



Argonimaux

Suivi des manchots par satellites



Exemple concret de suivis

Ce document est structuré en 3 grandes parties :

- Introduction - Les données Argonautica (pages 2-3)

Comment accéder aux positions et trajets de manchots en « direct » ou des années précédentes à partir de la plateforme de données Argonautica.

- Observation, problématisation et hypothèses (pages 4-5)

Comment amorcer une démarche d'investigation en classe à partir d'observations des cartes du déplacement et des cartes satellites environnementales.

- Investigations (pages 6-13)

Comment la mise en relation des trajets des manchots, cartes de paramètres environnementaux et biologie de l'espèce permet d'approfondir nos connaissances et ouvre de nouvelles pistes de recherches.

- Annexes (pages 14-16)



Colonie de manchots royaux

Droits réservés CNRS CEBC C. Bost

Introduction - Les données Argonautica

Argonautica permet de suivre des manchots et les conditions environnementales associées « en direct » (mise à jour hebdomadaire, le jeudi) mais également des années antérieures (« période de données complète ») sur la plateforme des données Argonautica.

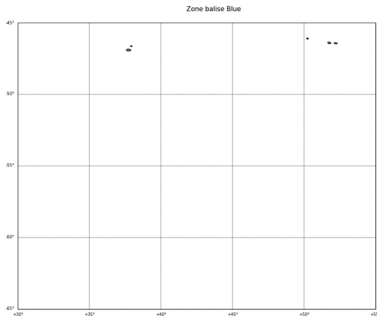

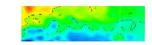
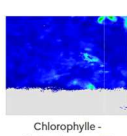

Matériel : Ordinateurs avec liaison internet, google earth installé si possible.

Site de la plateforme de données satellites : <http://argonautica.jason.oceanobs.com>

Tutoriel : Voir Annexe 1, Page 14.

Observation des positions et déplacements

Exemple du trajet du manchot Blue

A partir des tableaux de position	Directement sur les cartes de position	Avec google earth																																																
<div><p>Positions Cartes</p><p>Positions du 05/10/2021</p><p>Télécharger le fichier des positions ci-dessous</p><p>Télécharger le fichier de toutes les positions</p><p>Télécharger la carte vierge de la zone de la balise</p></div> <table border="1"><thead><tr><th>num</th><th>cl.</th><th>date</th><th>h.</th><th>lat.</th><th>lon.</th></tr><tr><th></th><th></th><th>yyyy/mm/dd</th><th>hh:mm</th><th>deg.</th><th>deg.</th></tr></thead><tbody><tr><td>208528</td><td>B</td><td>2021/09/30</td><td>00:37</td><td>-50.2982</td><td>52.3215</td></tr><tr><td>208528</td><td>B</td><td>2021/09/30</td><td>01:07</td><td>-50.5457</td><td>52.4372</td></tr><tr><td>208528</td><td>B</td><td>2021/09/30</td><td>01:54</td><td>-50.6139</td><td>52.4818</td></tr><tr><td>208528</td><td>B</td><td>2021/09/30</td><td>02:03</td><td>-50.6346</td><td>52.5427</td></tr><tr><td>208528</td><td>B</td><td>2021/09/30</td><td>02:23</td><td>-50.6253</td><td>52.6494</td></tr><tr><td>208528</td><td>B</td><td>2021/09/30</td><td>03:40</td><td>-50.6691</td><td>52.7216</td></tr></tbody></table> <p>En reportant les positions fournies dans le tableau sur une « carte vierge de la zone balise »</p> 	num	cl.	date	h.	lat.	lon.			yyyy/mm/dd	hh:mm	deg.	deg.	208528	B	2021/09/30	00:37	-50.2982	52.3215	208528	B	2021/09/30	01:07	-50.5457	52.4372	208528	B	2021/09/30	01:54	-50.6139	52.4818	208528	B	2021/09/30	02:03	-50.6346	52.5427	208528	B	2021/09/30	02:23	-50.6253	52.6494	208528	B	2021/09/30	03:40	-50.6691	52.7216	<div><p>Positions Cartes</p><p>Cartes du 05/10/2021</p><p>Cliquez sur les images pour les agrandir; Faire un clic-droit sur une imagerie et choisir "sauver le lien sous" (ou "sauver la cible du lien sous" selon votre navigateur) vous permet de récupérer l'image en grande taille sans l'avoir visualisée au préalable.</p><p>Télécharger toutes les images</p><p>Visualisez les cartes avec Google Earth</p></div> <div></div>	
num	cl.	date	h.	lat.	lon.																																													
		yyyy/mm/dd	hh:mm	deg.	deg.																																													
208528	B	2021/09/30	00:37	-50.2982	52.3215																																													
208528	B	2021/09/30	01:07	-50.5457	52.4372																																													
208528	B	2021/09/30	01:54	-50.6139	52.4818																																													
208528	B	2021/09/30	02:03	-50.6346	52.5427																																													
208528	B	2021/09/30	02:23	-50.6253	52.6494																																													
208528	B	2021/09/30	03:40	-50.6691	52.7216																																													
<p>Sur les cartes Argonautica, les zones grises sont des terres émergées ; les blanches des zones océaniques. En rouge les déplacements effectués la dernière semaine, en bleu les déplacements précédents.</p>																																																		

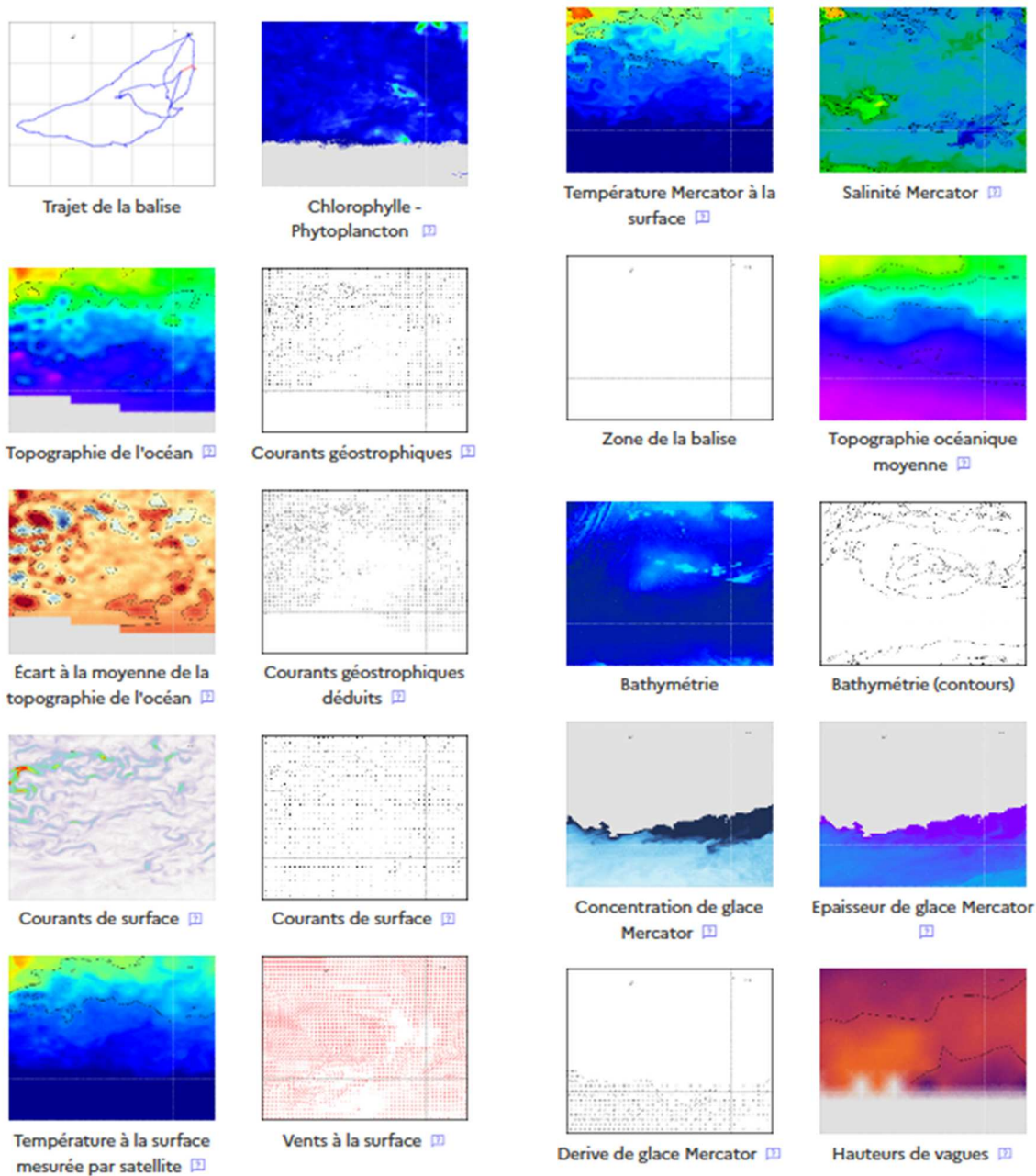
En participant à Argonautica, vous pourrez également demander l'envoi d'une carte planisphère couleur grand format pour situer la zone fréquentée par les manchots et afficher en classe.

Cartes environnementales

Dans la rubrique « Cartes » se trouvent des données environnementales : cartes des températures, courants, salinité ...

Il faut cliquer sur la carte pour avoir la carte en grand et lire la légende des valeurs des paramètres.

Exemple des cartes disponibles pour le manchot Blue, suivi du 20/04/2021 au 05/10/2021

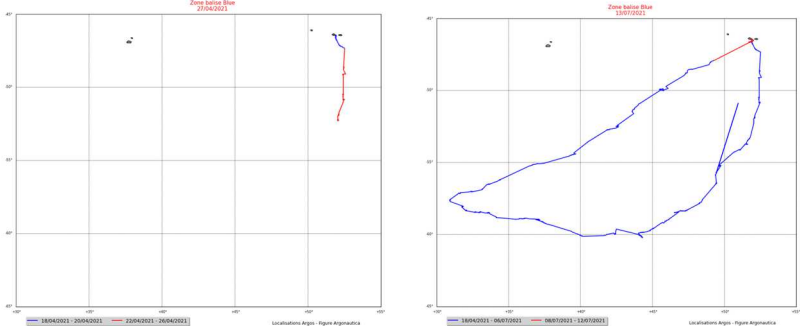
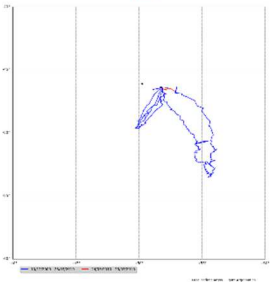
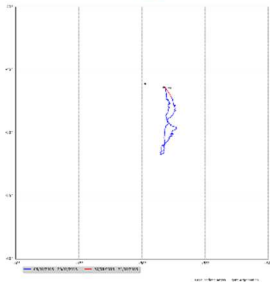
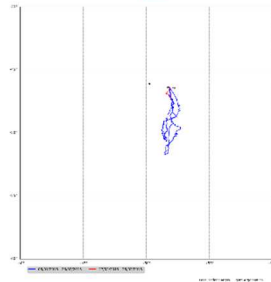
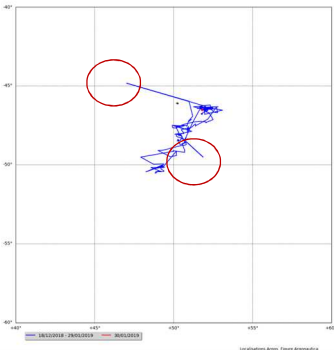


Observation, problématisation et hypothèses

Le suivi est réalisé dans des régions différentes selon les années, en fonction des équipes de scientifiques partenaires et des colonies de manchots étudiées (manchots royaux, gorfous, papous ...).

Observation des trajets

La découverte des cartes soulève rapidement de nombreuses questions pour les élèves, que ce soit sur les déplacements des manchots ou sur les caractéristiques environnementales dans lesquelles ils évoluent.

Cartes	Observations et Questions
<p>Cartes du trajet du manchot Blue entre le 27/04 et le 13/07/2025</p> 	<p>Vogue fait un trajet formant une boucle.</p> <p><i>Comment se déplace-t-il ?</i></p> <p><i>Pourquoi revient-il au point de départ ?</i></p> <p>Lorsque les cartes ne présentent pas de repères (de type côtes continentales). Seules les indications de latitude et longitude peuvent permettre de se situer.</p> <p><i>Où se situent les manchots ?</i></p>
<div> <div> <p>Carte des positions du manchot Garfield du 15/12/09 au 30/03/2010</p>  </div> <div> <p>Carte des positions du manchot Pinguin du 05/01/19</p>  </div> <div> <p>Carte des positions du manchot Pinguin du 05/02/19</p>  </div> </div>	<p>Garfield a un trajet qui forme des boucles passant toujours par le même endroit au nord.</p> <p><i>Quel est ce point au nord ?</i></p> <p><i>Pourquoi des boucles ?</i></p> <p>En deux mois, Pinguin (qui n'est pas un pingouin !!) réalise 2 boucles à peu près similaires.</p> <p><i>A quoi correspondent les trajets en boucles des manchots ?</i></p>
<p>Trajet du manchot Onde du 18/12/2018 au 05/02/2019 :</p> 	<p>On repère ponctuellement des trajets très rectilignes vers des positions très éloignées du trajet.</p> <p><i>A quoi correspondent les positions très éloignées ?</i></p> <p><i>A quelle vitesse le manchot va-t-il ?</i></p>

Problématiques et hypothèses

La découverte de positions et trajets permet ainsi de sérier des problématiques et de proposer des hypothèses.

Problématiques	Questions à résoudre	Hypothèses
Pourquoi les manchots royaux font-ils presque tous des trajets en boucles entre des positions au nord et des positions au sud ?	Où vivent les manchots royaux ? Quelles sont les caractéristiques des zones fréquentées ? Pourquoi se déplacent-ils en faisant des boucles ? vers la zone marine au sud ?	<i>Ils transportent des choses. Ils vont chercher des choses différentes aux deux endroits. Ils suivent des bancs de poissons. Ils fuient des prédateurs...</i>
Pourquoi passent-ils toujours par le même endroit au nord ?	Comment est cette zone au nord où les manchots reviennent régulièrement ? Qu'y font les manchots ? Quand se reproduisent-ils ? Vivent-ils en groupe ? Comment s'organise la vie des manchots ?	<i>Il y a sa famille, c'est l'endroit où il est né, Il y a une île, ils s'y reposent, s'y nourrissent... Parce que l'eau est trop froide, ils reviennent à terre...</i>
Pourquoi vont-ils au sud, près de l'Antarctique ?	Quels sont les prédateurs et les dangers que peuvent rencontrer les manchots ? Que mange-t-il ? Comment se nourrit-il ?	<i>La zone marine lui permet de chasser, de se mettre à l'abri, ...</i>
A quelle vitesse se déplacent les manchots ?	A quelle vitesse se déplacent les manchots (vitesse moyenne, minimale, maximale de déplacement) ?	<i>Ils nagent plus ou moins vite, en fonction du jour, nuit, des vents, des courants ... La nuit, ils dorment ?</i>
	Comment expliquer les positions brutalement très éloignées de la trajectoire certaines fois ?	<i>Parce qu'ils ont été très vite ? Est-ce qu'il peut y avoir des données fausses ? D'où cela peut venir (satellites, calculs...) ? Voir des infos complémentaires Annexe 1-3, Page 16.</i>
Pourquoi les équipe-t-on de balises ?	Le travail des scientifiques : Quelles études sont faites sur les manchots ? Pourquoi les équiper surtout entre Octobre et Janvier ?	<i>Les chercheuses et chercheurs veulent découvrir où les manchots vont et pourquoi ! Ils sont plus faciles à équiper, car c'est la saison où ils sont à Terre ?</i>
Comment se fait l'équipement d'un manchot ?	Comment les scientifiques approchent les manchots ? Est-ce que c'est dangereux ?	<i>Les scientifiques l'approchent par derrière, l'endorment ?</i>

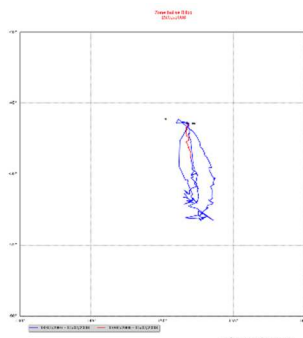
Investigations

Argonautica permet également la mise en relation des trajets de manchots avec différentes cartes satellites environnementales : cartes des températures, de la salinité, de la topographie, des courants de surface de l'océan, des vents... Cela permet de soulever de nouvelles questions et de formuler des hypothèses sur les relations déplacement/environnement.

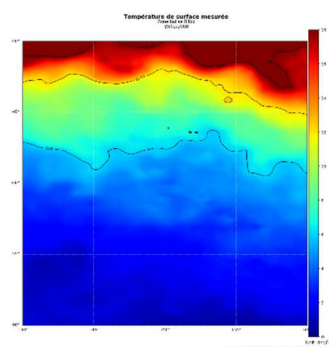
Exemples de superposition de trajets et cartes environnementales

- Superposition trajet/bathymétrie et topographie, exemple de Bilbo :

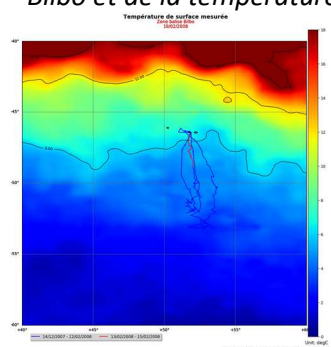
Carte du trajet de Bilbo



Carte de la Température de surface



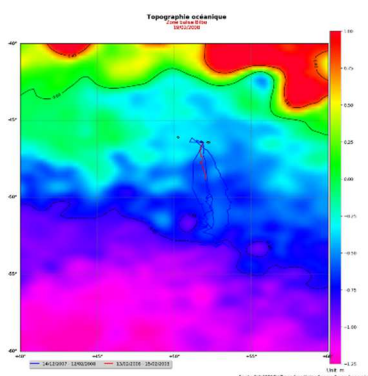
Superposition de la carte du trajet de Bilbo et de la température



Bilbo part d'une île où la température de surface de l'eau est d'environ 7°C. Il part en direction du sud et il fait 2 boucles dans l'océan jusqu'à une zone où la température de surface de l'eau est d'environ 3-4°C.

➡ *Est-ce que la température influencerait le déplacement de Bilbo ?*

Trajet de Bilbo et topographie océanique :



La superposition avec la carte « topographie » montre que le trajet en boucle se fait dans une zone où la hauteur d'océan reste comprise entre -80 cm et -35 cm par rapport à la hauteur de référence.

La zone où il effectue son « demi-tour » présente une hauteur d'eau proche de -80 cm.

➡ *La topographie océanique influencerait-elle le déplacement de Bilbo ?*

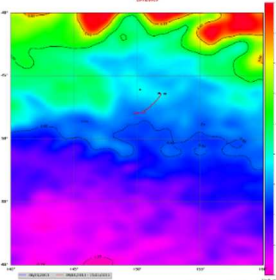
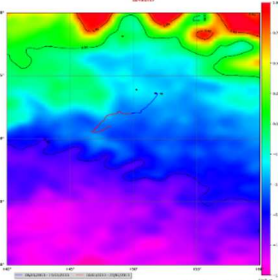
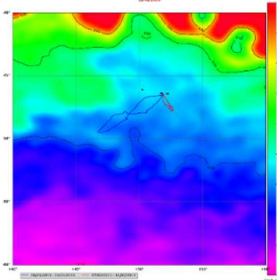
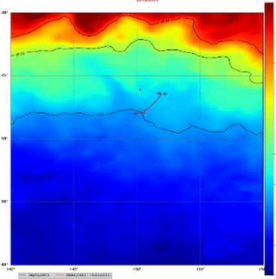
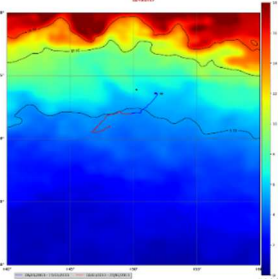
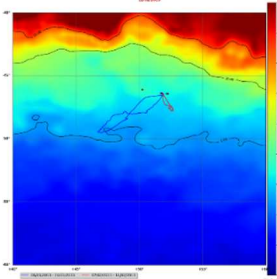
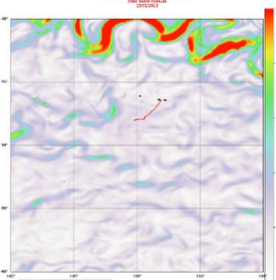
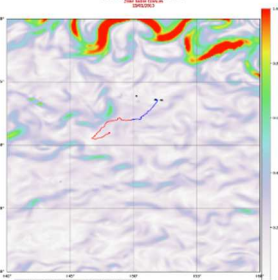
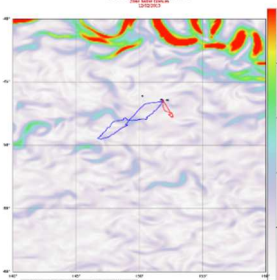
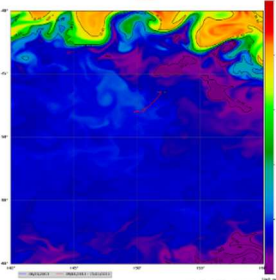
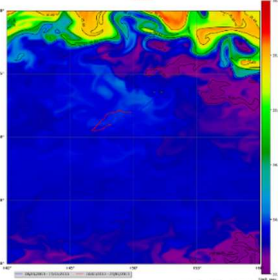
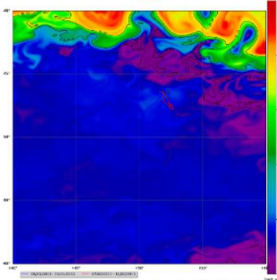
Bilbo se dirige à deux reprises vers une zone où la hauteur de mer est plus basse et fait demi-tour lorsque cette hauteur est de -80 cm (limite entre violet/rose et bleu foncé), avec une température de l'eau de 3 ou 4 °C : des liens semblent s'établir entre déplacements du manchot, topographie et température de l'eau... On peut faire l'hypothèse que le déplacement se ferait de l'île en direction de zones où la température de l'eau serait plus fraîche et la topographie moins élevée... Ces hypothèses nécessitent de poursuivre les recherches (comparer avec d'autres trajets de manchots, au cours du temps, avec d'autres années ...) pour être validées... ou non !

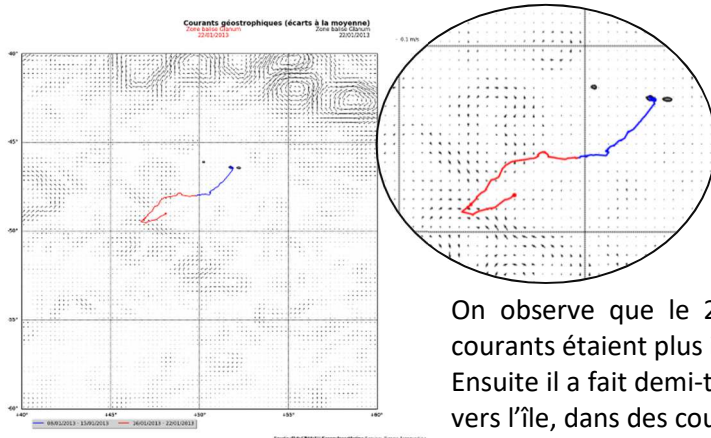
La superposition peut être faite avec chaque carte environnementale fournie par Argonautica...

- Superpositions semaine après semaine

Le suivi semaine après semaine permet d'observer quels facteurs influent le déplacement des manchots et quelle variation de paramètres océaniques entraîne des modifications de déplacement.

Exemple avec le manchot Glanum, entre le 15/01/2013 et le 12/02/2013.

	15/01	22/01	12/02
Topographie océanique			
	Comme le manchot Bilbo, Glanum part d'une zone où la hauteur de l'océan est de -35cm par rapport à la hauteur de référence. Il se dirige vers une zone où la hauteur de mer est plus basse -55/-60 cm et fait demi-tour avant de revenir sur l'île. Il fait une deuxième boucle plus petite.		
Température océanique			
	Comme le manchot Bilbo, Glanum se dirige vers des eaux plus froides avant de faire demi-tour et de revenir sur l'île. Bilbo a été dans des eaux plus froides (3-4°C) que Glanum (5°C).		
Courants de surface			
	Il semblerait que Glanum se déplace dans les zones où les courants de surface sont faibles (couleur claire). -Éviterait-il les zones où les courants augmentent (couleur verte) ? -La direction des courants par rapport à la direction du manchot (sens contraire au déplacement ou dans le sens du déplacement) a-t-elle une influence ? Les cartes géostrophiques des courants de surface permettent d'approfondir ce genre de question.		
Salinité			
	La salinité, similaire sur toute la zone fréquentée, ne semble pas avoir d'influence sur le trajet du manchot.		



On observe que le 22/01, Glanum s'est dirigé vers une zone où les courants étaient plus importants et de sens contraire à son déplacement. Ensuite il a fait demi-tour dans une zone à plus fort courant et est reparti vers l'île, dans des courants plus faibles.

Cette relation entre déplacement et force et direction de courants nécessite de nouvelles investigations et d'autres observations : pourquoi Glanum va-t-il en sens contraire aux courants, pourquoi fait-il demi-tour ? Qu'est-ce qui « motive » ses déplacements ? Ces questions font partie de la recherche scientifique.

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 manchots ont permis d'en savoir plus !

Les différentes hypothèses nécessitent de poursuivre l'investigation pour être validées ou non et pourront être soumises aux scientifiques partenaires d'Argonautica !



Droits réservés CNRS CEBC C. Bost

Mises en relation avec la biologie

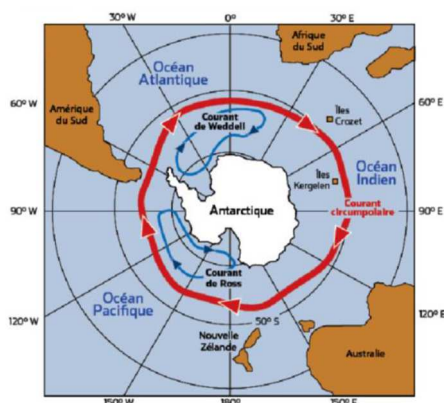
Cette partie montre comment certaines questions issues des observations des **cartes de déplacements et cartes satellites environnementales fournies par Argonautica** trouvent réponse avec une mise en relation avec **l'écologie** des manchots.

Pour ces connaissances biologiques et de plongée, 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 !

- Où vivent les manchots royaux ?

On découvre grâce aux cartes Argonautica que les manchots royaux suivis vivent en Antarctique. Leurs localisations montrent des positions sur les îles de l'Archipel des Crozet, Kerguelen ainsi que des déplacements sur de grandes distances en plein océan, parfois jusqu'aux côtes de l'Antarctique.

- Quelles sont les caractéristiques de l'environnement océanique parcouru par les manchots ?

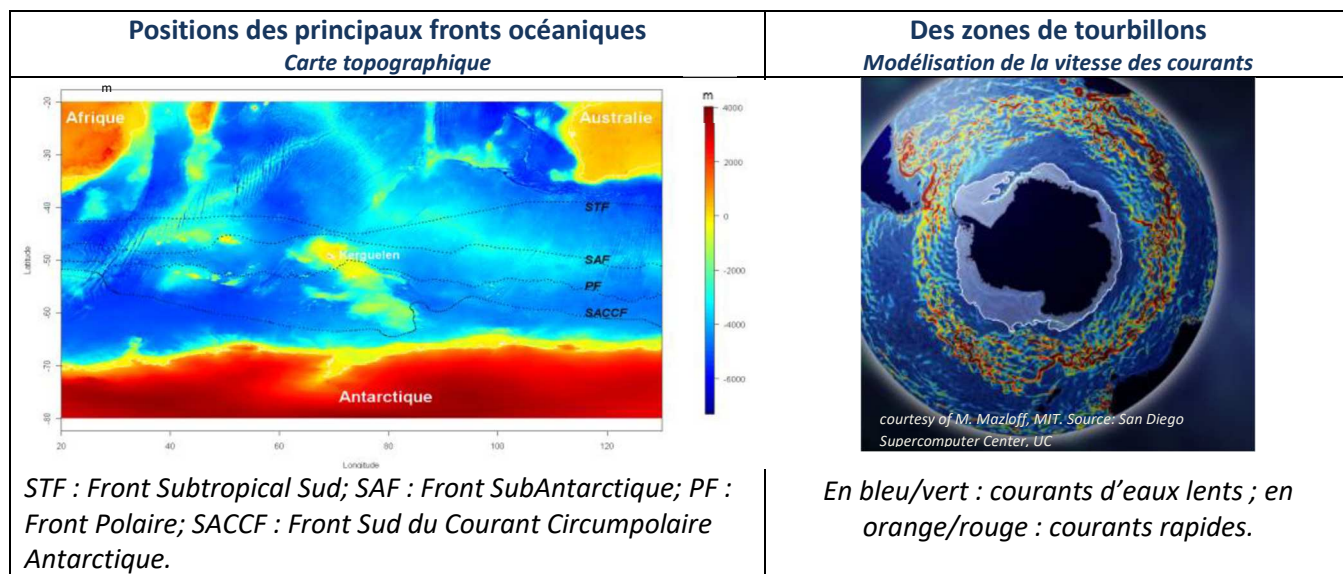


L'océan Austral (ou Antarctique) se déplace selon un puissant courant circumpolaire et permet les échanges entre océans (température, salinité, ...).

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.



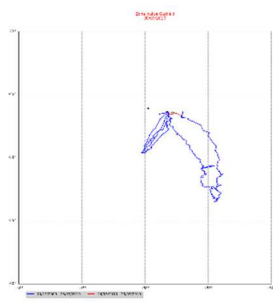
○ Comment est cette zone au nord où les manchots reviennent régulièrement ?

Les manchots vivent sur des îles subantarctiques au climat océanique (froid mais non polaire, avec des températures moyennes de 5°C) avec des pluies souvent abondantes et des vents violents. L'origine volcanique du sol a influencé la topographie : plages, vallées, falaises et plateaux. La végétation se limite à des mousses, des lichens et quelques graminées.

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 manchots.

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

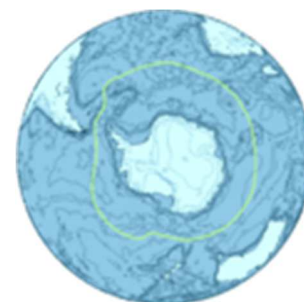
○ Pourquoi et comment les manchots se déplacent-ils ?



Les localisations des manchots montrent que les boucles correspondent à des allers retours entre terre et mer : les manchots s'éloignent souvent à plus de 500 km de leur île de départ avant de faire demi-tour et de revenir sur l'île.

Les manchots ne trouvent pas de nourriture sur les îles. Lorsqu'ils y séjournent, ils jeunent et vivent sur les réserves emmagasinées dans leur corps. Les manchots fréquentent les îles pour muer, se reproduire et nicher, en vastes colonies. Pour se nourrir et faire des réserves, ils vont pêcher en mer. A leur retour, ils nourrissent leurs petits.

La zone marine fréquentée au sud par les manchots pour se nourrir est caractérisée par la rencontre d'eaux froides et d'eaux chaudes. Il s'agit du front polaire ou convergence antarctique, c'est une zone où les poissons abondent et sont accessibles (les proies sont moins profondes qu'au front Sub-Antarctique où les eaux sont plus chaudes et le thermocline plus profond).



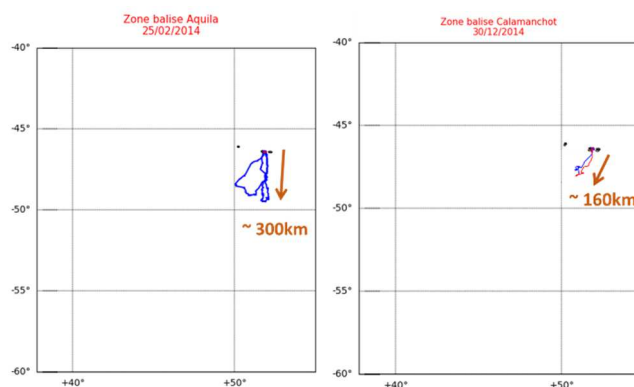
Convergence Antarctique : une zone d'environ 32 à 48 km de large dont la latitude varie selon la saison, entre les 48° et 61° parallèles

Les manchots y effectuent de nombreuses plongées pour attraper leurs proies principales : les poissons lanternes qui vivent généralement à grande profondeur. Les manchots font des plongées de 5 à 6 min et descendent la plupart du temps à 150m de profondeur (jusqu'à 400 m enregistré).

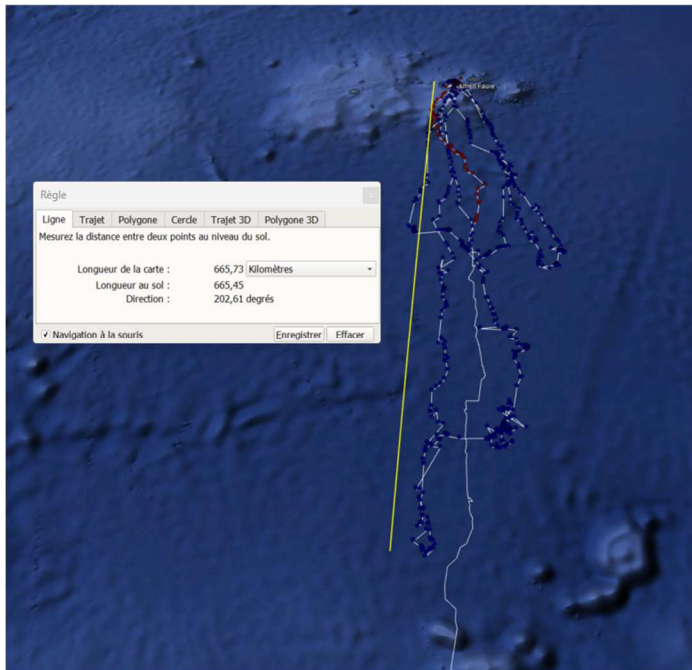
○ Sur quelles distances se déplacent-ils ?

Les suivis de manchots équipés à Kerguelen révèlent qu'il existe deux types de trajets au cours de l'été (période de l'élevage des jeunes):

- des trajets "courts" (inférieurs à 200km de l'île) permettant un retour à terre fréquent. La pêche se fait au niveau du plateau océanique qui entoure l'archipel.
- des trajets "longs" en zone océanique (à plus de 400km de l'île), avec plus de temps au-dessus de zones profondes où les manchots s'alimentent de proies de plus grande taille que celles présentes au niveau du plateau continental.



On peut faire l'hypothèse d'une adaptation des trajets en fonction des nécessités pour le poussin : nourrissage plus fréquent mais en moindre quantité ou moins fréquent mais conséquent. Cela dépend peut-être de l'âge du poussin, des conditions climatiques...



Grande boucle du manchot Aquila (carte du 06/05/2014).

On peut l'approximer à environ 700km aller.

Carte Argonautica affichée avec google earth et utilisation de l'outil « règle ».

○ A quelle vitesse se déplacent les manchots ?

Pour calculer les vitesses de déplacement ($\text{vitesse} = \text{distance} / \text{temps}$) à partir des données d'Argonautica, on pourra utiliser le tableau des positions qui donne l'emplacement exact des positions des manchots avec dates et heures correspondantes.

A partir des cartes, pour des trajets plutôt linéaires, on peut utiliser l'outil « règle » avec Google Earth ou mesurer approximativement avec une règle directement sur la carte. *Voir le trajet d'Aquila ci-dessus.*

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). Il est aussi possible d'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>).

Les calculs de vitesse montrent qu'il y a très peu de déplacement à terre, des vidéos montreront en complément que le manchot royal se dandine à terre sur ses courtes pattes.

En mer, par contre, les vitesses sont très variables.

Une balise Argos émettant toutes les 45 secondes à destination des satellites (si le manchot est en surface) les données montrent qu'en mer, les manchots :

- sont en surface pendant la nuit, sans grand déplacement : ils se reposent.
- sont en déplacement ou en plongée (peu de réceptions de données) le jour.

Les calculs de vitesse montrent que les déplacements marins peuvent être très rapides : jusqu'à 20 km/h. Des vidéos montreront que le manchot est extrêmement à l'aise dans l'eau et peut accélérer comme une véritable "torpille", enchaîner zigzags et bonds.

○ Pourquoi certains manchots changent-ils de direction ?

Avec plusieurs suivis de manchots, on constate des variations dans les trajets : les « boucles » partent le plus souvent vers le sud mais également parfois vers l'est, ou l'ouest :

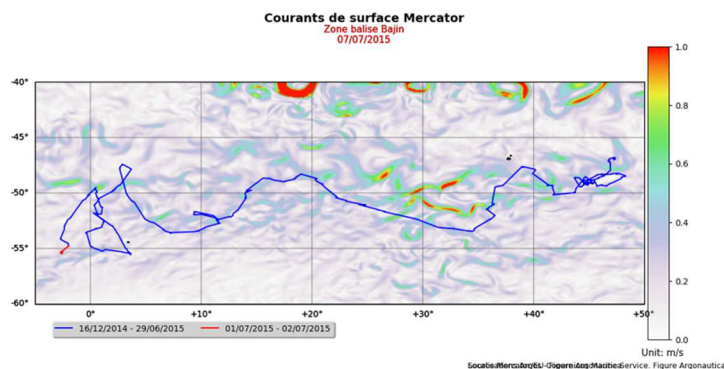
La mise en relation avec les cartes environnementales peut montrer que ces variations de trajets correspondent à des modifications de courants marins : les zones d'eaux froides et chaudes se déplacent. Les manchots sont capables de changer de cap pour trouver leur nourriture.

Les variations du climat semblent impliquées dans ces modifications de courants marins.

○ Quels rôles jouent les tourbillons dans le déplacement des manchots ?

À l'origine à la fois des zones frontales et des courants, les tourbillons joueraient un rôle important dans les trajets des manchots royaux à la recherche des proies.

Les scientifiques ont en effet constaté que les manchots se déplacent souvent à la lisière formée entre les tourbillons de courants chauds et les tourbillons de courant froids. De plus, au niveau des zones frontales en bordure de ces tourbillons, les manchots ralentissent particulièrement.



Des équipements spécifiques sur certains manchots (capteurs de pression, d'activité cardiaque, d'accélération dynamique, d'ouverture du bec du manchot, ...) ont montré que ce ralentissement correspondait à des plongées des manchots pour se nourrir : les lisières entre tourbillons semblent favoriser la concentration des proies dont ils se nourrissent.

Pendant leur circuit, les manchots ont ainsi tendance à suivre les courants marins associés aux tourbillons et à les utiliser comme indicateurs pour atteindre rapidement les zones de fronts océaniques où il y a une forte concentration de proies. La zone du front polaire, marquée par la présence de nombreux tourbillons océaniques de 100 à 200 km de diamètre est ainsi une de leur destination privilégiée.

Pour les manchots Adélie, qui parcourent également des centaines de kilomètres, une étude récente a montré que les individus choisissent majoritairement entre deux stratégies de recherche alimentaire :

- la première consiste à se diriger en suivant les courants dominants pour atteindre des régions de tourbillons marins dont la position est relativement constante d'année en année,
- la seconde à se diriger à proximité du talus continental, dans une zone à forte concentration en glace de mer (aussi appelée le pack).

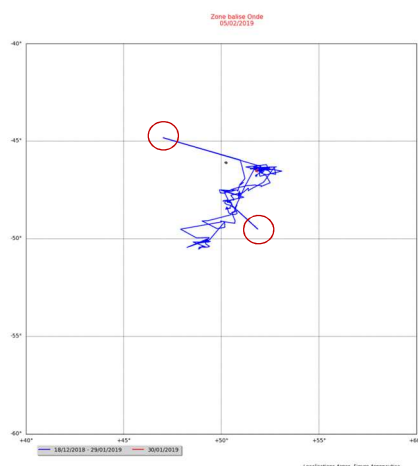
Or les tourbillons, le pack ou encore le talus continental sont bien connus des océanographes pour être généralement des zones riches en nourriture (krill et poisson principalement).

Les manchots Adélie seraient donc capables d'utiliser des caractéristiques océanographiques pour localiser les aires riches en nourriture.

○ Comment expliquer les positions brutalement très éloignées de la trajectoire ?

On observe parfois certaines localisations très éloignées de la trajectoire d'ensemble.

Trajet du manchot Onde du 18/12/2018 au 05/02/2019 :



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

Plus d'informations Annexe 1-3, page 16.

Conclusion et perspectives

L'Océan Austral est particulièrement sensible aux changements climatiques : les 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 les réseaux trophiques. 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.

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 manchots sont des compléments essentiels pour la recherche océanographique. Les profils verticaux des paramètres environnementaux océaniques (température, salinité, concentration en chlorophylle...) 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.

Les questions abordées dans ce document ne sont pas exhaustives. Avec le suivi des manchots, les élèves s'intéressent à de nombreuses notions : géographie, saisons de l'hémisphère sud, adaptation et cycle de vie des manchots, travail des scientifiques... 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 manchots 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 ou encore l'impact du réchauffement actuel sur l'environnement austral.

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.

*Retrouvez ce dossier ainsi que ses compléments : fonds de cartes, journaux de bord, portraits de scientifiques ...
sur le site Argonimaux !*



<https://cnes.fr/education/argonautica/argonimaux>

ANNEXE 1-1 Tutoriel d'utilisation de la plateforme de données Argonautica

- 1- Aller sur la page d'accueil ARGONAUTICA : PLATEFORME DE DONNEES Argonautica.jason.oceanobs.com

Cliquez sur : « Consultez les données ArgOcéan/Argonimaux »

Argonautica : la plateforme de données



- 2- Choisissez une balise en cliquant :

- soit à partir de la liste
- soit à partir de la carte (balises récentes)



- 3- Choisir le groupe à suivre :

(Exemple : les tortues)



- 4- Choisir la balise à suivre

Seules les tortues suivies cette année apparaissent. Pour avoir la liste de toutes les tortues, cliquer sur :

[Sélectionner la période de données complète](#)

Choisir une balise dans la liste :



- 5- Accéder aux données en cliquant :

- sur **Positions** pour avoir les coordonnées latitude/longitude
- sur **Cartes** pour avoir la carte de déplacement de la balise et toutes les cartes environnementales.



ANNEXE 1-2 Superposition et utilisation de Google Earth

Pour superposer la carte du trajet à celle du facteur environnemental choisi, 2 possibilités :

- soit en téléchargeant les cartes et en superposant les images directement à l'aide de Power point ou draw (version Open office). Il est possible aussi de réaliser directement un copié collé.

Attention, pensez bien à cliquer sur la carte choisie pour l'ouvrir en grand et avoir la légende avant de télécharger ou copié collé l'image.

- soit directement en cliquant sur « Visualiser les cartes avec Google Earth ».

L'interface Google Earth a été faite pour superposer trois types d'informations :

- des cartes "en couleurs"
- avec des cartes "en contours/vecteurs"
- avec les points représentant le trajet des balises

Pour utiliser ces possibilités, ouvrez le fichier ".kmz" proposé (pour chaque balise, par date) dans les pages Argonautica. Cliquez ensuite sur la ou les carte(s) que vous voulez visualiser. Les trajectoires sont proposées dès l'ouverture du fichier.

Sur le bandeau gauche de Google Earth, choisir une par une les cartes environnementales à superposer.

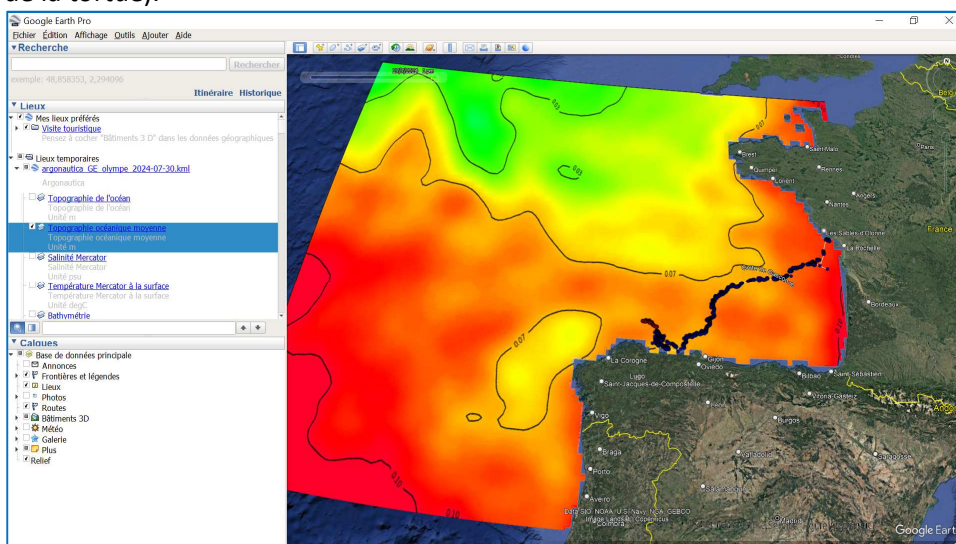
NB : si vous superposez deux cartes "en couleurs", l'une sera visible mais pas l'autre ! Même chose pour des "contours/vecteurs".

Exemple avec la tortue Olympe, carte du 30/07/2024 :

En cliquant sur visualisez les cartes avec Google Earth, je lance le téléchargement du fichier « olympe_2024-07-30_fr.kmz ».



En l'ouvrant dans Google Earth, j'obtiens ceci (visualisation de la topographie océanique moyenne et du trajet de la tortue).



ANNEXE 1-3 Données aberrantes sur les trajets

Les positions aberrantes qui donnent des vitesses physiquement impossibles mettent en évidence des données fausses qui peuvent exister : artéfacts de calcul, de saisie, de transmission...

Ces données aberrantes sont conservées dans Argonautica pour :

- l'esprit critique : « est ce qu'une tortue peut effectuer 1000km en quelques heures ? » ...
- travailler comme un scientifique qui doit « nettoyer » ces données avant de les utiliser.

Pour aller plus loin, dans le tableau des positions vous trouverez une colonne « cl. » (pour « classe ») qui donne la classe, soit la précision de la position de la balise – ou autrement dit le rayon d'erreur de localisation Argos.

Il est possible de trier les données de cette façon-là : n'en gardez qu'une seule par jour, et dont la classe est de « grande qualité » soit classe 1, 2 ou 3.

Table 1. Argos Doppler location class (LC) accuracy as estimated and documented by CLS (2011), based on the least-squares method of location derivation

Location class	Estimated error radius	Number of transmissions
3	<250 m	≥4
2	250–500 m	≥4
1	500–1500 m	≥4
0	>1500 m	≥4
A	No estimation	3
B	No estimation	2
Z	Invalid location	

Doppler location errors are not strictly isotropic; the CLS error radius is calculated as \sqrt{wr} , where r and w are the semi-major and semi-minor axis lengths of an estimated error ellipse.