

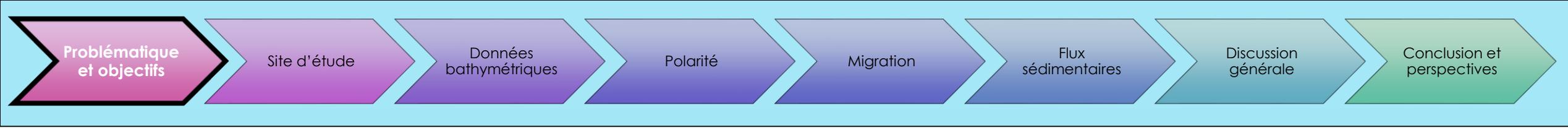


# Dynamique sédimentaire sur le prisme sédimentaire picard: migration des dunes subtidales et flux sédimentaires associés

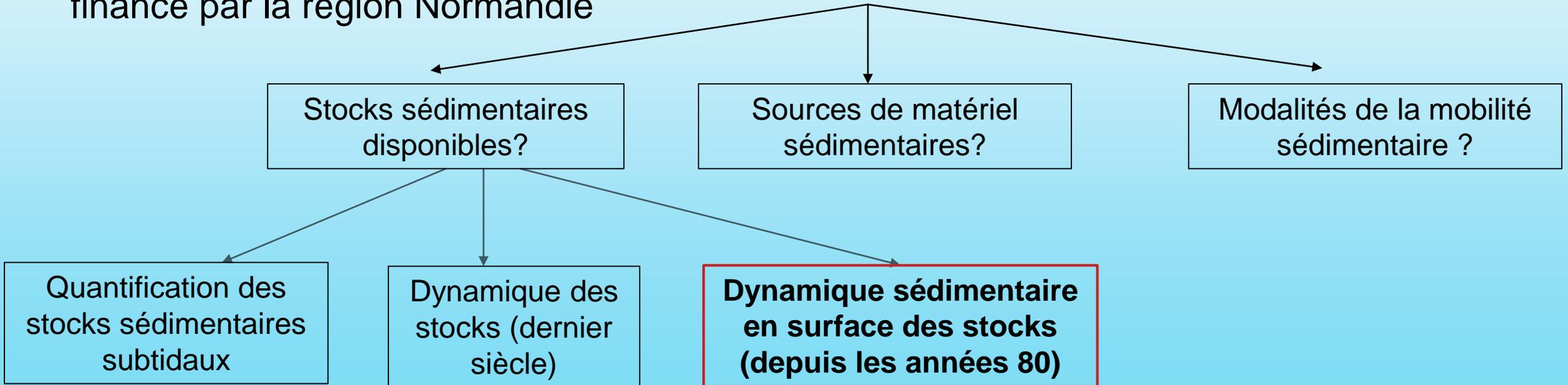
Justine PONSOLLE <sup>1</sup>, Sophie LE BOT <sup>1</sup>, Laure SIMPLET<sup>2</sup>, Arnaud GAILLOT<sup>2</sup>, Charline GUERIN<sup>2</sup>, Elise GRENARD-GRAND<sup>3</sup>, Bernadette TESSIER<sup>3</sup>, Thierry GARLAN<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>M2C (Rouen), <sup>2</sup>IFREMER (Brest), <sup>3</sup>M2C (Caen), <sup>4</sup>SHOM (Brest)

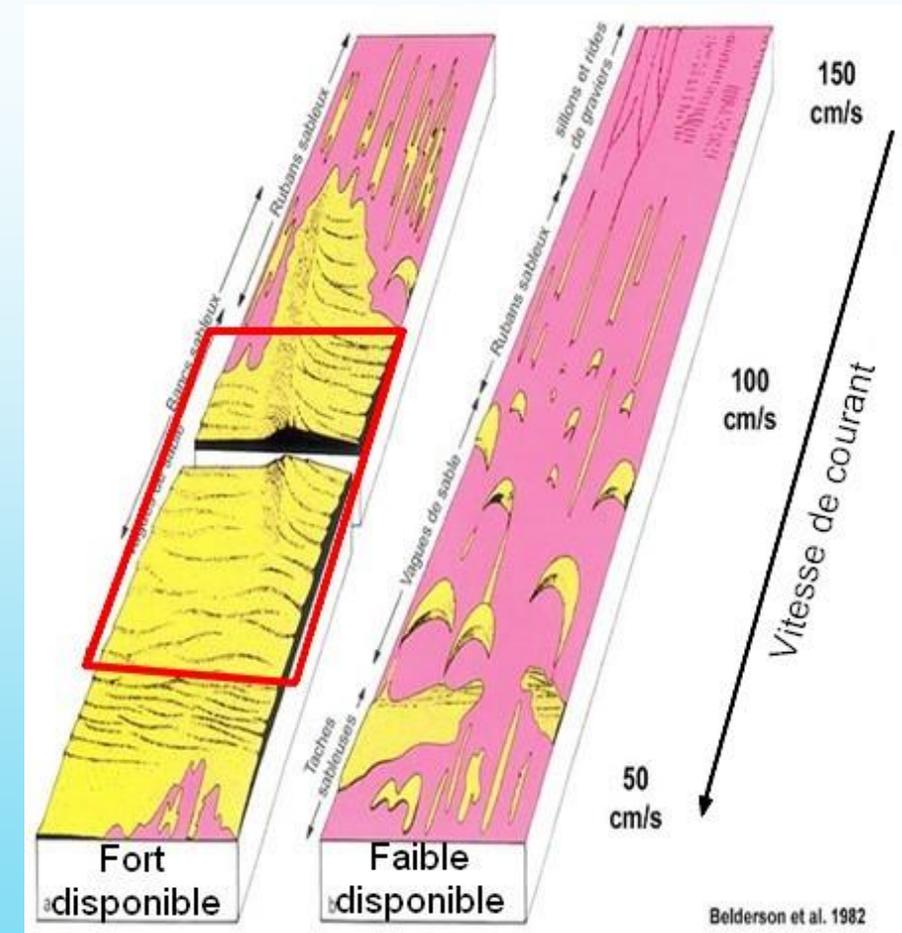
Colloque merlGéo – 26 novembre 2020



- Modalités de transferts des sédiments entre large et littoral = clés de la compréhension de l'évolution des côtes et littoraux (Thomas et *al.*, 2011)
- Travaux s'inscrivant dans le cadre du projet SELINE (SEdiments et Littoraux de Normandie) financé par la région Normandie



- Prismes sédimentaires = importants stocks de sédiments préservés
- Corps sédimentaires sous-marins = bons marqueurs de la dynamique sédimentaire
- Formés suivant les conditions hydrodynamiques
  - ↳ connaissance indirecte des courants tidaux associés (Gómez et al., 2010; Ferret, 2011)



## Les dunes :

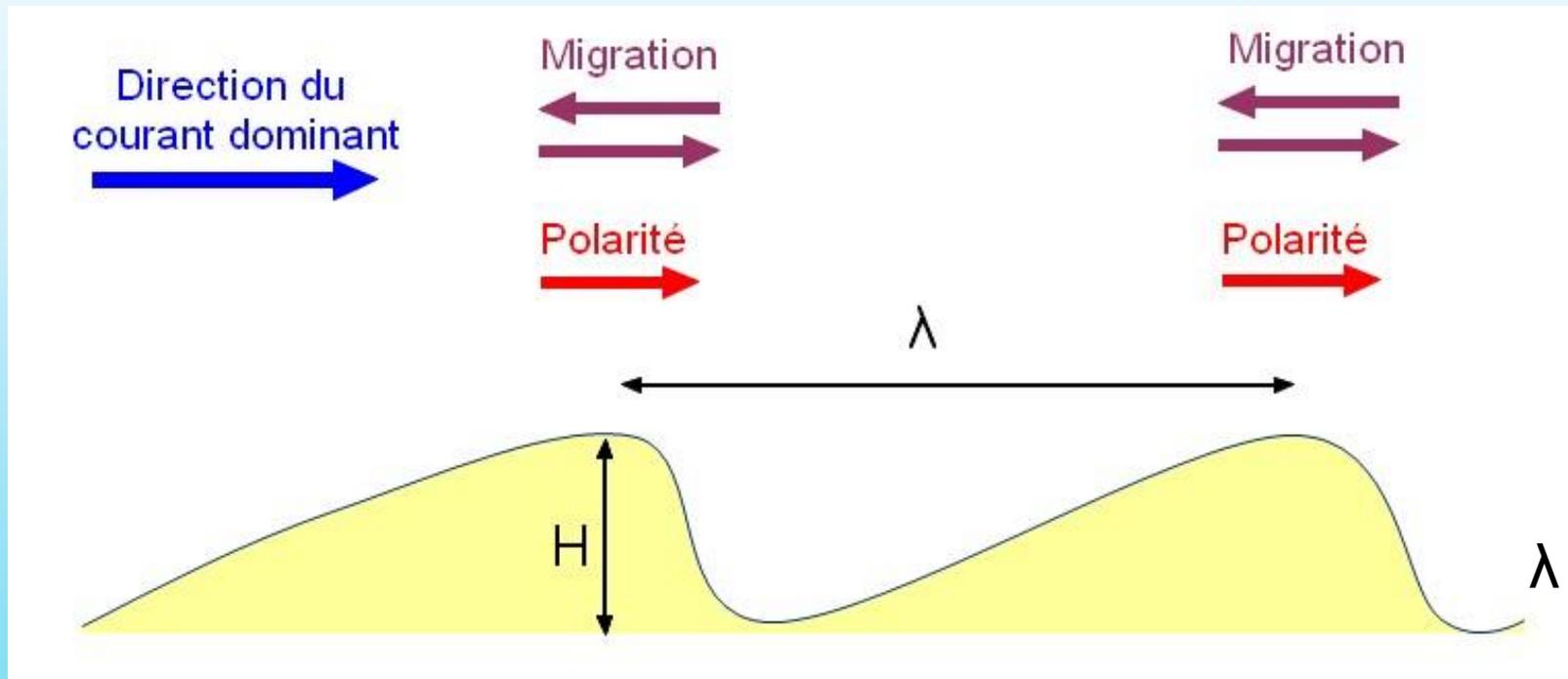
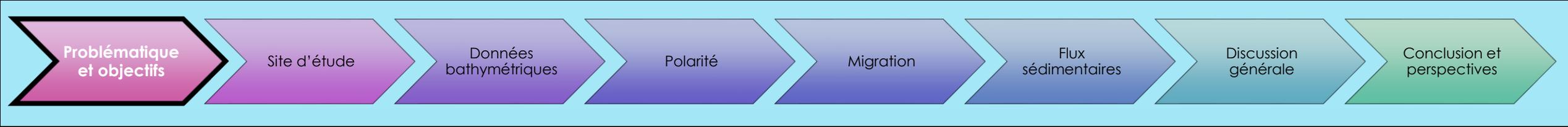


Schéma d'une dune et de ses caractéristiques avec H la hauteur de la dune et  $\lambda$  la longueur d'onde.

- Caractéristiques des dunes (Belderson et *al.*, 1982, Ashley, 1990):
  - ⇒  $6 \text{ cm} < H$
  - ⇒  $60 \text{ cm} < \lambda$
- Pour les dunes subtidales (grandes dimensions) : remodelage incomplet de la forme
  - parfois désaccord polarité-migration



## Marqueurs de la dynamique sédimentaire :

Polarité



- Critère très souvent utilisé
- Indicatif, pas d'idées sur les quantités transportées (Schmitt et Mitchell, 2014 ; Kyungsik et Joohee, 2015)

Migration



- Donne la direction principale de transport (Ferret, 2011)
- Indication indirecte sur les quantités transportées

Flux sédimentaires



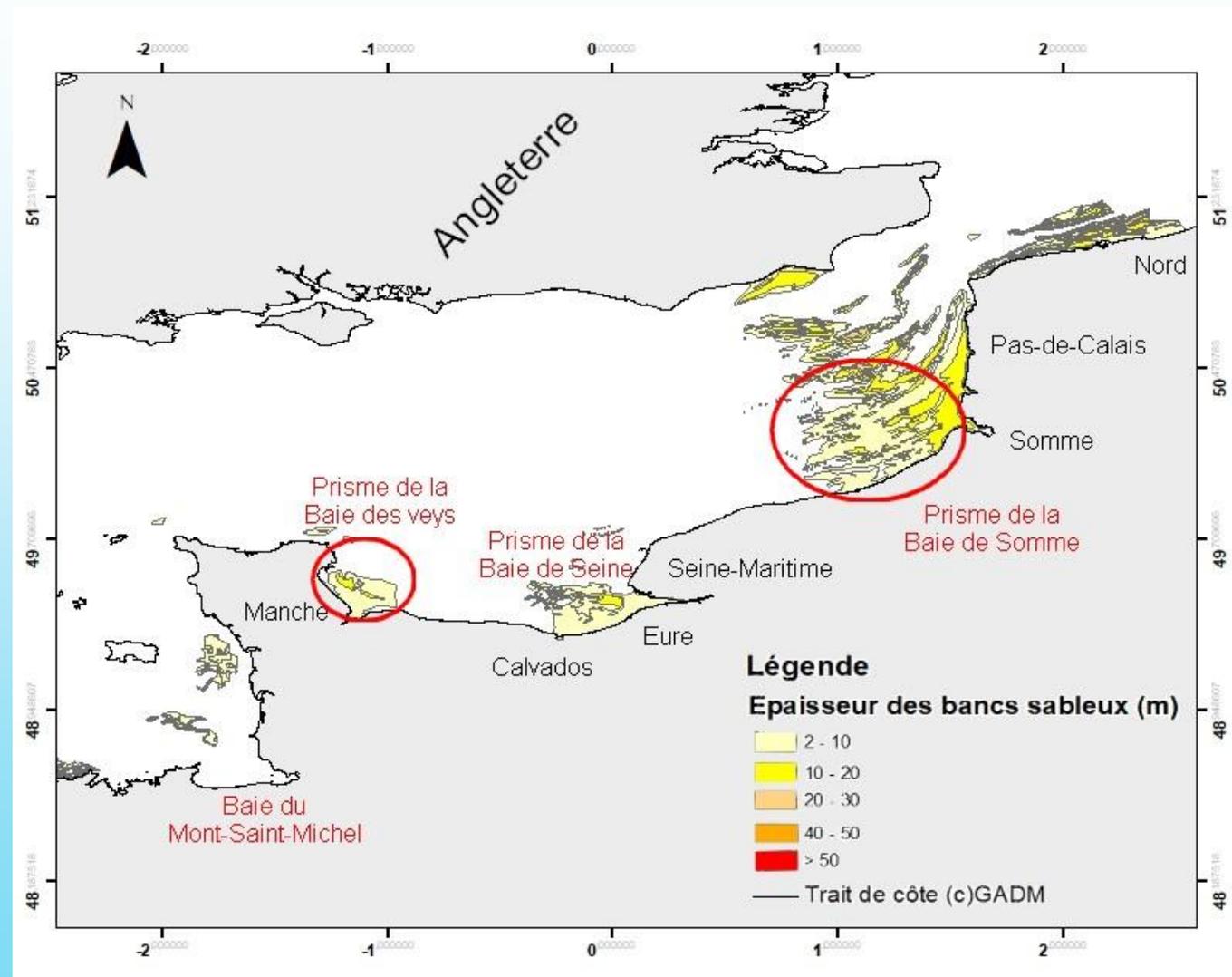
- Estimation à partir de la migration et de la morphologie des dunes (Hoekstra et al., 2004; Schmitt et Mitchell, 2014; Ferret, 2011, Michel, 2016)

## Le contexte normand :

- Plusieurs prismes sablo-graveleux formés à l'Holocène durant la transgression flandrienne (Tessier et al., 2012)
- Mobilité des sédiments de surface dans les conditions hydrodynamiques actuelles (Augris et al., 2004)
- Modelés de corps sédimentaires : dunes, bancs sableux

Le Prisme de la Baie des Veys (thèse Elise Grenard-Grand)

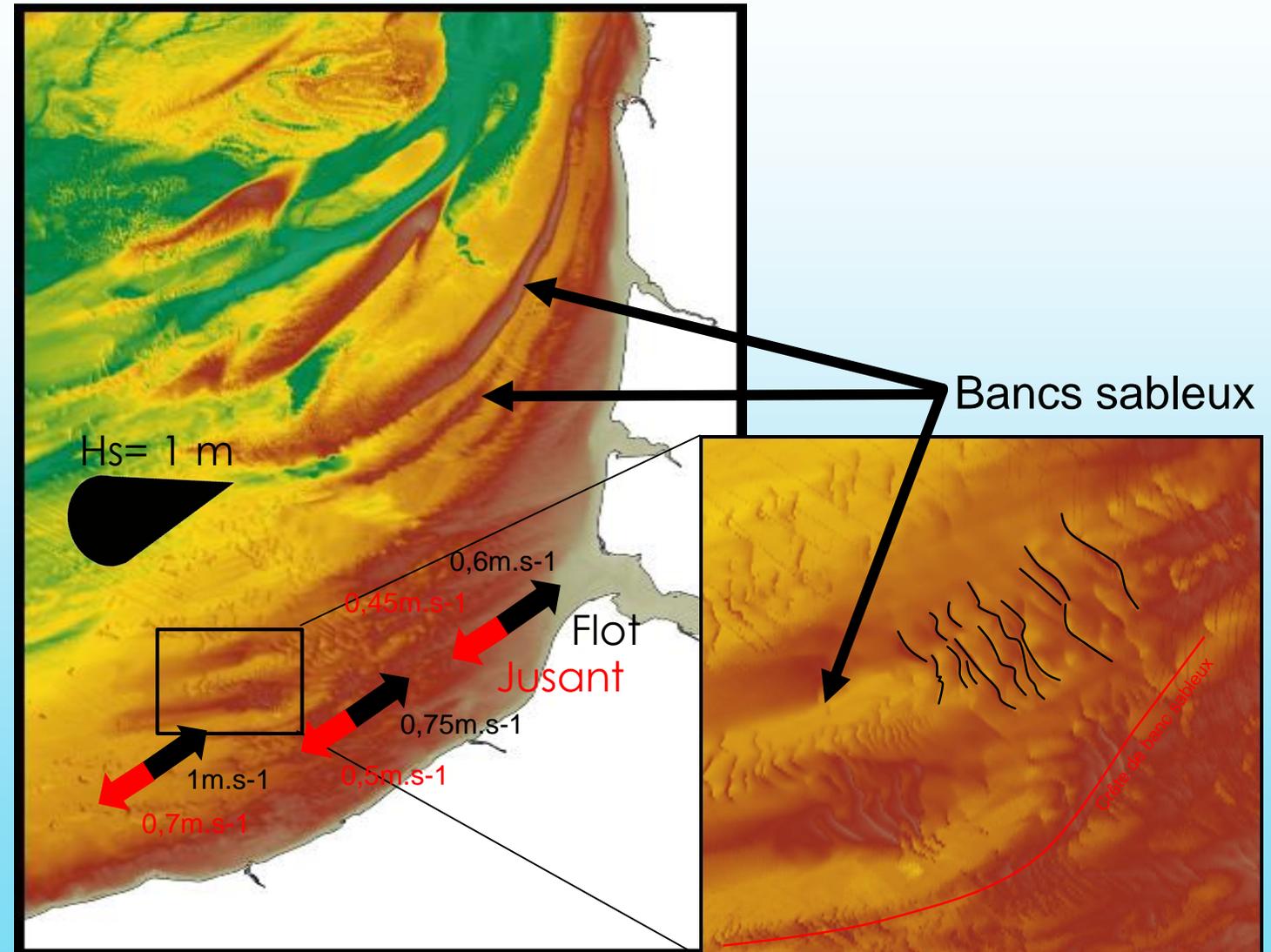
Le Prisme normand-picard



Bancs sableux en Manche et Mer du Nord (Données IFREMER). L'encadré rouge montre l'emprise des sites d'étude.

## Le Prisme picard

- *Marée* :
  - Marnage mégatidal (8,5m en VE moyenne) (SHOM, 1968)
  - Vitesse Flot > Vitesse jusant
  - Courant résiduel vers l'E-NE
  - Diminution des vitesses d'Ouest en Est
- *Vagues (mer du vent)* :
  - Provenance de l'Ouest
  - $H_s = 1\text{m}$  et  $3\text{s} < T < 6\text{s}$  (ANEMOC)
- *Nombreuses dunes surimposées à des bancs sableux*



Localisation des dunes et bancs sableux du Prisme picard (source: data.shom.fr)

Problématique  
et objectifs

Site d'étude

Données  
bathymétriques

Polarité

Migration

Flux  
sédimentaires

Discussion  
générale

Conclusion et  
perspectives

Estimation des marqueurs :

- Polarité
- Migration

Besoin de données bathymétriques

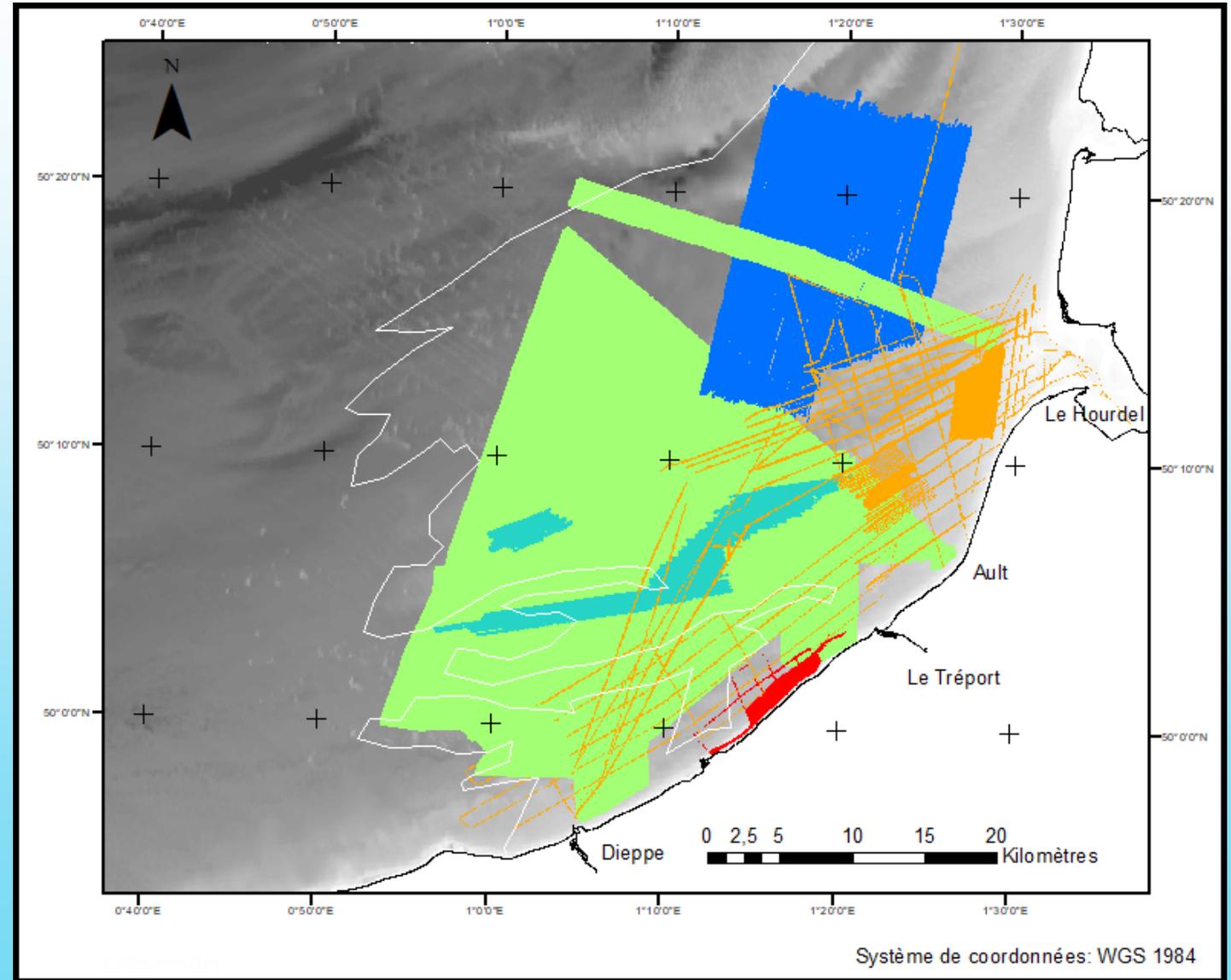
### Légende

- Données M2C (2010, 2013, 2014, 2019)
- Données Yann Ferret (2011), M2C
- Données Laure Simplet (2010), IFREMER
- Données Anne Duperret (2014), LOMC Le Havre
- Data.shom (1981, 1989, 1997, 1998, 2012, 2013)
- Trait de côte Histolitt, SHOM

MNT Bathymétrique de la façade Atlantique, SHOM (2015)

- High : 34,6595

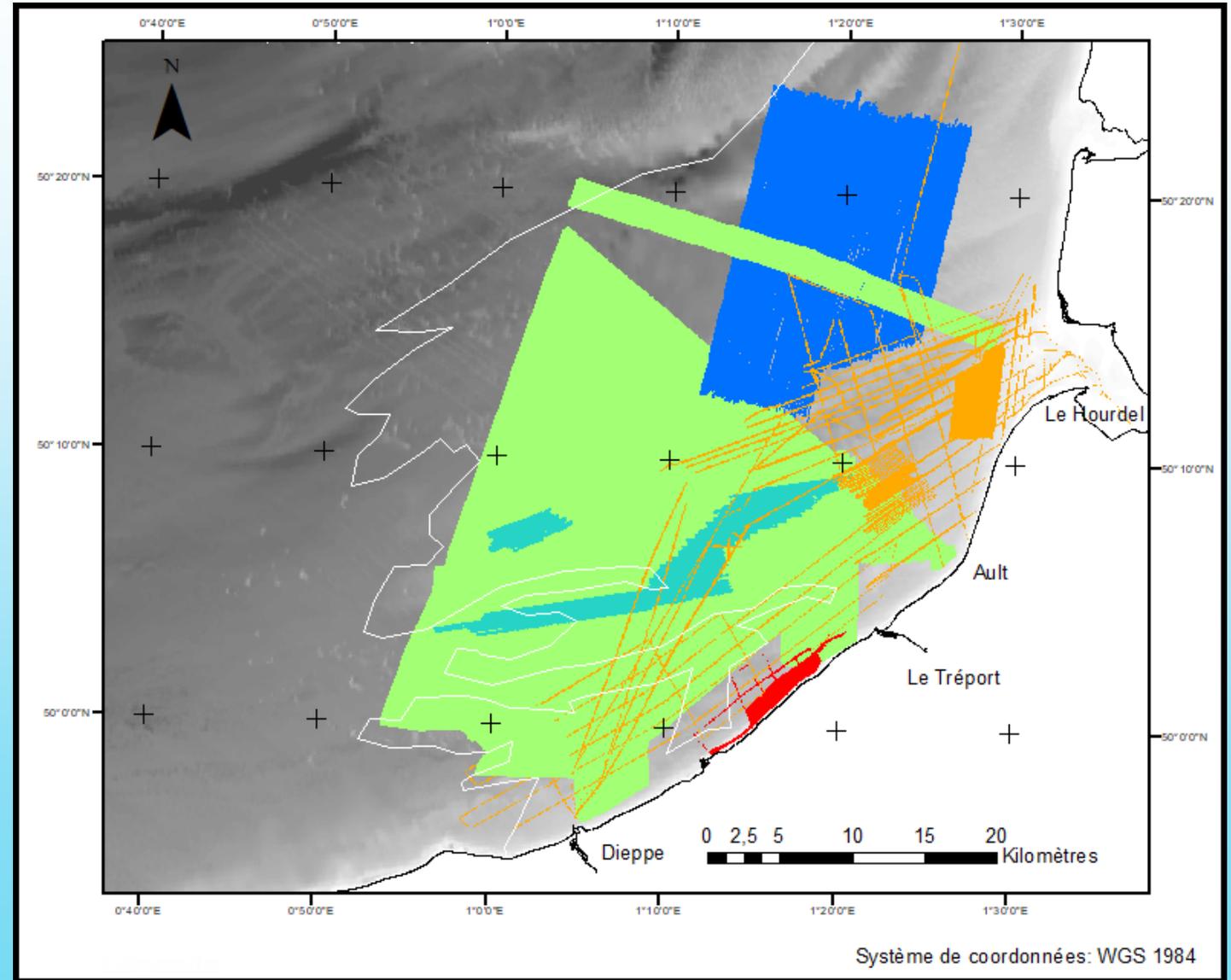
Low : -53,5027



- Campagnes réalisées par le M2C
- Campagnes de l'IFREMER et du LOMC (Le Havre)
- Data.shom

### Légende

- Données M2C (2010, 2013, 2014, 2019)
- Données Yann Ferret (2011), M2C
- Données Laure Simplet (2010), IFREMER
- Données Anne Duperret (2014), LOMC Le Havre
- Data.shom (1981, 1989, 1997, 1998, 2012, 2013)
- Trait de côte Histolitt, SHOM
- MNT Bathymétrique de la façade Atlantique, SHOM (2015)
  - High : 34,6595
  - Low : -53,5027



3243 dunes détectées à partir de ces levés

Problématique  
et objectifs

Site d'étude

Données  
bathymétriques

Polarité

Migration

Flux  
sédimentaires

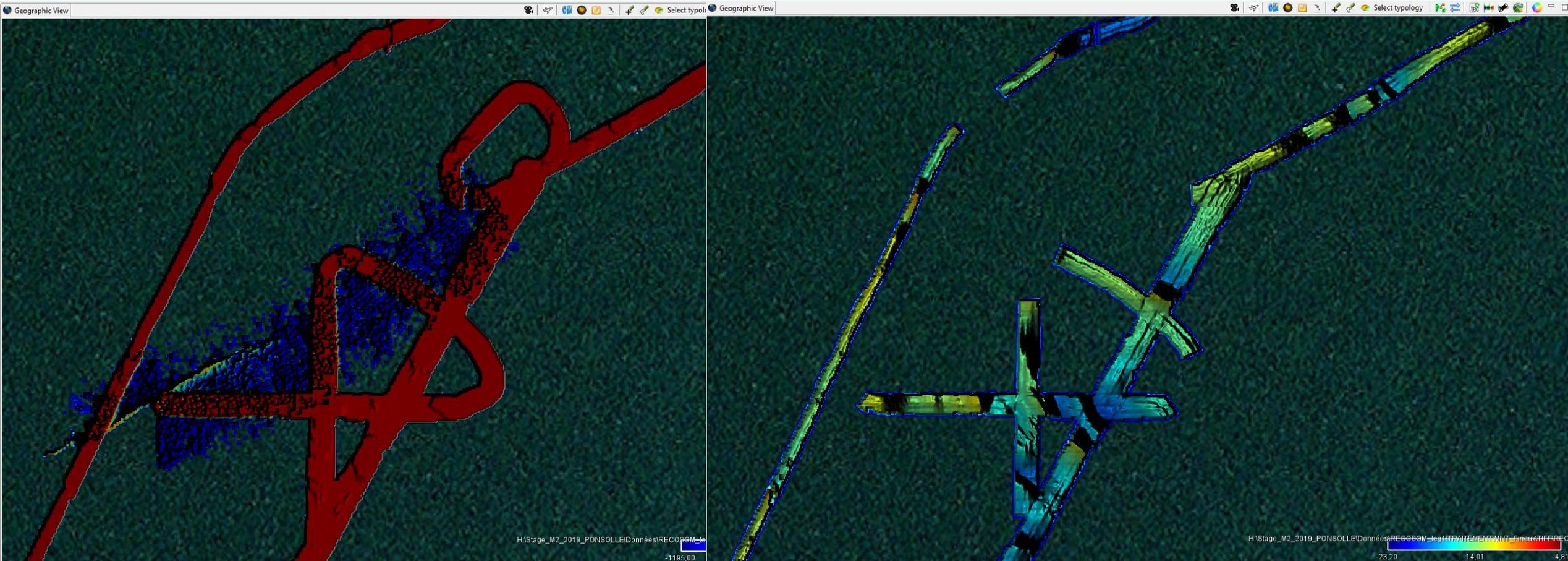
Discussion  
générale

Conclusion et  
perspectives

- Traitement des données brutes à l'aide du logiciel GLOBE (Ifremer Software)



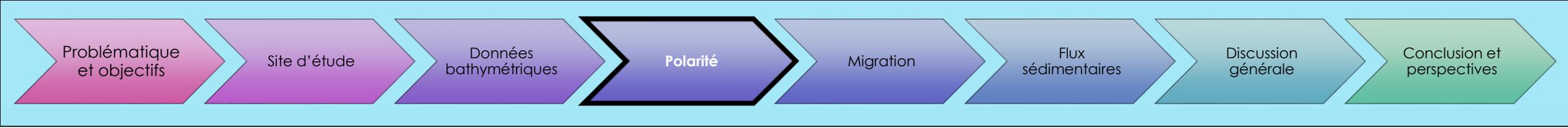
Exemple de la campagne RECOSOM (2010): avant et après traitement



Nettoyage (navigation, sondes) + correction de marée, de célérité



production du MNT



# POLARITE : Méthode

**Asymétrie**



Pente du flanc raide plus importante que la pente du flanc doux

**Polarité**



Direction du flanc raide → direction du courant résiduel / dominant

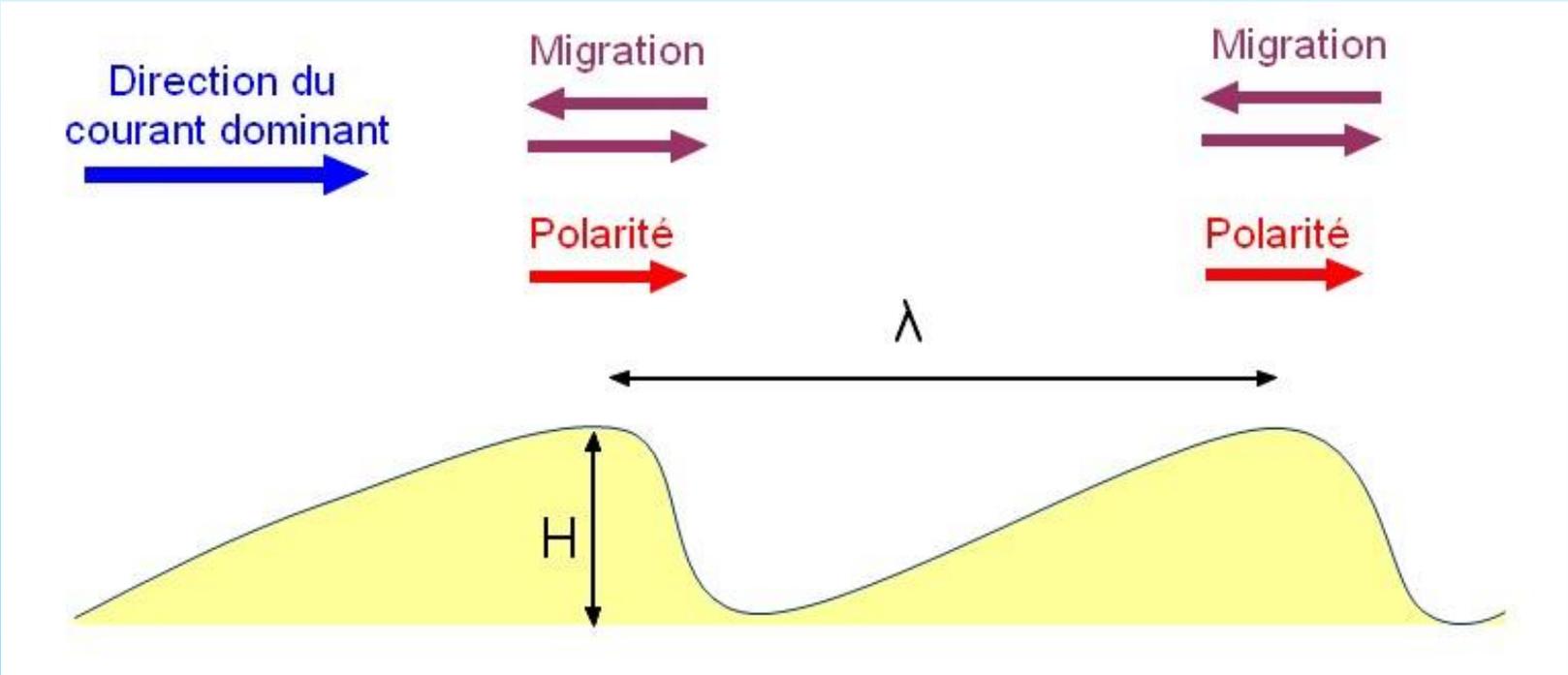
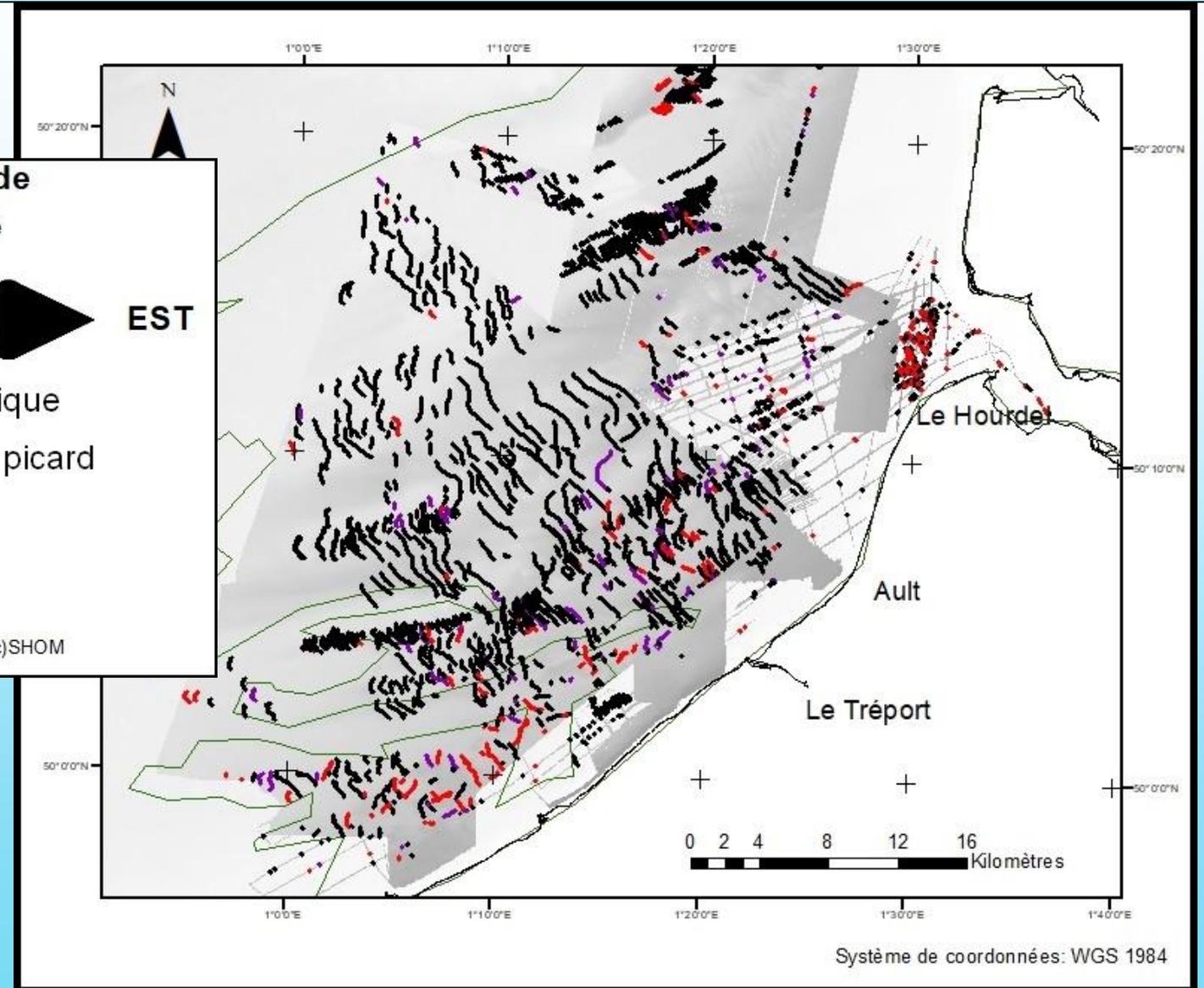
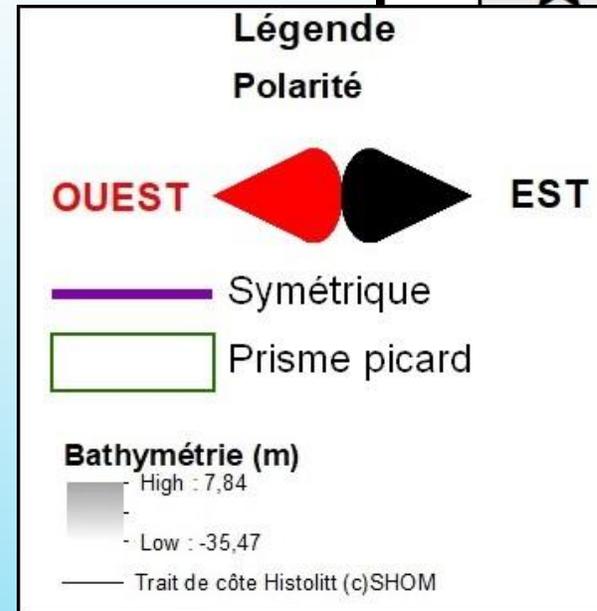


Schéma d'une dune et de ses caractéristiques avec H la hauteur de la dune et  $\lambda$  la longueur d'onde.

## Résultats

- Polarité dans l'axe des courants de marée
- Dunes subtidales: polarité majoritaire EST
- Dunes intertidales: polarité EST-OUEST

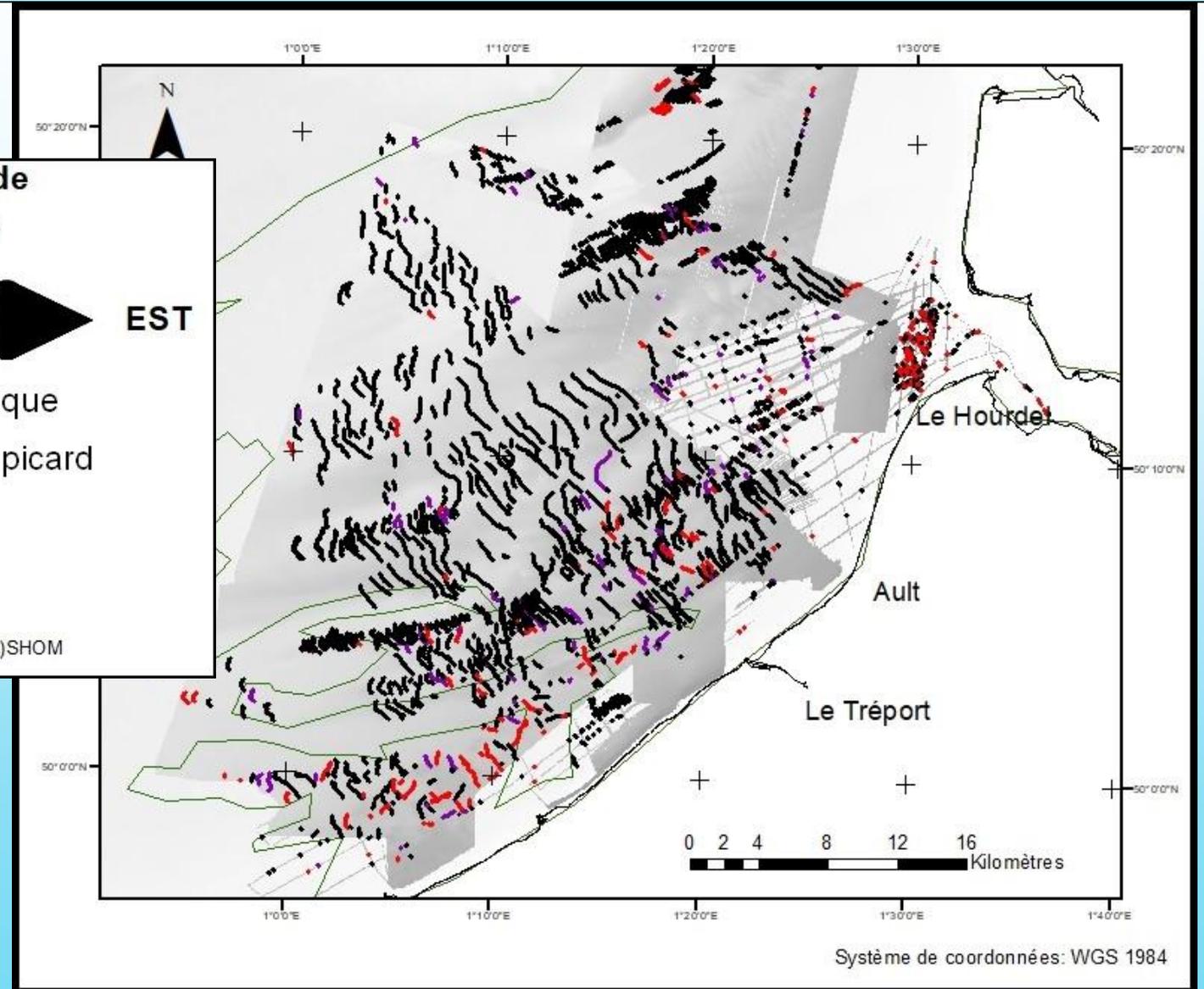
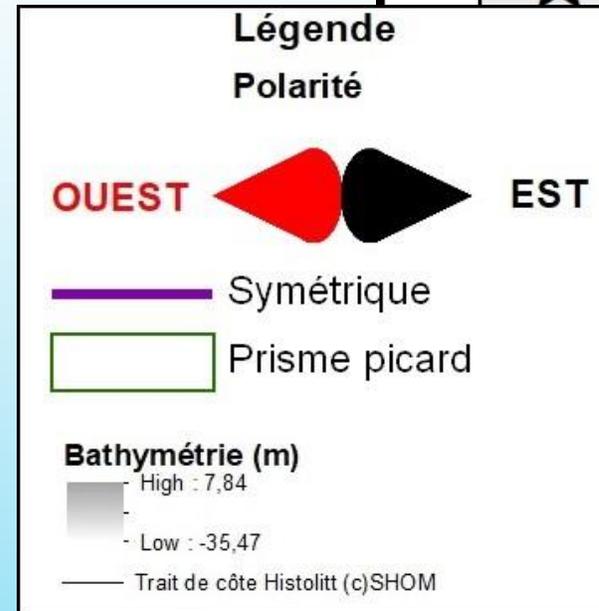


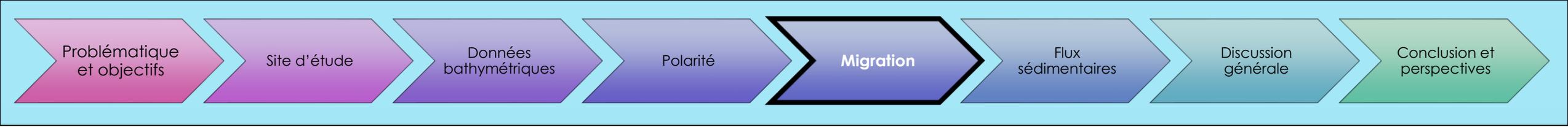
## Discussion

- Polarité majoritairement en accord avec la direction des courants résiduels

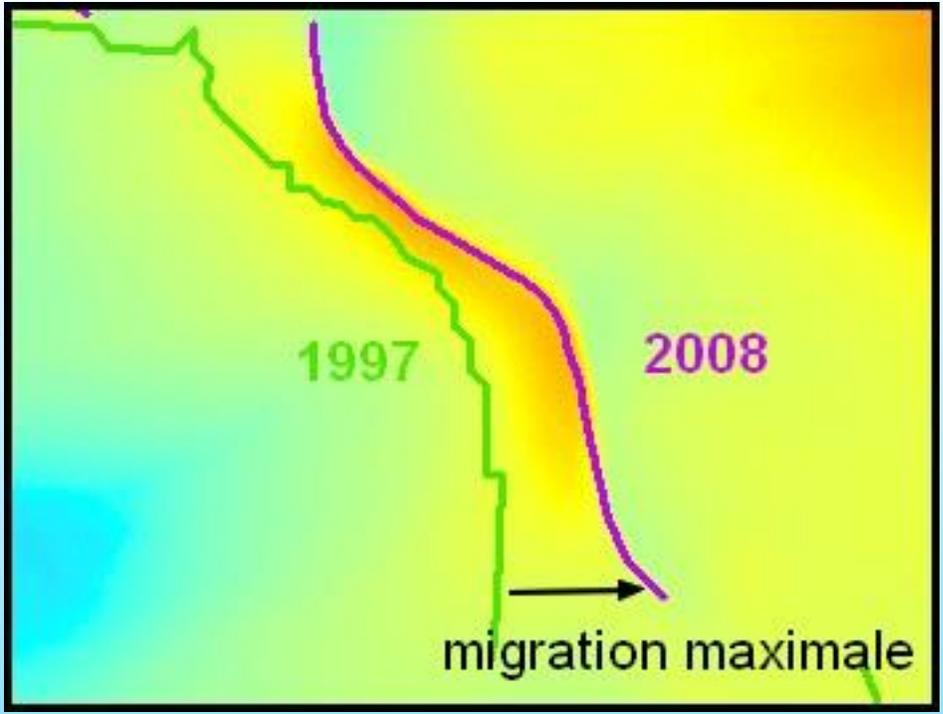
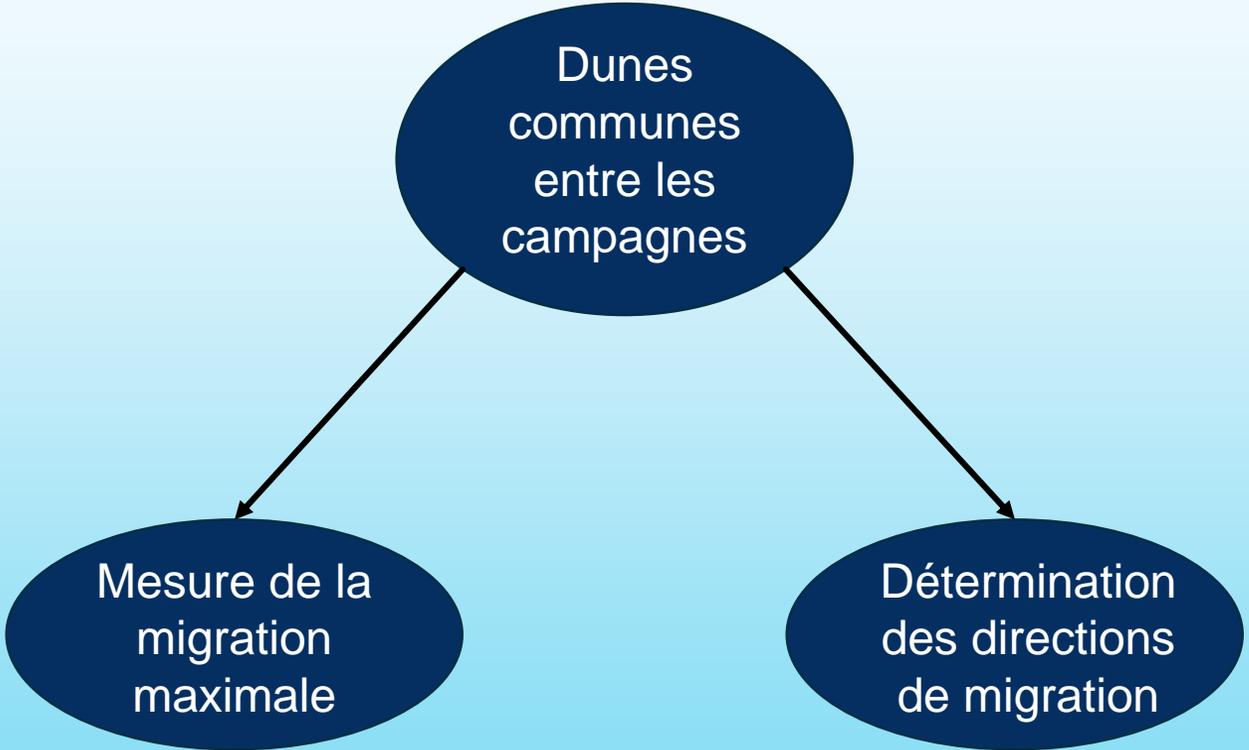
➡ bon critère de direction de transport

- ➡ MAIS certaines dunes de polarité non-conforme :
  - Subtidal (5,45%)
  - Intertidal (50%)





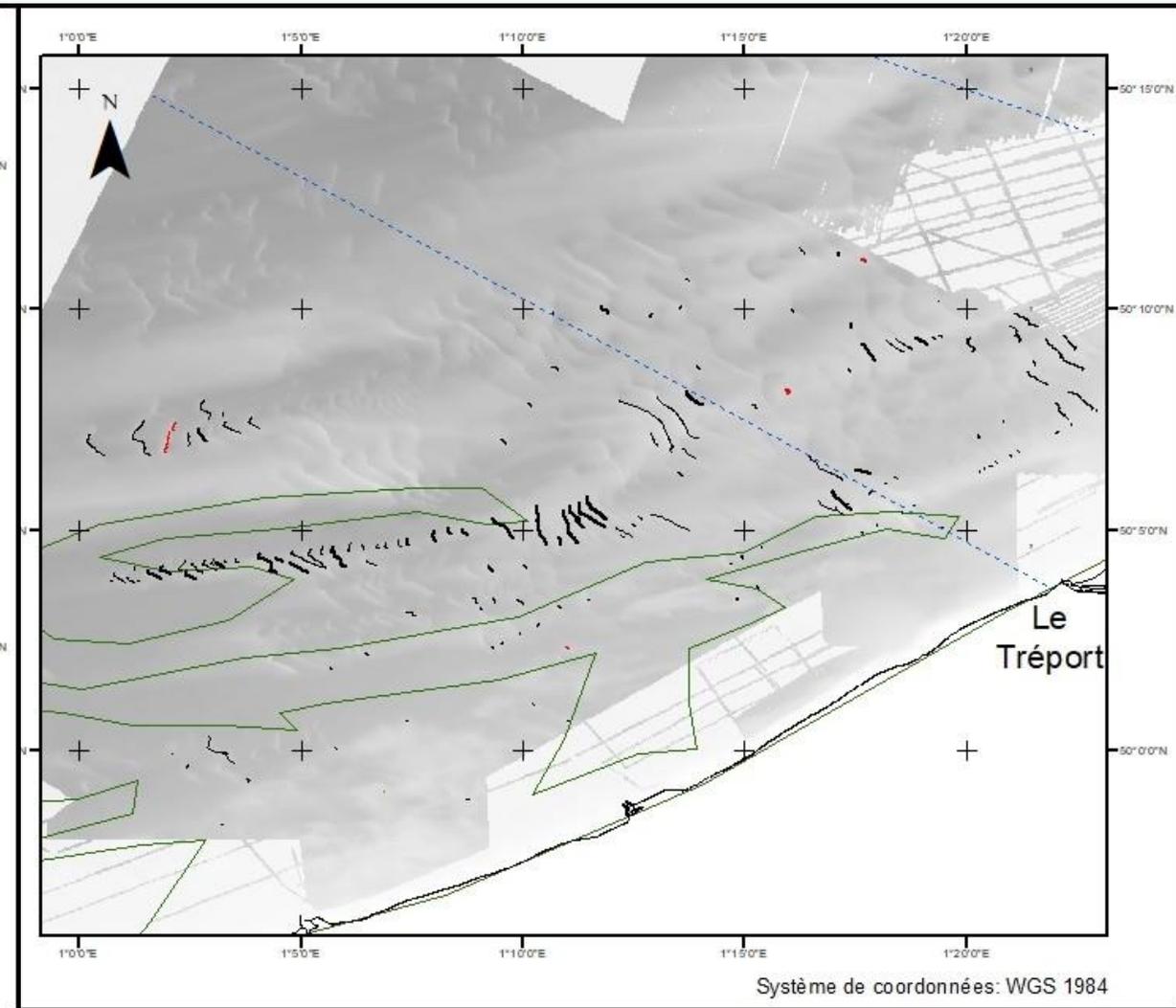
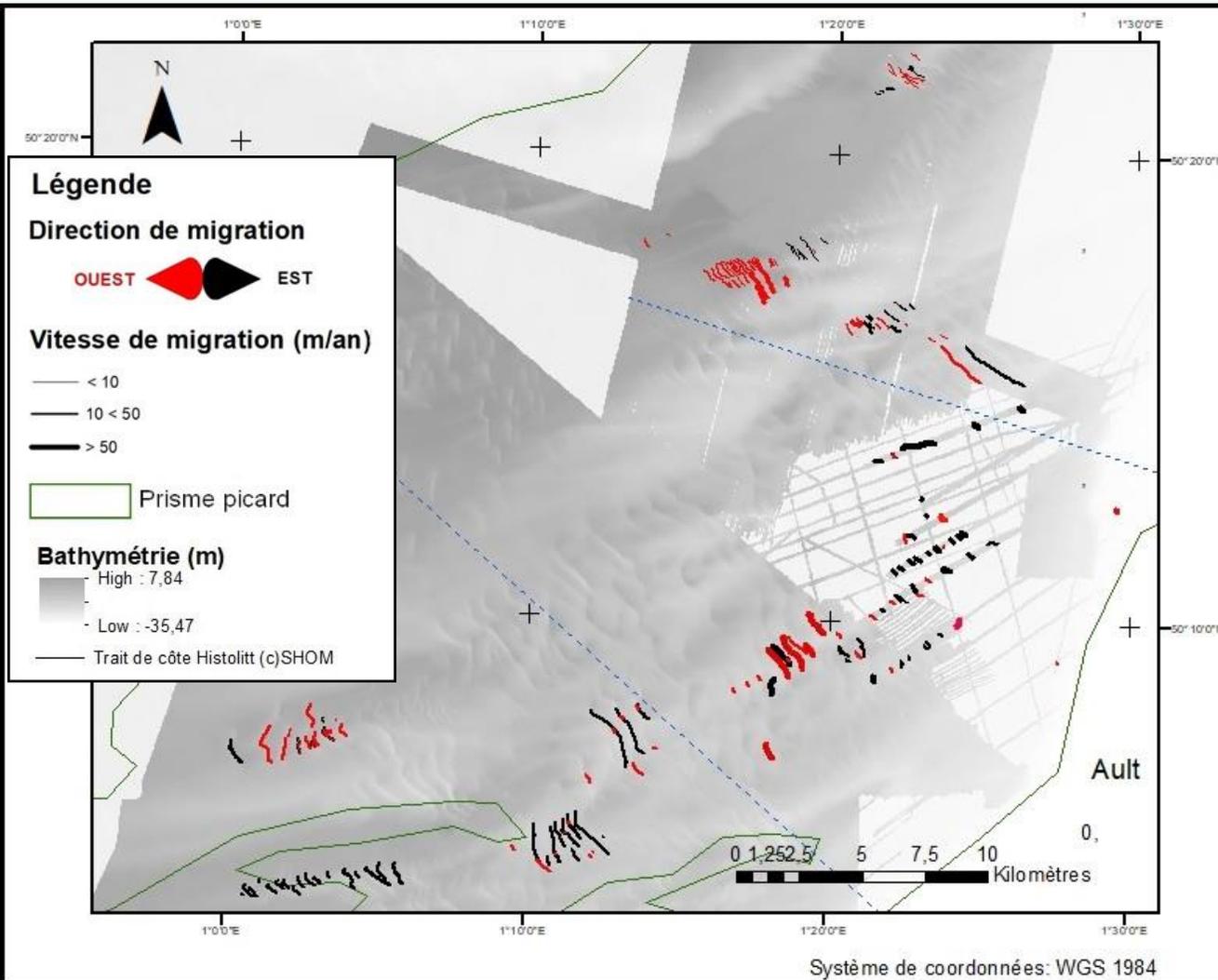
# MIGRATION : méthode



## Résultats

### Périodes de 1 à 3 ans

### Périodes > 3 ans



Problématique et objectifs

Site d'étude

Données bathymétriques

Polarité

**Migration**

Flux sédimentaires

Discussion générale

Conclusion et perspectives

## Résultats

### Périodes de 1 à 3 ans

### Périodes > 3 ans



#### Légende

Direction de

WEST

Vitesse de n

- < 10
- 10 < 50
- > 50

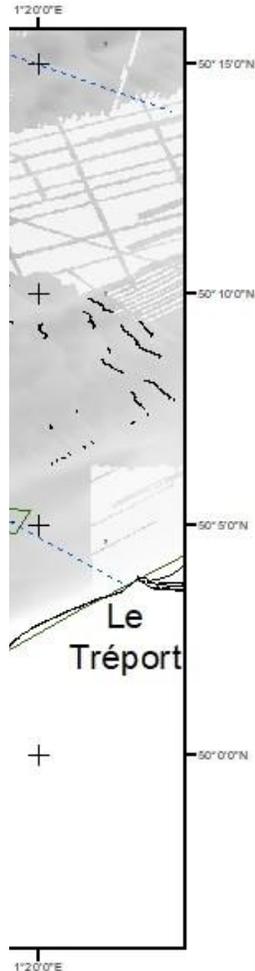
Pris

Bathymétrie

- High : 7,84
- Low : -35,1
- Trait de cô

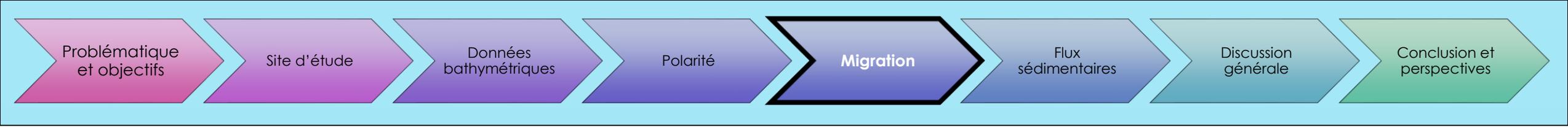


		<b>Zone ouest</b>	
		<i>Période entre 1 et 3 ans</i>	<i>Période &gt; 3 ans</i>
<b>Vitesse de migration moyenne (m/an)</b>		<b>19,26</b>	7,92
<b>Ecart-type</b>		8,52	6,65
		<b>Zone centrale</b>	
		<i>Période entre 1 et 3 ans</i>	<i>Période &gt; 3 ans</i>
<b>Vitesse de migration moyenne (m/an)</b>		<b>36,36</b>	6,18
<b>Ecart-type</b>		32,50	3,67
		<b>Zone est</b>	
		<i>Période entre 1 et 3 ans</i>	<i>Période &gt; 3 ans</i>
<b>Vitesse de migration moyenne (m/an)</b>		7,28	
<b>Ecart-type</b>		10,89	



Système de coordonnées: WGS 1984

Système de coordonnées: WGS 1984



# Discussion

Migration des dunes



Généralement cohérente avec la polarité et les directions de courants résiduels



Fonction de la taille des dunes



Existence de directions de migration inverses au sens des courants (pas de temps annuels la plupart du temps)  
↳ Influence des conditions hydrodynamiques?

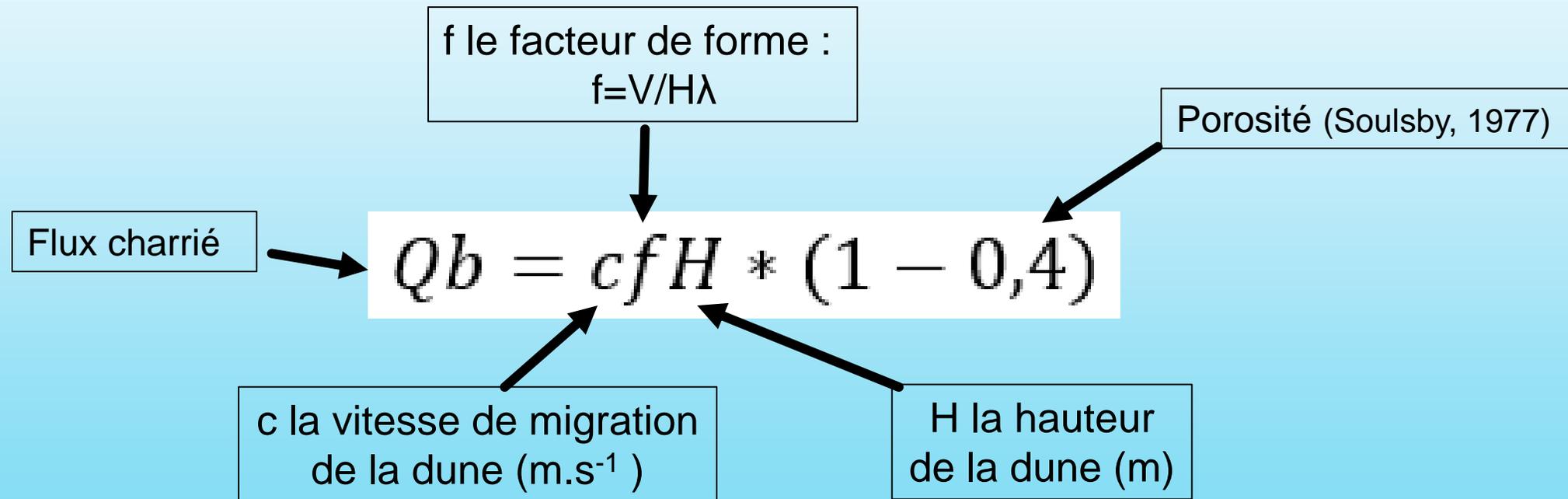


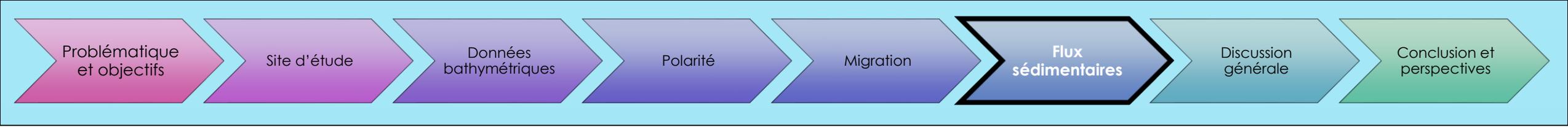
Pas spécialement représentative des transferts sédimentaires

Résultats similaires avec Idier et al. (2002) pour le Détroit du Pas-de-Calais (migration annuelle entre 9 et 17m/an)

## FLUX SEDIMENTAIRES : Méthode

- Estimation des flux sédimentaires par la méthode du « dune tracking » (Crickmore, 1970 ; Hoekstra et al., Schmitt & Mitchell, 2014 ; Michel, 2016)





# Méthode

Facteur de forme f :  $V=(H*L1/2)+(H*L2/2)$



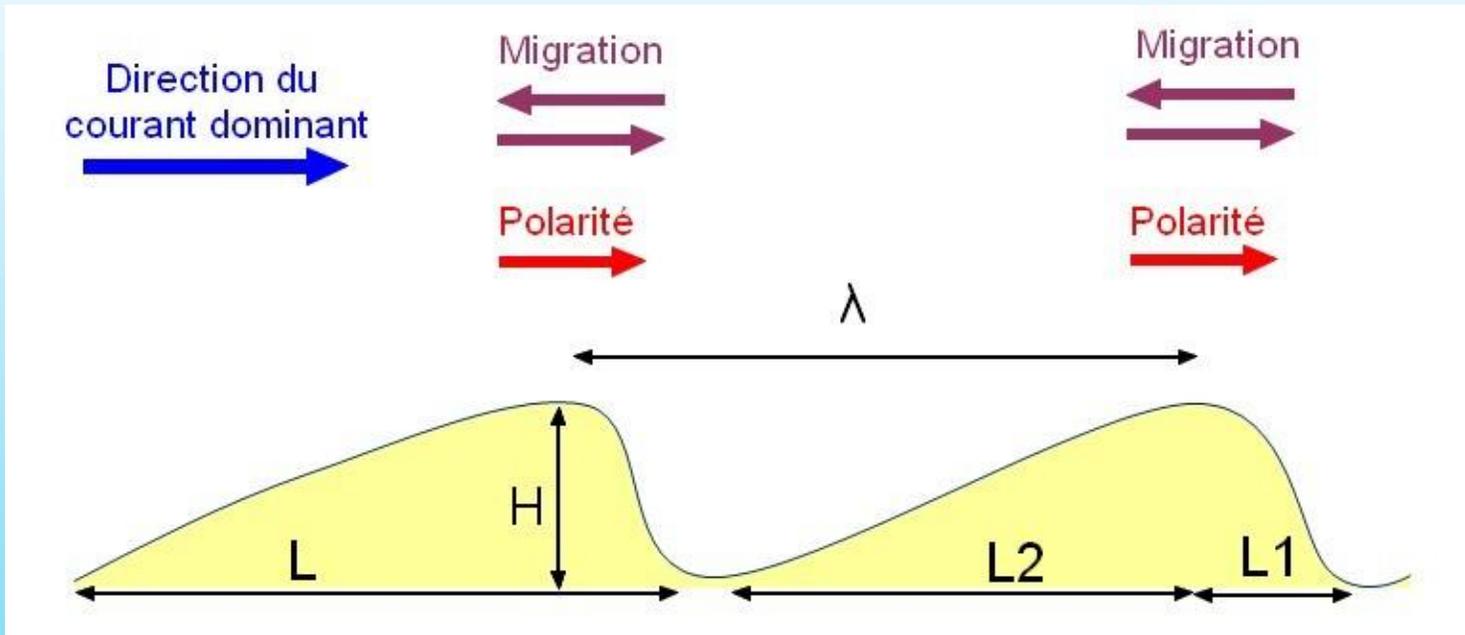
Paramètres morphologiques (19):  
extraction sous ParamDunes ©SHOM



- Hauteur (H)
- Longueur du flanc raide (L1)
- Longueur du flanc doux (L2)
- Distance inter-crête ( $\lambda$ )



Intégration sous SIG



Caractéristiques des dunes

Problématique  
et objectifs

Site d'étude

Données  
bathymétriques

Polarité

Migration

Flux  
sédimentaires

Discussion  
générale

Conclusion et  
perspectives

## Résultats

### Périodes de 1 à 3 ans

### Périodes > 3 ans

#### Légende

#### Direction du flux sédimentaire

OUEST  EST 

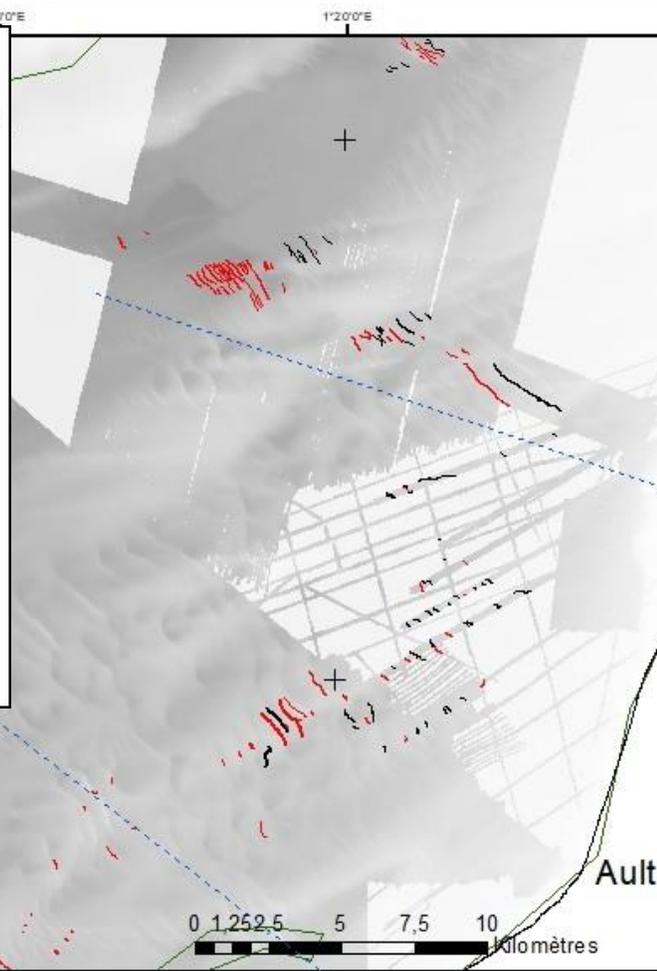
#### Flux sédimentaire (g/m/s)

 < 10  
 10 < 50  
 > 50

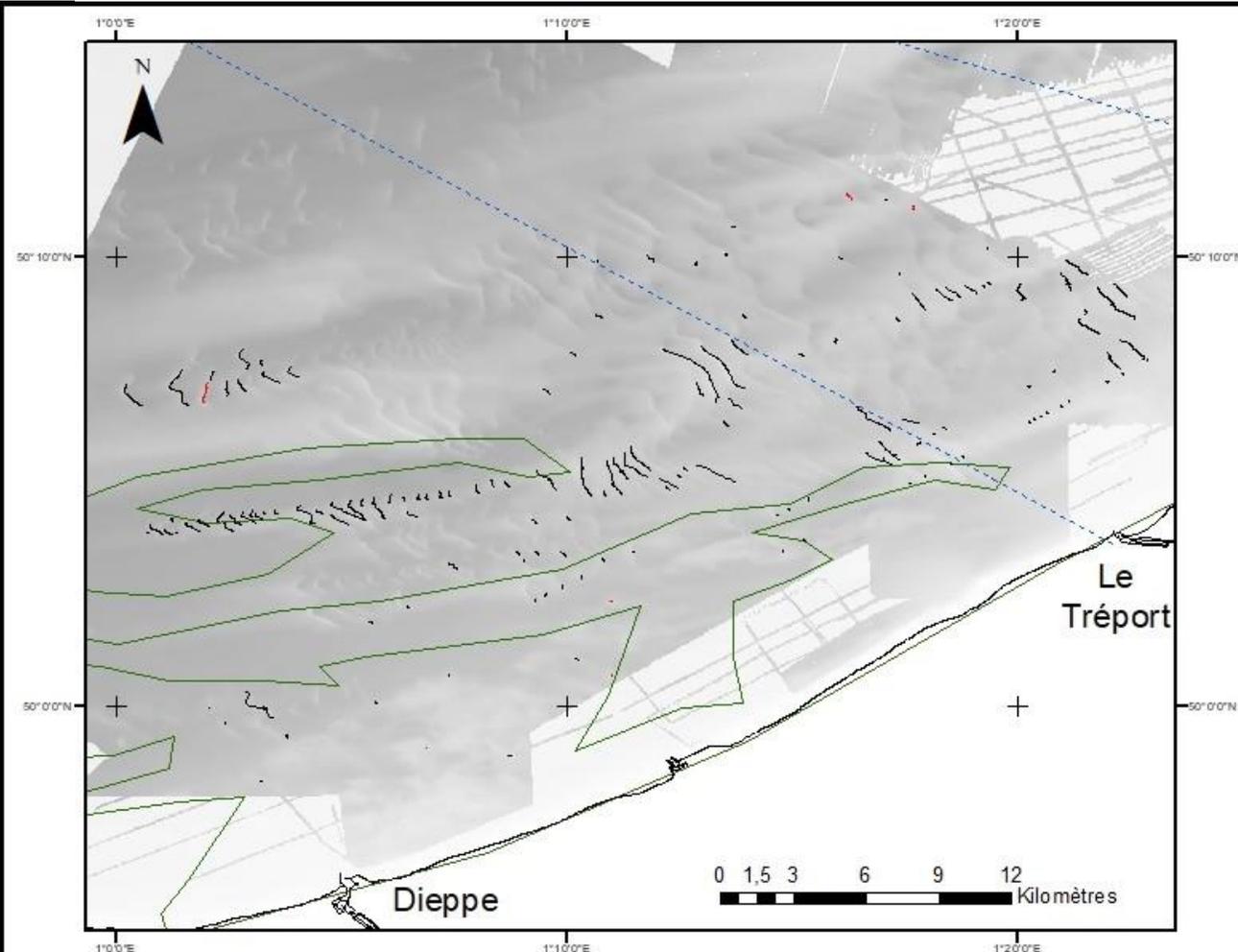
 Prisme picard

#### Bathymétrie (m)

- High : 7,84  
 Low : -35,47  
— Trait de côte Histolitt (c)SHOM



Système de coordonnées: WGS 1984



Système de coordonnées: WGS 1984

Flux sédimentaires estimés dans la zone d'étude pour des périodes allant de 1981 à 2019 (les pointillés délimitent les différents secteurs).

Problématique  
et objectifs

Site d'étude

Données  
bathymétriques

Polarité

Migration

Flux  
sédimentaires

Discussion  
générale

Conclusion et  
perspectives

## Résultats

### Périodes de 1 à 3 ans

### Périodes > 3 ans

#### Légende

#### Direction

OUEST

#### Flux sédi

< 10

10 < 50

> 50

P

#### Bathymét

High : 7

Low : -3

Trait de côte



#### Zone ouest

Période entre 1 et 3 ans

Période > 3 ans

Flux sédimentaire  
moyen (g/m/s)

11,01

1,02

Ecart-type

23,88

1,91

#### Zone centrale

Période entre 1 et 3 ans

Période > 3 ans

Flux sédimentaire  
moyen (g/m/s)

2,35

0,35

Ecart-type

3,65

0,68

#### Zone est

Période entre 1 et 3 ans

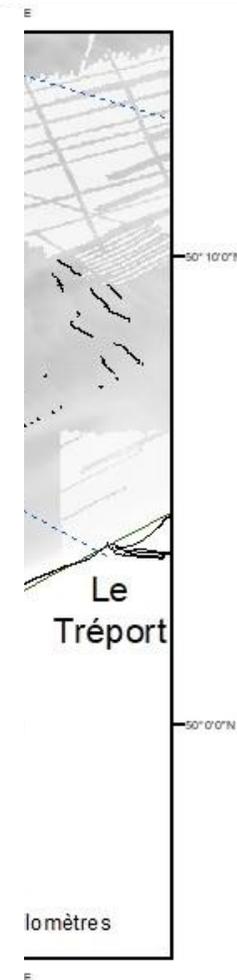
Période > 3 ans

Flux sédimentaire  
moyen (g/m/s)

0,62

Ecart-type

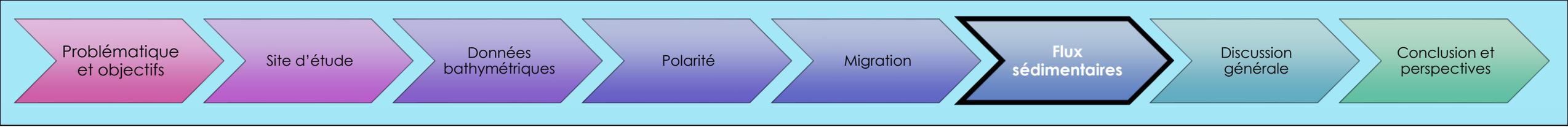
0,81



Système de coordonnées: WGS 1984

Système de coordonnées: WGS 1984

Flux sédimentaires estimés dans la zone d'étude pour des périodes allant de 1981 à 2019 (les pointillés délimitent les différents secteurs).



# Discussion

« Dune tracking » → généralement :

Pas de temps courts (échelle de la marée) + Dunes de petites dimensions

(e.g. Hoekstra et al., 2004; Van Lancker et al., 2004 ; Michel, 2016)

Peut être utilisé pour estimer des flux résiduels annuels et pluriannuels et pour de grandes dunes

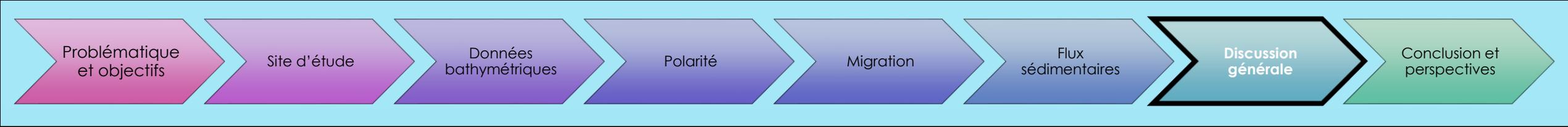
(e.g. Schmitt et Mitchell, 2014)

Ecart d'un ordre de grandeur au maximum avec la modélisation numérique (Blanpain, 2009)

cette étude :

Ecart similaire entre les différentes formules empiriques (Camenen, 2000)

Mêmes résultats obtenus par Michel (2016) : « dune tracking » / formules empiriques



## Pertinence des marqueurs ?

Polarité



- Facile à obtenir : 1 MNT bathymétrique, analyse simple
- Critère qualitatif et peu pertinent surtout en domaine subtidal (grandes dunes à morphologies peu réactives aux variations des conditions hydrodynamiques)  
→ divergence fréquente entre polarité et direction des flux sédimentaires

Migration



- Nécessite 2 MNTs bathymétriques, analyse moins immédiate
- Bon indicateur des voies de transfert sédimentaire (direction dominante du transport)
- Estimation des quantités transportées, mais dépendante de la taille des dunes

« Dune tracking »



- Nécessite 2 MNTs bathymétriques + paramètres morphologiques (H,L)
- Utilisation pertinente : bonne estimation des flux transportés (quantités, direction)  
→ validation : modélisation numérique (blanpain, 2009), mesures (Michel, 2016)
- Méthode adaptée pour des pas de temps annuels/pluriannuels et grandes dunes

• Etablissement d'une synthèse à l'échelle du prisme picard sur les transferts sédimentaires

Problématique  
et objectifs

Site d'étude

Données  
bathymétriques

Polarité

Migration

Flux  
sédimentaires

Discussion  
générale

Conclusion et  
perspectives

## Analyses statistiques (CAH + ACP) : paramètres morphologiques, migration, flux

- **Zonation spatiale** sur le prisme ? Conforme au gradient hydro-sédimentaire Ouest-Est ?
  - analyse par périodes de conditions hydro-météorologiques homogènes pour s'affranchir de la variabilité temporelle
- **Variabilité temporelle** ? Mise en évidence de périodes particulières ?
  - analyse par zone pour s'affranchir de la variabilité spatiale
- Différence entre les **domaines intertidal et subtidal** ?

variabilité  
spatiale  
vs  
variabilité  
temporelle ?

Application de cette méthodologie au prisme de la Baie de Seine et de la Baie des Veys  
(thèse d'Elise Grenard-Grand en cours)

**Merci de votre attention !**