

Réseaux neuronaux artificiels : exemples d'applications géoscientifiques

Par Sylvain Trépanier
CONSOREM, UQAM



CONSOREM

Consortium de recherche en exploration minérale

Aurizon Cambior Majescor Falconbridge Ressources Appalaches
Soquem Vior Virginia Géologie Québec DEC Canada UQAC UQAM



Plan de la présentation

1. **Intelligence artificielle**
2. Réseaux neuronaux : concepts
3. Exemples d'applications géoscientifiques

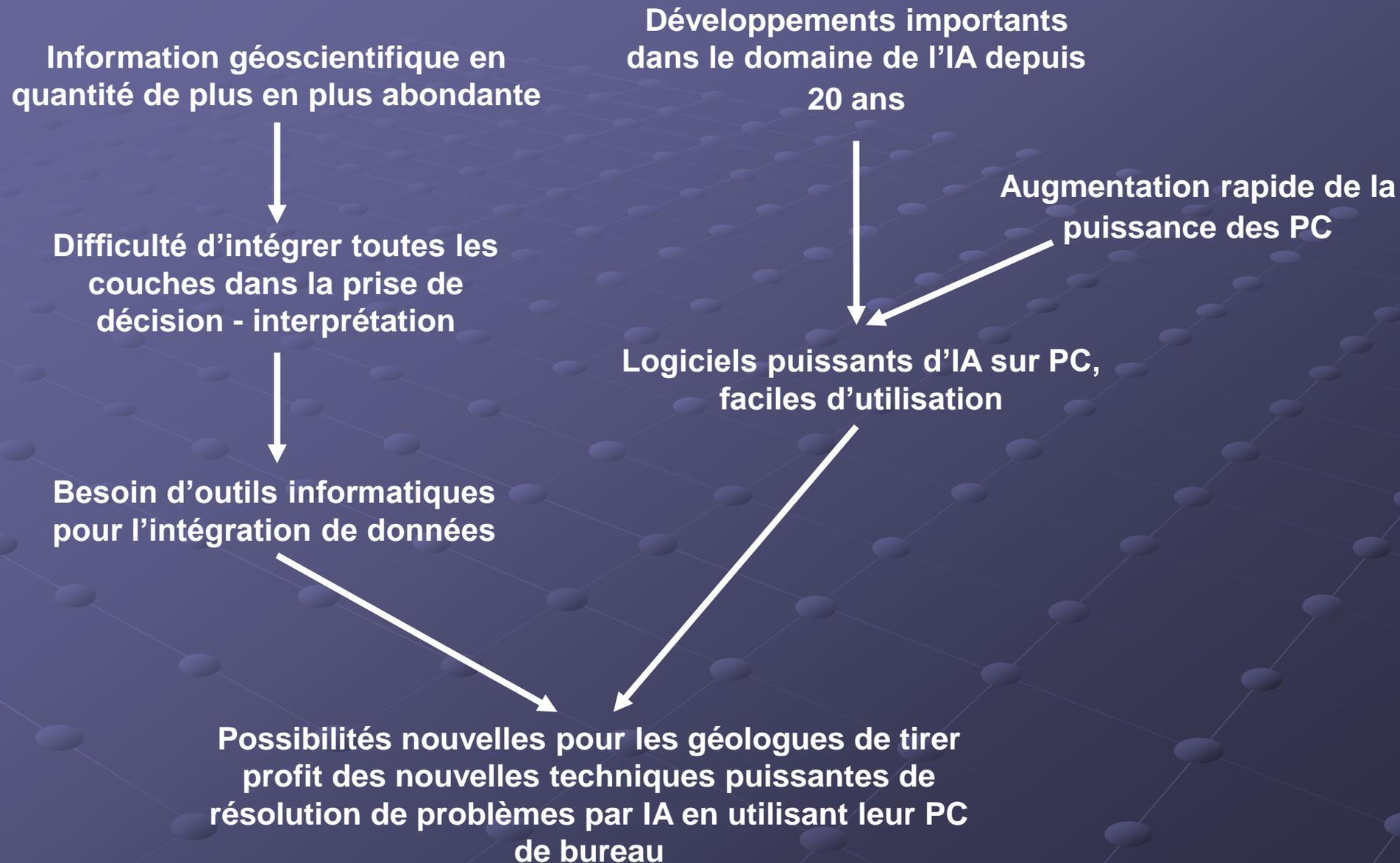


Intelligence artificielle (IA)

- Faire en sorte qu'un ordinateur puisse accomplir des actions qui sont normalement considérées comme nécessitant de l'intelligence
- Le domaine qui consiste à rendre les ordinateurs capables de faire des choses que les humains accomplissent présentement plus efficacement
- Les ordinateurs sont meilleurs que les humains pour :
 - Faire de grandes quantités de calculs complexes de façon répétitive
- Les humains sont présentement meilleurs que les ordinateurs pour :
 - Apprendre à résoudre des problèmes nouveaux



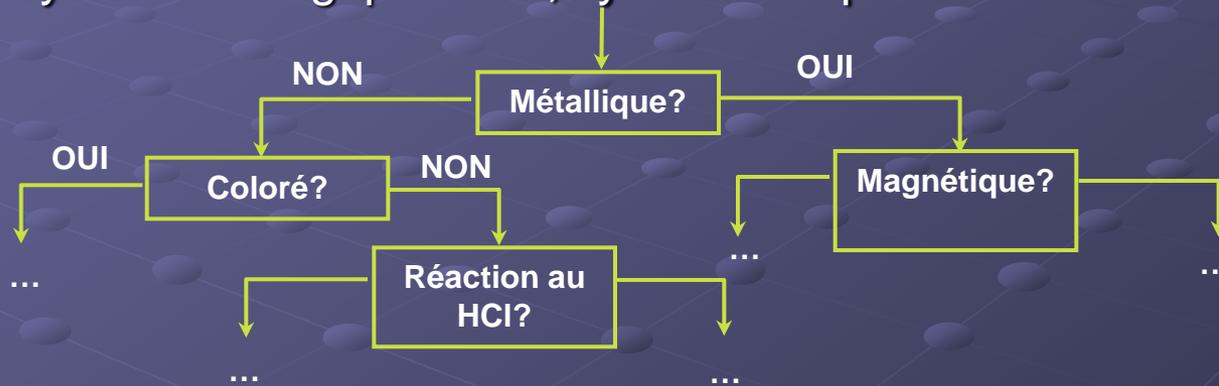
Intelligence artificielle (IA) et applications géoscientifiques



Approches typiques pour la résolution de problèmes par IA

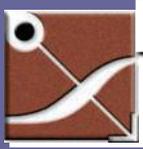
● Descendante :

- Définir (par un expert humain) les règles de logique applicables pour chaque situation/problème à résoudre par l'IA et les coder
- Résolution de problèmes par règles. (AI Traditionnel)
- Ex : systèmes à logique floue, systèmes experts



● Ascendante

- Bâtir des outils capables de trouver les solutions particulières applicables à chaque problème → **résolution de problèmes nouveaux**
- Résolution de problèmes par cas → **apprentissage.**
- Ex : réseaux neuronaux artificiels, algorithmes génétiques



Résolution de problèmes par cas : approches d'apprentissage de la solution

● Supervisé

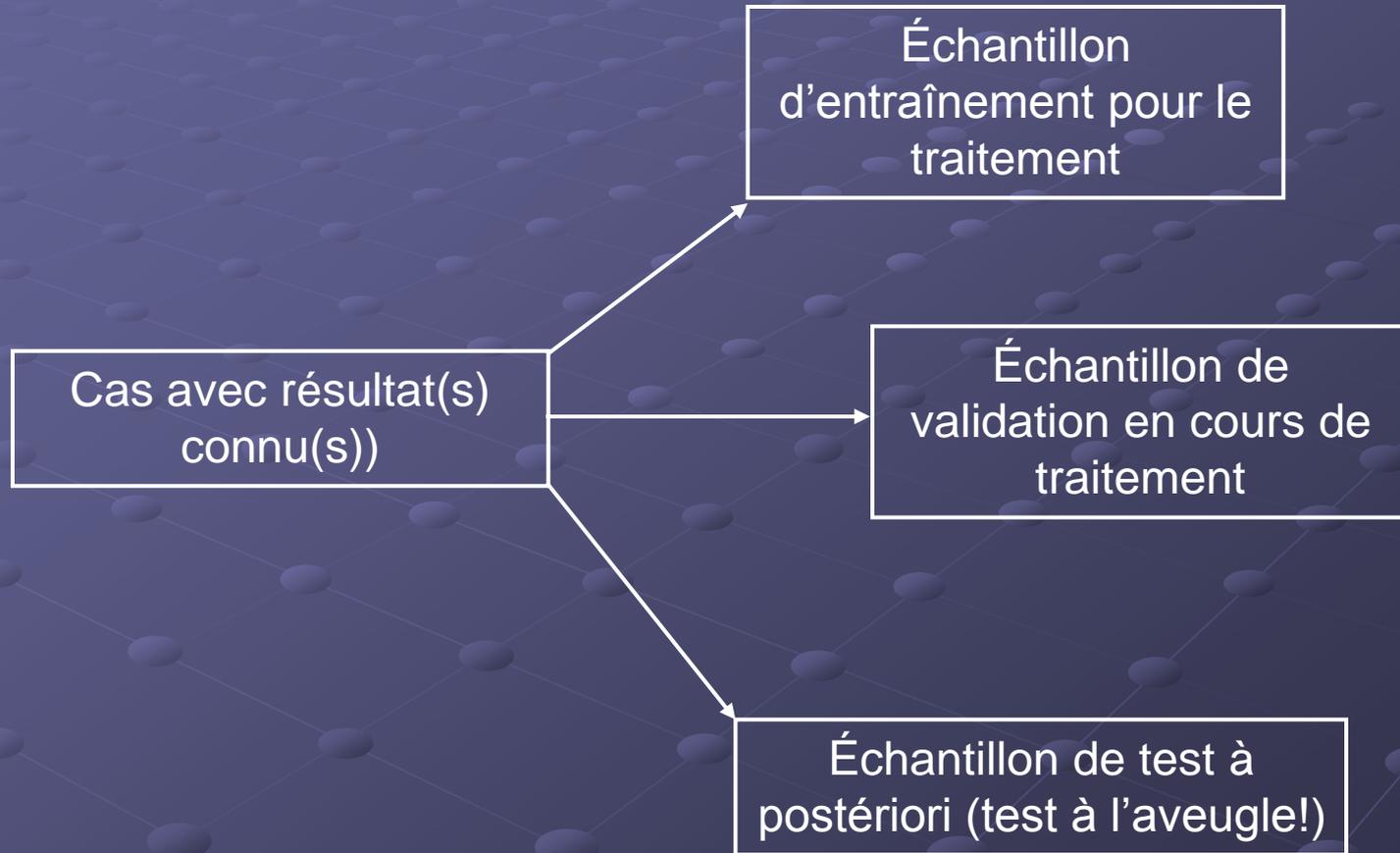
- Résolution de problèmes par cas
- L'IA apprend à résoudre le problème à partir d'exemples dont on connaît le(s) résultat(s) en sortie (valeur(s) désirée(s))
- But : l'IA doit trouver la combinaison des variables en entrée qui explique le mieux les résultats connus
- Appliquer à des cas dont le résultat n'est pas connu

● Non supervisé

- Résolution de problèmes par cas
- Essayer de faire des groupes naturels dans les données, sans résultat désiré connu à priori
- Semblable aux analyses statistiques par grappes



Validation des résultats





Plan de la présentation

1. Intelligence artificielle
2. **Réseaux neuronaux : concepts**
3. Exemples d'applications géoscientifiques

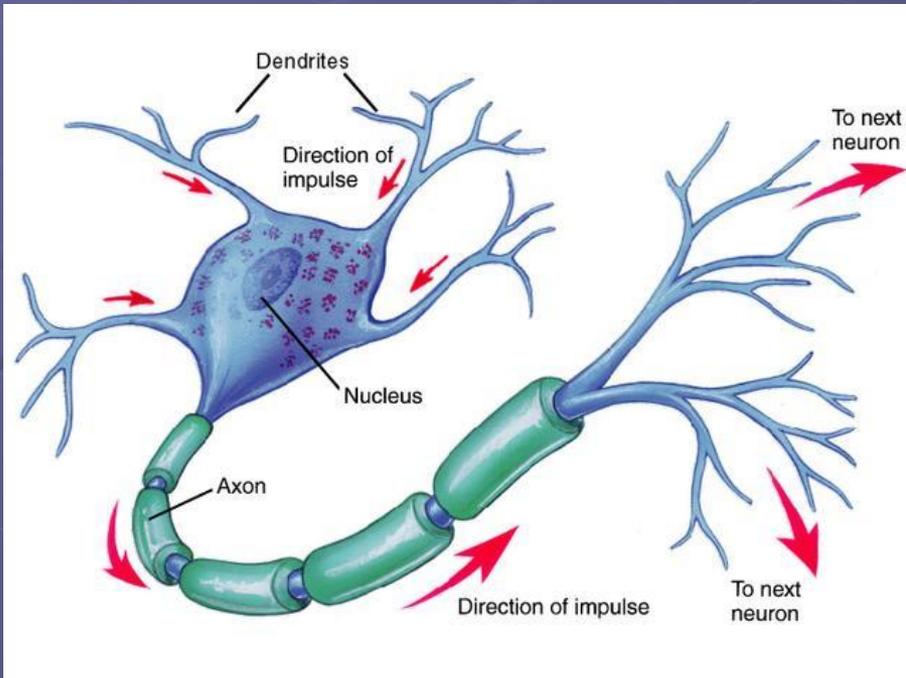


Réseaux neuronaux

Composantes de base : neurones

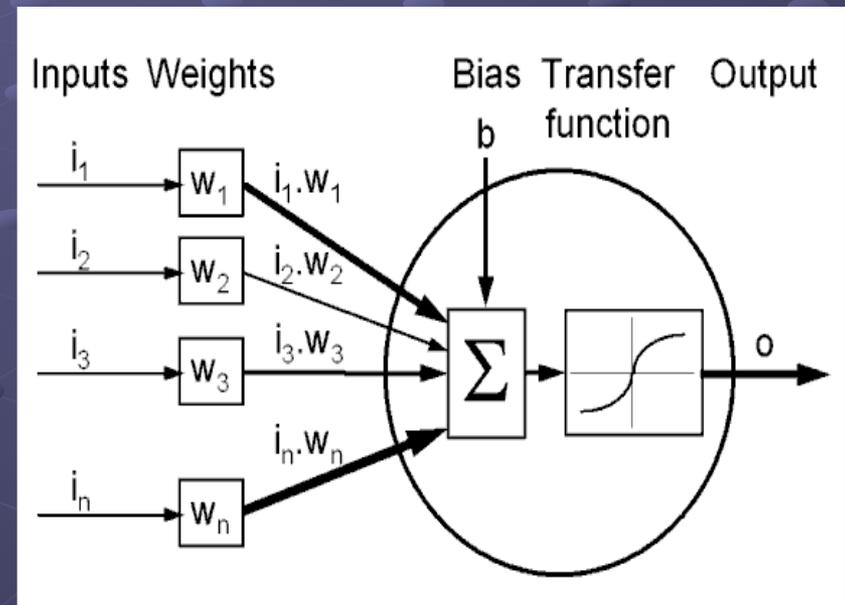
Idée de base : dupliquer le fonctionnement des neurones biologiques

Neurone biologique



Source : http://www.slais.ubc.ca/courses/libr500/02-03-wt1/www/K_MARTIN/human_n_n.htm

Neurone artificielle



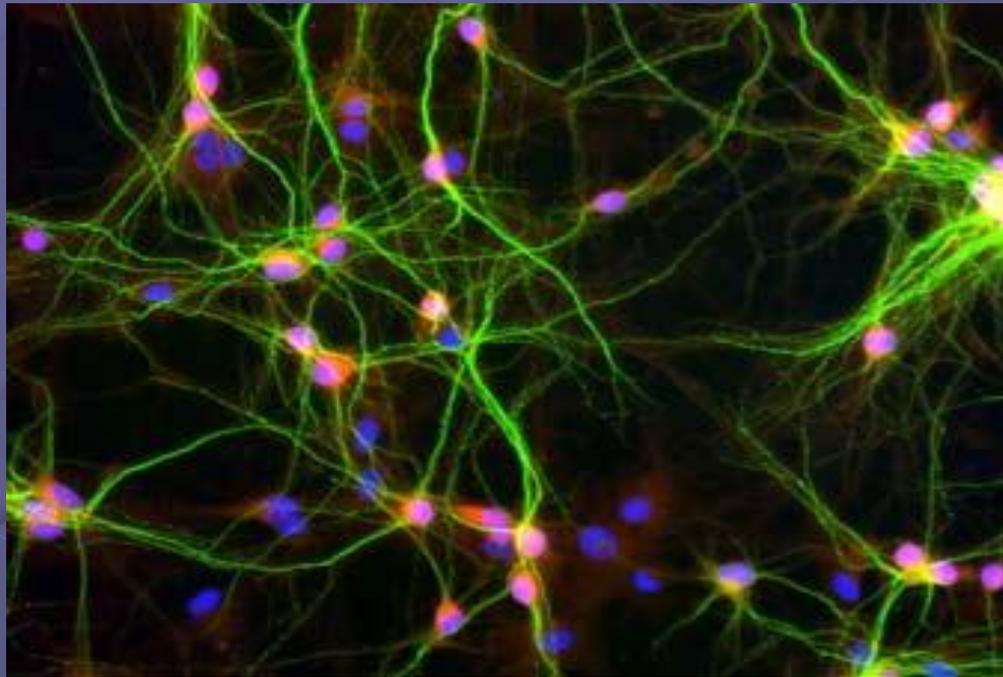
Source : http://www.slais.ubc.ca/courses/libr500/02-03-wt1/www/K_MARTIN/artificial_n_n.htm



Réseaux neuronaux

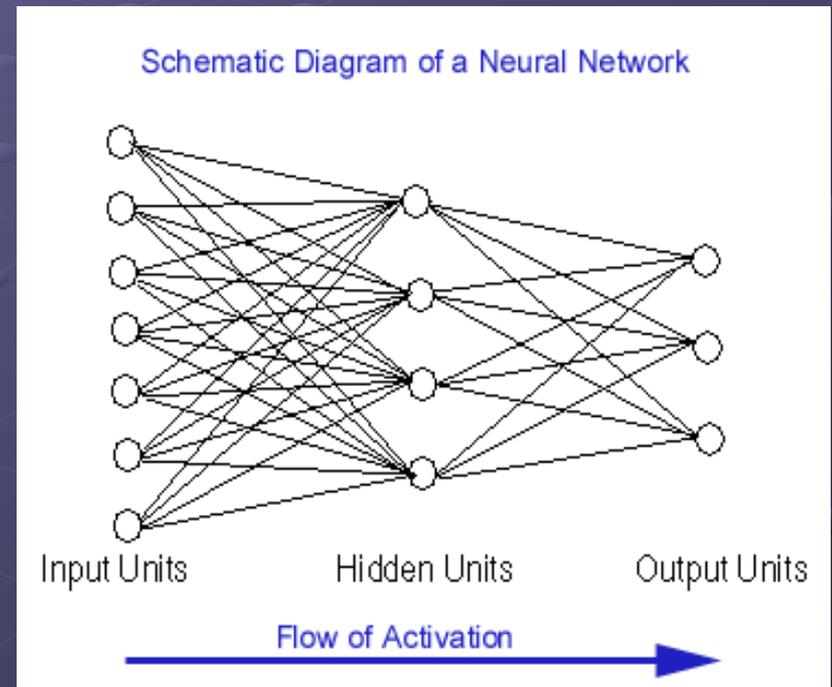
L'assemblage de neurones dans un réseau organisé et régi par des règles mathématiques permet l'apprentissage

Réseau de neurones biologiques
10¹⁰ neurones



Source : <http://www.fi.edu/brain/proteins.htm>

Réseau de neurones artificielles, type « feed-forward »
Normalement nombre modeste de neurones



Source : <http://www.psych.utoronto.ca/~reingold/courses/ai/nn.html>



Réseaux neuronaux artificiels supervisés : données en entrée et en sortie

Entrées

- Aucune limite sur le nombre de variable en entrée
- Données numériques
- Données catégoriques sont transformées en code binaire (n catégories donne n variables en entrée binaires)

Sorties

- Aucune limite sur le nombre de variables en sortie
- Valeurs numériques
- Valeurs catégories transformées en code binaire (n catégories donne n variables en sortie binaires)
- En pratique, plus difficile avec un grand nombre de variables en sortie



Réseaux neuronaux artificiels : quand les utiliser?

- **Grand nombre de variables en entrée**
- **Bruit de fond important par l'incertitude des mesures**
- **Pas d'algorithmes connus pour résoudre le problème**
- **Problème très complexe → non-linéaire, fonctions discontinues...**
- **Plusieurs variables interdependantes qui causent des problèmes aux méthodes statistiques**

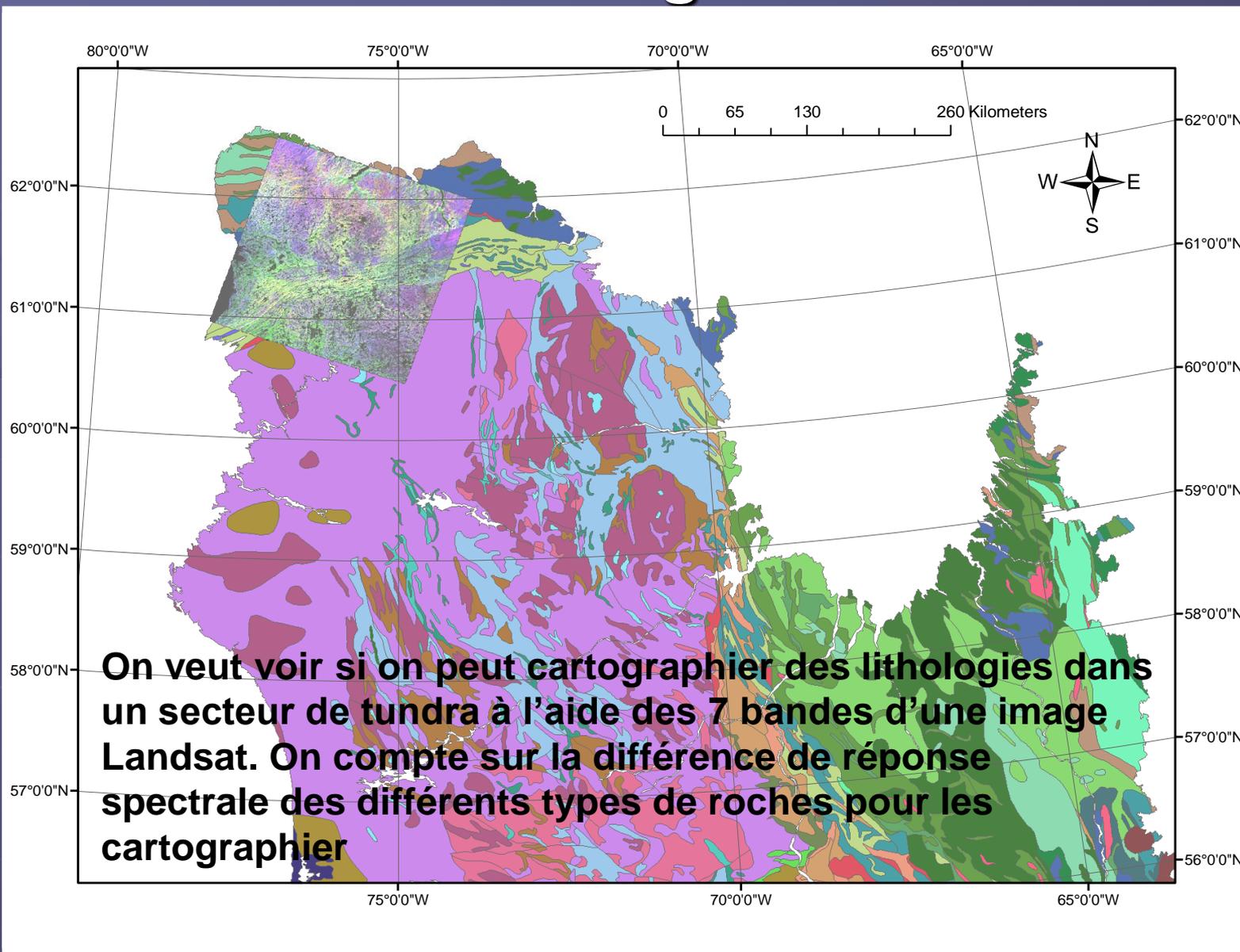


Applications géoscientifiques possibles de l'apprentissage supervisé

- **Potentiel minéral d'une région**
 - Couches de données géoscientifiques disponibles
 - Localisation de gisement connus
- **Identification des lithologies dans des forages pétroliers**
 - Données géophysiques des forages
 - Lithologies de forages antérieurs connus
- **Types de terrains sur des images aériennes-satellites**
 - Données spectrales de l'image
 - Points de contrôle où le terrain est connu
- **Prédiction de l'activité sismique future d'un secteur**
 - Données sismiques historiques (séries temporelles)
- **Identification de l'environnement tectonique de roches volcaniques**
 - Banques de données de lithogéochimie avec provenance

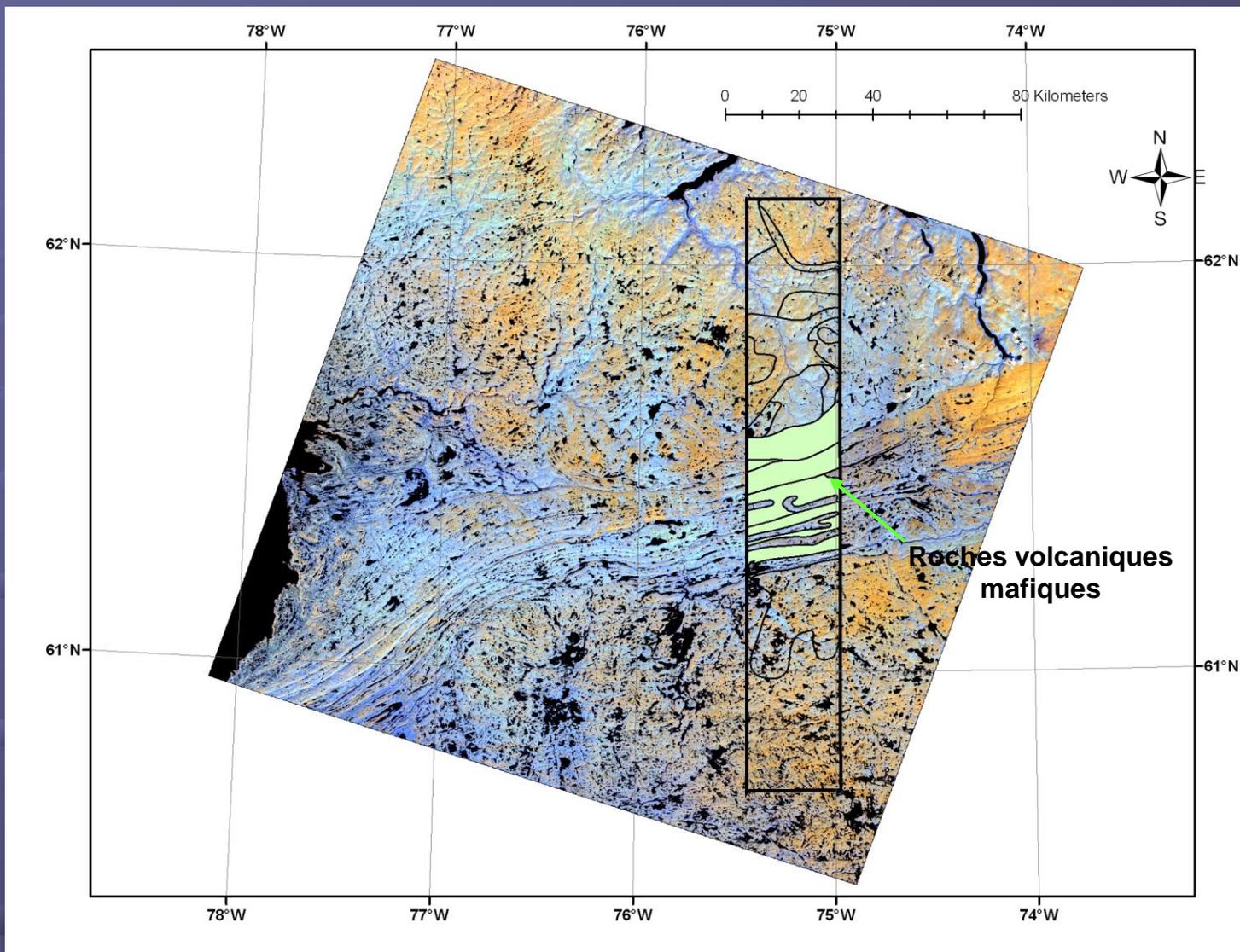


Application : cartographie géologique à l'aide d'une image Landsat-7





Sélection d'un secteur pour l'entraînement d'un réseau neuronal supervisé





Principes de traitement de problèmes géoscientifiques par IA

Données géoscientifiques brutes

- 7 bandes de l'image Landsat
- Cartographie d'un secteur contrôle où la géologie est connue

Extraction MANUELLE de l'information pertinente, selon la connaissance du géologue vs. le problème

- Extraire les pixels correspondant à de la roche sur l'image
- Diviser l'image en cellules de 500m
- Pour chaque bande, calculer moyenne et écart-type des pixels de roche

Couches d'informations pertinentes

- Lithologie dominante dans chaque cellule
- Moy et écart-type de chaque bande dans chaque cellule pour les pixels de roche

Choix des poids des différentes couches

- Comment combiner les couches d'information pour faire la cartographie d'un type de roche particulier?

Descendante
(ex: fuzzy logic)

Ascendante
(ex: réseaux neuronaux)

- Cartographie d'une lithologie sur l'ensemble de l'image (ex : roches volcaniques mafiques)

Résultat



Cartographie des roches par combinaison d'une méthode non-supervisée et supervisée

Valeurs brutes des 7 bandes de l'image Landsat

Extraction MANUELLE d'information pour obtenir des couches d'information pertinentes -- PRÉTRAITEMENT

Séparer l'image en catégories par Réseau Neuronale Non-Supervisée

Identifier la catégorie correspondant à des roches-matière minérale

Extraire les pixels (30m x 30m) correspondant à des roches

Créer un nombre raisonnable de cellules de taille fixe (500m x 500m)

Amalgamer les pixels de roche aux cellules-moyenne, écart-type

Ajouter le type de roche dominant de la carte à chaque cellule

Carte géologique

Choisir un secteur de l'image où la géologie est connue

Traiter par Réseau Neuronale Supervisée

TRAITEMENT

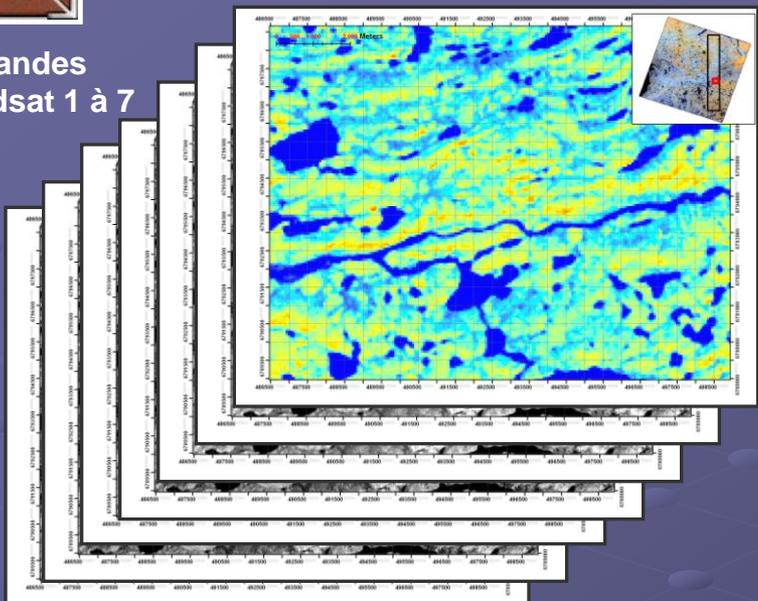
Cartographie les secteurs de l'image où la géologie n'est pas connue

APPLICATION



Extraction des données de l'image Landsat

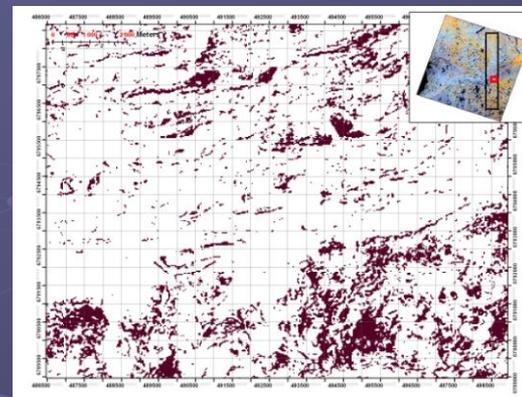
Bandes Landsat 1 à 7



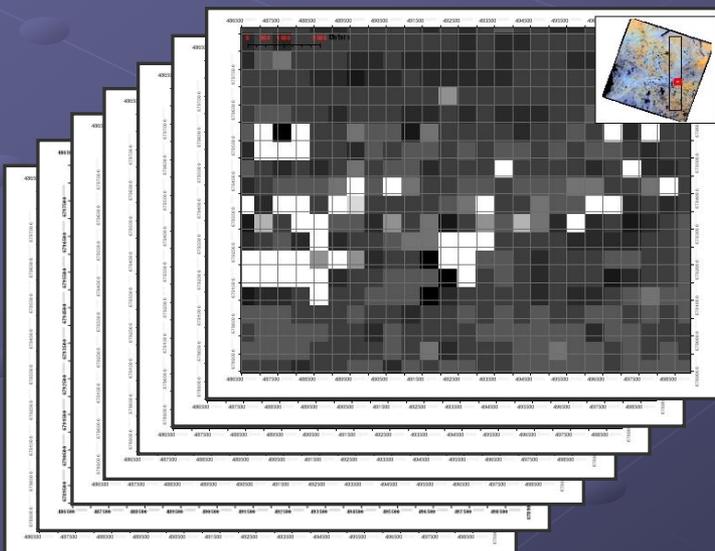
Réseau neuronal non supervisé



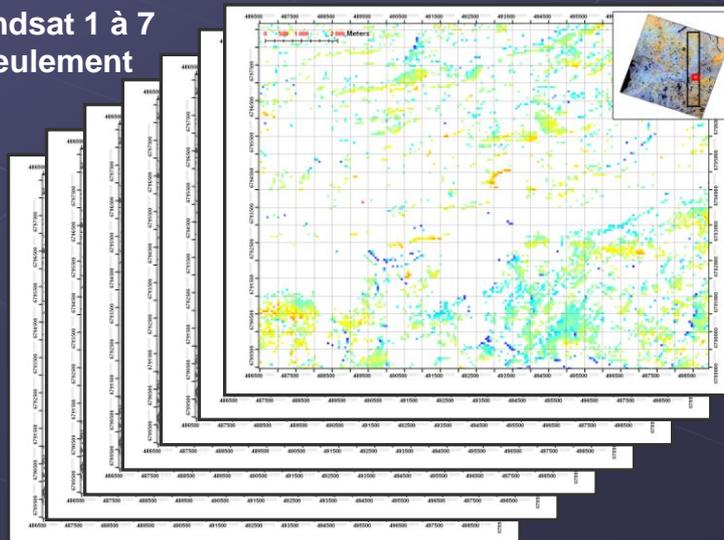
Pixels « Roches » selon la classification non-supervisée



Moyennes & Ecart-Type des roches dans cellules 500x500 (DONNÉES EN ENTRÉES POUR TRAITEMENT)

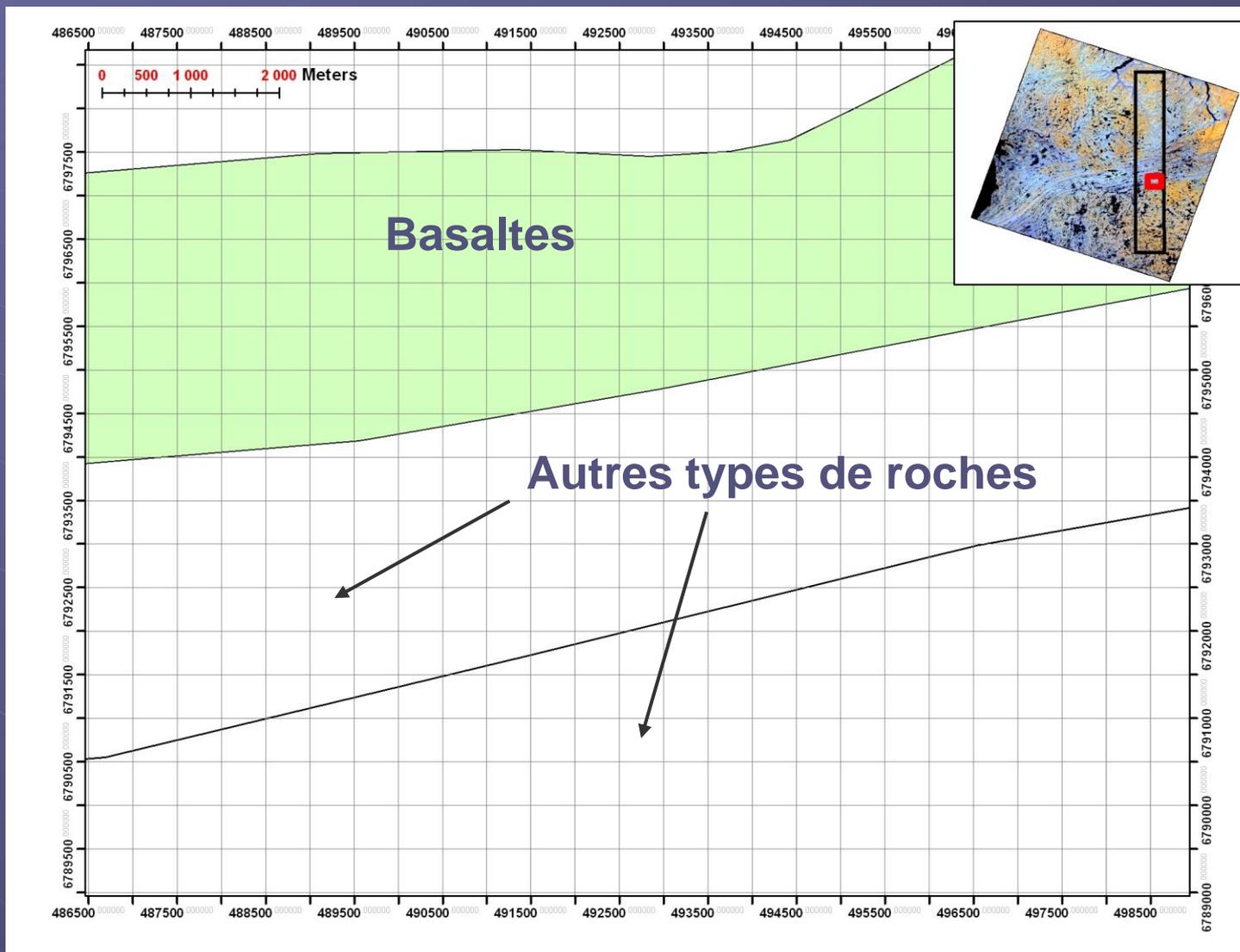


Bandes Landsat 1 à 7
Roches seulement



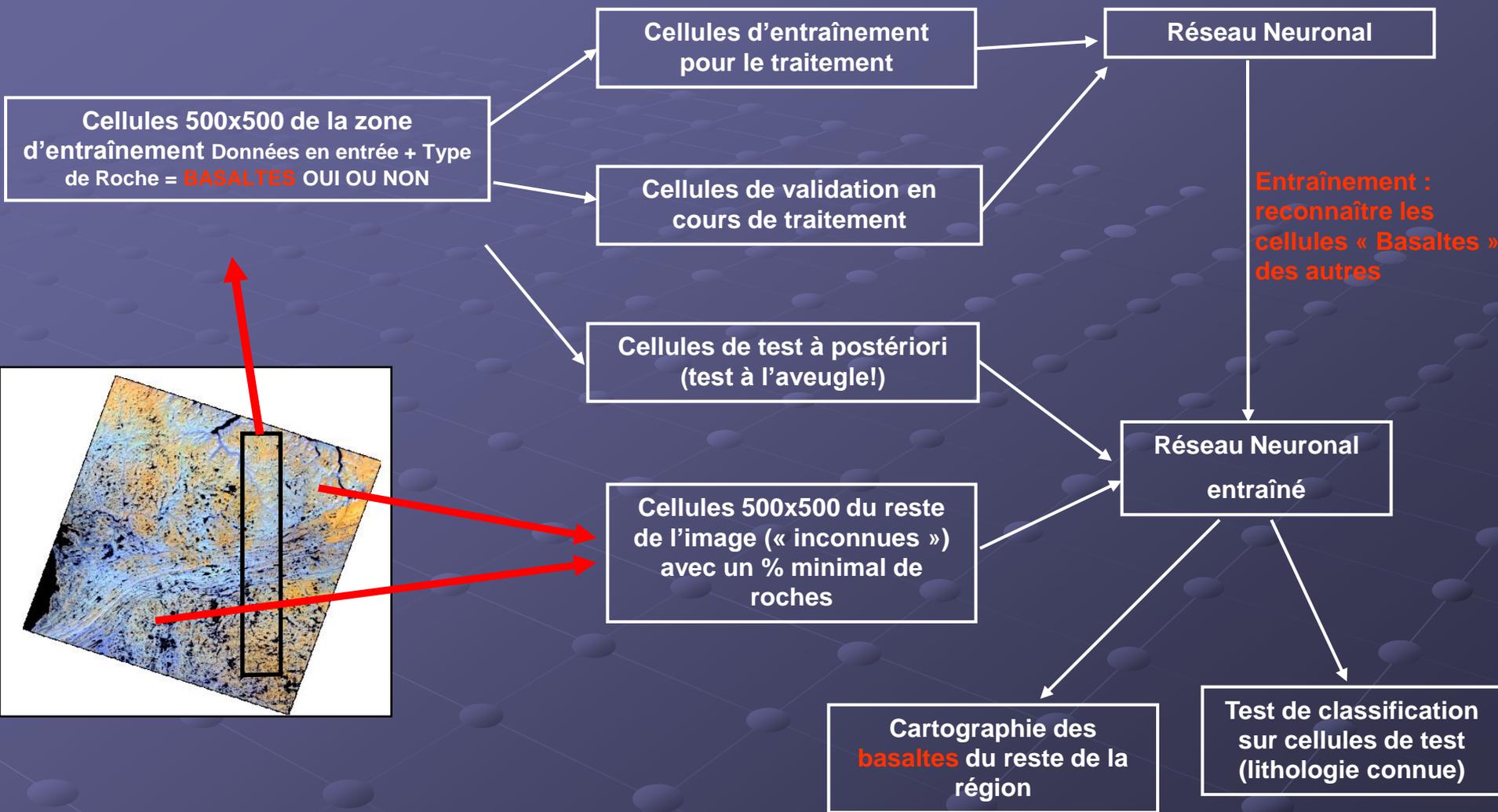


Extraction des lithologies dominantes de la zone d'entraînement (donnée en sortie)



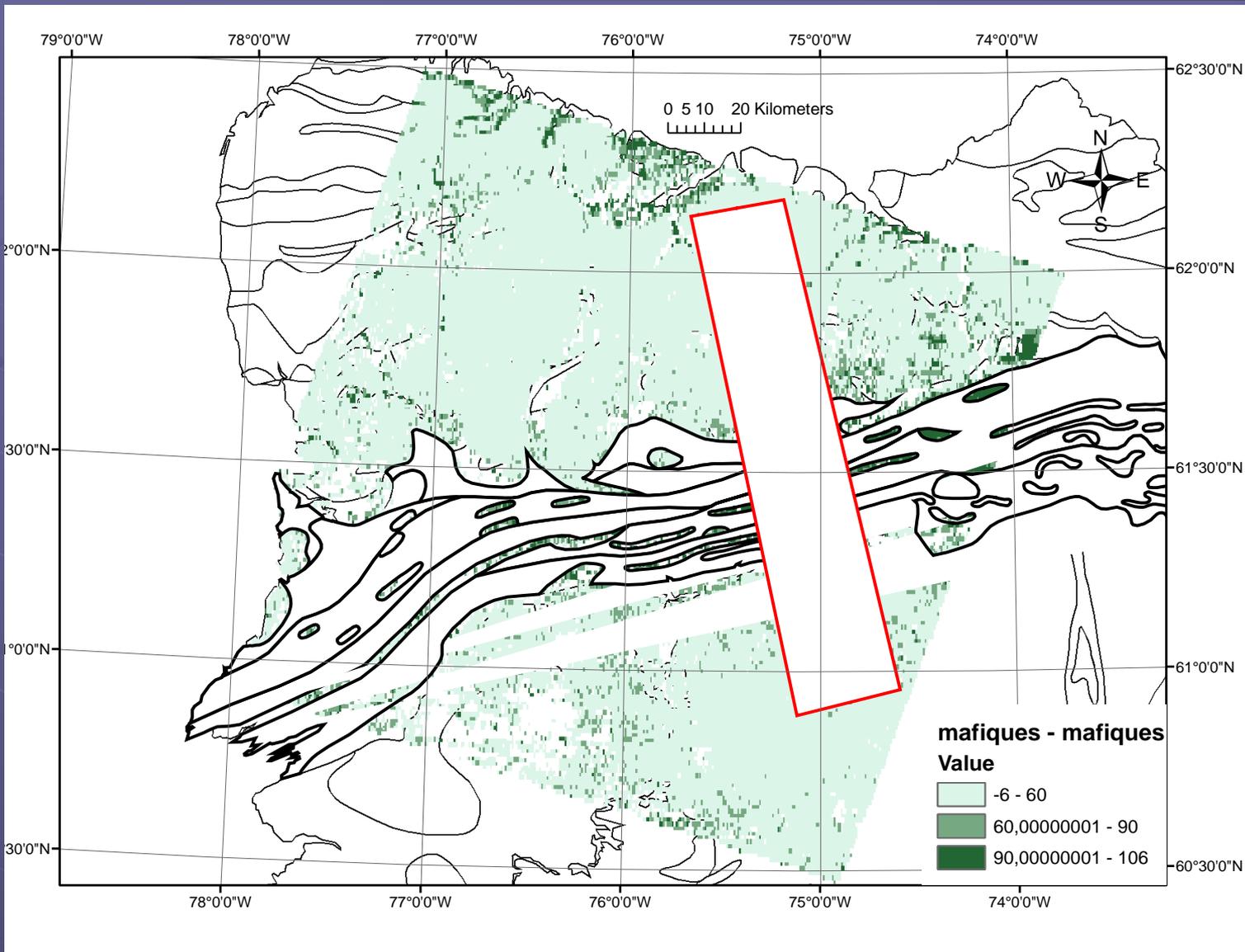


Entraînement du réseau





Cartographie des roches volcaniques mafiques





Cartographie des roches volcaniques mafiques





Réseaux neuronaux artificiels : forces et faiblesses

Forces

- Pas nécessaire de savoir comment résoudre le problème, l'IA trouve comment le résoudre
- Facilité d'utilisation
- Capables de traiter des problèmes très divers
 - Fonctions non-linéaires, discontinues, problèmes avec plusieurs valeurs en sortie
- Capable d'éliminer les variables en entrée redondantes ou inutiles
- Peu sensible aux problèmes de bruit de fond dans les données

Faiblesses :

- Trouver comment le réseau est arrivé au résultat de façon simple
- Entraînement peut être long
- Efficacité dépend beaucoup du nombre de cas d'entraînement de la qualité et pertinence des couches en entrée



Logiciels gratuits et accessibles de réseaux neuronaux

● **ArcSDM**

- Extension gratuite pour l'évaluation du potentiel minéral sur ArcGIS.
- Développé par la CGC.
- Inclue plusieurs techniques dont deux types de réseaux neuronaux supervisés.

● **Nu-Class7**

- Logiciel gratuit
- Plusieurs types de réseaux neuronaux supervisés ou non.