



Apports de la sismique réflexion à haute résolution
à l'optimisation des sites et des moyens
de carottages ou de forages en milieu lacustre

Emmanuel Chapron



Plan:

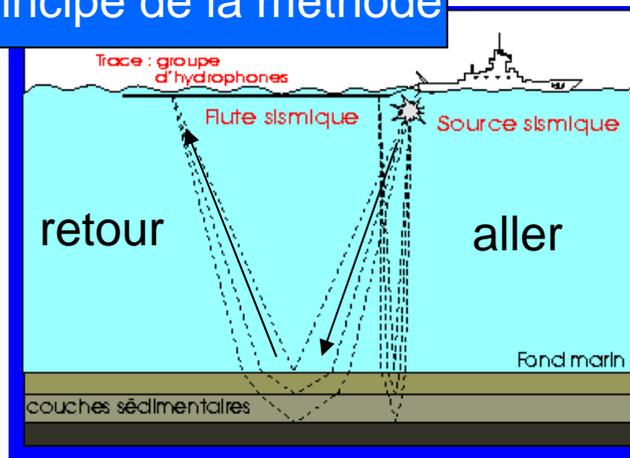
- 1- Principe de la cartographie sismique réflexion
- 2- Principaux systèmes d'acquisition de données
- 3- Intérêts pour les opérations de carottages et forages

1- La sismique réflexion en milieu aquatique: Acquisition de données



1 - émission

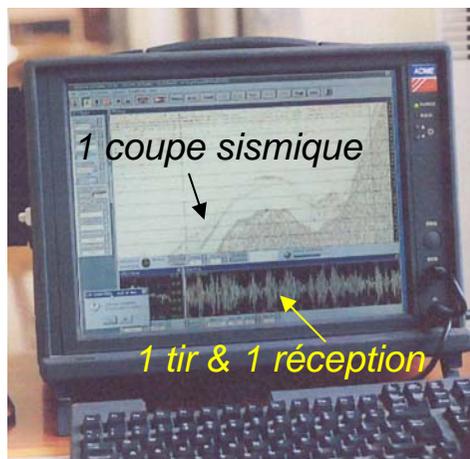
Principe de la méthode



Positionnement
& navigation



2- réception

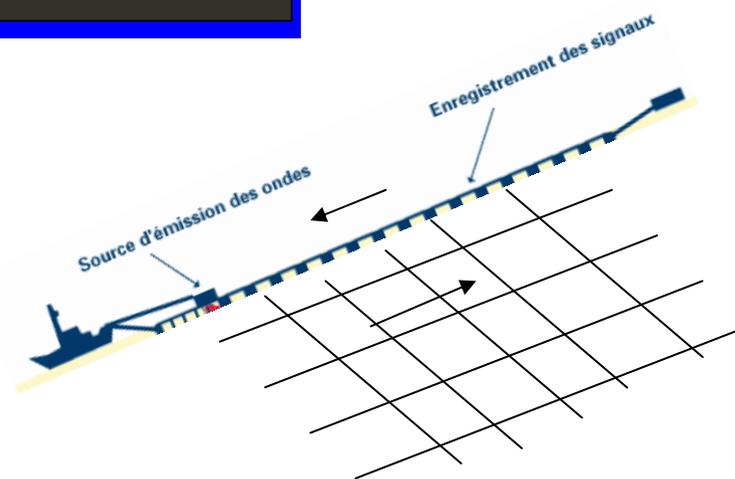


3- enregistrement

tir : 1, 2, 3, 4 ...



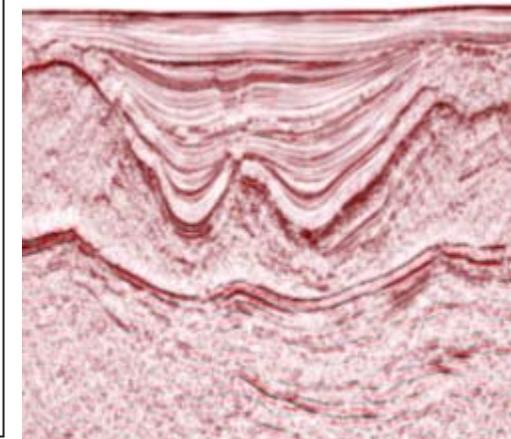
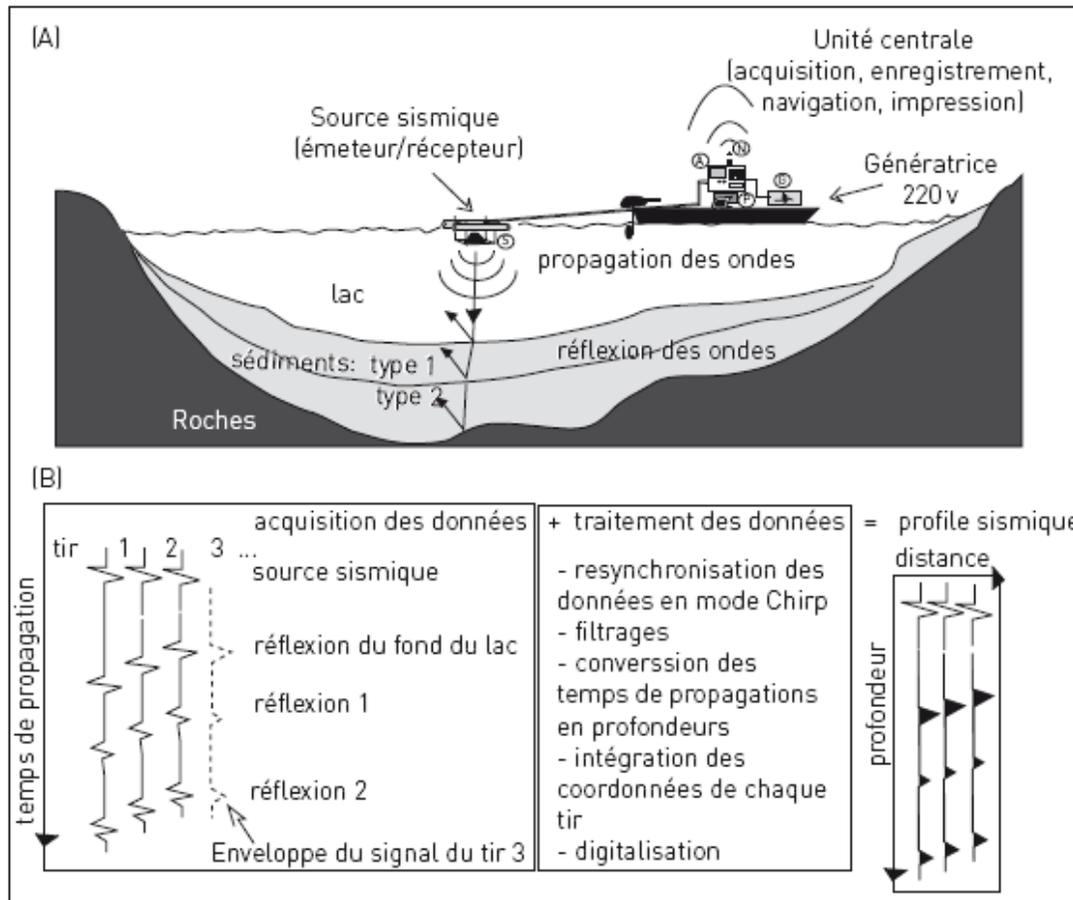
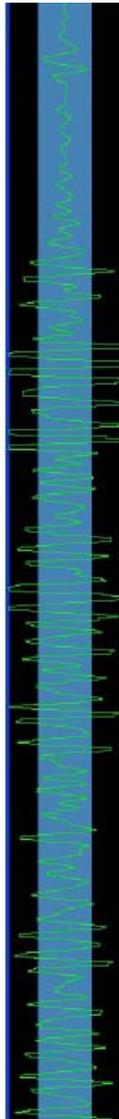
Une coupe sismique



Une grille sismique

La sismique réflexion en milieu aquatique:

Acquisition de données

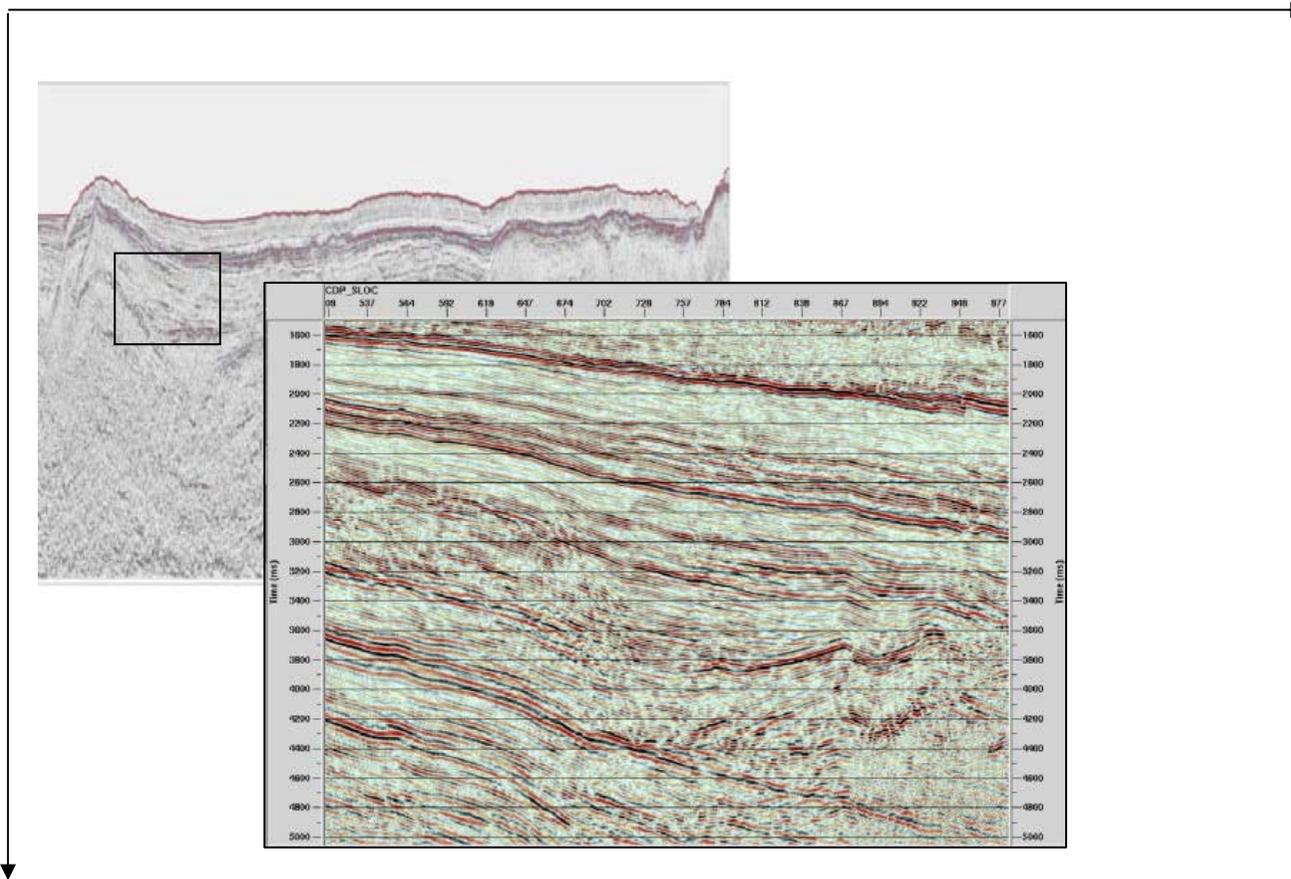


Traitement & visualisation des données

Visualisation des données sismiques

1, 2, 3, Tir (shot point)... distance le long du profil

Temps (secondes) de propagation de l'onde
(Aller-retour)



Vitesse de propagation des ondes acoustiques dans l'eau et les sédiments

$$V_p \text{ (m/s)} = d \text{ (m)} / T \text{ (s)}$$

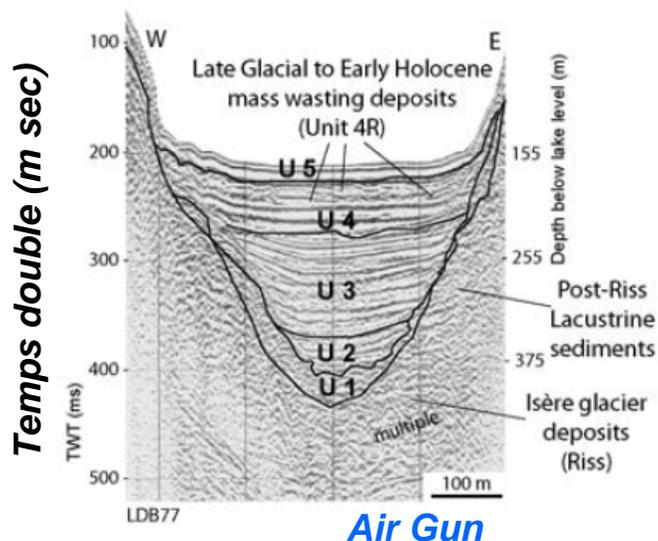
Vp eau douce: 1450 m/s Vp moy sed: entre 1500-2000 m/s

La sismique réflexion à haute et très haute résolution (HR & THR)

La résolution verticale des données = f (fréquence acoustique de la source)

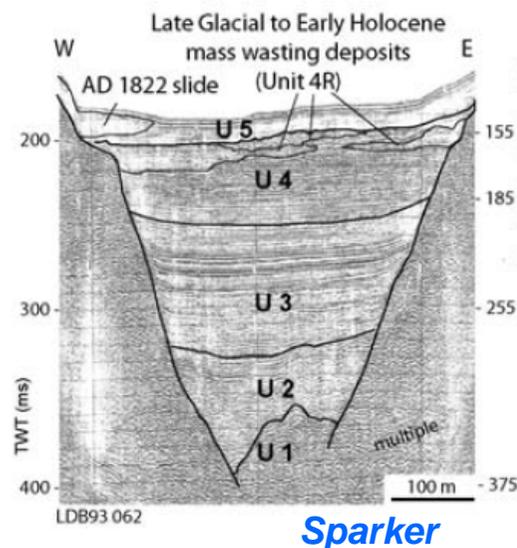
Basse fréquence :

**faible résolution
& grande pénétration**



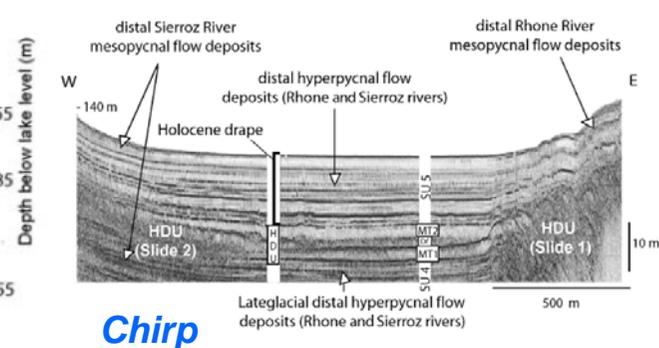
Haute fréquence :

**plus haute résolution
& moins grande pénétration**



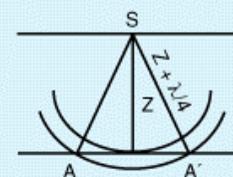
Très Haute fréquence :

**encore plus haute résolution
& moins grande pénétration**



La résolution spatiale des données
= f (densité de la grille sismique, tranche d'eau)
= résolution positionnement & embarcation
....& capitaine!

Lateral Resolution – Fresnel Zone



Fresnel Zone = AA'

λ = Dominant wavelength
 $R_F = AA'/2$
 $R_F = (Z\lambda/2)^{1/2}$
 $R_F = (V/2)(t/f)^{1/2}$
 Z = depth

Fresnel Zone Radius = R_F

2- Principaux systèmes d'acquisition de données

La sismique réflexion « idéale » ?

un enregistrement numérique

un signal à haute et très haute résolution (HR & THR)

avec une source acoustique pas dangereuse & bien focalisée

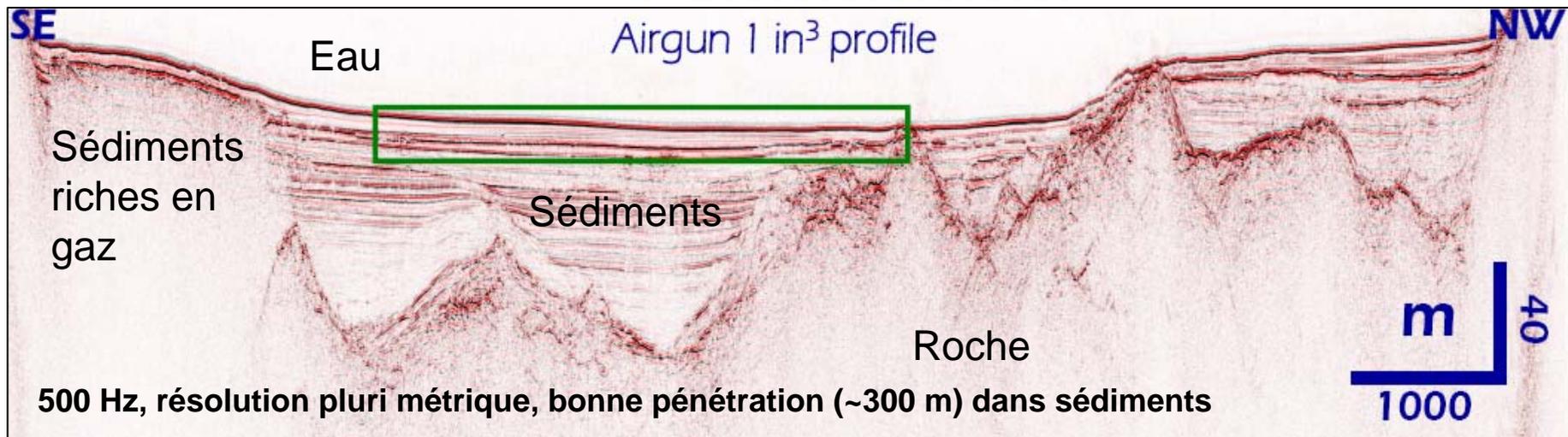
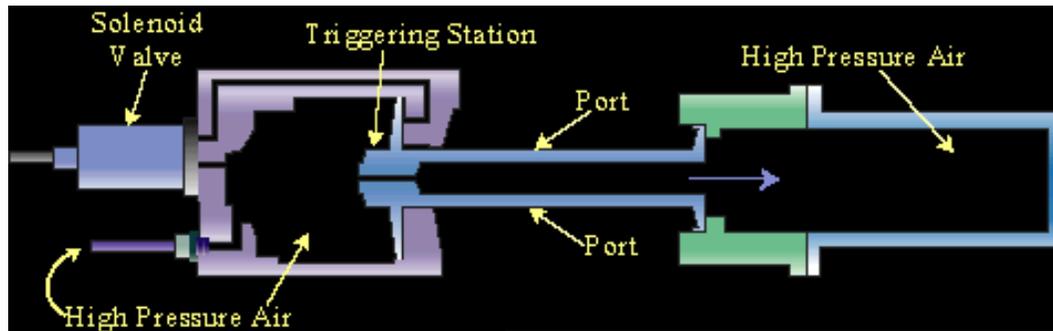
avec un récepteur peu encombrant & à large spectre

avec une embarcation silencieuse & maniable



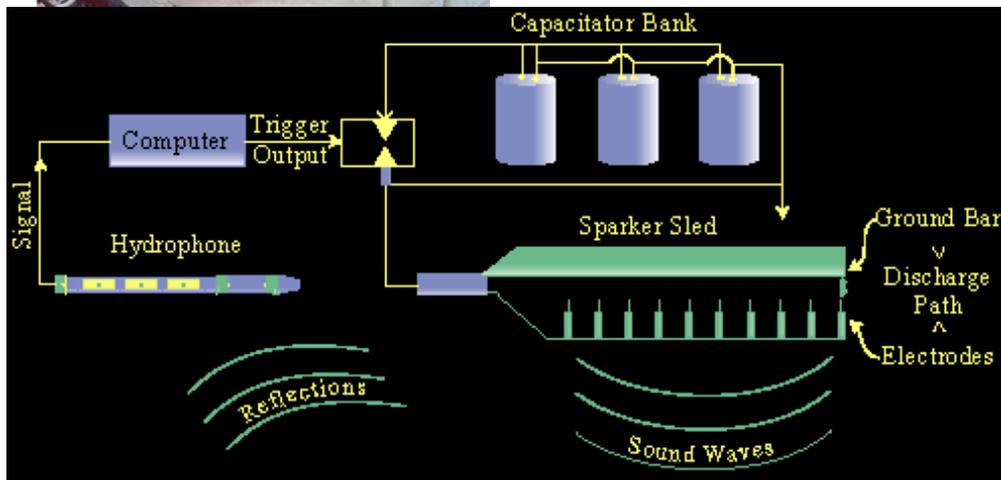
Canon à air (air gun)/ fréquence: de 50 à 500 Hz

Adaptation simple en eau douce
 Une embarcation assez grande
 Un compresseur, une bonne immersion du canon (!)
 & une flûte d'hydrophones (manœuvres délicates)

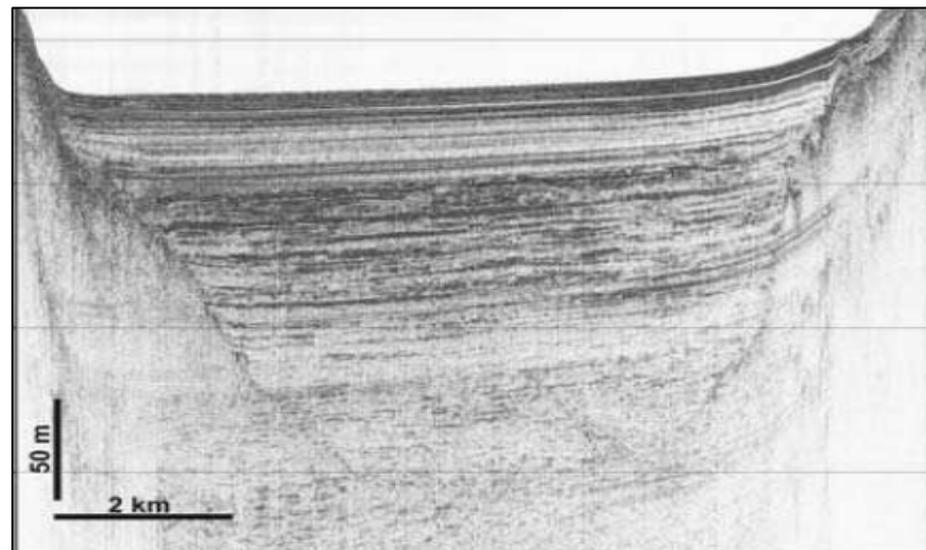




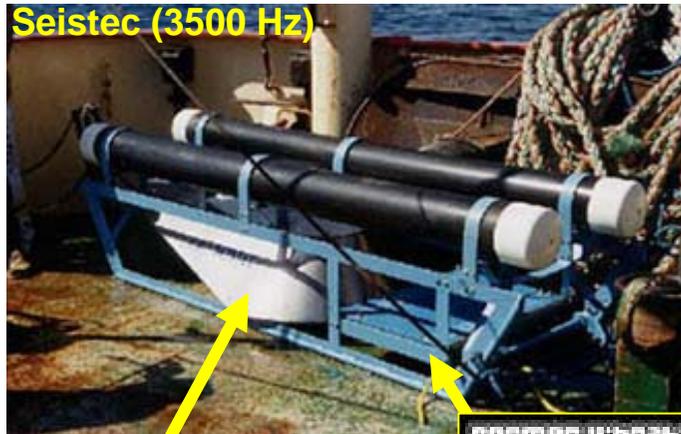
Sparker (étinceleur) / fréquence: de 500 Hz à 1000 Hz



Adaptation nécessaire en eau douce
Une embarcation assez grande
Un condensateur (haute tension électrique)
& une flûte d'hydrophones
(manœuvres délicates)



1000 Hz, résolution sub-métrique, bonne pénétration (~300 m) dans sédiments fins

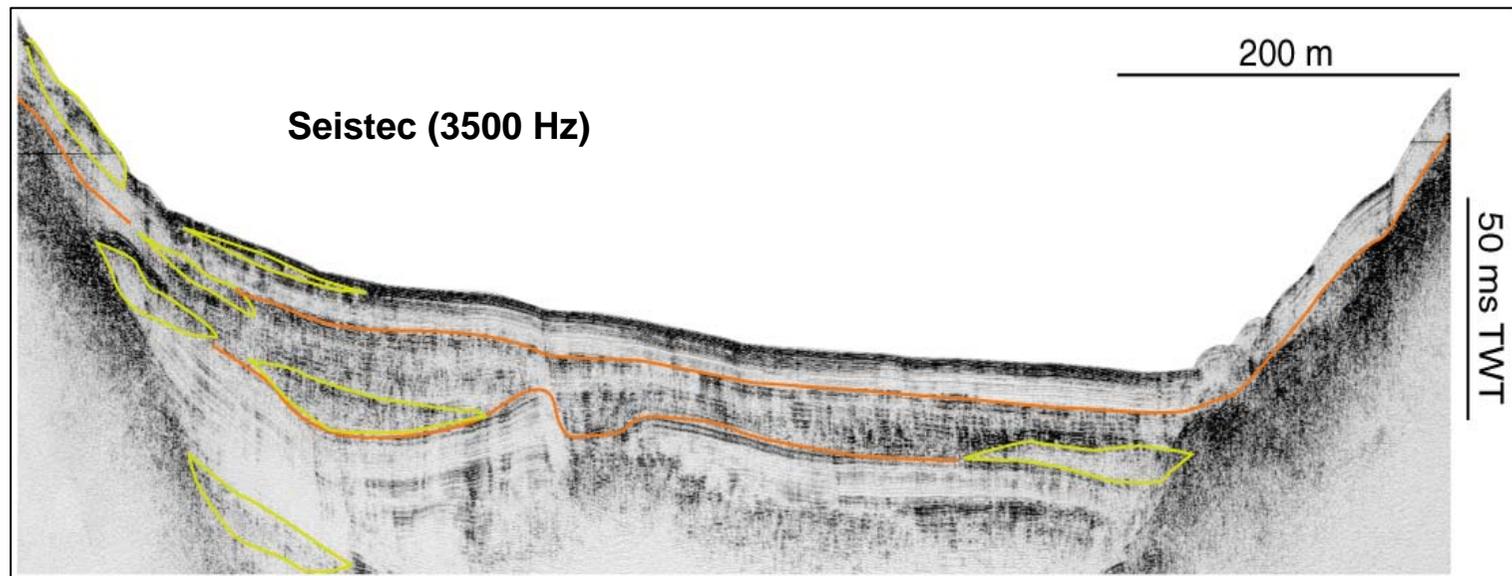


Récepteur
(antenne verticale)



Boomer/ fréquence: de 500 Hz à 3500 Hz

- Adaptation simple en eau douce (Seistec 90 kg, mais autonome)
- Une embarcation assez grande
- Un condensateur (haute tension électrique)
- Un émetteur-récepteur (manœuvres simples)



3500 Hz, résolution infra-métrique, assez bonne pénétration (~100 m) dans sédiments fins

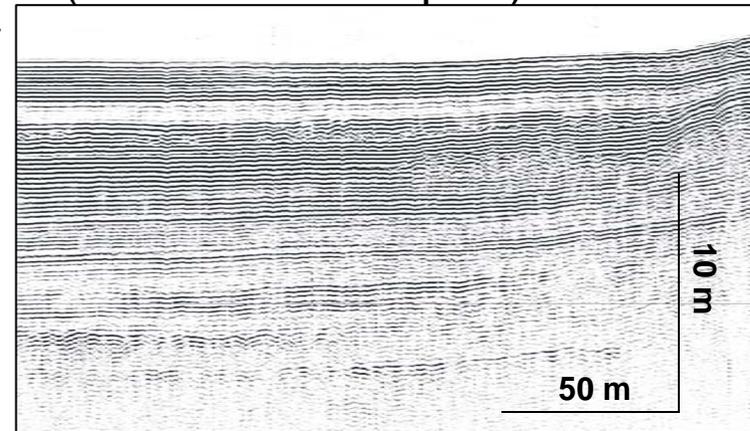
Pinger (s) / fréquence: 3500 Hz

Adaptation simple en eau douce

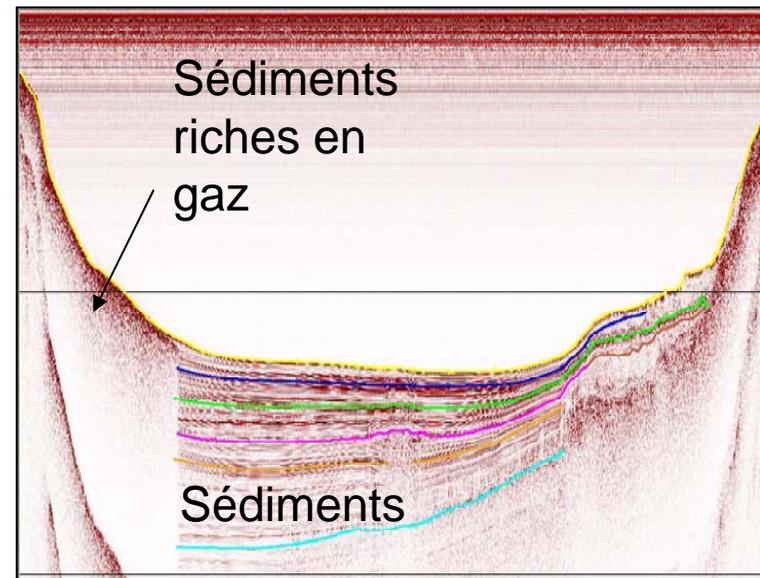
Possible depuis un zodiac

Un émetteur-récepteur (manœuvres simples)

Fonctionne au 220 v



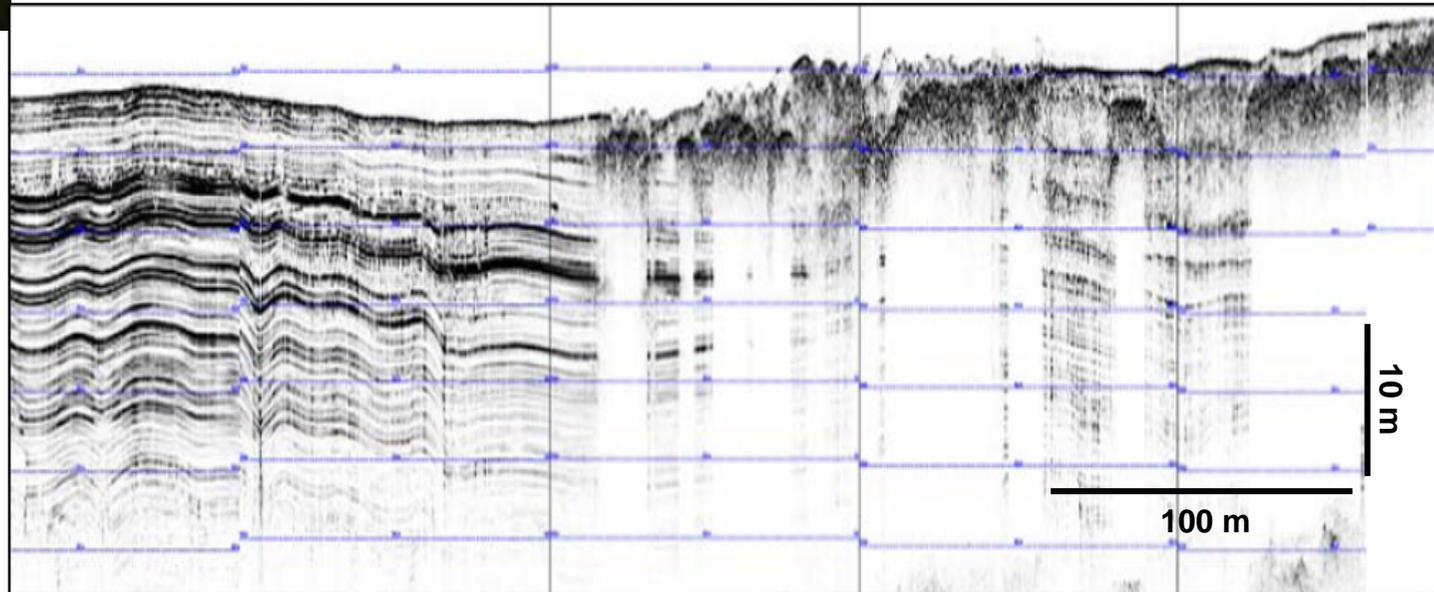
3500 Hz, résolution infra-métrique, assez bonne pénétration (~100 m) dans sédiments fins



Chirp: Pinger à modulation de fréquence: 8-12 k Hz



Adaptation simple en eau douce
Possible depuis un zodiac
Un émetteur-récepteur (manœuvres simples)
Matériel très léger qui fonctionne sur batterie

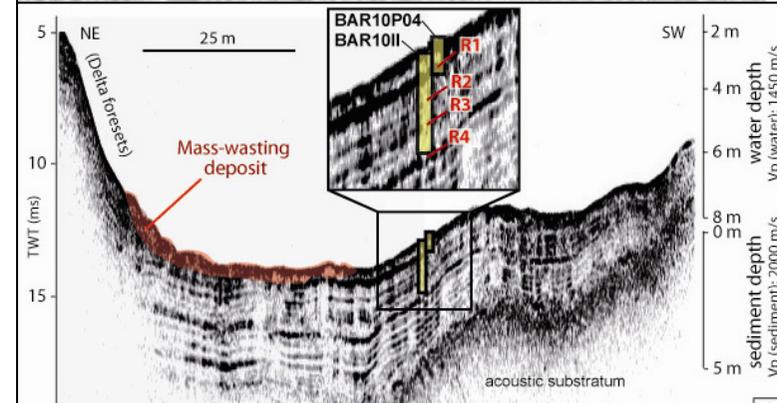
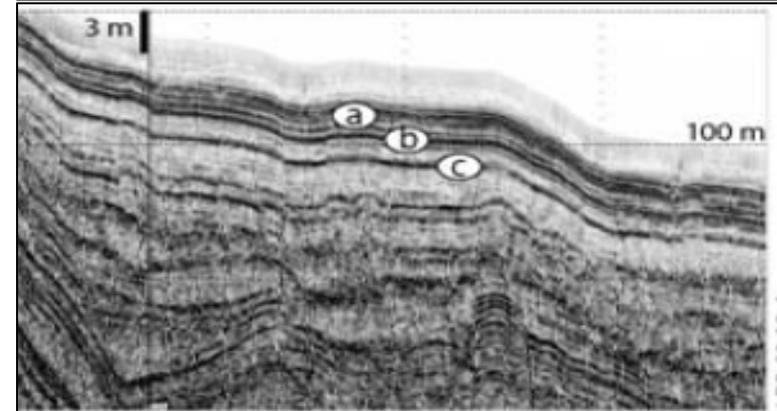
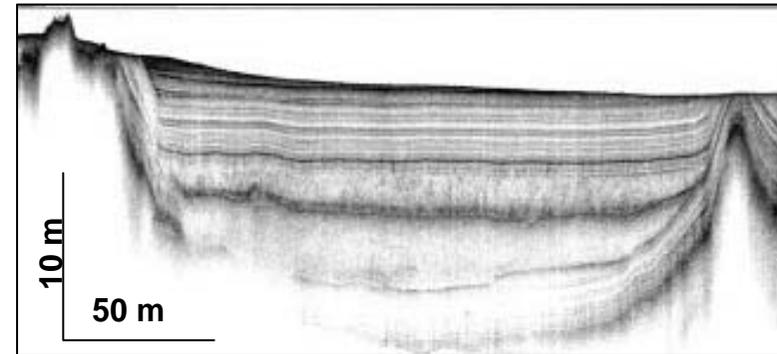


8-12 kHz, résolution pluri centimétrique, assez bonne pénétration (~40 m) dans sédiments fins

Chirp : Pinger(s) à modulation de fréquence +/- puissants & lourds 8-12 kHz; 4-12 kHz ; 2-16 kHz ; 4-24 kHz ; 2-6 kHz; 2-8 kHz & depuis peu 0.5-5 kHz; 0.5-13.5 kHz!!



Adaptation simple en eau douce
 Un émetteur-récepteur
 Fonctionne en 220 v



3- Intérêts pour les opérations de carottages et forages

Imager la géométrie du remplissage
(épaisseur, unités, événements gravitaires, érosions) pour:

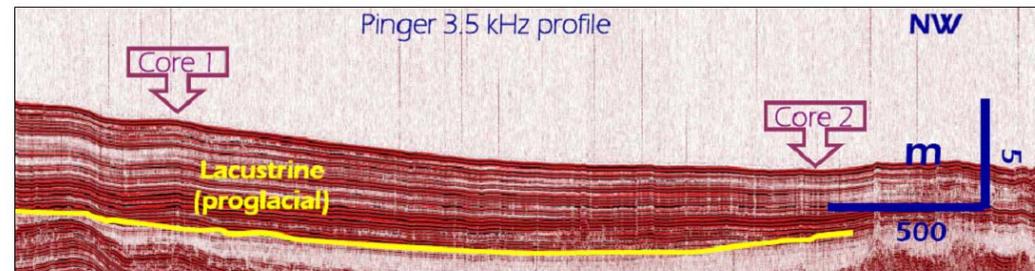
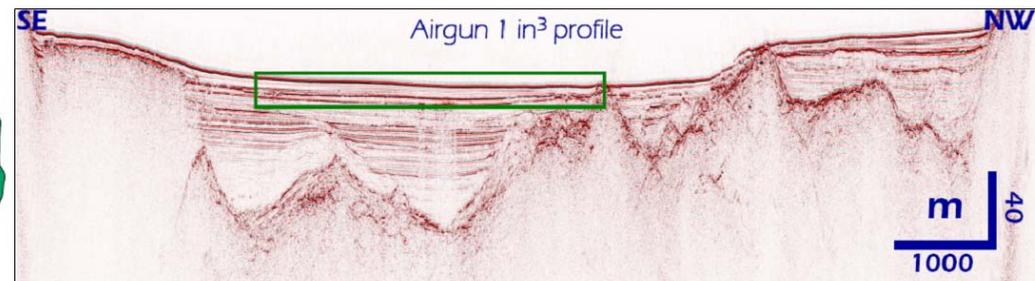
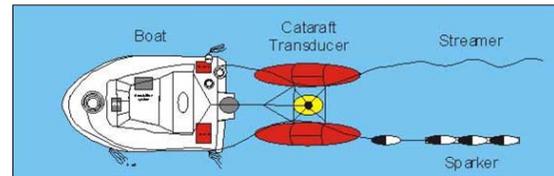
- Optimiser le choix des sites de prélèvements et le mode de prélèvement
- Optimiser l'interprétation des données acoustiques et sédimentaires

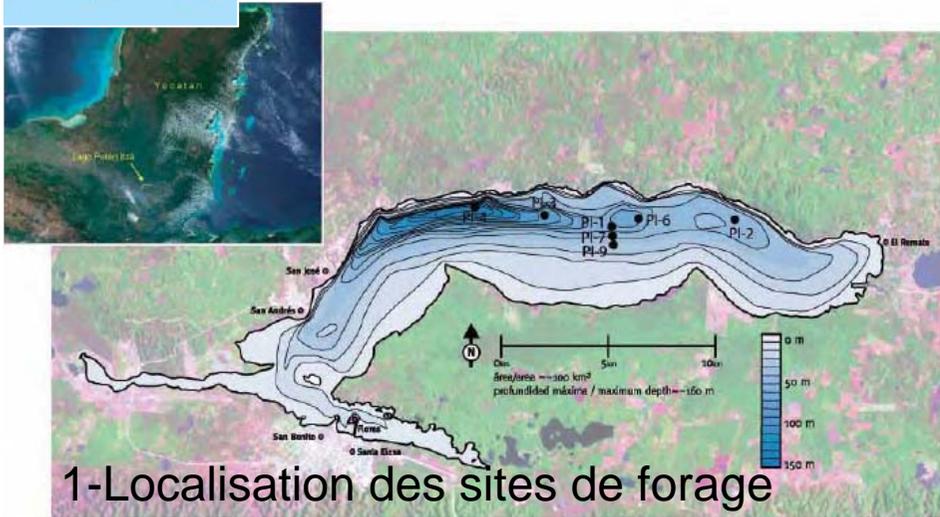
Stratégie 1:
Combiner deux systèmes
HR & THR en même temps

Idéale pour les GRANDS lacs

&

Pour les sites de FORAGES





1-Localisation des sites de forage

Figure 1. Inset satellite image shows location of Lake Petén Itzá on Yucatan Peninsula. Bathymetric map shows location of drilling sites .



4-Interprétation des données

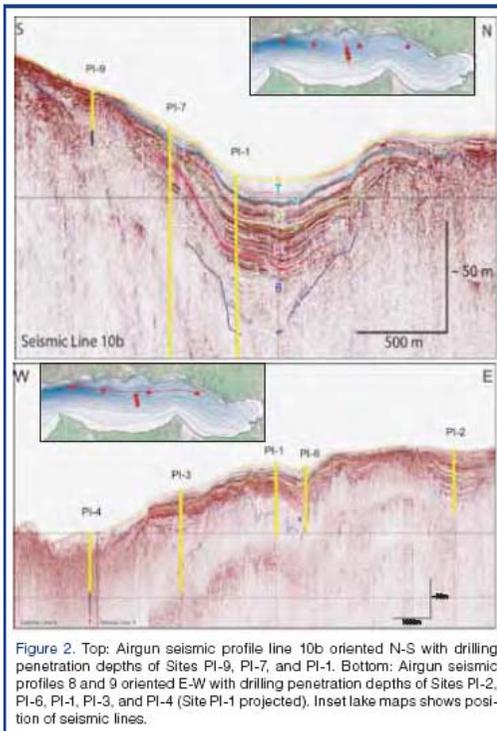


Figure 2. Top: Airgun seismic profile line 10b oriented N-S with drilling penetration depths of Sites PI-9, PI-7, and PI-1. Bottom: Airgun seismic profiles 8 and 9 oriented E-W with drilling penetration depths of Sites PI-2, PI-6, PI-1, PI-3, and PI-4 (Site PI-1 projected). Inset lake maps shows position of seismic lines.



2-Mesures en direct



Geotek

3-Aide à la descision durant les opérations de forage

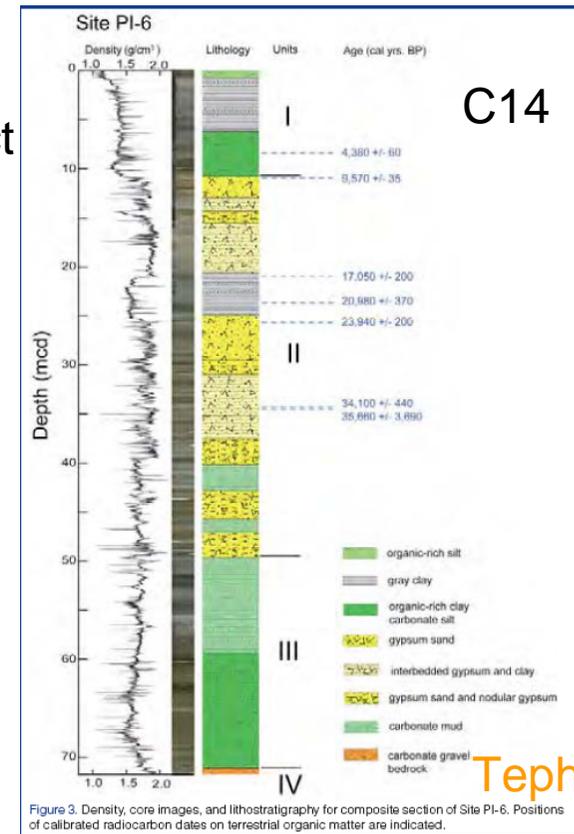


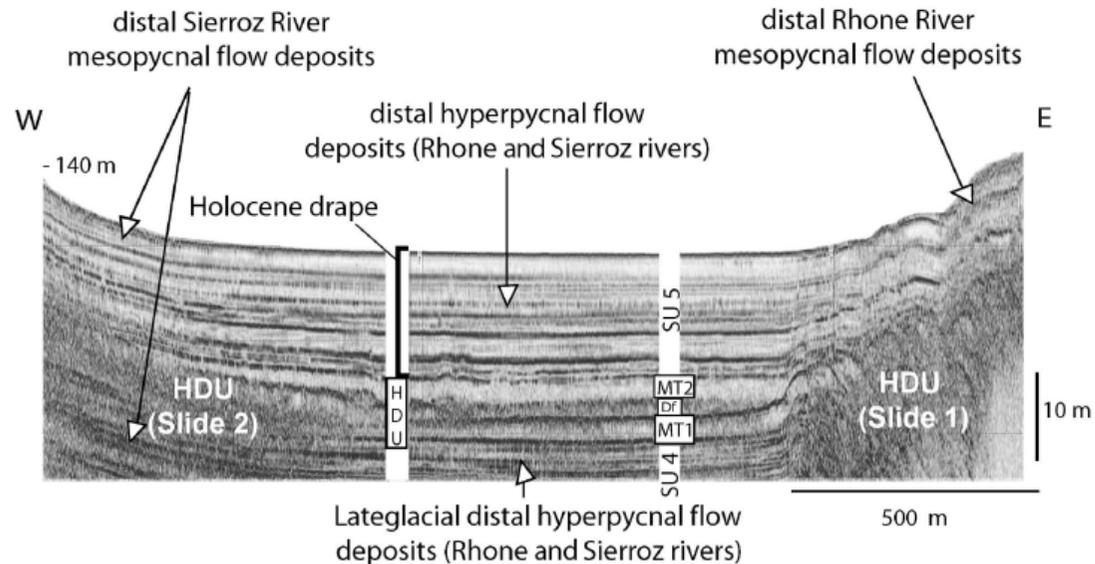
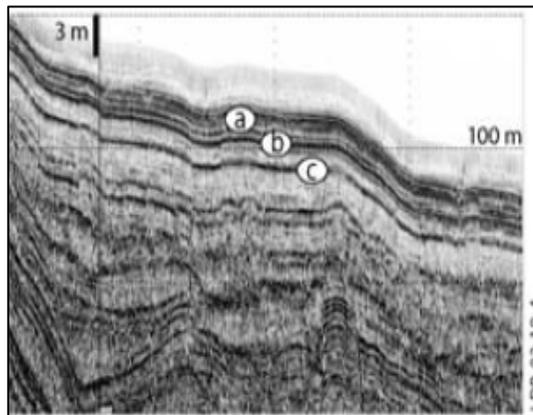
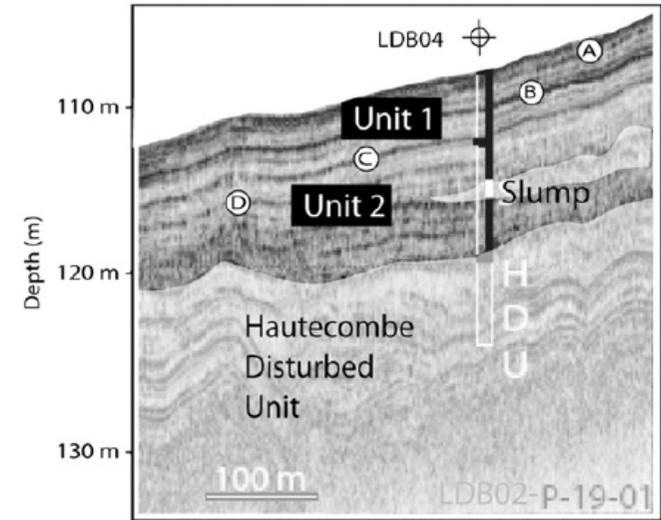
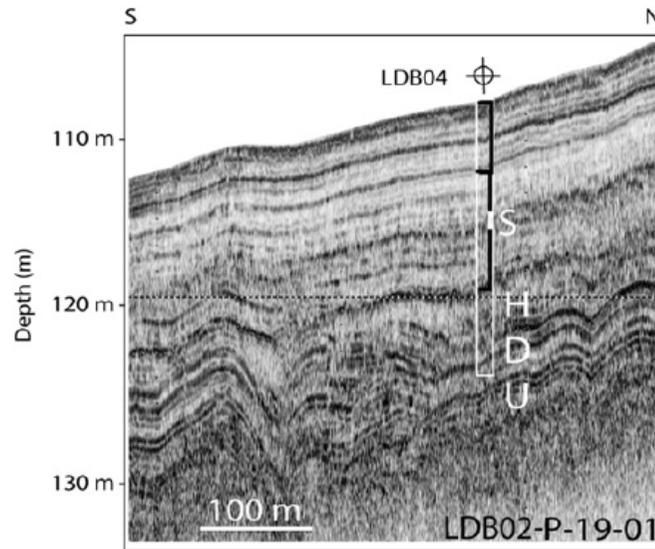
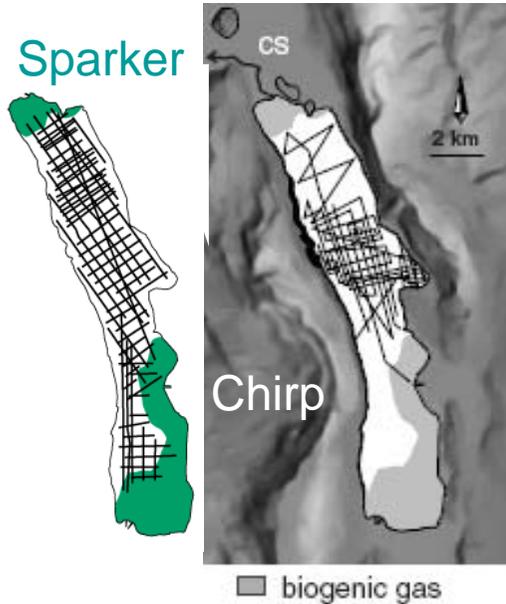
Figure 3. Density, core images, and lithostratigraphy for composite section of Site PI-6. Positions of calibrated radiocarbon dates on terrestrial organic matter are indicated.

C14

Tephra

3- Intérêts pour les opérations de carottages et forages

Stratégie 2:
Acquérir une grille détaillée avec un système: nécessaire pour les GRANDS lacs

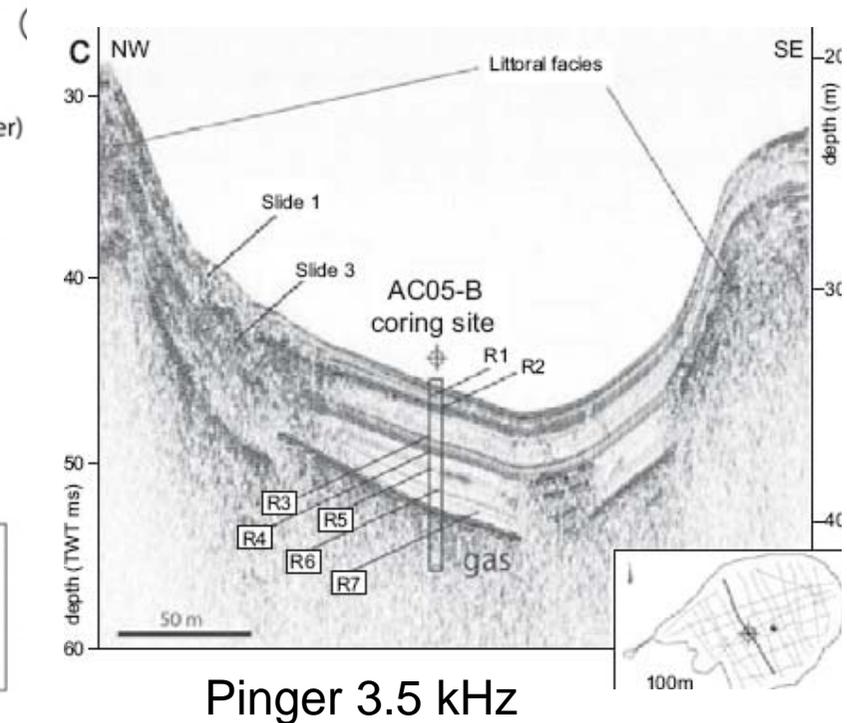
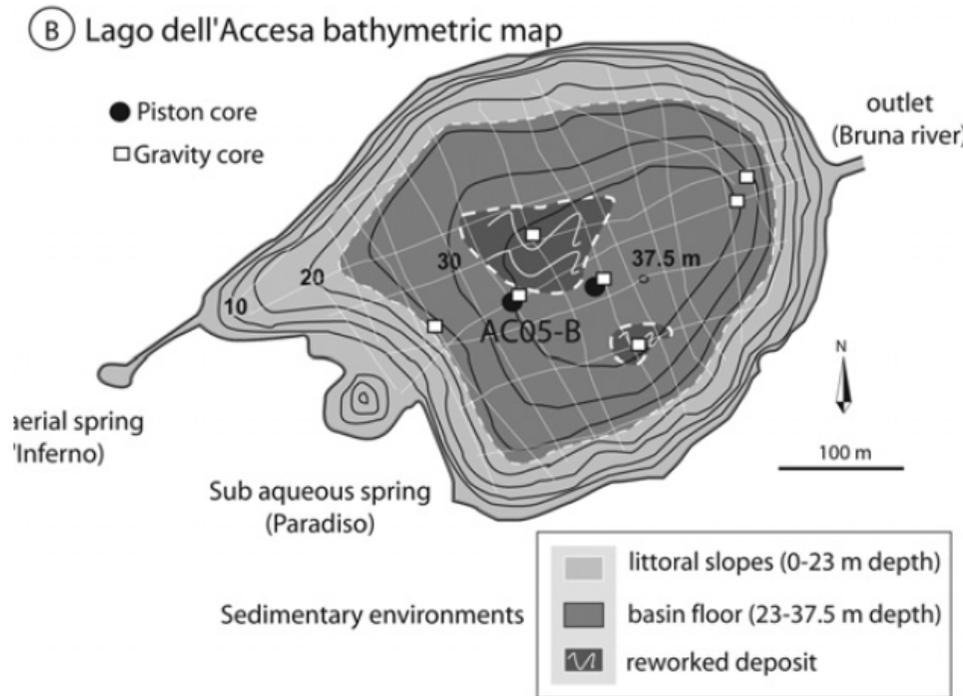


3- Intérêts pour les opérations de carottages et forages

Stratégie 2:

Acquérir une grille détaillée avec un système

Nécessaire pour les GRANDS & les PETITS lacs



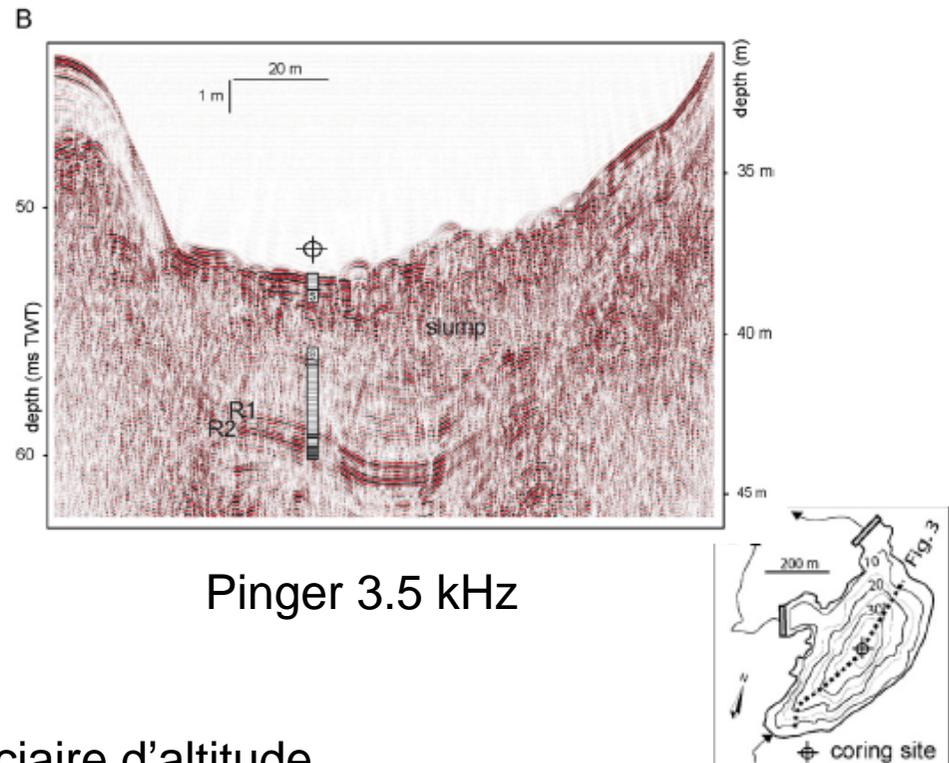
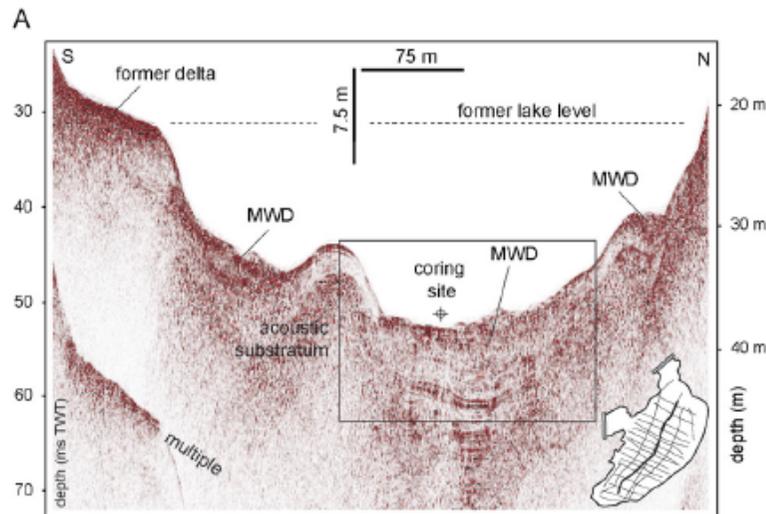
Petit lac karstique

3- Intérêts pour les opérations de carottages et forages

Stratégie 2:

Acquérir une grille détaillée avec un système

Nécessaire pour les GRANDS & les PETITS lacs



Pinger 3.5 kHz

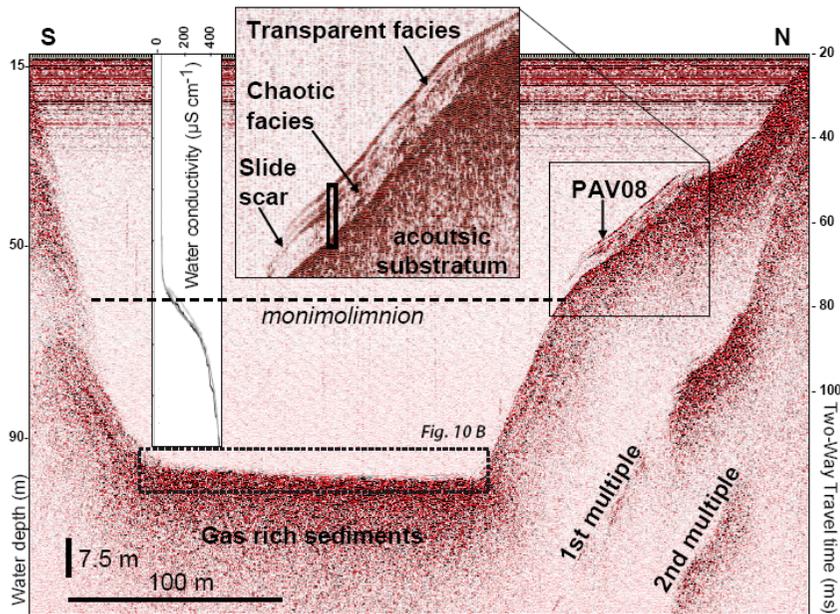
Petit lac proglaciaire d'altitude
& barrage hydroélectrique

3- Intérêts pour les opérations de carottages et forages

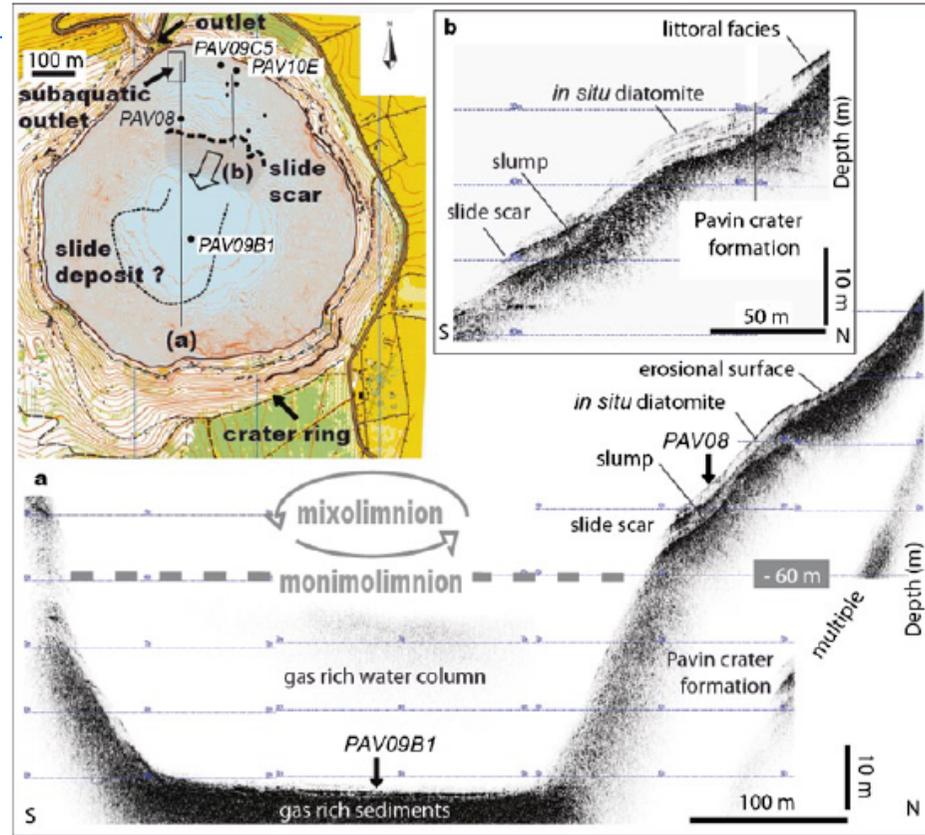
Stratégie 2:

Acquérir une grille détaillée avec un système

Nécessaire pour les GRANDS & les PETITS lacs



Pinger 3.5 kHz



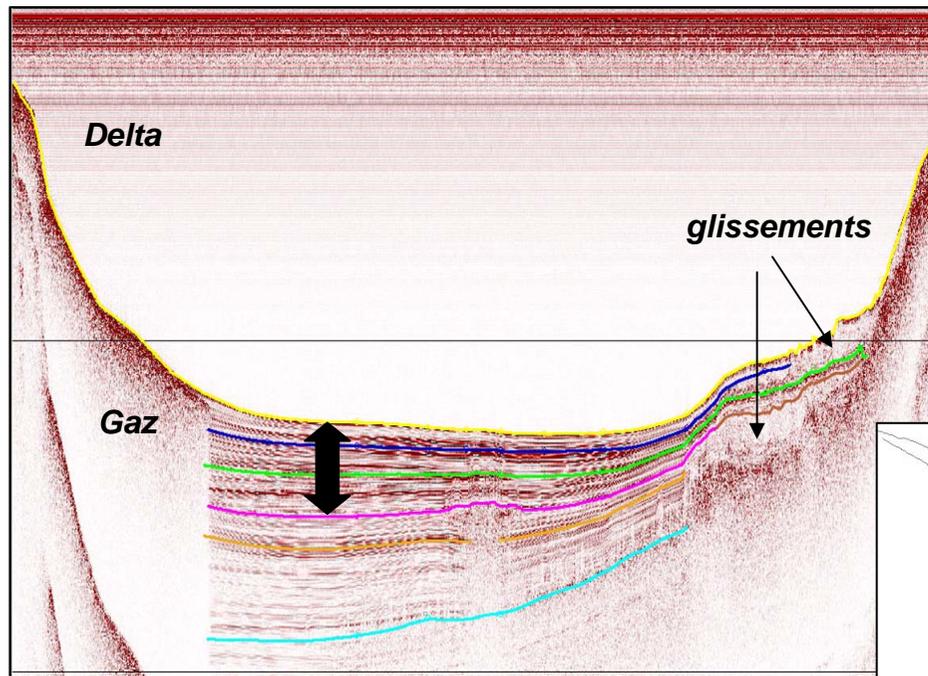
Petit lac de cratère (maar)

Chirp 12 Khz

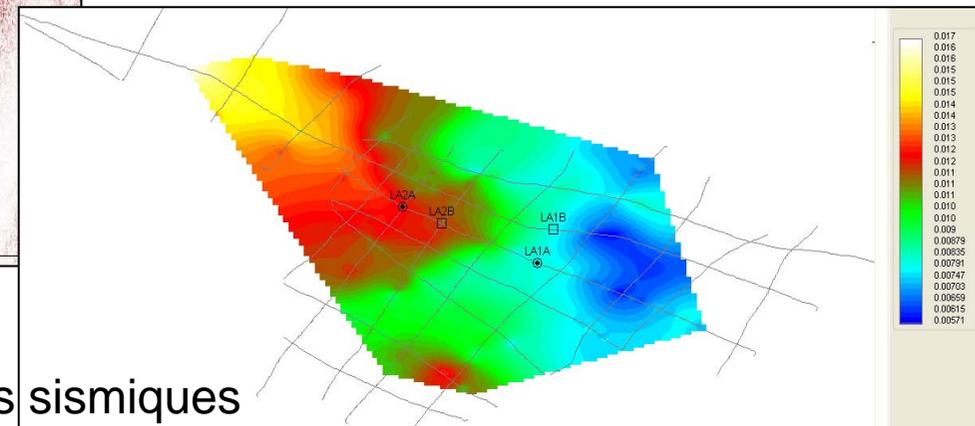
Stratégie 2:
Acquérir une grille détaillée avec un système avant le carottage



Cartographier la géométrie des remplissages & identifier les environnements de dépôts



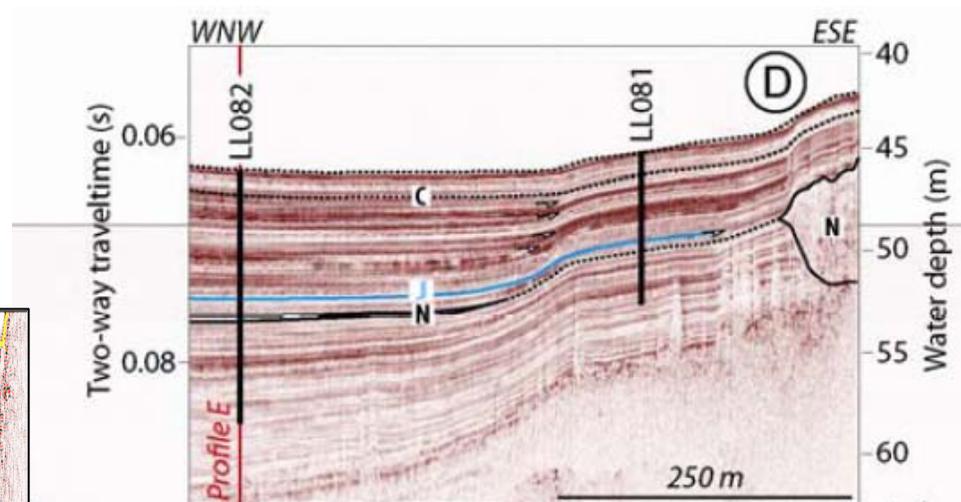
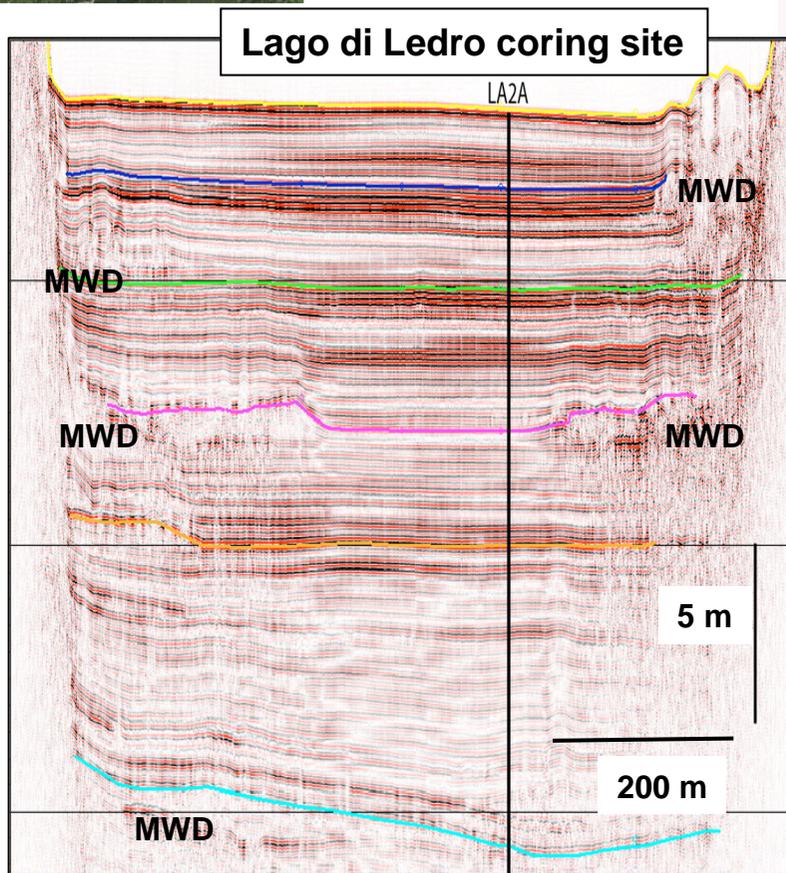
Carte isopaque (réflecteur rose)



Kingdom suite (SIG & fichiers SEG Y)
Visualisation et cartographie des données sismiques

Stratégie 2:

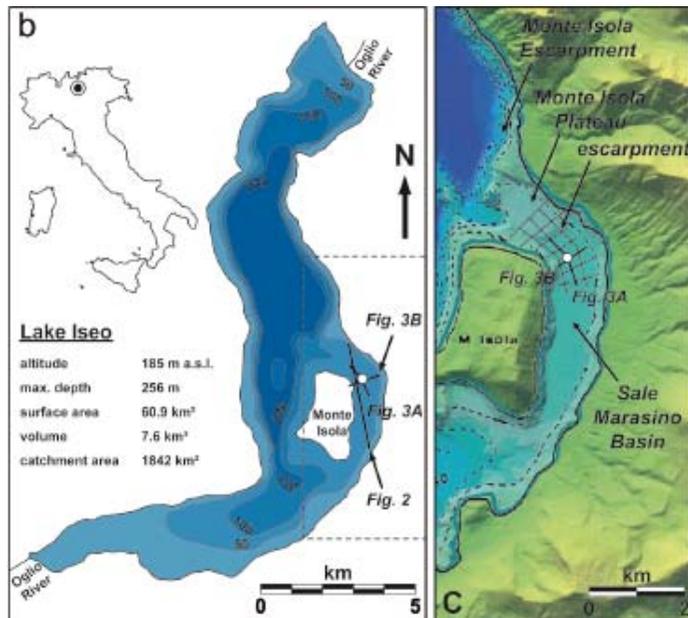
Acquérir une grille détaillée avec un système avant le carottage et choisir les sites de prélèvements sur les coupes sismiques



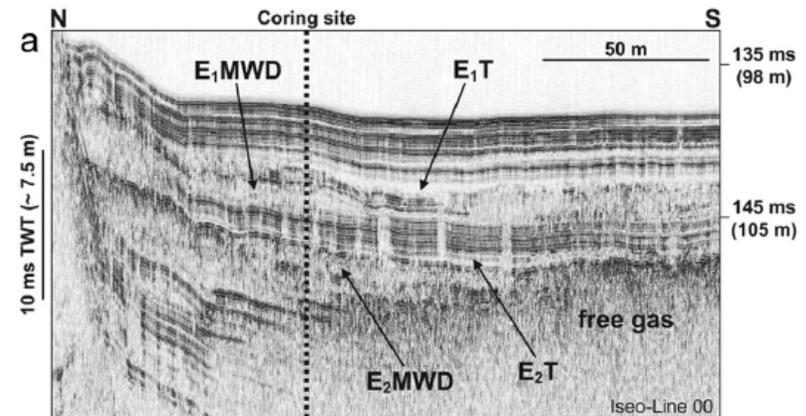
Eviter les zones glissées
& dater les glissements

Stratégie 3:

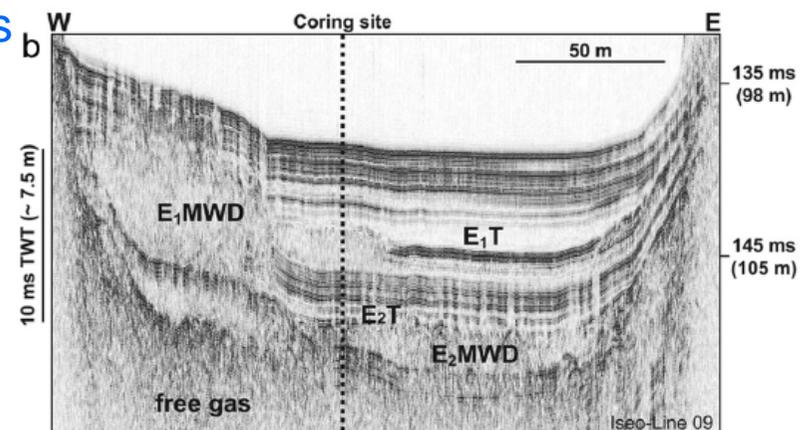
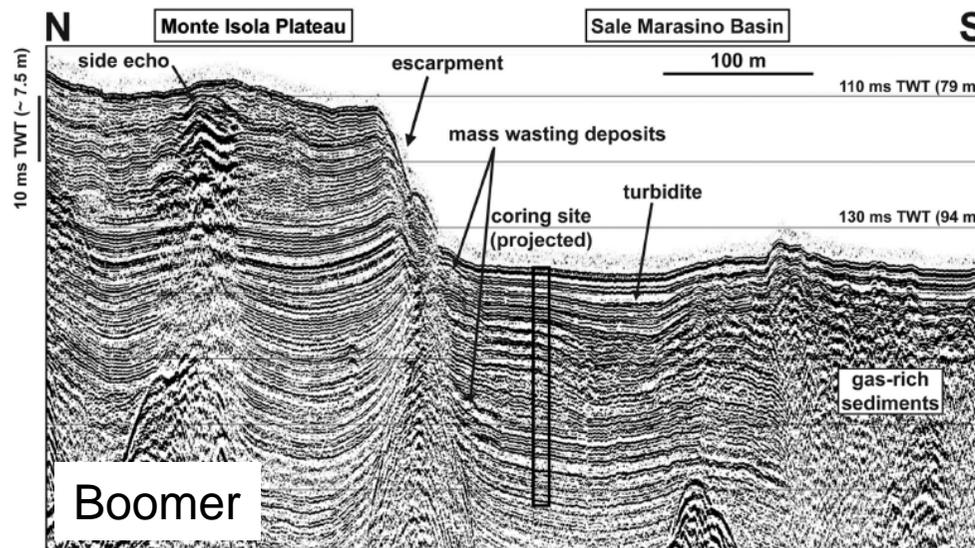
Acquérir une grille détaillée avec un système après le carottage, pour mieux l'interpréter



Calibration des nouvelles données sismiques à partir des données de carottages



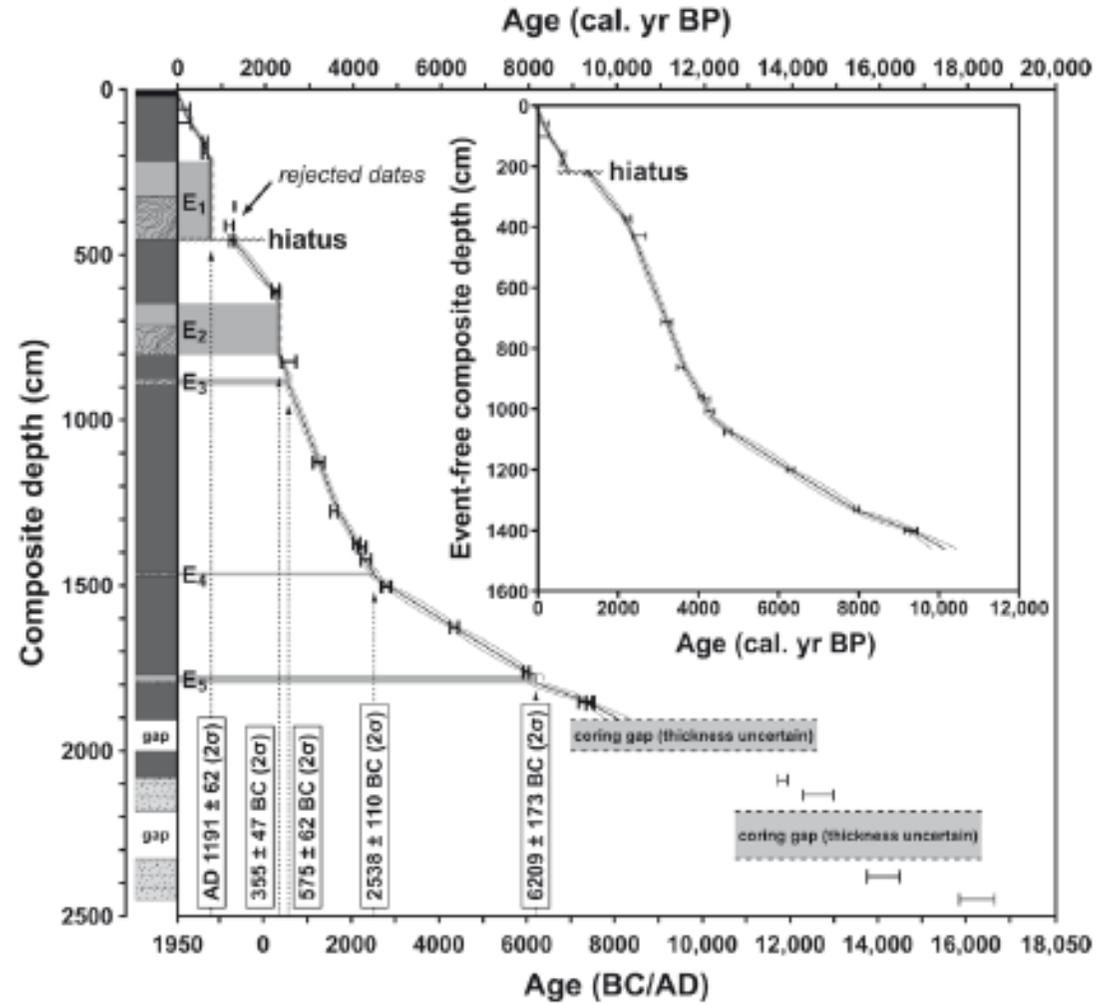
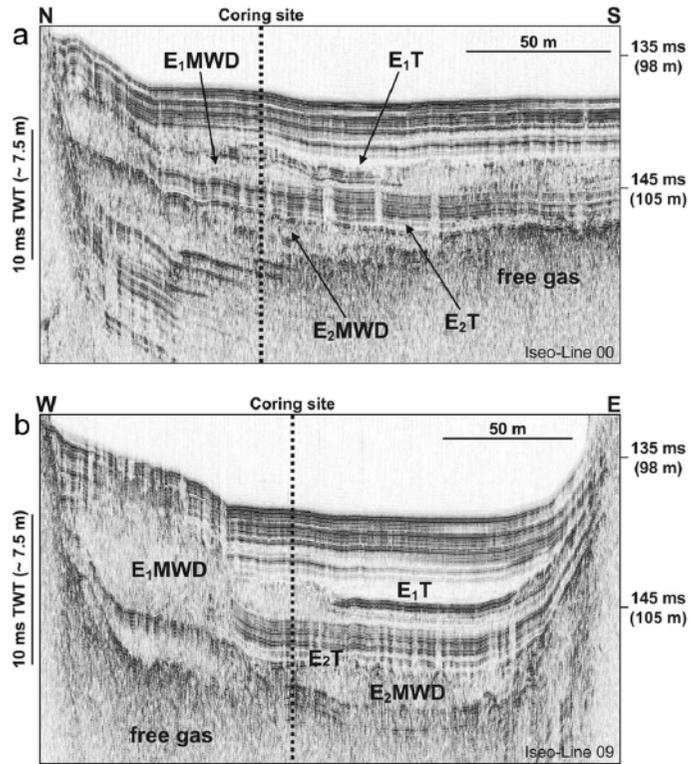
Choix du site sur la base de données antérieures



Pinger 3.5 kHz

Identifier & dater les glissements

Identifier & dater les glissements



Conclusions:

Chaque outils sismique à ses avantages et ses limites.
Ces outils peuvent être complémentaires

Ces données sont nécessaire à la sélection des sites de prélèvements
& à leur interprétation

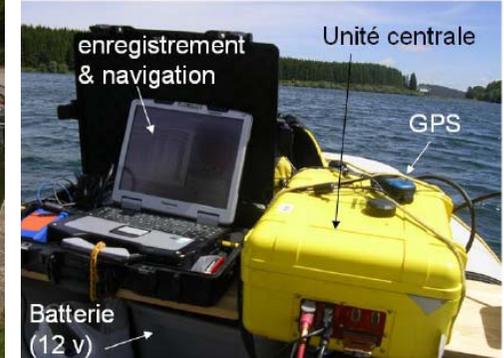
En 10 ans, les développements méthodologiques (miniaturisation, alimentation énergétique, acquisition numérique) ont été très importants.

Nous avons effectué à l'ISTO une comparaison des différents systèmes dans des grands et des petits lacs très contrastés & ces données acoustiques ont été calibrées par des carottages.

Des équipements sismiques existent en France dans les laboratoires « marins » mais ils ne sont pas toujours disponibles, ni facilement transportables et adaptables en milieu lacustre. Des équipements bien adaptés aux lacs existent à l'étranger.

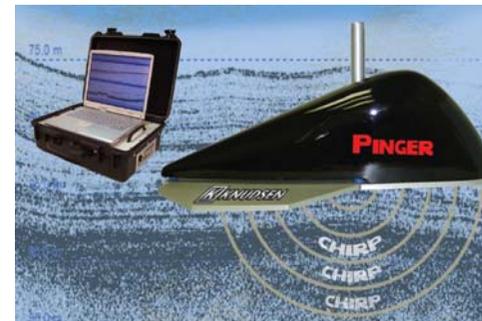
Notre communauté des laboratoires « lacustres » nécessite un système adapté à nos besoins pour optimiser nos moyens de prélèvements.

Le Limnoraft





***Le Limnoraft:
une embarcation maniable
adaptée pour la cartographie
bathymétrique & la réalisation
de carottages gravitaires***



et prochainement...un chirp