



# FORMATION POUR LES MATIERES PREMIERES MINERALES: QUELLES FORMATIONS POUR QUELS METIERS ?

Jean-Marc Montel, Irvine Annesley

**Anne-Sylvie André-Mayer**  
**Ecole Nationale Supérieure de Géologie**

## Nancy, 2010 : Ressources minérales, nouvelles frontières

- ✓ Le savoir faire-analytique français dédié à la métallogénie
- ✓ Les fonds marins
- ✓ L'avenir ? Nouveaux métaux, nouveaux modèles métallogéniques et nouvelles mines
- ✓ Nickel latéritique
- ✓ Nouveaux développements scientifiques et industriels en exploration de l'uranium



Ressources minérales,  
nouvelles frontières

Ecole thématique CNRS-INSU  
Du mercredi 3 février au vendredi 5 février 2010

Nancy-Université





## Orléans, 2011: Ressources minérales, nouvelles frontières

- ✓ Minéraux industriels
- ✓ Or, la valeur sûre
- ✓ Métaux stratégiques : enjeux industriels et modèles de gisements
- ✓ Approches intégrées et pluridisciplinaires de l'étude des gisements minéraux
- ✓ Modélisations des systèmes et des transferts hydrothermaux



## Paris 2012: Ressources minérales, la vision du mineur

- ✓ Prospectives et enjeux économiques des matières premières
- ✓ Modélisation et évaluation des gisements
- ✓ Les techniques d'exploitation
- ✓ Les techniques de traitement





## Genève 2013 : Défis scientifiques et sociétaux

- ✓ Formation de gisements : principes de base
- ✓ Les défis de l'exploration : prospection et évaluation des gisements
- ✓ Impacts environnementaux, remédiation et green mining
- ✓ Economie minière et trading
- ✓ Formation de gisements : de la nécessité d'une approche multidisciplinaire





## Rennes 2014 : Ressources Minérales, la vision du géologue

- ✓ Tectonique et Ressources
- ✓ Massif Armoricain
- ✓ Analyse structurale et ressources
- ✓ Pétrologie et minéralogie
- ✓ Géophysique et modélisation

**Terrain**



Observatoire  
de Rennes





## Toulouse 2016: du terrain à l'expérimentation

- ✓ Ressources minérales
- ✓ Genèse des gisements
- ✓ Expérimentation
- ✓ Modélisation
- ✓ Interactions fluides-roches

Terrain

**Ecole Thématique du CNRS**  
Institut National des Sciences de l'Univers

**Première circulaire**

**Ressources Minérales :**  
**Du Terrain à l'Expérimentation**

**Du 7 au 9 juin 2016**  
à Toulouse

**Objectifs :**

- Promouvoir une approche multi-méthodes de la métallogénie intégrant analyse de terrain et pétrologie expérimentale
- Favoriser les liens entre académie et industrie minière et entre étudiants et professionnels

**Amphi Concorde**  
Université Toulouse III – Paul Sabatier

Organisée par Géosciences Environnement Toulouse et l'Université Toulouse III – Paul Sabatier

**Déroulement :**

- Conférences
- Posters
- Excursions de terrain

**Thématiques scientifiques :**

- Ressources minérales
- Genèse des gisements
- Expérimentation
- Modélisation
- Interactions fluides-roches

Contact: stefano.salvi@get.obs-mip.fr

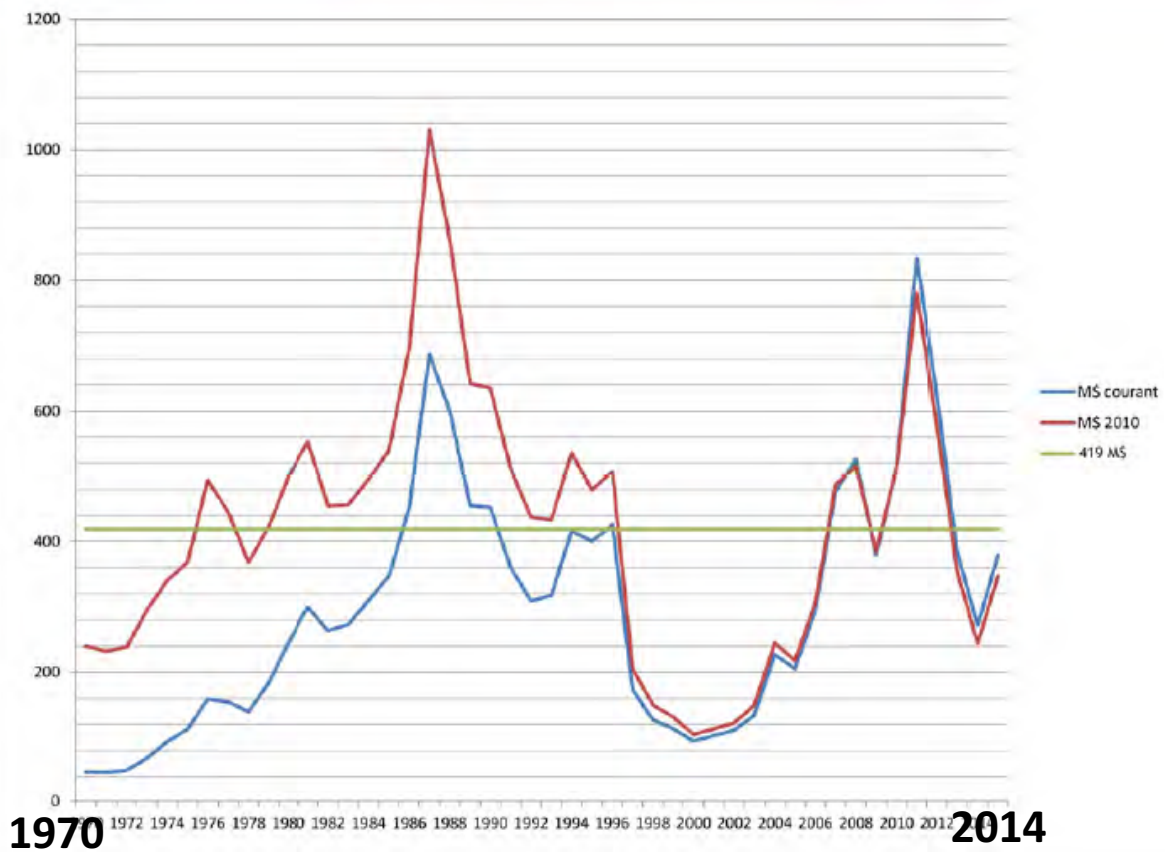


## FAUT-IL CONTINUER A FORMER DES GEOLOGUES DANS LE DOMAINE DES RESSOURCES MINERALES ?





## Dépenses annuelles d'exploration et de mise en valeur au Québec



## La cyclicité des cours des métaux de base (en \$ courant)



Cycles de 4 à 8 ans

**CYCLICITE !**



## Les défis humains de l'exploration minière

Genève, 2013  
Michel Jébrak

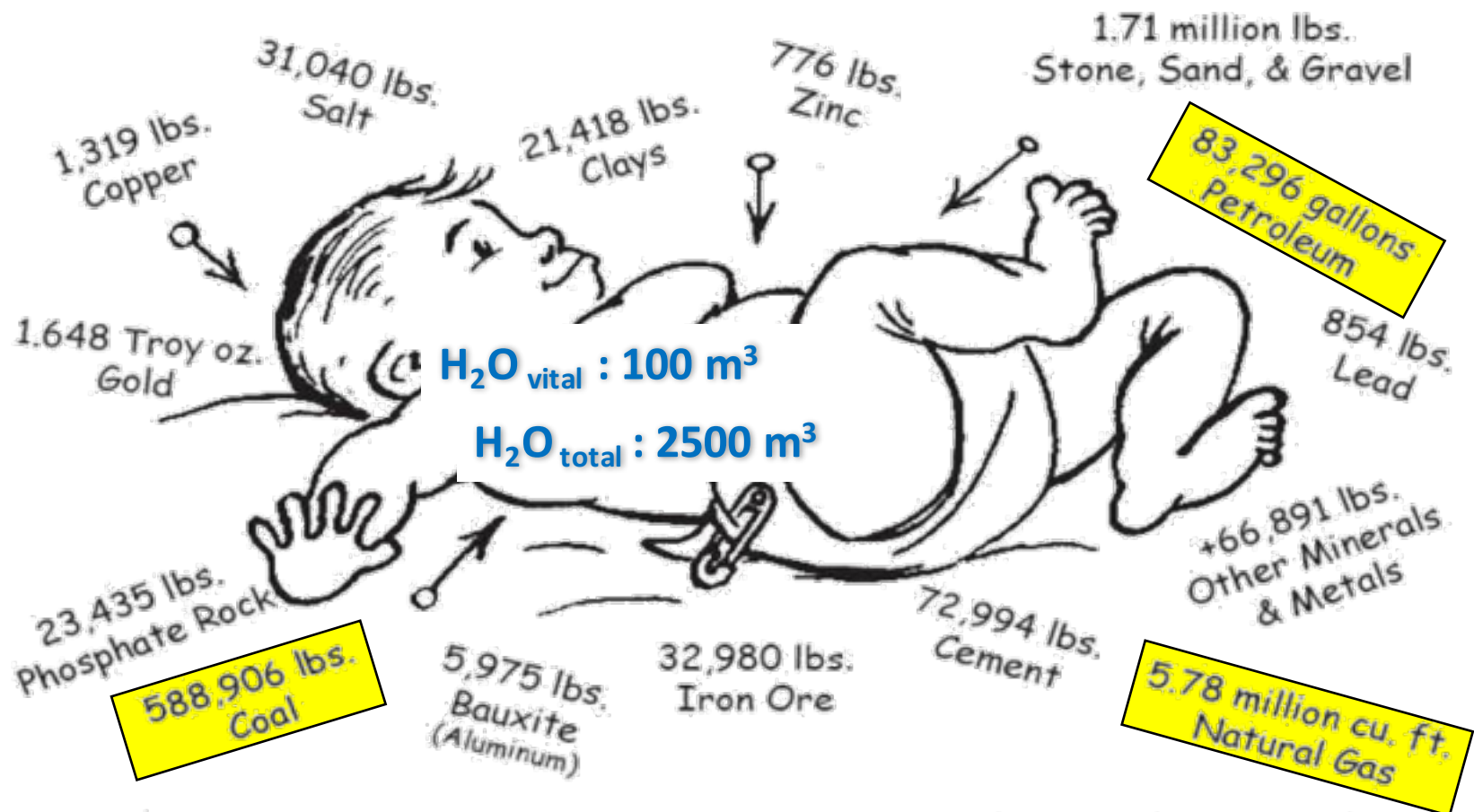
Michel Jébrak,  
ETR Ressources de Genève, 2013

Transition énergétique

Transition démographique

Transition écologique

Transition politique



**3.7 million pounds of minerals, metals, and fuels in their lifetime**

© 2006, Mineral Information Institute



## Les besoins en matériaux



LGV Est européenne 2<sup>e</sup> phase

Ouverture de la ligne dans... **027** JOURS



GRAND PROJET FERROVIAIRE GPSO DU SUD-OUEST Bordeaux-Toulouse Bordeaux-Espagne



**GRAND PARIS EXPRESS**  
LE MÉTRO DU GRAND PARIS

KM1  
-  
SAMEDI 4 JUIN  
2016

## Les chiffres clés de la phase 2

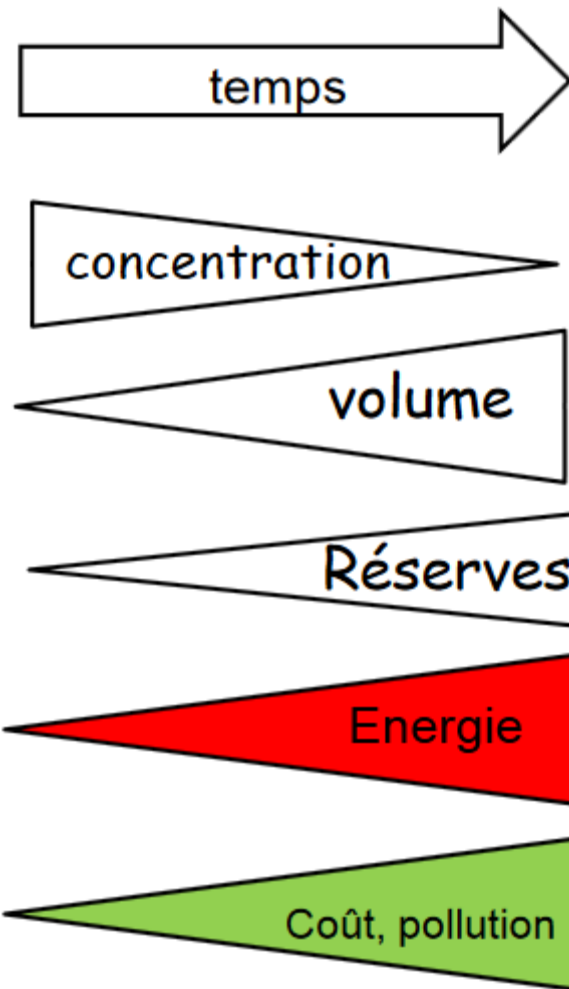
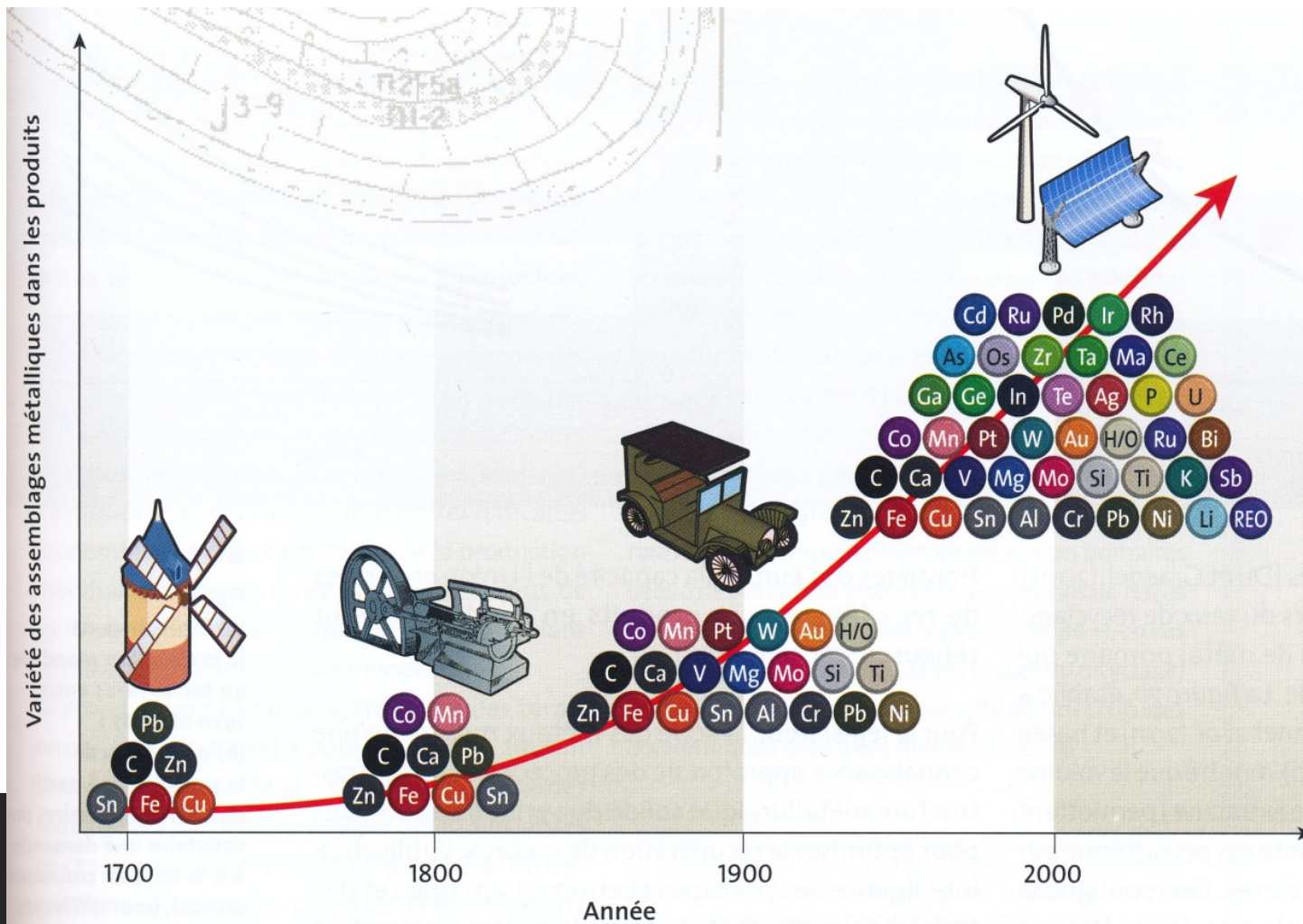
Pour se rendre compte de l'ampleur du projet, voici les chiffres les plus significatifs du chantier :

- 1,7 milliard d'euros de coût global (valeur 2005), soit 2 milliards d'euros courants si les travaux débutent en 2010
- 106 km de linéaire de ligne nouvelle
- 16,1 km de linéaire de raccordements
- 474 km de linéaire de
- 320 km/heure en vites
- 18,5 millions de m3 de
- 12,8 millions de m3 de
- 10,4 millions de m3 de
- 91 franchissements de
- 4 franchissements de
- 2 sauts-de-mouton
- 25 franchissements de cours d'eau
- 6 passages pour la faune
- 1 tunnel long de 3,9 km
- 1 million de tonnes de ballast
- 395 000 traverses
- 1 base travaux située à Réding (Moselle)

- 18,5 millions de m3 de déblai
- 12,8 millions de m3 de remblai
- 10,4 millions de m3 de dépôt



## Les besoins en métaux

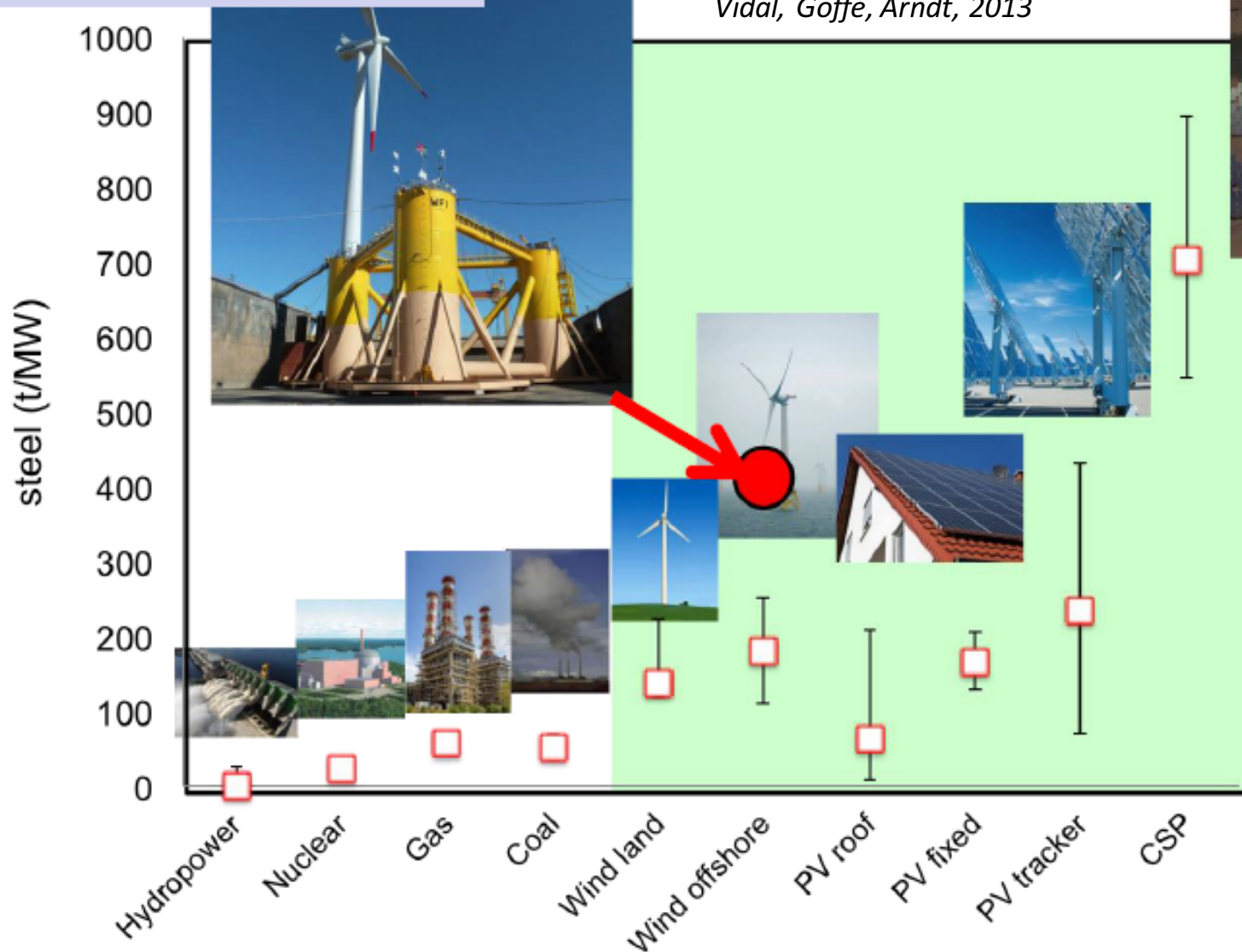


Vidal, Goffé, Arndt, 2013



## Intensité en acier des énergies (50 sources de données)

Vidal, Goffé, Arndt, 2013





## FORMER, POUR QUELS METIERS ?



## Spécificités de l'objet géologique

- ✓ L'objet d'étude est « inconnu »....
- ✓ Le géologue travaille avec des indices partiels, discontinus de nature extrêmement variée => Raisonnement atypique...
- ✓ Echelle de temps et d'espace très variable...
- ✓ Tous les objets d'étude ont une «histoire»...
- ✓ **C'est au géologue d'aller la où est l'objet et non l'inverse....**





## RESSOURCES MINERALES

Talc, U, mica, Au, Cu, REE, granite,  
calcaire, barytine, graphite, Ni, Pd,  
Feldspath, Pt, Re, Ge, Ga, In, silice,  
andalousite, gypse, kaolin, ....

*Substances variées...  
Environnements variés...  
Economie variable...  
Géopolitique évolutive...  
Géographie/géologie variées...*



Etats-Unis, 1921 : des femmes américaines offrent un gramme de radium à Marie-Curie.



Et aussi :

- La laine **Oradium** préconisée pour les bébés !
- Bains de **boues radioactives** contre les rhumatismes
- Ceintures en **caoutchouc radioactif** pour maigrir
- **Radia**, appât radioactif, pour attirer poissons et écrevisses...

Le scandale des potions au Radium!



# FORMATION POUR LES MATIERES PREMIERES MINERALES: QUELLES FORMATIONS POUR QUELS METIERS ?



Roche ?

Minerai ?

Comme les besoins économiques changent, ce qui est aujourd'hui une roche utile, donc un minerai, sera peut être une roche inutile demain!

Minerai ?

Roche ?

M. Gauthier, UQAM, 2011  
Ecole thématique Ressources  
Paris



## RESSOURCES MINERALES

Talc, U, mica, Au, Cu, REE, granite, calcaire, barytine, graphite, Ni, Pd, Feldspath, Pt, Re, Ge, Ga, In, silice, andalousite, gypse, kaolin, ....

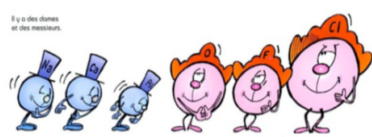
*Substances variées...  
Environnements variés...  
Economie variable...  
Géopolitique évolutive...  
Géographie/géologie variées...*

⇒ **BASE SOLIDE EN GEOLOGIE**

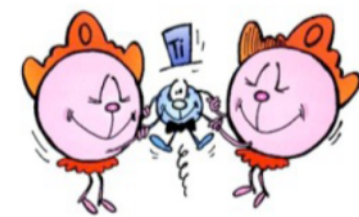
# FORMATION POUR LES MATIERES PREMIERES MINERALES: QUELLES FORMATIONS POUR QUELS METIERS ?



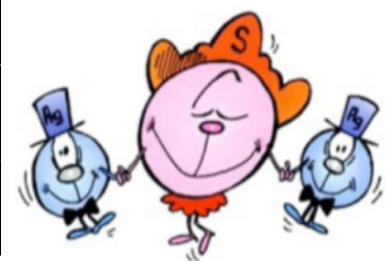
H	Non métalliques : anions																He																												
Li	Be	Métalloïdes : anions ou cations										B	C	N	O	F	Ne																												
Na	Mg	Métaux : cations										Al	Si	P	S	Cl	Ar																												
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																												
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																												
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																												
Fr	Ra	Ac	<table border="1"> <tr> <td>Ce</td><td>Pr</td><td>Nd</td><td>Pm</td><td>Sm</td><td>Eu</td><td>Gd</td><td>Tb</td><td>Dy</td><td>Ho</td><td>Er</td><td>Tm</td><td>Yb</td><td>Lu</td> </tr> <tr> <td>Th</td><td>Pa</td><td>U</td><td colspan="11"></td> </tr> </table>															Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Th	Pa	U											
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu																																
Th	Pa	U																																											



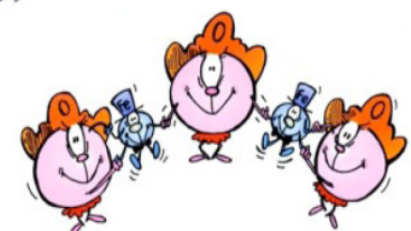
**Monogamie**  
NaCl : Halite



**Polygamie**  
TiO<sub>2</sub> : Rutile



**Polyandrie**  
Ag<sub>2</sub>S : Argentite



**Communauté**  
Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : Hématite

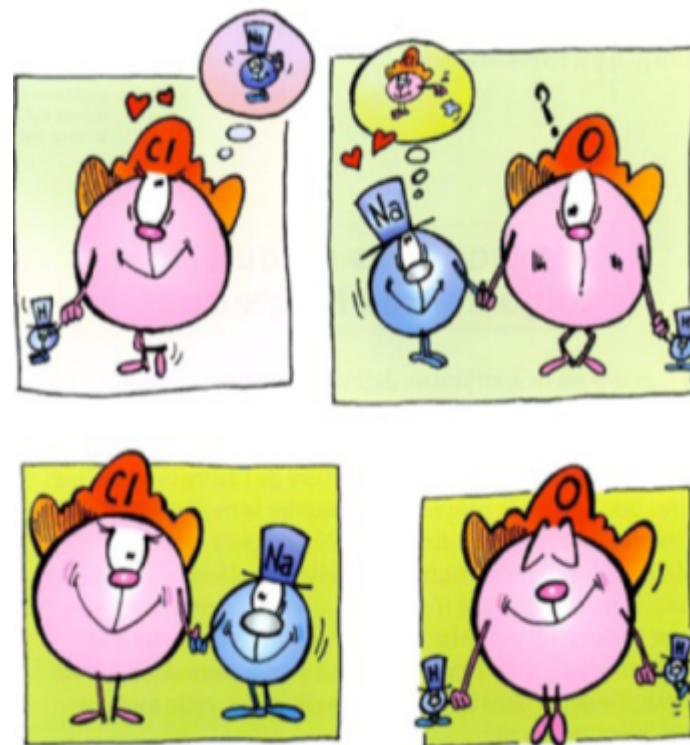
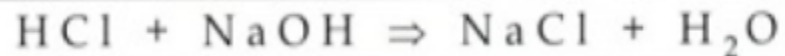
⇒ **Formation «dynamique»**

Quand un homme a faim, mieux vaut lui apprendre à pêcher que de lui donner un poisson. *Confucius*



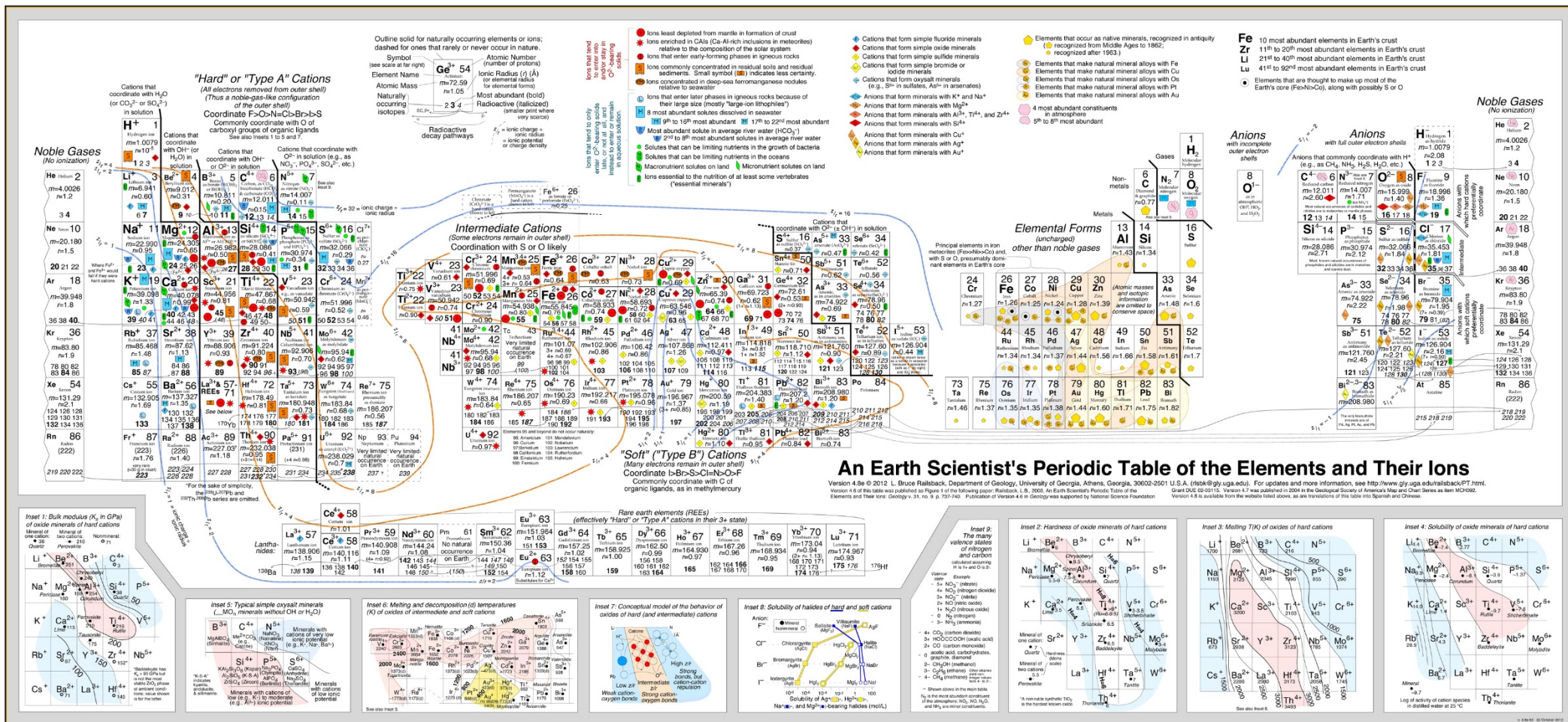
## Mais ces mariages ne sont pas définitifs !

### Réactions chimiques



Quand un homme a faim, mieux vaut lui apprendre à pêcher que de lui donner un poisson. *Confucius*

# FORMATION POUR LES MATIERES PREMIERES MINERALES: QUELLES FORMATIONS POUR QUELS METIERS ?





*Substances variées...  
Environnements variés...  
Economie variable...  
Géopolitique évolutive...  
Géographie/géologie variées...*

## Le **PROJET** Minier

- ✓ Exploration (trouver le gisement !)
- ✓ Estimation (faisabilité technique et financière)
- ✓ Exploitation («digging the mine»)
- ✓ Traitement du minerai (extraire la ressources cible du minerai)
- ✓ Remediation (restauration de la mine)
- ✓ Survey (à long terme)

**L'objet d'études est bien le PROJET**





*L'avis de Monsieur porphyre, David Lowell*



## Education of mineral explorationists

### Typical 1950 curriculum

Chemistry  
Physics  
Maths  
Humanities  
Geology  
Mineralogy  
Ore deposits  
  
Field Geology  
English

### Typical 2000 curriculum

Chemistry  
Physics  
More Maths  
Computer modeling  
Theoretical geochemistry  
Theoretical geophysics  
Plate tectonics  
Remote sensing  
Little field geology  
English

### Ideal 2000 curriculum

More economics  
Business practice and mining finance  
Mining and metallurgy  
Practical exploration exercises  
More training in practical writing  
Do not try to train students to be ore deposits professors  
  
Much more field geology and surveying  
Practical foreign language



## Compétences d'un entrepreneur minier:



Michel Jébrak,  
ETR Ressources de Genève, 2013



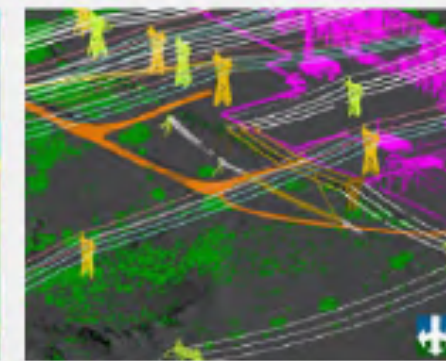
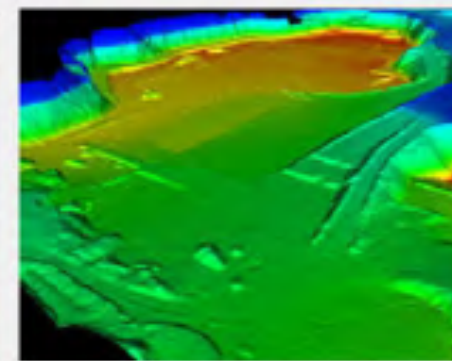
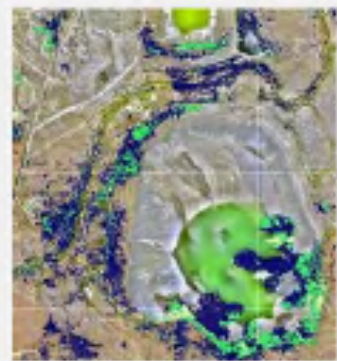
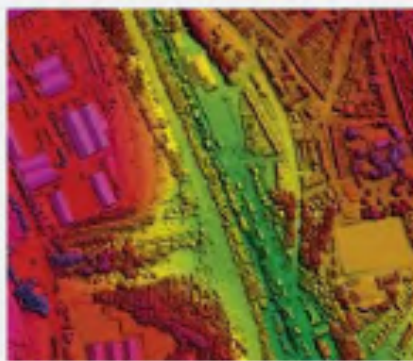
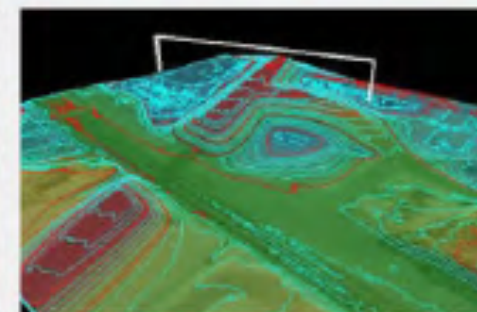
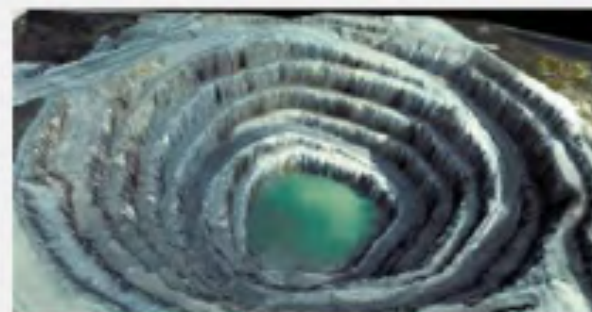
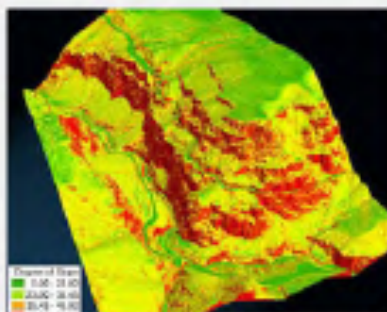
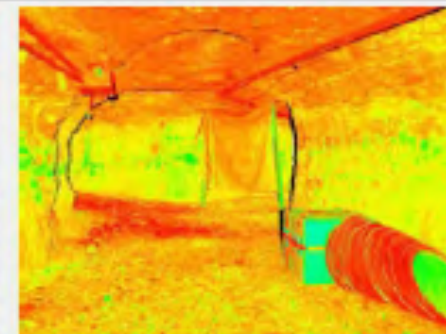
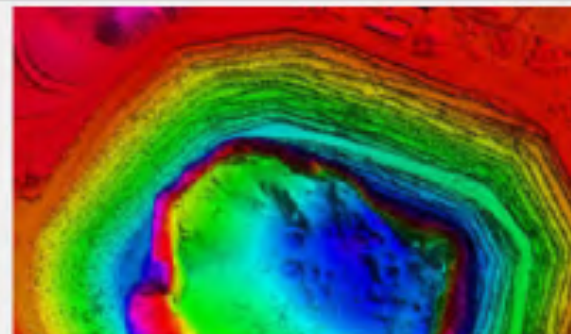
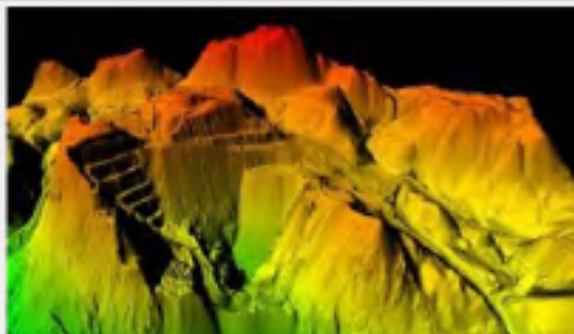
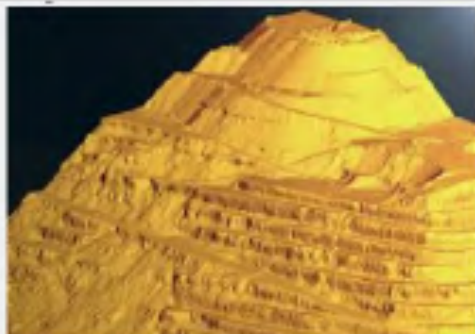
## Quels changements dans la formation...?

- ✓ Savoirs/connaissances
  - ✓ Concepts
  - ✓ **Techniques**
    - Ordinateurs
    - Instruments de terrain
- => apprendre à utiliser des logiciels complexes

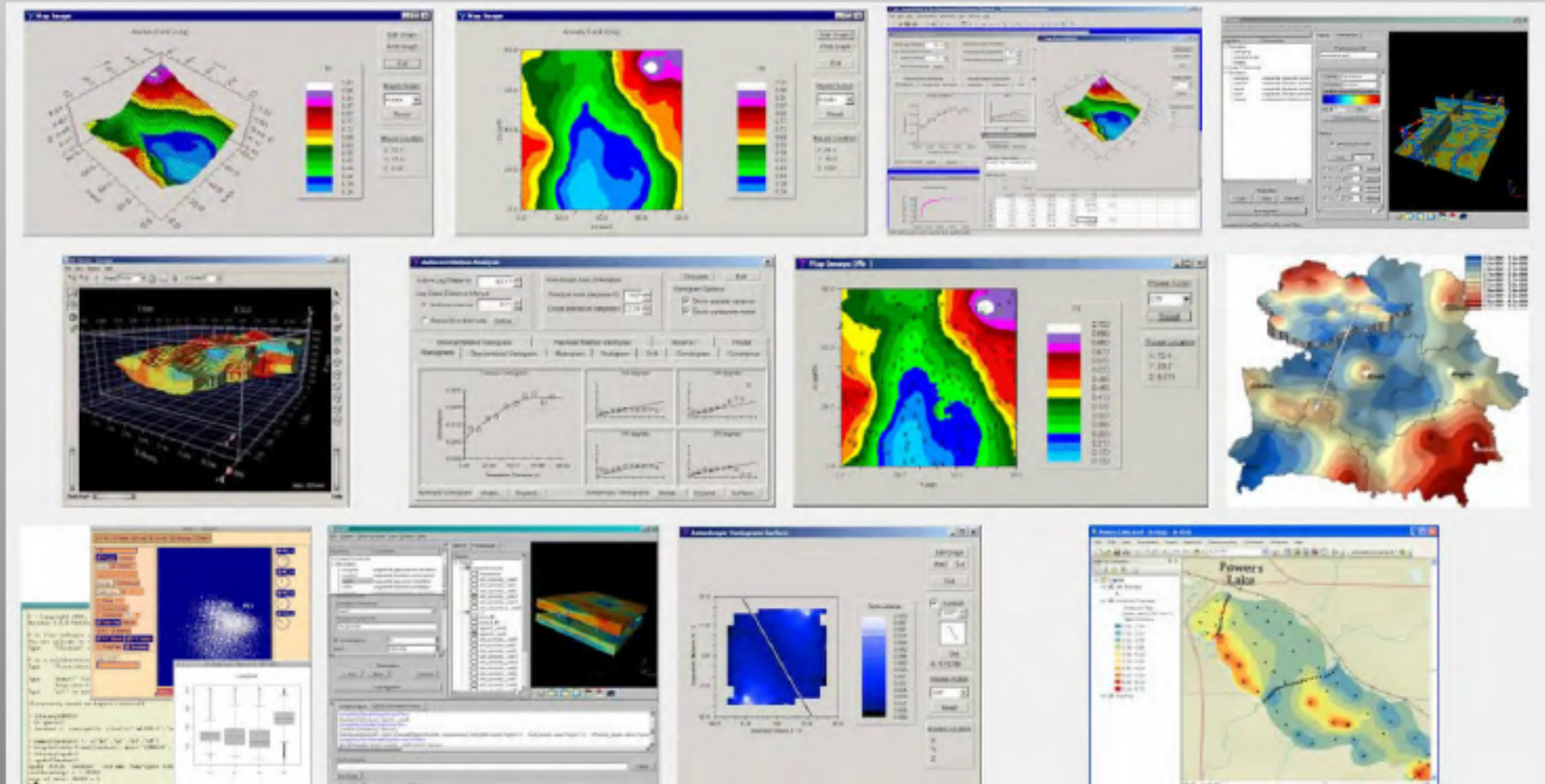


**Compétences...**

## Lidar + mine



## Geostatistics + software





- ✓ Toujours plus de données
- ✓ Plus de problème avec les équations, pas de besoins de simplifications
- ✓ Le focus va se porter sur
  - La qualité des données (échantillonnages),
  - Evaluation des résultats (statistiques)
  - L'analyse des données. Qu'est ce qui est significatif, qu'est ce qui est nouveau, qu'est ce qui est surprenant ?
  - Cohérence, réconciliation, optimisation
- ✓ Stockage et traitement des données
- ✓ Normes, procédures, sûreté, etc..



## Compétences...



## 1) Quels sont les besoins des entreprises, que recherchent-elles ?

*ETR Genève 2013*

- Motivation** : les compagnies minières recherchent des candidats très motivés en premier lieu.
- Solides bases en géologie** : être capable d'identifier les roches et structures géologiques (mais pas seulement !)
- Fieldwork** : les géologues de terrain, bien formés sont précieux (compte tenu du prix des field trips). Mais attention, il faut pouvoir supporter des conditions topographiques et climatiques parfois particulières.
- Expérience** : il est toujours plus économique de recruter quelqu'un d'expérimenté. L'idéal pour les compagnies est d'embaucher des personnes déjà formées par d'autres compagnies. Voilà pourquoi les jeunes diplômés sont, à priori moins intéressants. Ils présentent toutefois l'avantage d'être « façonnables ».
- Compétences informatiques** : être bon en programmation, en informatique est important, mais il n'est pas nécessaire de connaître tous les logiciels sachant que bien souvent les compagnies possèdent le leur et sont capables de former quelqu'un qui maîtrise les outils informatiques en général.
- Capacité d'adaptation, pluridisciplinarité** : nécessaires pour évoluer dans les grandes entreprises et travailler dans les juniors, mais aussi pour bien s'intégrer dans des environnements étrangers, différents.
- Mobilité** : Dimension importante dans le domaine minier, sachant que la pression de la mobilité à l'étranger dans les organismes publics est moins importante que dans le privé.





## 2) Comment faut-il faire pour être embauché ?

- Monter sa motivation** et savoir l'expliquer. Il faut pouvoir faire la différence à ce niveau.
- Réseau, contact** : ne pas hésiter à prendre contact, relancer, téléphoner, rencontrer les personnes dont l'activité nous intéresse. Au risque de paraître trop insistant, encore une fois la motivation est prouvée. Il vaut mieux envoyer son CV à une personne faisant partie de son réseau plutôt qu'à un RH. Pour élargir son réseau, les écoles thématiques sont un bon moyen mais il y a aussi les sociétés comme la SGF, SEG, SFMC...
- Avoir de bonnes références** : afin de s'assurer de la qualité d'un candidat, les entreprises utilisent aussi leur réseau. Il est donc nécessaire d'entretenir de bonnes relations avec les personnes qui nous connaissent et qui peuvent nous recommander !



### 3) Quel niveau d'études ?

- Diplômes** : Bien que nécessaires, ils importent moins que la personne elle-même et sa motivation. De la même manière, Ph.D. ou pas, un candidat sera jugé sur sa personnalité et ce qu'elle sait faire avant tout! Sachant qu'une thèse est un choix d'investissement personnel et ne doit pas constituer une façon de poursuivre ses études. A noter que certains pays, l'Australie par exemple, manquent de diplômés de master, en raison d'un trop grand nombre d'embauches de techniciens et peu de candidats au master.
- Alternance** : pour gagner de l'expérience tout en étudiant, cela peut-être une bonne combinaison. En revanche il faut prendre garde au manque d'ouverture qui peut parfois pénaliser les étudiants dans ce genre de formation. Quoi qu'il en soit l'alternance demeure très bénéfique pour les entreprises.
- Expérience** : au delà du niveau d'étude, l'expérience est très importante.



**MOBILITE  
GEOGRAPHIQUE**

**ADAPTABILITE  
THEMATIQUE  
ET TECHNIQUE**



# FORMATION POUR LES MATIERES PREMIERES MINERALES: QUELLES FORMATIONS POUR QUELS METIERS ?

Jean-Marc Montel, Irvine Annesley

**Anne-Sylvie André-Mayer**  
**Ecole Nationale Supérieure de Géologie**