

# Projet Atlas de surcote cyclonique sur le bassin sud-ouest de l'océan Indien (CMRS de La Réunion)

METEO-FRANCE/DIROI/CYC/EC

September 9, 2008



September 15, 2008



*Atlas de surcote cyclonique – Juin 2015*

# Plan de la présentation

---

1. Le projet « atlas de surcote »
2. Interface de calcul et de visualisation des estimations de surcote maximale
3. Atlas « numérique » de surcote

# Plan de la présentation

---

1. **Le projet « atlas de surcote »**
2. Interface de calcul et de visualisation des estimations de surcote maximale
3. Atlas « numérique » de surcote

# 1 – Atlas de surcote cyclonique

- L'origine du projet vient d'une recommandation forte de l'OMM (décision du Conseil exécutif suite à la catastrophe causée par le cyclone NARGIS en Birmanie en mai 2008) pour que le CMRS fournisse dans les meilleurs délais une information de base sur le risque de surcote cyclonique (marée de tempête) sur le bassin (au profit des pays membres du Comité des cyclones tropicaux du Sud-Ouest de l'océan Indien)
- Le projet « Atlas de surcote » a donc été lancé en 2011 à la DIROI

# 1 – Atlas de surcote cyclonique

---

- Deux objectifs pour ce projet;
  1. Produire un atlas (numérique) de surcote pour les zones côtières du bassin cyclonique sud-ouest de l'océan Indien
  2. Développer un outil opérationnel pour produire des cartes de surcotes maximales possibles par rapport à une trajectoire prévue par le CMRS

# 1 – Atlas de surcote cyclonique

- Ces deux objectifs requièrent l'existence d'une base de données de simulations réalisées à partir du modèle de surcote développé par P. Daniel (MF/PREVI/MAR) au début des années 1990. Ces simulations étant générées en faisant varier les paramètres d'un cyclone fictif ;
  - Point d'atterrissage sur la côte
  - Trajectoire (angle d'impact relatif à la côte)
  - Intensité (vent maximum)
  - Taille et structure
  - Vitesse de déplacement

# 1 – Atlas de surcote cyclonique

Quelques mots sur le modèle de P. Daniel :

- Les principales variations à court terme de la circulation océanique sont dues au vent et à la pression atmosphérique
- Un modèle intégré sur la profondeur a ainsi été adopté pour la prévision de surcote
- Le modèle est forcé par le vent et la pression atmosphérique
- Il utilise les équations de **Saint-Venant** intégrées sur la verticale et écrites en coordonnées sphériques

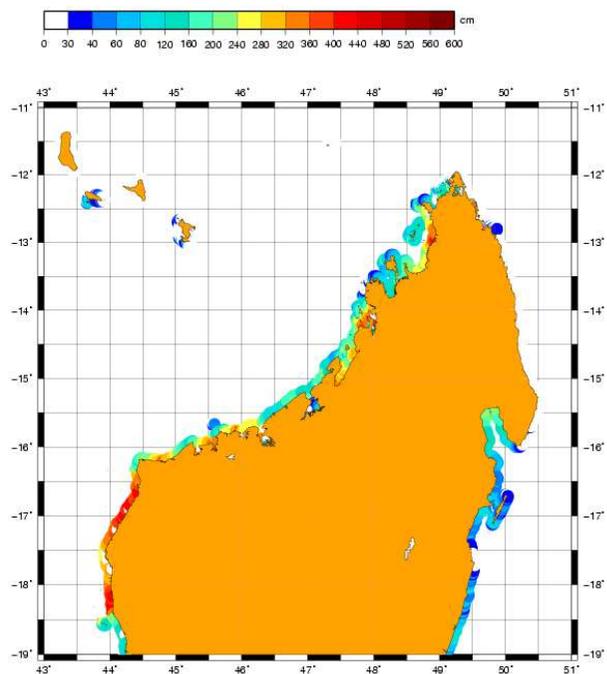
# 1 – Atlas de surcote cyclonique

---

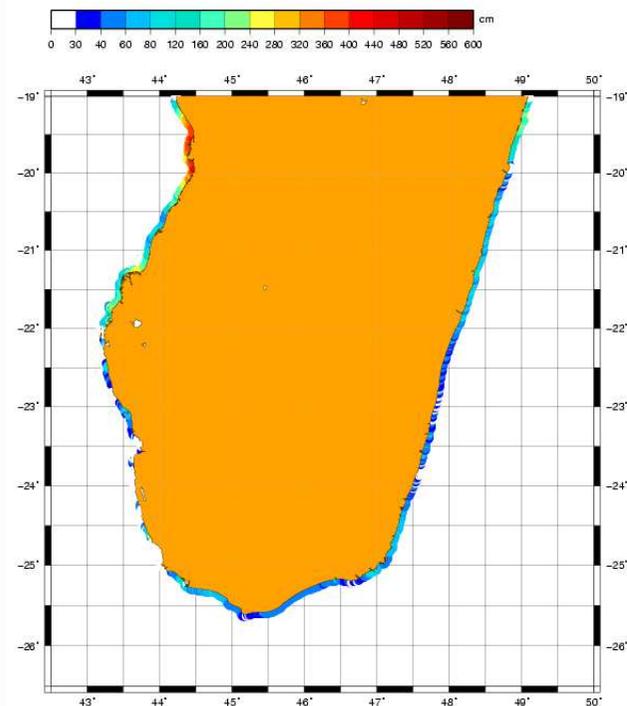
- Le modèle analytique empirique de Holland permet d'obtenir des champs de pression atmosphérique et de vent de surface réalistes, en particulier à proximité du maximum de vent
- A intensité égale (vent max identique), en faisant varier la pression centrale et la taille de l'œil, on obtient des champs de vent différents en terme d'extension (taille du système)

# 1 – Atlas (tests de sensibilité au vent - Madagascar)

Simulation vent constant de 100 kt  
Rotation complete sur 24 heures  
Domaine: Madagascar\_Nord



Simulation vent constant de 100 kt  
Rotation complete sur 24 heures  
Domaine: Madagascar\_Sud



**Dans l'idée de réduire le nombre de simulations (durée d'utilisation du NEC de Météo-France à Toulouse limitée à 3000/4000 heures), des tests ont été réalisés sur de larges domaines en appliquant un vent constant et en retirant l'effet barométrique pour déterminer la sensibilité au vent des différentes configurations bathymétriques rencontrées dans la zone (bathymétrie à 1 minute)**

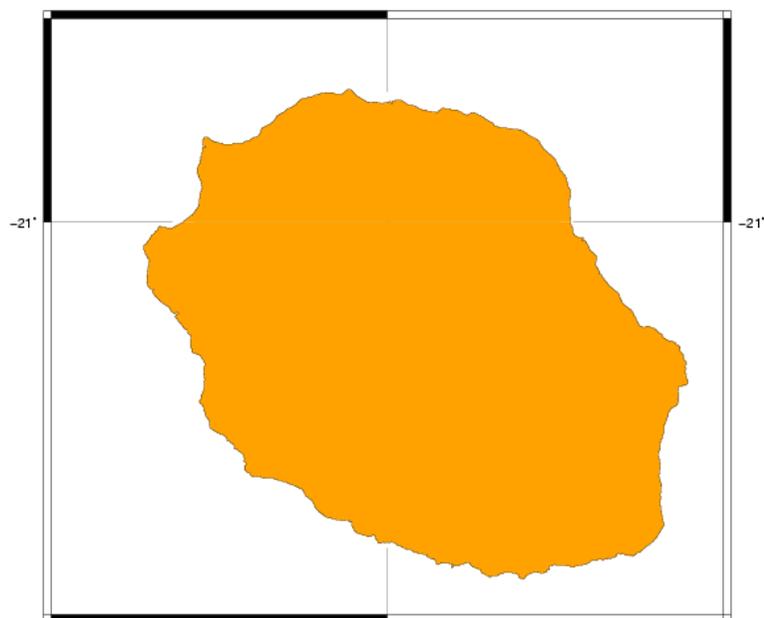
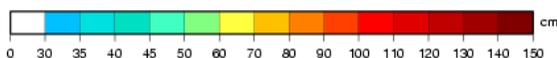
# 1 – Atlas (tests de sensibilité au vent – Maurice et Réunion)

Au final l'idée « d'exclure » certaines zones a été abandonnée puisque le code du modèle a été optimisé pour tourner sur le NEC. On est passé d'un temps d'exécution moyen de 30s à quelques secondes (vectorisation des boucles) ...

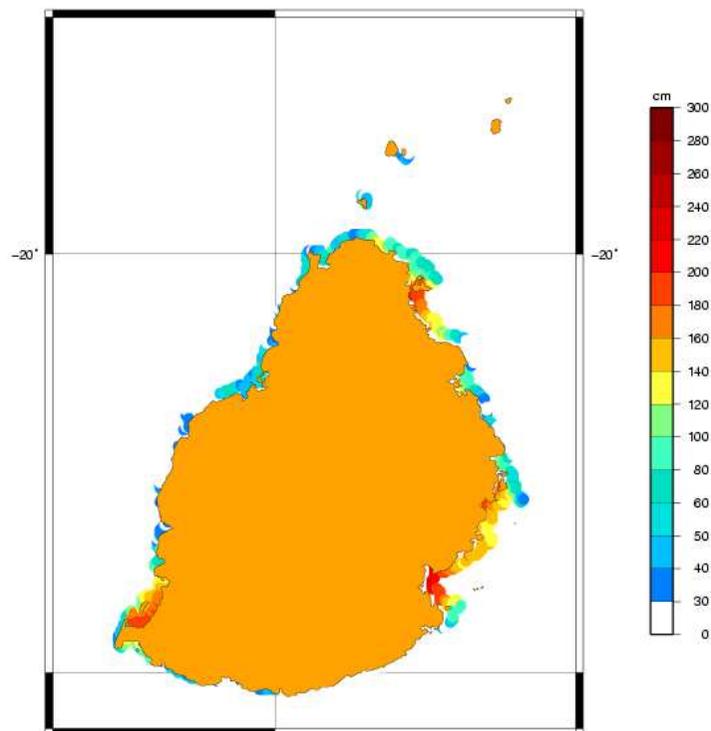
Simu

Rotation complete sur 24 heures

Domaine: Reunion



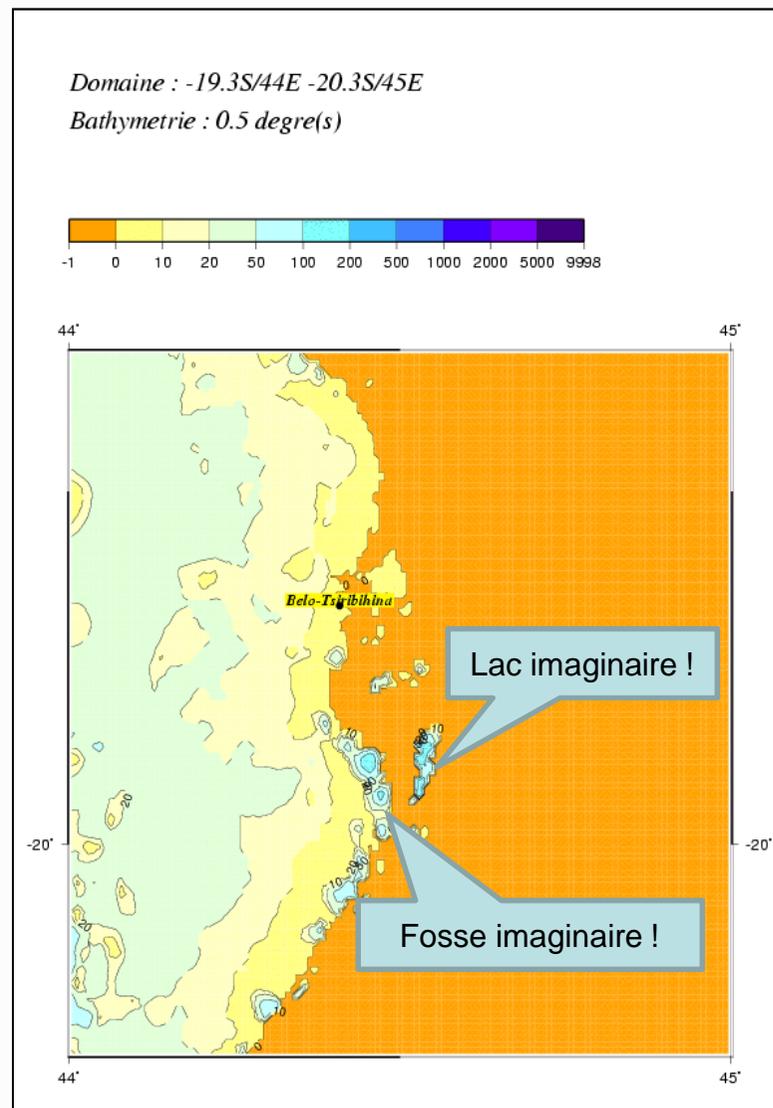
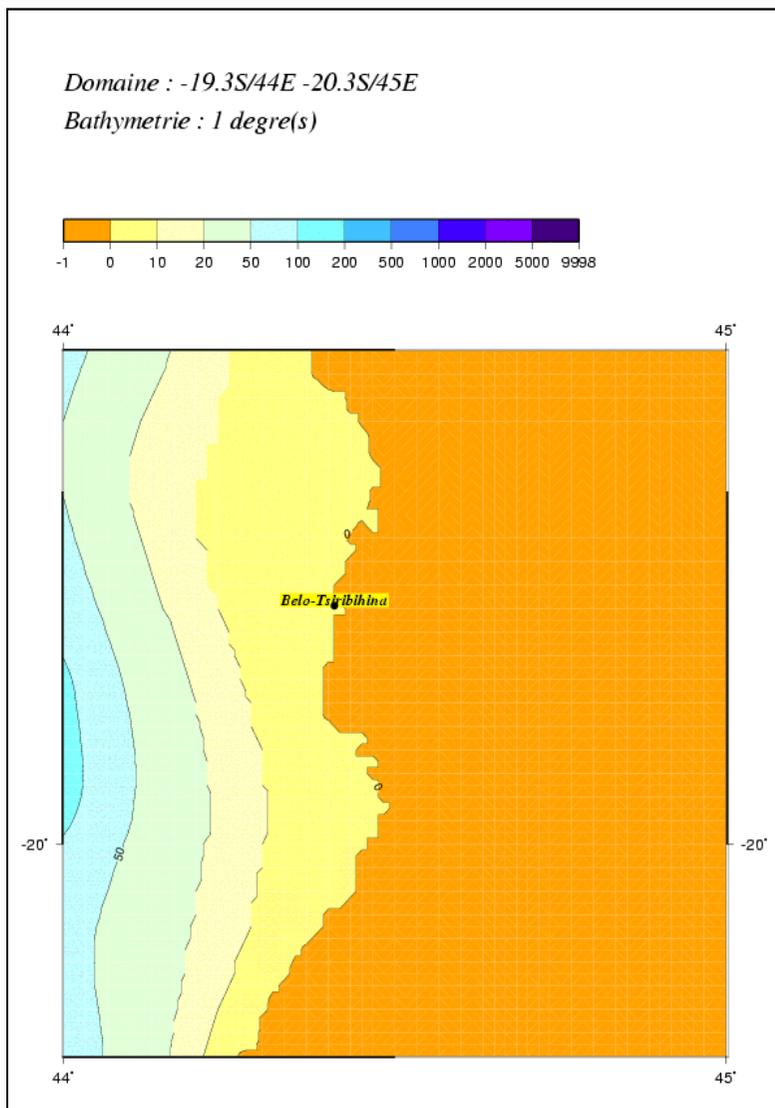
Domaine: Maurice



# 1 – Atlas (choix et contrôle de la bathymétrie)

- Le modèle peut tourner sur différentes bathymétries disponibles ;
  - 5 MN ETOPO (NOAA)
  - 1 MN ETOPO (NOAA)
  - 1 MN GEBCO
  - 0.5 MN (30 ") GEBCO
  - 0.12 MN (5 ") Bathymétrie fine établie par le service PREVI/MAR de Météo-France pour les îles : Réunion, Maurice et Mayotte

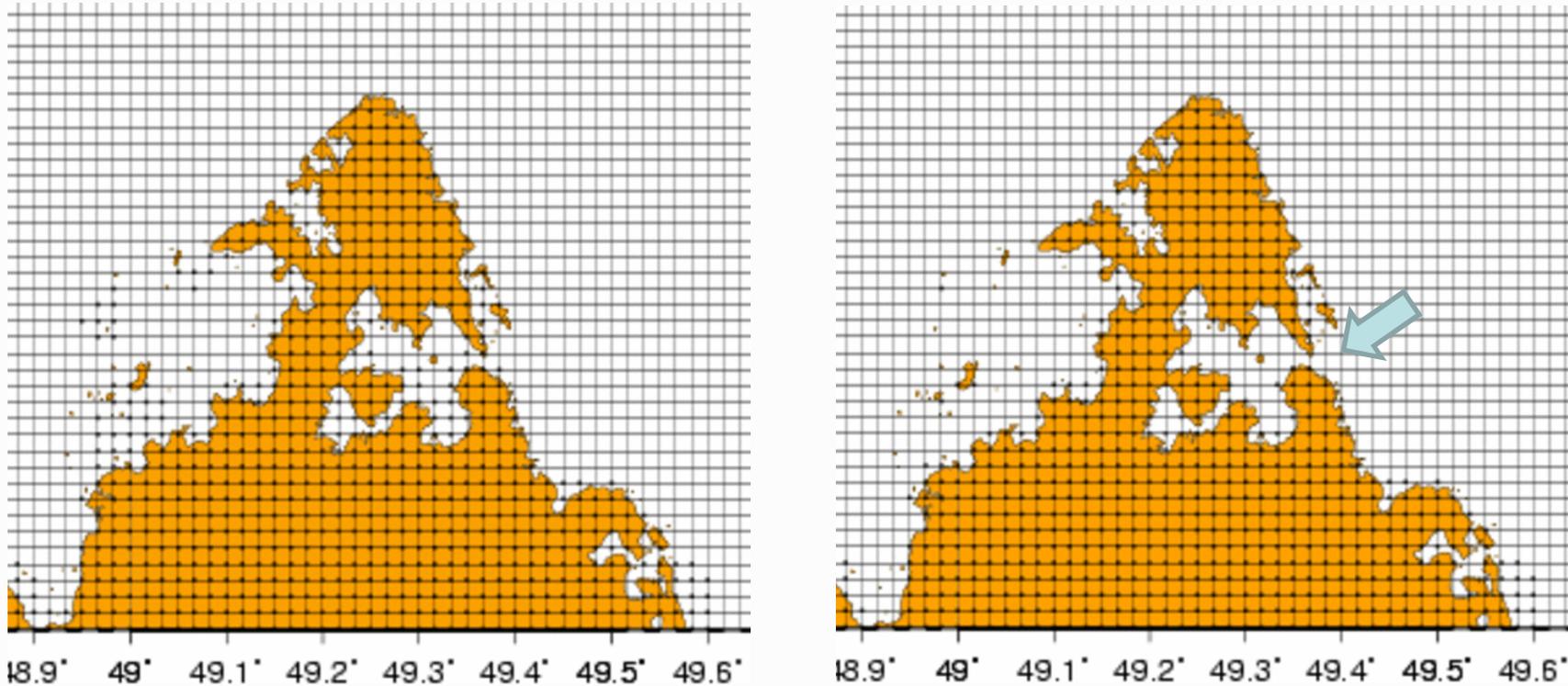
# 1 – Atlas (bathymétrie à 30'' non fiable !!!)



# 1 – Atlas (bathymétrie à 30'' non fiable !!!)

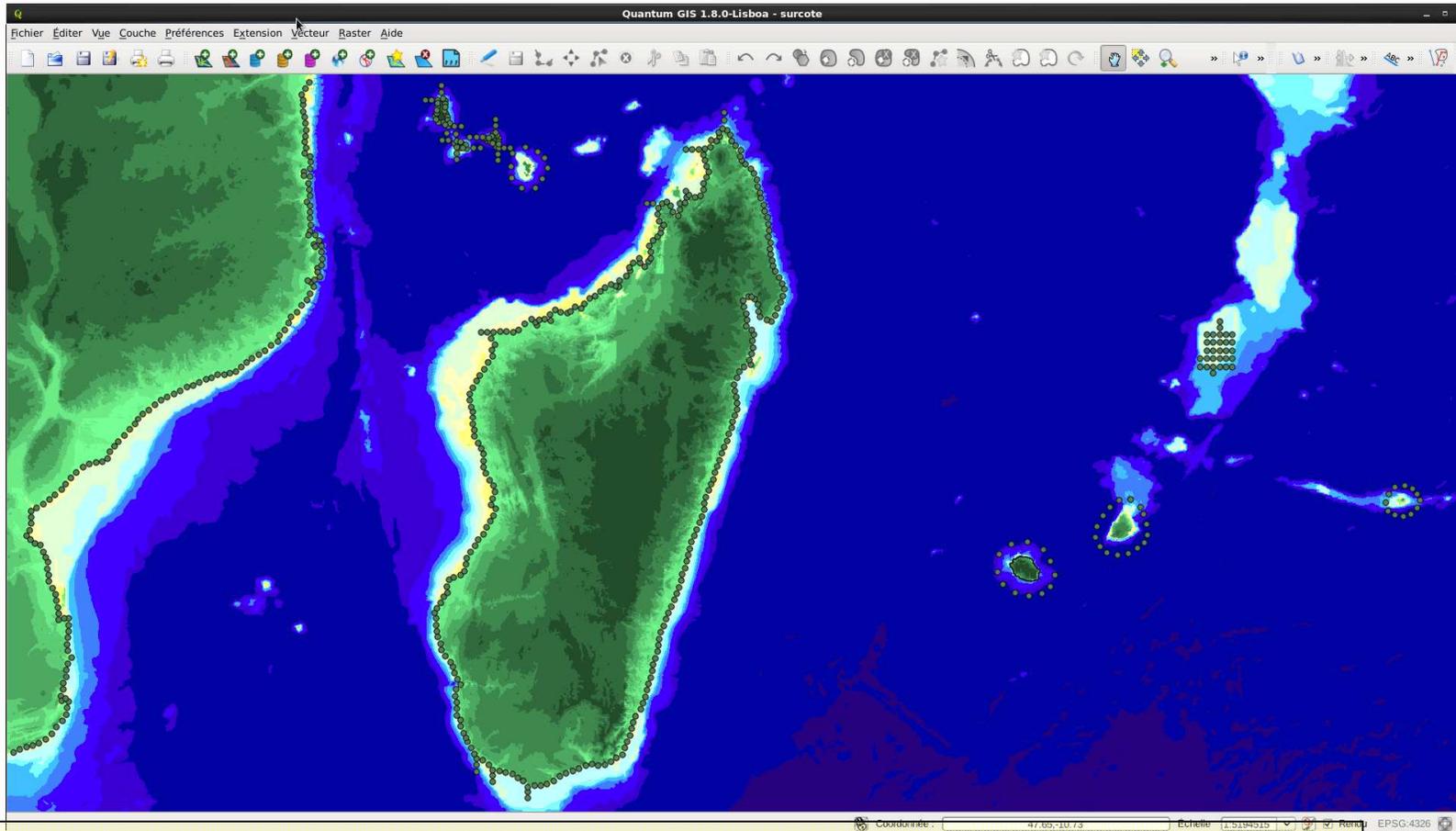
- Un contrôle fin a montré que la bathymétrie 30s GEBCO n'est pas fiable du fait de nombreuses erreurs dans les zones côtières
- Nous avons donc choisi la bathymétrie 1 minute (sauf pour les îles où l'on dispose de la bathymétrie 12s fiable) et celle-ci, sous les conseils de PREVI/MAR, a été scrupuleusement contrôlée, plus spécialement :
  - Pour la côte, en contrôlant qu'un point de terre de la bathymétrie est bien réellement sur terre et un point de mer est bien sur mer ! (vérifications faites avec GMT et GOOGLE Earth)
  - Pour les baies importantes, en vérifiant que ces baies sont ouvertes dans la bathymétrie (important pour la propagation des courants)

# 1 – Atlas (contrôle de la bathymétrie)



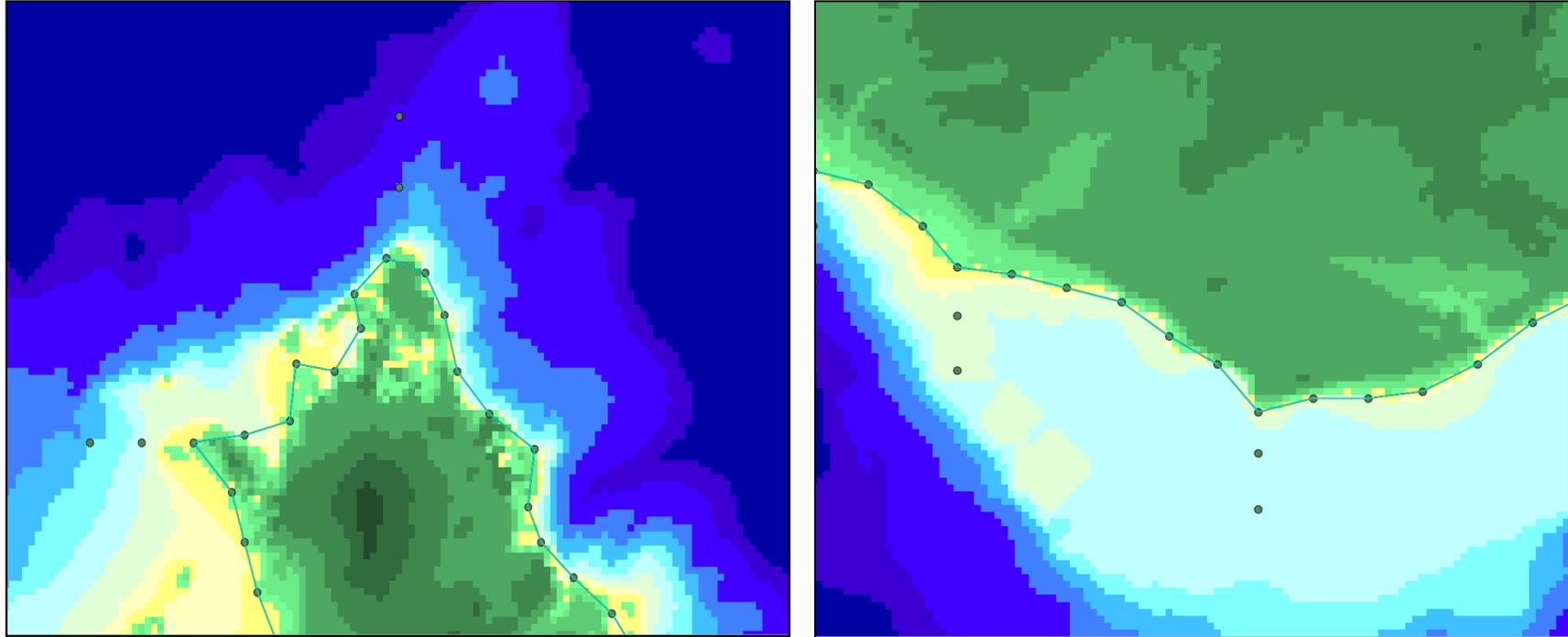
**Sur l'image de gauche, deux points de terre avant correction, et à droite, l'image montre la disparition des deux points de terre au profit de deux points de mer. La baie de Diego-Suarez est ainsi « ouverte » pour la propagation des courants de surcote (flèche bleue)**

# 1 – Atlas de surcote (simulations)



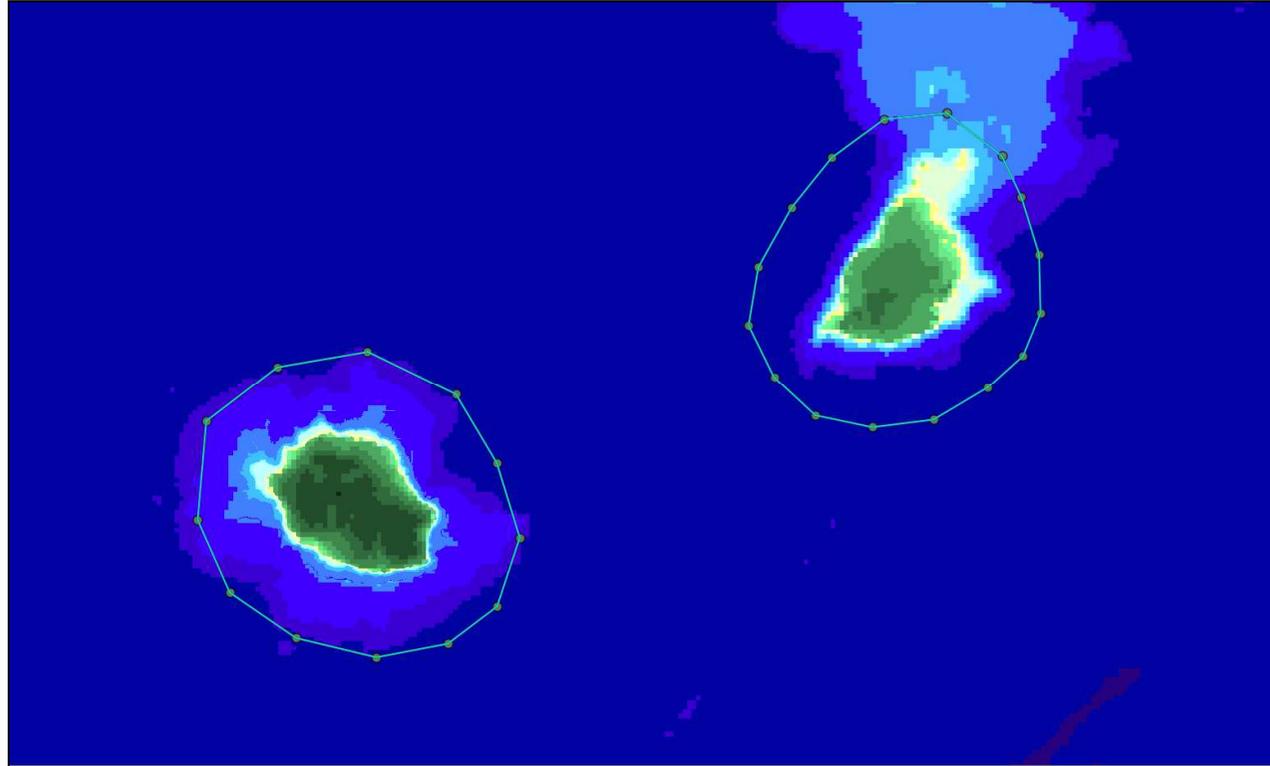
**591 points de référence ont été définis qui constituent, soit des points d'atterrissage sur la côte (Madagascar, Mozambique, Comores), soit des points répartis régulièrement autour des îles isolées (Mayotte, Réunion, Maurice, Saint-Brandon, Rodrigues)**

# 1 – Atlas de surcote (simulations)



**Pour le cas de Madagascar, des points de référence « stratégiques » situés en mer ont été rajoutés aux points d'atterrissage. Ce sont des points situés sur des caps anguleux où certaines trajectoires passant au large de la côte sont susceptibles de générer des surcotes plus importantes que les cas d'atterrissage ...**

# 1 – Atlas de surcote (simulations)

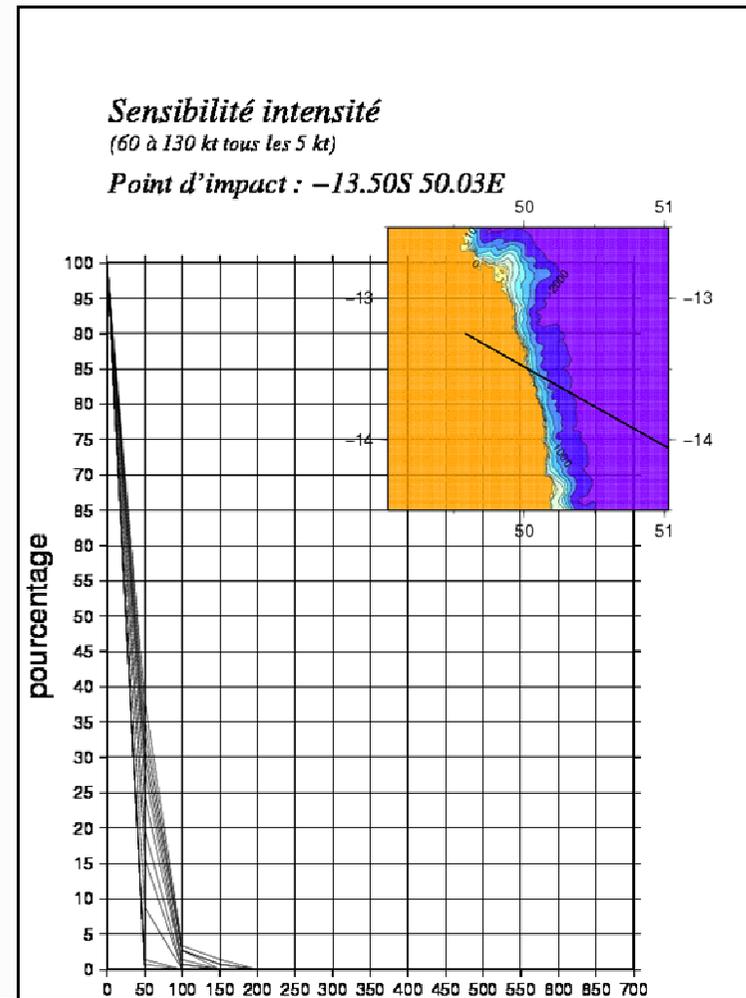
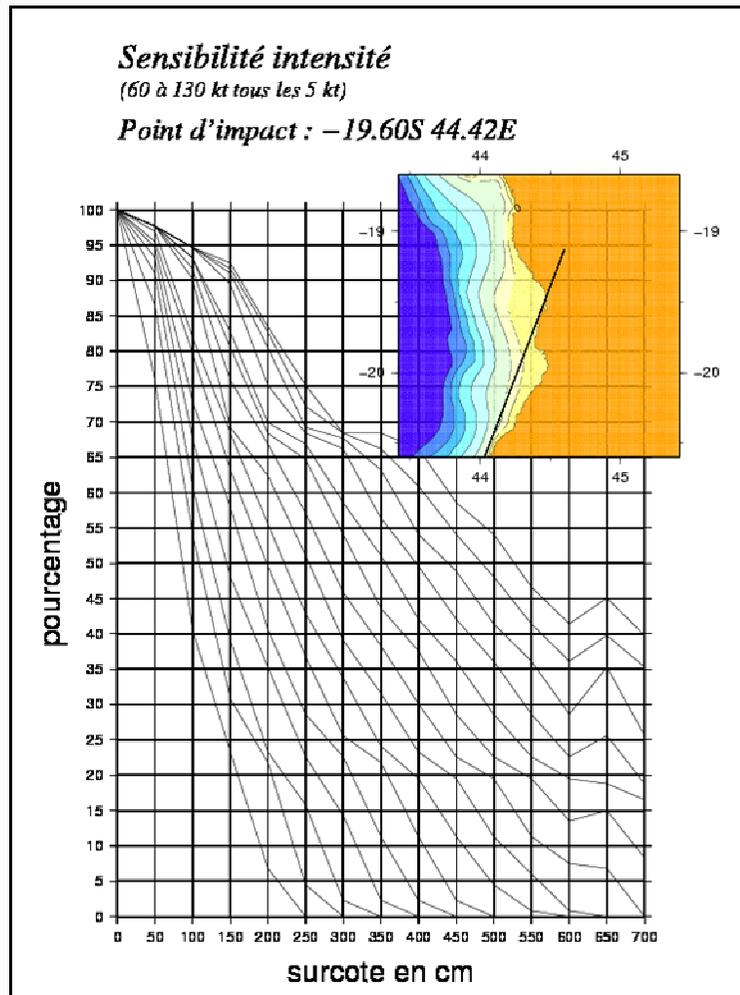


**Le cas des îles isolées a été également traité à part. les points de référence ont été fixés à une quinzaine de miles de la côte pour traiter à la fois les trajectoires « traversières » et les trajectoires « non traversières » ...  
Ci-dessus Maurice et La Réunion.**

# 1 – Atlas (tests de sensibilité aux différents paramètres)

- Des tests de sensibilité de la surcote aux différents paramètres du cyclone ont été réalisés :
  - Angle d'impact sur la côte
  - Intensité du vent maximum
  - Pression centrale (taille du cyclone)
  - Rayon du vent maxi (taille de l'œil)
  - Vitesse de déplacement
- Ces tests ont aidé à définir les intervalles auxquels on a fait varier chaque paramètre pour obtenir un panel de simulations suffisant tout en restant dans une durée totale de traitement compatible avec nos disponibilités de temps de calcul

# 1 – Atlas (exemple pour la sensibilité au vent maxi)



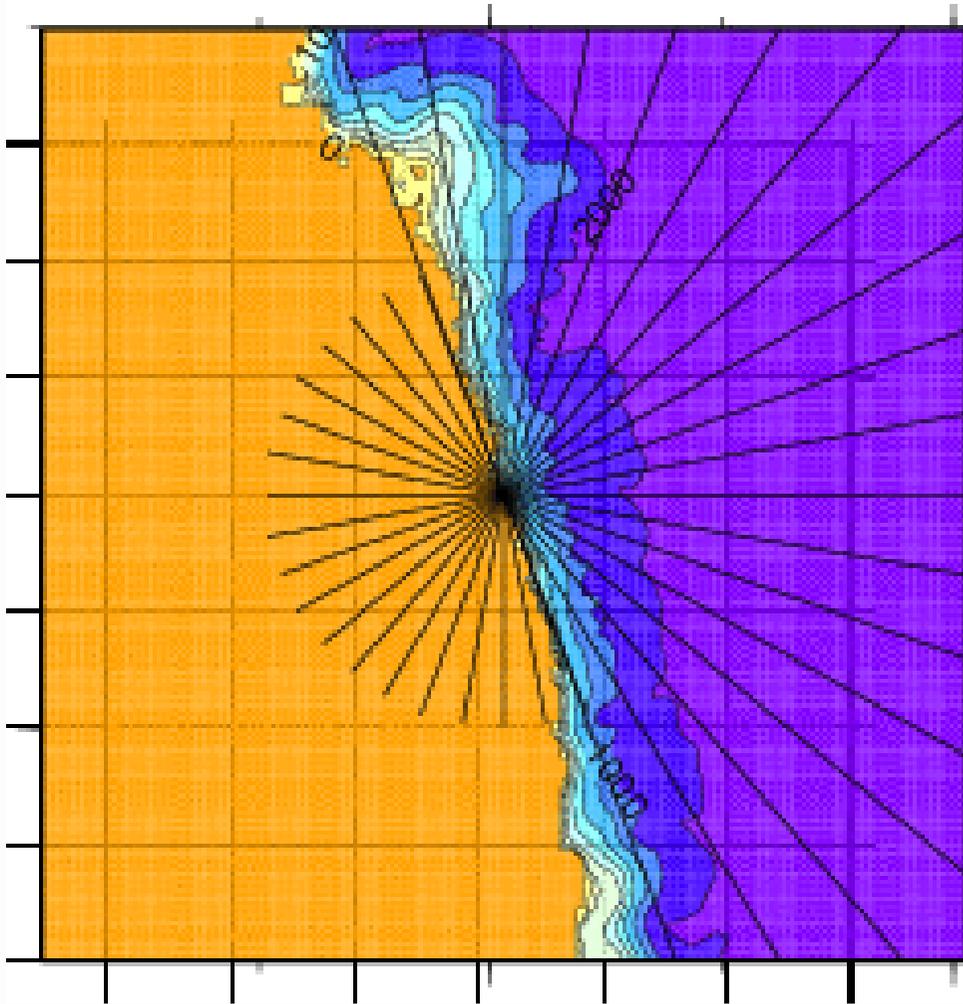
**A gauche, cas d'un plateau continental > forte sensibilité au vent**  
**A droite, cas d'une côte abrupte > faible sensibilité au vent**

# 1 – Atlas de surcote (simulations)

**8640 simulations étaient attendues pour chaque point de référence associé à un domaine (généralement 2x2°) :**

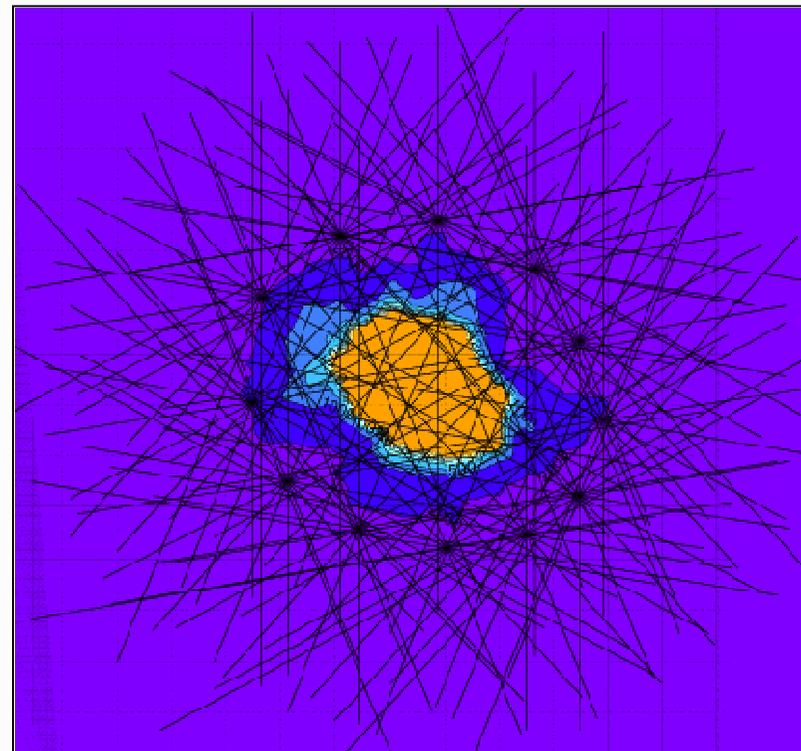
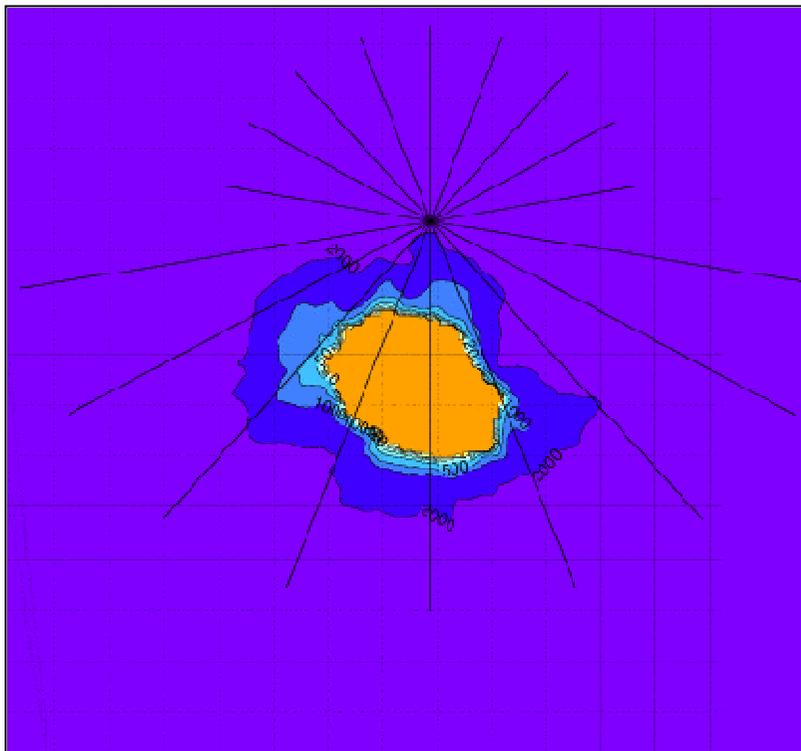
- **Angle d'impact sur la côte (20° à 360°, pas de 20°)**
- **Intensité du vent maximum (60kt à 130kt, pas de 10kt)**
- **Pression centrale (-15hPa à +15hPa, pas de 15hPa)**
- **Rayon du vent maximum (5 à 25 MN, pas de 5 MN)**
- **Vitesse de déplacement (5 à 20kt, pas de 5kt)**

# 1 – Atlas de surcote (simulations)



**Pour le cas de Madagascar et du Mozambique, les trajectoires non « réalistes » en provenance de la terre n'ont pas été traitées. Ainsi, comme on peut le voir sur l'image ci-contre, une bonne partie des simulations prévues pour chaque domaine n'ont pas été réalisées**

# 1 – Atlas de surcote (simulations)



**Pour le cas des îles isolées, pour chaque point de référence, seule la moitié des trajectoires sont traitées. Ce sont les trajectoires tangentant l'île ou se rapprochant de l'île ou la traversant.  
Les autres trajectoires sont en fait traitées par d'autres points autour de l'île comme on peut le voir sur l'image de droite (cas de La Réunion).**

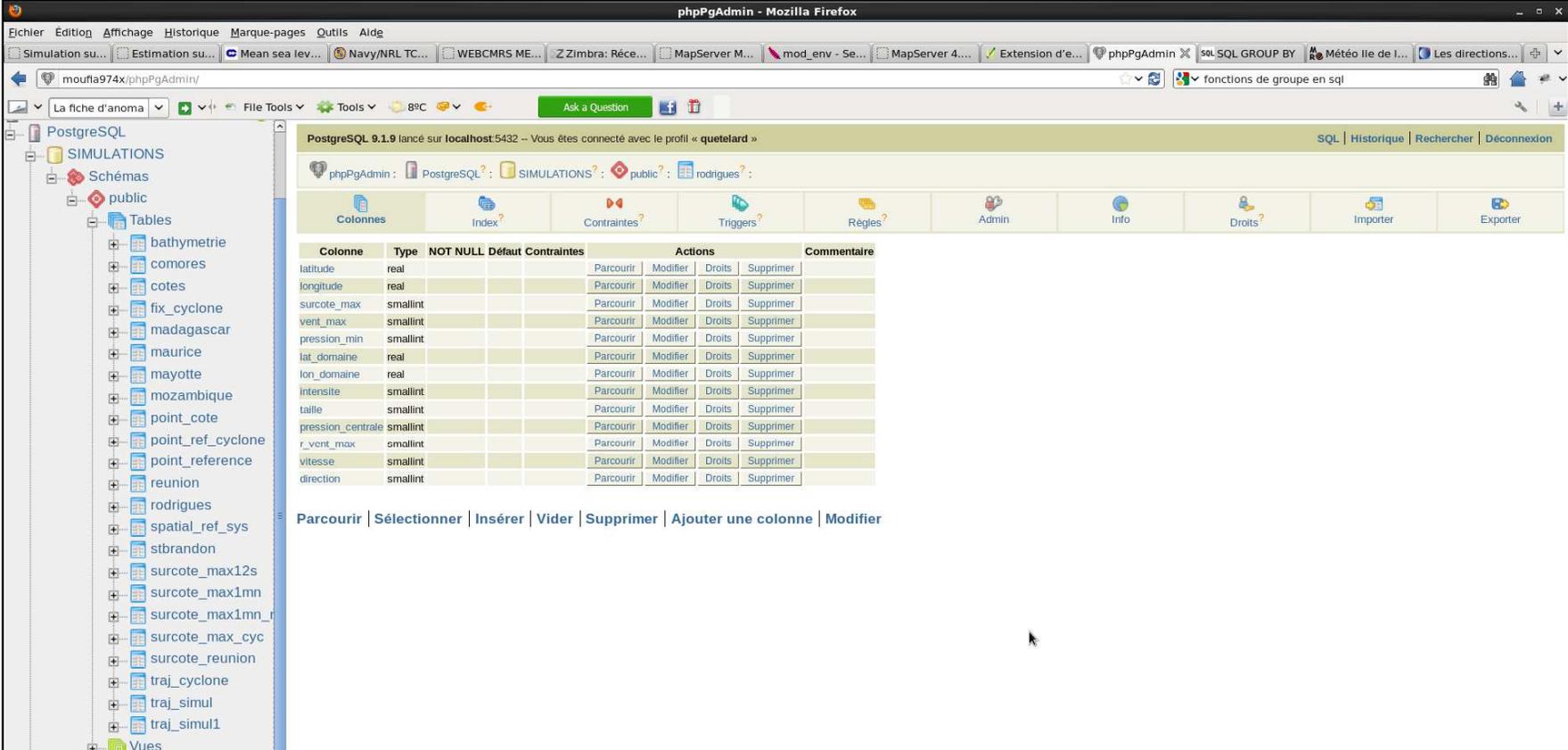
# 1 – Atlas de surcote (simulations)

- Au final environ 3 millions de simulations ont été réalisées sur le NEC pour 1700 heures de calcul, soit une moyenne de 2 secondes par simulation
- Les résultats sont archivés dans des fichiers au format texte sur la machine d'archivage « cougar » à Toulouse et sur la machine « moufia974x » à la DIROI

# 1 – Atlas de surcote (simulations)

- Pour chaque simulation associée à un domaine, on a conservé les valeurs maximales de surcote en chaque point de côte du domaine
- Deux domaines qui se recouvrent ont bien entendu les même points de côte sur la zone commune
- Ainsi, sur l'ensemble de la zone traitée, il y a 6726 points de côte.

# 1 – Atlas de surcote (simulations)



The screenshot shows the phpPgAdmin interface for a PostgreSQL database. The left sidebar displays a tree view of the database structure, including a 'public' schema with various tables. The main window shows the 'Table' view for a table, displaying columns and their types. Below the table view, there are navigation and action buttons.

Colonne	Type	NOT NULL	Défaut	Contraintes	Actions	Commentaire
latitude	real				Parcourir   Modifier   Droits   Supprimer	
longitude	real				Parcourir   Modifier   Droits   Supprimer	
surcote_max	smallint				Parcourir   Modifier   Droits   Supprimer	
vent_max	smallint				Parcourir   Modifier   Droits   Supprimer	
pression_min	smallint				Parcourir   Modifier   Droits   Supprimer	
lat_domaine	real				Parcourir   Modifier   Droits   Supprimer	
lon_domaine	real				Parcourir   Modifier   Droits   Supprimer	
intensite	smallint				Parcourir   Modifier   Droits   Supprimer	
taille	smallint				Parcourir   Modifier   Droits   Supprimer	
pression_centrale	smallint				Parcourir   Modifier   Droits   Supprimer	
r_vent_max	smallint				Parcourir   Modifier   Droits   Supprimer	
vitesse	smallint				Parcourir   Modifier   Droits   Supprimer	
direction	smallint				Parcourir   Modifier   Droits   Supprimer	

Parcourir | Sélectionner | Insérer | Vider | Supprimer | Ajouter une colonne | Modifier

**Pour faciliter leur accès, les données ont été intégrées dans une base de données POSTGRES/POSTGIS (85 Go).  
Un certain nombre de tables sont géo-référencées. Cela permet de visualiser facilement les données à partir d'un SIG tel que Quantum GIS**

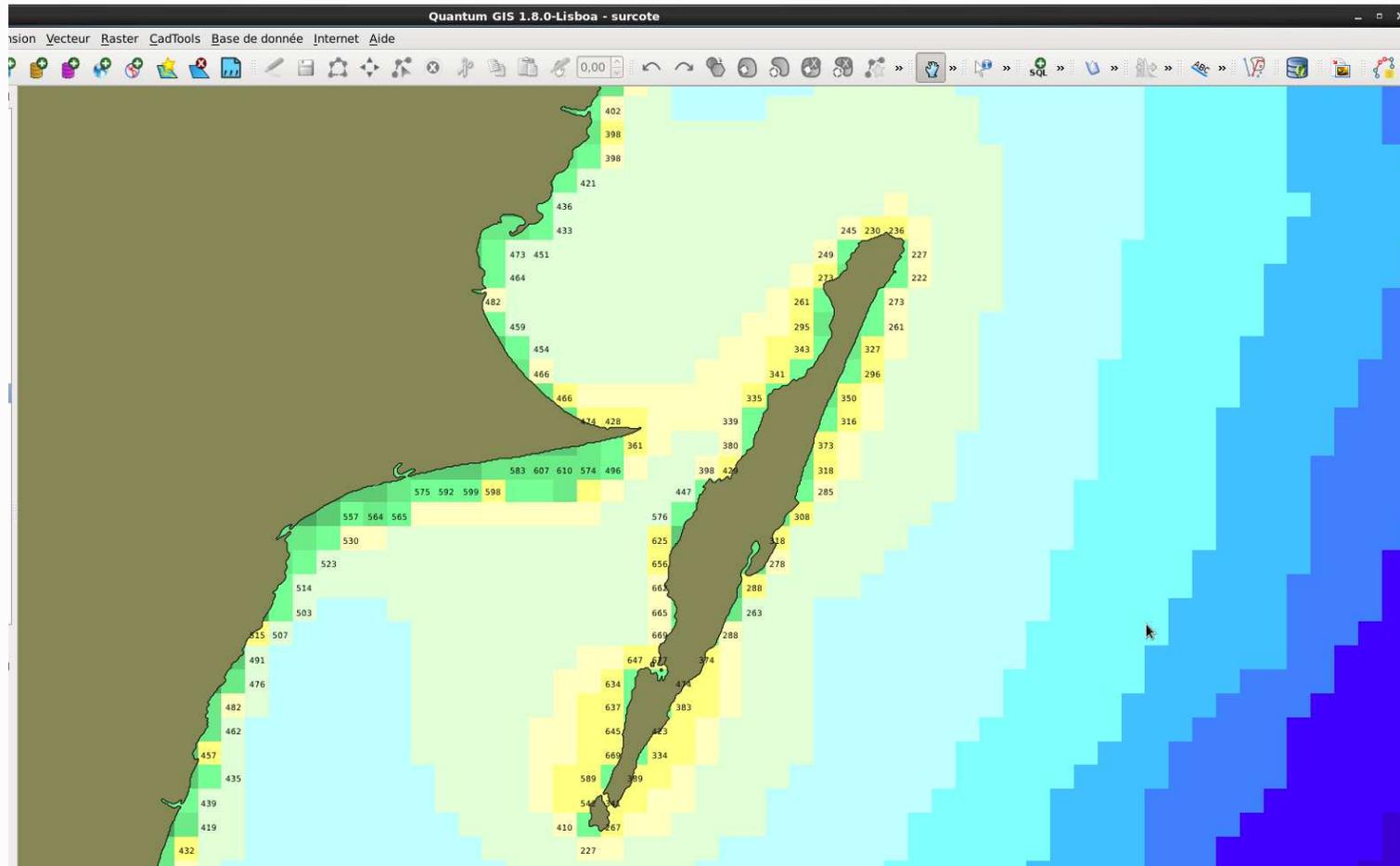
# 1 – Atlas de surcote (simulations)

Colonne	Type	NOT NULL	Défaut	Contraintes	Actions				Commentaire
latitude	real				Parcourir	Modifier	Droits	Supprimer	
longitude	real				Parcourir	Modifier	Droits	Supprimer	
surcote_max	smallint				Parcourir	Modifier	Droits	Supprimer	
vent_max	smallint				Parcourir	Modifier	Droits	Supprimer	
pression_min	smallint				Parcourir	Modifier	Droits	Supprimer	
lat_domaine	real				Parcourir	Modifier	Droits	Supprimer	
lon_domaine	real				Parcourir	Modifier	Droits	Supprimer	
intensite	smallint				Parcourir	Modifier	Droits	Supprimer	
taille	smallint				Parcourir	Modifier	Droits	Supprimer	
pression_centrale	smallint				Parcourir	Modifier	Droits	Supprimer	
r_vent_max	smallint				Parcourir	Modifier	Droits	Supprimer	
vitesse	smallint				Parcourir	Modifier	Droits	Supprimer	
direction	smallint				Parcourir	Modifier	Droits	Supprimer	

**Les données de surcote maximale sont regroupées dans des tables par zone (madagascar, mozambique, comores, mayotte, reunion, maurice, stbrandon et rodrigues).**

**Ci-dessus l'exemple de la table « rodrigues ». Le nom des champs est dans la colonne de gauche.**

# 1 – Atlas de surcote (simulations)



**Un exemple de visualisation des surcotes maximales absolues possibles sur l'île Sainte-Marie et la côte proche de Madagascar (hauteur en cm)**

# Plan de la présentation

---

1. Le projet « atlas de surcote »
- 2. Interface de calcul et de visualisation des estimations de surcote maximale**
3. Atlas « numérique » de surcote

## 2 – Interface pour l'estimation des surcotes

Simulation surcote (Sélection de la saison) - Mozilla Firefox

Simulation surcote (Sélection de la saison)

pudev2/surcote/select\_saison.php

Accueil

Sélectionner un système

Lancer le modèle

(Re)Lancer UNE simulation

Examiner TOUS les rapports

Visualiser TOUS les résultats

Modèle de surcotes (bassin SWI)  
BEJISA est le dernier système sélectionné

Choisir la saison dans la liste

2013-2014

2012-2013

2011-2012

2010-2011

2009-2010

2008-2009

2007-2008

2006-2007

2005-2006

2004-2005

2003-2004

2002-2003

2001-2002

2000-2001

1999-2000

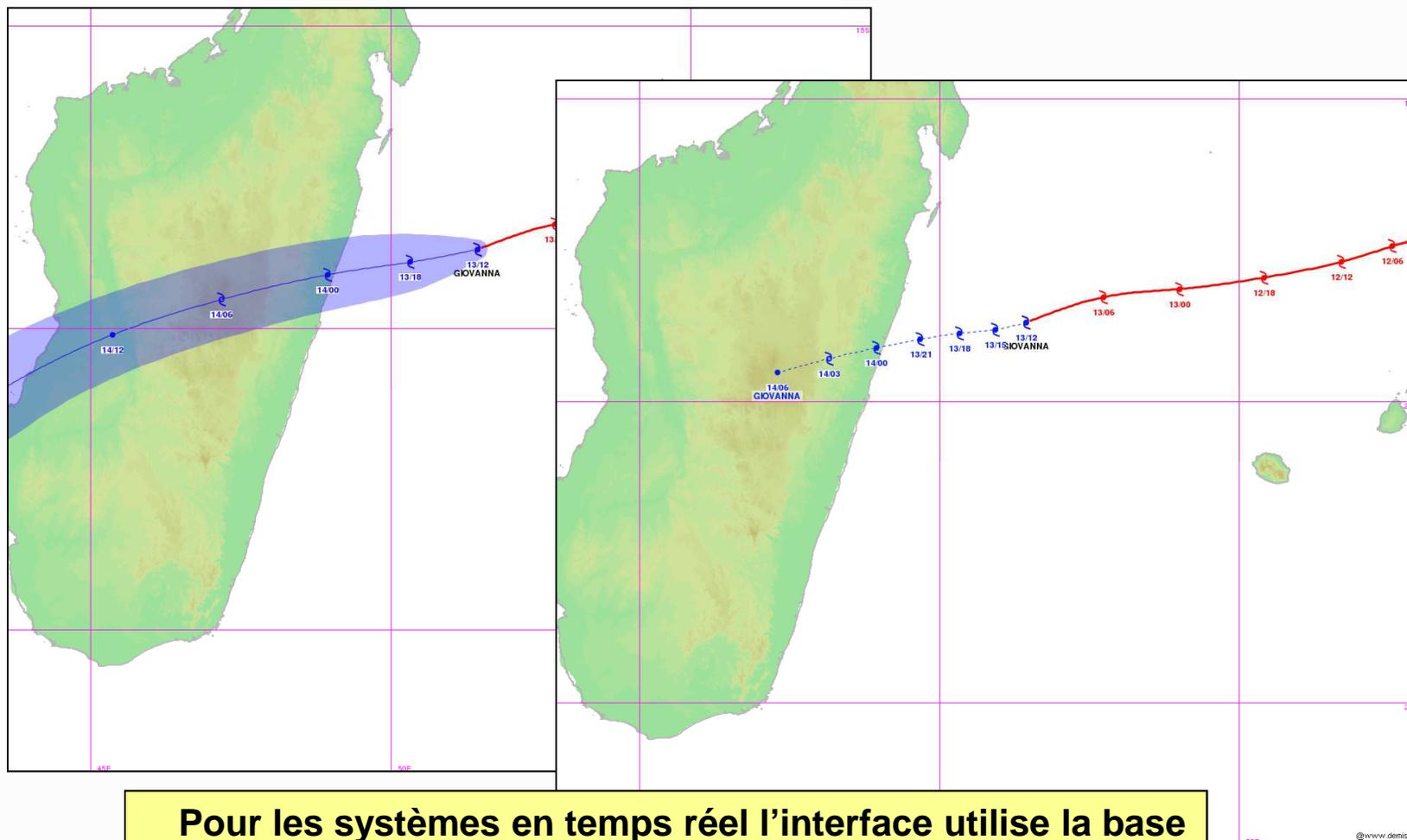
Ok

Annuler

DIRRE/CYC : Hubert QUETELARD - version 2.0.0 - Mars 2014

**Une interface web a été développée il y a 3 ans pour simuler la surcote cyclonique sur des systèmes archivés. Cette interface fonctionne également pour les systèmes actifs suivis en temps réel par le CMRS**

## 2 – Interface pour l'estimation des surcotes



**Pour les systèmes en temps réel l'interface utilise la base CXML du module CYCLONE de SYNERGIE**

## 2 – Interface pour l'estimation des surcotes

Simulation surcote (préparation de la simulation) - Mozilla Firefox

Simulation surcote (préparation de la simulati...

pudev2/surcote/prepare.php

Accueil

Sélectionner un système

Lancer le modèle

(Re)Lancer UNE simulation

Examiner TOUS les rapports

Visualiser TOUS les résultats

Modèle de surcotes (bassin SWI)

BEJISA est le dernier système sélectionné

Choisir le reseau dans la liste

BESTRACK

01-01-2014-0000

01-01-2014-1200

02-01-2014-0000

02-01-2014-0600

Ok

Annuler

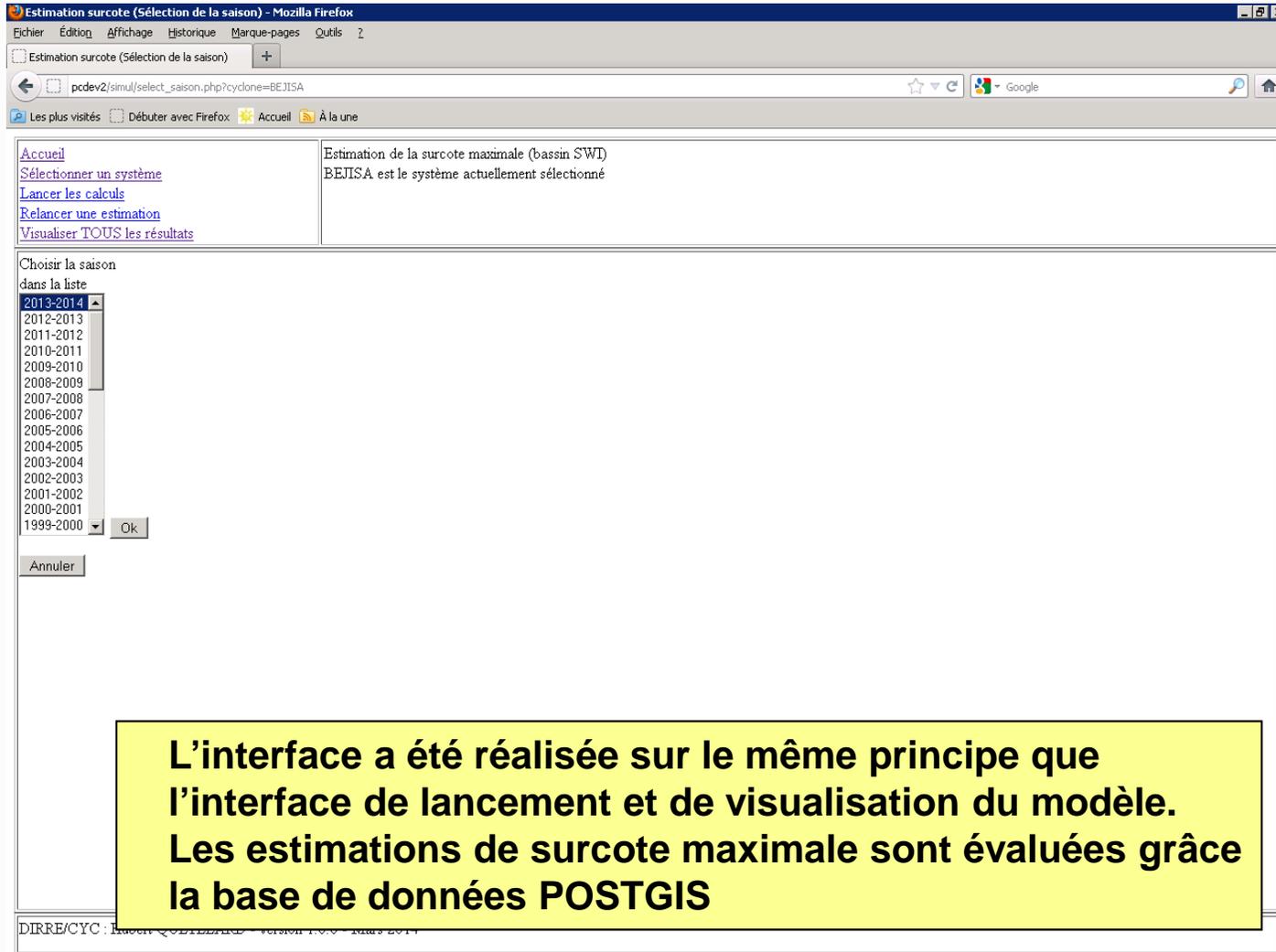
DIRRE/CYC : Hubert QUETELARD - version 2.0.0 - Mars 2014

**On peut faire tourner le modèle de surcote sur la dernière prévision du CMRS ou une prévision précédente pour un système actif... ou ultérieurement la BESTRACK.**

## 2 – Interface pour l'estimation des surcotes

- Quelques remarques :
  - L'interface est perfectible mais elle a le mérite d'exister et elle est très facile à utiliser pour lancer le modèle en temps réel en mode prévision ... **elle peut fonctionner sur d'autres domaines (intéressant pour les autres DOM/TOM)**
  - ...**mais on ne fait tourner le modèle que sur la seule prévision officielle du CMRS !** De nombreuses approximations et erreurs existent quant à la trajectoire prévue, l'intensité, la taille, les extensions de vent ...
  - Le deuxième objectif du projet « atlas de surcote » décrit plus haut propose d'utiliser la base de simulations pour estimer la surcote maximale possible en prenant en compte l'incertitude de la prévision

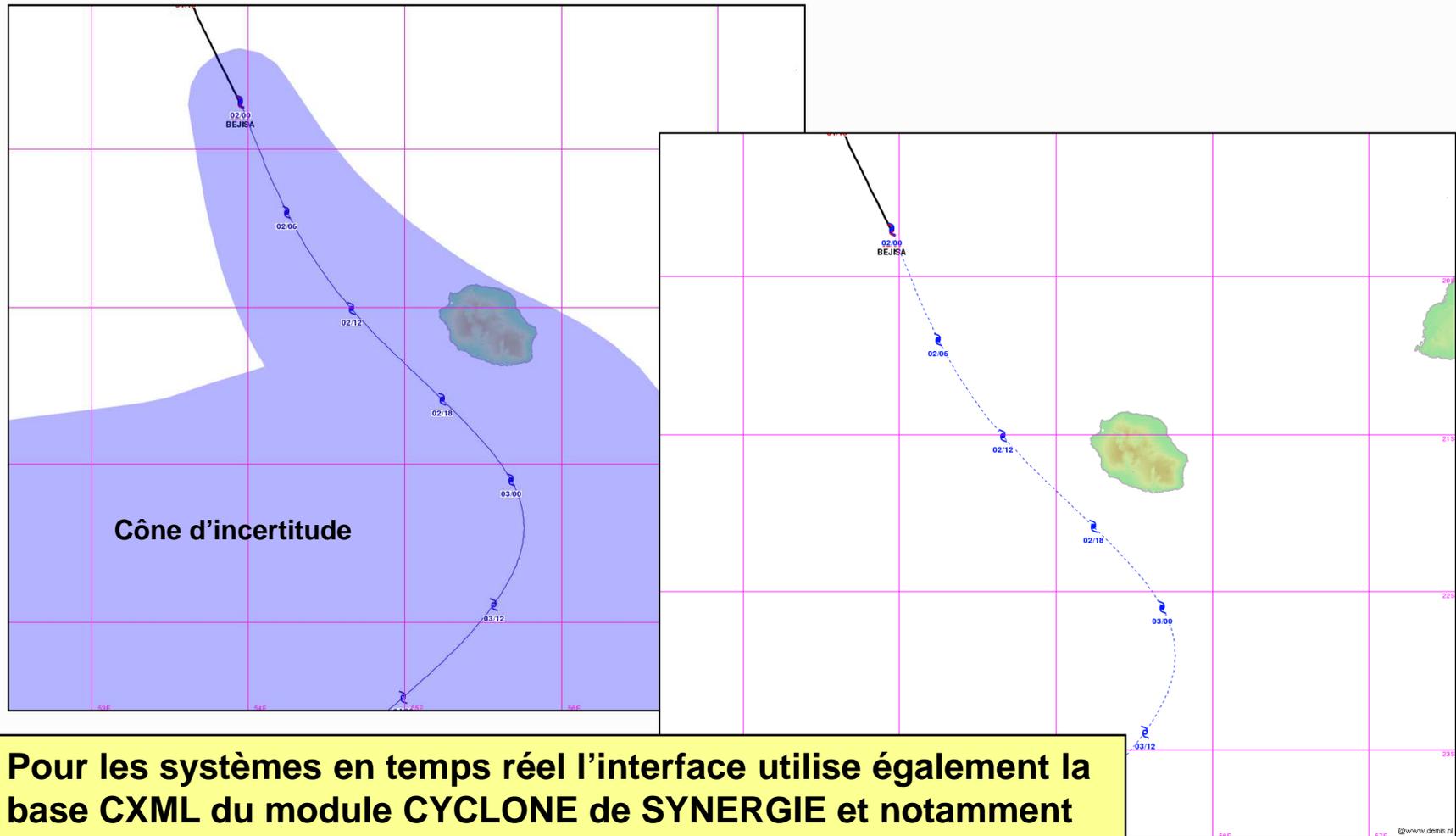
## 2 – Interface pour l'estimation des surcotes



The screenshot shows a Mozilla Firefox browser window titled "Estimation surcote (Sélection de la saison)". The address bar contains the URL "pdev2/simul/select\_saison.php?cyclone=BEJISA". The page content includes a navigation menu with links: "Accueil", "Sélectionner un système", "Lancer les calculs", "Relancer une estimation", and "Visualiser TOUS les résultats". The main area displays "Estimation de la surcote maximale (bassin SWI)" and "BEJISA est le système actuellement sélectionné". Below this is a section titled "Choisir la saison dans la liste" with a dropdown menu showing years from 2013-2014 down to 1999-2000. "Ok" and "Annuler" buttons are present.

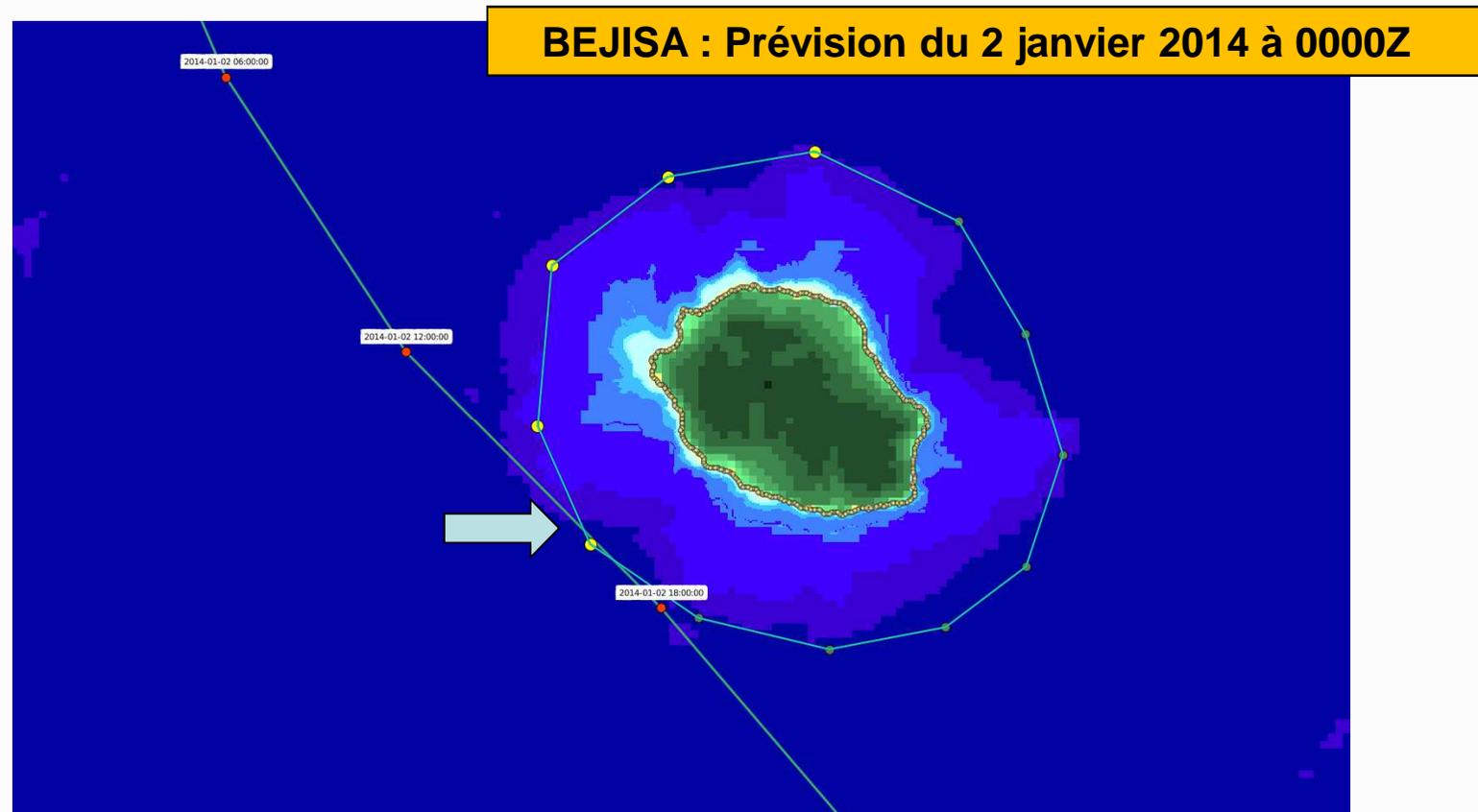
**L'interface a été réalisée sur le même principe que l'interface de lancement et de visualisation du modèle. Les estimations de surcote maximale sont évaluées grâce la base de données POSTGIS**

## 2 – Interface pour l'estimation des surcotes



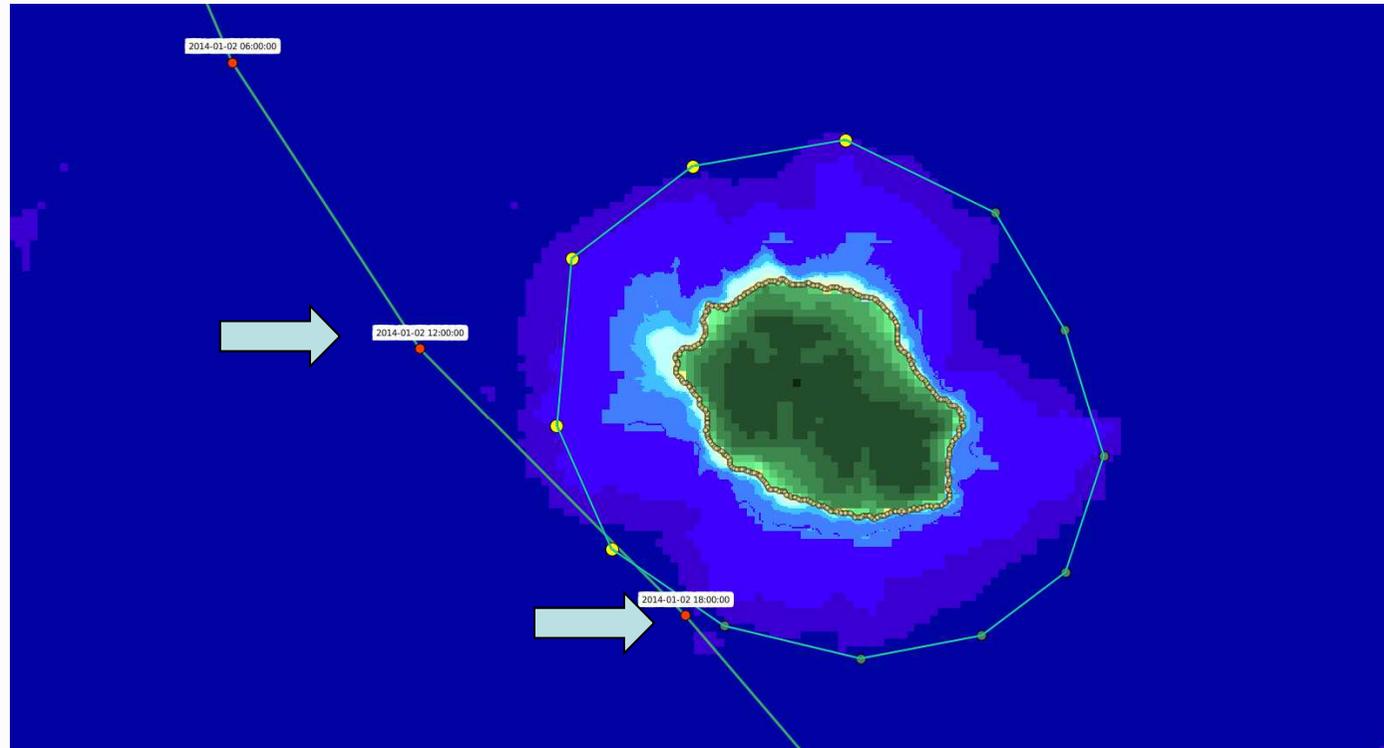
**Pour les systèmes en temps réel l'interface utilise également la base CXML du module CYCLONE de SYNERGIE et notamment le cône d'incertitude (probabilité de 75% que la trajectoire finale soit dans ce cône...). On peut lancer les calculs sur la dernière trajectoire prévue « Officielle » du CMRS.**

## 2 – Interface (BEJISA : calculs dans le cas d'une île)



**Si le cône d'incertitude (ou à fortiori la trajectoire prévue comme ci-dessus) coupe la ligne reliant les points de référence autour de l'île, les calculs sont possibles (domaine impacté)**

## 2 – Interface (BEJISA : calculs dans le cas d'une île)

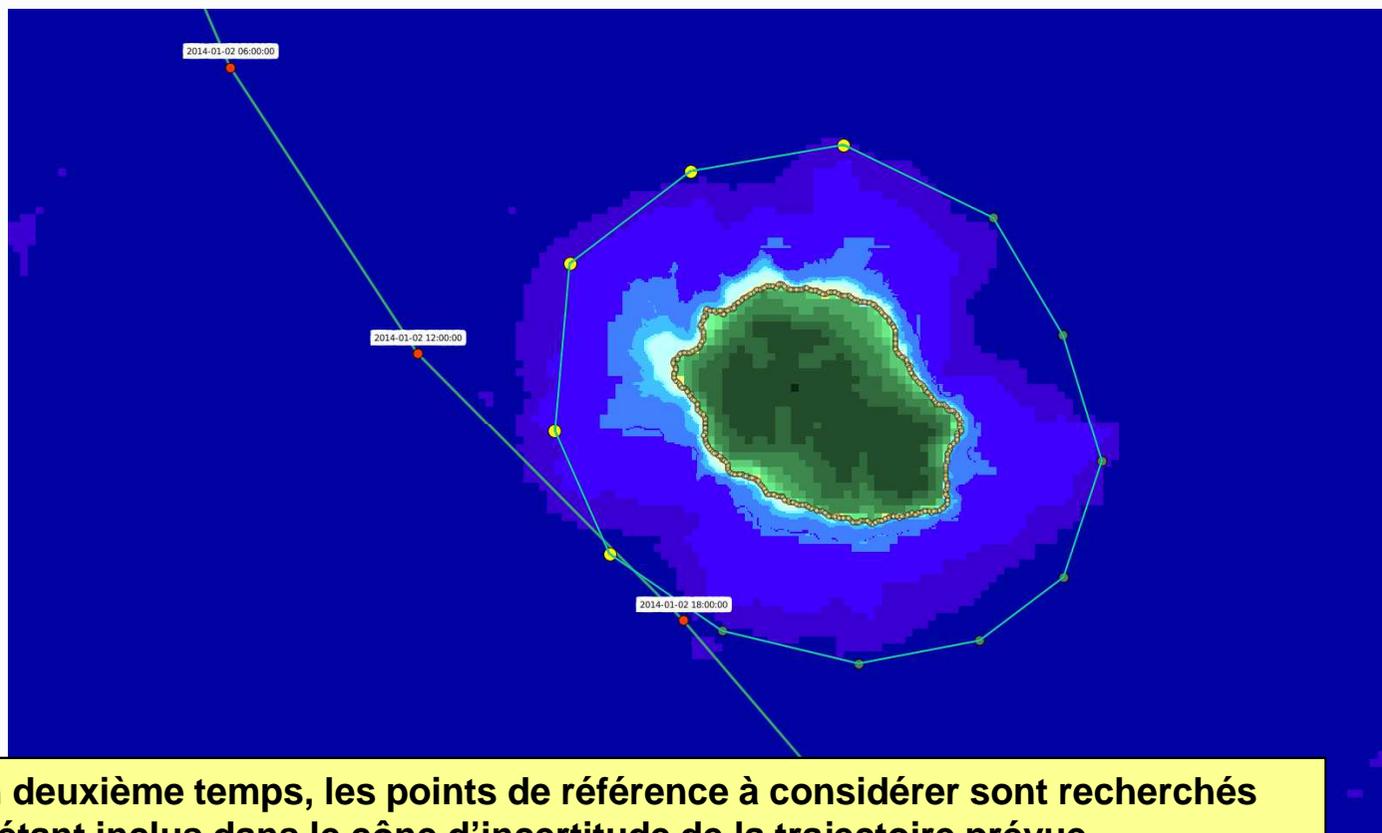


Dans la phase de calculs des estimations, seul le premier point d'intersection est conservé. Les deux points de la trajectoire situés de part et d'autre du point d'intersection sélectionné sont alors testés et c'est le point correspondant au vent maxi le plus fort qui sera pris comme référence pour fixer les paramètres « intensité », « rayon de vent max », « pression centrale », « direction » et « vitesse » de déplacement

## 2 – Interface (BEJISA : calculs dans le cas d'une île)

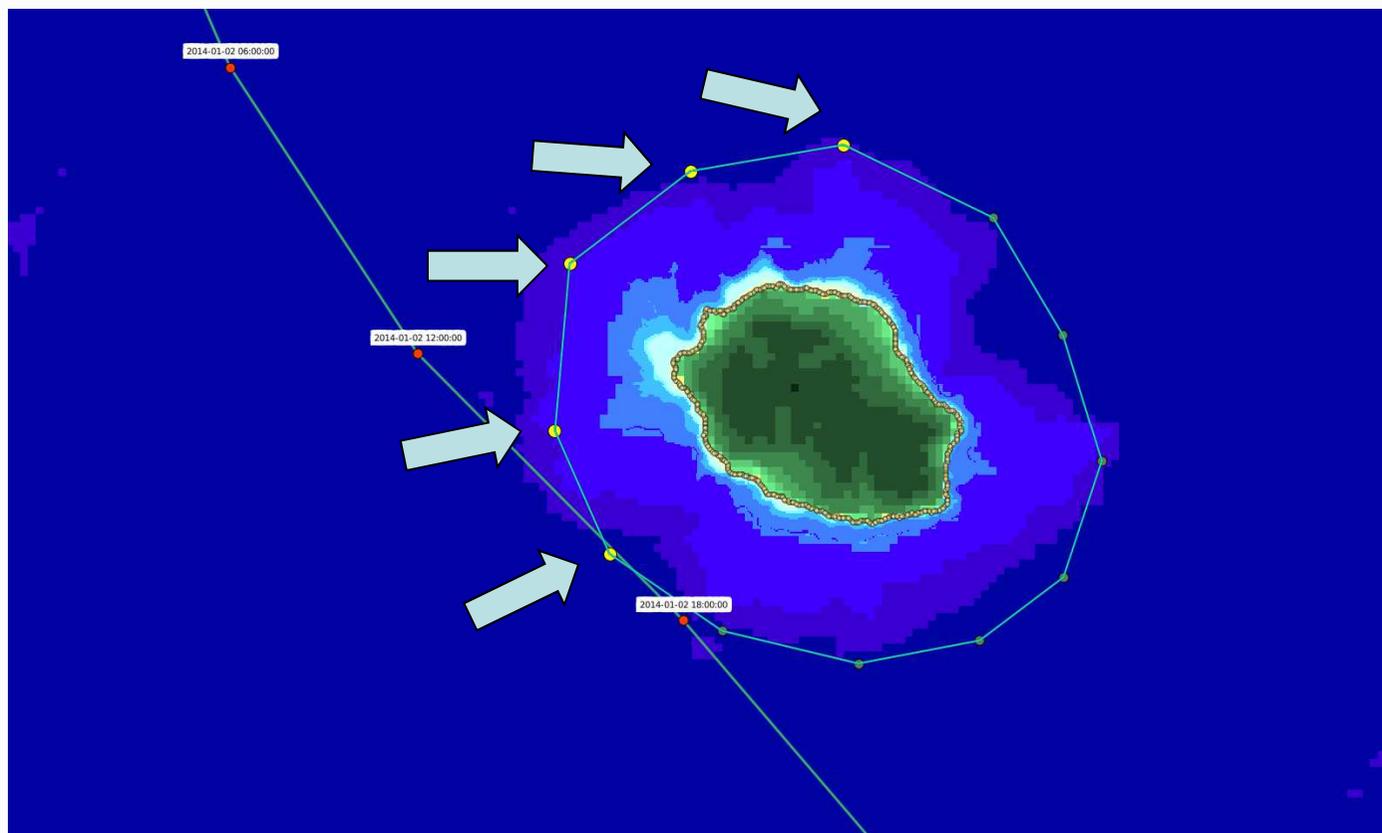
- Dans le cas présent de BEJISA, nous avons comme paramètres retenus :
  - $V_{\max} = 65$  kt
  - $R_{v\max} = 15$  MN
  - $P_{\text{central}} = 973$  hPa
  - Direction = 144 degrés
  - Vitesse = 7 kt
- Ce sont les données prévues pour le 2 janvier à 0600Z

## 2 – Interface (BEJISA : calculs dans le cas d'une île)



Dans un deuxième temps, les points de référence à considérer sont recherchés comme étant inclus dans le cône d'incertitude de la trajectoire prévue

## 2 – Interface (BEJISA : calculs dans le cas d'une île)

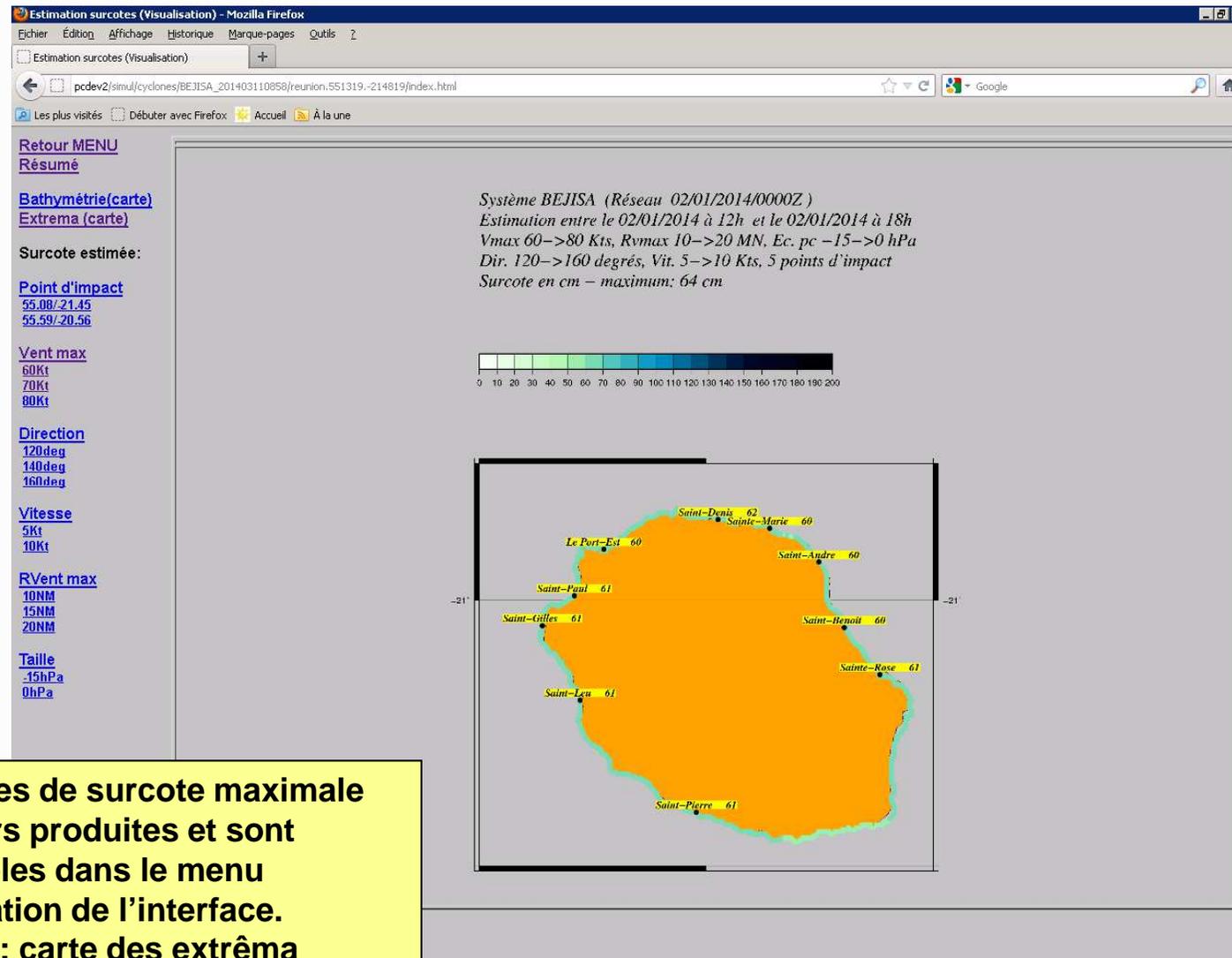


**Au final seuls les points de référence pertinents seront retenus (points en jaune sur l'exemple pour lesquels il existe des simulations dans la base de données correspondant aux paramètres retenus)**

## 2 – Interface (BEJISA : calculs dans le cas d'une île)

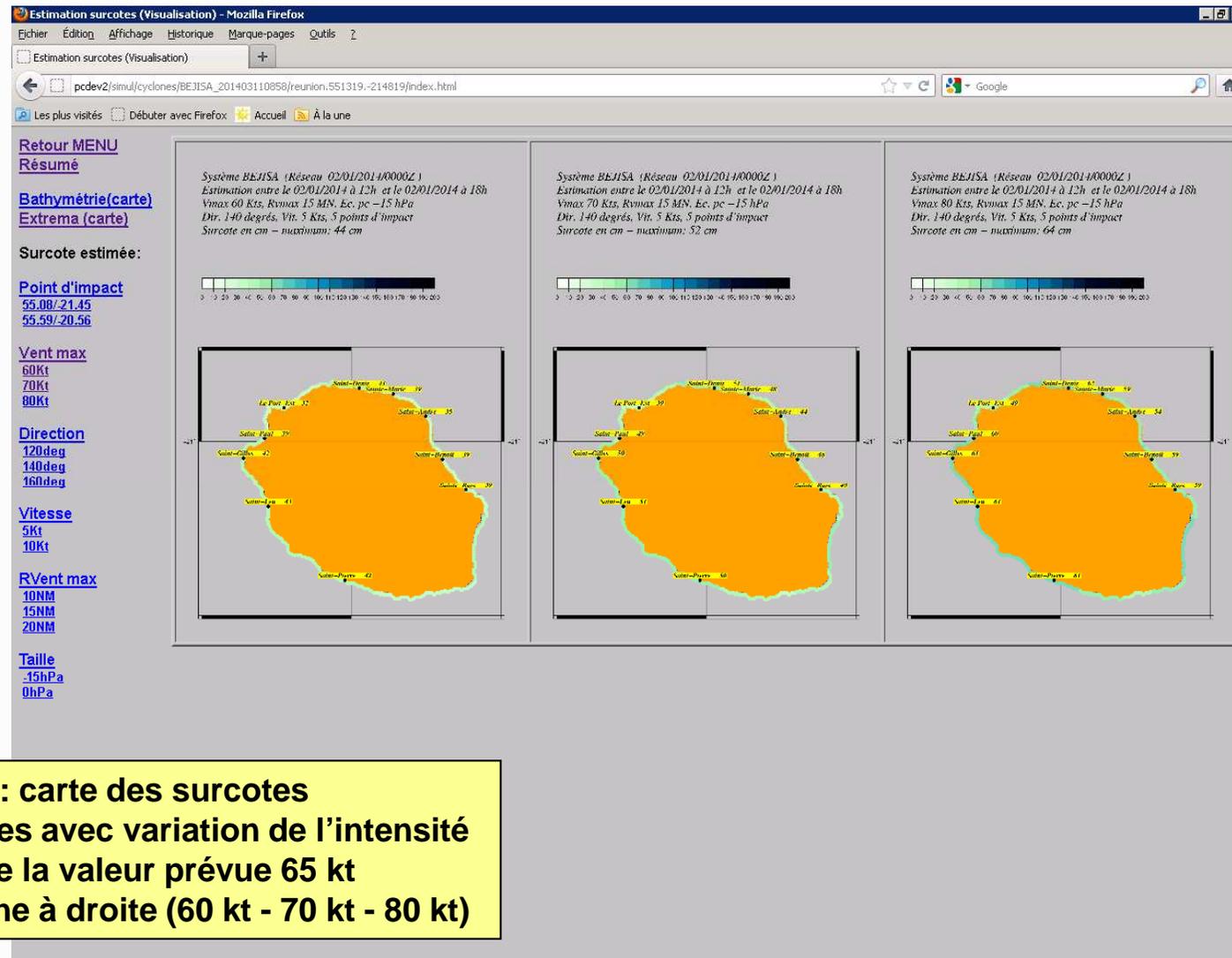
- Un certain nombre d'estimations seront alors effectuées en prenant en compte pour chaque estimation toutes les simulations répondant aux critères que l'on se fixe en faisant varier les différents paramètres attendus du cyclone étudié autour des valeurs retenues. Pour chaque estimation la valeur maximale de surcote sera extraite pour chaque point de côte.

## 2 – Interface (BEJISA : calculs dans le cas d'une île)

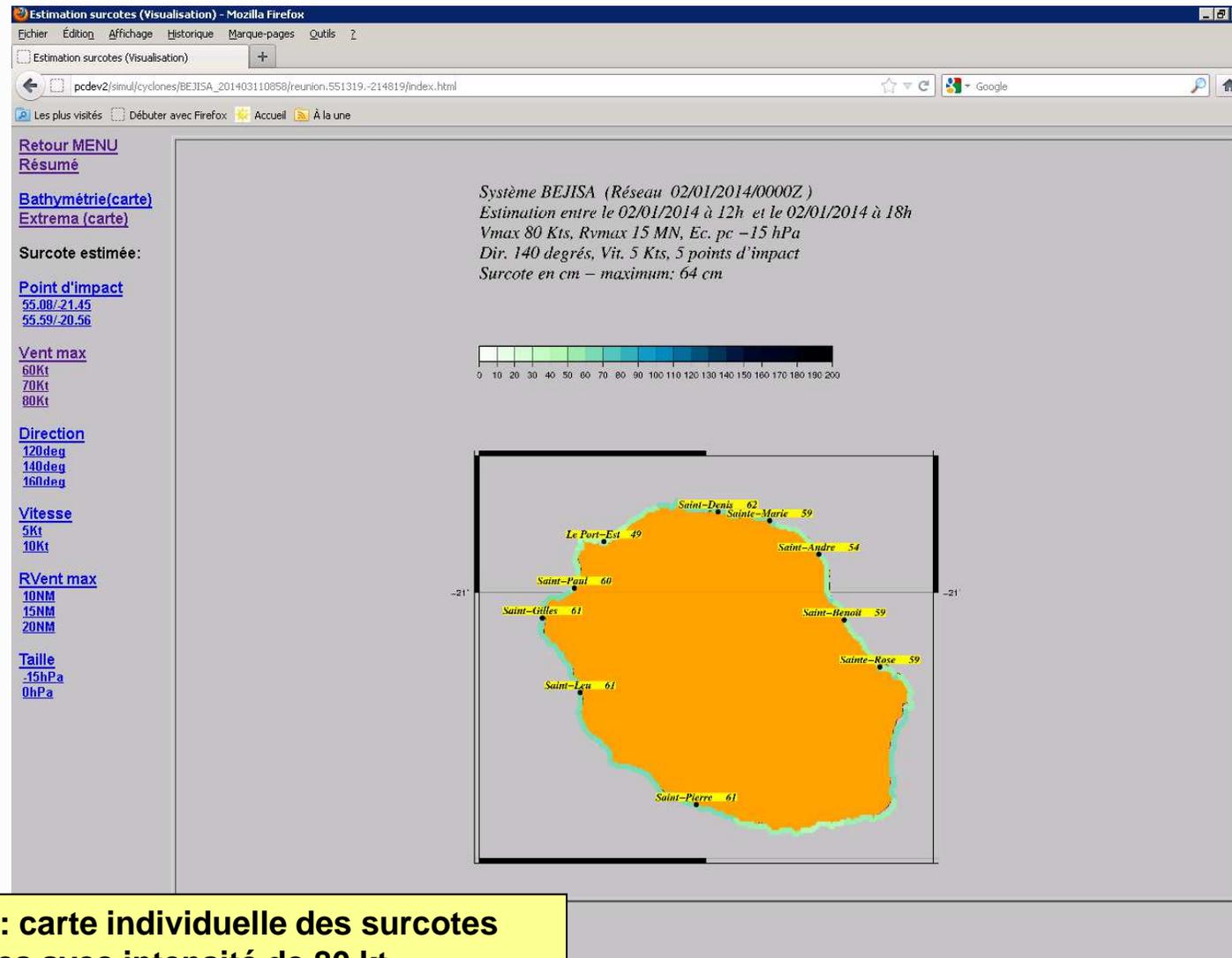


Des cartes de surcote maximale sont alors produites et sont disponibles dans le menu visualisation de l'interface. Exemple: carte des extrêma

## 2 – Interface (BEJISA : calculs dans le cas d'une île)



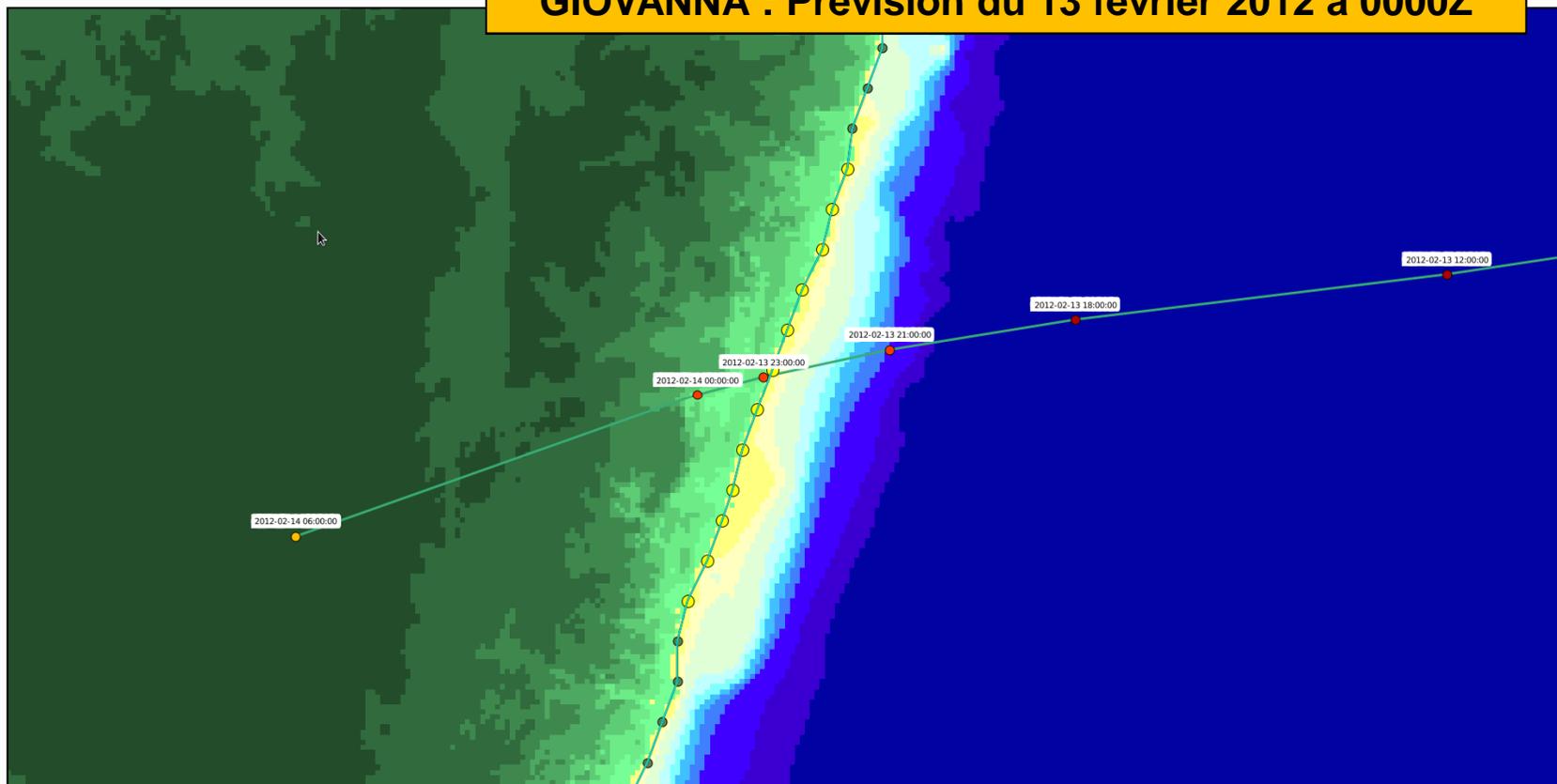
## 2 – Interface (BEJISA : calculs dans le cas d'une île)



Exemple: carte individuelle des surcotes maximales avec intensité de 80 kt

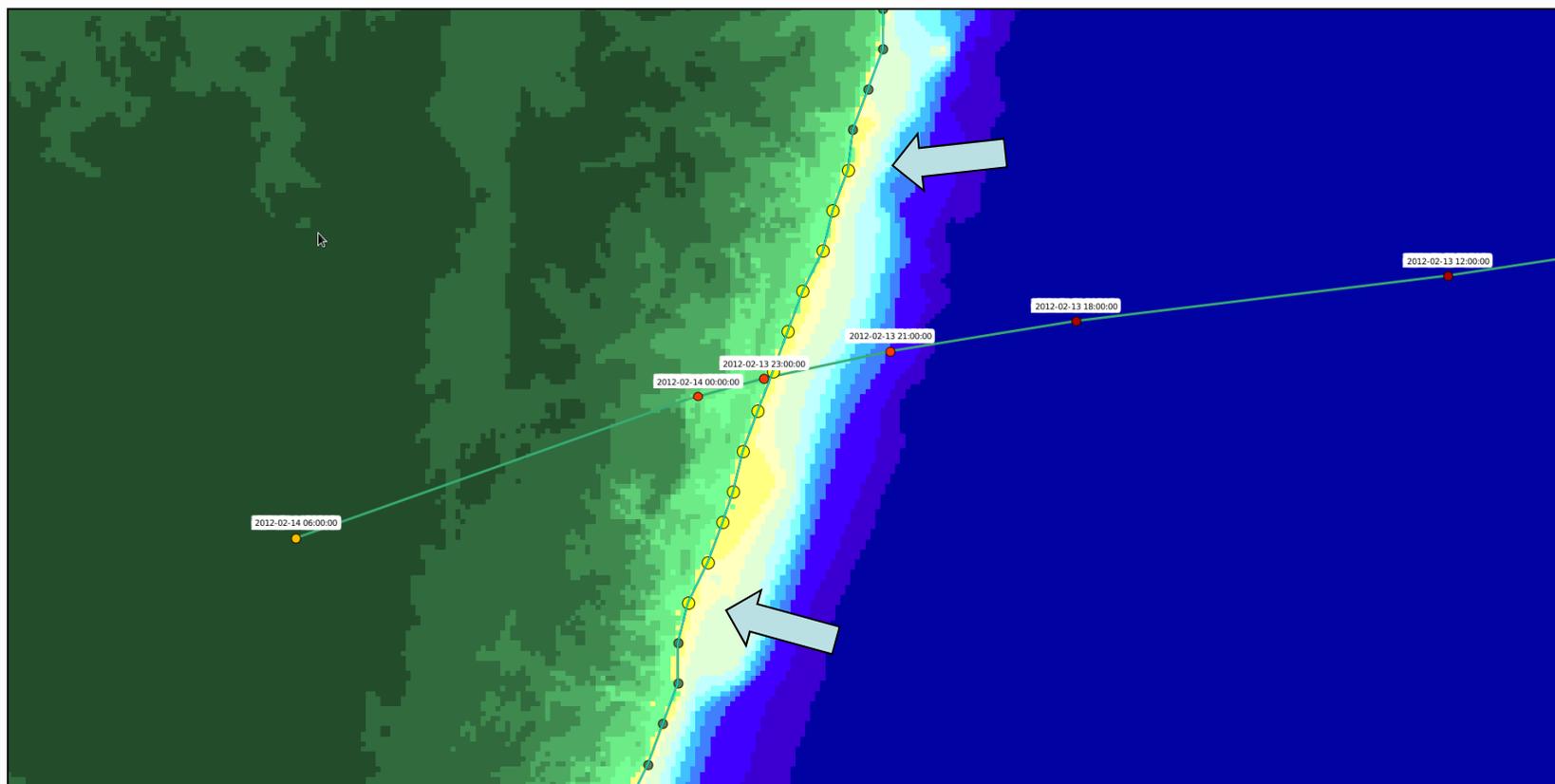
## 2 – Interface (GIOVANNA : calculs dans le cas d'un continent)

**GIOVANNA : Prévision du 13 février 2012 à 0000Z**



**Si le cône d'incertitude (ou à fortiori la trajectoire comme ci-dessus) coupe la côte, les calculs sont possibles (domaine impacté)**

## 2 – Interface (GIOVANNA : calculs dans le cas d'un continent)



**Même principe. Les points de référence à considérer sont recherchés comme étant inclus dans le cône d'incertitude de la trajectoire prévue.**

# Plan de la présentation

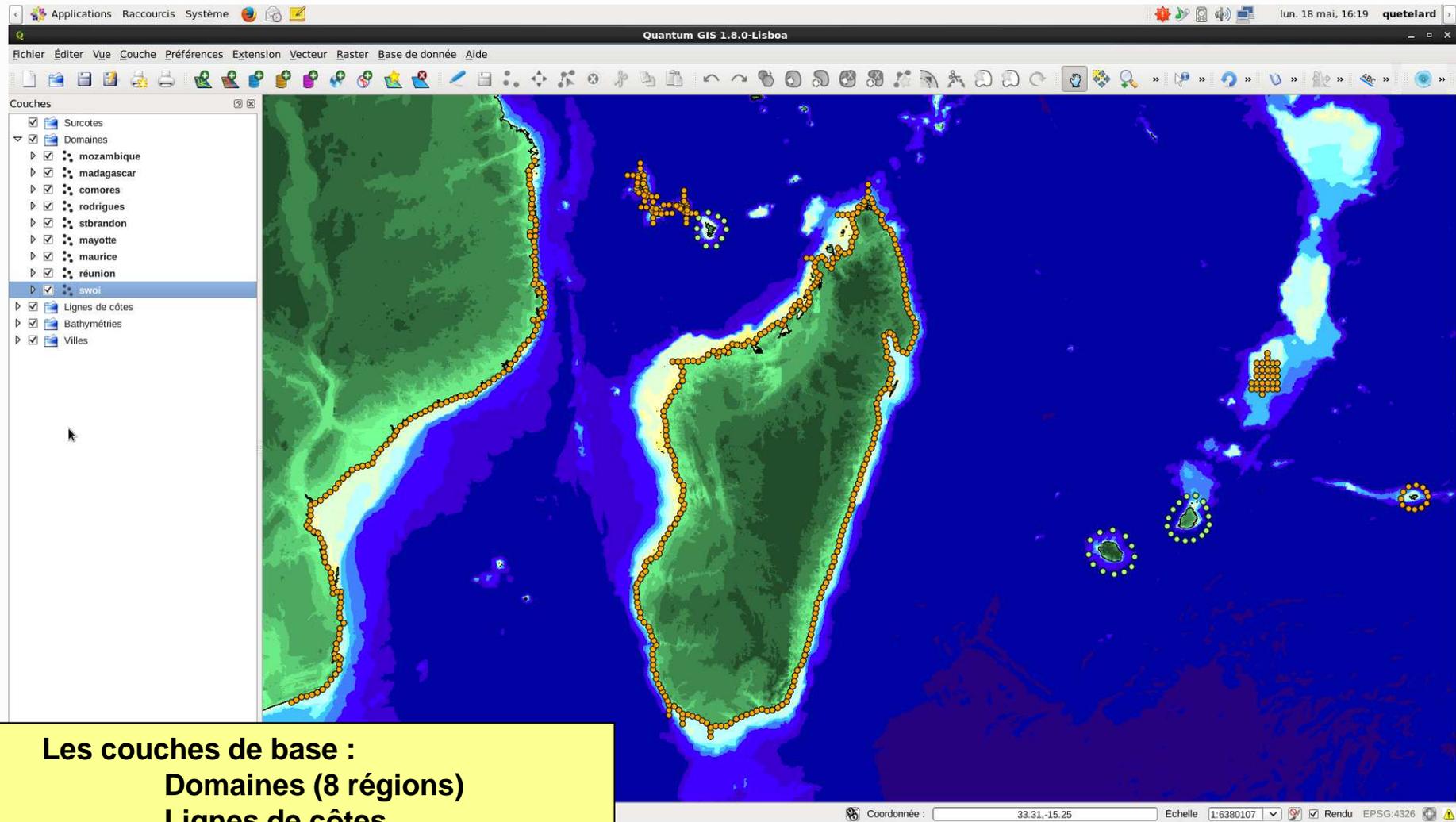
---

1. Le projet « atlas de surcote »
2. Interface de calcul et de visualisation des estimations de surcote maximale
3. **Atlas « numérique » de surcote**

## 3 – Atlas « numérique » de surcote

- Pour faciliter la visualisation des données de surcote simulées, un plugin a été développé en langage python
- C'est un plugin chargeable dans le logiciel QGIS. QGIS est un Système d'Informations Géographiques (SIG) qui permet de visualiser des informations de toutes sortes sous forme de couches
- Toute information géo-référencée est visualisable sous QGIS. C'est le cas des données de surcote stockées dans la base POSTGRES/POSTGIS
- Le « trio » base « SIMULATIONS » - plugin « surcote » - QGIS permet donc de sélectionner les critères de recherche qui nous intéressent et d'afficher les résultats => c'est **l'Atlas « numérique » de surcote**

# 3 – Atlas « numérique » de surcote



# 3 – Atlas « numérique » de surcote

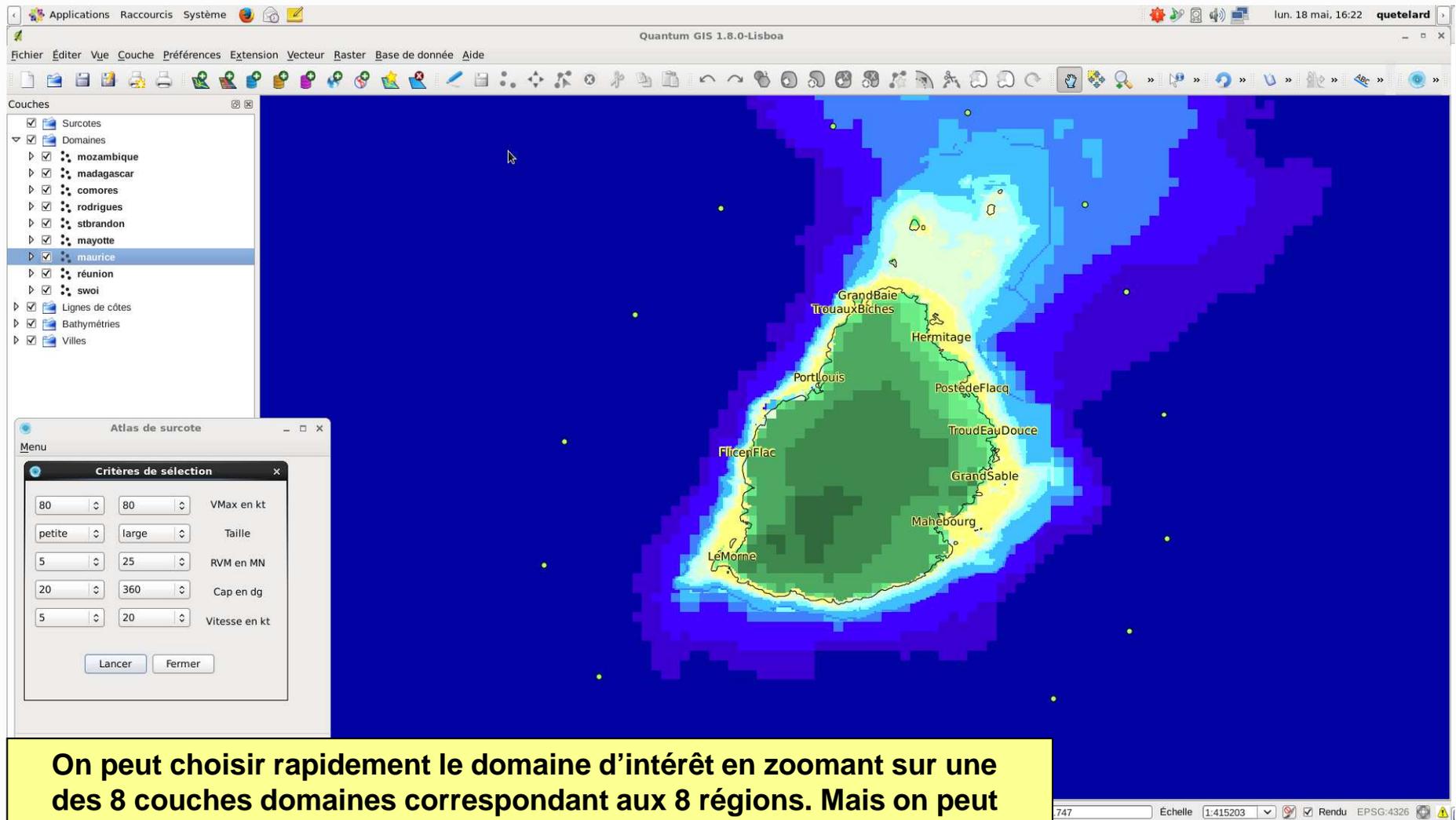
The screenshot displays the Quantum GIS 1.8.0-Lisboa interface. The main map shows a coastal area with a bathymetry layer (blue/purple) and a land area (green). A layer named 'swoi' is selected in the 'Couches' panel, and its boundary is highlighted with orange dots. A dialog box titled 'Atlas de surcote' is open, showing a 'Menu' and a 'Critères de sélection' section with the following parameters:

Paramètre	Valeur	Unité
VMax	80	kt
Taille	petite	
RVM	5	MN
Cap	20	dg
Vitesse	5	kt

Buttons for 'Lancer' and 'Fermer' are visible at the bottom of the dialog box. The map scale is 1:6380107 and the projection is EPSG:4326.

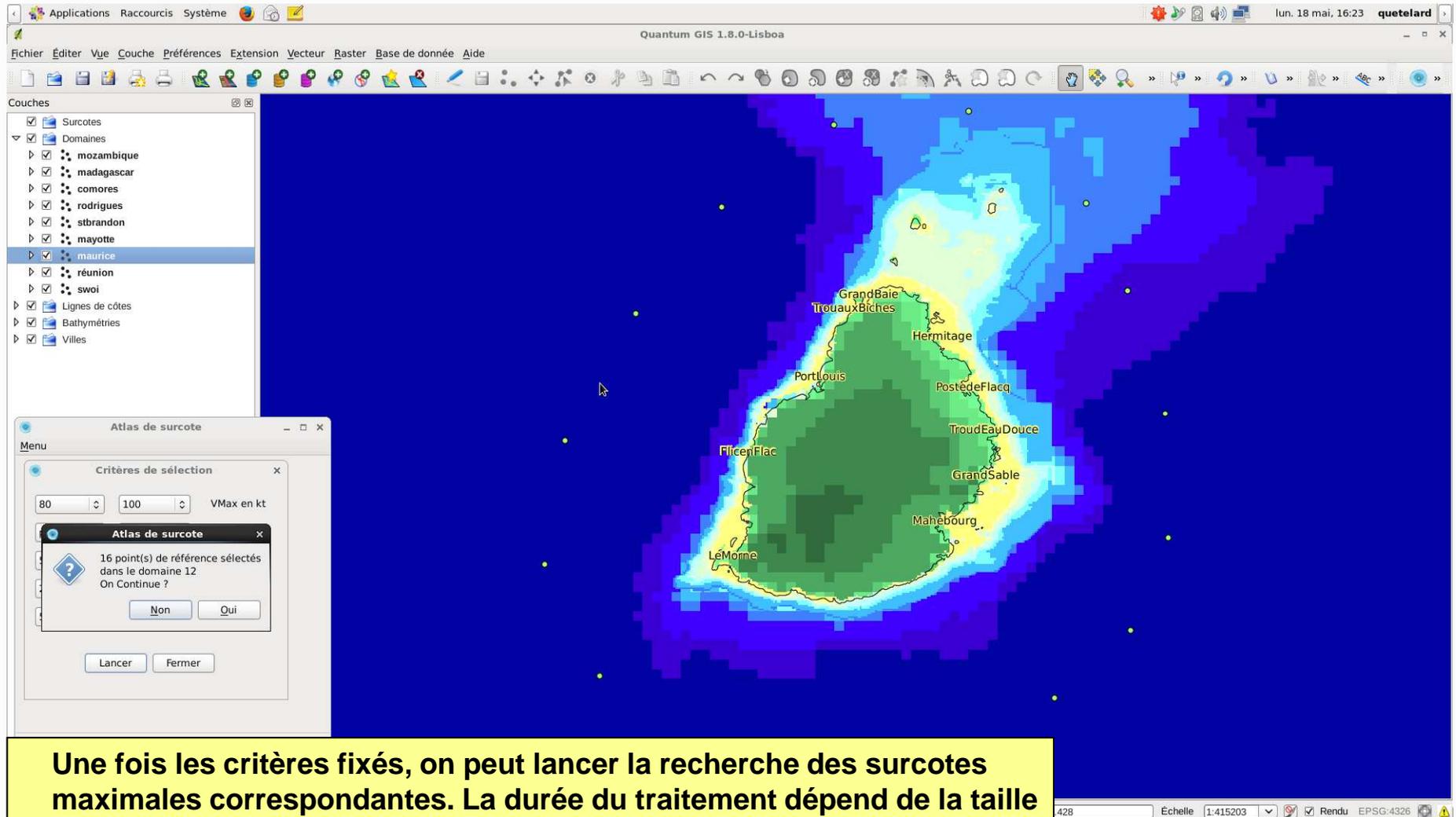
**Une fois le plugin lancé, on peut accéder à une boîte de dialogue qui permet de sélectionner les marges inférieures et supérieures des différents paramètres associés aux simulations présentes dans la base de données POSTGRES/POSTGIS.**

# 3 – Atlas « numérique » de surcote



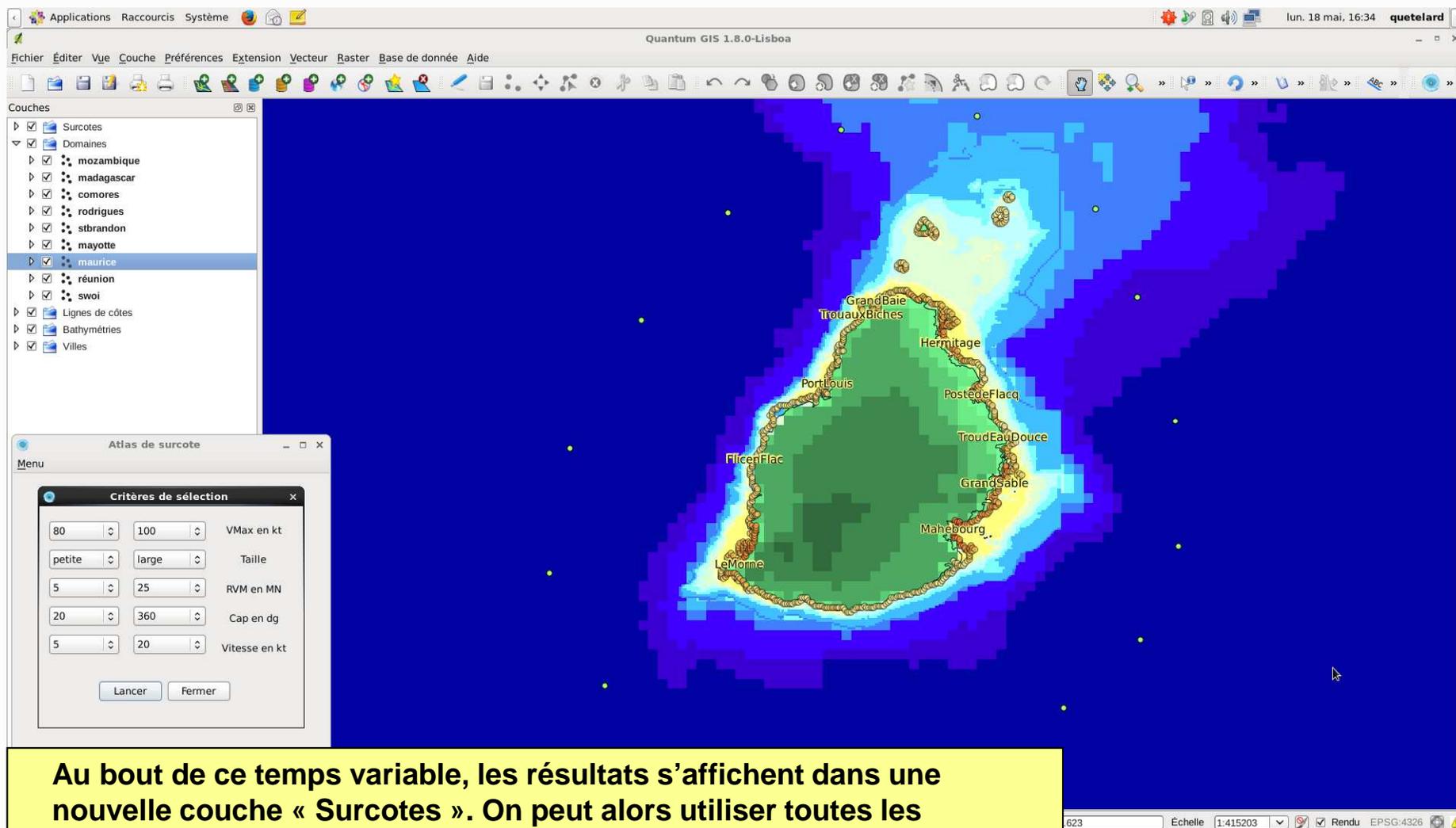
**On peut choisir rapidement le domaine d'intérêt en zoomant sur une des 8 couches domaines correspondant aux 8 régions. Mais on peut aussi choisir un domaine plus grand ou plus petit à l'aide des fonctionnalités offertes par QGIS.**

# 3 – Atlas « numérique » de surcote



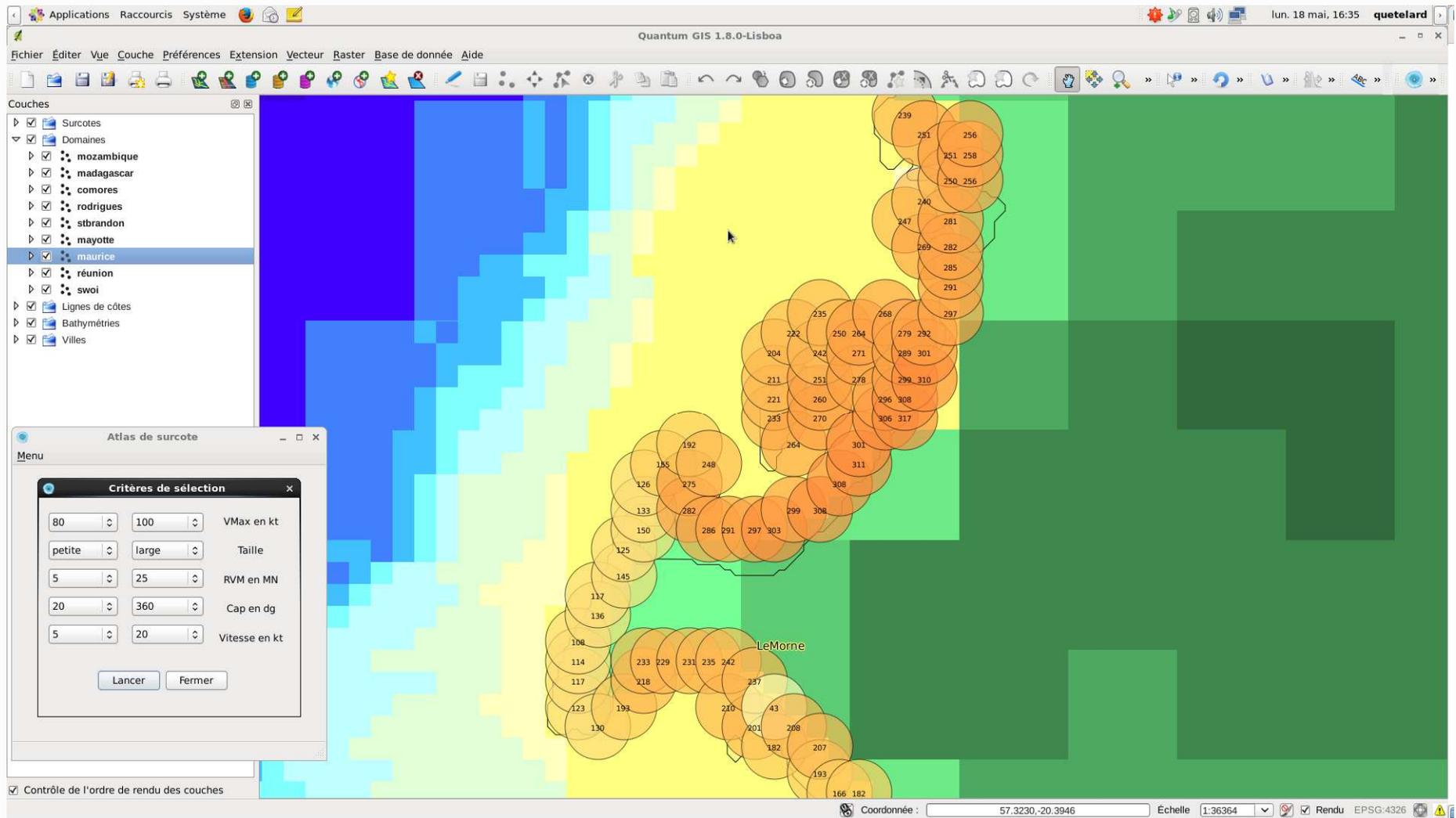
**Une fois les critères fixés, on peut lancer la recherche des surcotes maximales correspondantes. La durée du traitement dépend de la taille de la zone étudiée et de la largeur des fourchettes définies pour les paramètres. Ça peut être long ...**

# 3 – Atlas « numérique » de surcote



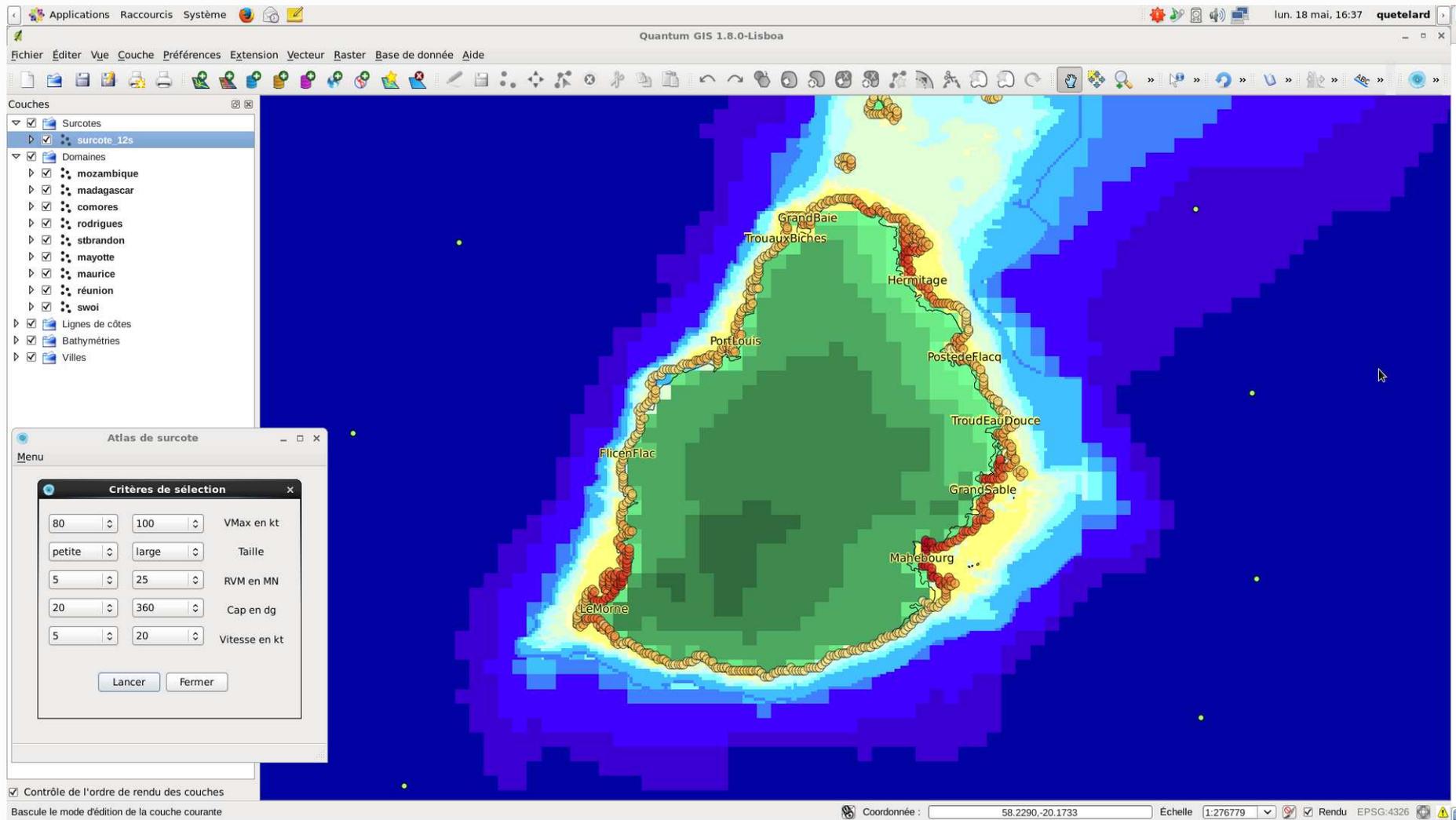
**Au bout de ce temps variable, les résultats s'affichent dans une nouvelle couche « Surcotes ». On peut alors utiliser toutes les fonctionnalités disponibles sous QGIS pour modifier l'aspect de cette couche.**

# 3 – Atlas « numérique » de surcote



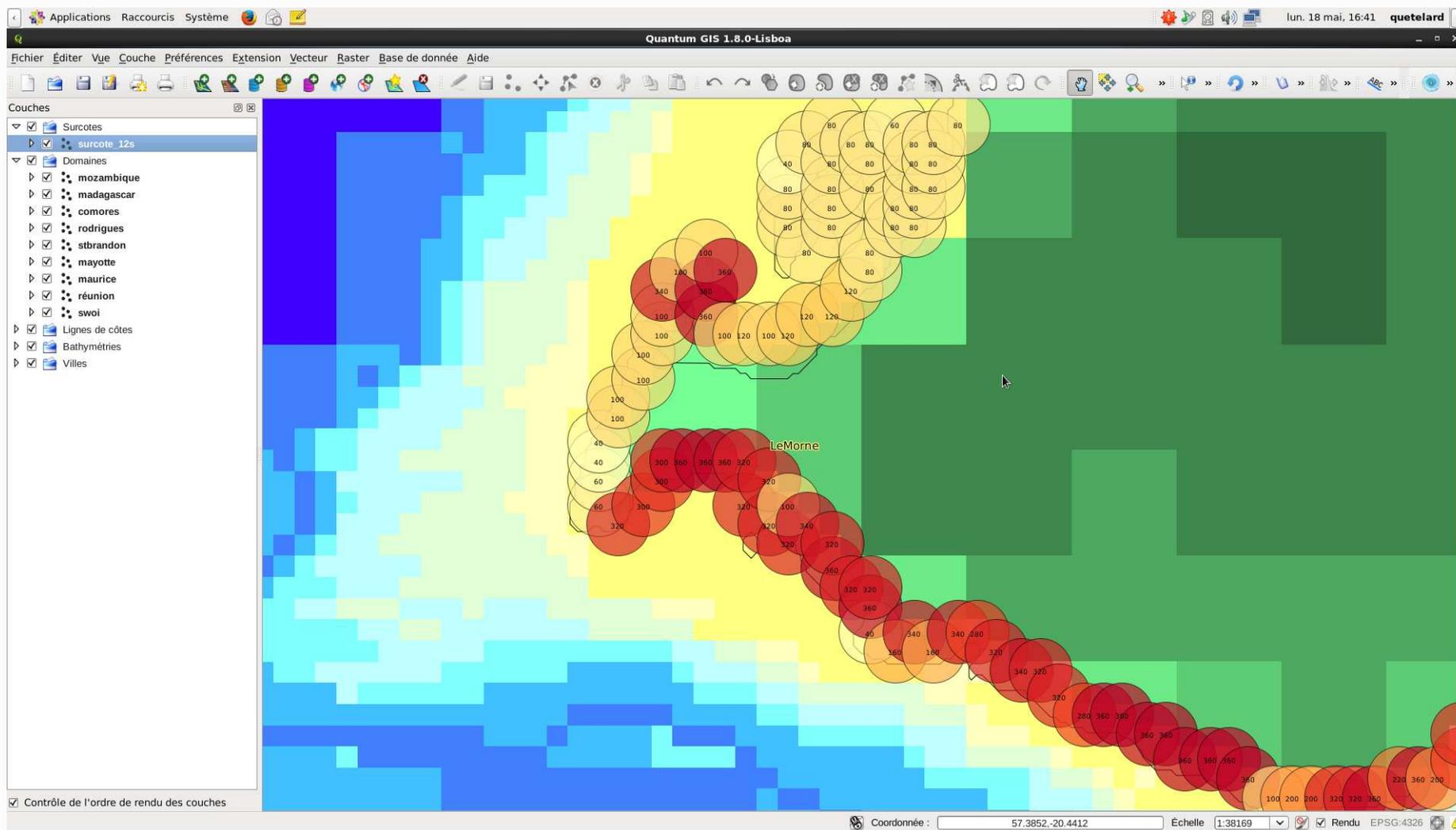
On peut par exemple zoomer sur une zone particulière...

# 3 – Atlas « numérique » de surcote



**On peut adapter l'échelle des couleurs pour renforcer le contraste et identifier les zones à risque ...**

# 3 – Atlas « numérique » de surcote



On peut visualiser pour un des paramètres (direction du déplacement sur cet exemple), la(les) valeur(s) qui a(ont) généré la surcote maximale sur chaque point

## 3 – Atlas « numérique » de surcote

- Le prochain stage « prévisionniste cyclone » organisé par le CMRS de La Réunion en septembre prochain sera l'occasion de fournir un « package » complet aux pays de la zone sud-ouest océan Indien
- Le package installé (le fameux « trio ») leur permettra de disposer à loisir des données simulées pour toutes sortes d'usage
  - Repérage des zones à risque
  - Utilisation en temps réel lorsqu'un système menace une zone
  - etc ...
- Une version « minimaliste » papier est également envisageable



---

Merci de votre attention

FIN