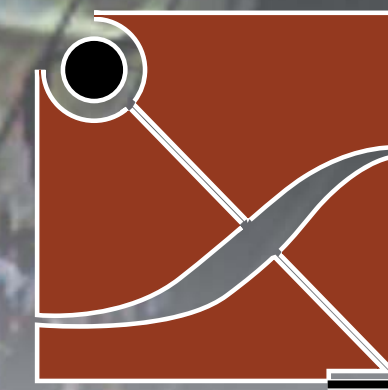


Cartes géologiques prévisionnelles par réseaux neuronaux: une application à la Baie James

Stéphane Faure et Sylvain Trépanier*, Consortium de Recherche en Exploration Minérale, consorem@uqac.ca
*Faure.stéphane@uqam.ca



CONSOREM

Consortium de recherche
en exploration minérale

QUEBEC EXPLORATION 2007

www.consorem.ca

INTRODUCTION

Le CONSOREM a développé une méthode de cartographie numérique prévisionnelle en utilisant les réseaux neuronaux et des données publiques. Le but du projet est de mieux guider les priorités de cartographie dans des régions moins bien cartographiées. La région d'application est située à la Baie James (Fig. 1), à 50 km au sud du gisement Éléonore (2,7 Moz Au), dans un secteur où la cartographie récente au 1:50 000 (cartes 33B-03 et 04) chevauche d'anciennes cartes au 1:250 000.

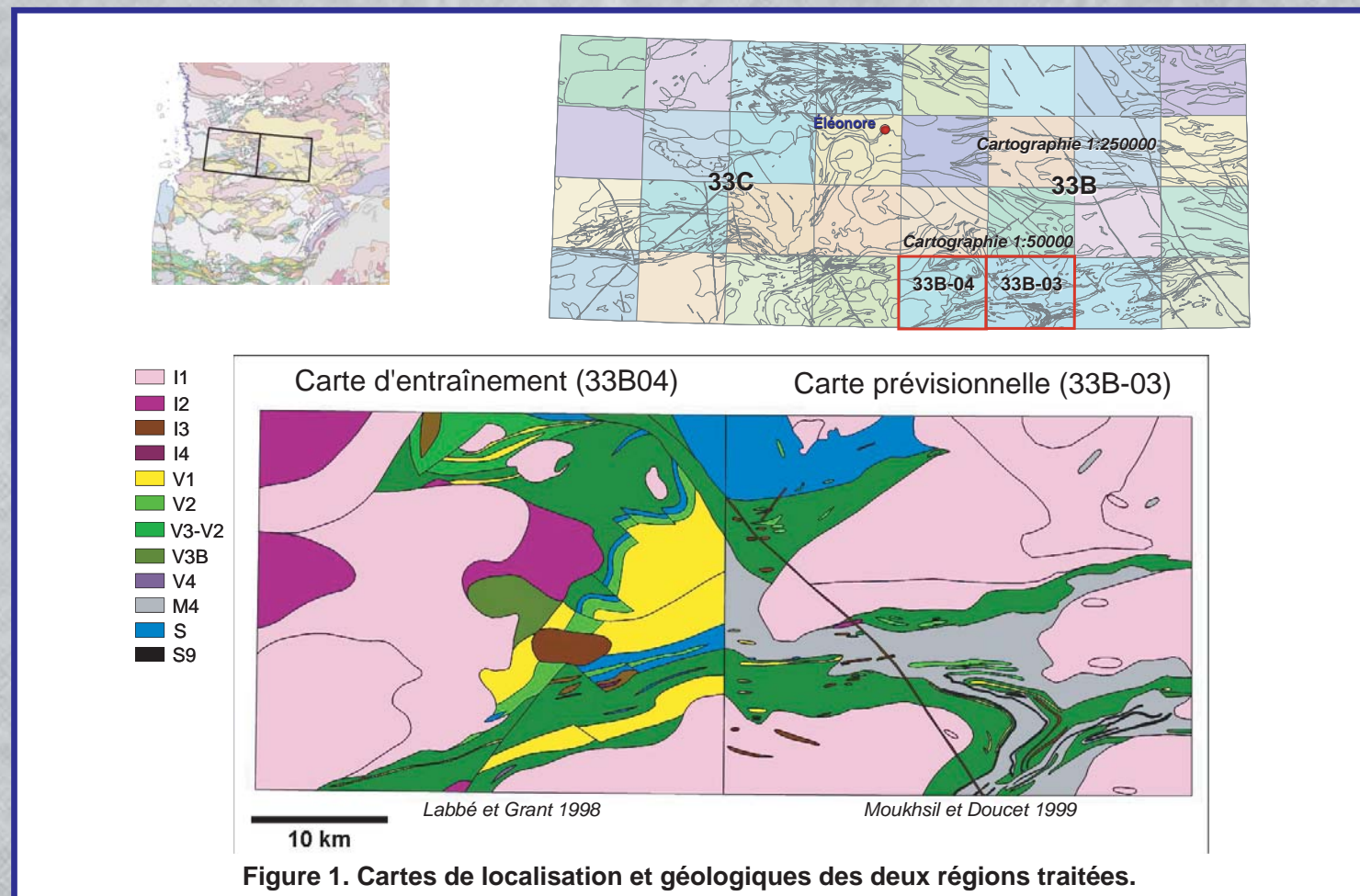


Figure 1. Cartes de localisation et géologiques des deux régions traitées.

PROBLÉMATIQUE

Il reste de vastes territoires sans cartographie récente au Québec, notamment dans la région de la Baie James. La découverte du gisement Éléonore a provoqué un réel engouement pour l'exploration dans cette région, alors que peu d'information géologique de base est disponible pour soutenir les compagnies actives dans ce nouveau camp. La question qui est posée est de savoir s'il est possible de déduire les grands traits géologiques d'une région non cartographiée à partir de régions adjacentes mieux connues. La principale difficulté est d'établir une recette optimale, rapide, et peu coûteuse en utilisant des données publiques.

OBJECTIFS

Le but du projet est de développer une méthode permettant d'établir une carte géologique prévisionnelle afin de permettre une meilleure planification des campagnes de terrain et d'exploration dans des régions moins bien cartographiées. Un autre objectif poursuivi est de développer un outil de planification des campagnes de cartographie et de contre validation des modèles cartographiques.

PRINCIPE ET MÉTHODE

À partir d'un modèle de réseaux neuronaux, le principe est de partir d'une carte géologique récente pour construire des cartes adjacentes sur la base de données multicouches (carte géologique et affleurements, topographie, géophysiques, géochimie du milieu secondaire, etc.) tel qu'illustré sur la Fig. 2. Il s'agit d'entraîner le réseau neuronal à reconnaître une lithologie ou une variété de roches sur une carte connue (en l'occurrence 33B-04). Une partie de la population de données de cette carte sert à établir l'entraînement pour une lithologie particulière en interrogeant les différentes couches d'information géologiques (Fig. 2). Une autre partie des données de cette carte connue sert à valider les "paramètres" reconnus par le réseau, et finalement une troisième population de données (données cachées dont on connaît la réponse) sert à tester la prédiction du modèle pour cette même région. On applique ensuite la "recette" établie par le réseau sur le territoire adjacent non connu (ici 33B-03) qui présente des caractéristiques comparables.

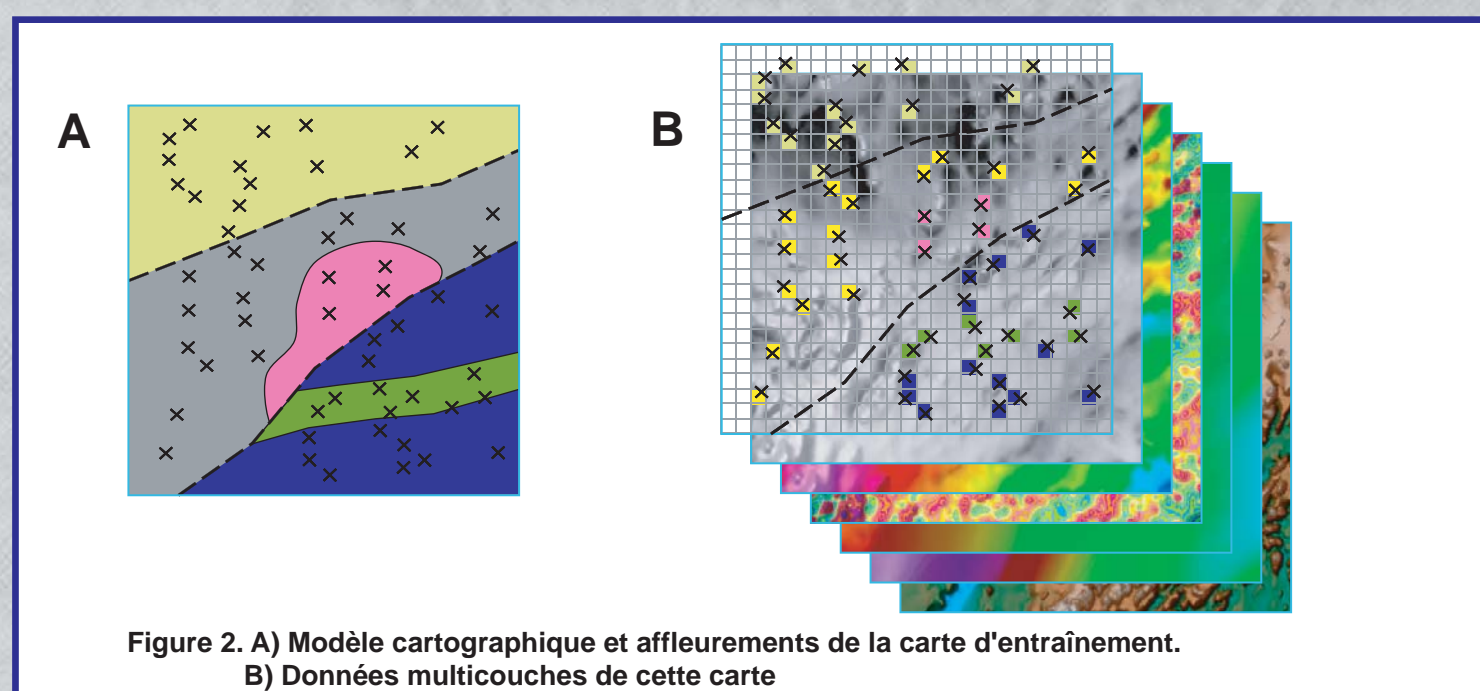


Figure 2. A) Modèle cartographique et affleurements de la carte d'entraînement. B) Données multicouches de cette carte

DONNÉES UTILISÉES

Données de contrôle

Les données de contrôle (carte d'entraînement 33B-04) sont constituées de la carte géologique et les données ponctuelles correspondant aux affleurements (Fig. 3). La carte géologique a été simplifiée, passant de 23 à 10 lithologies, et les petites surfaces et/ou unités marginales ont été supprimées principalement à cause des différentes résolutions des données utilisées pour le traitement.

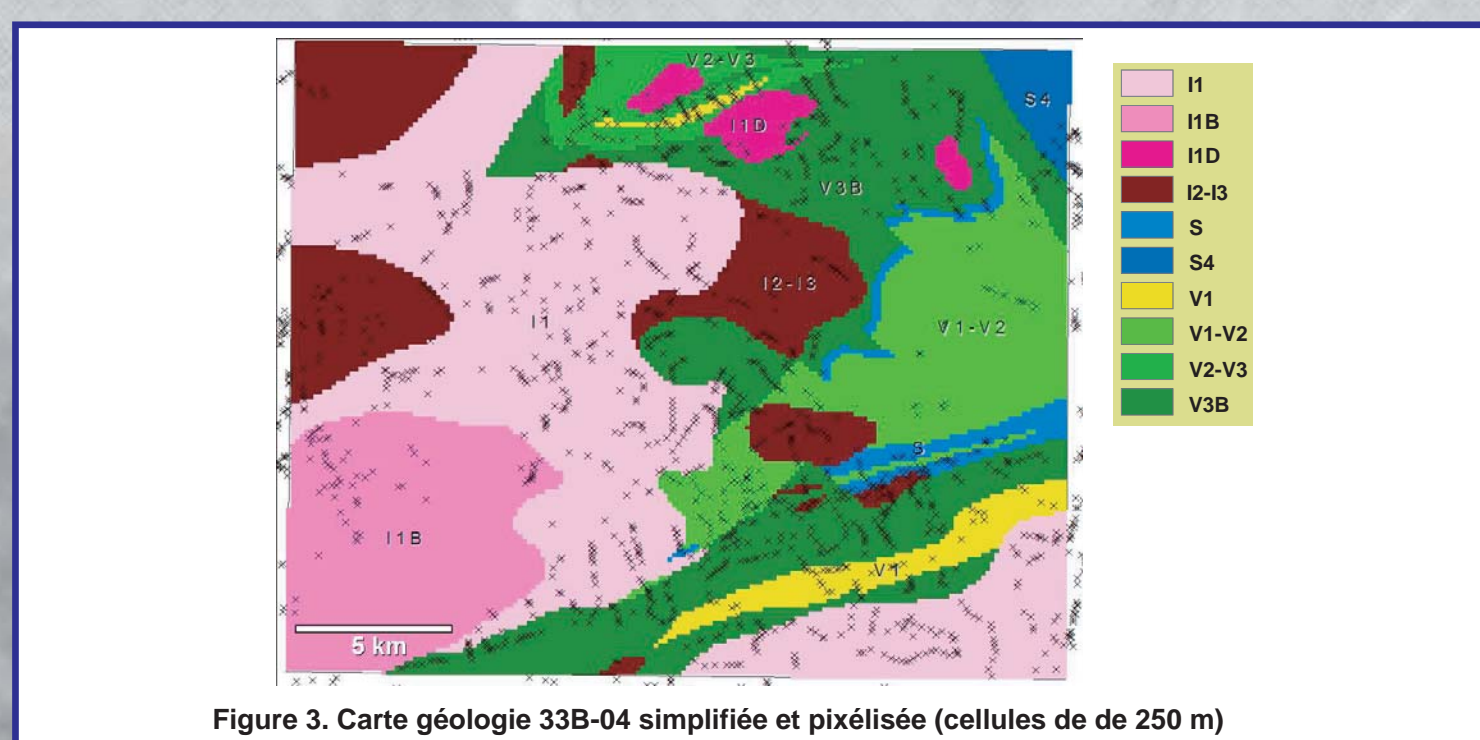


Figure 3. Carte géologie 33B-04 simplifiée et pixelisée (cellules de 250 m)

Données pour le traitement

Les données pour le traitement sont (Fig. 4) : 1) un modèle d'élévation de terrain de la NASA (1997) d'une résolution de 90 m ; 2) le champ magnétique total (données aéromagnétiques du fédéral à une résolution de 800m) sur lequel des filtres géophysiques ont été calculés ; et 3) les composantes principales d'anomalies géochimiques de fonds de lac nivelées et extrapolées. N'ont pu être utilisées les données Landsat, car il y avait d'abondants signes de feux de forêt ; la gravité, à cause de la trop faible résolution du levé fédéral ; et la radiométrie, faute de couverture.

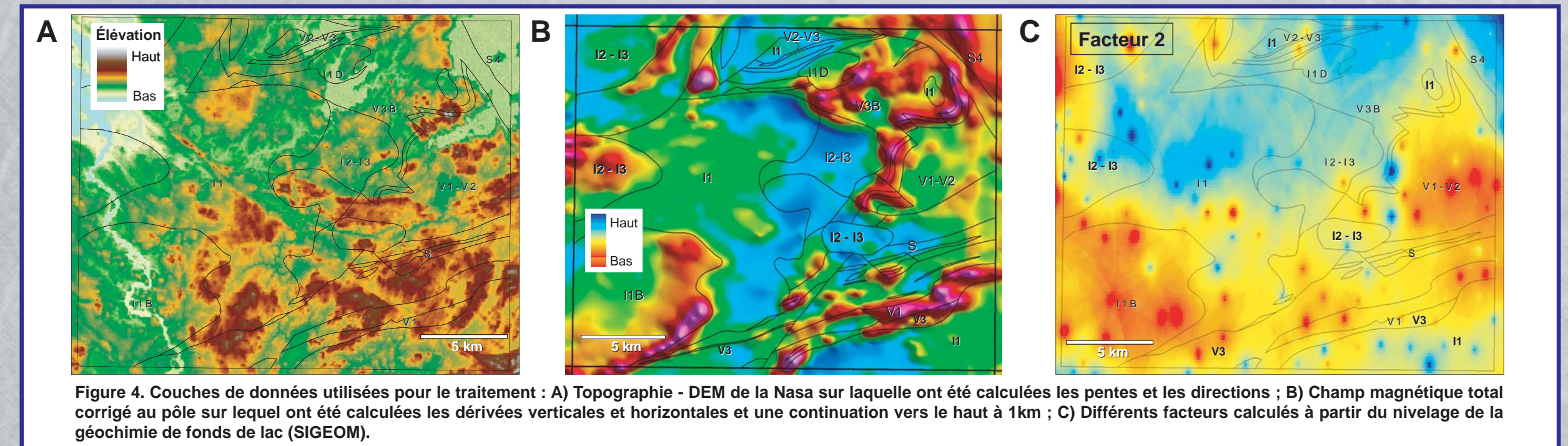


Figure 4. Couches de données utilisées pour le traitement : A) Topographie - DEM de la Nasa sur laquelle ont été calculées les pentes et les directions ; B) Champ magnétique total corrigé au pôle sur lequel ont été calculées les dérivées verticales et horizontales et une continuation vers le haut à 1km ; C) Différents facteurs calculés à partir du niveau de la géochimie de fonds de lac (SIGEOM).

APPROCHES

La première approche avec les réseaux neuronaux consiste à entraîner le réseau avec des données provenant des polygones de la carte géologique (Fig. 5a). Cette approche a l'avantage de fournir une grande quantité de données, mais son désavantage est d'avoir moins de contrôles sur la qualité des données. Elle est donc plus interprétative. La deuxième approche est d'utiliser uniquement les données ponctuelles provenant des affleurements (Fig. 5b). Cette approche est plus réaliste puisqu'elle n'est pas influencée par l'interprétation du géologue et le modèle cartographique. Le contrôle sur la qualité des cellules est meilleur, par contre, il y a moins de cellules de contrôle disponibles.

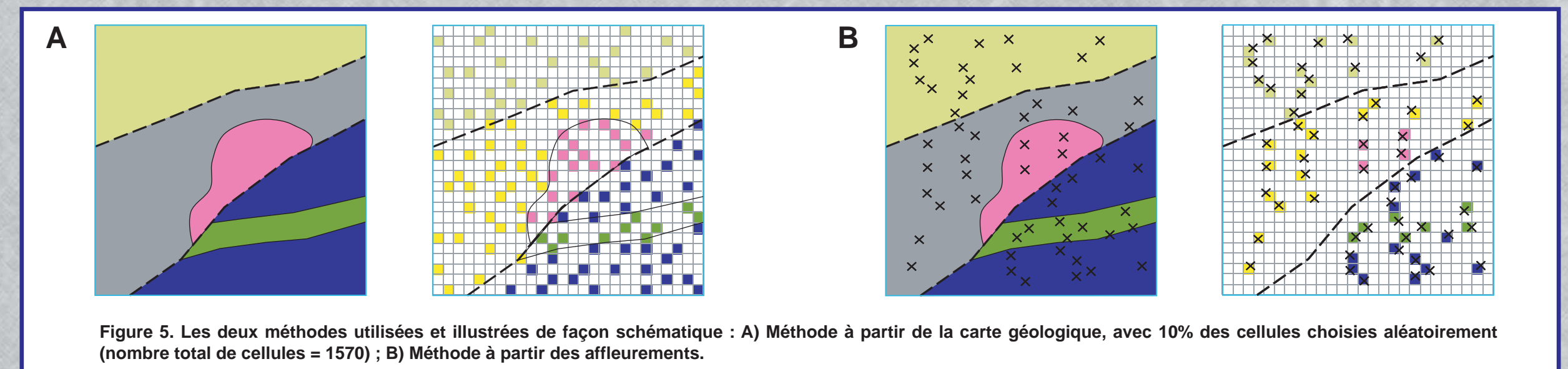


Figure 5. Les deux méthodes utilisées et illustrées de façon schématique : A) Méthode à partir de la carte géologique, avec 10% des cellules choisies aléatoirement (nombre total de cellules = 1570) ; B) Méthode à partir des affleurements.

RÉSULTATS

Carte d'entraînement

Le traitement de données par les réseaux neuronaux ne permet pas de prédire simultanément toutes les lithologies, mais plutôt une lithologie à la fois. Les résultats sur la carte connue (33B-04) sont positifs (Fig. 6). On reproduit assez fidèlement la carte, en particulier lorsqu'on traite l'information lithologique en terme de composition relative (felsique, intermédiaire, mafique) ou de critères antagonistes, comme intrusions versus volcanites ou roches mafiques versus felsiques. Certaines zones de la carte ont montré des différences entre le modèle cartographique et la prédiction du réseau neuronal. Ces différences mènent à une réflexion sur l'exactitude de l'interprétation géologique et éventuellement à modifier la carte.

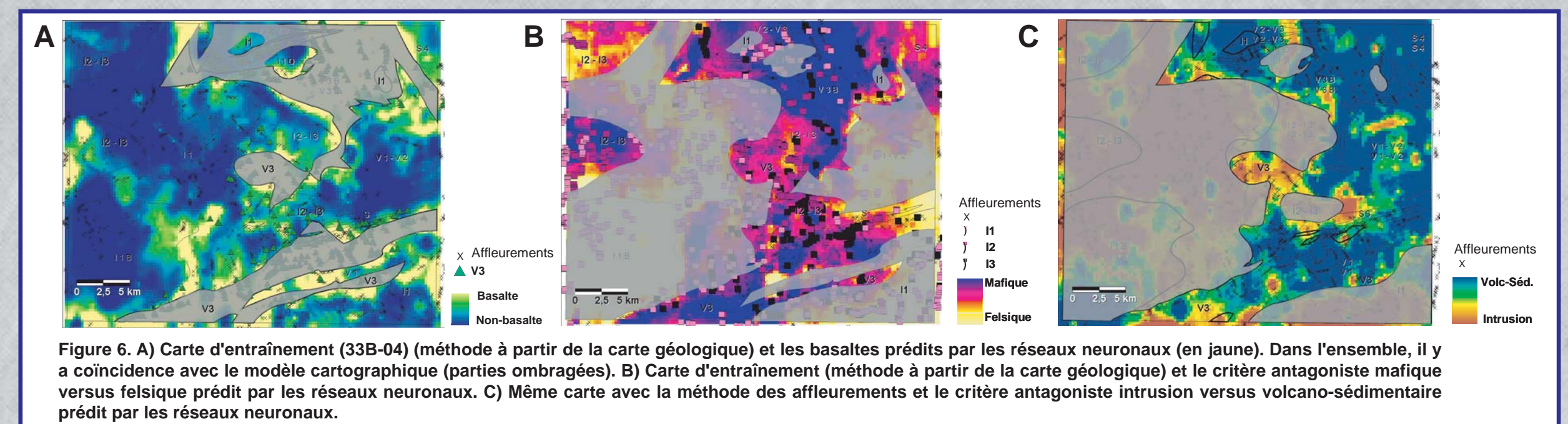


Figure 6. A) Carte d'entraînement (33B-04) (méthode à partir de la carte géologique) et les basaltes prédits par les réseaux neuronaux (en jaune). Dans l'ensemble, il y a une coïncidence avec le modèle cartographique (parties ombragées). B) Carte d'entraînement (méthode à partir de la carte géologique) et le critère antagoniste mafique versus felsique prédit par les réseaux neuronaux. C) Même carte avec la méthode des affleurements et le critère antagoniste intrusion versus volcano-sédimentaire prédit par les réseaux neuronaux.

Carte prévisionnelle

Concernant la prédiction de la carte prévisionnelle (33B-03), il est possible de prédire assez fidèlement certaines lithologies comme les basaltes et le critère intrusion versus volcano-sédimentaire. Par contre, dans cette carte prévisionnelle, plusieurs formations de fer très magnétiques viennent brouiller la reconnaissance des unités, car le champ magnétique total est très différent de la carte d'entraînement (33B-04). Étant donné que ces unités fortement magnétiques n'ont pas d'équivalence dans la carte d'entraînement, elles n'ont pu être reconnues par le réseau et provoquent des interférences (Fig. 7).

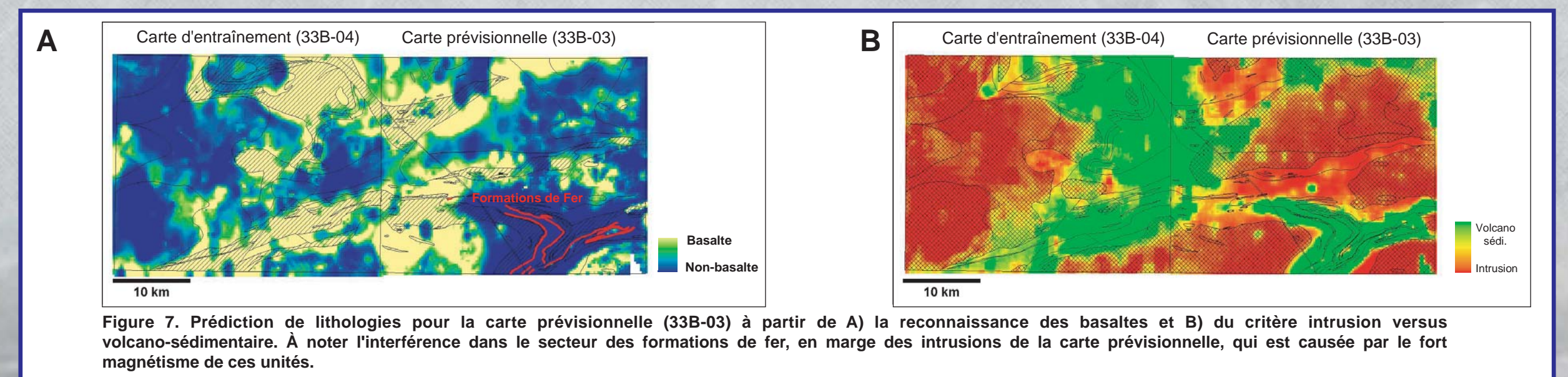


Figure 7. Prédiction de lithologies pour la carte prévisionnelle (33B-03) à partir de A) la reconnaissance des basaltes et B) du critère intrusion versus volcano-sédimentaire. À noter l'interférence dans le secteur des formations de fer, en marge des intrusions de la carte prévisionnelle, qui est causée par le fort magnétisme de ces unités.

CONCLUSION

Une approche innovatrice et un nouvel outil ont été développés par le CONSOREM afin de produire des cartes prévisionnelles adjacentes à des cartes récemment cartographiées. La résolution des unités lithologiques est dépendante de la résolution des données utilisées. Un levé magnétique aéroporté régional permet d'identifier de grandes unités avec suffisamment de résolution pour produire des cartes au 1 : 50 000. Certaines conditions s'appliquent à l'utilisation de la méthode, notamment il faut que la géologie soit similaire d'une carte à l'autre et que les contrastes géophysiques soient dans le même ordre de grandeur. Une autre conclusion importante de ce projet est qu'il est possible de mieux cibler certaines problématiques et hypothèses géologiques dès le départ, à partir de la carte prévisionnelle, avant d'exécuter la cartographie. L'outil permet également de contre valider le modèle cartographique après la campagne de terrain.