Bathymétrie hyperspectrale aéroportée : Approches pour l'évaluation des performances

From light to information

Marc LENNON, Nicolas THOMAS, Hytech-imaging,

Simon GUEGUEN, Hytech-imaging / ALTRAN,

Guillaume SICOT, ENSTA-Bretagne,

Laurent LOUVART, Yves PASTOL, Yves-Marie TANGUY, SHOM

Colloque Hyperspectral SFPT-GH, Brest, 10 mai 2017

Hytech-imaging

Activité :

Développement des usages de l'imagerie spectrale

Ambition

Devenir Leader européen du domaine

Création :

Juin 2016 / 4 ingénieurs + 2 stagiaires

Références clients en cours :

Contexte : PEA NOCALIT
NOuveaux CApteurs du LITtoral

Besoin d'hydrographie discrète et non risquée, ne nécessitant pas le déploiement de personnel

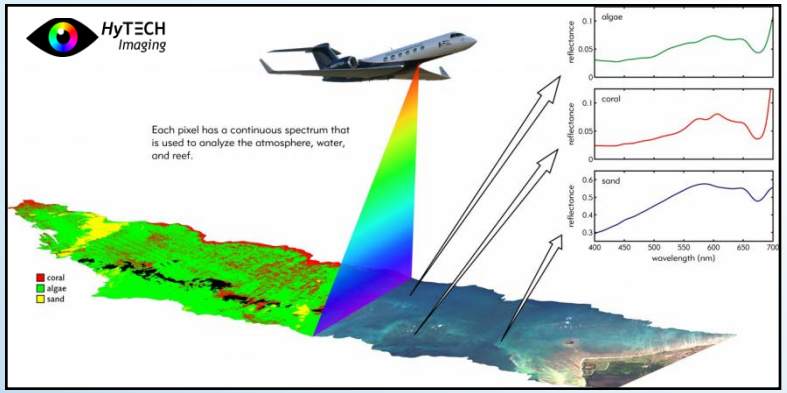
Objectifs :

1. **Evaluer les performances** d'une nouvelle méthode d'hydrographie à partir de données d'optique passive issues de capteurs hyperspectraux (**AHB**)
2. Evaluer si cette technique AHB peut fonctionner de **manière autonome ou doit être assistée**
3. **Situer les performances** de la technique AHB par rapport aux techniques conventionnelles (acoustique, optique active)
4. Evaluer si les résultats sont qualifiables au sens hydrographique (**normes OHI**)
5. Evaluer si la technique AHB peut être déployée de manière **opérationnelle sur un porteur de type drone**

Contrainte : la technique AHB proposée ***ne doit pas nécessiter de connaissances a priori pour fonctionner***

Contexte étendu : PIAVE Bmap-SAT

Bmaps (ou ‘cartes B’) :
Benthic and **B**athymetric **maps** from spectral imagery



1er procédé de carto automatique des fonds à grande échelle

Bmap-SAT : Extension du concept Bmap
à l’échelle globale grâce aux technologies spatiales

⇒ Développement de la chaîne de traitement **« SWIM-SAT » (S**hallow **W**ater mapp**I**ng using opical re**M**ote sensors)

⇒ Intégration de SWIM-SAT dans une plate-forme cloud **« Hyp-analytics »** & commercialisation à l’**échelle globale**

Démarche : choix des zones

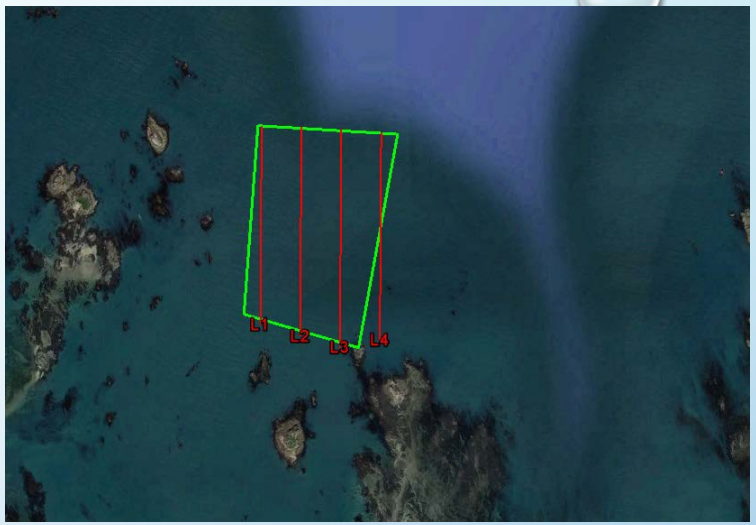
Choix de zones de quelques km² en concertation avec le SHOM :

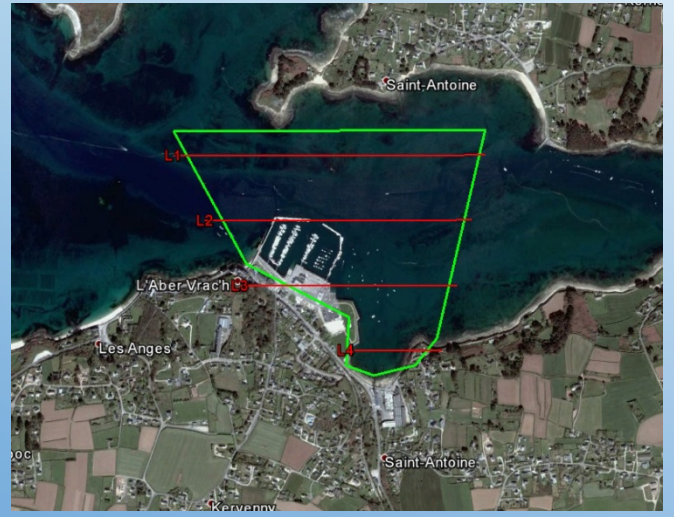
- **Disponibilité de données** SMF et/ou lidar bathymétrique sur les zones
- **Dynamique de profondeur** compatible avec celle typiquement mesurable par la technique AHB (0 à 30m)
- **Relief** du fond variable : plat, rugueux, escarpé avec reliefs marqués
- **Réflectances de fond** variées : fonds clairs (sable clair par exemple) et fonds foncés (rochers par exemple)
- Probabilité de présence de **turbidité** : eaux turbides / peu turbides

Démarche : choix des zones

Démarche : choix des zones

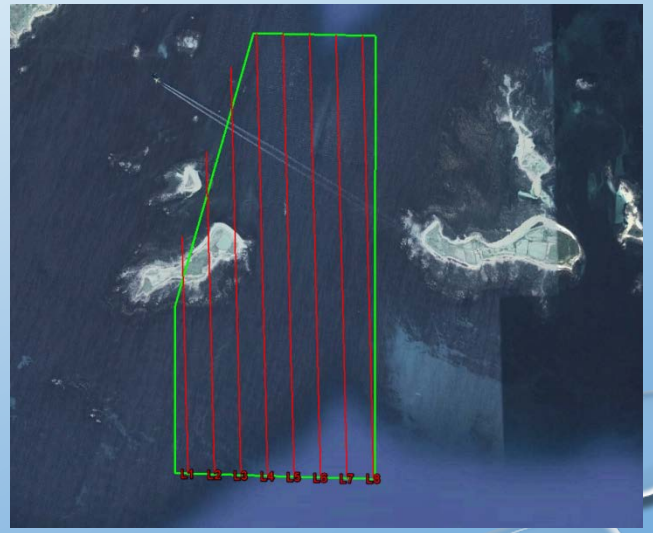
Roscoff





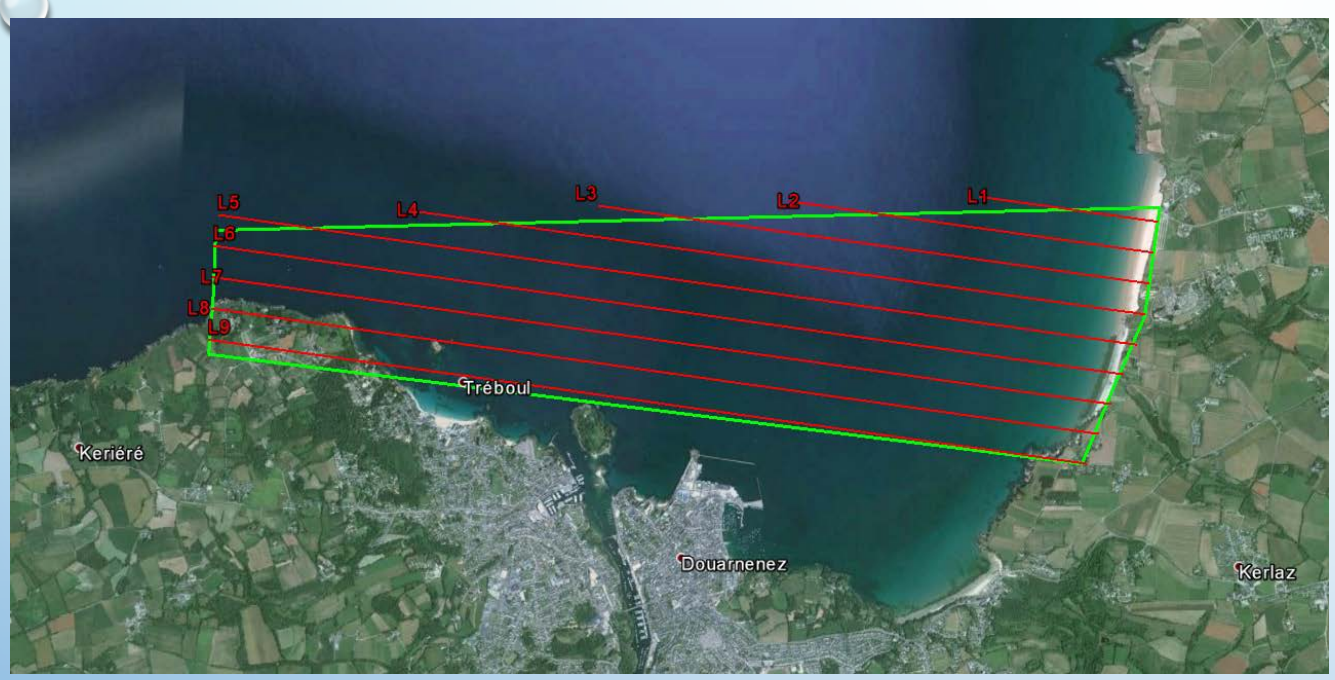
Aber Wrac'h

Berthaume



Molène

Démarche : choix des zones



Baie de Douarnenez

Forêt-Fouesnant

Démarche : configurations des vols

- 2 campagnes initiales d'acquisition de données (Finistère, printemps 2016) :
  - **SC1 : Eclairement direct**
  - **SC2 : Eclairement diffus**
- 1 campagne de validation conjointe aux vols Lidar bathy Litto3D® (Normandie, printemps 2017)
- 2 jours de vol minimum par campagne, 3h d'acquisition par jour maximum
- Variation des paramètres (hauteur d'eau, relief fond, réflectance fond, turbidité) pour chaque campagne

Démarche : Spécification de modes d’acquisition

- **Mode "Nu"**

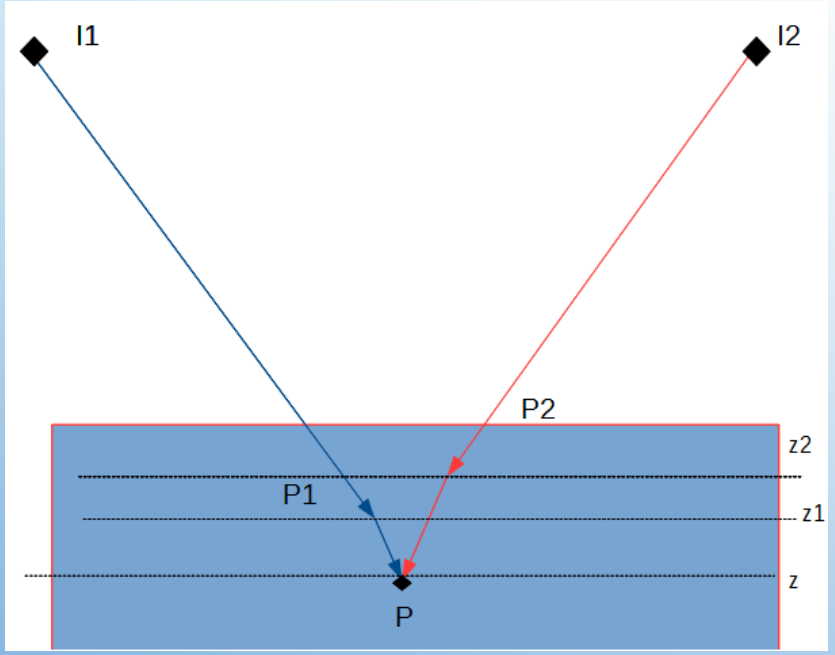
- **Mode "Nu" assisté par stéréographie**
  Appariement de points pour stéréo locale

- **Mode assisté par télémètre laser IR**
  Niveau de la surface localement

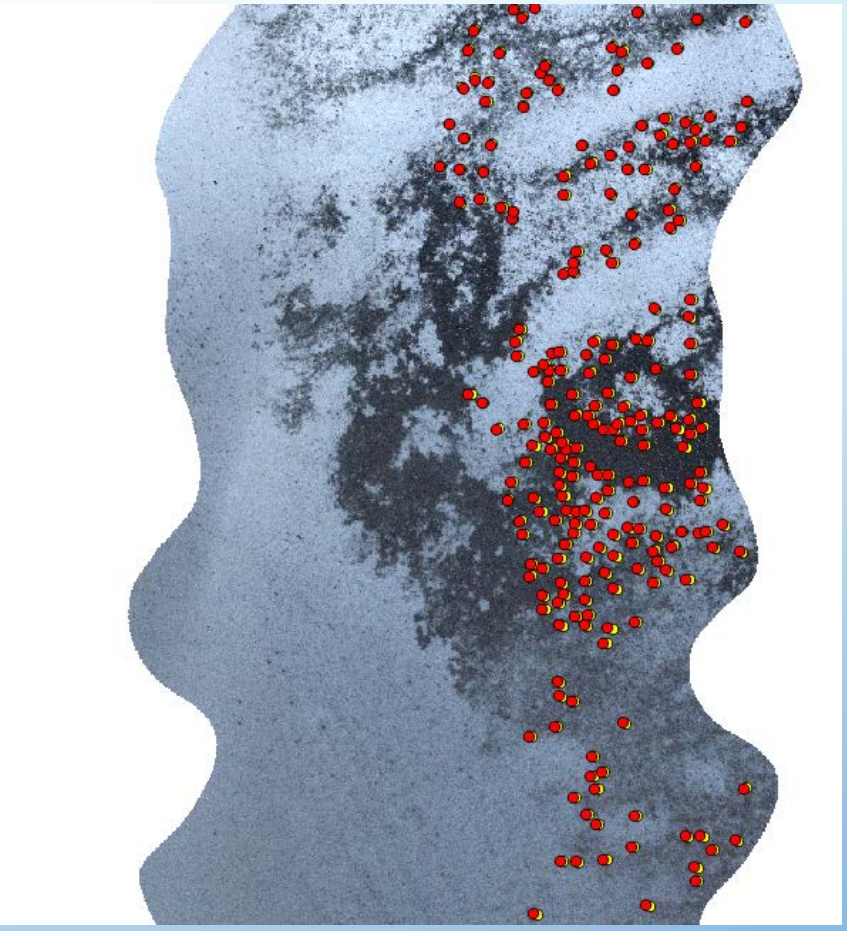
- **Mode assisté par profileur bathymétrique (laser vert - simulé)**
  Niveau du fond localement

Mode nu assisté stéréo

Principe : reprojection de points homologues sur zones de recrouvrement



Calcul des points de recalage



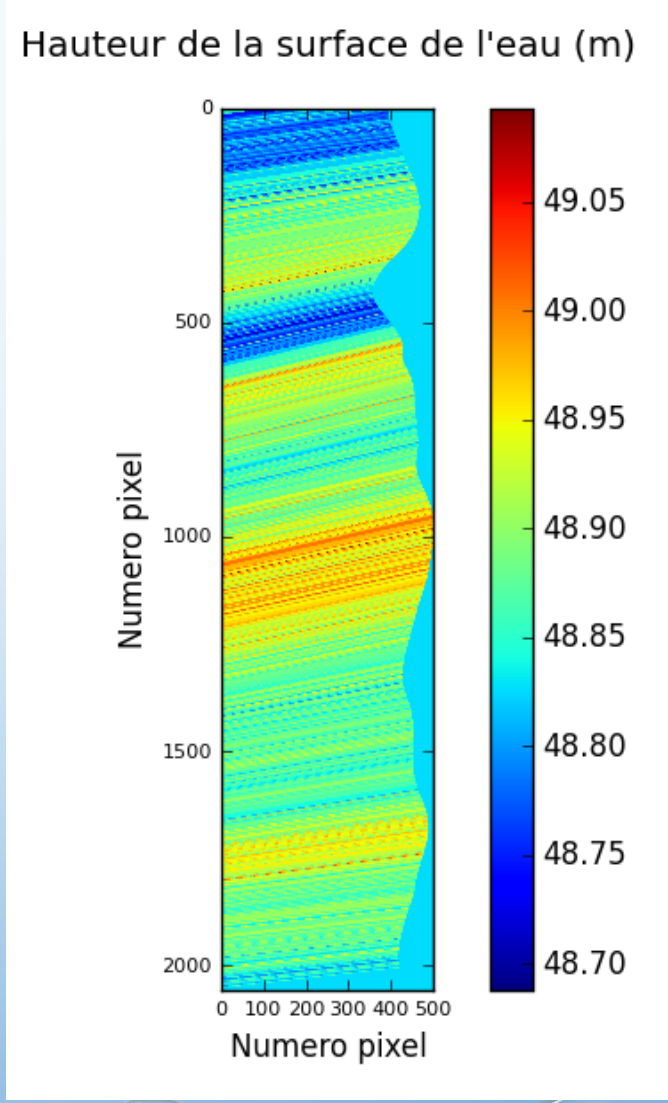
Points homologues entre 2 lignes de vol

Mode assisté télémètre laser IR

Principe :

Mesure précise ponctuelle de la hauteur de la surface de l'eau pour projection des données hyperspectrales

Intérêt quand modèle de marée précis non disponible



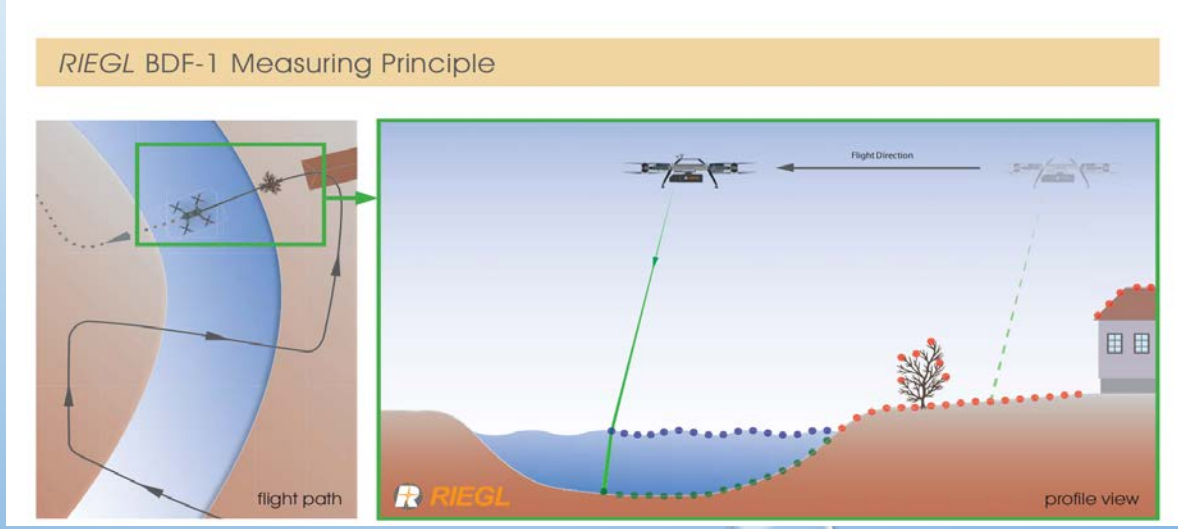
Mode assisté télémètre laser vert

Principe :

Mesure précise ponctuelle de la hauteur du fond

Post correction à l'inversion du modèle (linéaire par morceaux – correction biais, gains en réflectance, saturations…)

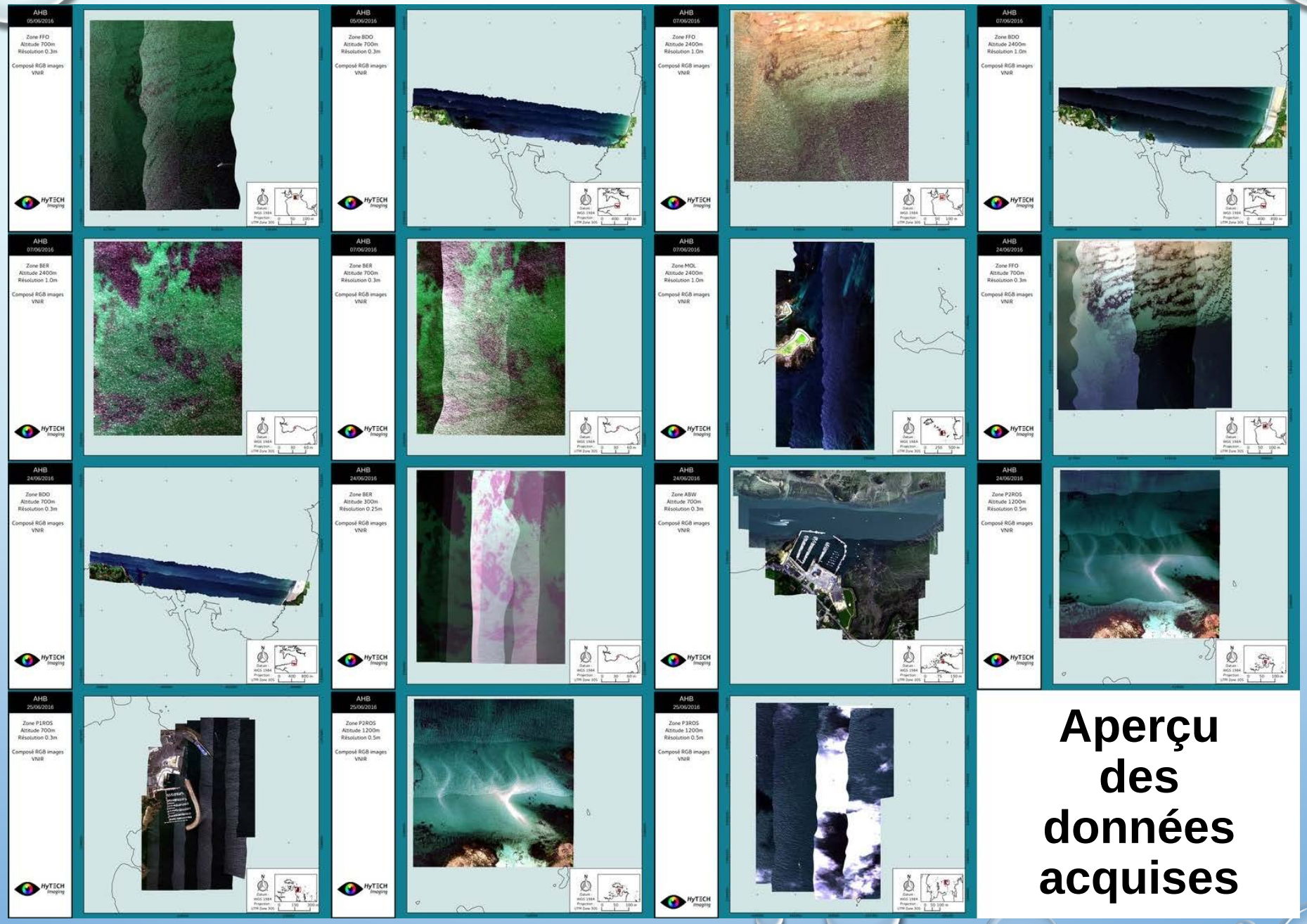
Note : simulation par données de bathy (profileur laser vert longue distance pas encore disponible)



Acquisition des données

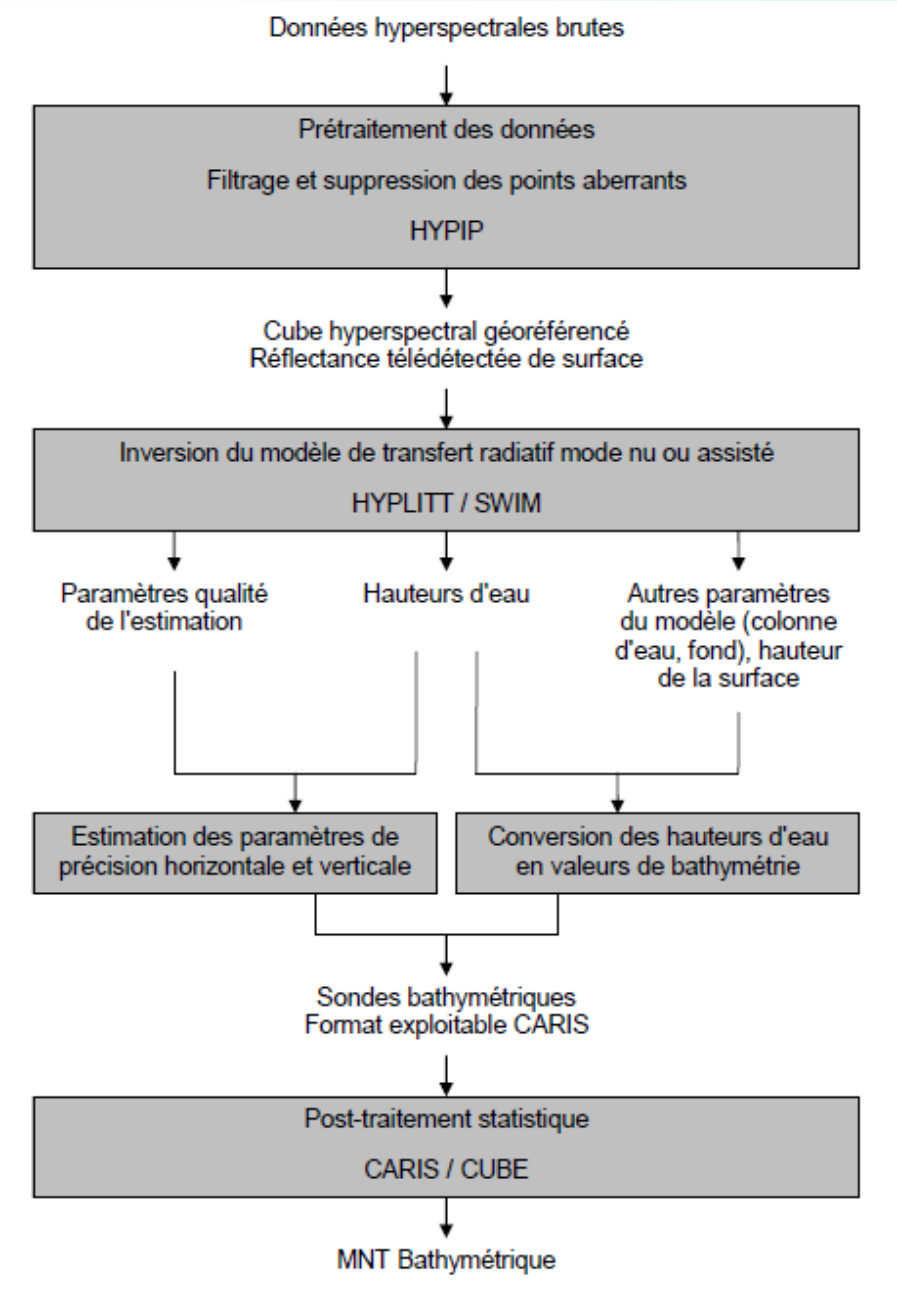
Partenavia P68 Observer

Hyspex VNIR-1600 + Riegl LD05A40

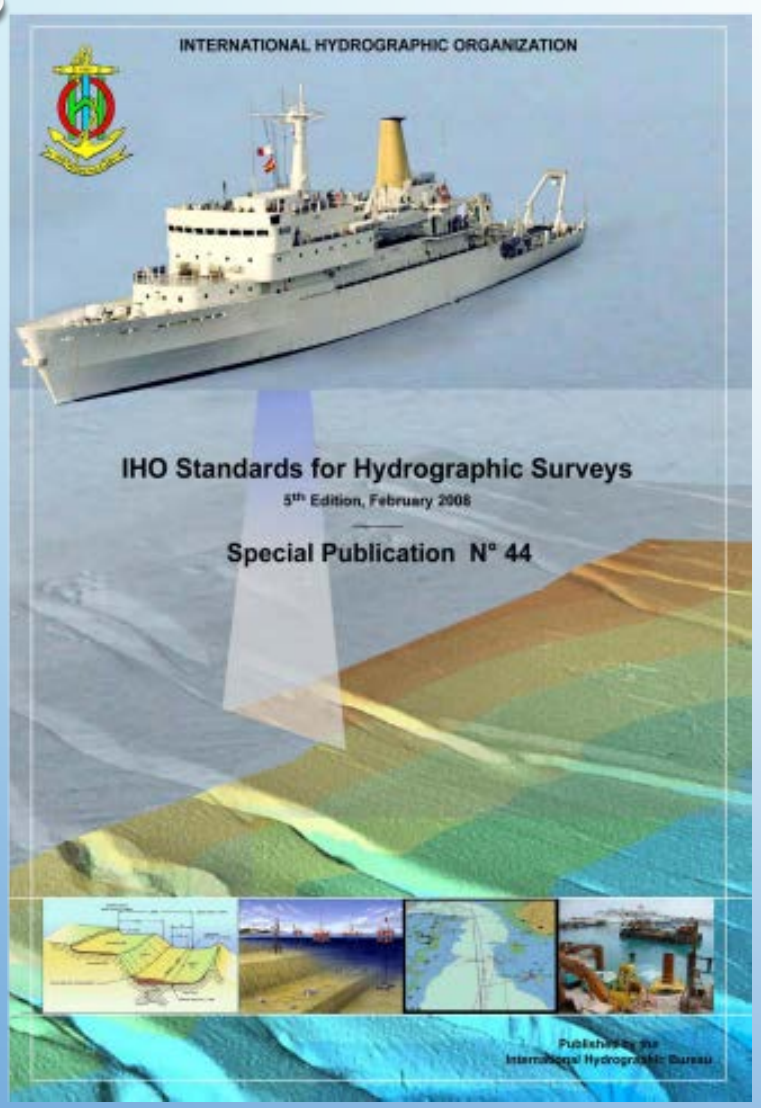


Aperçu des données acquises

Principe de la chaîne AHB



Norme OHI S44

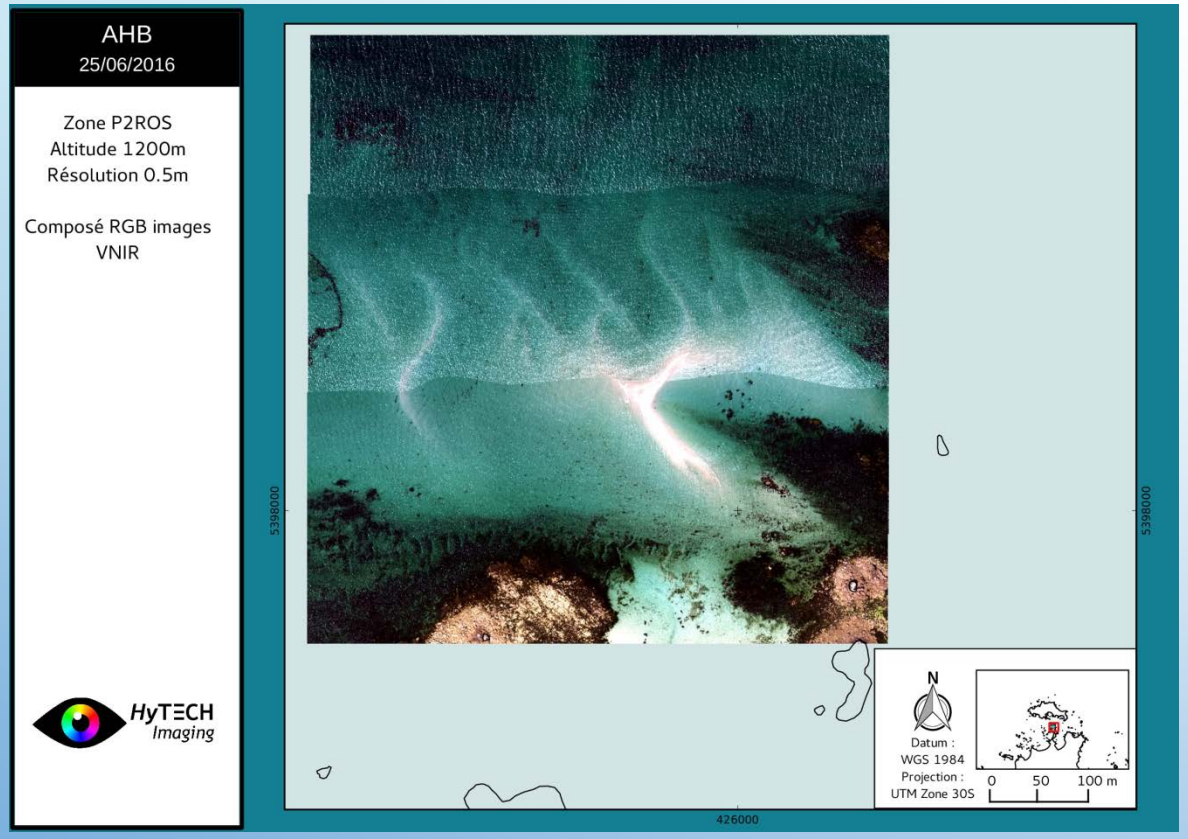


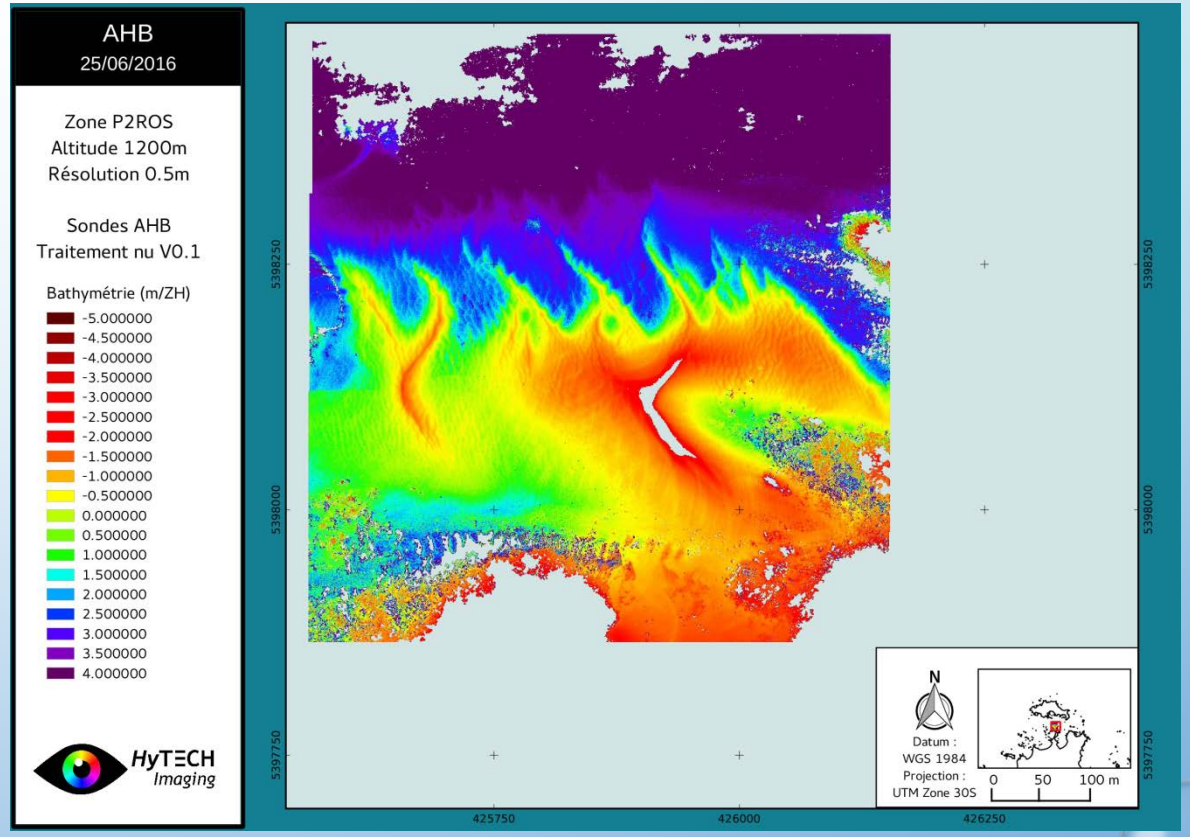
Reference	Order	Special	1a	1b	2
Chapter 1	**Description of areas.**	Areas where under-keel clearance is critical	Areas shallower than 100 metres where under-keel clearance is less critical but *features* of concern to surface shipping may exist	Areas shallower than 100 metres where under-keel clearance is not considered to be an issue for the type of surface shipping expected to transit the area.	Areas generally deeper than 100 metres where a general description of the sea floor is considered adequate.
Chapter 2	**Maximum allowable THU 95%** *Confidence level*	2 metres	5 metres + 5% of depth	5 metres + 5% of depth	20 metres + 10% of depth
Para 3.2 and note 1	**Maximum allowable TVU 95%** *Confidence level*	a = 0.25 metre b = 0.0075	a = 0.5 metre b = 0.013	a = 0.5 metre b = 0.013	a = 1.0 metre b = 0.023
Glossary and note 2	*Full Sea floor Search*	Required	Required	Not required	Not required
Para 2.1 Para 3.4 Para 3.5 and note 3	*Feature Detection*	Cubic *features* > 1 metre	Cubic *features* > 2 metres, in depths up to 40 metres; 10% of depth beyond 40 metres	Not Applicable	Not Applicable
Para 3.6 and note 4	**Recommended maximum Line Spacing**	Not defined as *full sea floor search* is required	Not defined as *full sea floor search* is required	3 x average depth or 25 metres, whichever is greater For bathymetric lidar a spot spacing of 5 x 5 metres	4 x average depth
Chapter 2 and note 5	**Positioning of fixed aids to navigation and topography significant to navigation.** (95% *Confidence level*)	2 metres	2 metres	2 metres	5 metres
Chapter 2 and note 5	**Positioning of the Coastline and topography less significant to navigation** (95% *Confidence level*)	10 metres	20 metres	20 metres	20 metres
Chapter 2 and note 5	**Mean position of floating aids to navigation** (95% *Confidence level*)	10 metres	10 metres	10 metres	20 metres

Total Vertical Uncertainty:

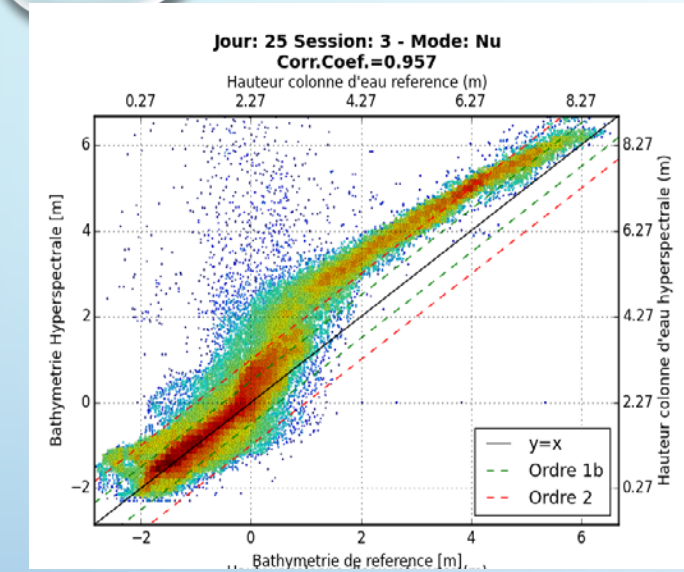
$$TVU = +/- \sqrt{(a^2 + (z \cdot b)^2)}$$

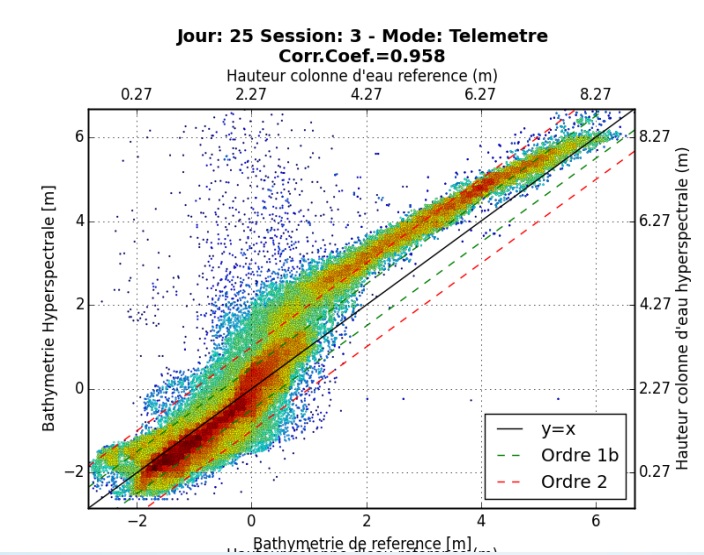
Exemple d’analyse : Roscoff P2 – alt@1200m – 50cm

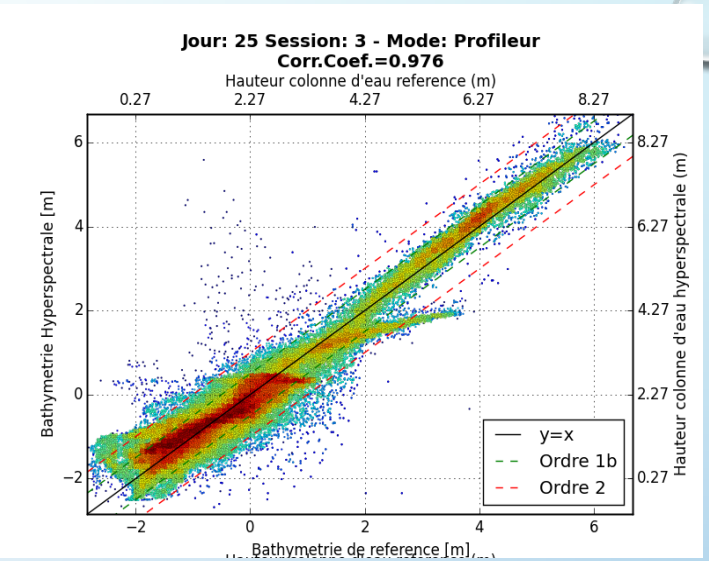


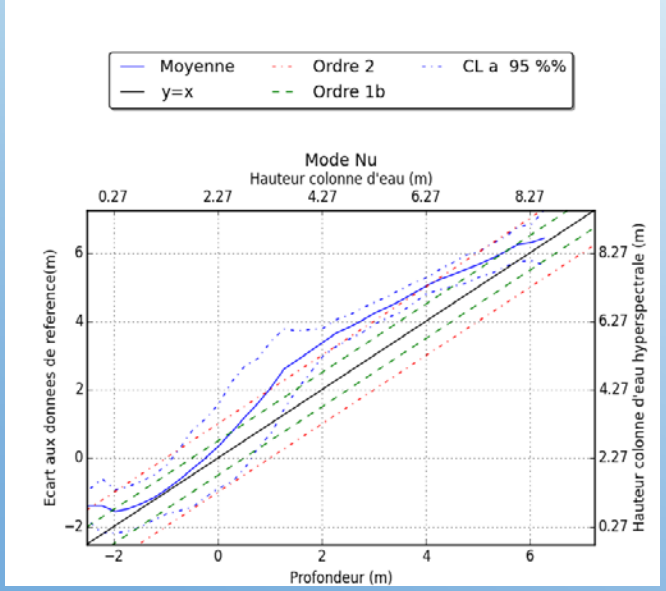


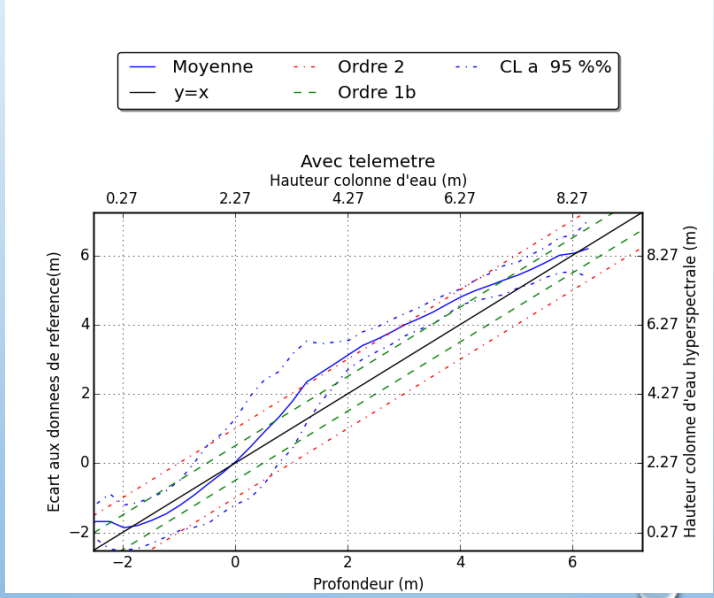
Comparaison des sondes brutes

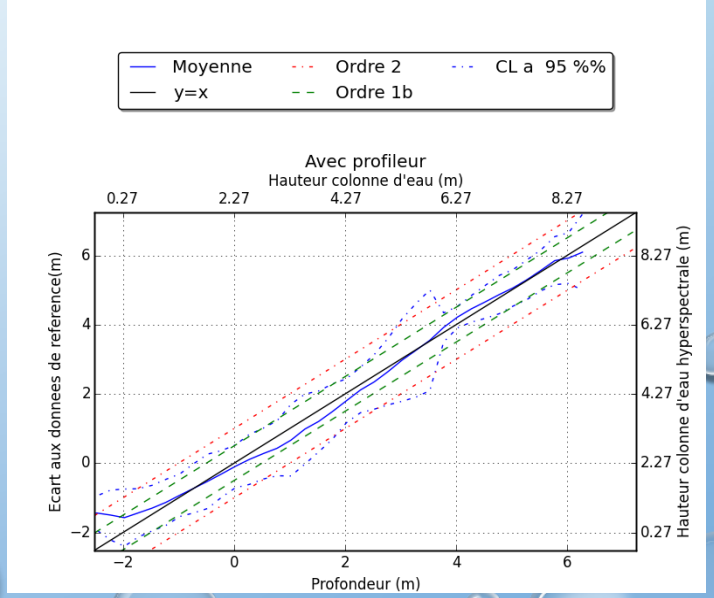






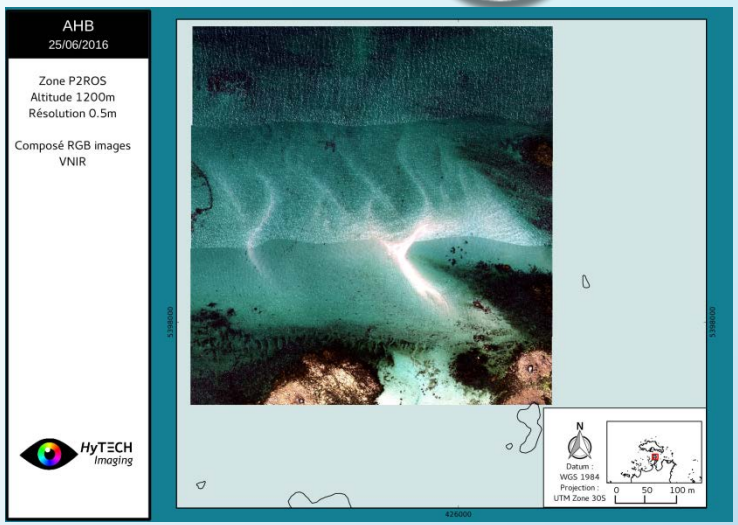


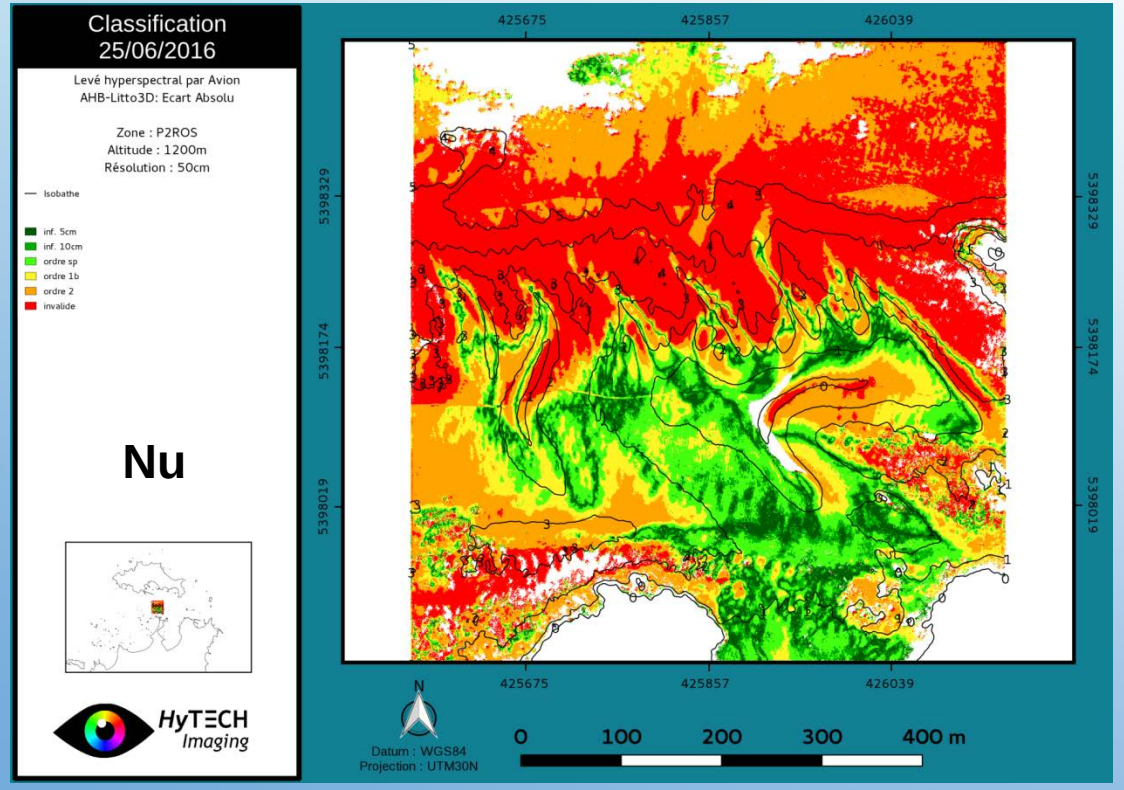


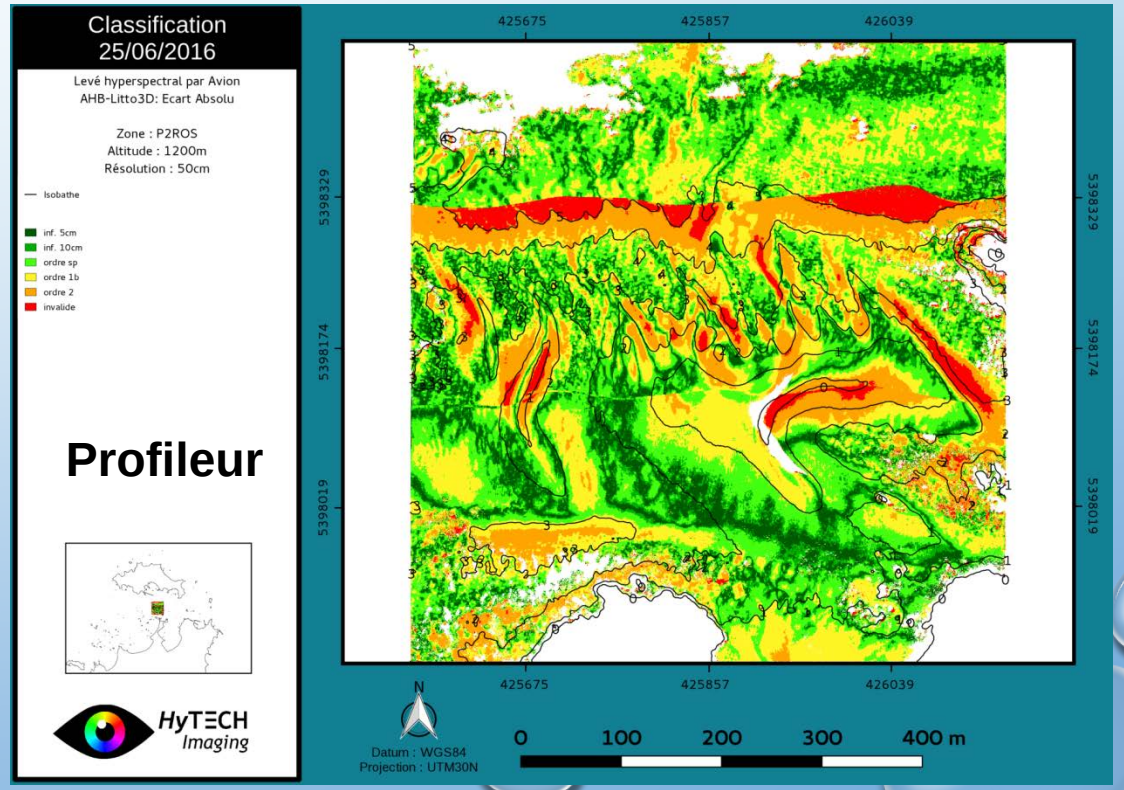


Biais corrigé par profileur - Incertitude morphodynamique des dunes sous-marines

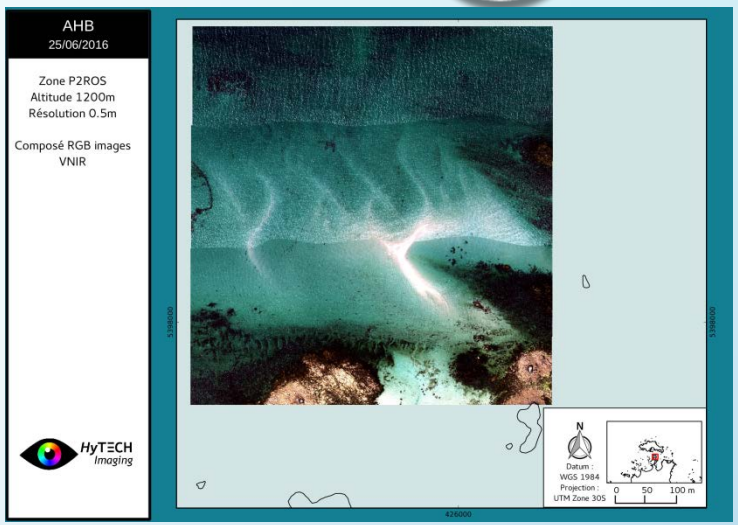
Répartition spatiale de l’erreur : influence du profileur

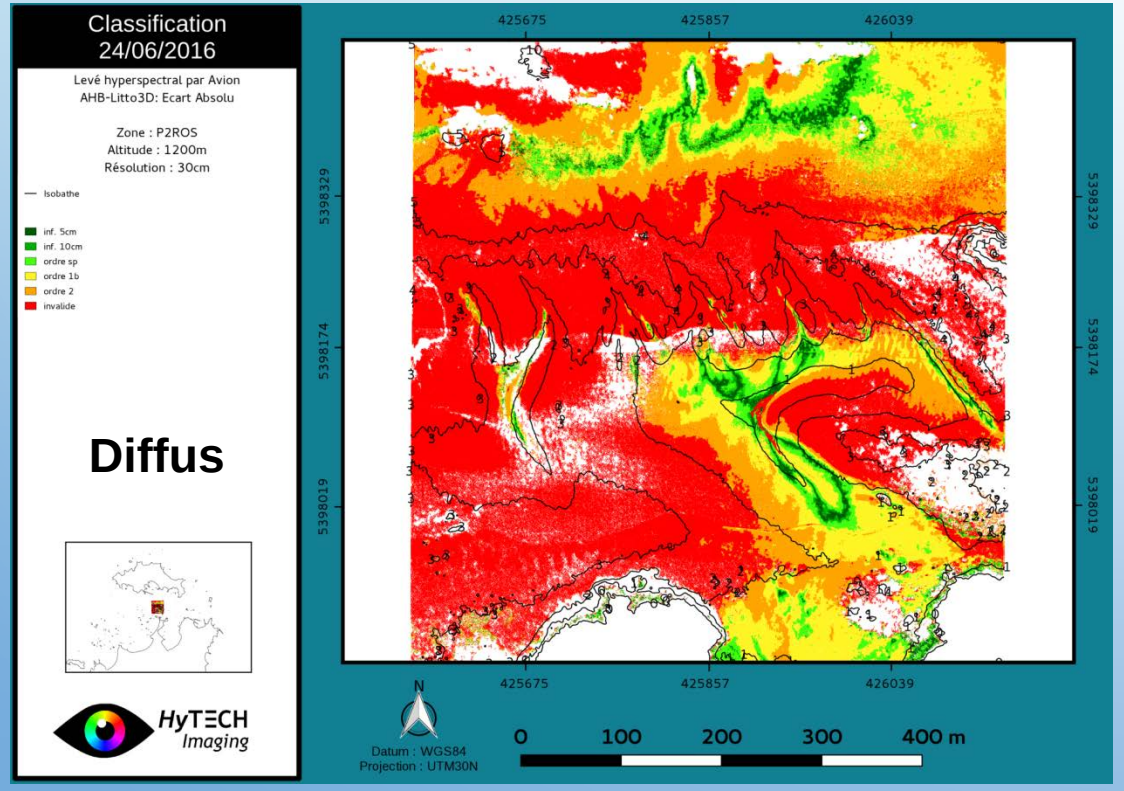


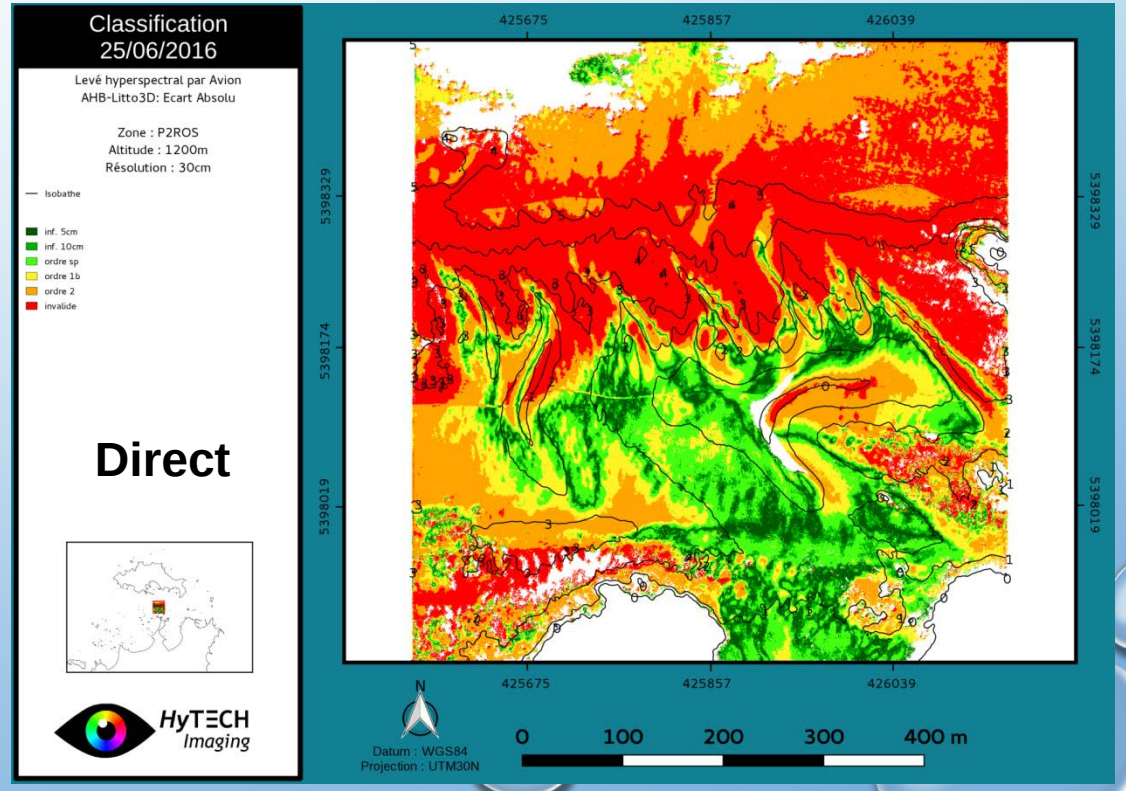




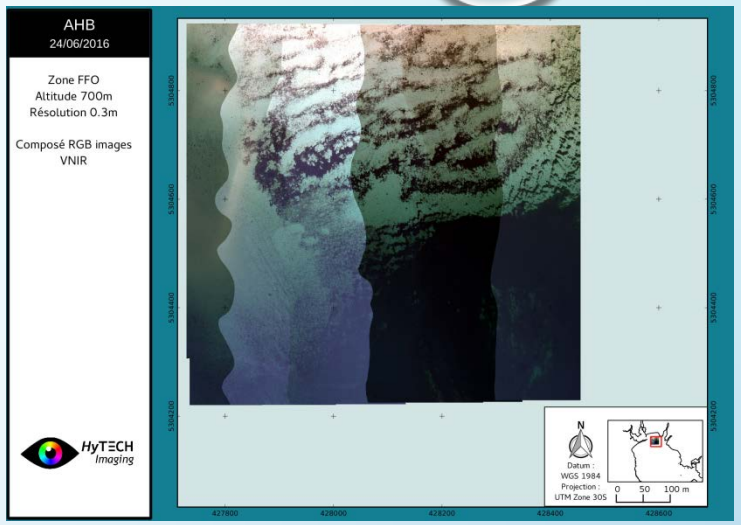
Répartition spatiale de l’erreur : influence de l’éclairement

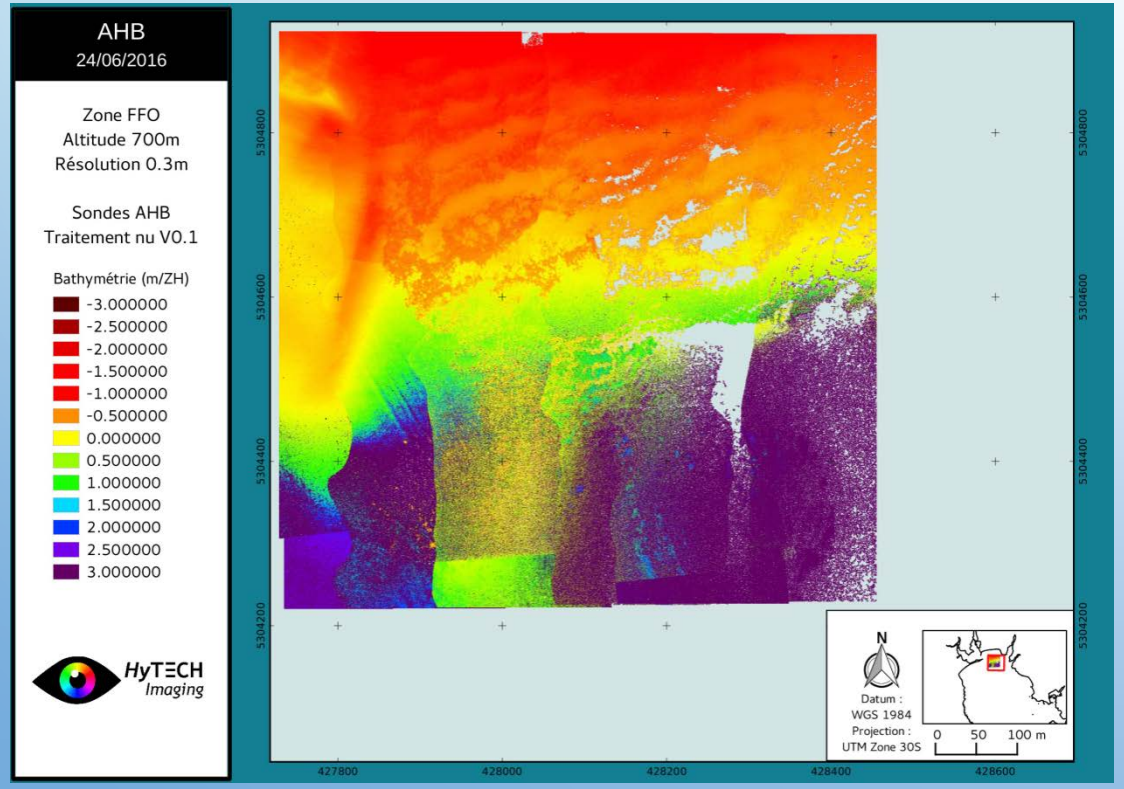


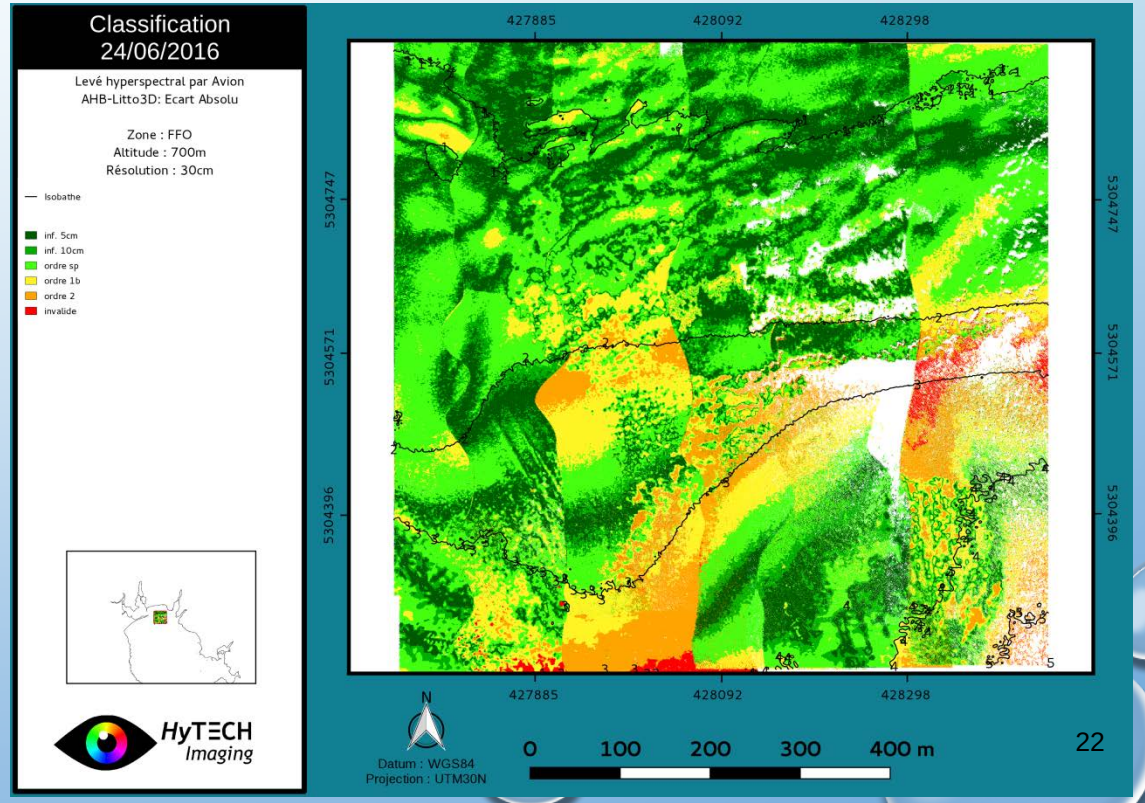




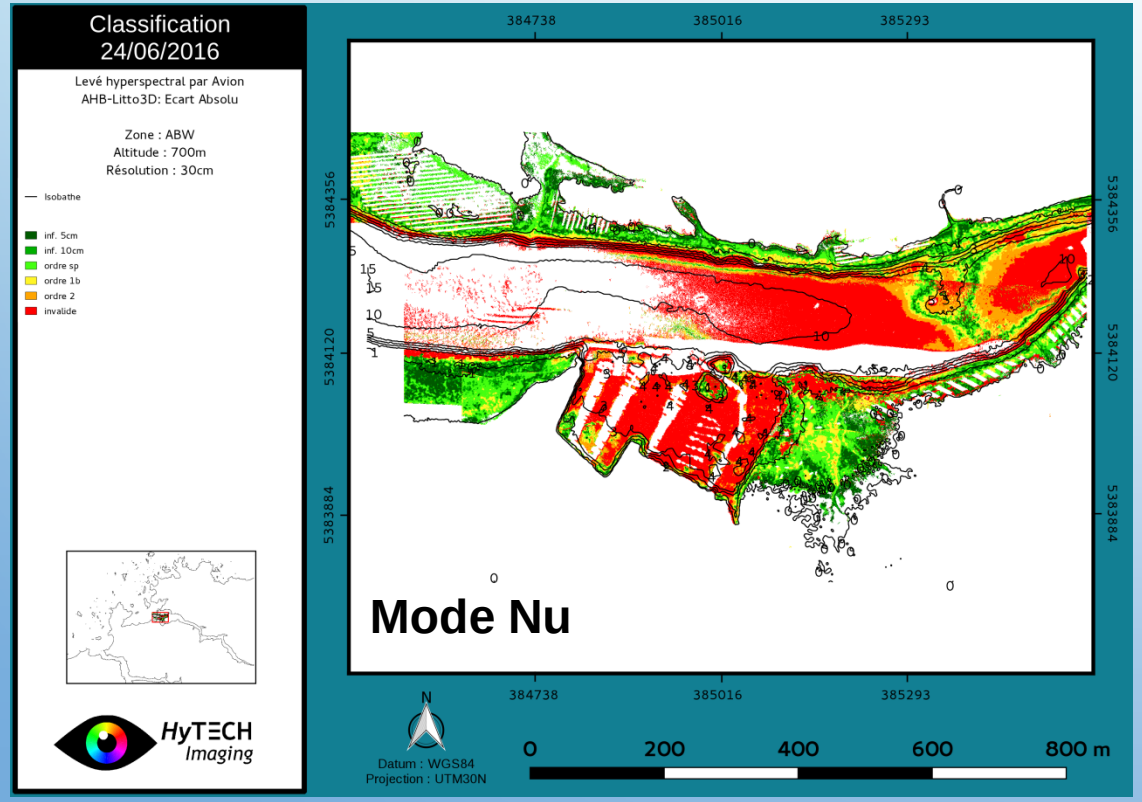
Répatition spatiale de l’erreur : Influence du fond en éclairement diffus

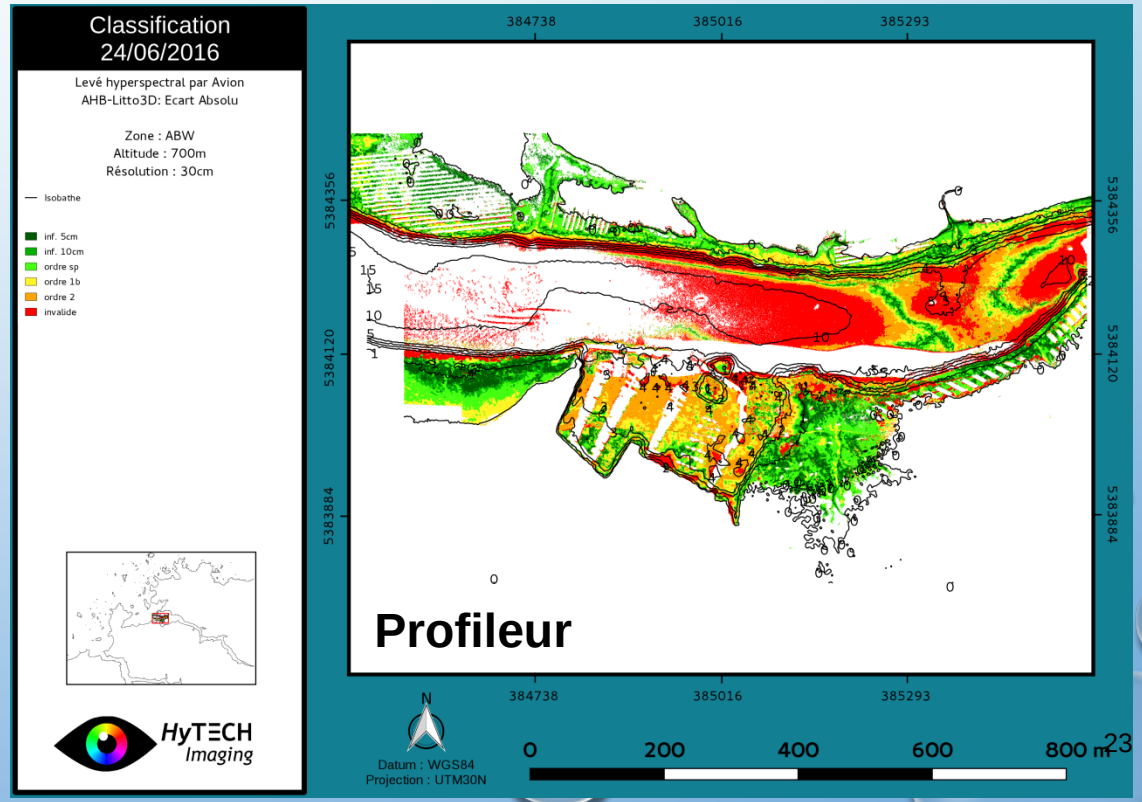






Répatition spatiale de l’erreur : Zone portuaire - influence turbidité





Conclusions / Perspectives

Qualification des sondes brutes aux ordres OHI en cours

Campagnes couplées AHB / Litto3D® printemps 2017 pour validation
Quantification de l'impact des conditions d'acquisition sur les ordres accessibles
Représentation spatialisée de la qualité d'estimation
Intérêt de l'assistance profileur laser
Spécification drone AHB

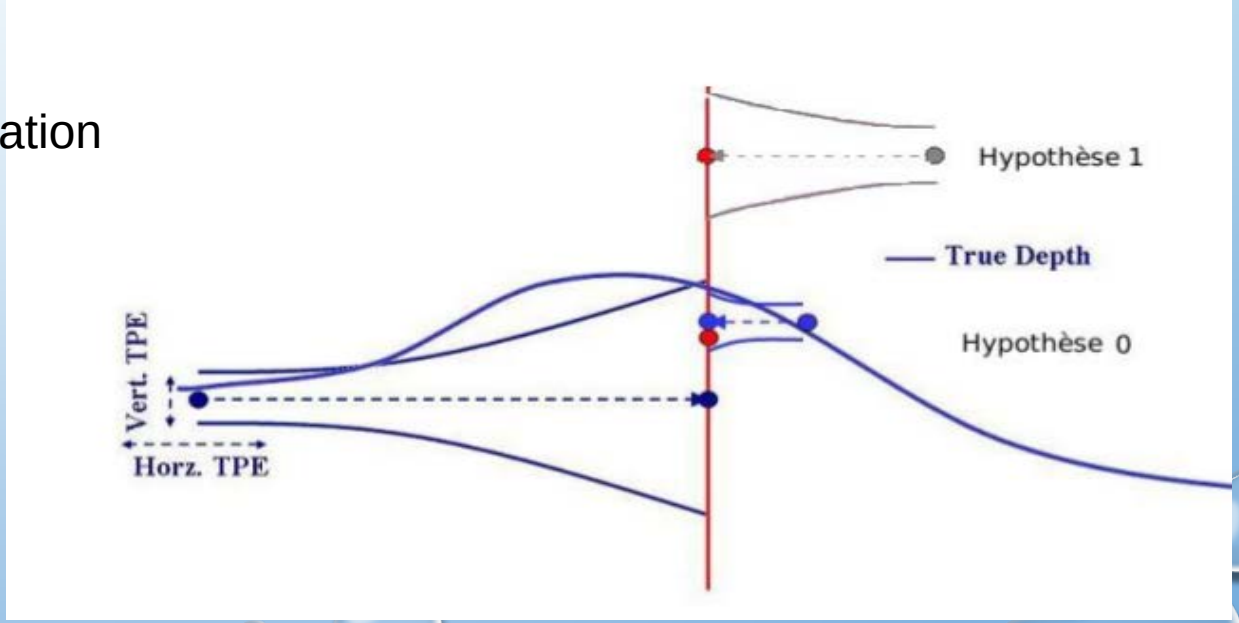
Perspectives :

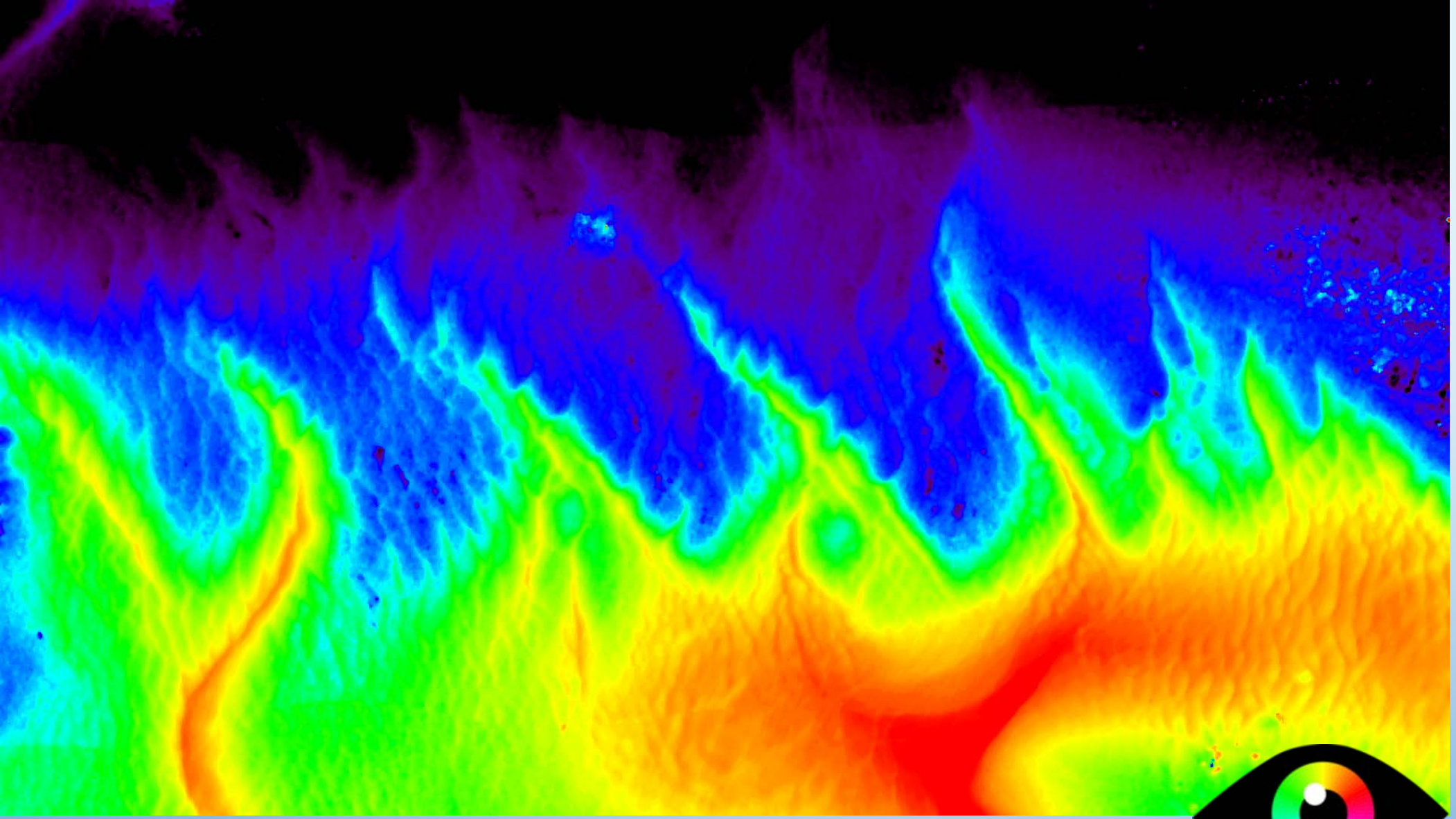
Robustesse Inversion éclairement / fond
Apport photogrammétrie
Etude théorique sur les sources d'erreur et leur propagation

Adaptation CUBE à l'AHB

→ méthode de filtrage statistique basée sur la propagation d'incertitudes a *priori*

→ ***Adaptée au contexte des données AHB: densité de points***
→ ***Validation des sondes et création d'un MNT simultanément***
→ ***Modélisation de la propagation des erreurs déjà étudiée***





HyTECH Imaging