



*La cartographie magnétique
de l'environnement côtier et ses applications*

Jean-François OEHLER

Département Géophysique Marine du Shom

SOMMAIRE

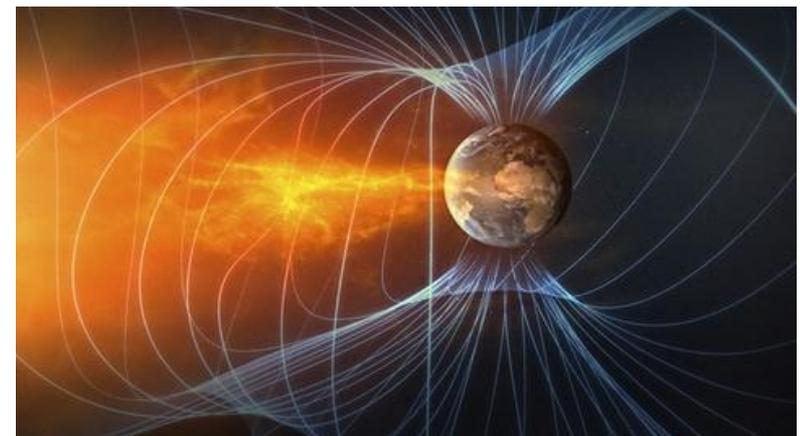
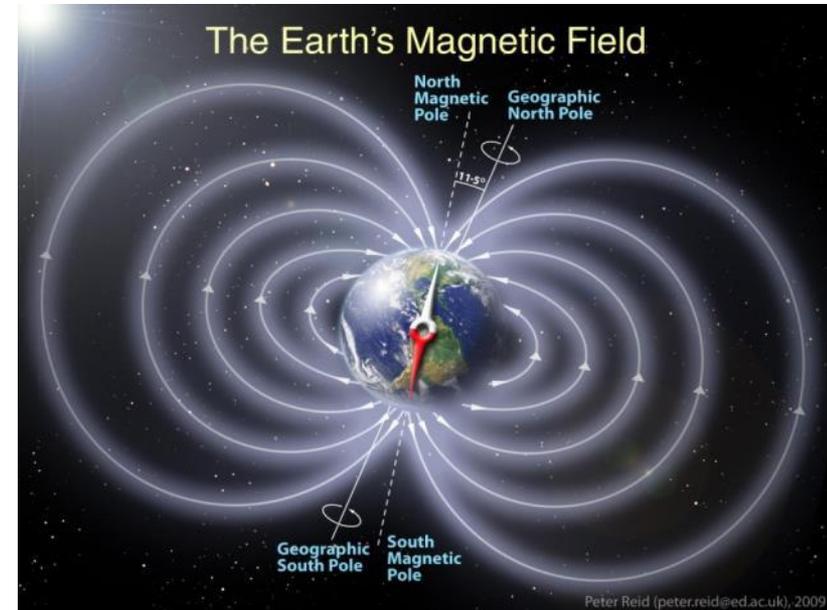
- 1. LE CHAMP MAGNÉTIQUE TERRESTRE: ORIGINES ET CONTRIBUTIONS**
- 2. LA MESURE ET LE TRAITEMENT DE LA DONNÉE MAGNÉTIQUE MARINE**
- 3. LES APPLICATIONS EN DOMAINE CÔTIER**



En 1^{ère} approximation, champ d'induction magnétique produit par un dipôle:

- Placé au centre de la Terre;
- Formant un angle de 11.5° par rapport à l'axe de rotation;
- Orienté vers l'hémisphère Sud.

→ En réalité, champ irrégulier et complexe dû à différentes contributions



Int. > 95%

Champ interne principal

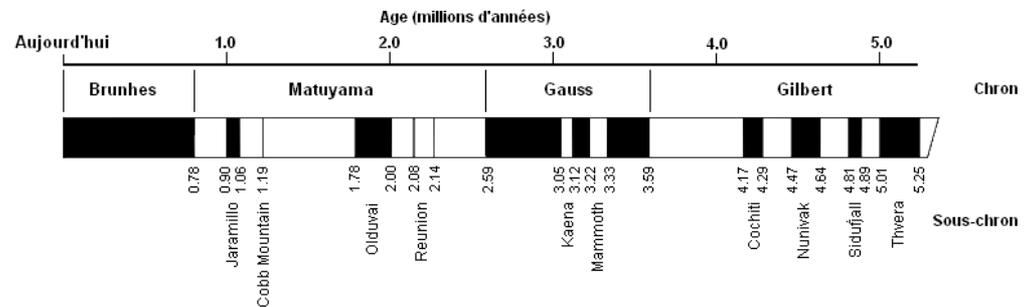
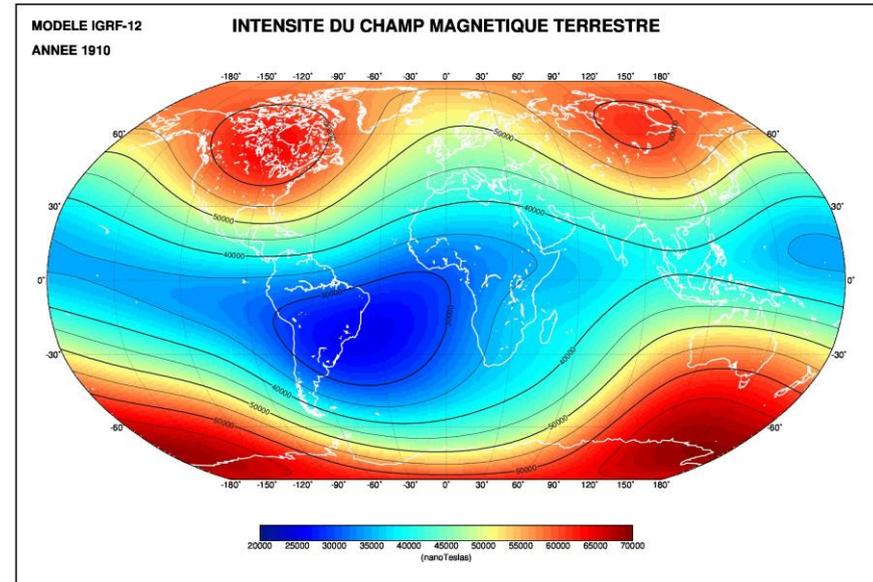
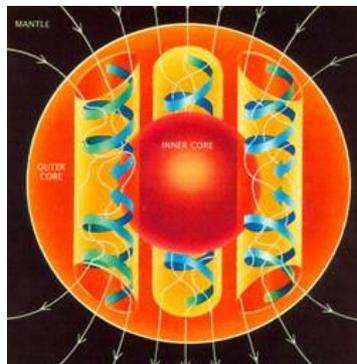
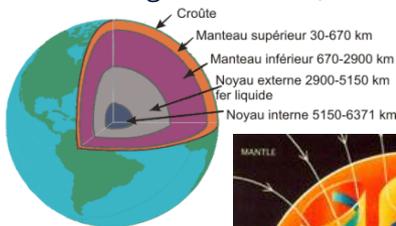
~ 50 000-70 000 nT
~ 47000 nT à Brest

Circulations électriques dans le noyau interne de la Terre (effet dynamo);

Variations séculaires, inversions de polarité;

→ Modélisé (principalement à partir de mesures satellites):

- International Geomagnetic Reference Field (IGRF),
- World Magnetic Model (WMM),...



Champ magnétique terrestre

Ext. <2%

Int. > 95%

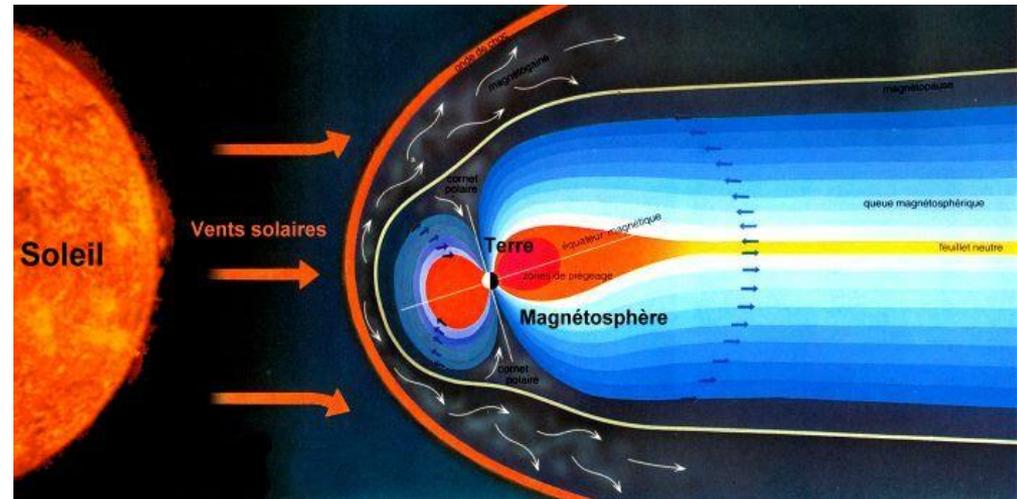
Champ externe

$\sim 10^2$ nT
jusqu'à 10^3 nT

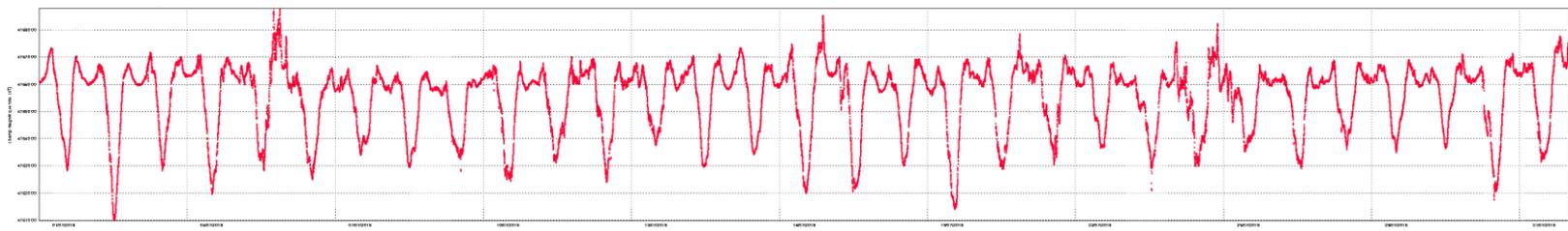
Activité solaire, courants électriques dans la haute atmosphère;

Variations périodiques diurnes et saisonnières, orages magnétiques;

→ Caractérisé par des mesures de stations de référence ou d'observatoires magnétiques.



Station magnétique du Shom – Juillet 2018



Ano. < 2%

Ext. < 2%

Int. > 95%

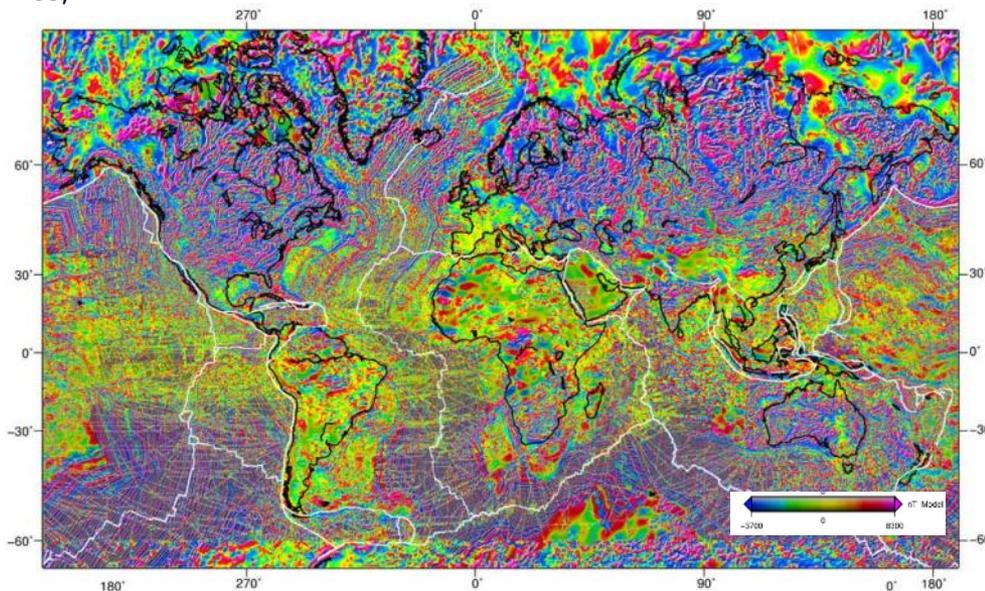
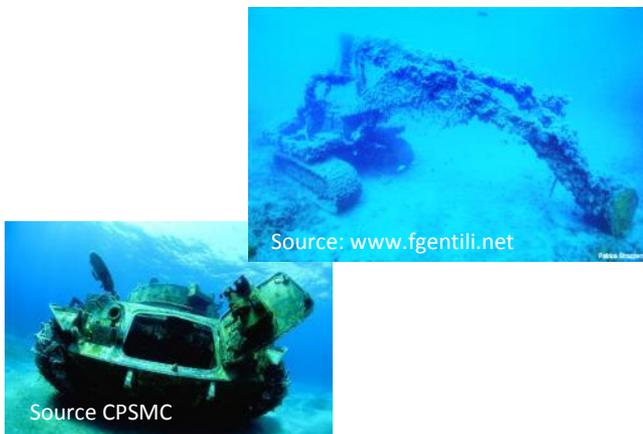
Champ magnétique terrestre

Champ d'anomalies
~10² nT
Jusqu'à 10³ nT

Ce qui nous intéresse!

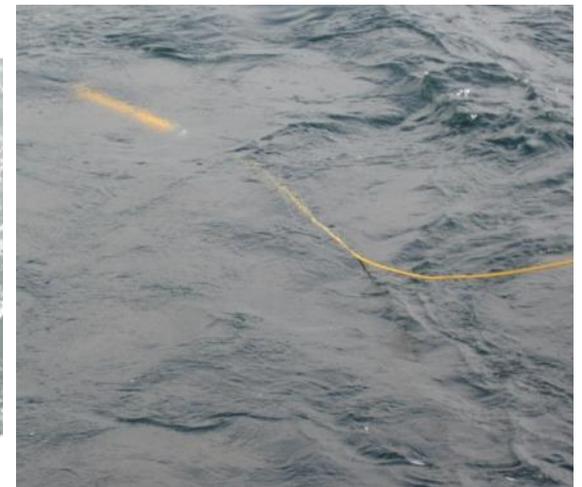
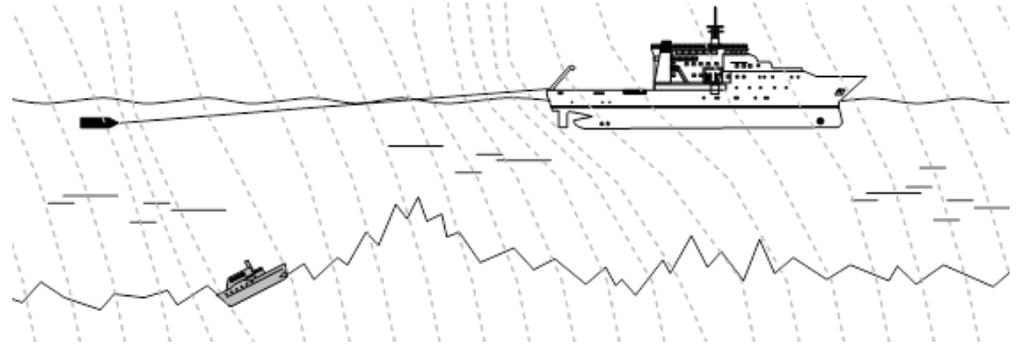
- Composante stationnaire liée à:
- la géologie (croûte et manteau);
 - des sources métalliques anthropiques (épaves, câbles, engins non explosés, obstructions...).

→ Caractérisé par des mesures marines, terrestres, aéroportées et satellites...



Les magnétomètres (SeaSPY ©Marine Magnetics au Shom) enregistrent l'intensité du champ magnétique total.

En mer, le magnétomètre est remorqué à une distance d'environ 2,5 fois la taille du bâtiment (ligne filée) pour limiter les perturbations liées au porteur.



Le champ d'anomalies ΔB est la différence (vectorielle) entre le champ total mesuré B_{tot} et un champ magnétique « théorique », dont les composantes sont modélisées (champ interne B'_{int}) et/ou estimées à partir de mesures continues réalisées à une station de référence (champ externe B'_{ext}) :

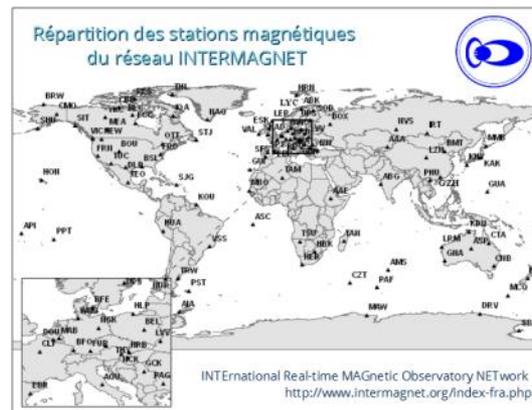
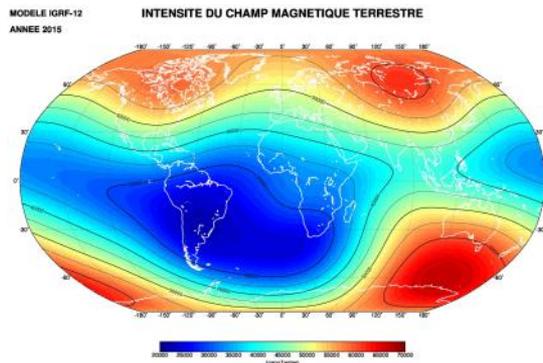
Champ total: $B_{tot} = B_{int} + B_{ext} + \Delta B$
 (en intensité)
 Anomalie : $\Delta B = B_{tot} - B'_{int} - B'_{ext}$

1. Estimation du champ magnétique principal à partir du modèle IGRF :

2. Détermination des composantes diurne basse fréquence et d'agitation haute fréquence du champ externe par filtrage des données de station de référence :

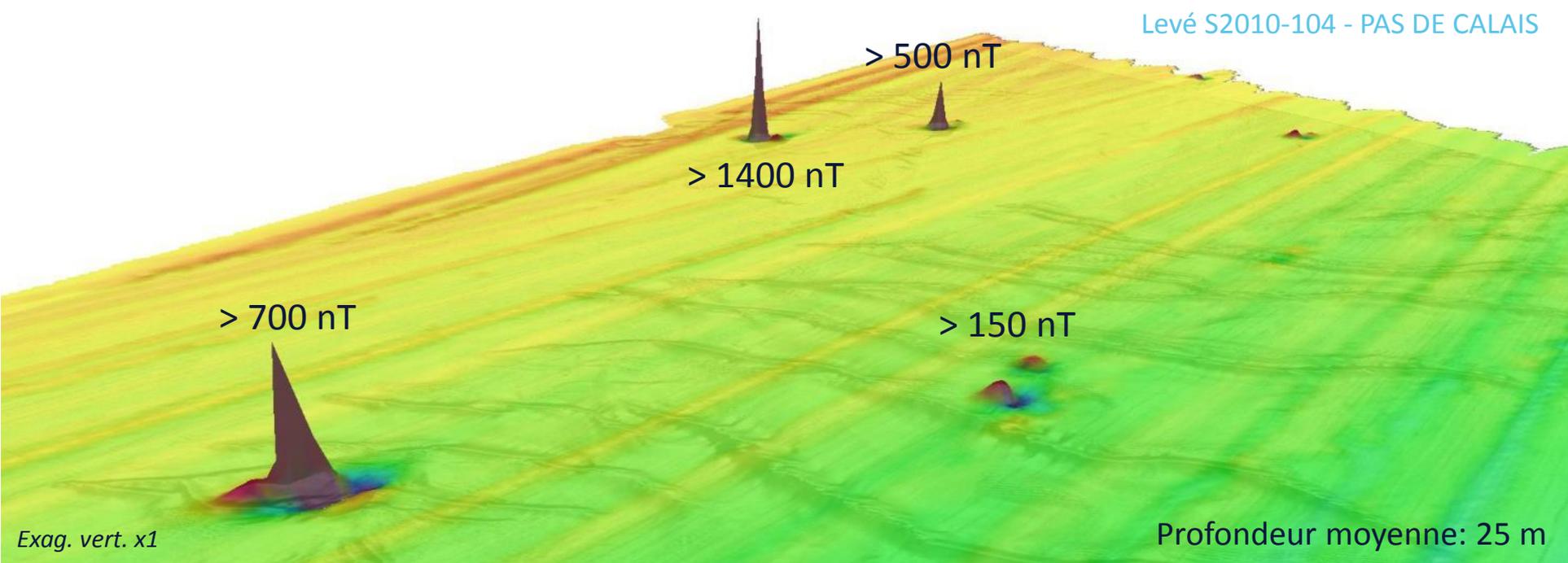
→ Calcul de l'anomalie brute ou IGRF

→ Calcul de l'anomalie totale



Site de l'observatoire magnétique de Chambon La Forêt (CLF)

Éléments et objets métalliques des épaves :



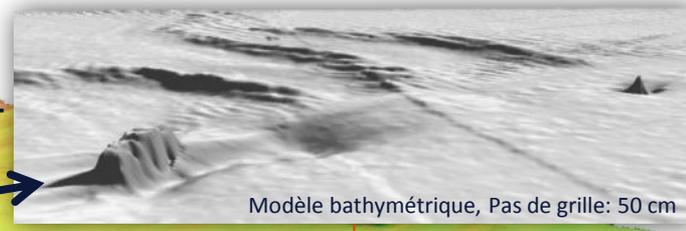
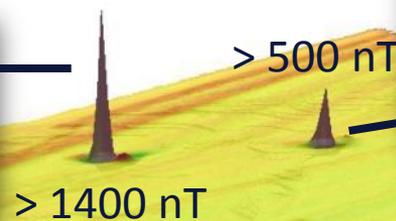
Anomalies magnétiques totales (modèle au pas de 25 m) superposées sur une image ombrée de la bathymétrie (modèle au pas de 5 m)

Éléments et objets métalliques des épaves :

→ Méthode magnétique **complémentaire** (vs méthodes conventionnelles)

Epave FR 7474 1:

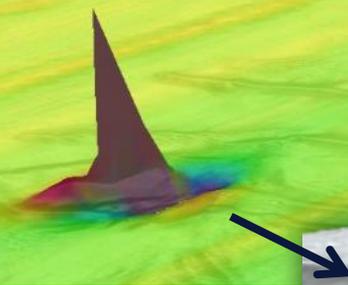
- ✓ Caboteur XANTHENCE victime d'un abordage le 21/05/1985 avec le cargo allemand ROSITA-MARIA;
- ✓ Longueur: 40 m;
- ✓ Hauteur au-dessus du fond: 5.8 m;
- ✓ Brassiage du point le plus haut: 21.9 m.



Epaves FR 7386 1-FR 7480 1:

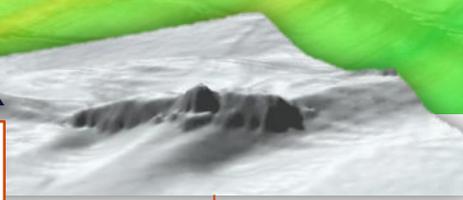
- ✓ Epave disloquée en 2 morceaux;
- ✓ Longueur: 57 m; Largeur: 17 m;
- ✓ Hauteur au-dessus du fond: 5.8 m;
- ✓ Brassiage du point le plus haut: 20.5 m.

> 700 nT



Epave FR 7475 1:

- ✓ Sous-marin classe IX A, coulé par une mine le 13/10/1939;
- ✓ 70 m de long, 15 m de large;
- ✓ Brassiage du point le plus haut: 27.6 m.



> 150 nT



Epaves FR 7477 1-FR 7478 1:

- ✓ Epave disloquée en 3 morceaux
- ✓ Longueur: 45 m; Largeur: 15 m;
- ✓ Brassiage du point le plus haut: 32.5 m.

Éléments et objets métalliques des épaves :

Levé Shom d'un chenal d'accès à un port

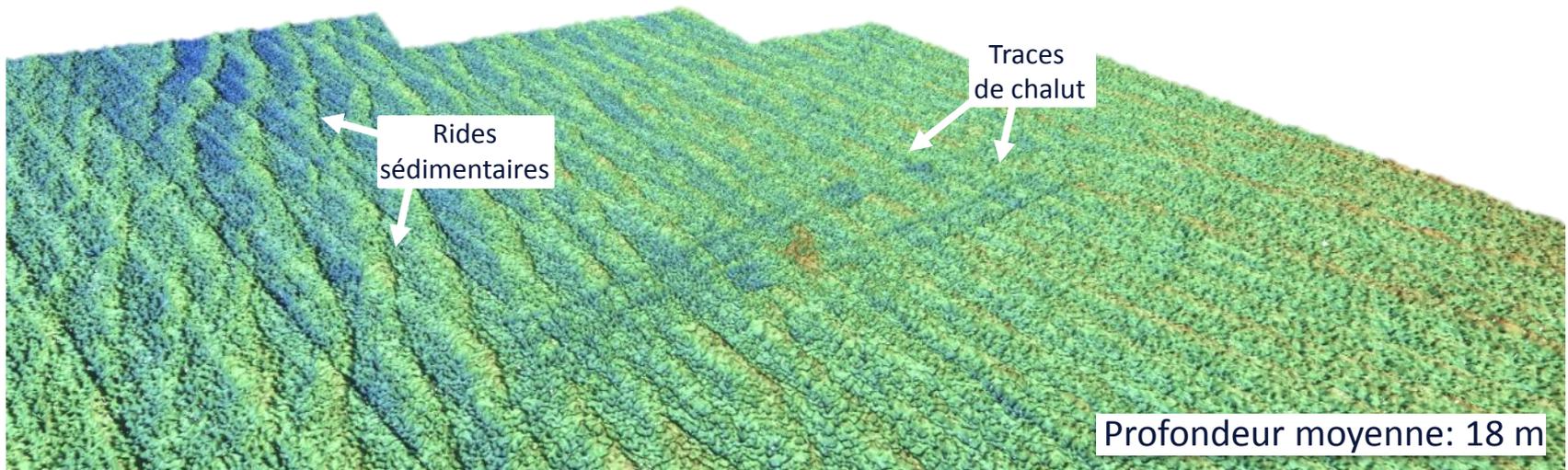


Image ombrée colorée de la bathymétrie en fonction de la profondeur (modèle au pas de 50 cm)

Exag. vert. x15

Éléments et objets métalliques des épaves :

→ Méthode magnétique **déterminante** (vs méthodes conventionnelles)

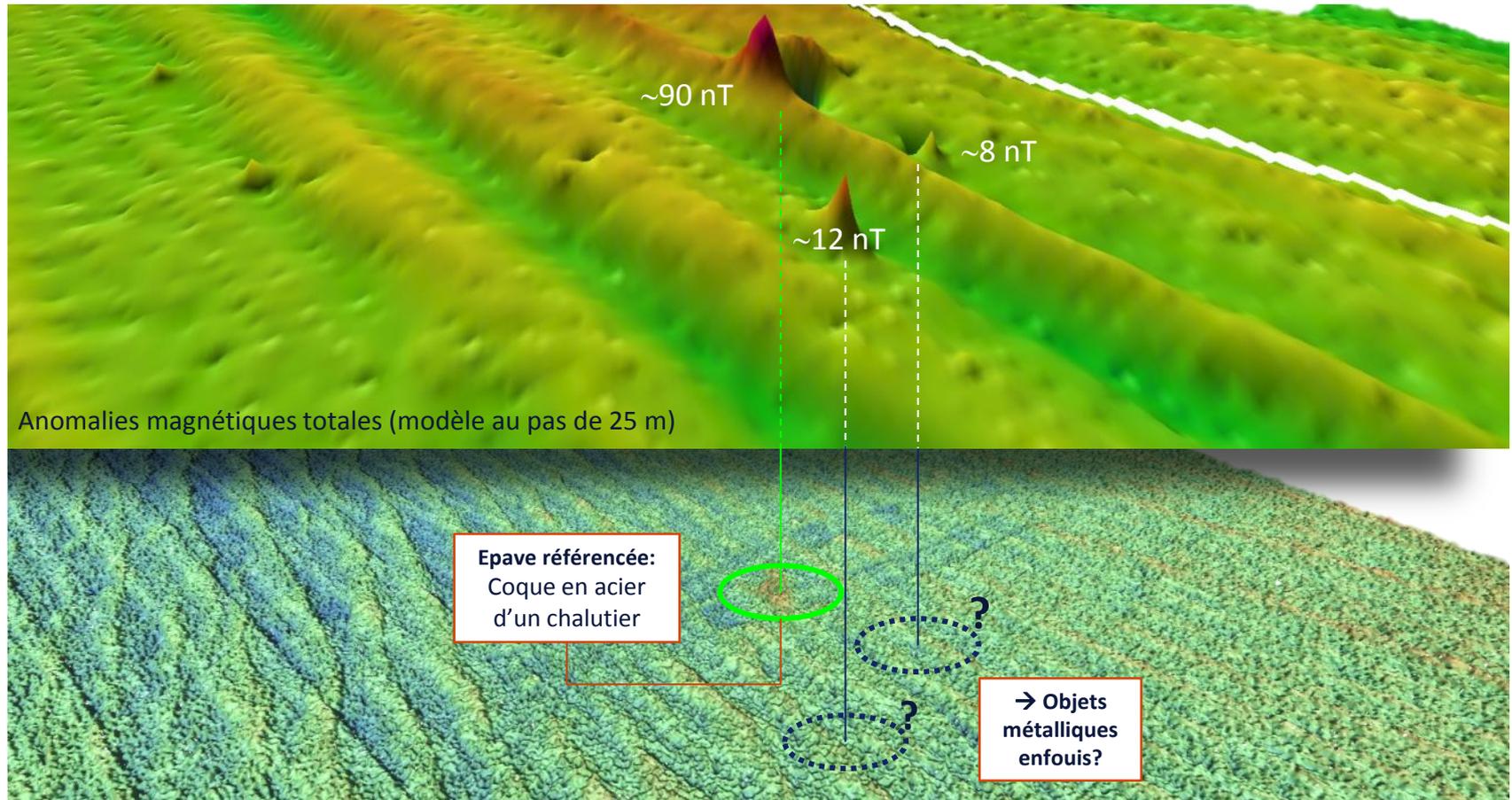
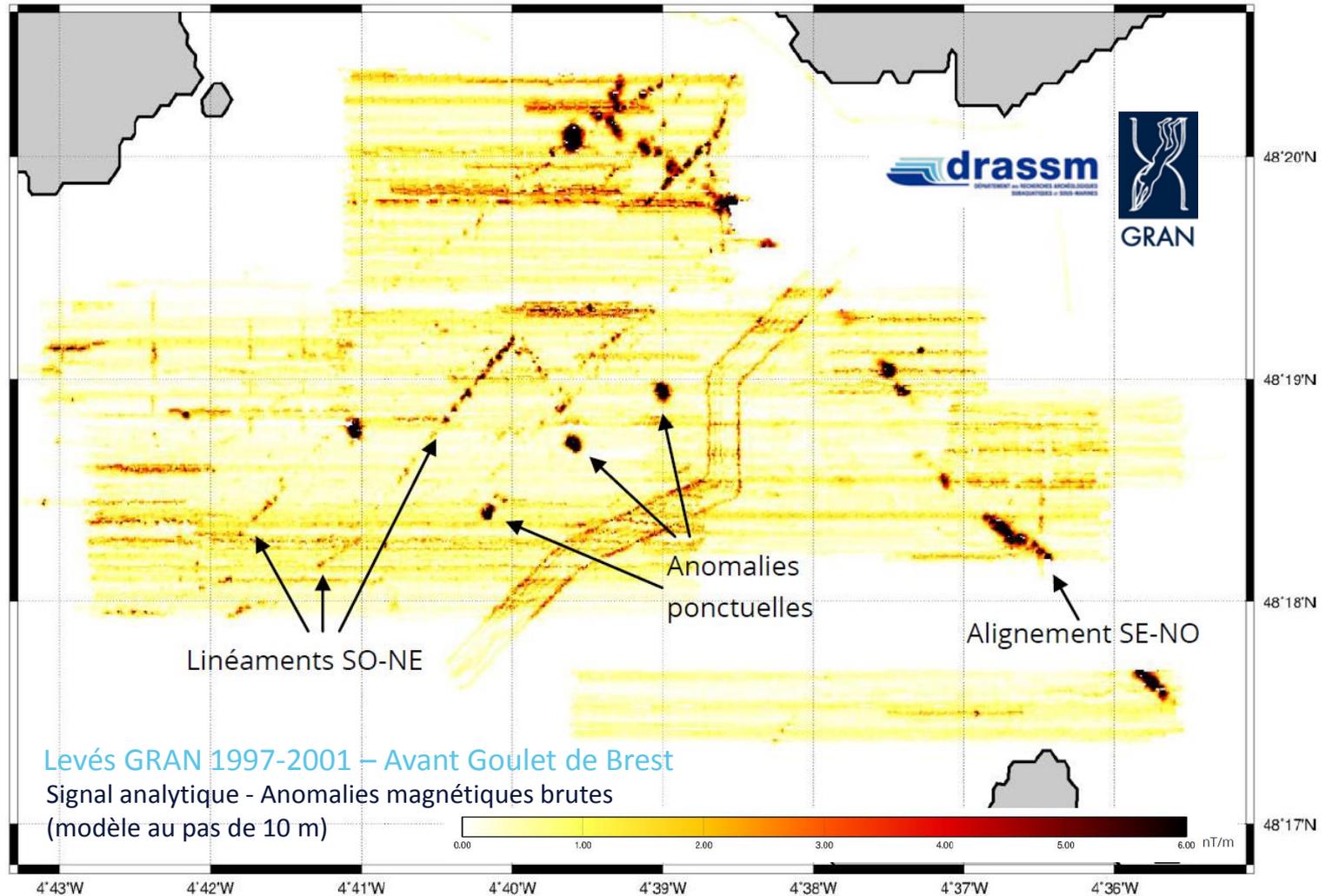


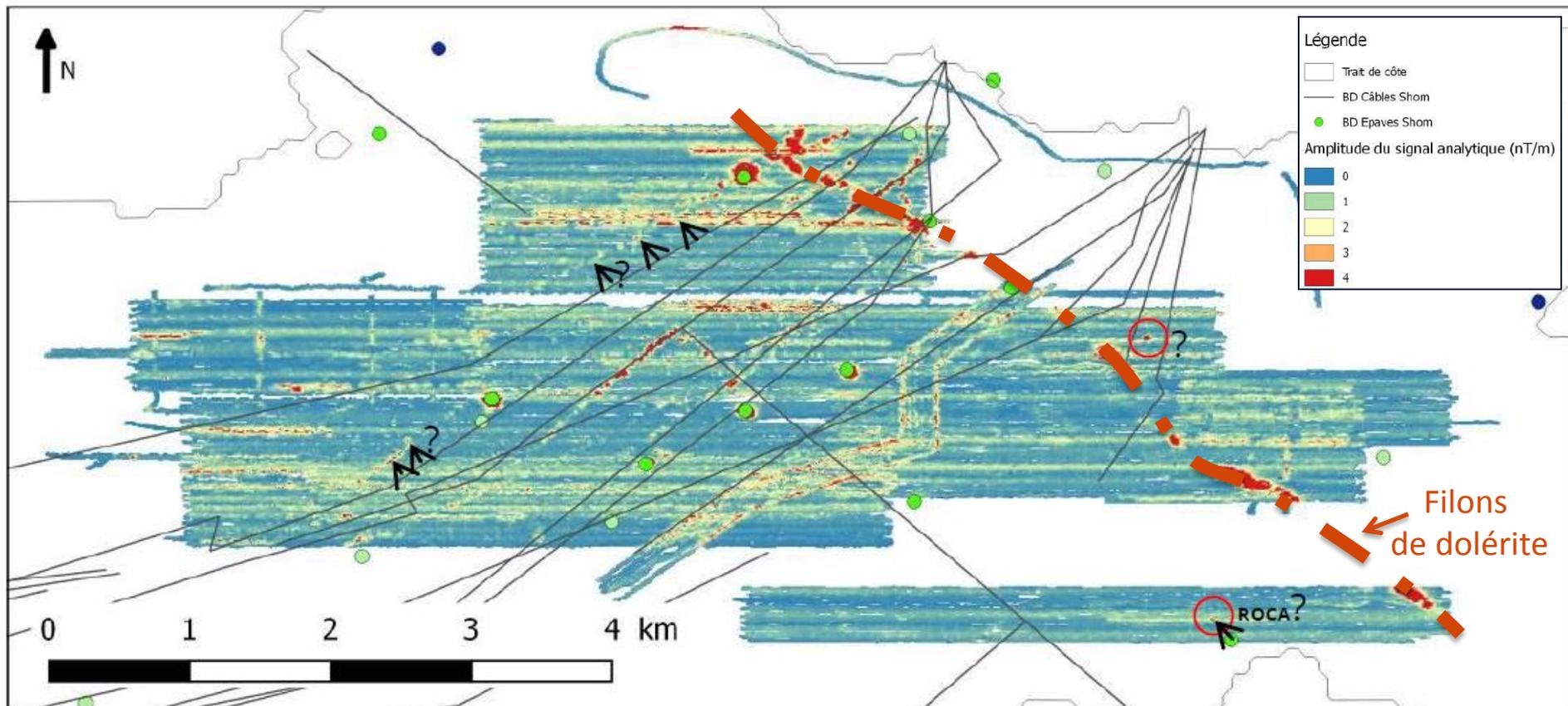
Image ombrée colorée de la bathymétrie en fonction de la profondeur (modèle au pas de 50 cm)

Exag. vert. x15

Objets métalliques linéaires (câbles, pipelines, ...) :

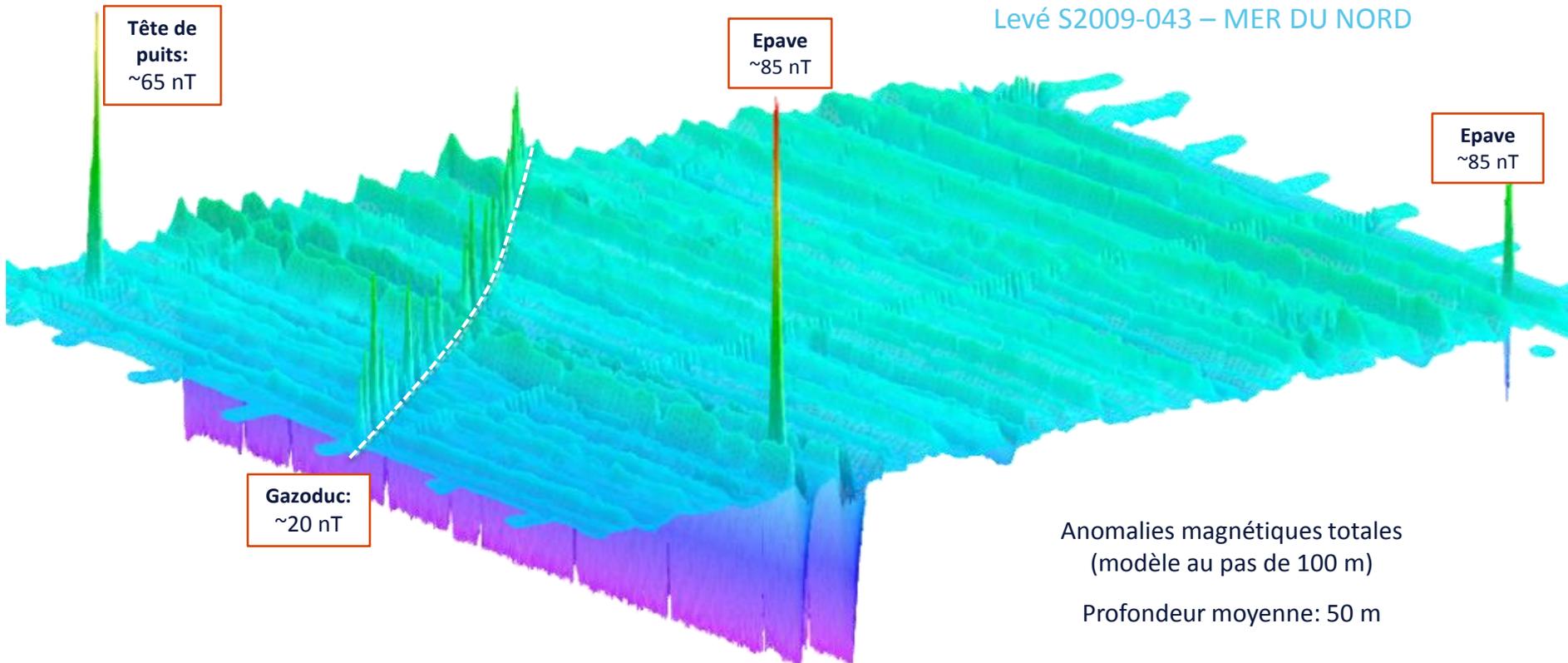


Objets métalliques linéaires (câbles, pipelines, ...) :



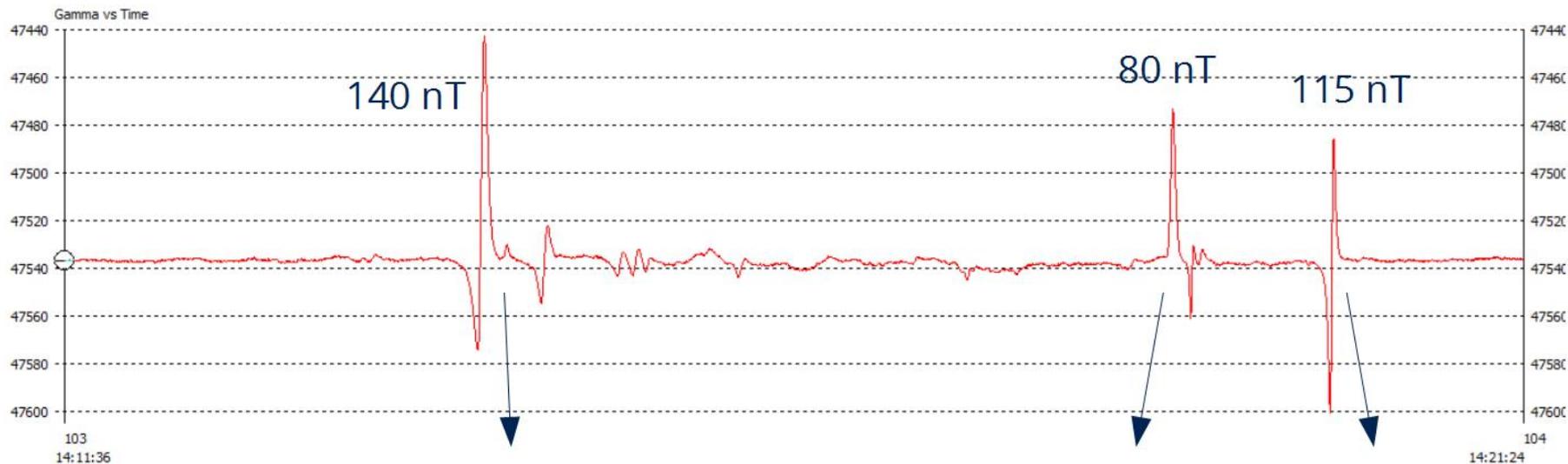
Objets métalliques linéaires (câbles, pipelines, ...) :

Levé S2009-043 – MER DU NORD



Munitions non explosées :
(*Unexploded Ordnance - UXO*)

Levé Shom « UXO » - Profil réalisé à 2 m du fond

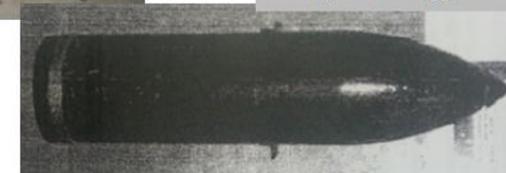


MK 82
(~120 kg)



Obus 115 mm
(~40 kg)

Obus 280 mm
(~150 kg)



Limitations:

- ✓ La signature magnétique de "petits" objets peut être masquée par des structures de plus grandes dimensions notamment d'origine géologique;

- ✓ L'amplitude de l'anomalie magnétique décroît avec la distance à la source:
 - Difficultés liées à l'altitude du capteur par rapport au fond;
 - Difficultés liées à l'enfouissement des objets.

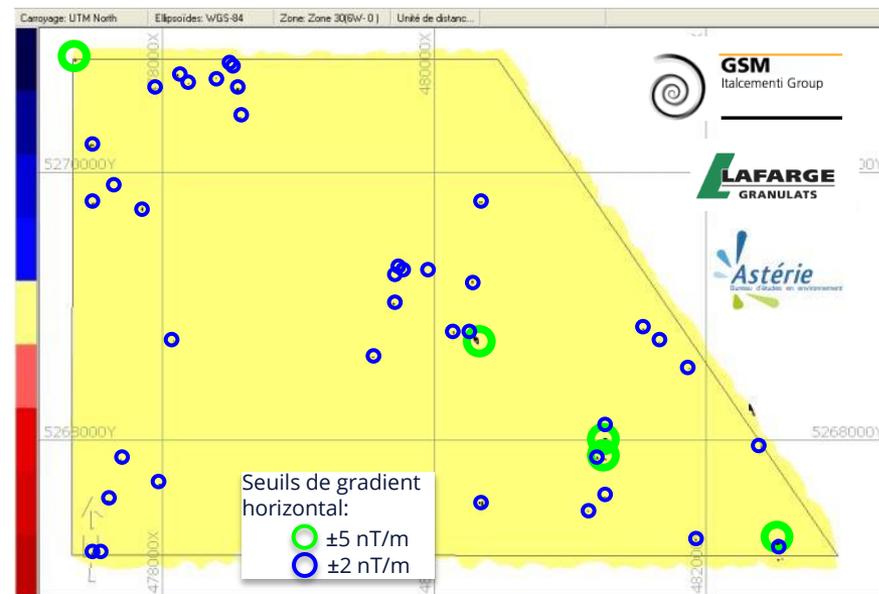
- ✓ La détection de "petits" objets est fortement dépendante:
 - Des performances (précision, résolution) des capteurs;
 - De la géométrie du levé (densité et orientations des profils);
 - Des conditions environnementales (conditions météocéaniques, perturbations magnétiques externes,...).

Application de la gradiométrie pour la détection d'objets métalliques :

Mise en œuvre simultanée de plusieurs magnétomètres séparés par une distance fixe:
→ Mesure de gradients (en nT/m).



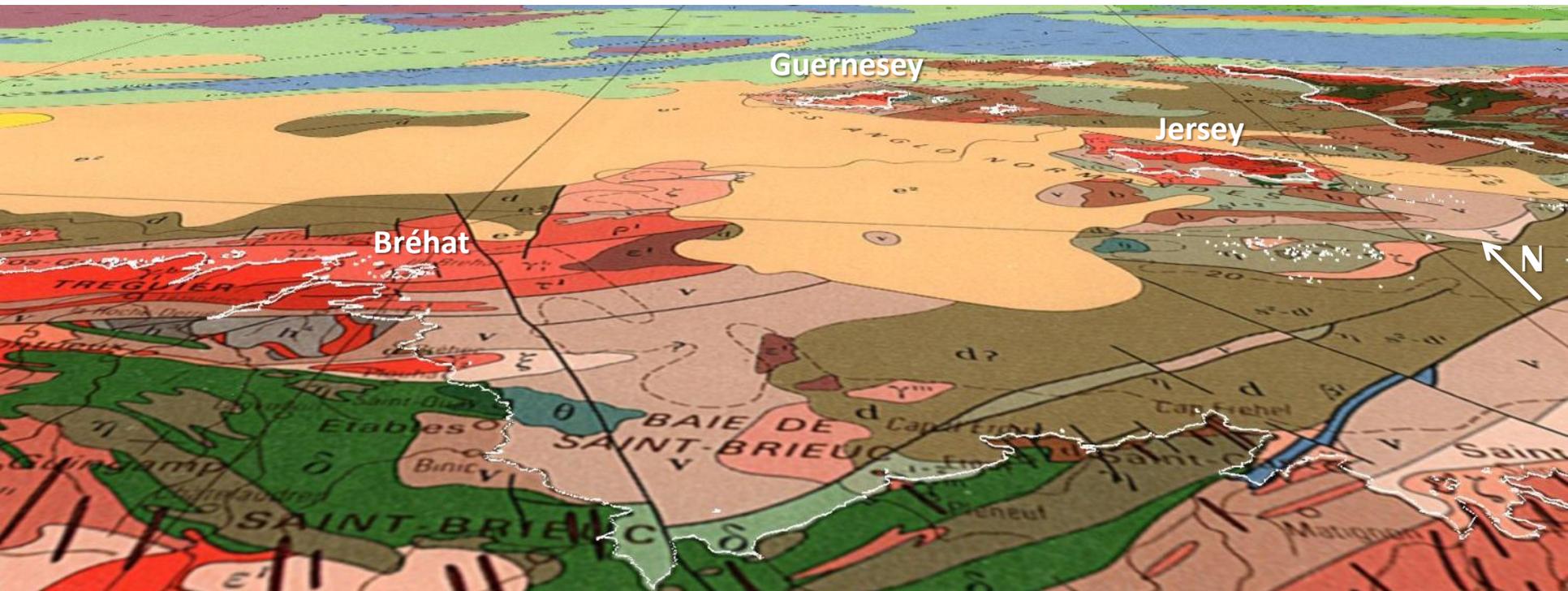
Permet de s'affranchir des variations parasites du champ magnétique externe et du signal géologique de grande longueur d'onde.



Levé « Permis Exclusif de Recherches Sud Lorient 2006-2007 »

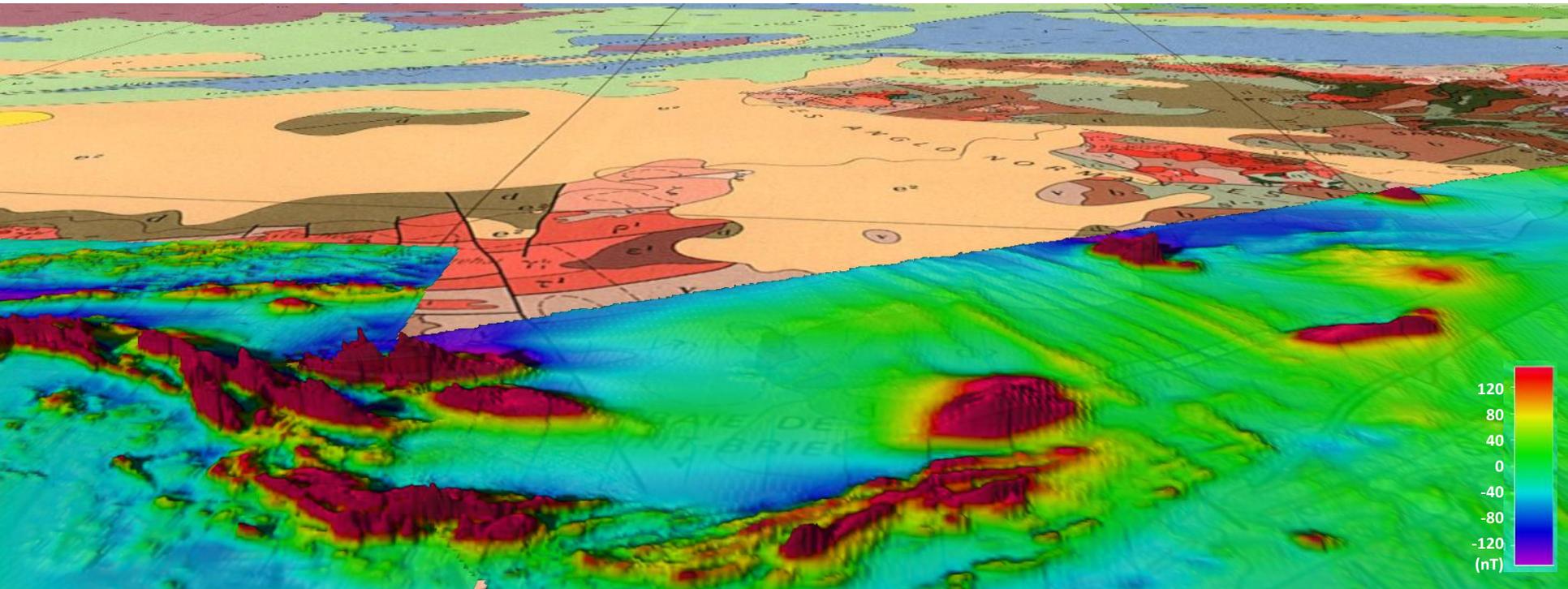
- Détection possible d'objets métalliques de petite taille non identifiés (munitions, ancrs, chaînes,...) et/ou d'objets partiellement ou faiblement enfouis;
- Enrichissement des cartographies de cibles/risques potentiels.

Cartographie du socle rocheux dans la Baie de Saint-Brieuc:



Boillot et Lefort (1974). Carte géologique de la Manche, 1/1 000 000. BRGM

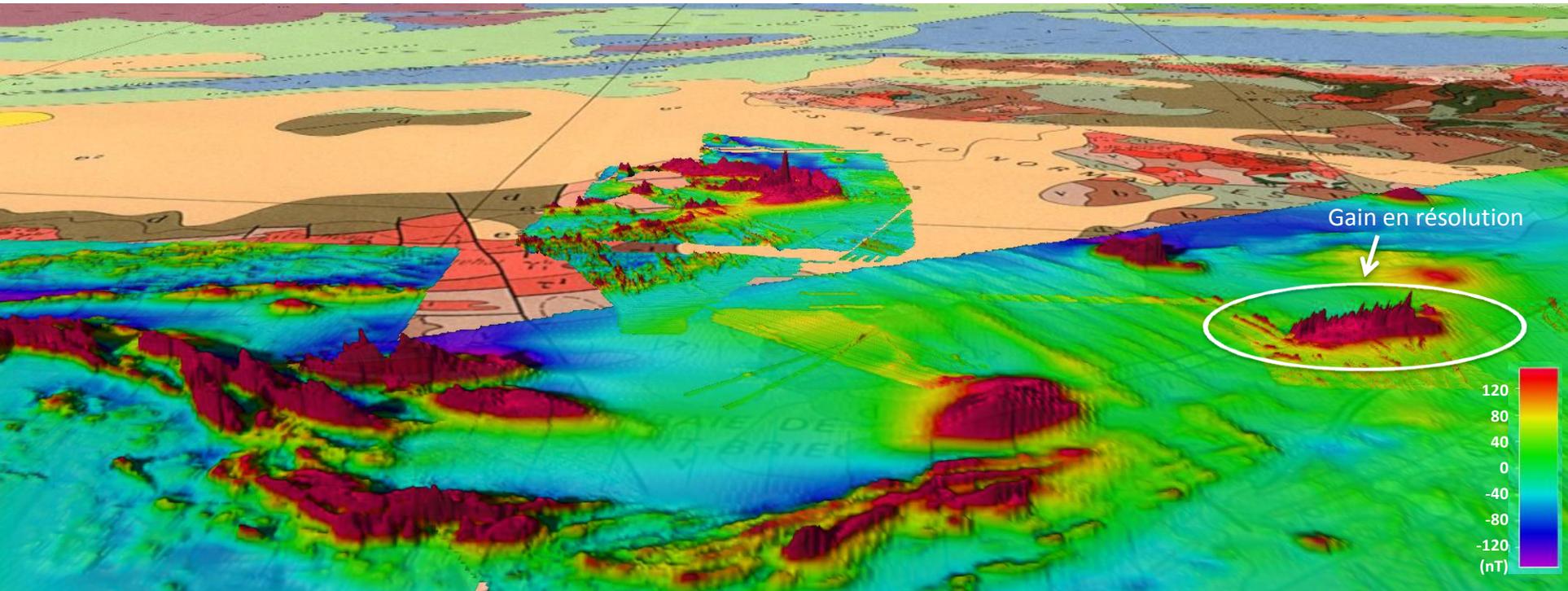
Cartographie du socle rocheux dans la Baie de Saint-Brieuc:



Modèles aéromagnétiques à 250 m
Bretagne-98/St-Malo-92
Banque de données aéro-géophysiques de la France
© BRGM



Cartographie du socle rocheux dans la Baie de Saint-Brieuc:



Modèles aéromagnétiques à 250 m
Bretagne-98/St-Malo-92
Banque de données aérogéophysiques de la France
© BRGM

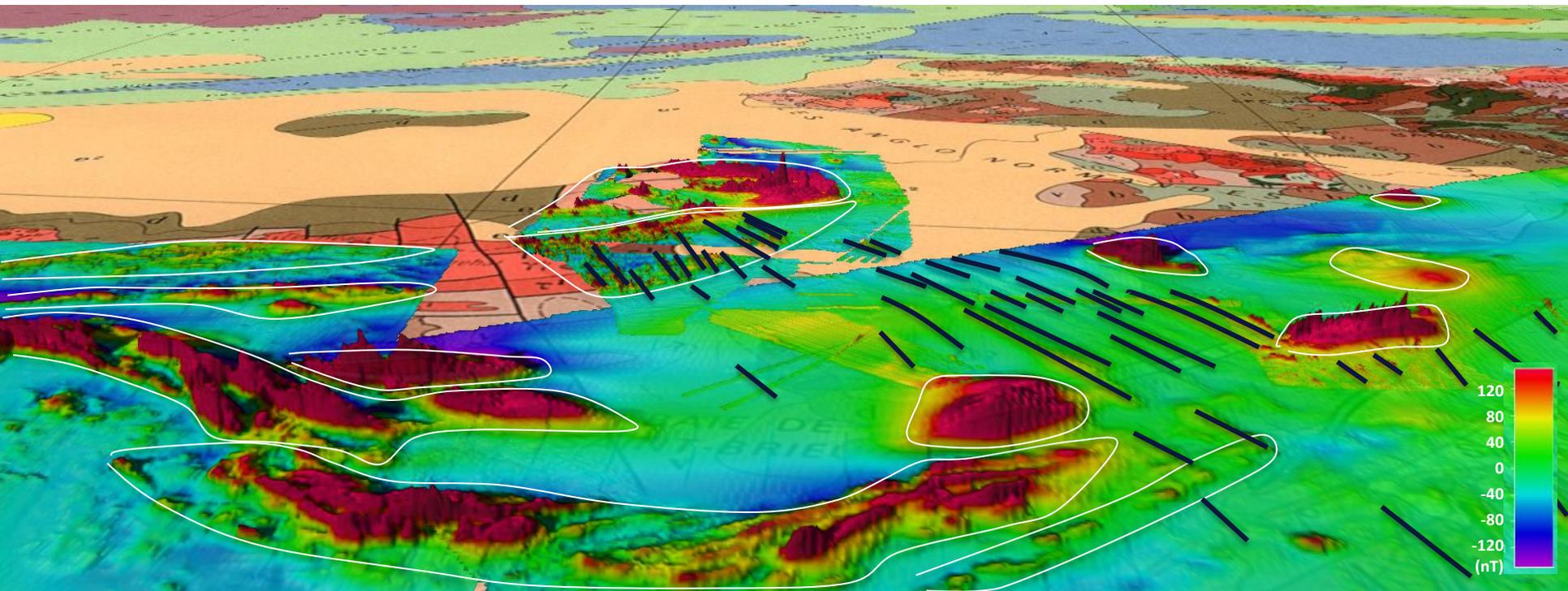


+

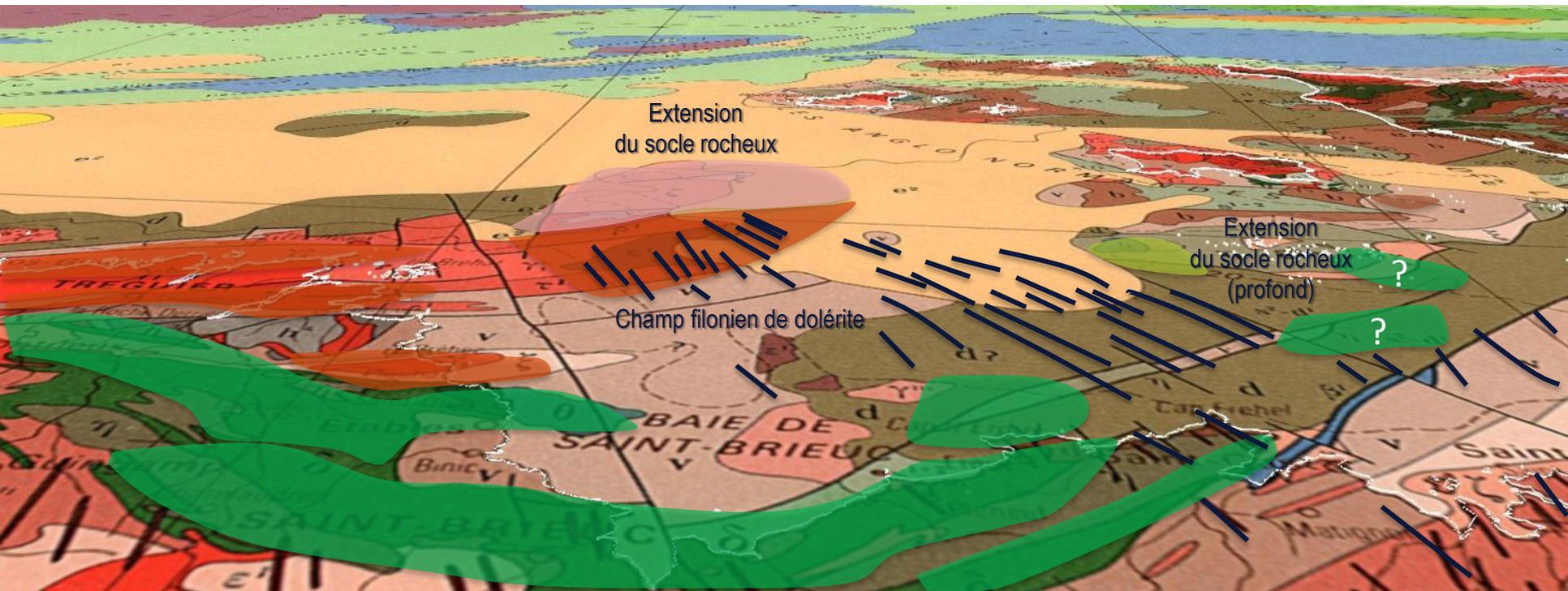
Données marines Shom
Modèles à 100 m



Cartographie du socle rocheux dans la Baie de Saint-Brieuc:



Cartographie du socle rocheux dans la Baie de Saint-Brieuc:

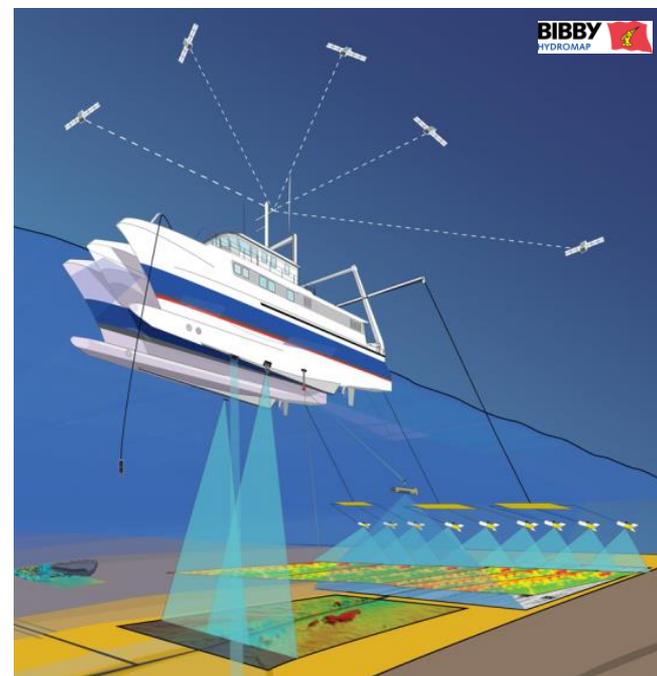


→ A terre, bonne corrélation entre les anomalies magnétiques et la carte géologique;

→ En mer, **apport indéniable** de la magnétométrie pour la cartographie géologique et structurale.

CONCLUSIONS

- ✓ En domaine côtier, la méthode magnétique est **déterminante** ou **complémentaire** à d'autres méthodes conventionnelles pour:
 - la détection d'objets anthropiques (obstructions, UXO, câbles,...);
 - la cartographie géologique et structurale du socle rocheux;
- ✓ Applications scientifiques (dont archéologie sous-marine), militaires opérationnelles et industrielles (projets EMR, oil&gas, extraction...)
- ✓ Innovations technologiques et méthodologiques (positionnement acoustique sous-marin, gradiométrie multi-capteurs, solution multi-drones, ...)



Systèmes de mesure mis en œuvre sur le projet éolien posé de St-Brieuc

Source: Ouest France

MERCI !



Contact:

Dr. Jean-François OEHLER
Département Géophysique Marine

jean-francois.oehler@shom.fr
Tel. +33 (0) 2 56 312 561



Adresse postale

13 rue du Chatellier
CS 92803
29228 Brest CEDEX 2

Internet

www.shom.fr
data.shom.fr
diffusion.shom.fr

Renseignements

Tel. +33 (0) 2 56 312 312