

# RAPPORT TECHNIQUE : NOUVELLES STRATÉGIES D'EXPLORATION GÉOPHYSIQUE À FAIBLE IMPACT

## 1. Introduction et État de l'Art de l'Acquisition Sismique Terrestre

Plusieurs entreprises se spécialisent aujourd'hui dans l'acquisition sismique terrestre à faible impact environnemental, en utilisant des technologies miniaturisées sans câble (nœuds autonomes) ou des méthodes de mesure passives. Ces innovations permettent de réduire considérablement la déforestation, le passage de véhicules lourds et les émissions de carbone sur le terrain.

### Principaux Acteurs et Technologies du Secteur

#### *Fabricants et fournisseurs de technologies nodales*

- **STRYDE** : Leader du marché des récepteurs sismiques terrestres de petite taille. Ses capteurs (« nodes= nœuds ») pèsent seulement 150 grammes. Ils permettent un déploiement entièrement à pied, ce qui élimine le besoin de défricher.
- **Sercel (avec LISS)** : Sercel a acquis la start-up Low Impact Seismic Sources (LISS). Elle commercialise la technologie Tuned Pulse Source (TPS™), une source pneumatique basse fréquence qui réduit l'impact acoustique et environnemental par rapport aux méthodes d'impact traditionnelles.

#### *Sociétés de services et d'acquisition*

- **Explor** : Société d'acquisition sismique qui utilise des technologies à empreinte environnementale quasi nulle. Elle privilégie des nœuds transportés à la main et des sources d'énergie adaptées pour éliminer le besoin de bulldozers.
- **TenzorGEO** : Spécialiste de la sismique passive basse fréquence (LFS). Sa méthode n'utilise aucune source d'énergie active (ni dynamite, ni camions vibrateurs). Elle écoute simplement les vibrations naturelles de la Terre, ce qui rend l'impact environnemental totalement neutre.
- **Oceania Geo** : Entreprise de services géophysiques proposant des levés sur mesure à faible impact. Elle associe des sources d'énergie hautement mobiles et légères à des récepteurs sans fil pour préserver les écosystèmes.

## 2. Analyse Comparative : Sismique Passive vs Nœuds Actifs Légers

La comparaison entre la sismique passive et les nœuds actifs légers dépend principalement de vos objectifs d'imagerie, de votre budget et des contraintes du terrain.

### Synthèse des Orientations

- **La sismique passive** excelle pour le suivi environnemental continu et l'imagerie profonde à faible coût opérationnel sans source artificielle.
- **Les nœuds actifs légers** offrent une résolution d'imagerie bien supérieure, une imagerie ciblée et une productivité élevée sur le terrain grâce à leur déploiement rapide couplé à une source vibratoire ou explosive.

# RAPPORT TECHNIQUE : NOUVELLES STRATÉGIES D'EXPLORATION GÉOPHYSIQUE À FAIBLE IMPACT

## Avantages Détaillés

### Avantages de la Sismique Passive

- Aucune source artificielle : Utilise le bruit ambiant (vagues, vent, trafic) ou les microséismes.
- Faible impact environnemental : Idéal pour les zones urbaines, protégées ou d'accès difficile.
- Enregistrement continu : Permet le suivi temporel (4D) des réservoirs ou des risques naturels.
- Coût opérationnel réduit : Pas de location de camions vibreurs ni d'achats d'explosifs.
- Profondeur d'investigation : Les basses fréquences naturelles pénètrent très profondément dans la croûte.

### Avantages des Nœuds Actifs Légers

- Résolution d'image supérieure : Le signal contrôlé offre une imagerie haute fréquence très détaillée.
- Données à la demande : Pas besoin d'attendre que le bruit ambiant soit suffisant ou stable.
- Déploiement ultra-rapide : Matériel léger sans câble, rapide à positionner et à relever.
- Rapport signal/bruit maîtrisé : La source artificielle surpasse souvent le bruit de fond parasite.
- Géométrie d'acquisition flexible : Configuration de lignes ou de patchs sur mesure pour la cible.

## Tableau Comparatif Synoptique

| Critère                  | Sismique Passive      | Nœuds Actifs Légers                     |
|--------------------------|-----------------------|---|
| Source                   | Naturelle / Ambiante  | Artificielle (Vibreur/Dynamite)         |
| Résolution               | Faible à Moyenne      | Très Élevée                             |
| Logistique terrain       | Légère (Saisie seule) | Modérée (Nœuds légers + Équipe source)  |
| Contrainte réglementaire | Très Faible           | Élevée (Autorisations de tir/vibration) |
| Durée d'acquisition      | Longue (Jours à Mois) | Courte (Heures à Jours)                 |

## 3. Rupture Technologique : Couplage Nœuds (Sismique) et RSS-NMR

La combinaison de l'acquisition sismique par nodes (actifs et passifs) et de la RSS-NMR (Résonance Magnétique Nucléaire par Résonance Stochastique de Surface) représente une rupture technologique majeure pour réduire les coûts d'exploration minière, pétrolière ou hydrogéologique.

### Définitions Fondamentales

**1. Nodes Actifs et Passifs :** Les nodes sont des capteurs sismiques autonomes (sans câbles) posés au sol pour enregistrer les vibrations du sous-sol.

- **Nodes Actifs (Sismique Active) :** Enregistrent la réponse du sous-sol à une source d'énergie artificielle contrôlée.

- **Nodes Passifs (Sismique Passive) :** Exploitent en continu les vibrations naturelles de la Terre.

**2. La RSS-NMR :** Méthode géophysique électromagnétique de surface basée sur la résonance magnétique nucléaire. Elle excite les noyaux d'hydrogène (dans l'eau ou les hydrocarbures) pour détecter directement la présence de fluides, leur volume, et la porosité de la roche, sans aucun forage.

**RSS NMR**  
THE SIMPLE WAY OF EXPLORATION

**GEO-NMR.NET**  
Exploration by satellite

**Michel L. Friedman-Matarese** (Destom LH 67/11)

📞 Mobile: +591-71696657      🗣️ Speaker: FR-UK-ES-BR/PT  
📱 WhatsApp: +591-71696657      🕒 GMT: -04h  
✉️ Email: michel@geo-nmr.net      📍 Base: Bolivia, Santa Cruz  
🌐 In Charge: Africa & Américas

# RAPPORT TECHNIQUE : NOUVELLES STRATÉGIES D'EXPLORATION GÉOPHYSIQUE À FAIBLE IMPACT

## L'intérêt de la Synergie Géo-scientifique

Associer la sismique par nodes et la RSS-NMR crée une synergie géophysique à haute rentabilité en combinant la géométrie des structures et la nature des fluides.

**[RSS-NMR]** —> Identification directe de la nature des fluides (Eau/Pétrole) = réduction maximale du risque de forage à sec

**[Sismique par Nodes]** —> Cartographie 3D des structures et pièges géologiques , les sweet spots

### *Élimination du risque de 'forage à sec'*

La sismique (nodes) est excellente pour cartographier la géométrie mais ne sait pas faire la différence entre un piège vide et un piège rempli de fluide utile. En appliquant la RSS-NMR sur les cibles identifiées par les nodes, vous validez la présence réelle de fluides avant de faire une sismique de précision puis de forer les puits d'essais. Éviter un seul forage inutile économise des millions d'euros.

**Note :** Le grand avantage opérationnel : Cette première phase d'évaluation peut s'effectuer sans aucun permis d'exploration, en mode « Spy » ou discret.

### *Réduction des Coûts Opérationnels par les Nodes*

- **Zéro câblage (Logistique légère) :** Les systèmes traditionnels nécessitent des kilomètres de câbles lourds. Les nodes s'installent manuellement.
- **Pas de lignes à couper (Éco-responsable) :** Plus besoin de défricher de larges couloirs en forêt pour aligner les câbles.
- **Suppression des coûts de source (En passif) :** La sismique passive élimine totalement le besoin d'acheter de la dynamite.
- **Empreinte HSE minimale :** Moins de personnel et de véhicules lourds réduisent drastiquement le risque d'accidents.

# RAPPORT TECHNIQUE : NOUVELLES STRATÉGIES D'EXPLORATION GÉOPHYSIQUE À FAIBLE IMPACT

## 4. Stratégies d'Exploration Terrestre et Processus de Décision

### Approche Méthodologique : Choix des Séquences

#### Option A : Approche Traditionnelle Séquentielle

- **Phase 1** : Déploiement de nodes passifs sur une large zone pour un modèle structural 3D préliminaire (nécessite un permis et délai de 12 à 24 mois).
- **Phase 2** : Déploiement de la RSS-NMR uniquement sur les anomalies détectées.
- **Phase 3** : Utilisation de nodes actifs sur la zone d'intérêt final.

#### Option B : Approche Optimisée 'Sweets Spots' (Recommandée)

- **Phase 1** : Déploiement de la RSS-NMR sur 100 % du bloc sans permis ni autorisation pour localiser directement les zones d'intérêt majeur.
- **Phase 2** : Utilisation de nodes actifs restreinte exclusivement aux sweet spots pour guider précisément le positionnement du puits.

### Réduction globale du temps de projet (Time to décisions)

Le déploiement séquentiel optimisé (débuter par la RSS-NMR) permet d'éviter l'attente liée à la demande de permis d'exploration initial (gain de 12 à 18 mois) et d'obtenir des résultats concrets en 4 à 6 mois. Le gain de temps réduit drastiquement les frais généraux de la campagne.

# RAPPORT TECHNIQUE : NOUVELLES STRATÉGIES D'EXPLORATION GÉOPHYSIQUE À FAIBLE IMPACT

## 5. Chronogrammes Comparatifs des Campagnes

### 1. Chronogramme Synergie : RSS-NMR + Nœuds Actifs

| Opérations                     | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 | M7 | M8 | M9 | M10 | M11 | M12 |
|--------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| 1. Demande de permis & EIE     | X  | X  | X  | X  | X  | X  |    |    |    |     |     |     |
| 2. Acquisition RSS-NMR         |    |    |    | X  | X  | X  |    |    |    |     |     |     |
| 3. Analyse NMR & Ciblage       |    |    |    |    | X  | X  |    |    |    |     |     |     |
| 4. Déploiement Nœuds Actifs    |    |    |    |    |    |    | X  | X  | X  | X   |     |     |
| 5. Acquisition sismique ciblée |    |    |    |    |    |    |    | X  | X  | X   |     |     |
| 6. Récupération & QA/QC        |    |    |    |    |    |    |    |    | X  | X   |     |     |
| 7. Traitement & Inversion      |    |    |    |    |    |    |    |    |    | X   | X   | X   |

### 2. Chronogramme : Sismique Traditionnelle (Explosifs / Vibroseis)

| Opérations                  | M1-M12 | M13 | M14 | M15 | M16 | M17 | M18 | M19 | M20 | M21 | M22 | M23-M48 |
|-----------------------------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|
| 1. Permis & EIE lourde      | X      | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X       |
| 2. Logistique Base Vie      |        | X   | X   | X   |     |     |     |     |     |     |     |         |
| 3. Ouverture des lignes     |        |     |     | X   | X   | X   | X   | X   | X   |     |     |         |
| 4. Déploiement câbles       |        |     |     |     |     | X   | X   | X   | X   | X   | X   |         |
| 5. Forage / Tir / Vibroseis |        |     |     |     |     |     | X   | X   | X   | X   | X   | X       |
| 6. Traitement & Inversion   |        |     |     |     |     |     |     |     | X   | X   | X   | X       |

# RAPPORT TECHNIQUE : NOUVELLES STRATÉGIES D'EXPLORATION GÉOPHYSIQUE À FAIBLE IMPACT

## 6. Catalogue des Technologies de Sources Sismiques Légères

L'utilisation de sources sismiques légères avec des nœuds autonomes est la clé pour maintenir l'agilité acquise grâce au pré-ciblage RSS-NMR. Contrairement aux camions vibrateurs de 30 tonnes, ces sources ont un impact environnemental minimal.

### 1. Sources Vibratoires Légères (Mini-Vibroiseis)

- Mini-Vibrateurs sur Chenilles (ex: EnviroVibe) : Poids de 1,5 à 5 tonnes. Offre un signal contrôlé avec un impact au sol très faible, idéal jusqu'à 1500-2000 mètres.
- Vibrateurs Électromagnétiques Portatifs : Moins de 100 kg. Logistique ultra-légère (transportable à dos d'homme), idéal pour les zones ultra-sensibles.

### 2. Sources Impulsionnelles Mécaniques

- Poids Tombant Accélééré (AWT) : 200 à 500 kg sur quad. Répétabilité du signal, coût d'exploitation dérisoire, imagerie jusqu'à 1000 mètres.
- Chambre à Impact à Gaz : 50 à 80 kg. Transportable manuellement dans les zones escarpées (forêts denses, montagnes).

### 3. Micro-Explosifs et Sources Chimiques Alternatives

- Micro-charges et Détonateurs Électroniques : Mini-charges de quelques dizaines de grammes placées à très faible profondeur via tarière portable.
- Pistolet Sismique à Cartouche : Outil portatif similaire à un fusil industriel qui tire une cartouche à blanc dans un micro-trou de 50 cm.

### 4. Sources Passives (Bruit Ambiant)

- Interférométrie de bruit ambiant (ANT) : Les nœuds enregistrent en continu le bruit naturel de la Terre. Impact environnemental absolument nul et coût de source égal à 0 €.

## 7. Engagement Éco-Responsable et Impact Réglementaire

Pour respecter l'esprit 'zéro impact' de la technologie RSS-NMR, l'association avec les techniques de subsurface les moins invasives est la stratégie idéale. L'objectif est d'éliminer toute destruction végétale (pas de line cutting).

### Focus sur les Trois Méthodes les Plus Vertueuses

1. **La Sismique Passive par Bruit Ambiant (ANT)** : Impact absolument nul. Équipes à pied ou dépôt par mini-drone. Aucun bruit généré.
2. **Le Poids Tombant Accélééré (Électrique ou Pneumatique ou AWT)** : Les quads équipés de pneus basse pression ne détruisent pas la végétation basse.
3. **Les Mini-Vibrateurs Électromagnétiques Portatifs** : Propulsion 100% électrique sur batteries lithium, aucun risque de fuite d'huile.



Michel L. Friedman-Matarese

(Destom LH 67/11)

Mobile: +591-71696657

Speaker: FR-UK-ES-BR/PT

WhatsApp: +591-71696657

GMT: -04h

Email: michel@geo-nmr.net

Base: Bolivia, Santa Cruz

In Charge: Africa & Américas

# RAPPORT TECHNIQUE : NOUVELLES STRATÉGIES D'EXPLORATION GÉOPHYSIQUE À FAIBLE IMPACT

## Tableau d'Éco-Score des Techniques

| Technique / Source     | Empreinte Carbone | Destruction Végétale | Éco-Score |
|------------------------|-------------------|----------------------|-----------|
| Sismique Passive (ANT) | Ultra-Faible      | Nulle                | 10/10     |
| Vibrateur              | Très Faible       | Nulle                | 9/10      |
| Électromagnétique      |                   |                      |           |
| Poids Tombant (Quad)   | Faible            | Nulle                | 8/10      |
| Sismique Explosifs     | Très Forte        | Massive              | 1/10      |