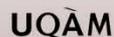
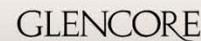


# Assurance et contrôle de la qualité (QA/QC) en exploration minérale : synthèse et évaluation des pratiques

Projet 2013-05

Silvain Rafini

Atelier CONSOREM – Québec Mines – 17 novembre 2014



## **PLAN**

- **Introduction : contexte, notions de base**
- **État des lieux QA/QC : répertoire des usages**
- **Variation de l'erreur selon la substance et le contexte**
- **Validation avancée des systèmes de mesure : Gage R&R**
- **Conclusions, discussion, recommandations**

- Augmentation des garanties exigées (Autorité des Marchés Financiers, ICM) : règlement NI 43-101
- Développement de nombreux protocoles QA/QC internes aux compagnies
- Plusieurs « recettes » QA/QC proposées par les consultants
- ➔ Conjoncture bonne pour une synthèse dressant un **portrait des pratiques courantes** au sein des compagnies et des bureaux de consultants
  - Tendances convergentes, divergentes ?
  - Variations selon les contextes (substance, degré d'avancement des projets) ?
  - Aspects bien contrôlés vs lacunes persistantes
  - Améliorations possibles des usages ?

### **Objectif d'un programme QA/QC**

Estimer, contrôler et diminuer l'erreur associée à un système de mesure

#### QA (Quality Assurance)

**Définition ICM :** “All of those planned or systematic actions necessary to **provide adequate confidence** in the data collection and estimation process.”

#### QC (Quality Control)

**Définition ICM :** “The systems and **mechanisms put in place to provide the Quality Assurance**. The four steps of Quality Control include i) setting standards, ii) appraising performance, iii) acting when necessary, and iv) planning for improvements.”

**Origine du QA/QC** (fin années 90, début 2000)

**Bre-X : la plus grosse « découverte » du XXème siècle**

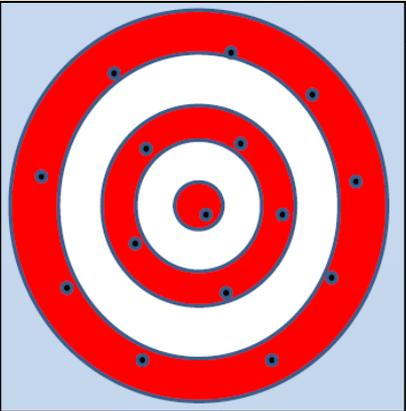
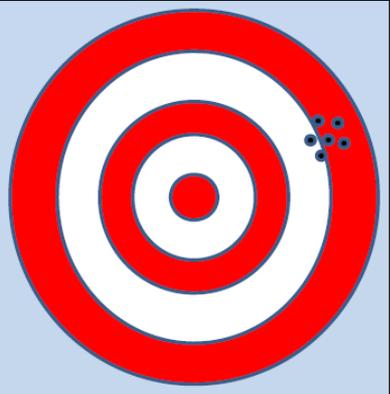
En s'appuyant sur des analyses des forages « salés », la compagnie minière Bre-X annonce la **découverte mensongère** d'un gîte de 4000 t Au en Indonésie, provoquant un **engouement spéculatif** suivi d'un **effondrement** sans précédent de la bourse de Vancouver

→Le gouvernement canadien **régule la profession de géologue** et demande que les analyses d'échantillons soient dorénavant annoncées avec une **calibration formelle et normée** afin de protéger les investisseurs de déclarations frauduleuses

→Création par l'Autorité des Marchés Financiers du **National Instrument 43-101** (équivalent JORC en Australie, SAMREC en Afrique du Sud ; première version en nov. 2000) : toute mesure intervenant dans une estimation de ressources doit être accompagnée d'une **estimation de sa qualité**

→Obligation de nommer une **personne responsable (Qualified Person)** de la supervision des annonces publiques et de la révision des aspects touchant à la qualité des analyses et aux problèmes potentiellement reliés

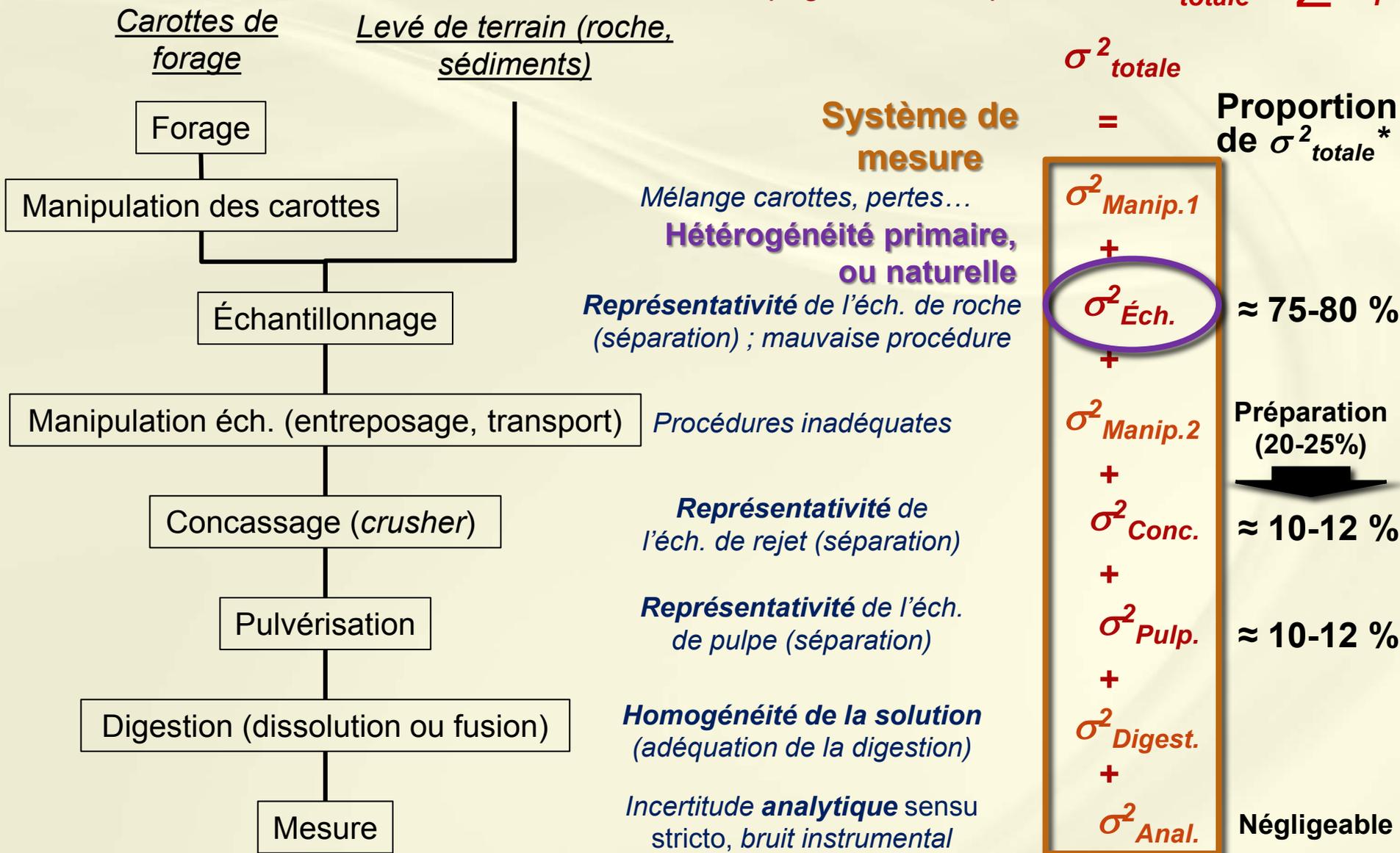
→Publication en 2003 par l'ICM (plus précisément, le "Comité pour l'estimation des meilleures pratiques") de **lignes de bonne conduite recommandées aux pratiquants**, ainsi que d'une série de définitions standardisées (réserves vs ressources, mesurées vs Indiquées, etc. : "**Best Practices Guidelines**")

	Nature de l'erreur	Action de contrôle
<p>Mauvaise précision</p> 	<p><b>Précision</b>  <b>Dispersion</b> des mesures                      autour d'un objectif connu                      (reproductibilité) ; notion de  <b>variance</b>  <i>Erreur aléatoire</i></p>	<p><b>Insertion de duplicatas</b></p>
<p>Mauvais justesse</p> 	<p><b>Justesse (accuracy)</b>  <b>Différence</b> entre la moyenne des                      mesures et un objectif connu ;                      notions de <b>moyenne, biais</b>  <i>Erreur systématique</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Contamination</li> <li>2. Biais analytique</li> </ol>	<p><b>Insertion de blancs</b>  <b>Insertion de standards</b></p>



# Les sources d'erreurs dans la chaîne d'acquisition de données

Propagation de l'imprécision :  $\sigma^2_{totale} = \sum \sigma^2_i$

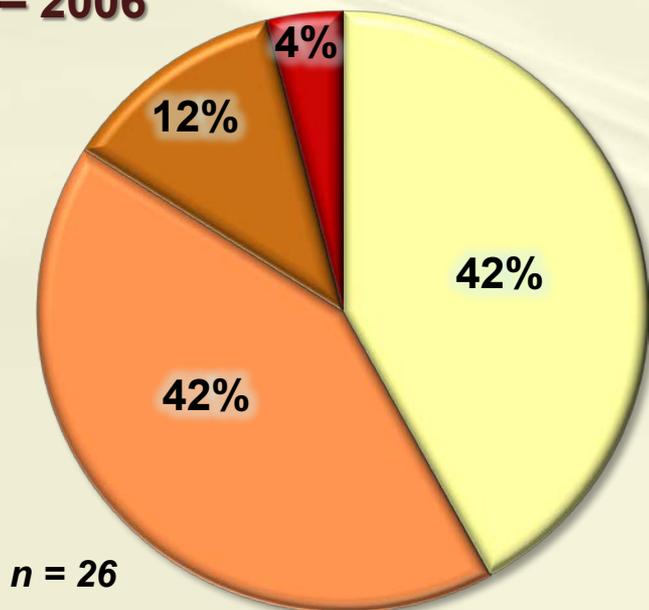


## État des lieux QA/QC : répertoire des usages

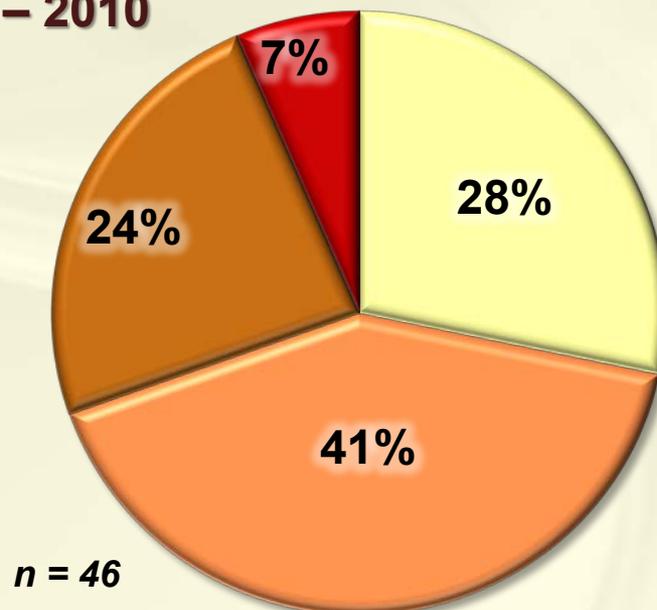
- Globalement, QA/QC constitue une **portion mineure des coûts** d'exploration ; tandis que le contrôle de l'erreur est un **enjeu majeur**
  - Sur-validation est peu dommageable en comparaison au risque de sous-validation
- Des **problèmes de ressources** reliées à des données insuffisantes (qualité et/ou quantité) ne sont pas rares à l'étape de l'exploitation (50 % des projets miniers, selon une étude menée dans les années 90 basée sur 16 projets dans 12 compagnies, *source : Beaudry, 2013*)
  - Exemple de problèmes : **surestimation des ressources causées par la présence d'or grossier** ; obligation d'exclure des campagnes antérieures car **QA/QC pas assez rigoureux** (→ tonnage doit être révisé à la baisse)
- Audits récents sur l'industrie de l'exploration (Méndez, 2011 ; Bloom, 2012), notamment avec compilation de 43-101, concluent que **des programmes exhaustifs de QC demeurent relativement peu fréquents**
  - L'intérêt des compagnies pour le QA/QC augmente mais en pratique les modifications requises (procédures, budgets) sont encore mal reçues

## Évolution des usages (étude internationale par Méndez, 2011)

**2003 – 2006**



**2007 – 2010**



 **QA/QC inexistant** : absence de programme de contrôle de qualité

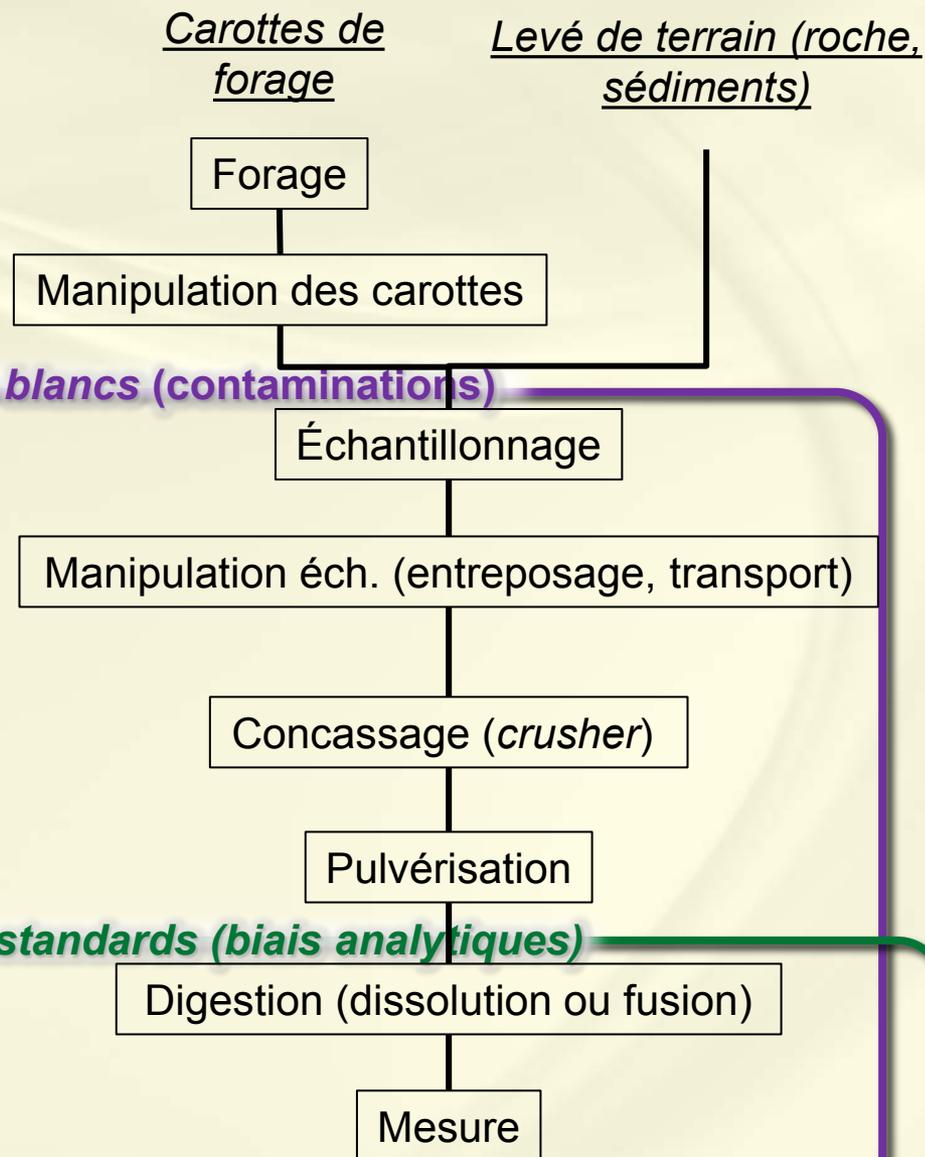
 **Inadéquat** : qualité partiellement contrôlée avec insertion très limitée d'éch. contrôle, procédures non adaptées ; les actions correctrices ne sont pas posées

 **Acceptable** : qualité partiellement contrôlée avec insertion raisonnable d'éch. contrôle et procédures optimisées ; certaines actions correctrices sont posées

 **Excellent** : qualité totalement contrôlée avec insertion exhaustive d'éch. de contrôle et procédures optimisées ; les actions correctrices adéquates sont posées

## Propagation du biais :

$\mu_{final} =$	
$\mu_{exacte}$	<i>Météo (sols)</i>
+/-	
$\mu_{Forage}$	<i>Contamination</i>
+/-	
$\mu_{Manip.1}$	<i>Contamination</i>
+/-	
<b>Sources contrôlées par l'insertion de blancs (contaminations)</b>	
$\mu_{Éch.}$	<i>Contamination, imprécision</i>
+/-	
$\mu_{Manip.2}$	<i>Contamination, perte des fines</i>
+/-	
$\mu_{Conc.}$	<i>Contamination, ségrégation granulométrique (Au), perte des grossières</i>
+/-	
$\mu_{Pulp.}$	<i>Contamination</i>
+/-	
<b>Sources contrôlées par l'insertion de standards (biais analytiques)</b>	
$\mu_{Digest.}$	<i>Interférences, mauvaise récupération</i>
+/-	
$\mu_{Anal.}$	<i>Interférences, inadéquation méthode</i>



## Insertion de « blancs »

- ✓ Pratiquée par **toutes les compagnies dès les premiers stades** d'exploration
- ✓ **Taux d'insertion variables** : 1% à 6.6% aux stades précoces ; 2.5% à 10.3% aux stades avancés

## Insertion de standards

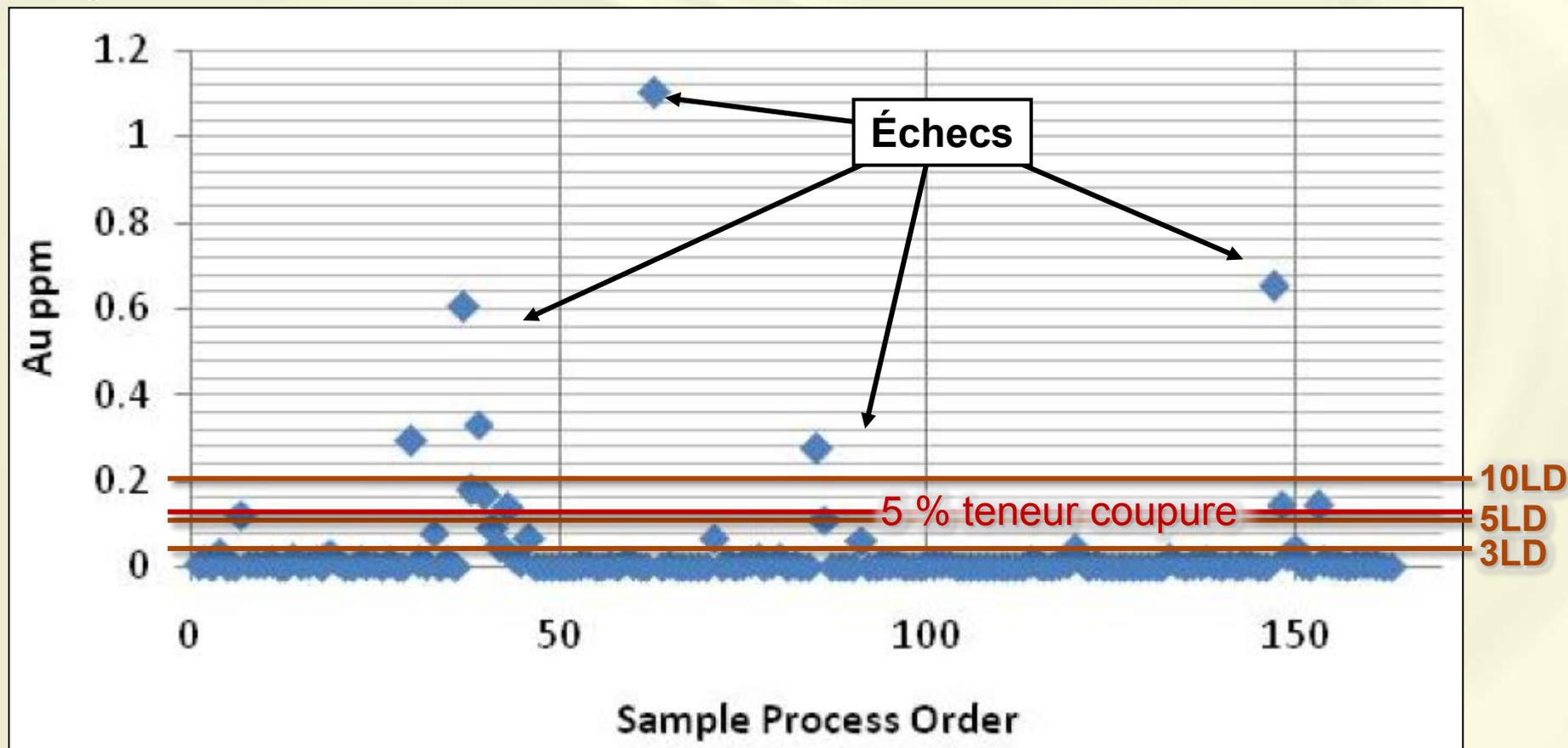
- Standards **certifiés commerciaux** vs standards **internes** (matrix-matched)
- Biais varie avec teneur → **plusieurs standards** (teneurs coupure et moyenne, haute teneur)
- **Règle du pouce pour standard adéquat = 95 à 99% des éch. dans intervalle  $[\mu-5\%,\mu+5\%]$**
- ✓ Pratiqué par **toutes les compagnies dès les premiers stades** (même levés de surface)
- ✓ **Taux variables** : 1% à 3.3% aux stades précoces ; 2.5% à 10.3% aux stades avancés
- ✓ De **3 à 7 standards différents**, dont 0 à 50% standards internes

## Validation des blancs : test de contamination

**Seuils de validation typiques** : 3LD\*, 5LD, 10LD, ou fraction de la teneur de coupure (5, 10%)

**Adapter** selon 1. concentration normale moyenne vs LD ; 2. degré avancement du projet

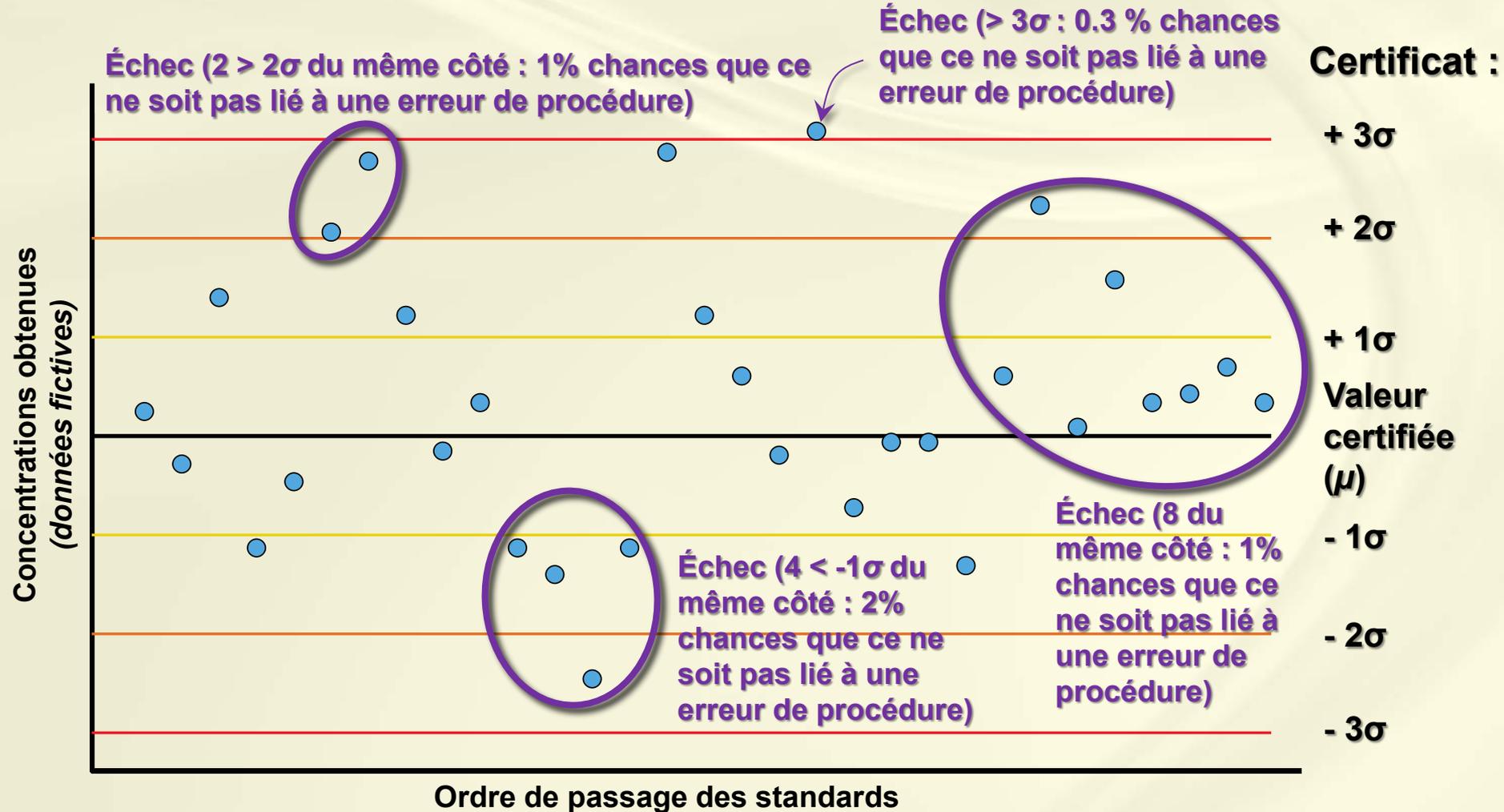
### Diagramme de contrôle



## Validation des standards : diagramme de Shewhart

**Seuils de validation** typiques :  $3\sigma$ , ou  $2\sigma$  sur deux éch. consécutifs

Seuils standards industriels WECO\* plus avancés pratiqués par certaines compagnies



Synthèse des actions présentées dans les protocoles, liste non-exhaustive

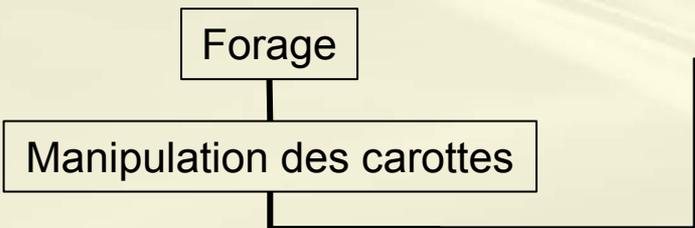
1. **Échec standard** : vérifier **erreurs de numérotation des standards** (très fréquentes) en vérifiant la cohérence éventuelle avec les valeurs indiquées des autres standards
2. **Échec blanc** : vérifier si les éch. précédents sont minéralisés voire à haute teneur → **contamination**, le labo doit modifier la procédure (nettoyage)
3. Si plusieurs éch. de contrôle d'un lot (**standards, blancs et duplicatas**) sont **invalides**, la cause est probablement un **mélange d'éch.** (décalage, permutation) → vérifier et rectifier
4. Si **plusieurs échecs successifs** et **aucune cause évidente** n'est trouvée :  
**Ré-analyser tous les lots correspondants** (incluant les éch. de contrôle), ou au minimum les 10 éch. précédents et les 10 éch. subséquents  
→ **Si différents** des valeurs originales alors le labo doit fournir une explication et modifier ses procédures, les **nouvelles valeurs** sont intégrées dans la base de données



Carottes de forage

Levé de terrain (roche, sédiments)

Propagation de l'imprécision :



Mélange carottes, pertes...

$$\sigma^2_{totale}$$

=

$$\sigma^2_{Manip.1}$$

+

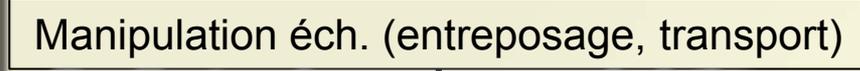
Variances mesurées par insertion des **duplicatas d'éch.**



**Représentativité** de l'éch. de roche (séparation) ; mauvaise procédure

$$\sigma^2_{Éch.}$$

+



Procédures inadéquates

$$\sigma^2_{Manip.2}$$

+

**Duplicatas de concassage (rejet)**



**Représentativité** de l'éch. de rejet (séparation)

$$\sigma^2_{Conc.}$$

+

**Duplicatas de pulpe**

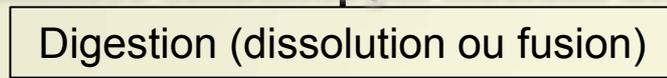


**Représentativité** de l'éch. de pulpe (séparation)

$$\sigma^2_{Pulp.}$$

+

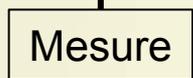
Variances contrôlées par insertion des **standards**



**Homogénéité de la solution** (adéquation de la digestion)

$$\sigma^2_{Digest.}$$

+



**Incertitude analytique** sensu stricto, bruit instrumental

$$\sigma^2_{Anal.}$$

Dup. roche

Dup. rejet

Dup. pulp

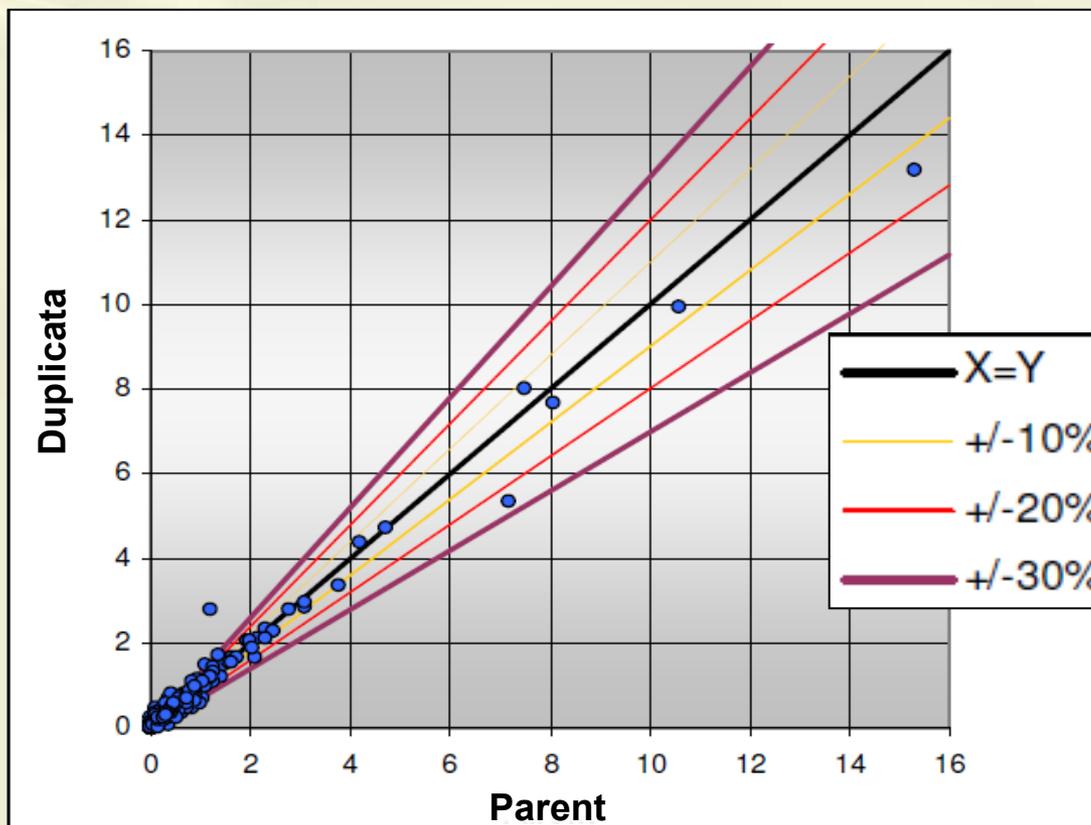
Estimation de la précision requiert au moins une **60aine de duplicatas**, ce qui représente env. 1000 éch. (5%) → à un stade avancé voire **en fin de campagne**

### Insertion de duplicatas

- Duplicatas doivent être introduits **à chaque étape de séparation** (carothèque et labo) pour **contrôler la représentativité** (source dominante d'imprécision) de l'échantillon
- Duplicata de pulpe et de rejet = pratiqué à l'interne par beaucoup de labos (davantage pour les labos ISO), mais résultats non automatiquement transmis (demander au labo)

- ✓ **Pratique très hétérogène** : relativement fréquente mais non généralisée
- ✓ **Très rarement aux premiers stades** d'exploration (*grass root*)
- ✓ Le plus souvent **seulement duplicatas d'échantillon** (roche ou sédiment)
- ✓ Combiné à des duplicatas de **rejet** et de **pulpe** : **projets avancés**

- Simple test de corrélation



- Diagramme Q-Q (Quantile-Quantile), *idem* mais en rangs

✓ **Diagrammes les plus répandus**, bien que peu utiles...

### Calcul de la précision par la **Différence Relative Moyennée** (DRM)

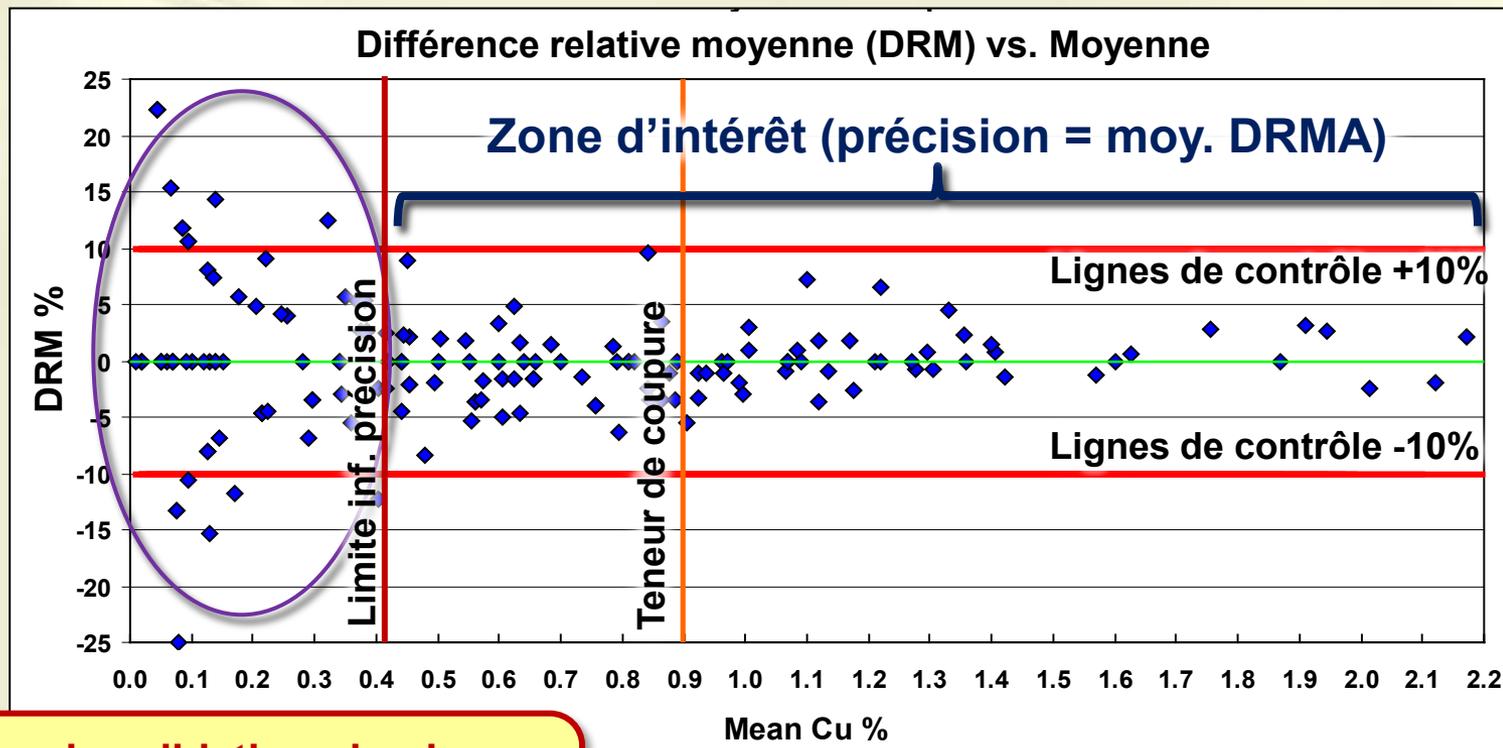
$$DRM = 100 \times \frac{(dup - parent)}{(dup + parent) / 2}$$

- **DRM Absolue : DRMA**
- En première approximation, la **moyenne des DRMA\*** de l'ensemble des doublets (**dup, parent**) offre une certaine appréciation de la **précision du système de données**
- Usage combiné de duplicatas de plusieurs types (roche, rejet, pulpe) → connaissance des **précisions aux différentes étapes du processus**, aide à **localiser les étapes** à améliorer
- Diagrammes ARD ou HARD ((*Half*) *Absolute Relative Difference*) : **DRMA vs rang DRMA**  
✓ **Utilisés par 3/10 compagnies**

Howarth et Thompson (1978) : la DRM **varie avec la concentration**

→ Diagrammes DRM vs concentration

Erreur relative  
**augmente avec  
la concentration** :  
fixer limite  
inférieure (10 LD,  
teneur coupure...)



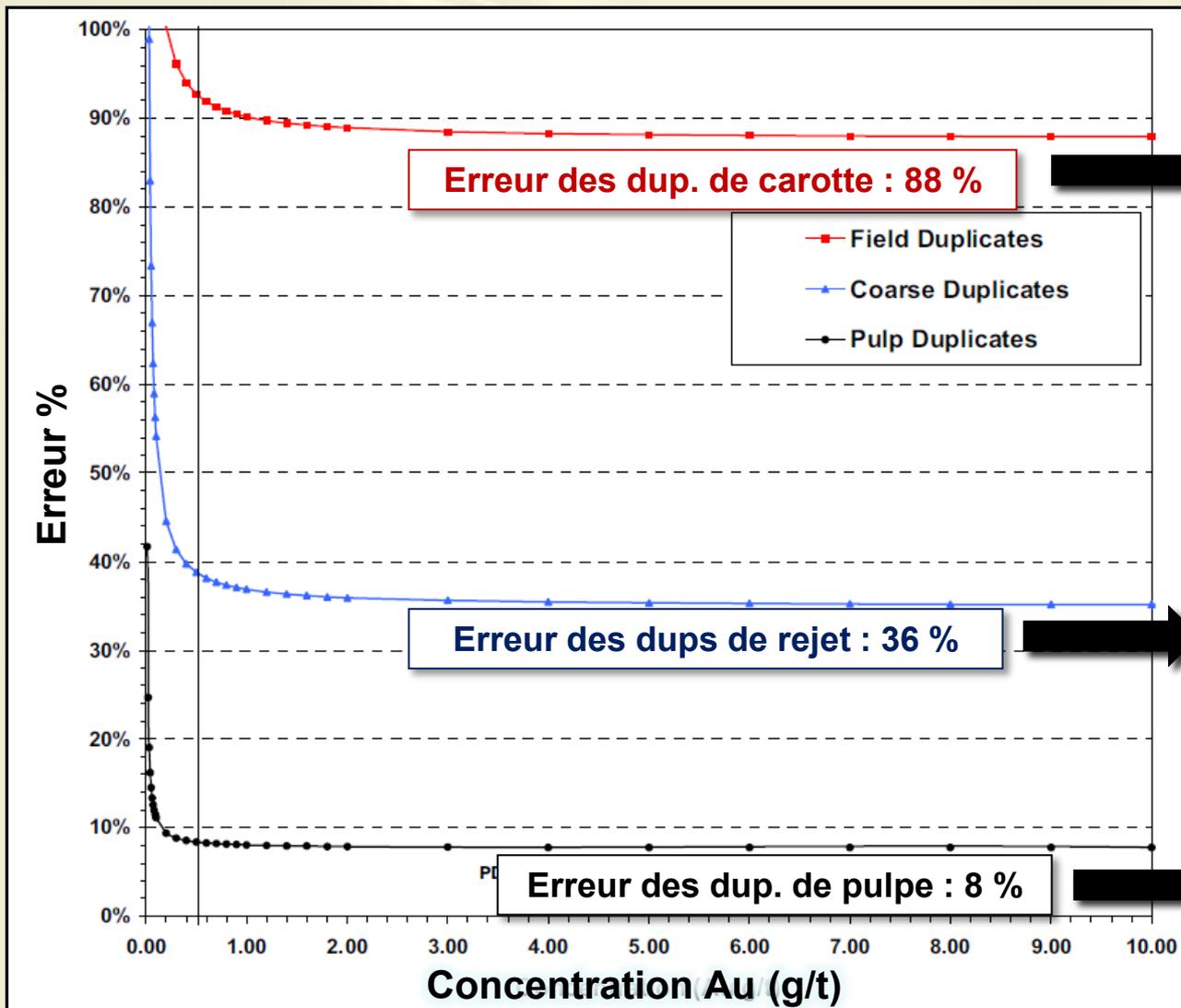
**Critère typique de validation simple :**  
90% dans l'intervalle  $\pm 20\%$  (dup d'éch.)  
90% dans l'intervalle  $\pm 10\%$  (dup. pulpe)

$$Mean = 0.5 \times (dup + parent)$$

- ✓ Diagramme nettement plus efficace, mais **d'usage restreint (2/10)**, spécialistes internes
- ✓ Recommandé et utilisé par les consultants

## Diagramme de Howarth-Thompson (construction détaillée dans le rapport)

Horvath (2008) pour Innovexplo (2008), projet Discovery, Abitibi : or filonien (Au grossier)



**Très élevée.** Indique un très fort effet pépité lié au gain grossier de Au

**Élevée.** Indique une faible homogénéité des éch. en sortie du concasseur

Acceptable

Si l'ensemble des données présente une précision jugée trop faible

- **Le système de mesure doit être amélioré**
  - **Modifier les procédures** en conséquence afin de **réduire l'erreur aux étapes successives** (voir Stanley et Smee, 2007) :
    - **Réduction erreur échantillonnage roche** : augmenter la masse (longueur, ou NQ→HQ)
    - **Réduction erreur échantillonnage rejet** : affiner la granulométrie de passage\*, augmenter la masse\* (ex.: 1→3kg)
    - **Réduction erreur échantillonnage pulpe** : augmenter la masse\* (30→50g)
    - Changer de méthode de digestion et/ou d'analyse
    - Améliorer le protocole d'échantillonnage
  - Ces actions réductrices d'erreur ont chacune une **efficacité** et un **coût** spécifiques : adapter la stratégie selon le degré d'avancement du projet (Stanley et Smee, 2007)

\* cf. théorie de l'échantillonnage appliquée à l'exploration minérale : Clifton et al, 1969 ; Nichol et al, 1987 ; François-Bongarçon et Gy, 1999 ; François-Bongarçon, 1991, 2004 ; Bazin et al, 2013

**Contrôle de la qualité du labo (justesse, précision)** : duplicatas pulpes ou rejets envoyés à un **laboratoire subsidiaire**

- ✓ **Pratique assez courante** aux stades avancés (à partir de la définition) : 6/10
- ✓ **Taux variables** : entre 5% et 10% systématique, ou 20% des zones minéralisées

**Validation des éch. minéralisés** : ré-analyses pulpes ou rejets **minéralisés** au même laboratoire

- ✓ **Pratique très courante, systématique** aux stades avancés (à partir de la définition), dans les zones minéralisées
- ✓ **Taux variables** : entre 2.1% et 15% systématique, et entre 5% et 100% dans les zones minéralisées

**Particle Size Analysis (PSA)** : vérification granulométrie des rejets auprès d'un 2<sup>ème</sup> labo

- ✓ **Pratiqué par 2/11 compagnies** (taux 5% jusque 30 éch. puis 1% si *PSA* préliminaire est acceptable)
- ✓ Stades d'exploration peu avancés et avancés
- ✓ Recommandé par les consultants

# Taux d'insertion

— Méndez, 2011 → 18%

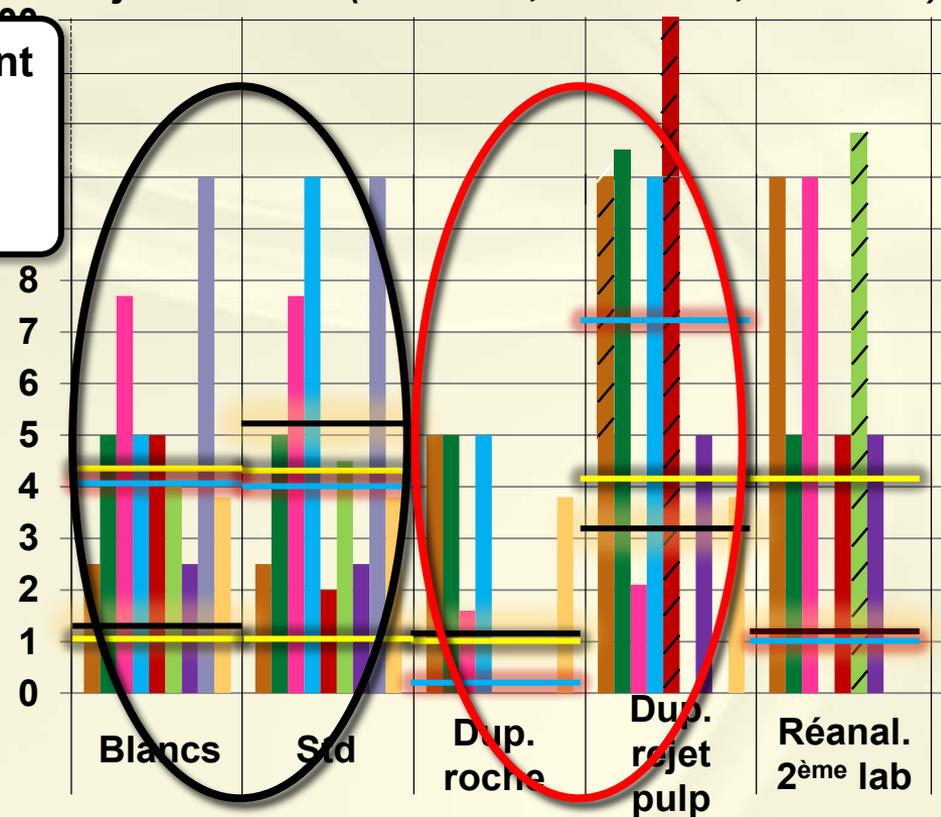
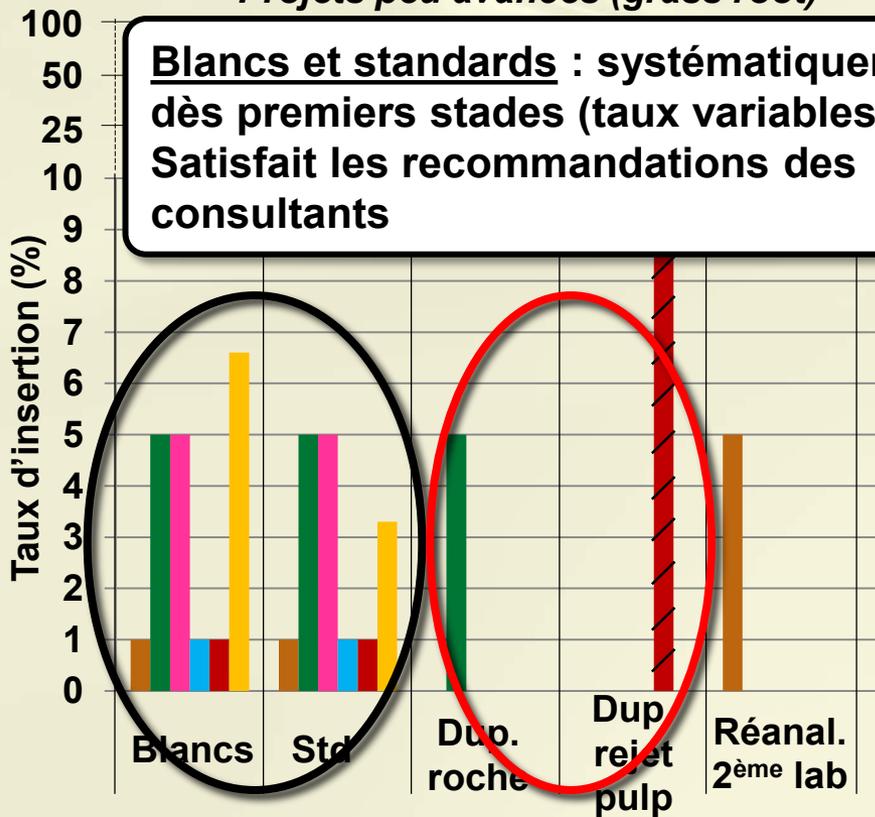
— Beaudry, 2012 → 16% (22% très avancés)

— Belzile, 2012 → 21%

*Projets peu avancés (grass root)*

*Projets avancés (définition, évaluation, faisabilité)*

**Blancs et standards** : systématiquement dès premiers stades (taux variables)  
Satisfait les recommandations des consultants



# compagnie 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Projets peu avancés

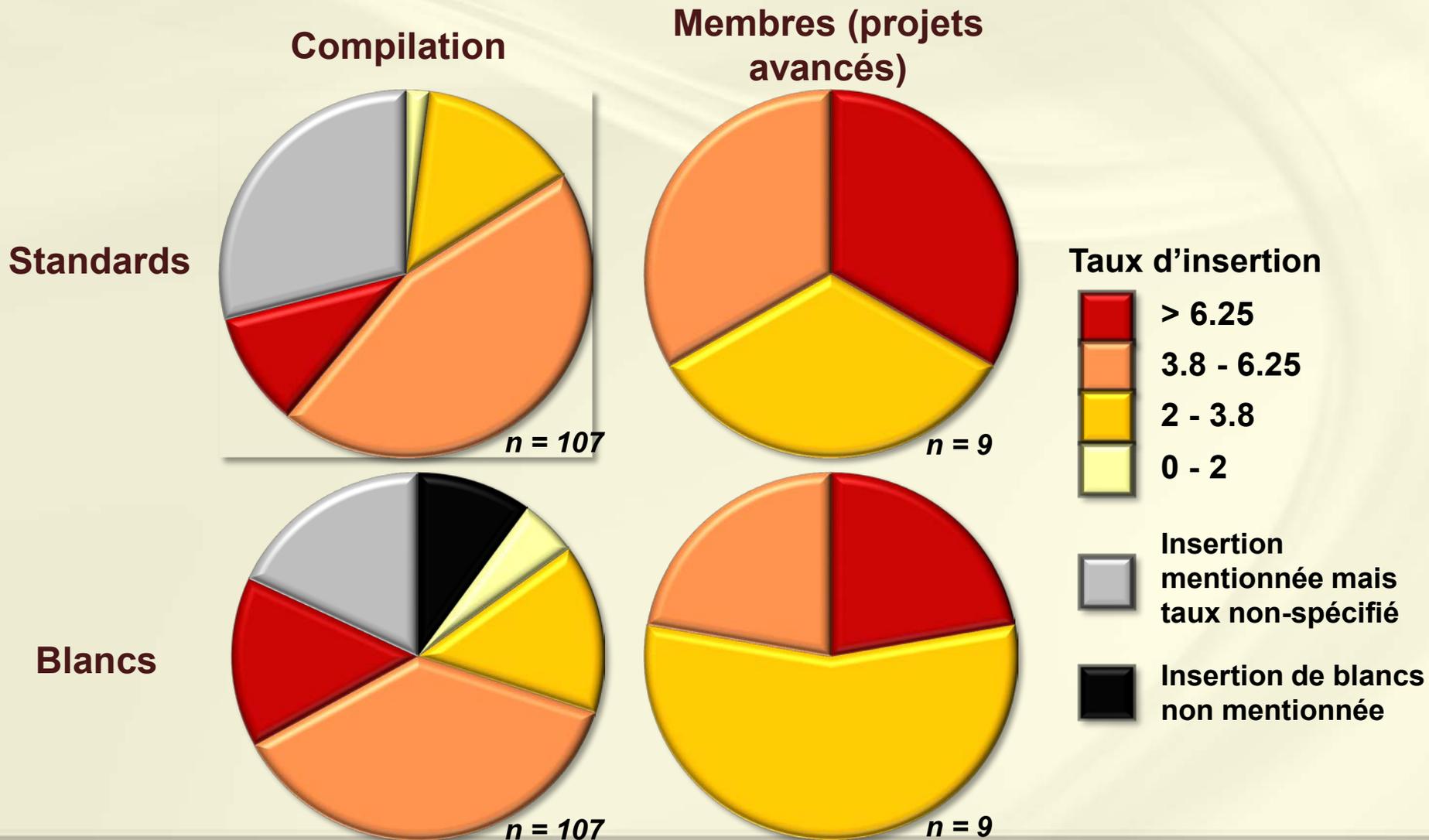


Projets avancés



**Duplicatas** : pratiques beaucoup plus hétérogènes ; recommandations aussi...  
Rares aux stades peu avancés

Bloom (2012) : compilation 132 rapports NI 43-101 (2009)  
 → 25 (19%) sans aucune référence à des analyses de QC  
 → 107 restants :

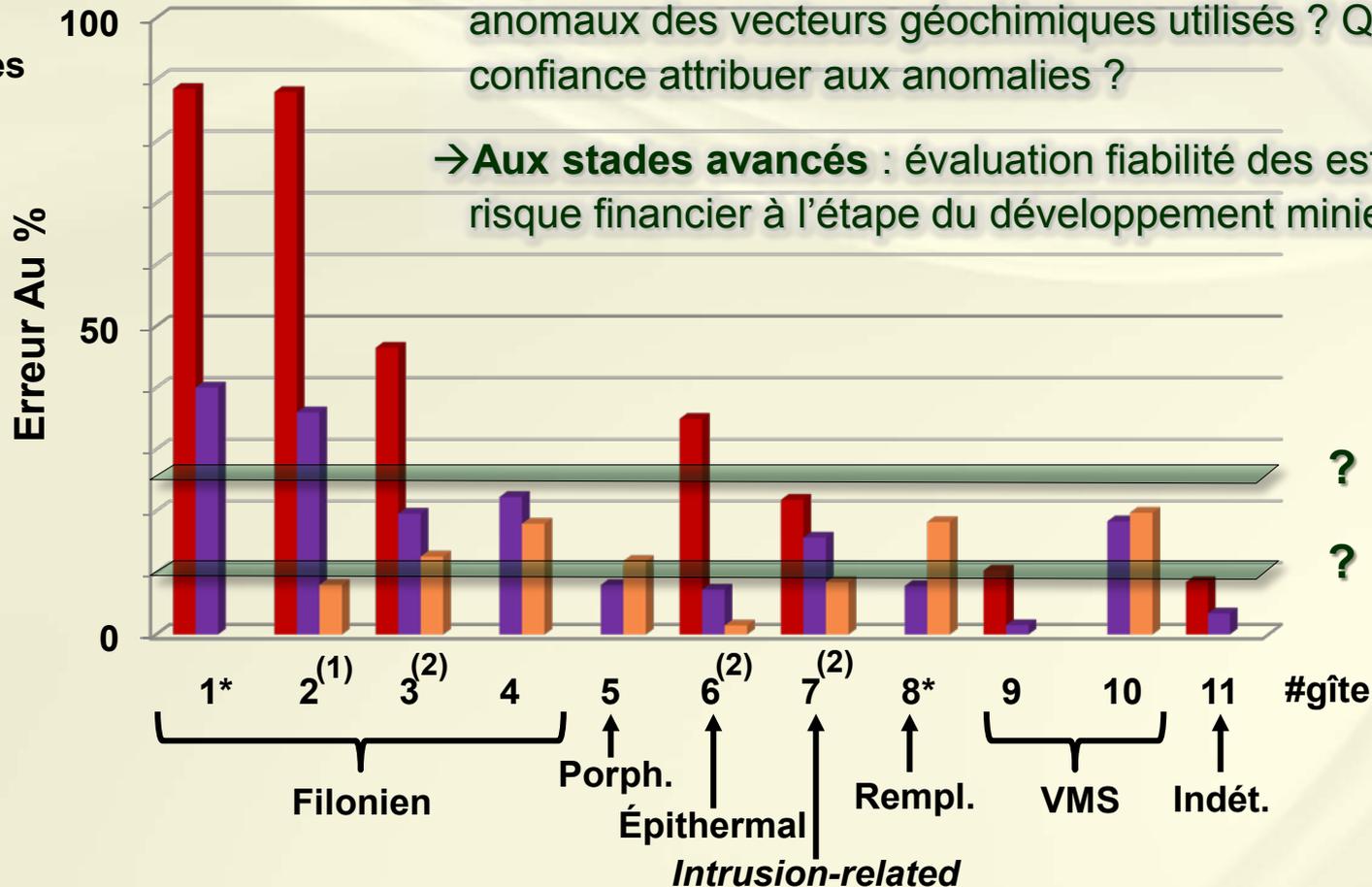


## **Variation de l'erreur selon le contexte métallogénique**

**Erreur acceptable... 10 %, 25 % ?**

Type de duplicata

- Carottes
- Rejets
- Pulpe



→ Implications **aux stades peu avancés** : erreur < seuils anomaux des vecteurs géochimiques utilisés ? Quelle confiance attribuer aux anomalies ?

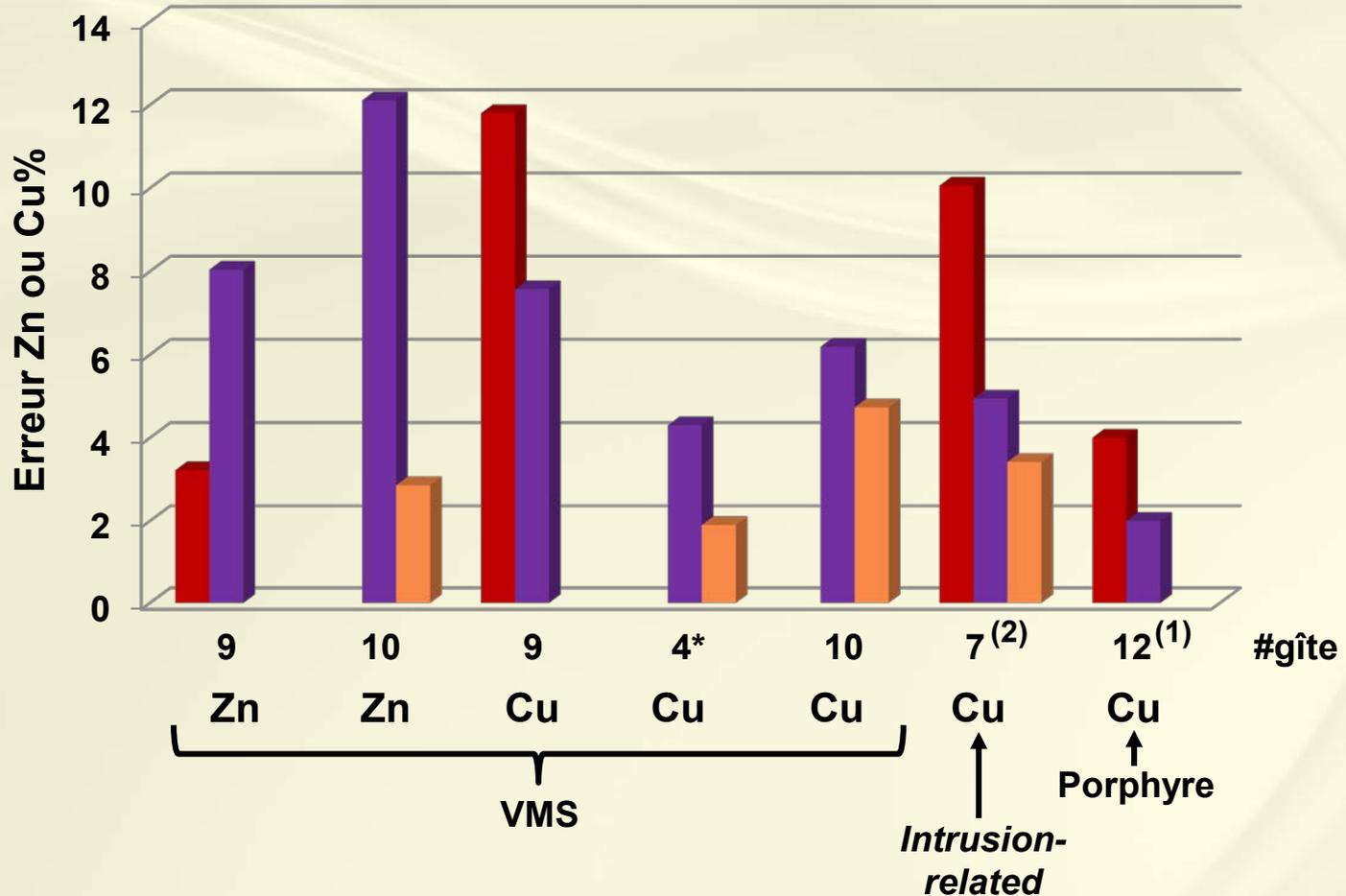
→ **Aux stades avancés** : évaluation fiabilité des estimés et risque financier à l'étape du développement minier

(1) Horvath (2008)

(2) Stanley et Smee (2007), H&T modifié (Stanley, 2003)

\*Erreur déterminée par la moyenne des DRMA (H&T inutilisable car erreur non-linéaire : voir rapport)

Type de duplicata  
■ Carottes  
■ Rejets  
■ Pulpe



(1) Beaudry (2003)

(2) Stanley et Smee (2007), H&T modifié (Stanley, 2003)

\*Erreur déterminée par la moyenne des DRMA (H&T inutilisable car erreur non-linéaire : voir rapport)

**Proportion de l'erreur totale causée par l'erreur « primaire » (i.e., liée à la représentativité de l'échantillon de carotte)**

Au	# gîte	%*
Filonien	1	54.24
	2 <sup>(1)</sup>	59.09
	3 <sup>(2)</sup>	57.93
Épith. acide	6 <sup>(2)</sup>	79.25
Intrusion-related	7 <sup>(2)</sup>	28.15
VMS	9	85.49
Indét.	11	59.97

	# gîte	%*
VMS, Cu	9	35
Intrusion-related, Cu	7 <sup>(2)</sup>	50.89
Intrusion-related, Mo	7 <sup>(2)</sup>	53.32
Porphyre, Cu	12 <sup>(3)</sup>	50
VMS, Ag	9	58.47
Épith. Acide, Ag	6 <sup>(2)</sup>	88.2

- (1) Horvath (2008)
- (2) Stanley et Smee (2007),  
H&T modifié (Stanley, 2003)
- (3) Beaudry (2003)

**Au, Ag : erreur primaire > 50, 75% de l'erreur totale**

\* = 100 ((erreur dup carotte – erreur dup rejet) / erreur dup carotte)

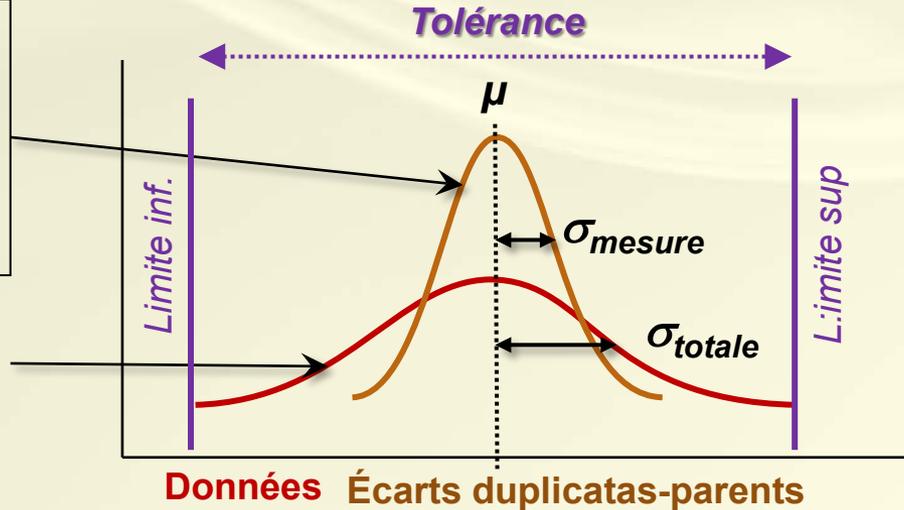
**Validation de l'adéquation d'un système de mesure eu  
égard à la variance du signal :**

***Gage R&R***

**Gage R&R** : application industrielle de la méthode ANOVA (ANalyse Of Variance), visant à estimer la **proportion de la variance liée au système de mesure dans la variance totale**

La variance du système de mesure est estimée par la variance des écarts (dup<sub>roche</sub> - parent) :  $\sigma_{\text{mesure}}^2$

Population totale :  $\sigma_{\text{totale}}$



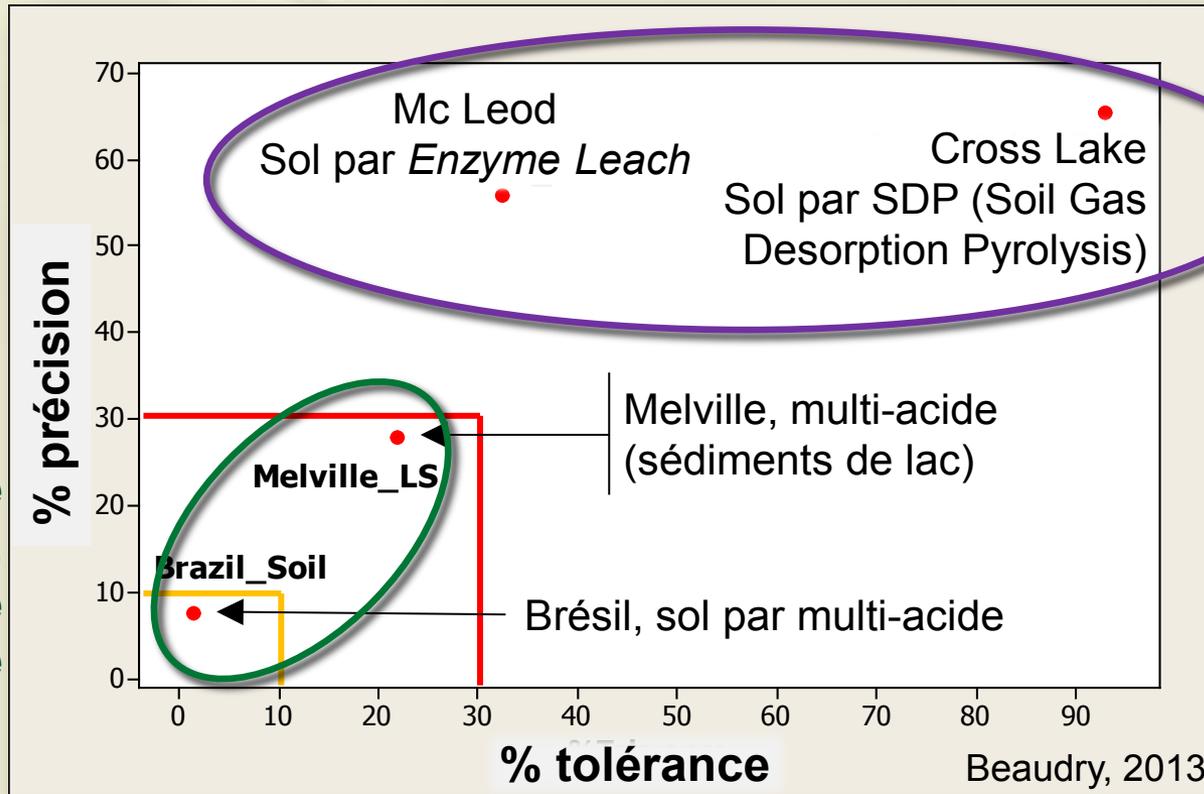
**Tolérance :**  
Valeur limite sup. –  
valeur limite inf.

$$\% \text{ précision} = 100 \times \frac{\sigma_{\text{mesure}}}{\sigma_{\text{totale}}}$$

$$\% \text{ tolérance} = 100 \times \frac{5.15 \sigma_{\text{mesure}}}{USL - LSL}$$

**Seuils standards (six-sigma) : < 10 % très bon ; < 30 % accepté**

**Exemple :** comparaison de la précision globale des levés de sols par extraction faible vs multi-acide (Beaudry, 2013)

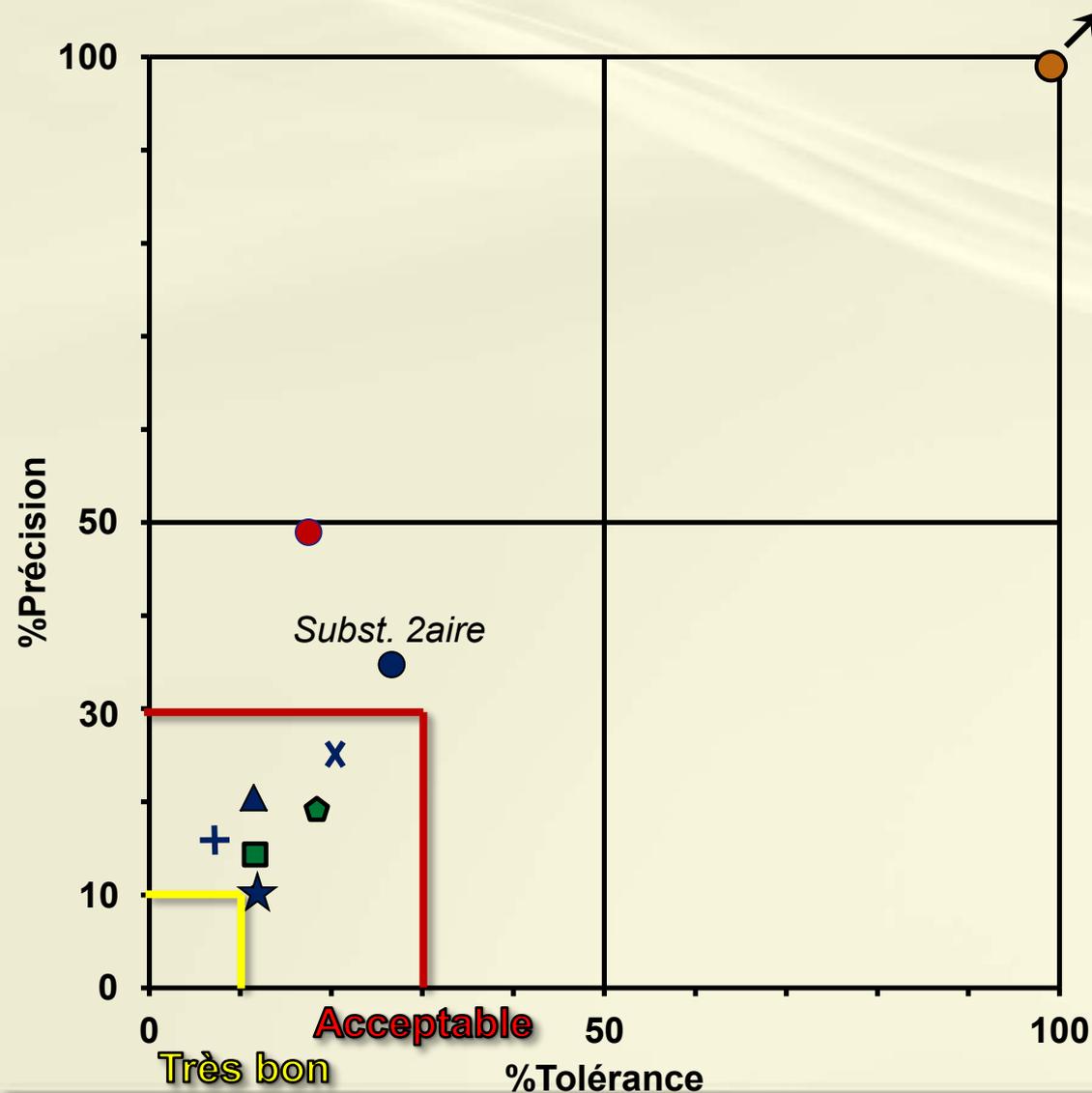


**EL et SDP (sol) : méthodes à haute incertitude**

**Multi-acide (sol et sédim. lacs) : qualité satisfaisante**

- ➔ Les levés de sol analysés par *Enzyme leach* et *SDP* ne satisfont pas les critères de précision minima fixés à 30 % : **système de mesure de mauvaise qualité**
- ➔ Sol par multi-acide : très bon ; sédiments de lacs par multi-acide : OK

## Acceptabilité de la qualité des système de mesure dans différents contextes métallogéniques : compilation



Gîte #1 : filonien

Gîte #9 : indéterminé

Gîte #11 : VMS

Gîte #13 : gîte graphitique

○ Au    ☆ Ag

△ Cu    + Zn    x Pb

□ Cgraph    ⬠ S

Performances des systèmes de mesure

→ **Métaux de base** : entre 10% et 30%, donc *acceptables* selon les standards six-sigma

→ **Au** : toujours > 30%, *inacceptables*

- Les sources d'erreur de **justesse** (biais, contamination) sont souvent ponctuelles, liées à des **erreurs de procédure** → **la justesse doit être contrôlée en continu**
  - Blancs + standards : **vigiles de la justesse des analyses**
  - Il ne s'agit pas d'acquérir une confiance dans la qualité du système de mesure, mais de surveiller en continu le bon déroulement des procédures
- L'essentiel de l'**imprécision** est inhérent à la **nature intrinsèque hétérogène** du signal géologique → il est primordial de disposer d'une **appréciation globale** de la **qualité du système de mesure** compte-tenu de cette **hétérogénéité primaire**

## Tendances convergentes

- L'estimation de la **justesse** et le contrôle de la **contamination** sont bien ancrés dans les usages :
  - Insertion **systematique de blancs/standards dès les premiers stades**
  - Taux d'insertion pratiqués **satisfaisants** (selon recommandations spécialistes)
  - Validation par les diagrammes conventionnels **adéquats**
- La **précision** n'est pas surveillée aux stades peu avancés
- Aux stades avancés, l'estimation rigoureuse de la **précision** est **peu courante**
  - Insertion de duplicatas n'est **pas généralisée**
  - Méthodes de validation pratiquées **sont souvent peu efficaces**
  - Une **optimisation substantielle** des procédures est possible en **généralisant l'usage de méthodes de validation avancées** :
    - Calcul erreur par la méthode **Howarth-Thompson** (modifiée Stanley 2003)
    - Analyse de **distribution de l'erreur aux différentes étapes** du système de mesure → **améliorations ciblées**
    - Validation globale de l'**adéquation des systèmes de mesure** : **Gage R&R**

# Conclusions – discussion – recommandations

## Tendances divergentes

- Le **taux d'insertion** de standards varie beaucoup d'une compagnie à l'autre (**facteur 3 env.**) ; *idem* blancs : **facteur 7** (projets peu avancés) et **facteur 4** (avancés)
  - *Taux établis par expérience, intuitivement : non-indexés sur une caractéristique du système de mesure*
- **L'insertion de duplicatas** (projets avancés) est **très hétérogène** :
  - **De 0 à 5%** pour les duplicatas de roche
  - **De 0 à 15%** pour les duplicatas de pulpe/rejet
  - **Optimisation** : 1. *estimer la précision à partir d'un minimum de 64 éch. (méthode H&T)* et 2. *si précision satisfaisante, réduire à un mode « surveillance » avec un taux adapté*
- La **ré-analyses des éch. minéralisés** (stades avancés) varie de **0 à 100%** !
- Le taux de soumission à un deuxième laboratoire (arbitrage) varie de **0 à 10%**, une compagnie préférant soumettre seulement les éch. minéralisés (**20%**)
- La ré-analyse partielle des éch. minéralisés par une **2<sup>ème</sup> méthode analytique** (stades avancés) est pratiquée par **3/10** compagnies
- La **vérification granulométrique du rejet** par un 2<sup>ème</sup> laboratoire (*PSA*) est pratiquée par **1/10** compagnie (stade avancé)

## Conclusions – discussion – recommandations

- Aucune différence entre les taux pratiqués pour Au et pour les métaux de base, ou entre différents contextes géologiques
- L'erreur associée aux systèmes de mesures varie drastiquement selon la substance et le contexte
  - Selon l'étude préliminaire réalisée (12 gîtes), l'erreur totale varie d'un gîte à l'autre entre **10 à 88% pour Au !!!** et entre **3 et 12% pour Cu et Zn**
  - La méthode employée (Howarth-Thompson) présente certaines limites (cas d'erreur non-linéaire)

→ *Poursuivre ce type de travail afin de*

- 1. mieux documenter l'incertitude des systèmes de mesure en compilant plus de cas dans des contextes métallogéniques variés*
- 2. sensibiliser les pratiquants sur l'impact des problèmes de précision et l'importance de bien les caractériser (insertion systématique de duplicatas à toutes les étapes de séparation)*
- 3. développer des méthodes robustes permettant une estimation fiable de la précision en tout contexte, utilisables en routine par les pratiquants*

**Ce travail a été réalisé en collaboration avec Charles Beaudry**

***Sont remerciés pour leur disponibilité :***

*Robert Banville (Midland)*

*Daniel Adam (Richmont)*

*Clément Dombrowski (Anglo-American)*

*Daniel Doucet (Agnico-Eagle)*

*Benoit Lafrance et Guillaume Mathieu (Focus Graphite)*

*Daniel Bouliane (Arianne Phosphate)*

*Jérôme Lavoie (Mines Virginia)*

*Laury Schmitt (SOQUEM)*

*Lucy Potter (Glencore)*