



## Exemple concret de suivis d'éléphants de mer.

PAGE 1 : Introduction

PAGE 2 : Observer les déplacements d'éléphants de mer avec Argonautica

PAGES 3 et 4 : Trajets des éléphants de mer, questionnements et hypothèses

PAGES 5 à 14: Déplacements, biologie des éléphants de mer et environnement : mises en relation

PAGES 14 à 17: Annexes

### Introduction

Les déplacements des éléphants de mer ont été précisés grâce à de nombreuses campagnes de déploiements de balises satellites depuis 2004.

Argonautica met à disposition des classes **des données actualisées toutes les semaines** (localisations des éléphants de mer et cartes environnementales associées) ainsi que les **données des ans passés** pour développer en classe un projet autour du suivi d'éléphants de mer par satellites.

La fréquence importante des données permet de réaliser une étude très **précise** des déplacements (calculs et analyses de vitesses...) mais également plus **globale** avec des mises en relation avec les facteurs environnementaux (vents, courants marins,...).

Ce document montre comment développer une **démarche d'investigation** attrayante autour du suivi d'éléphants de mer par satellites avec Argonautica, en intégrant de nombreuses notions des programmes scolaires et ouvrant sur des thèmes connexes variés (Étapes de la démarche à lire sur la fiche « Démarche d'investigation avec le suivi des éléphants de mer»). Il est structuré en 3 grandes parties :

#### 1- Observer les déplacements des éléphants de mer avec Argonautica

Présente comment observer les positions et trajets d'éléphants de mer en « direct » ou archivés à partir d'Argonautica sur le site du CNES.

#### 2- Trajets des éléphants de mer, questionnements et hypothèses

Pour découvrir comment amorcer une démarche d'investigation en classe à partir de l'étude du déplacement des éléphants de mer.

#### 3- Déplacements, biologie des éléphants de mer et environnement : mises en relation

Cette dernière partie illustre comment les mises en relation entre trajets des éléphants de mer, cartes de paramètres environnementaux et biologie de l'espèce permettent d'approfondir nos connaissances... et d'ouvrir de nouvelles pistes de recherches.

## 1- Observer les déplacements des éléphants de mer avec Argonautica

**Matériel :** Ordinateurs avec liaison internet, google earth installé si possible.

**Accès et utilisation du site d'Argonautica :**

Cf. fiche élève en annexe page 14

**Données fournies :**

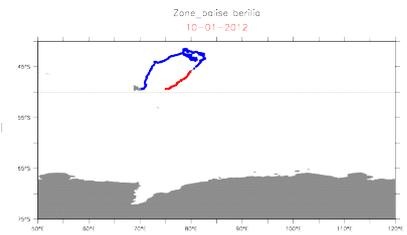
Le site Argonautica fournit les positions semaine par semaine des animaux suivis et les cartes satellites environnementales associées.

Argonautica permet le suivi « en direct » des éléphants de mer suivis cette année mais également l'accès aux données des suivis des années antérieures.

L'observation des positions et déplacements des éléphants de mer peut se faire :

- soit **directement sur les cartes de position** : En rouge les déplacements effectués la dernière semaine, en bleu les déplacements précédents.

Afficher les cartes



**Exemple : Trajet de l'éléphant de mer « Bérilia ».**  
En rouge le trajet de la semaine du 12/01/2012, en bleu les semaines antérieures.

- soit **à partir des tableaux de position**, en reportant les positions sur une carte de la « zone balise » :

Afficher les positions

Afficher les cartes

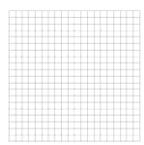
**Tableaux des positions du 2014/02/05**

Manchot royal "Leloki"  
Données du 2014/02/11

[Télécharger le fichier des positions ci-dessous](#)  
[Télécharger le fichier de toutes les positions](#)

num	cl.	date	h.	lat.	lon.
-	-	yyyy/mm/dd	hh:mm	deg.	deg.
0133697	1	2014/02/05	00:54	-48.952	51.477
0133697	B	2014/02/05	13:07	-48.583	51.728
0133697	B	2014/02/05	13:41	-48.551	51.668
0133697	0	2014/02/05	14:45	-48.516	51.692
0133697	0	2014/02/05	15:19	-48.499	51.692

Récupérer la carte vierge de la zone fréquentée par l'éléphant de mer :



ou utiliser les fonds de cartes en annexe pages 13 et 14 pour Crozet et pour Kerguelen.

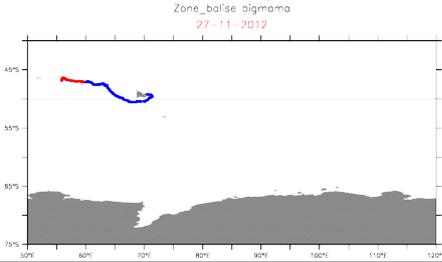
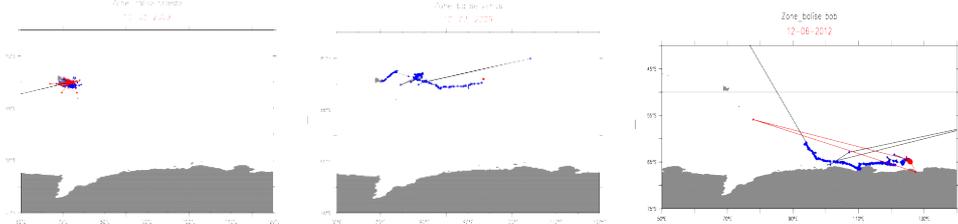
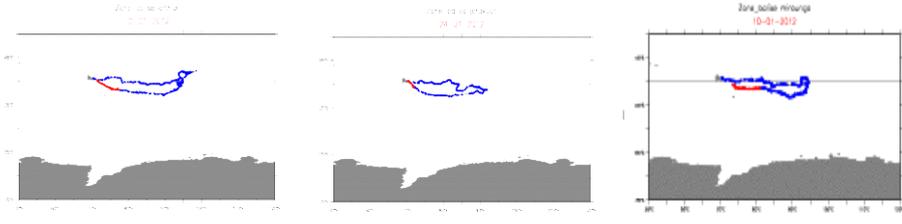
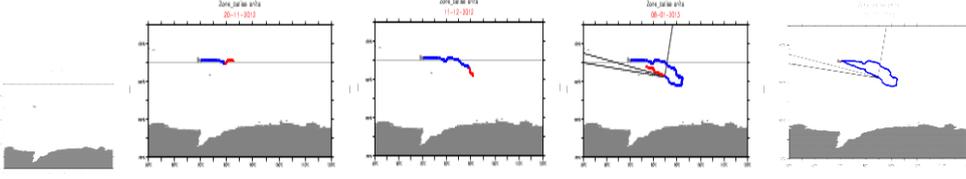
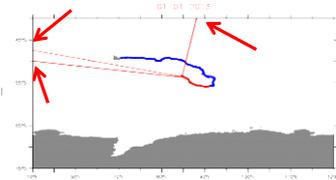
Reportez les positions de l'éléphant de mer indiquées par le tableau des positions (parallèles et méridiens)

En vous inscrivant à Argonautica, vous pourrez également demander l'envoi d'une carte en grand format et en couleur pour afficher en classe.

**Autres données fournies :** Dans la rubrique « afficher les cartes » se trouvent toutes les données environnementales : carte des températures, des courants, ...permettant l'investigation.

## 2-Trajets des éléphants de mer, questionnements et hypothèses

La découverte de cartes fournies par Argonautica soulève rapidement de nombreuses questions pour les élèves. Quelques exemples de questions issues de la découverte des trajets d'éléphants de mer :

EXEMPLES DE CARTES OBSERVEES	Questions
<p>Carte du trajet d'un éléphant de mer (exemple : trajet entre le 30/10/2012 et le 27/11/2012 de l'éléphant de mer nommé Bigmama) :</p> 	<p><i>Où est Bigmama ? Comment se repérer sur la carte ? Comment et pourquoi se déplace-t-il/elle ? Pourquoi Bigmama fait un trajet vers la gauche ? Quelle distance a-t-il/elle parcouru et à quelle vitesse va-t-il/elle ?</i></p>
<p>Cartes de trajets très différents : exemples de 3 éléphants de mer Céleste, Vénus et Bob, trajets effectués en 2 mois :</p> 	<p>Un éléphant de mer reste au même endroit, l'autre s'éloigne vers l'Est, l'autre vers le sud ... <i>Pourquoi ces différences de trajectoire ? Quels sont les trajets des éléphants de mer en général ?</i></p>
<p>Cartes de trajets similaires : exemple de 3 éléphants de mer : Arthur, Jerakeen, Mirounga, trajets du 25/10/2011 à mi janvier 2012</p> 	<p>Des trajets similaires sont observables chez de nombreux éléphants de mer... <i>Pourquoi ces boucles ? Qu'est ce qui « guide » les éléphants de mer dans leurs déplacements ?</i></p>
<p>Suivi de l'éléphant de mer « Anita » entre le 30 octobre 2012 et le 5 février 2013 :</p>  <p>du 30 octobre ... <span style="float: right;">... au 5 février.</span></p>	<p>En quatre mois, Anita a fait un trajet en boucle. <i>A quoi correspond ce trajet « en boucle » ? Quel est le point où revient Anita au bout de 4 mois ?</i></p>
<p>Positions de l'éléphant de mer « Anita » de la semaine du 1<sup>er</sup> janvier 2013 :</p> 	<p>Certaines positions (fléchées en rouge) sont très éloignées de la trajectoire globale. <i>A quoi correspondent ces positions éloignées ? Des déplacements rapides ?</i></p>

Ces découvertes permettent ainsi de sérier des problématiques et proposer des hypothèses :

Problématiques	Questions à résoudre	Hypothèses
<b>Où</b> vivent les éléphants de mer?	Où se déplacent les éléphants de mer ? Quelles sont les zones grisées sur les cartes ? Quelles sont les caractéristiques des zones fréquentées ?	Sur terre, dans l'eau, sur la banquise ? Les zones grisées sont des terres, de l'océan ? Milieu froid ? Chaud ?
<b>Pourquoi</b> partent-ils du même endroit?	Comment est cette zone où les éléphants de mer reviennent ? Qu'y font les éléphants de mer?	C'est l'endroit où les scientifiques les ont équipés...à partir d'un bateau ? Il y a une île ? Il y a leur famille, c'est l'endroit où ils sont nés, ils s'y reposent, s'y réchauffent, s'y nourrissent...
<b>Quels</b> sont leurs trajets ? <b>Pourquoi</b> certains vont au Sud, d'autres vers l'Est ou encore à l'Ouest ?	Comment s'organise la vie des éléphants de mer ? Qu'est ce qui « induit » leurs déplacements ?	Leur trajet dépend de leur île de départ. Ou du vent ? Du courant ? Ou ils se suivent les uns les autres. Ils vont chercher des choses différentes en fonction des endroits. Ils découvrent leur région.
<b>Pourquoi</b> les éléphants de mer se déplacent-ils ?  <b>Comment</b> se déplacent-ils ?	Comment vivent-ils : Comment se nourrissent-ils ? Vivent-ils en groupe ? Quels sont leurs prédateurs? Quand et où se reproduisent-ils ? Ont-ils des « pattes » ? Est-ce qu'ils peuvent marcher ? Nager ? Comment sont leurs membres antérieurs et postérieurs ? Nagent-ils le jour ou la nuit ? Combien de temps restent-ils à Terre, dans l'eau ?	Ils suivent des bancs de poissons. Ils fuient des prédateurs ou d'autres dangers... La zone marine leur permet de chasser, de se mettre à l'abri, ... Ils mangent des poissons dans l'eau, des oiseaux à terre... L'éléphant de mer peut marcher et nager ? Plonger ? La nuit, ils dorment et flottent en suivant les courants marins.
<b>A quelle</b> vitesse se déplacent les éléphants de mer ?	Comment calculer les vitesses (vitesse moyenne, minimale, maximale) ?  Comment expliquer les positions brutalement très éloignées de la trajectoire certaines fois? (N.B :les vitesses aberrantes mettront en évidence des données fausses : artéfacts de saisie ou de transmission...)	Ils nagent plus ou moins vite, en fonction du jour, nuit, des vents, des courants ... Pour calculer les vitesses, on a besoin de la distance parcourue et en combien de temps. (pour une vitesse en Km/h, il faudra une conversion des degrés en Km ...) Parfois il va soudainement très loin/vite parce qu'il voit une proie et s'est mis à la poursuivre ou qu'il était poursuivi.
<b>Pourquoi</b> les équipe-t-on de balises en décembre ou janvier ?	Le travail des chercheurs : Quelles études font-ils sur les éléphants de mer ? Comment se fait l'équipement d'un éléphant de mer ?	Ils sont plus faciles à équiper, c'est une période où ils dorment, ils hibernent (cela permettra de découvrir les saisons de l'hémisphère sud !) ?

La partie suivante montre comment l'exploitation **des données** Argonautica et la mise en relation entre **déplacements, mode de vie** et **environnement des éléphants de mer** permet de poursuivre l'investigation et solutionner certaines de ces questions.

### 3-Déplacements, biologie des éléphants de mer et environnement : mises en relation

Cette partie montre comment résoudre des questions issues des observations de cartes de suivis en mettant en relation **les analyses des données fournies par Argonautica** (positions et cartes satellites environnementales), **l'environnement** et le **mode de vie** des éléphants de mer.

(données Argonautica : [http://argonautica.jason.oceanobs.com/html/argonautica/welcome\\_fr.html](http://argonautica.jason.oceanobs.com/html/argonautica/welcome_fr.html) )

Certaines informations liées aux capteurs associés aux balises sont également précisées pour fournir des indications sur **les plongées en profondeur**, déplacements principaux des éléphants de mer.

Pour les connaissances sur la biologie des éléphants de mer (développement, mue, reproduction ...), il sera nécessaire d'utiliser **des ressources documentaires** : livres, sites web, questions aux scientifiques d'Argonautica,...

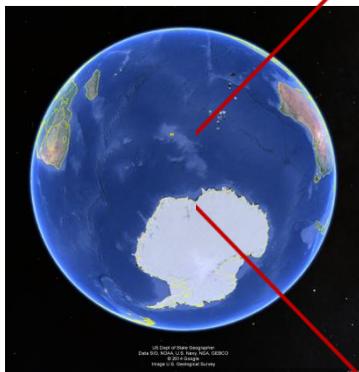
Chaque question est traitée ici individuellement mais dans le cadre de la démarche d'investigation, les réponses s'imbriquent souvent les unes dans les autres !

#### Localisation des éléphants de mer

##### Où vivent les éléphants de mer ?

On peut situer la zone de déplacement sur le globe terrestre à partir d'une carte géographique ; en utilisant les coordonnées latitude et longitude indiquées sur les cartes ou les tableaux de positions ou encore également en utilisant google earth à partir du site Argonautica.

Utiliser Google earth à partir du site Argonautica : tutorial sur : [http://argonautica.jason.oceanobs.com/html/argonautica/ge\\_fr.html](http://argonautica.jason.oceanobs.com/html/argonautica/ge_fr.html).



Trajet de « Tulipe » (2013) obtenu à partir de google earth.

On découvre ainsi que les éléphants de mer suivis vivent en zone sub antarctique et antarctique. Leurs localisations montrent des positions sur les îles subantarctiques (l'Archipel des Crozet, Kerguelen,...) ainsi que des déplacements sur de grandes distances en plein océan, parfois jusqu'aux côtes de l'antarctique (représentées en gris sur les cartes de positions Argonautica).

## Pourquoi les éléphants de mer partent-ils du même endroit?

Les cartes de suivi Argonautica montrent, pour une année donnée, des trajets qui démarrent à peu près à la même date et au même endroit.

La balise Argos étant mise en fonctionnement dès l'équipement de l'animal, le début des trajets correspond donc à l'endroit où les scientifiques équipent les éléphants de mer.

Les indications de latitude longitude fournies sur Argonautica permettent d'identifier ces lieux: îles subantarctiques (Kerguelen, Crozet, Macquarie, îles Heard-et-MacDonald,...).

Les îles subantarctiques connaissent un climat océanique (froid mais non polaire, avec des températures moyennes de 5°C) avec des pluies souvent abondantes et des vents violents. La végétation se limite à des mousses, des lichens et quelques graminées.

Exemple : Le suivi des éléphants de mer en 2011 a débuté le 25/10/11. La position des éléphants à cette date montre que l'équipement a été fait sur une plage de la baie Royale aux Kerguelen.

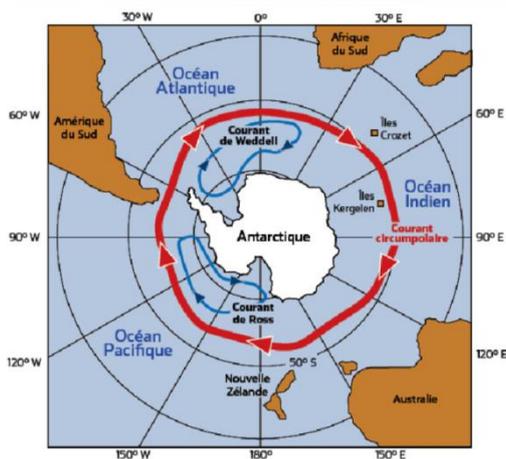
Position de l'éléphant de mer Jerakeen au 25/10/11 sur google earth :



Ressources documentaires : les terres australes et antarctiques françaises

<http://www.taaf.fr/-Les-5-districts->

## Quelles sont les caractéristiques de l'environnement océanique parcouru par les éléphants de mer?



ACM CNES

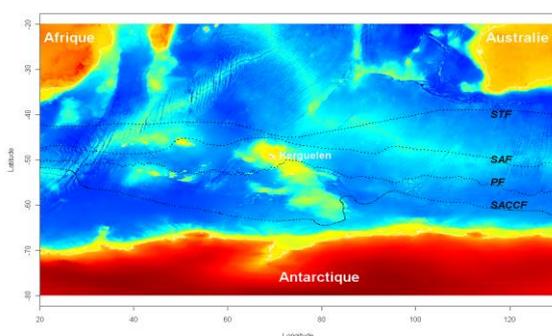
L'océan Austral (ou Antarctique) se déplace selon un puissant **courant circumpolaire** et permet les échanges entre océans (température, salinité, ...).

La rencontre des eaux froides antarctiques avec les eaux plus chaudes des océans Indien, Atlantique et Pacifique sud entraîne l'existence de grandes masses d'eau aux caractéristiques différentes séparées par des « **fronts océaniques** », identifiables en surface par des isothermes.

Sous l'action des vents, les courants de surface entraînent la convergence ou la divergence des masses d'eaux superficielles et la formation de structures très

dynamiques, nommées « **tourbillons** ». Ces structures circulaires d'une centaine de kilomètres de diamètre apparaissent et disparaissent en quelques jours à quelques semaines. Les tourbillons cycloniques tournent dans le sens horaire, les tourbillons anticycloniques dans le sens antihoraire.

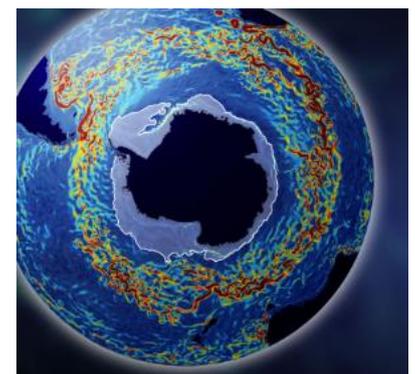
### Position des principaux fronts océaniques



STF : Front Subtropical Sud ; SAF : Front SubAntarctique ;  
PF : Front Polaire ; SACCF : Front Sud du Courant Circumpolaire Antarctique.

### Des zones de tourbillons

Vue polaire avec modélisation de la vitesse des eaux:  
- en bleu/vert: courants d'eaux lents  
- en orange/rouge: courants rapides



courtesy of M. Mazloff, MIT.  
Source: San Diego Supercomputer Center, UC

## Généralités sur les déplacements

### Pourquoi les éléphants de mer se déplacent-ils ?

L'observation des éléphants de mer montre que ceux-ci se regroupent pendant plusieurs semaines sur les plages des îles subantarctiques mais passent l'essentiel de leur temps, jour et nuit, dans l'océan (en fait, 80% de leur vie !).

En fait, les éléphants de mer viennent à terre pour la reproduction (en octobre, printemps austral) et la mue (entre novembre et avril) mais ont une alimentation océanique (poissons, calamars,...).

L'équipement avec balises, qui vise à étudier le trajet des éléphants de mer dans l'eau, est réalisé sur des éléphants prêts à repartir en mer.

Rester à Terre pendant plusieurs semaines consécutives, sans possibilité d'approvisionnement, impose aux éléphants de mer d'avoir accumulé en mer des réserves suffisantes pour pouvoir jeûner.

Leurs déplacements océaniques sont ainsi nécessités par *l'objectif de recherche alimentaire pour se nourrir et faire des réserves*.

### Comment se déplacent-ils ?

L'anatomie des éléphants de mer montre des membres arrière très adaptés à la nage, en forme de « palette natatoire ». Les membres avant permettent de courts déplacements à terre par propulsion du corps (vitesse maximale de 8km/h sur de courtes distances). Des vidéos montreront en complément les mouvements de déplacement des éléphants de mer.

Des membres adaptés à la nage. Image DR.



### Quels sont les trajets des éléphants de mer ? Sur quelles distances se déplacent-ils ?

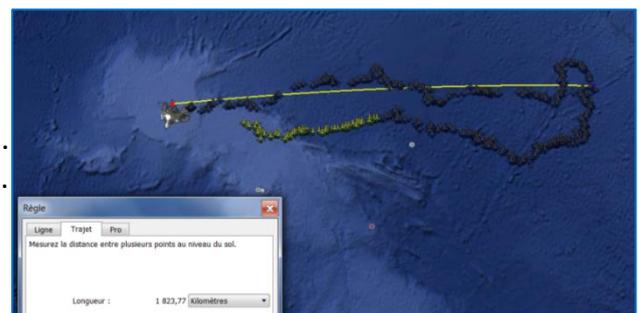
Les éléphants de mer parcourent des zones géographiques assez vastes de l'océan circumpolaire pour s'approvisionner, avec des comportements de plongée et de pêche adaptés selon les lieux.

Une carte d'un trajet de quelques semaines suffit à illustrer les distances que parcourent les éléphants de mer : une à deux fois par an ils font des trajets de plusieurs milliers de kilomètres !

Ces trajets sont accompagnés de 60 plongées par jour en moyenne !

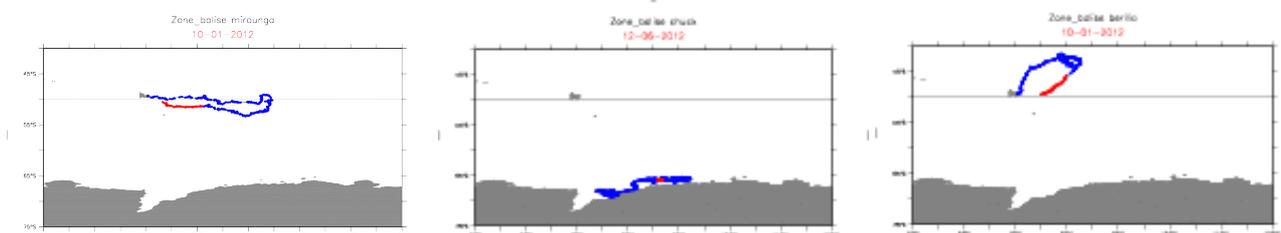
Exemple : Trajet aller fait par « Mirounga ».  
On peut l'approximer à plus de 2000 km.

(Carte argonautica affichée avec google earth et utilisation de l'outil « règle ».)



### Pourquoi certains vont au Sud, d'autres vers l'Est ou à l'Ouest ?

Le suivi par satellite des populations principales d'éléphants de mer (Géorgie du Sud, îles MacQuarie et Kerguelen) montre que les mêmes zones sont explorées pour s'approvisionner au cours du temps : la zone interfrontale tourbillonnaire et la zone des glaces en bordure antarctique sont les destinations privilégiées.



Des zones différentes pour se nourrir

Les études montrent que les trajets sont différents selon le sexe, l'âge de l'éléphant de mer et la période:

- les mâles adultes se rendent principalement sur des plateaux (plateau de Kerguelen ou plateau Antarctique) et se nourrissent de grosses proies benthiques : calmars, légines australes,...
- les femelles adultes et les jeunes se rendent dans la zone inter-frontale ou dans la zone marginale des glaces à proximité du continent Antarctique (notamment en période post mue) et se nourrissent de poissons lanterne meso-pélagiques.

En post-reproduction, les femelles gravides ont tendance à faire des recherches alimentaires le long de leurs trajets, « à échelle réduite » : sans doute disposent-elles de moins de temps pour stocker de la graisse avant le retour à terre pour accoucher.

### Comment calculer les vitesses à partir des données argonautica ?

Pour calculer les vitesses de déplacement ( $V=Distance/temps$ ), on utilisera le tableau des positions\* qui donne l'emplacement exact des positions des éléphants de mer avec dates et heures correspondantes (\*La carte de suivi n'est pas adaptée: pas d'échelle, seulement tracé des méridiens latitudes).

#### Problème d'unité... :

Calculer la distance entre deux points à partir des longitudes et latitudes est complexe (formule de trigonométrie sphérique pour tenir compte de la rotondité de notre planète). Au collège et en primaire, on peut utiliser un site qui effectue directement les calculs et convertit la distance en kilomètres, comme celui-ci : <http://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html> ou plus simplement utiliser l'outil *règle* sur la carte affichée avec google earth.

### A quelle vitesse se déplacent les éléphants de mer ?

Les éléphants de mer ne se nourrissent pas en surface et sont presque toujours en plongée. Les plongées ont lieu tout au long de leurs trajets, de jour comme de nuit, en continu. Ils ne passent que quelques minutes en surface entre deux plongées successives.

La distance parcourue en surface entre deux positions transmises par satellites ne reflète donc pas la réelle distance parcourue pendant le temps concerné.

Les capteurs associés aux balises ont montré que les plongées peuvent atteindre 2 000m de profondeur pour une durée moyenne de 20 à 30 min, selon la profondeur atteinte.

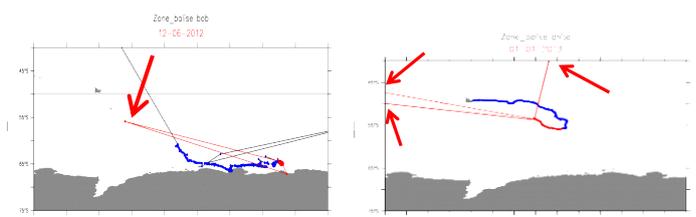
L'ordre de grandeur de la vitesse de nage peut alors être estimée :  $2 \times 2000m$  en 20 mn soit  $200m/mn$ , c'est-à-dire 12 km/h pour la descente et la remontée d'une plongée très profonde. (En réalité, la vitesse est proche de 20km/h)

### A quoi correspondent les positions très éloignées des trajets ?

On a observé que certaines localisations étaient très éloignées de la trajectoire d'ensemble.

Exemple : Déplacements des éléphants de mer Bob ou Anita :

Le calcul des vitesses de déplacements de Bob ou Anita du trajet jusqu'aux points fléchés en rouge donne une vitesse de plusieurs centaines de Km/h...tout bonnement impossible.



Il s'agit là d'une valeur aberrante, une donnée fautive : un artéfact, lié aux mesures, à la transmission, la réception du signal,...

Les scientifiques repèrent et éliminent ces données erronées pour leur recherche ; cette étape est un préalable à l'exploitation des résultats.

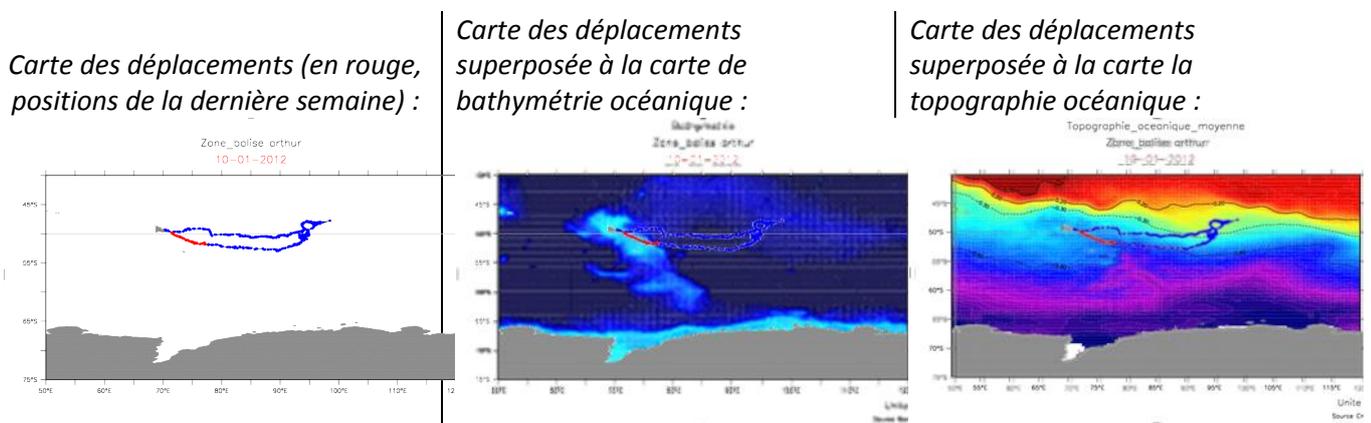
## Influence des conditions environnementales sur les trajets

### Comment établir des relations entre les déplacements observés et les facteurs environnementaux ?

- **Superposer:** Les positions des éléphants de mer peuvent être superposées aux cartes des paramètres environnementaux fournies en ligne par Argonautica : température, salinité, topographie et courants de surface de l'océan, vents... (Rendre transparent le fond de l'image de la carte de position et la positionner sur la carte environnementale).

- **Comparer:** Les comparaisons des cartes de position et des cartes environnementales permettent d'établir si certains paramètres influencent les déplacements des éléphants de mer : l'hypothèse d'une relation entre un facteur environnemental et le déplacement des éléphants de mer se précise lorsque l'on fait à plusieurs reprises les mêmes observations.

**Exemple :** superposition des déplacements de l'éléphant de mer nommé Arthur aux cartes de *bathymétrie* (hauteur des fonds marins) et *topographie* (hauteur de l'eau) océanographiques :



(Sur le site, on affichera les cartes en grand pour lire la légende des couleurs des paramètres.)

Arthur va en direction de l'Est presque en « ligne droite » puis fait demi-tour après quelques grands virages et repart de manière assez rectiligne vers l'île de départ.

La superposition avec les cartes environnementales bathymétrie et topographie montre que les trajets de directions Est/Ouest se font dans la zone où la hauteur d'océan reste comprise entre -80 et -35 cm par rapport à la hauteur de référence et se fait en partie dans des zones de grands fonds marins. La zone où il effectue des « virages » avant de faire demi-tour présente une hauteur d'eau proche du 0 et présente une bathymétrie correspondant à une zone de plateau (-500m de profondeur) : il s'agit du plateau de Kerguelen.

Des liens semblent s'établir : on peut faire l'hypothèse que le déplacement se ferait en direction de la zone à bathymétrie - 500m et topographie proche de 0 là où les virages effectués indiqueraient qu'Arthur trouve de nombreuses proies et explore la zone avant de faire demi-tour.

Ces conditions environnementales pourraient correspondre à des zones plus poissonneuses qu'au-dessus de grands fonds marins ou de zones à faible topographie.

Ces hypothèses nécessitent de poursuivre les recherches (comparer avec d'autres trajets d'éléphants de mer, au cours du temps, avec d'autres années ...) pour être validées... ou non !

La superposition peut être faite avec chaque carte environnementale fournie par Argonautica...

Chaque type de carte environnementale d'Argonautica est expliquée en détail sur :

[http://argonautica.jason.oceanobs.com/html/argonautica/donnees\\_fr.html](http://argonautica.jason.oceanobs.com/html/argonautica/donnees_fr.html)

[http://argonautica.jason.oceanobs.com/html/argonautica/tutorial/cartes\\_oceano\\_fr.html](http://argonautica.jason.oceanobs.com/html/argonautica/tutorial/cartes_oceano_fr.html)

## Comment établir des relations entre déplacements et facteurs environnementaux ?

Des nombreuses observations, des comparaisons avec d'autres suivis et des mises en parallèle avec l'écologie des éléphants de mer seront nécessaires pour établir quels facteurs influent le déplacement des éléphants de mer. Ces animaux étant essentiellement en plongée, les données enregistrées en profondeur sont essentielles pour compléter les données de surface... Et les hypothèses pourront être soumises aux scientifiques partenaires d'Argonautica !

### Exemple d'étude :

Comparaison des déplacements de l'éléphant Bérilia entre le 1/11/2011 et le 10/01/2012 avec les cartes de *topographie*, de *bathymétrie*, de *température* et des *courants de surface* :

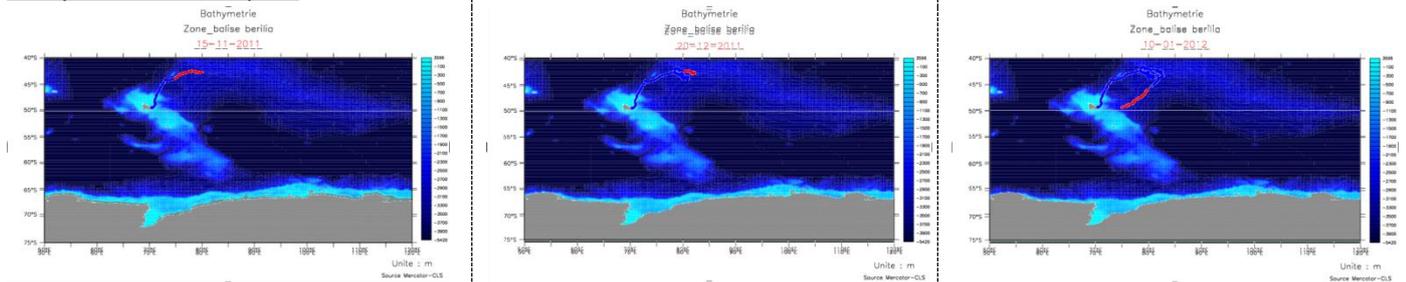
Dates :

Au 15 Novembre

Au 20 décembre

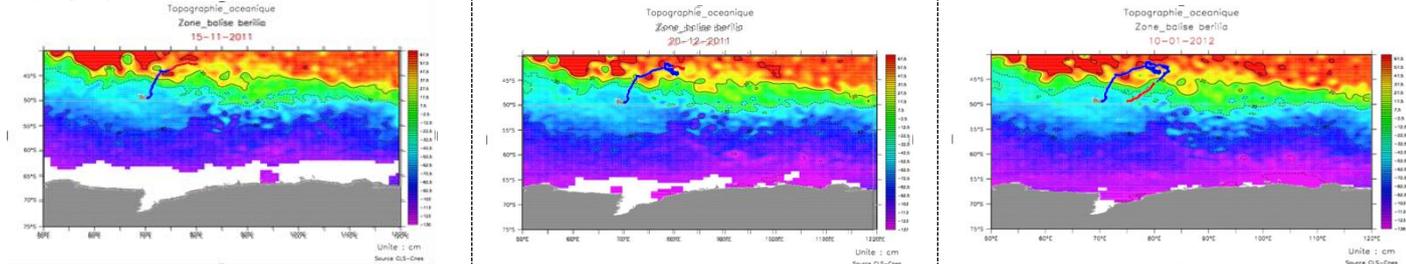
Au 15 Novembre

#### Bathymétrie océanique :



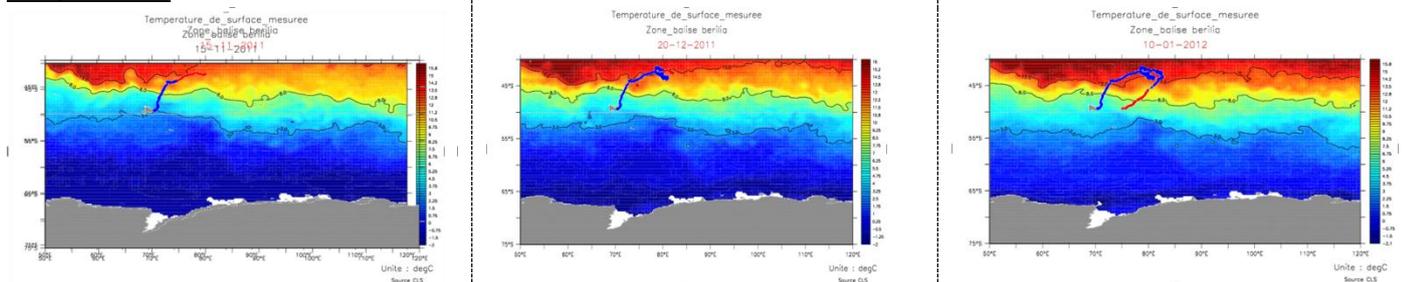
Comme l'éléphant de mer Arthur, Bérilia fait des « boucles » au-dessus d'une zone de « moyenne » profondeur (-500m) correspondant au plateau continental de Kerguelen avant de revenir sur l'île.

#### Topographie océanique :



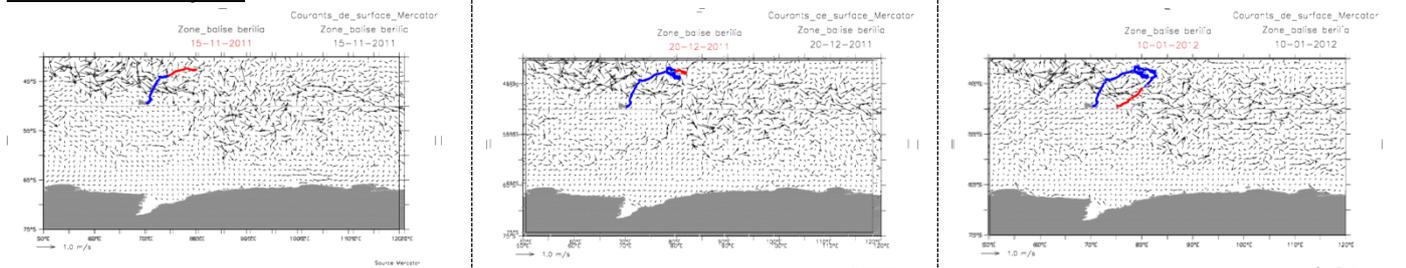
Bérilia part de zone où la hauteur d'océan est de -50 cm par rapport à la hauteur de référence. Comme Arthur, Bérilia se dirige vers les zones où la hauteur de mer est plus haute. Il fait des trajets en « boucles » lorsque la hauteur est comprise entre 37 et 57 cm avant de faire demi-tour.

#### Température :



Bérilia s'est dirigé vers des eaux plus chaudes. La zone où il fait des « boucles » présente des eaux de température supérieure à 13°C en surface.

#### Courants de surface



Bérilia s'est déplacée vers des zones où les courants sont importants en surface.

Bérilia s'est déplacé de façon assez linéaire en direction d'une zone au-dessus du plateau continental où les hauteurs d'eau, la température\* et les courants de surface sont globalement plus élevées qu'autour de l'île. Au niveau de cette zone, Bérilia semble avoir stoppé son déplacement « rectiligne » avant de faire demi-tour. Cette zone semble présenter un intérêt : s'agit-il d'une zone de « bonne » pêche ?

Les données environnementales de surface mesurées par les satellites, telles la *topographie*, la *température* et les *courants* de **surface** sont-elles des indicateurs des zones de pêche existant en **profondeur** ?

Il est essentiel pour valider les hypothèses d'avoir des données sur « ce qui se passe » en profondeur pendant les trajets : caractéristiques des eaux, de la pêche, quantité de proies...

Les capteurs ajoutés aux balises qui équipent les éléphants de mer ont permis d'en savoir plus...

\*Concernant la température de surface, une observation précise sur la zone sera nécessaire pour affiner...

### Qu'apportent les données recueillies par les capteurs lors des plongées ?

Les capteurs ajoutés aux balises ont permis d'étudier les stratégies alimentaires des éléphants de mer et d'essayer de les mettre en relation avec les paramètres environnementaux locaux et globaux.

Les plongées ont pu être classées en plusieurs grandes catégories :

Classe de plongée	Caractéristiques de la plongée	Analyses
plongées <b>passives</b> , encore dites <b>plongées de dérive</b>	faible vitesse de descente et de remontée en se laissant "glisser" dans la colonne d'eau. Mouvements liés aux caractéristiques de l'éléphant de mer : les éléphants de mer gras ont une meilleure flottabilité et remontent passivement.	Correspondent à une faible dépense énergétique qui permet du repos, de la récupération, de la digestion,... L'évolution des mouvements de dérive au cours du trajet de l'animal permet de localiser indirectement les zones où les éléphants s'alimentent et s'engraissent le plus.
Plongées « <b>d'exploration</b> »	plongées avec une descente progressive et sur de longues distances horizontales	plongées associées à de grands déplacements horizontaux qui seraient des phases « exploratoires » lors de changement de zone de pêche.
Plongées « <b>actives</b> »	plongées avec vitesse de descente et de remontée rapide et jusqu'à des profondeurs de - 200/-300m ou à -500/-600 m. Le parcours en profondeur est marqué par des « sinuosités ».	Nécessitant une grande dépense énergétique, elles se justifient pour les zones de pêche intense. Les plongées à grande profondeur durent moins longtemps (forte dépense énergétique). Les sinuosités observées indiquent une intensification de la recherche et des captures alimentaires.

Ces différents types de plongée correspondent à des phases différentes dans la stratégie de recherche de nourriture : les éléphants de mer adaptent continuellement leur comportement de plongée à l'accessibilité de leurs proies dans la colonne d'eau, équilibrent vitesse, profondeur de plongée (dépense énergétique) et temps de récupération, digestion, repos.

Les variabilités saisonnières modifient la distribution et les types de proies et l'éléphant de mer pourrait modifier sa stratégie alimentaire en fonction : par exemple, avoir un plus court rayon de recherche si les densités de proies sont élevées...

## Comment les éléphants de mer organisent ils leur recherche alimentaire ?

L'éléphant de mer s'orienterait à deux niveaux :

- à niveau « **grande échelle** », en allant assez directement en « ligne droite » vers la zone d'alimentation de prédilection : bordure Antarctique ou zone interfrontale selon l'âge, le sexe et la période (cf. *Pourquoi certains vont au Sud, d'autres vers l'Est ou à l'Ouest ?*) avec une grande fidélité interannuelle.
- à niveau **plus local**, en alternant entre des phases de recherche active et des phases sans recherche. Le long du trajet et dans la zone de destination, l'éléphant de mer semble en effet identifier des zones optimales au niveau quantité/qualité des proies et des zones où il serait inutile d'engager un comportement de recherche intensive.

Des études comparatives montrent que des femelles éléphants de mer s'alimentant dans la zone interfrontale ont sevré leurs petits avec une masse plus faible que ceux des femelles s'étant alimentées dans les eaux Antarctiques. A contrario, certains éléphants de mer restés dans une zone tourbillonnaire localisée ont pris deux fois plus de poids que la norme...

Pour des trajets similaires, on peut également constater des prises de poids très différentes, de plus de 100 kg.

Quelle que soit la destination visée, l'expérience individuelle semble jouer un rôle important pour identifier et exploiter de façon efficace des zones riches en proies.

## Quelles relations entre paramètres environnementaux et activité biologique ?

Le développement des réseaux trophiques océaniques est intimement lié aux paramètres physico chimiques de l'eau et ceux-ci peuvent fournir aux éléphants de mer des indices permettant d'« identifier » les zones potentiellement riches :

### ➤ Température de l'eau et activité biologique:

Les remontées d'eau froides ("up-welling") amènent un apport de nutriments dans les couches de surface et favorisent l'activité biologique avec développement des chaînes alimentaires et des proies des éléphants de mer.

Dans la **zone interfrontale**, les centres des tourbillons cycloniques ainsi que les bordures des tourbillons anticycloniques, avec des eaux plus froides que les eaux environnantes, connaissent ainsi une accumulation des ressources et constituent des zones intéressantes pour la recherche alimentaire des éléphants de mer.

Dans cette zone tourbillonnaire très mouvementée, ils peuvent ainsi, avec une bonne stratégie locale, trouver des proies abondantes à une profondeur moyenne (-200/300m).

Dans les **zones antarctiques** à forte concentration en glace de mer (aussi appelée « pack ») ou de **talus continental antarctique**, les proies sont très énergétiques et abondantes en profondeur. Le déplacement vers cette localisation éloignée des îles subantarctique peut correspondre à une stratégie « payante ».

Les éléphants de mer en plongée ciblent ainsi des couches d'eau très froides ou à fort gradient de température pour la recherche alimentaire. Une hypothèse sur la léthargie des proies qui faciliterait leur capture par les éléphants de mer homéothermes a également été émise.

### ➤ Influence des variations de température

Les masses d'eaux froides, favorisant l'activité biologique, induisent la présence des poissons lanternes à des profondeurs plus faibles. Les femelles éléphant de mer intensifient leur

comportement de plongée et diminuent leur profondeur puisque les proies sont plus proches de la surface.

Une étude récente laisse penser que les poissons lanternes, bioluminescents, adaptent leur localisation dans la colonne d'eau plutôt en fonction du niveau de lumière qu'en fonction de la densité ou de la température de l'eau. Le jour, ces poissons s'enfoncent dans la colonne d'eau vers les couches d'eau moins lumineuses, ce qui permet d'échapper à certains prédateurs.

Les femelles 'éléphant de mer adaptent elles leur profondeur de plongée en suivant l'enfoncement progressif des bancs de poissons lanternes au lever du jour où restent elles dans les eaux plus froides ?

➤ **Couleur de l'eau et Luminosité:**

La « couleur de l'eau » mesurée par satellite, correspondant à la concentration en chlorophylle  $-a$  (et donc en phytoplancton) montre l'activité biologique : une concentration élevée indique que les réseaux trophiques peuvent se développer et permettre une densité élevée en proies.

Une importante biomasse dans les couches de surface entraîne une atténuation de la lumière dans la colonne d'eau.

Les enregistrements montrent que les éléphants de mer pourraient être sensibles à cette diminution de la luminosité.

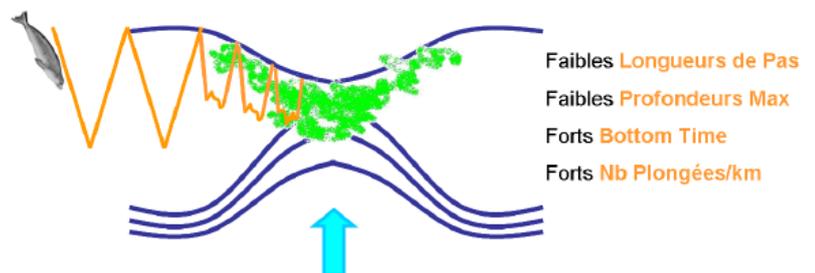
L'adoption d'une stratégie « active » de recherche alimentaire par les éléphants de mer (diminution de la distance parcourue entre deux plongées, augmentation du nombre de plongées actives, de la sinuosité de leurs trajets) est ainsi observée dans les zones caractérisées par :

- une **diminution** de la **température** de l'eau et de la **hauteur d'eau** (niveau de la mer)
- une **augmentation** de la **concentration en chlorophylle** (mesurée par satellite par la **couleur de l'eau**).

Figure extraite de la thèse de Anne-Cecile Dragon.

DR

Modélisation des stratégies d'approvisionnement des éléphants de mer austraux - Environmental sciences. Université Pierre et Marie Curie - Paris vi, 2011. French. <tel-00660213>



© Christophe Guinet

## Conclusion et perspectives

Les questions abordées dans ce document ne sont pas exhaustives. Avec le suivi des éléphants de mer, les élèves abordent de nombreuses notions : géographie, saisons de l'hémisphère sud, adaptation et cycle de vie des éléphants de mer, travail des chercheurs,... Ils découvrent également que la recherche scientifique nécessite de mener des investigations ... et voient que toutes les questions ne sont pas solutionnées ...

Le suivi des éléphants de mer par satellite peut s'élargir à de nombreuses thématiques : histoire des découvertes, biodiversité antarctique, grands courants marins, rôle de l'Océan dans la régulation climatique, ...

L'impact du réchauffement actuel sur l'environnement austral pourra être abordé.

L'Océan Austral est particulièrement sensible aux changements climatiques : des variations de la fonte des glaces de mer et continentales, les précipitations, les vents pourraient modifier la stratification et la structuration de cet océan, impactant sur la production primaire, les populations de krill et tous les réseaux trophiques.

Les années chaudes, les proies se trouveraient plus en profondeur, entraînant des plongées plus profondes pour les éléphants de mer, avec augmentation de leur dépense énergétique et baisse du stockage.

Les îles subantarctiques, isolées géographiquement, présentant des conditions optimales pour des organismes souvent endémiques et à fort degré de spécialisation et d'adaptation, sont particulièrement surveillées.

(En savoir plus : [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/ecologie/pdf/rapport\\_onerc\\_2008\\_fr\\_260509.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/ecologie/pdf/rapport_onerc_2008_fr_260509.pdf))

Très peu de navires océanographiques se rendent dans les régions hostiles subantarctiques ou antarctiques et les collectes d'informations y sont difficiles. Le suivi et les données enregistrées par les capteurs lors des plongées des éléphants de mer sont des compléments essentiels pour la recherche océanographique.

Les profils verticaux des paramètres environnementaux océaniques (température, salinité, concentration en chlorophylle a,...) permettent d'étudier les dynamiques océaniques, les variations climatiques au cours du temps, leurs conséquences sur la vie marine et d'élaborer des modèles climatiques globaux.

L'importance des connaissances scientifiques et l'apport des satellites sur notre connaissance de la terre et des espèces qui l'habitent pourront être mis en évidence.

**SUIVRE DES ELEPHANTS DE MER AVEC ARGONAUTICA...  
UN RICHE PROJET PLURIDISCIPLINAIRE EN PERSPECTIVE!**

[N'hésitez pas à transmettre les résultats de votre suivi d'éléphants de mer réalisé en classe pour valoriser votre production sur le site d'Argonautica](#)

[Bon suivi !](#)

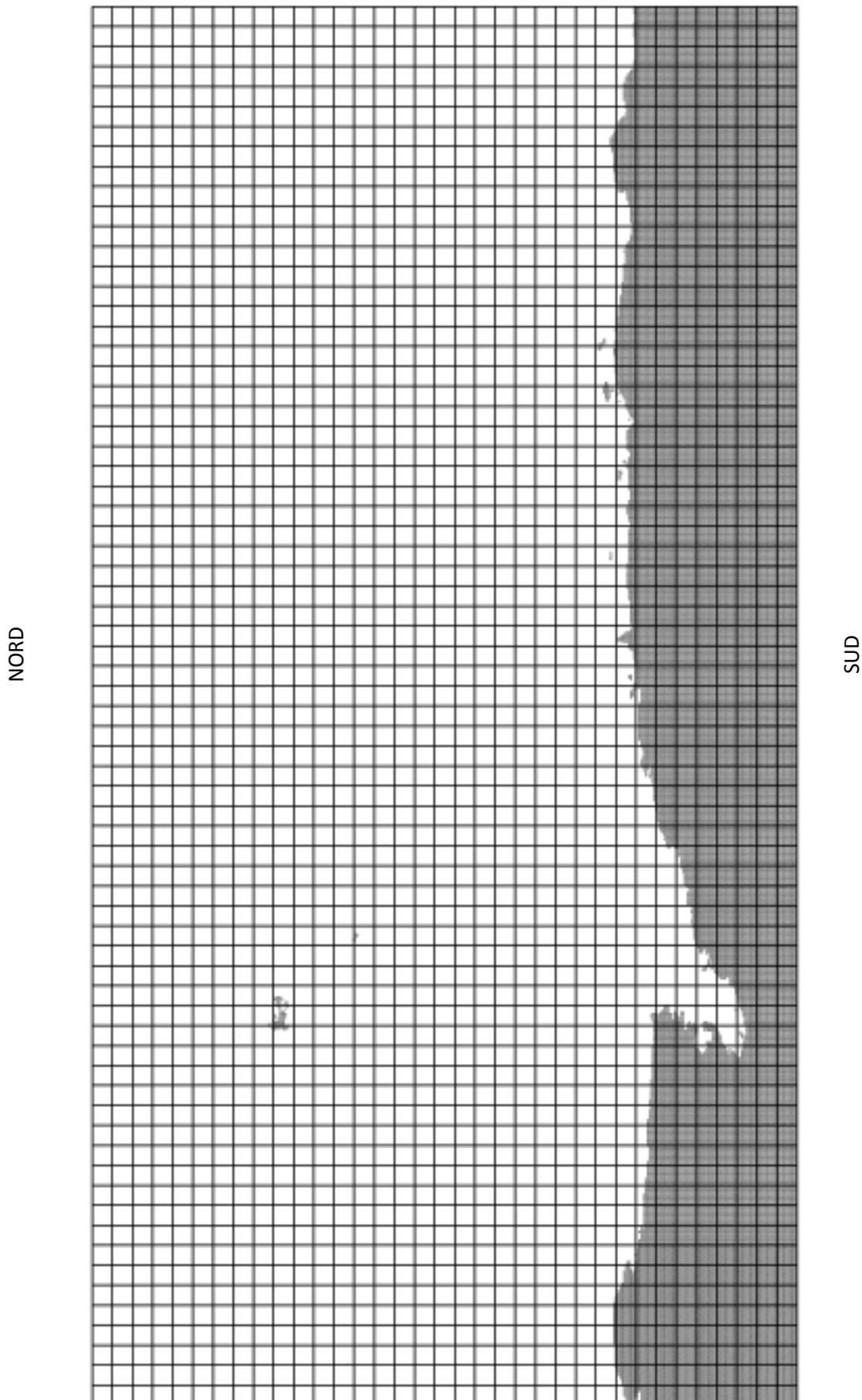
### **Annexes :**

***Fond de carte Subantarctique / Antarctique***

***Fond de carte île de Crozet***

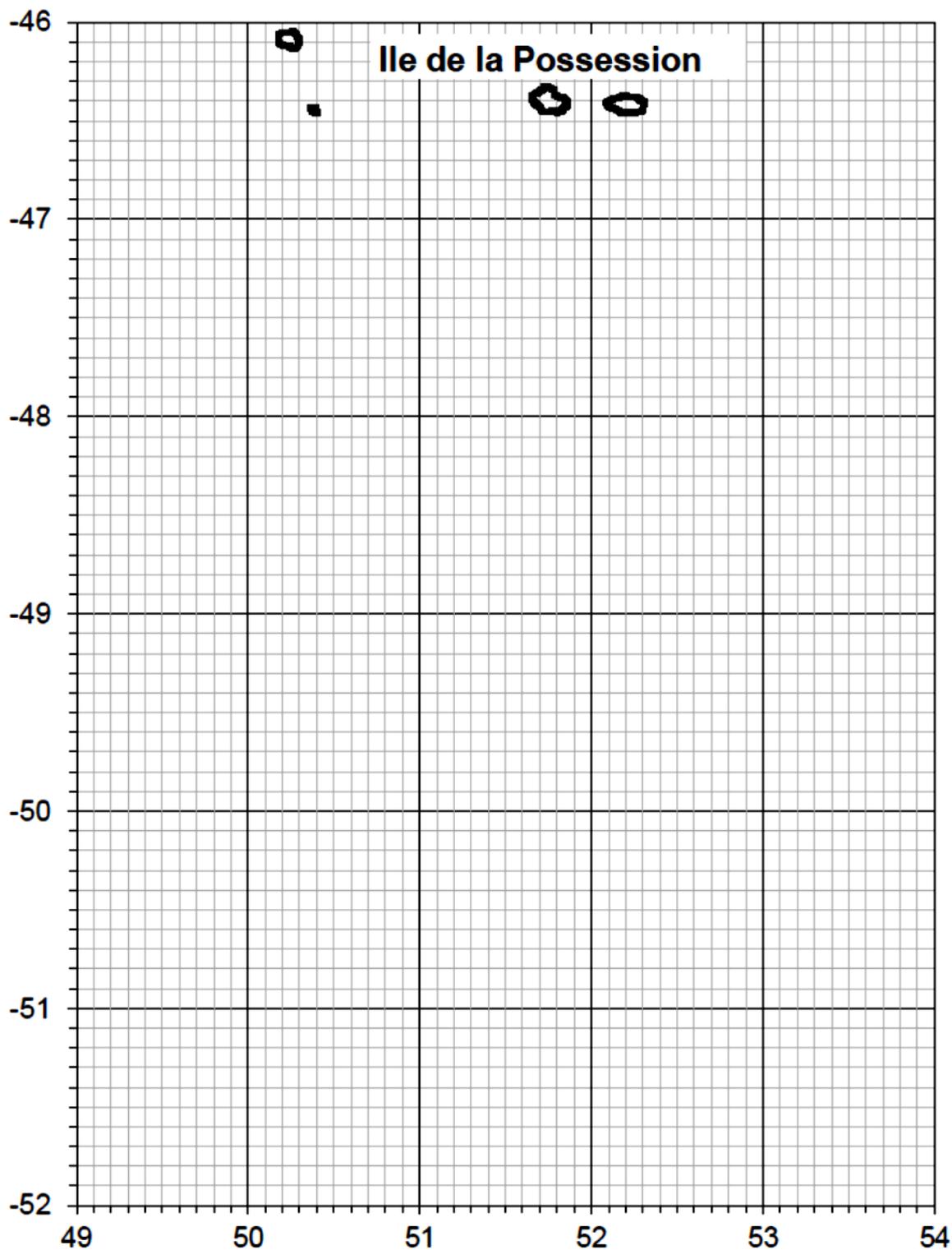
***Fond de carte Kerguelen***

## Fond de carte : Subantarctique / Antarctique



## Fond de carte : Sud de l'archipel de Crozet

Latitude  
( ° Sud )

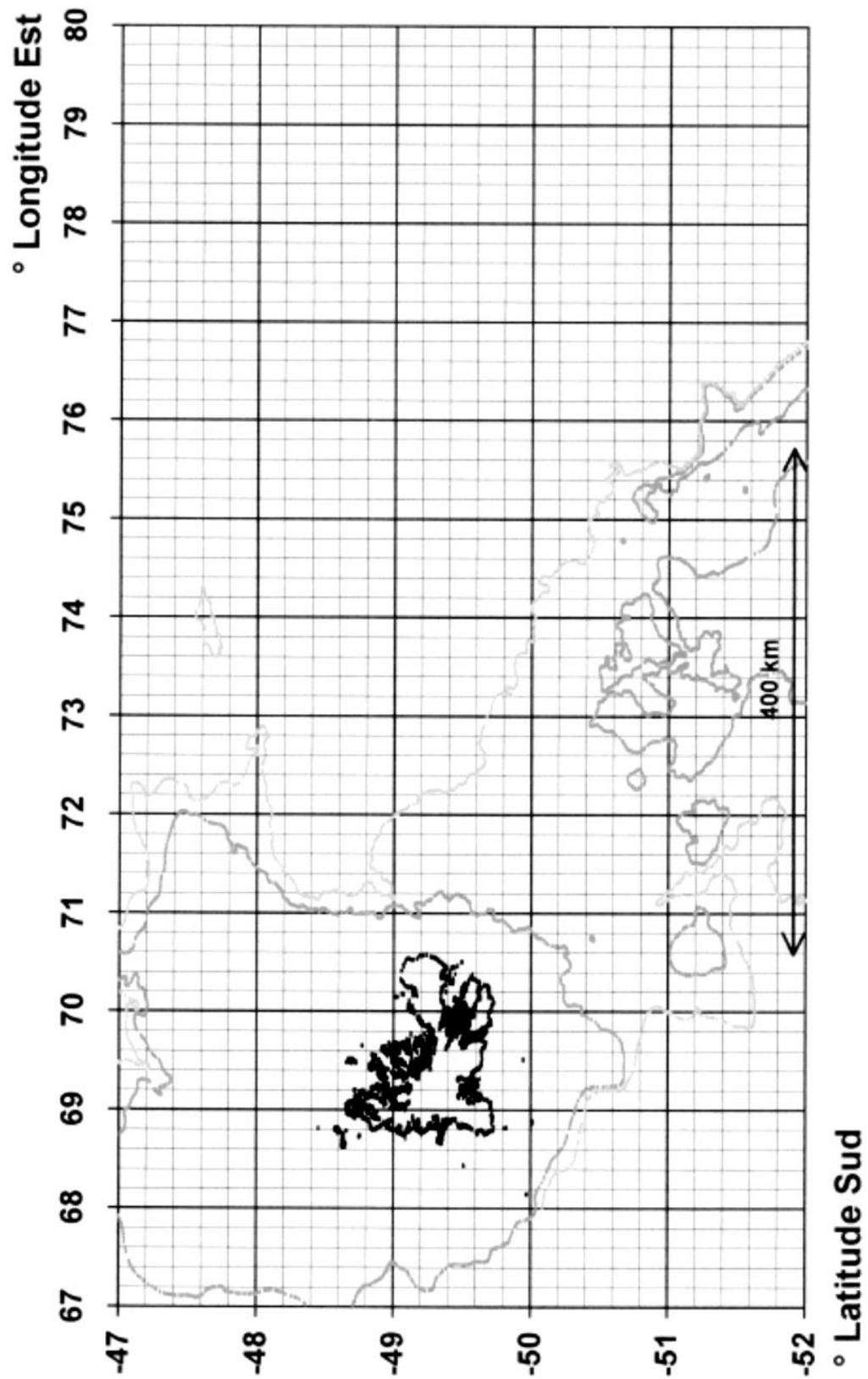


Longitude ( ° Est )

Source : <http://suivi-animal.u-strasbg.fr/manaround.htm#vierge - DR>

# ARCHIPEL DE KERGUELEN

- Carte
- 500 m
- 1000 m



Source : <http://suivi-animal.u-strasbg.fr/telech/kervierge.jpg> - DR