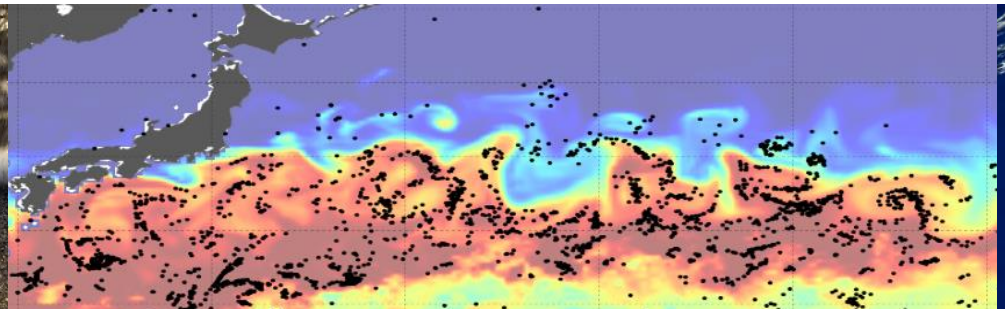
STAMM : UN MODÈLE INDIVIDU-CENTRÉ DE LA DISPERSION ACTIVE DES TORTUES MARINES JUVÉNILES

Résultats, limites et perspectives

Maxime LALIRE & Philippe GASPAR

GTMF – 16/11/2018



PLAN

1. **Contexte** – Pourquoi et comment modéliser la dispersion juvénile ?

2. **Le modèle STAMM** – Principes généraux

3. **Résultats** – Tortues luths de l'Atlantique Ouest

4. **Limites, sensibilité et avenir** de la modélisation

1. CONTEXTE : pourquoi modéliser la dispersion juvénile ?

Trois outils d'étude :

- Génétique : estimer la connectivité entre sites de pontes et sites de développement. Image figée.

- Télémétrie satellitaire : identification des routes migratoires en quasi temps réel. Limité sur les juvéniles (durée courte, couts élevés, taille balise/individus).

- Modélisation : simuler la dispersion d'un grand nombre d'individus durant de longue périodes de temps mais manque encore de données de validation.

1. CONTEXTE : comment modéliser la dispersion juvénile ?

Une première hypothèse : dérive passive *(Carr et al. 1986)*

- Largement employée depuis 30 ans, résultats intéressants
- ✓ **La circulation océanique est certainement le principal moteur de la dispersion des tortues juvéniles**

Tortues juvéniles passives ? Pas tant que ca…

- Problème de réalisme évident
- Incohérences dans les résultats des simulations passives
- Récents suivis satellitaires : **comportement actif**

MODÉLISER LA DISPERSION ACTIVE DES TORTUES JUVÉNILES

PLAN

1. **Contexte** – Pourquoi et comment modéliser la dispersion juvénile ?

2. **Le modèle STAMM** – Principes généraux

3. **Résultats** – Tortues luths de l'Atlantique Ouest

4. **Limites, sensibilité et avenir** de la modélisation

2. Le modèle STAMM : principes généraux

Dispersion active : peu de travaux jusqu'à présent

- Manque d'informations concernant le comportement de nage et les mécanismes d'orientation des juvéniles

Recherche d'habitats favorables ?

- Approche courante en halieutique
- Peu employée sur les tortues marines *(Abecassis et al. 2012)*

Hypothèse de STAMM (Sea Turtle Active Movement Model) :

Mouvement : contraint par la nécessité de se trouver dans des températures favorables (ectothermie) et motivé par la recherche de nourriture (individus juvéniles)

Mouvement motivé par la recherche d'habitat favorables

Modèle de mouvement

Modèle d'habitat

Modèle d'habitat (SEAPODYM, Lehodey et al., 2008)

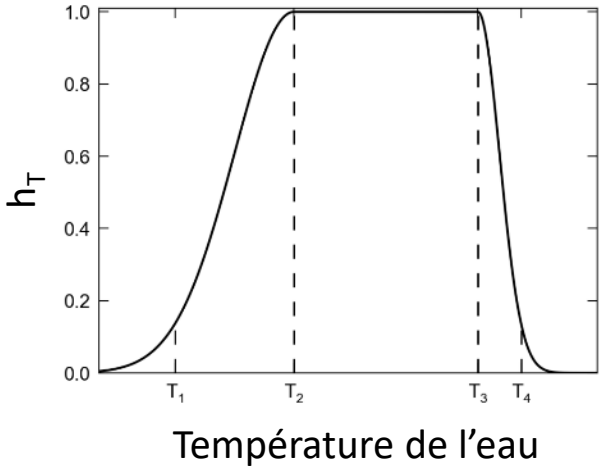
Favorabilité de l'habitat

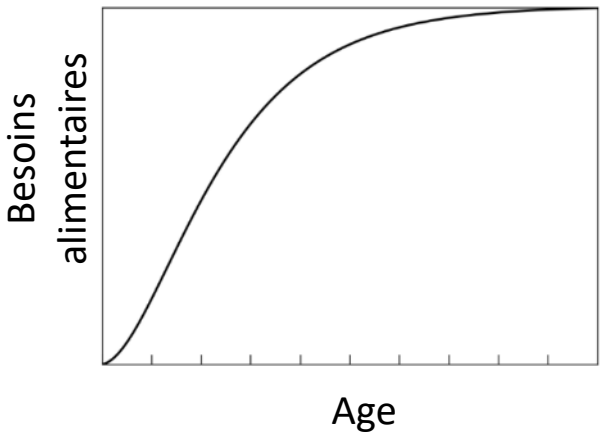
$0 < h < 1$

= Habitat thermique X Habitat de nourrissage

$0 < h_T$ (T, âge) < 1

$0 < h_F$ (Proies, âge) < 1





<u>Mouvement</u> motivé par la recherche d'<u>habitat favorables</u>

↓ Modèle de mouvement

↓ Modèle d'habitat

Modèle de mouvement (*Faugeras & Maury, 2007*)

- **Vecteur vitesse de nage modélisé avec**

✓ **Une direction** tirée dans une distribution de von Mises dont :

- La moyenne est donnée par la direction le gradient d'habitat, (en direction habitats les plus favorables)
- La dispersion est d'autant plus faible que le gradient est important

✓ **Une norme** qui décroit avec la favorabilité de l'habitat

- Les individus s'échappent rapidement des mauvais habitats et ralentissent dans les habitats favorables.

PLAN

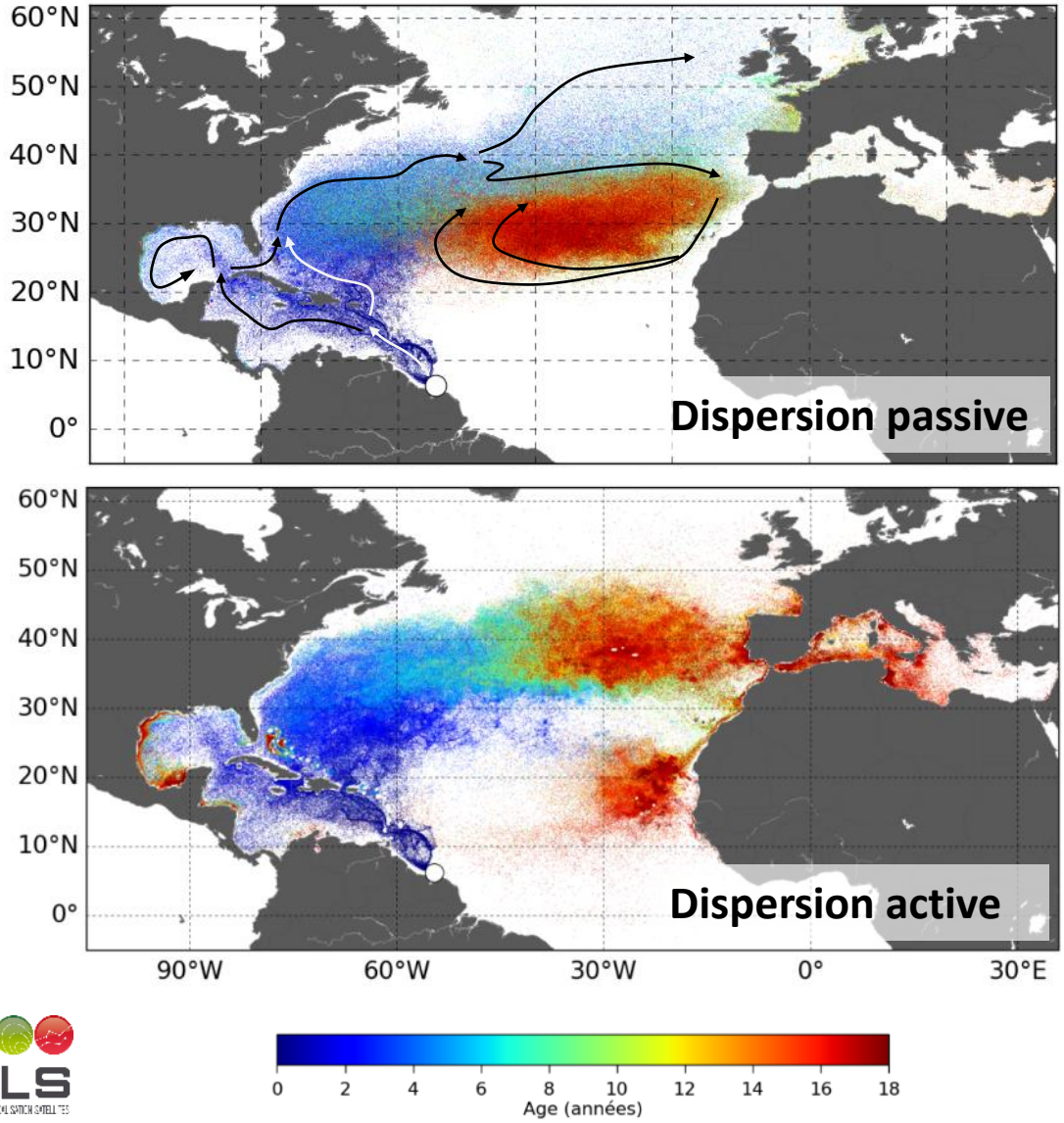
1. **Contexte** – Pourquoi et comment modéliser la dispersion juvénile ?

2. **Le modèle STAMM** – Principes généraux

3. **Résultats** – Tortues luths de l'Atlantique Ouest

4. **Limites, sensibilité et avenir** de la modélisation

Cartes de dispersion (départ Guyane Française)



- Circulation classique (gyre subtropicale hémisphère Nord)
- Accumulation sur des habitats productifs de bord Est

Figure 1 : Cartes de la dispersion passive (haut) et active (bas) de 5000 juvéniles au départ de la Guyane Française.

Animation de dispersion active

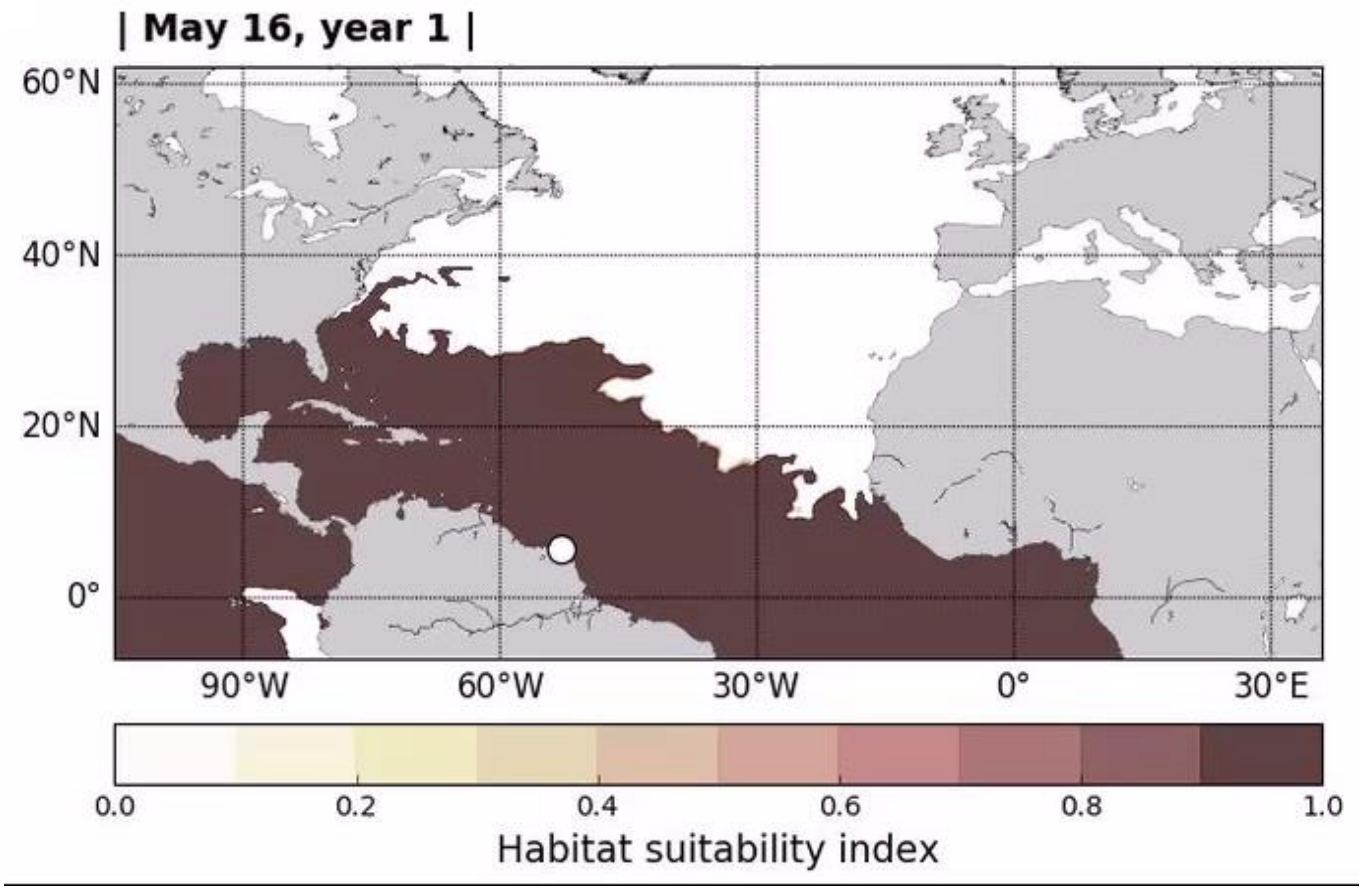


Figure 2 : Animation de la dispersion active de 5000 juvéniles simulés au départ de Guyane Française. La couleur du fond de carte correspond à la favorabilité de l'habitat.

Réalisme du schéma de dispersion active ?

➢ Aspect spatial

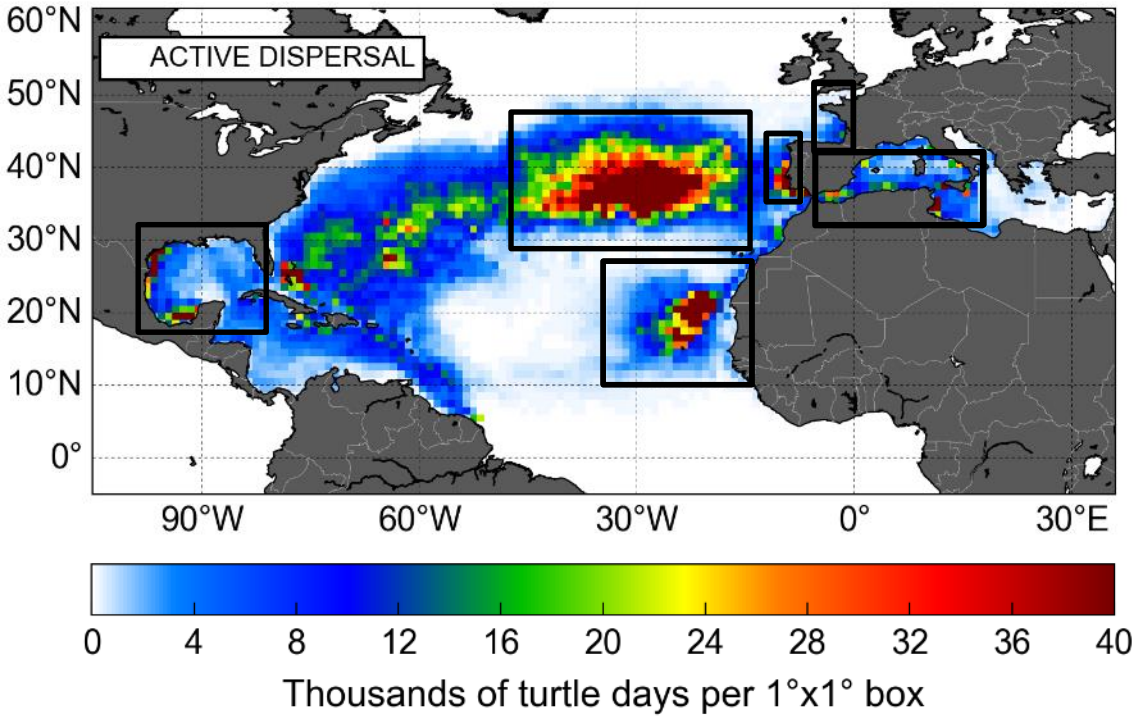


Figure 3 : Carte de densité de présence de juvéniles actifs (jour-tortues par boites de 1x1°)

✓ Habitats productifs

✓ Tortues luths observées dans toutes ces zones

✓ Juvéniles (LCC<105cm) observés :
- Mauritanie
- Portugal
- Méditerranée
- Golfe de Gascogne

Peu accessibles en dérive passive

Réalisme du schéma de dispersion active ?

➢ Aspect temporel

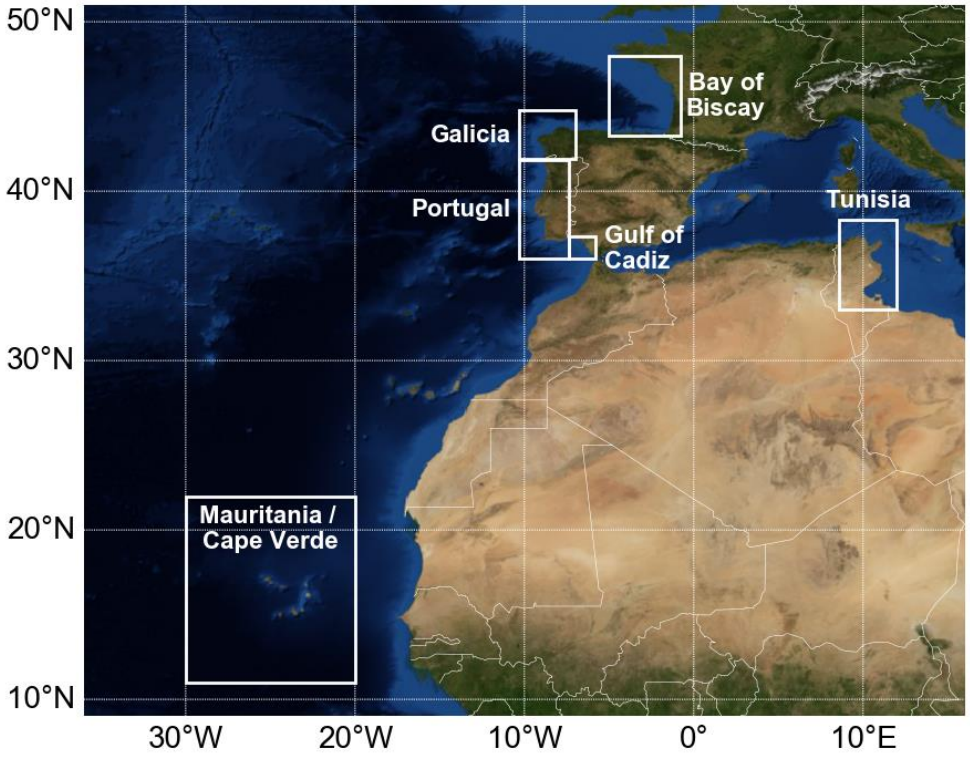


Figure 4 : Carte des zones de l'Atlantique Est où sont observées et mesurées des tortues luths juvéniles.

- **Données** d'échouages ou de captures accidentelles dans **six zones** de l'Atlantique Est
- Comparaisons observation/modèle dans ces zones

Réalisme du schéma de dispersion active ?

- Aspect temporel

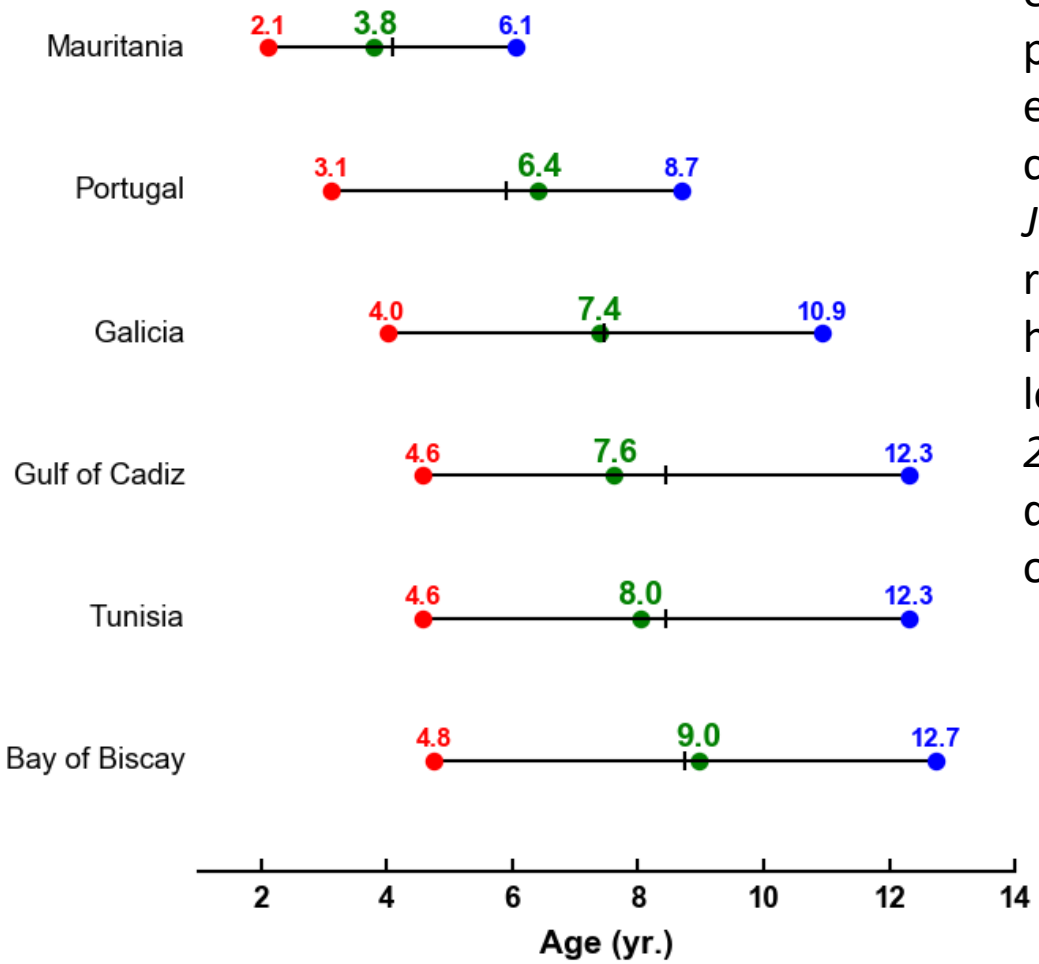


Figure 5 : Age des premières tortues actives simulées entrant dans les 6 zones point vert) comparés à une estimation basse (hyp. De croissance rapide d'après *Jones et al, 2011*, point rouge) et une estimation haute (hyp. De croissance lente d'après *Avens et al 2009*, point bleu) de l'âge des plus petits individus observés dans ces six zones.

Réalisme du schéma de dispersion active ?

✓ **Aspect spatial**

Accumulation sur des habitats productifs de l'Est du bassin très peu accessibles en dérive passive (Portugal, Mauritanie, Méditerranée, Golfe de Gascogne) où des luths juvéniles sont effectivement observées (+ migrations saisonnières)

Peu de signalement au niveau des Açores ?

✓ **Aspect temporel**

Ordre d'arrivée sur ces habitats productif cohérent avec l'ordre des tailles des plus petites tortues observées. Timing simulé cohérent avec les âges (estimés de deux manières) des plus petites tortues observées.

Cohérent aussi pour des sites de ponte autres que la Guyane

PLAN

1. **Contexte** – Pourquoi et comment modéliser la dispersion juvénile ?

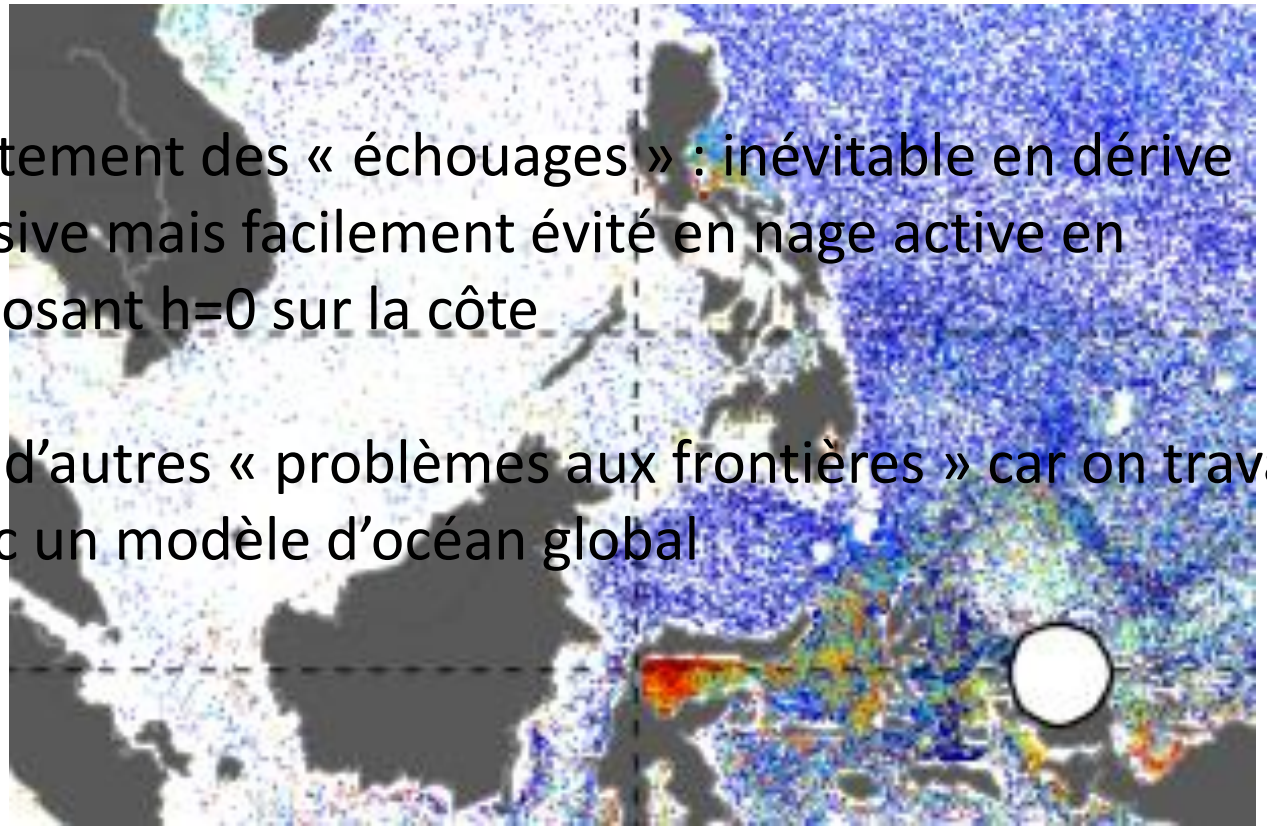
2. **Le modèle STAMM** – Principes généraux

3. **Résultats** – Tortues luths de l'Atlantique Ouest

4. **Limites, sensibilité et avenir** de la modélisation

4.1 Limites numeriques de l'approche modelisation

- ✓ Simulations au ¼° → circulation à petite échelle mal modélisées dans des baies étroites ou le long de côtes très découpées

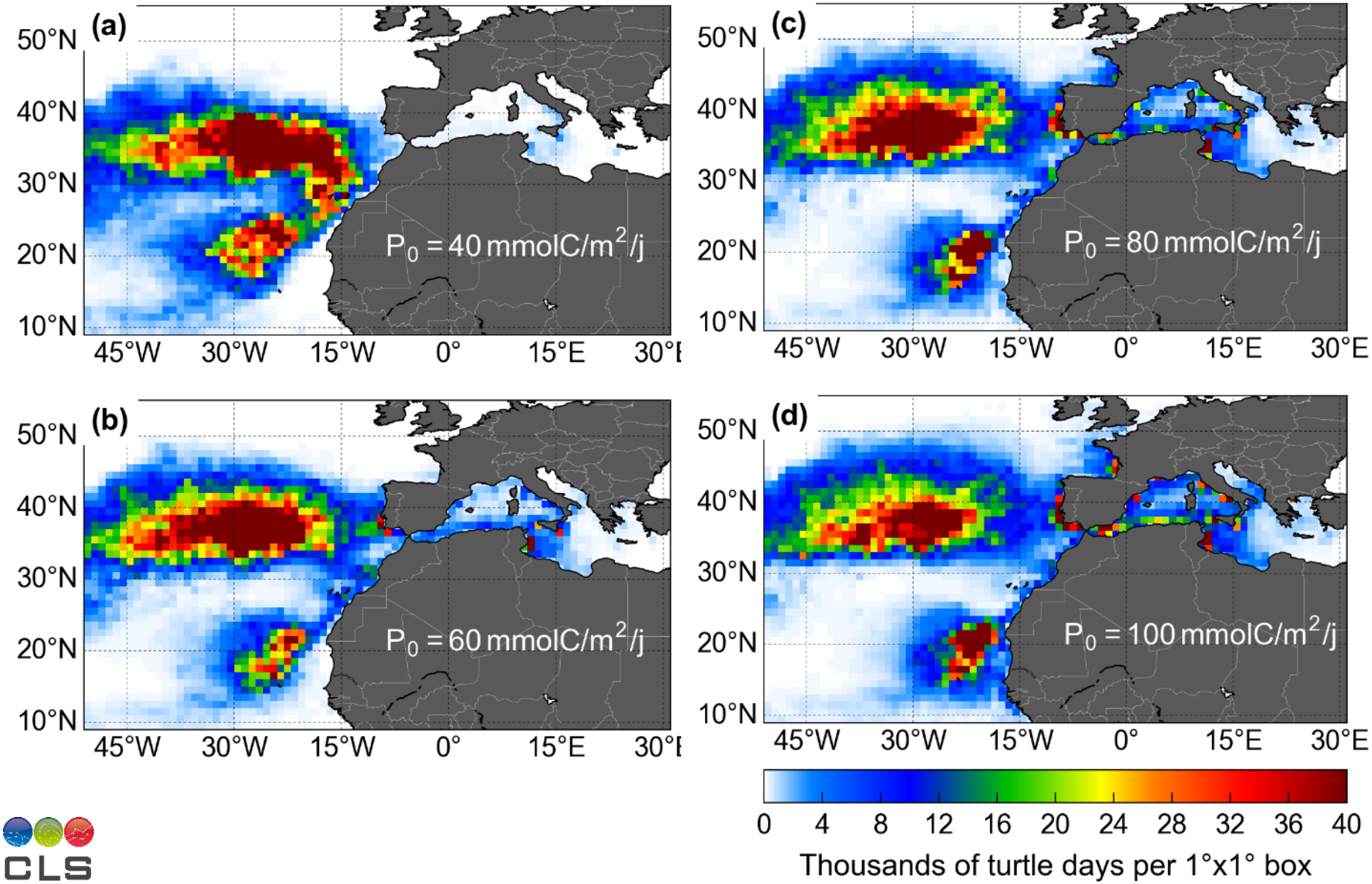


- ✓ Traitement des « échouages » : inévitable en dérive passive mais facilement évité en nage active en imposant h=0 sur la côte
- ✓ Pas d'autres « problèmes aux frontières » car on travaille avec un modèle d'océan global

4.2. SENSIBILITE PARAMETRIQUE DU MODELE

- ✓ 7 paramètres :
  - ✓ 2 pour la vitesse : v_o, α
  - ✓ 4 pour l'habitat thermique : T_1,T_2,T_3,T_4
  - ✓ 1 pour l'habitat de nourissage: P_o

4.2. Sensibilite parametrique de la modelisation



STAMM a 3 ans !

…..et il reste encore énormément de choses à faire:

1) Adapter/calibrer STAMM pour d'autres espèces (caouannes, vertes,…)
2) Valider ou modifier, puis calibrer STAMM avec des données de tracking de juvéniles

   Travail en cours avec les données des caouannes juvéniles du Pacifique Nord (NOAA – Balazs et al.)

3) Utiliser un meilleur proxy de la densité du champs de proie que la NPP

   Travail en préparation (utilisation du zooplancton ou micronection issu de SEAPODYM)

4) Estimer un paramètre de fitness individuel qui puisse moduler la croissance en fonction des habitats rencontrés
5) Modéliser le comportement de plongée
6) ……..

6. STAMM : UNE PIECE DU PUZZLE

Objectif de départ : développer un modèle spatialisé du cycle de vie complet (i.e. un modèle de dynamique de population) incluant :

- ✓ Un module « nidification » (succès reproducteur)
- ✓ Un module juvéniles (dispersion et mortalité) → **STAMM**
- ✓ Un module adulte (migration, reproduction, mortalité y compris pollution et bycatch)
- ✓ Un module impact de la pêche
- ✓ Un module impact de la pollution

…pour disposer d'un outil de management permettant de simuler l'évolution de populations de tortues marines soumises à l'impact du changement climatique, de la pollution et de l'effort de pêche.