluant peut être détectée à distance et en temps réel pour donner aux autorités compétentes les moyens de faire appliquer les normes en vigueur. C'est dans le cadre du projet européen STEAM, sur financement ESA, que cette solution sera testée en 2016 avec des essais en mer.

**Plage des Antilles** souillée par des bancs de sargasses. CLS les cartographie aujourd'hui pour que ces algues soient collectées en amont.



## SARGASSES DROIT DEVANT !

**Depuis 2011, des algues brunes, dénommées sargasses, viennent s'échouer en masse sur les côtes des Caraïbes et d'Amérique du Sud.**

En se décomposant, elles dégagent de l'hydrogène sulfuré, un gaz nauséabond (odeur d'œuf pourri), voire nocif pour l'homme à haute dose. Face à ce fléau, le CNES a missionné CLS pour la mise en œuvre d'une solution de surveillance opérationnelle par satellite. Celle-ci est basée sur une détection multi-satellite (radar et optique) ainsi que sur un modèle de dérive. L'apport de la technologie radar est majeur, puisque ce capteur est capable de voir de jour comme de nuit, indépendamment du couvert nuageux. Et ce sont les scientifiques de CLS, comme Romain Husson, qui ont mis en évidence la signature des sargasses dans les images radar. Aujourd'hui, CLS cartographie la présence de ces algues au large du littoral. Cette information est essentielle pour le support aux opérations de collecte et pour d'autres acteurs frappés par le phénomène. Un phénomène que l'on pourrait associer au réchauffement climatique puisqu'il est probable que l'élévation de la température de l'eau soit un des facteurs qui contribue à la prolifération de cette algue.

**Une base de données inégalée**

CLS opère quotidiennement 40 systèmes satellitaires qui embarquent à leur bord près de 80 instruments utilisés par CLS pour la surveillance environnementale, la gestion durable des ressources marines et la sécurité maritime.

# FILIÈRES D'EXCELLENCE

La COP21 a déjà réussi un premier objectif : celui de mettre en lumière le travail quotidien du secteur spatial dans les enjeux et les questions liés au changement climatique. CLS est aujourd'hui un acteur incontournable dans ces domaines et a souhaité sortir de sa réserve habituelle. Depuis 30 ans, en aval des missions spatiales, les données altimétriques sont traitées par des équipes de chercheurs et ingénieurs afin de les diffuser dans le cadre de projets internationaux tel que le programme européen Copernicus. La combinaison des services de CLS permet d'élaborer un ensemble détaillé de données sur l'océan. Ces données utilisées par des organismes internationaux ont des applications diverses : prévision des changements climatiques, suivi de pollutions accidentelles, gestion des ressources halieutiques, aménagement raisonné du littoral, support à l'exploitation des énergies en haute mer... Retour sur les domaines d'excellence de CLS.

## CLS EXPERT NIVEAU DE LA MER

CLS acquiert, traite, valide et qualifie les données d'altimétrie (hauteur du niveau des mers) depuis la première mission altimétrique TOPEX-POSEIDON.

L'entreprise a ainsi utilisé les données des satellites océanographiques JASON-1 & 2, ERS-1 & 2, SARAL, HY-2A, ENVISAT, CRYOSAT-2 et dans un avenir plus ou moins lointain elle s'est préparée et/ou se prépare à recevoir et à traiter les satellites SENTINEL-3A, Jason-3 et SWOT.

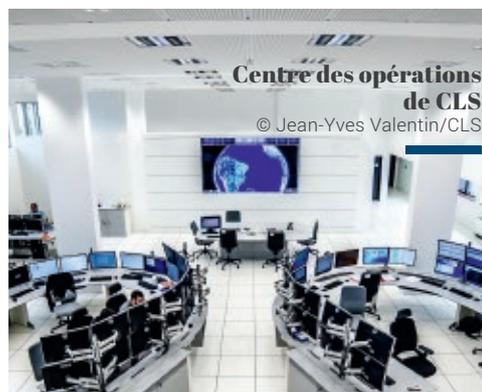
Une compétence reconnue au sein de grands projets européens : MERSEA, MY OCEAN, CLIMATE CHANGE INITIATIVE ou encore MARINE SERVICE COPERNICUS.

Un savoir-faire unique au monde, des informations capitales avec une précision sans égal.



## 30 ANS DE COLLECTE DE DONNÉES PAR SATELLITES

CLS, opérateur exclusif du système de localisation et de collecte de données ARGOS accompagne les scientifiques du monde entier : biologistes, océanographes, climatologues dans l'étude et la protection de la planète. Les données de centaines de milliers de balises déployées sur des animaux, des bouées océanographiques, des flotteurs sous-marins, ont livré grâce à CLS des informations clé sur l'état de santé de la planète. Le centre de traitement de données de CLS livre ces bulletins au monde entier H24, 365j/an.



12 000 000  
celéstiens traités par jour



10 000  
Images radar



200 000  
bateaux suivis



80 000  
véhicules suivis



600  
collaborateurs



30 ans  
d'expérience

# CHIFFRES CLÉ CLIMAT ET CLS : MESURER, LIMITER, S'ADAPTER



12 000 000  
positions traitées par jour



80  
Antennes  
Argos  
opérées



1 000  
Nouvelles espèces  
suivies grâce à la balise  
Argos 2.2 g



900  
Ours polaires  
suivis depuis 1981



6 000  
Balises océanographiques  
envoient leurs données  
(température, salinité, courants, etc.)  
à CLS chaque jour.



5 000 Images radar  
analysées chaque année  
pour détecter les bateaux  
de pêche illégaux

3 500  
Camions poubelles  
suivis par la filiale de CLS,  
NOVACOM SERVICES



100 000  
animaux suivis depuis  
la création d'Argos en 1978

3 000  
bateaux de pêche  
vietnamiens  
équipés de systèmes  
CLS d'alerte anti-typhon



3  
Depuis 3 ans, CLS cartographie  
et délimite les zones inondées  
par l'Adour sur la ville de Dax  
grâce aux satellites et à son  
expertise en imagerie radar.

1 modèle unique développé  
par CLS pour prévoir l'évolution  
des populations marines en fonction  
du réchauffement climatique : SEAPODYM



120 passages satellites  
seront analysés par CLS  
pour lutter contre l'arrivée  
massive d'algues sur les plages.



40 tonnes de fuel économisées sur une liaison maritime  
transpacifique grâce au routage maritime développé par CLS.

## PERSPECTIVES



50 cm à 1 m  
Hausse du niveau moyen  
des mers d'ici 2100

3,3 mm/an  
Augmentation du niveau  
moyen des mers



5 000  
ours polaires devraient  
peupler les territoires  
arctiques en 2050 contre  
25 000  
aujourd'hui



30 %  
Des déchets seront  
réduits grâce à la redevance  
incitative



1 poisson  
sur 4  
est pêché  
illégalement  
fragilisant les  
ressources marines  
face aux  
conséquences du  
réchauffement  
climatique qu'elles  
devront affronter

“

**Les données satellitaires ont révolutionné l'étude du climat, il faut maintenir ces systèmes d'observation afin d'assurer notre avenir.**

Jean JOUZEL, climatologue,  
membre du groupe d'experts intergouvernemental  
sur l'évolution du climat.