

Québec Exploration 2010 Session 2 Géomatique

Quantification des associations spatiales entre données géoscientifiques et minéralisations

Présenté par: Sylvain Trépanier
CONSOREM

ALEXIS


Cameco

 MDN inc.

 SOQUEM

 VIRGINIA

 AURIZON

 AGNICO-EAGLE

 xstrata
copper

 CARTIER
RESSOURCES

 stornoway
DIAMOND CORPORATION

 Ressources
d'ARIANNE

 xstrata
zinc

 ONHYM

 GERT

 CRÉ
CONFÉRENCE RÉGIONALE DES ÉLUS
SAGUENAY-LAC-SAINT-JEAN

 Ministère
du Développement
économique,
de l'Innovation
et de l'Exportation
Québec

 Ressources naturelles
et Faune
Québec

 Développement
économique Canada

 UQAM
Université du Québec à Montréal

 URSTM/UQAT

 UQAC

Modèles métallogéniques et critères d'exploration

- La quantification des associations spatiales entre critères d'exploration et minéralisations est un aspect souvent négligé en métallogénie
 - Pourtant important car permet de tester l'efficacité réelle des critères d'exploration à différentes échelles
- Plusieurs raisons pourquoi cet aspect a été négligé dans le passé, notamment
 - Nécessite des traitements géomatiques qui peuvent être complexes
 - Besoin de calculs statistiques/géostatistiques pas toujours évidents
- Les outils géomatiques/statistiques nécessaires étaient peu ou pas disponibles autrefois – ce n'est plus le cas maintenant!

Quantification des associations spatiales minéralisations vs données géoscientifiques: approche matricielle

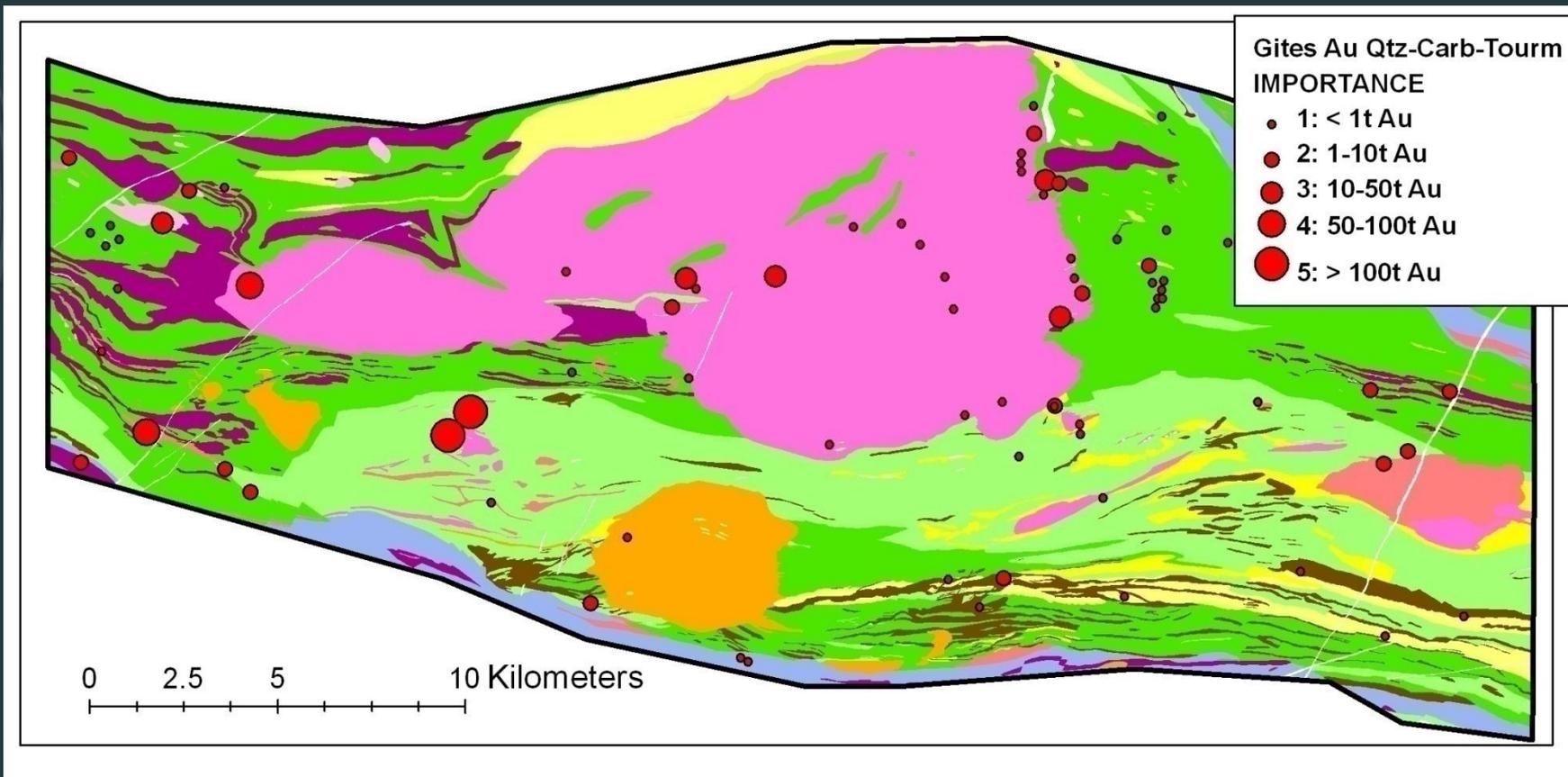
- L'approche matricielle est illustrée par l'évaluation des contrôles géologiques des minéralisations d'or orogénique dans le champ filonien de Val d'Or.
- Réalisé grâce à l'outil "Évaluation du potentiel minéral" développé par le CONSOREM
- Note:
 - Peut être réalisé par approche vectorielle également.
 - D'autres statistiques que les probabilités conditionnelles peuvent être utilisées pour calculer les associations spatiales

Région d'intérêt et minéralisations

Région d'intérêt
(polygone)

Minéralisations
d'un même type
(points ou polygones)

Région d'intérêt et minéralisations: Val d'Or

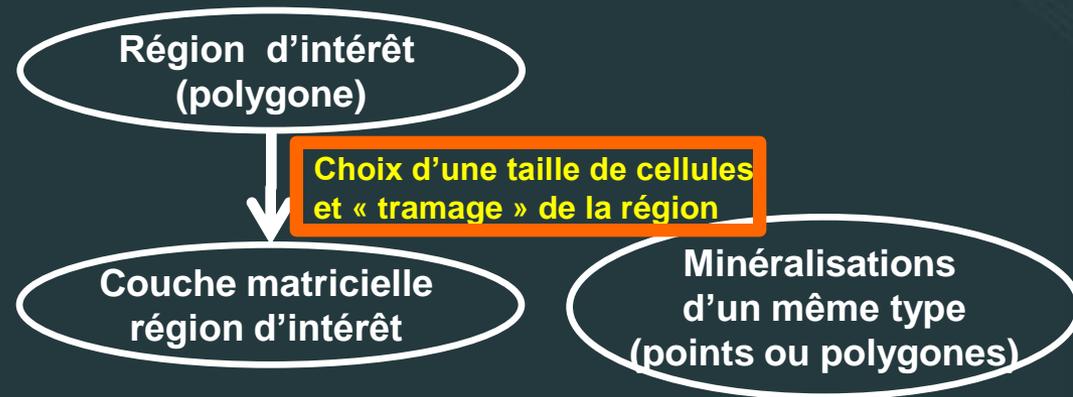


Géologie tirée de Lamothe, 2006

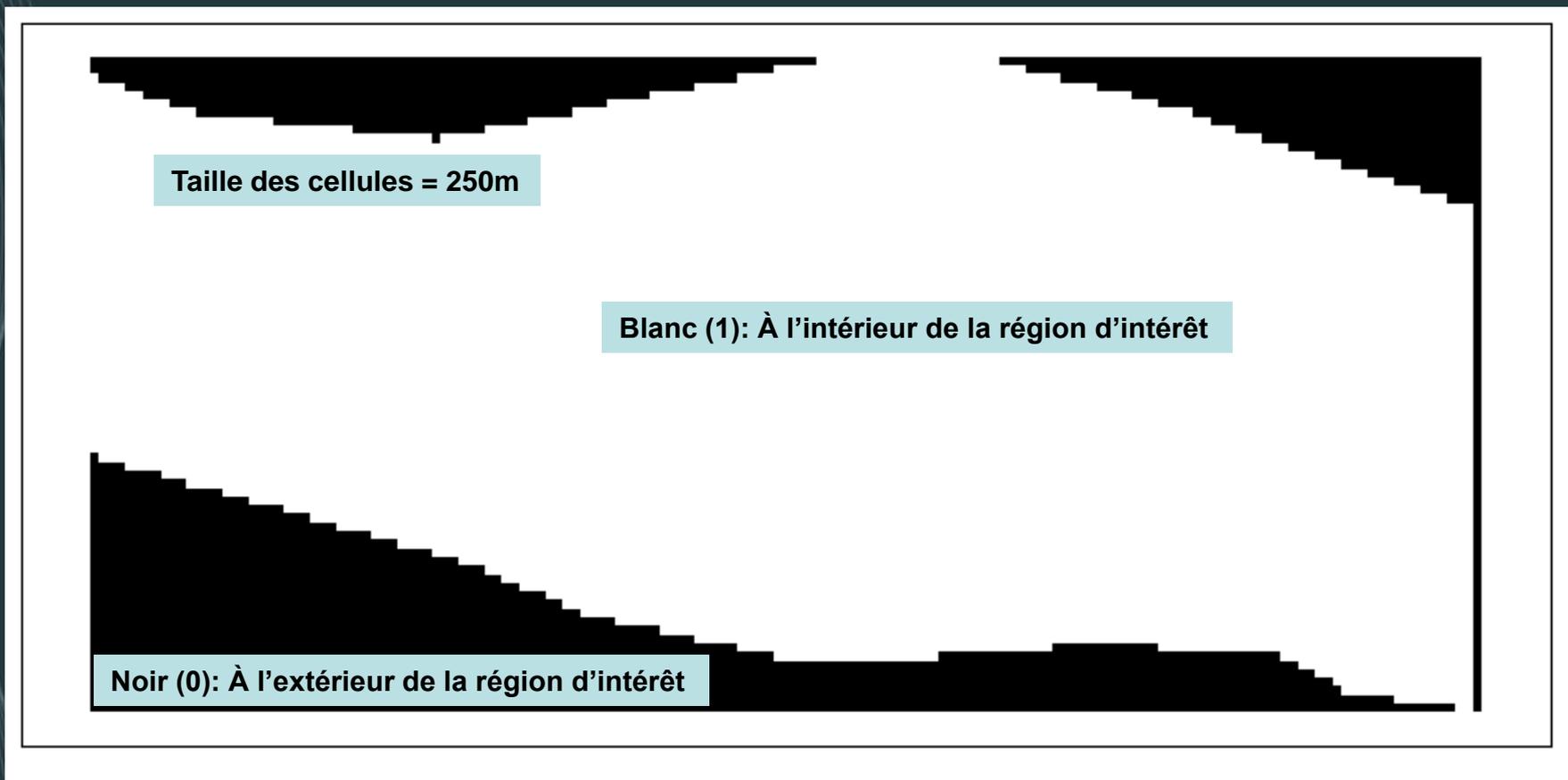
Secteur d'intérêt: champ filonien de Val d'Or à quartz-tourmaline, tel que décrit par Robert (1994)

Minéralisations considérées: Gîtes travaillés, gisements et mines actives et fermées, décrites dans le SIGEOM comme des veines de quartz-carbonates-tourmaline

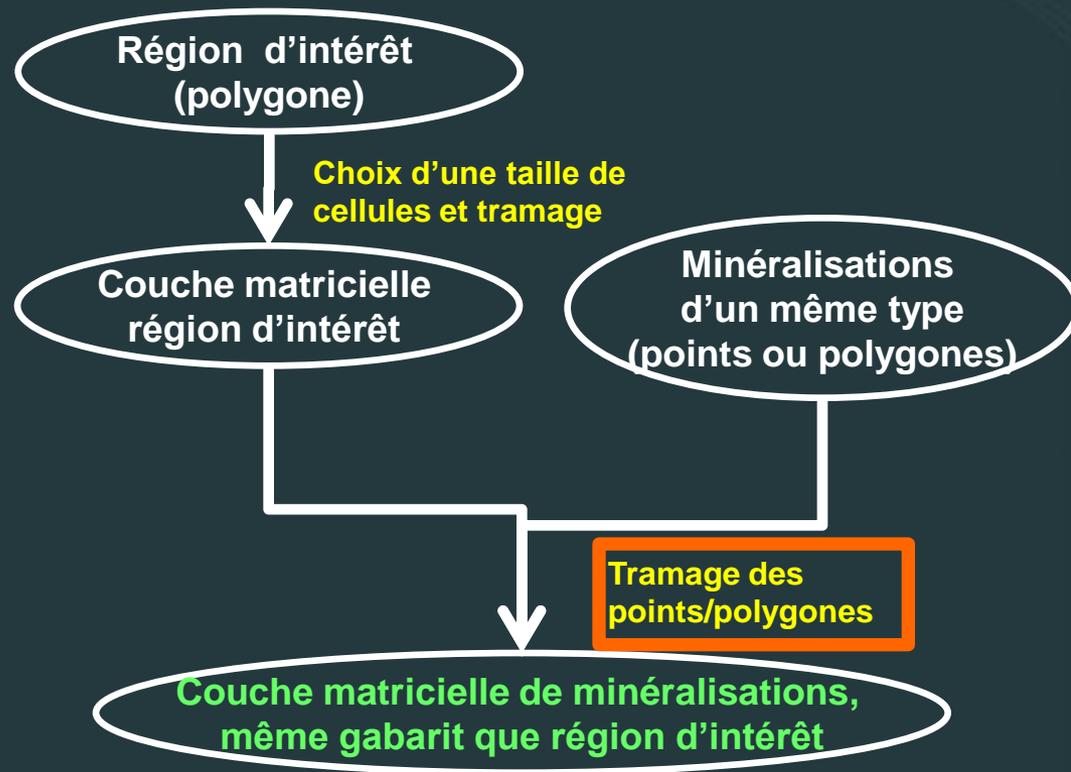
Tramage de la région d'intérêt



Tramage de la région d'intérêt: Val d'Or



Tramage des minéralisations

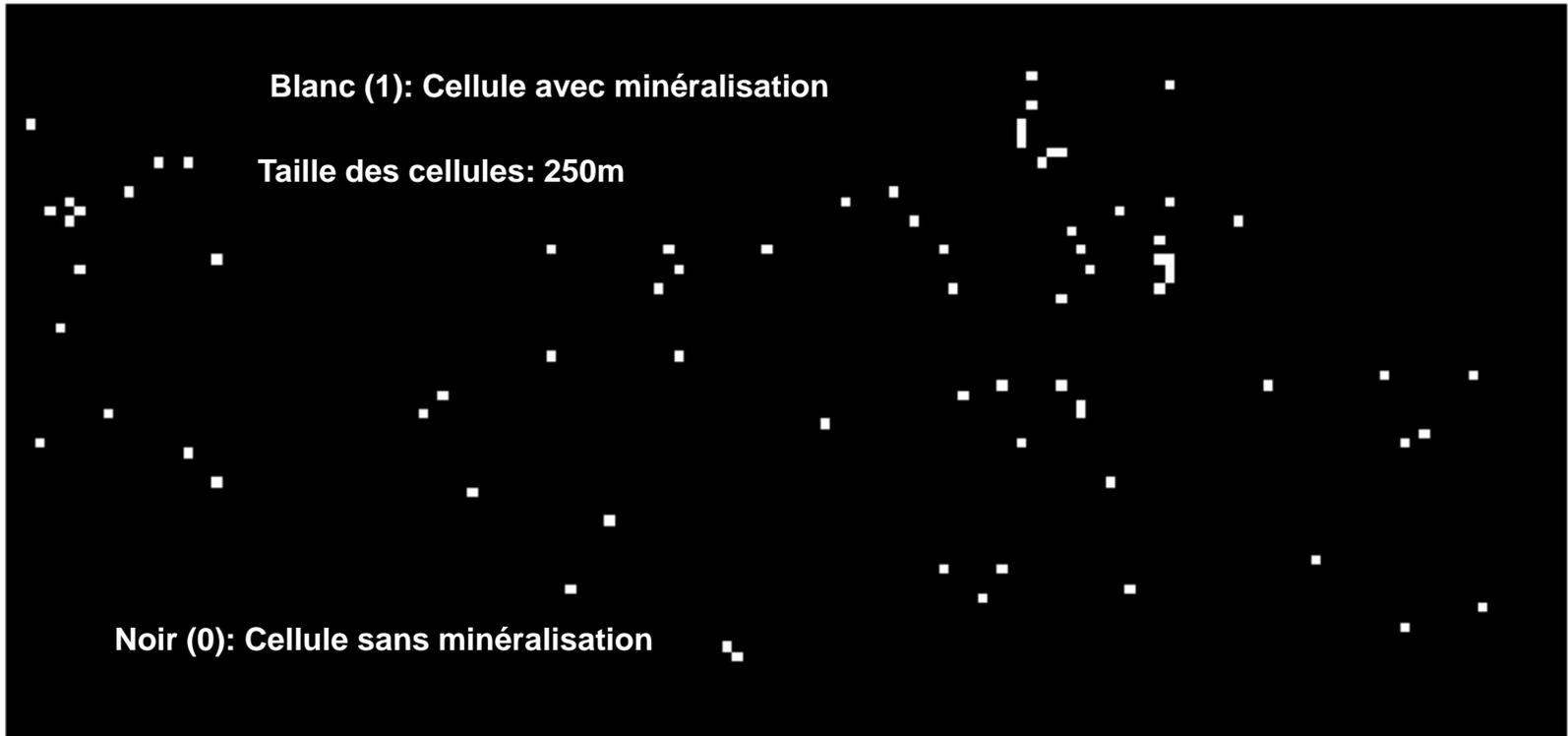


Tramage des minéralisations: Val d'Or

Blanc (1): Cellule avec minéralisation

Taille des cellules: 250m

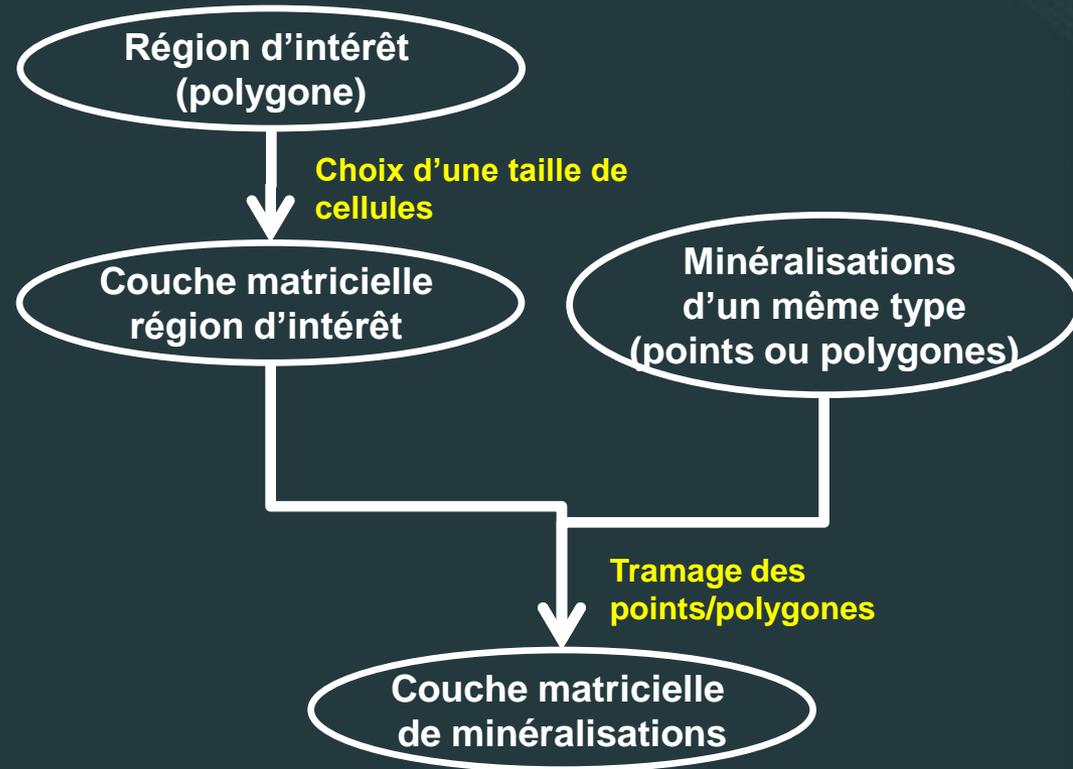
Noir (0): Cellule sans minéralisation



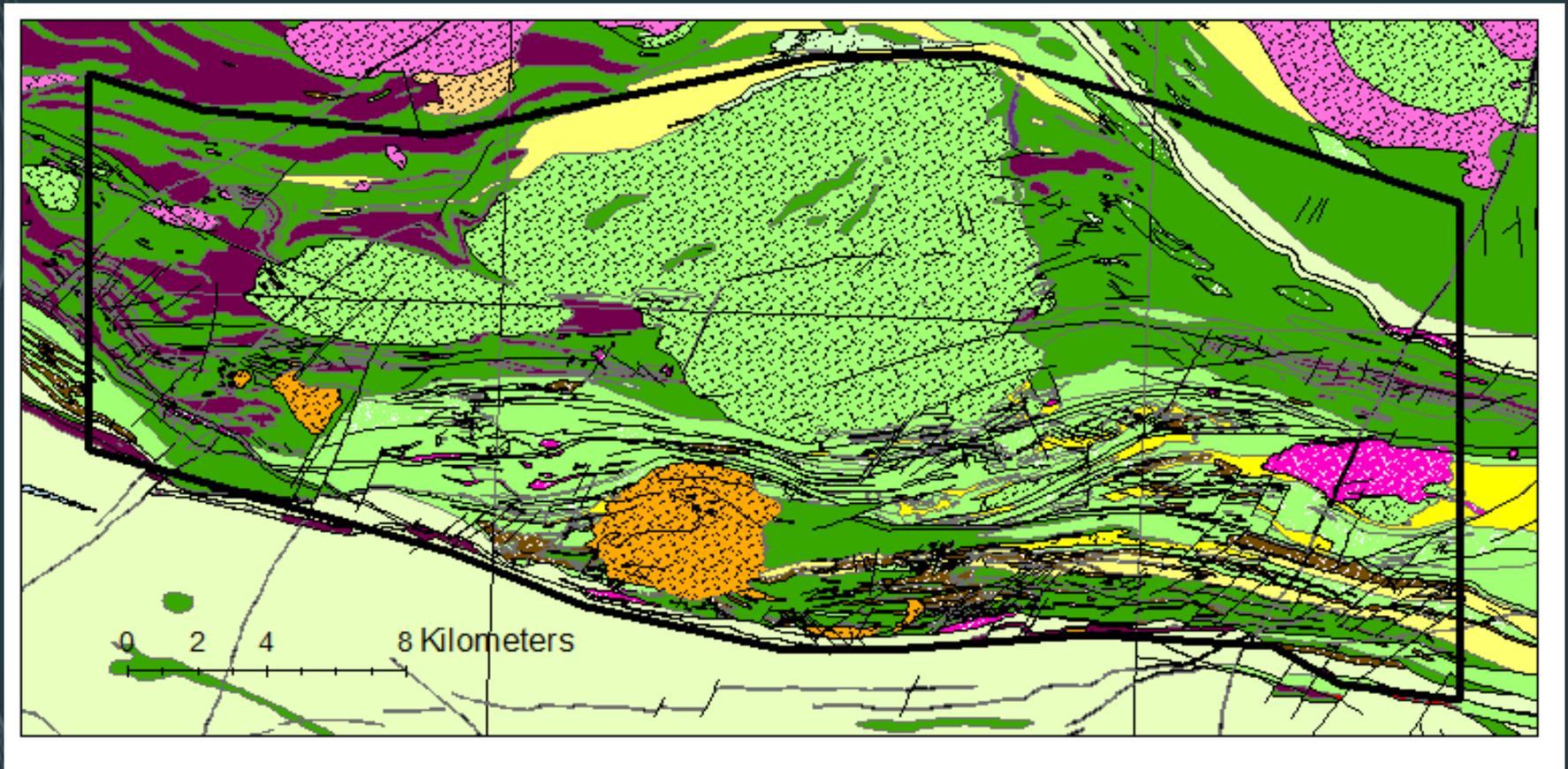
Données de base à tester

Donnée
de base matricielle
(ex: mag)

Donnée
de base vectorielle
(ex: carte géol)

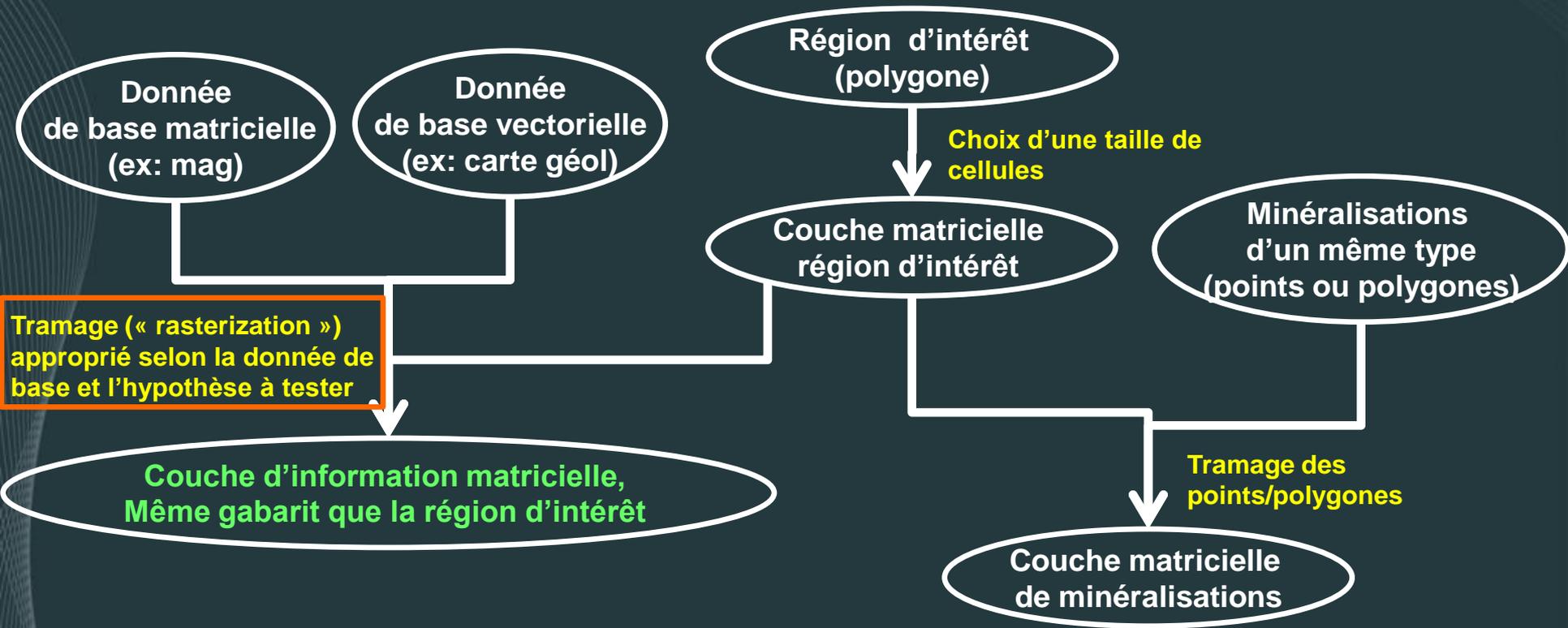


Données de base: région Val d'Or

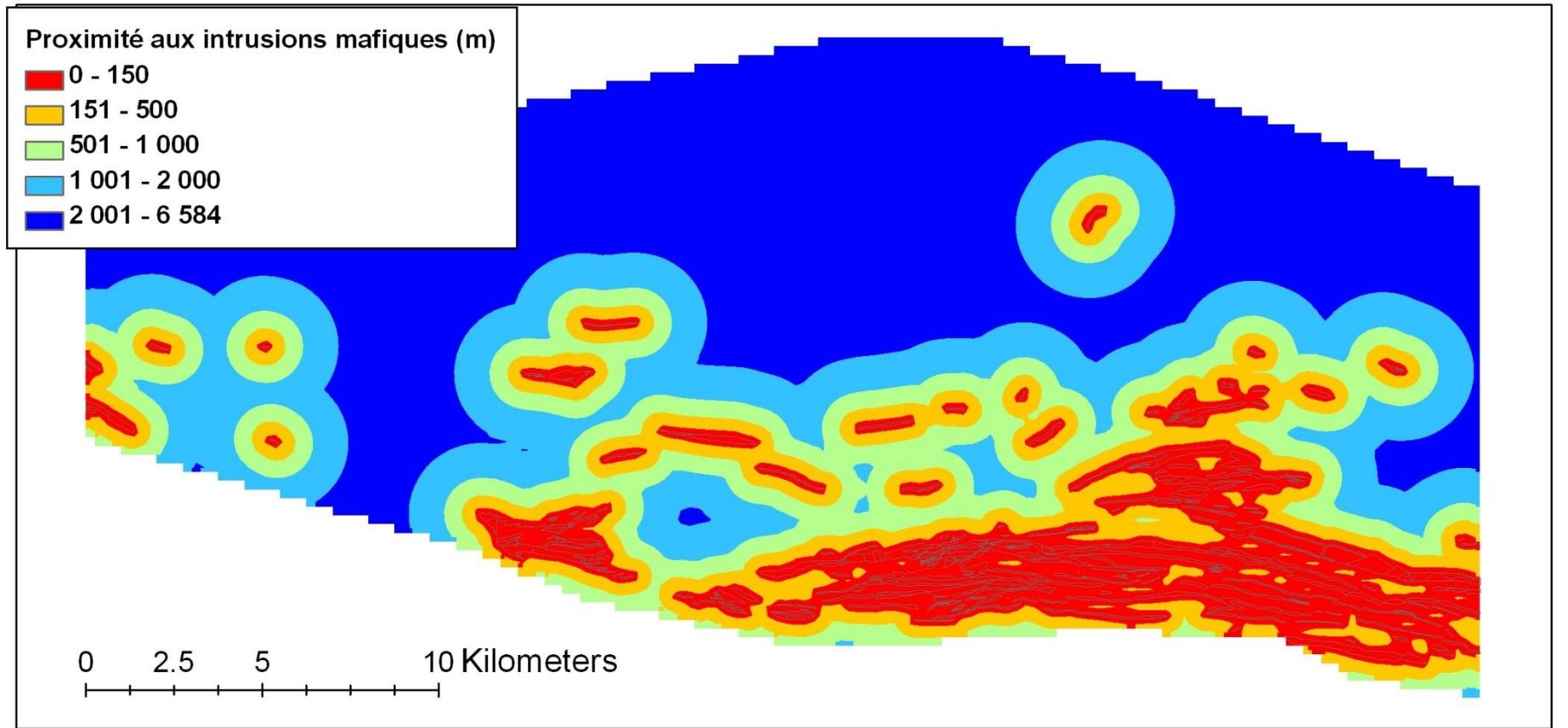


Géologie (SIGÉOM): vectoriel, polygones
Failles (SIGÉOM): vectoriel, lignes

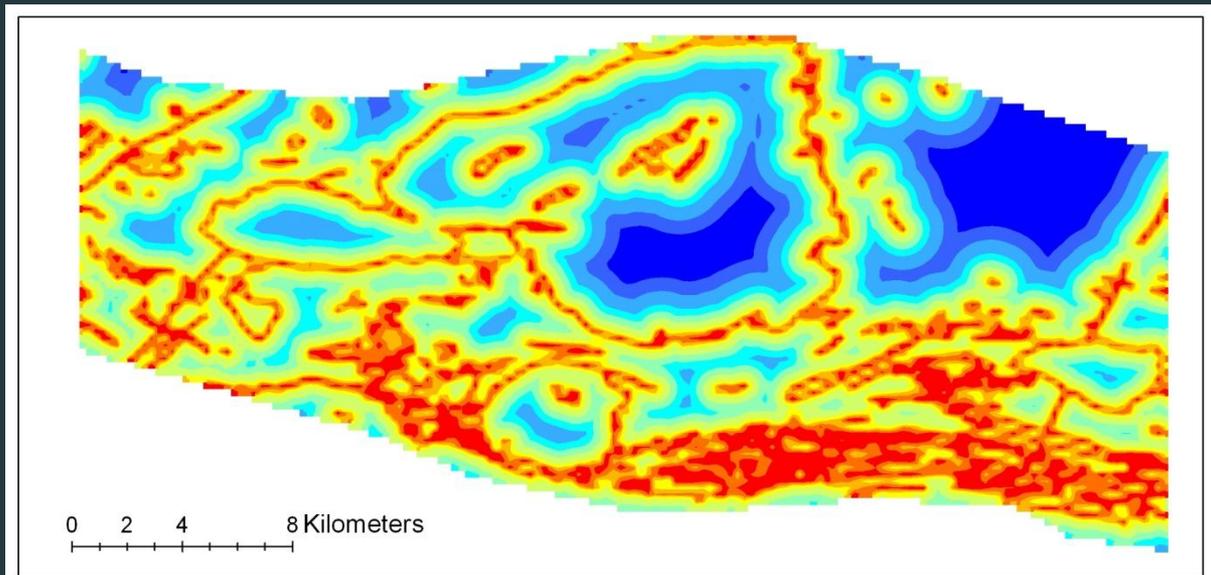
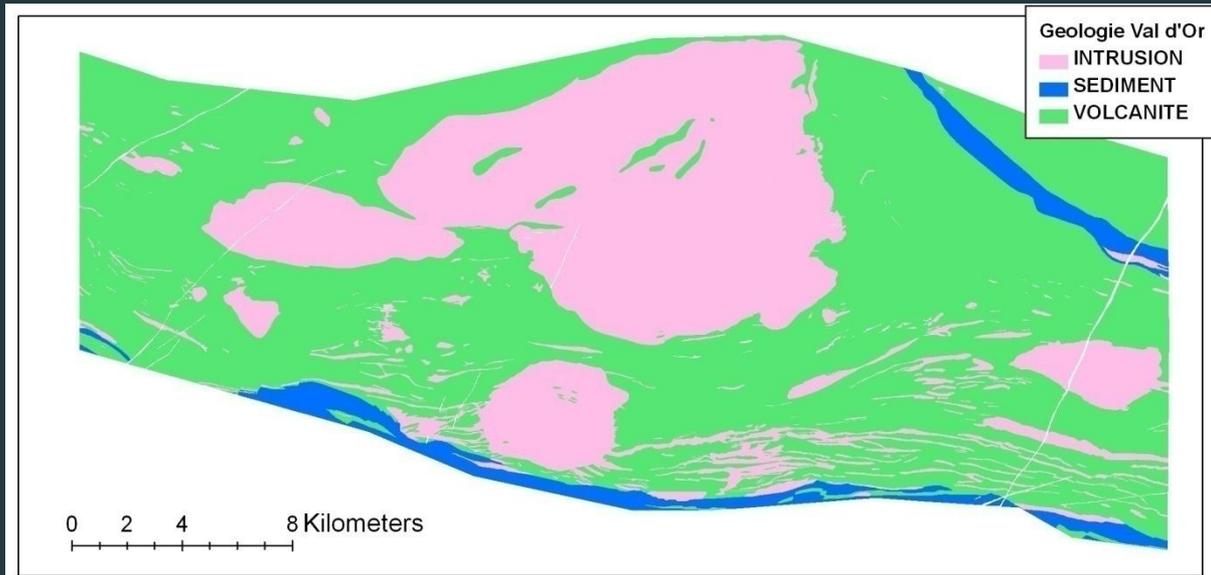
Tramage des données de base



Exemple: tramage de la proximité à une intrusion mafique

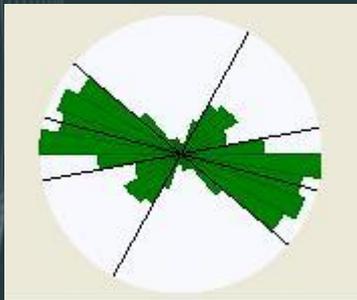


Tramage de la proximité à un contact volcanites-intrusion

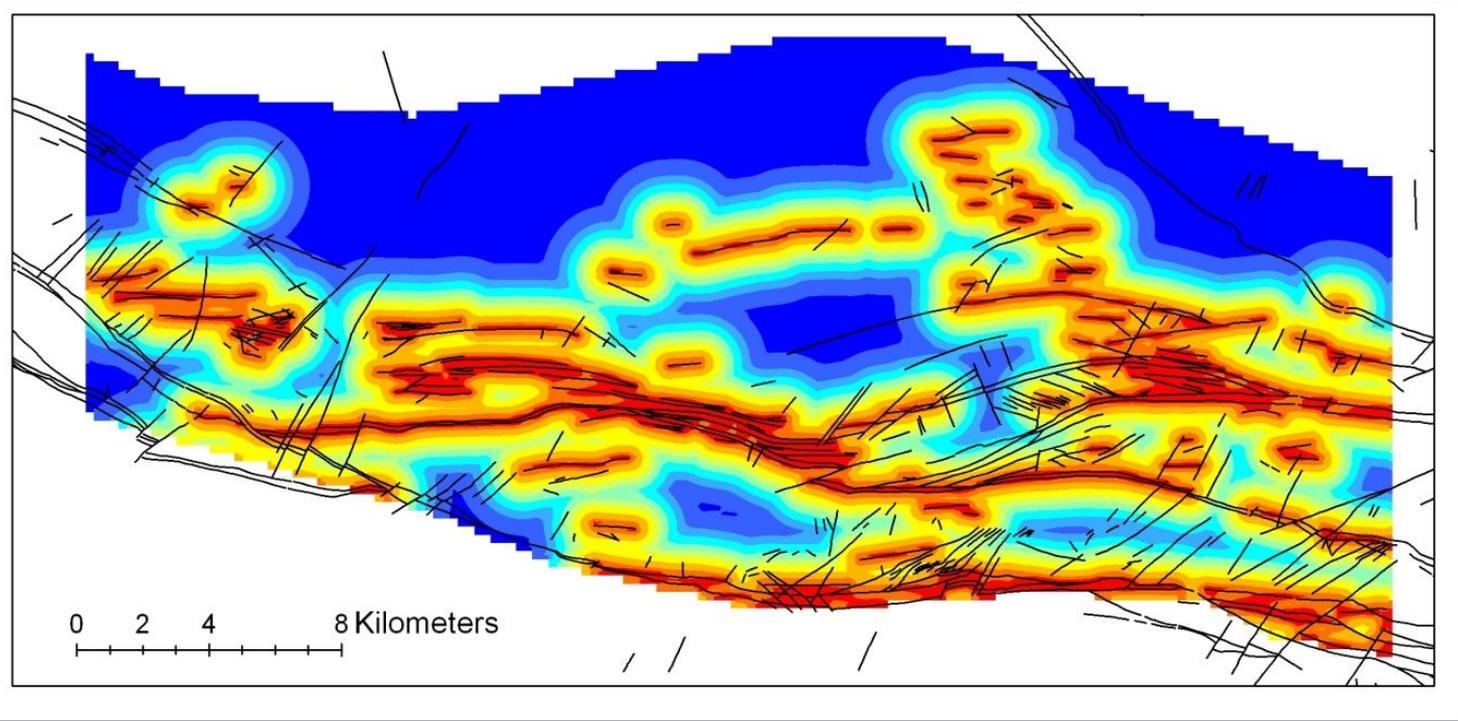


Exemple: tramage de la proximité d'une zone de cisaillement selon la famille de direction

Proximité d'une zone de cisaillement
E-O

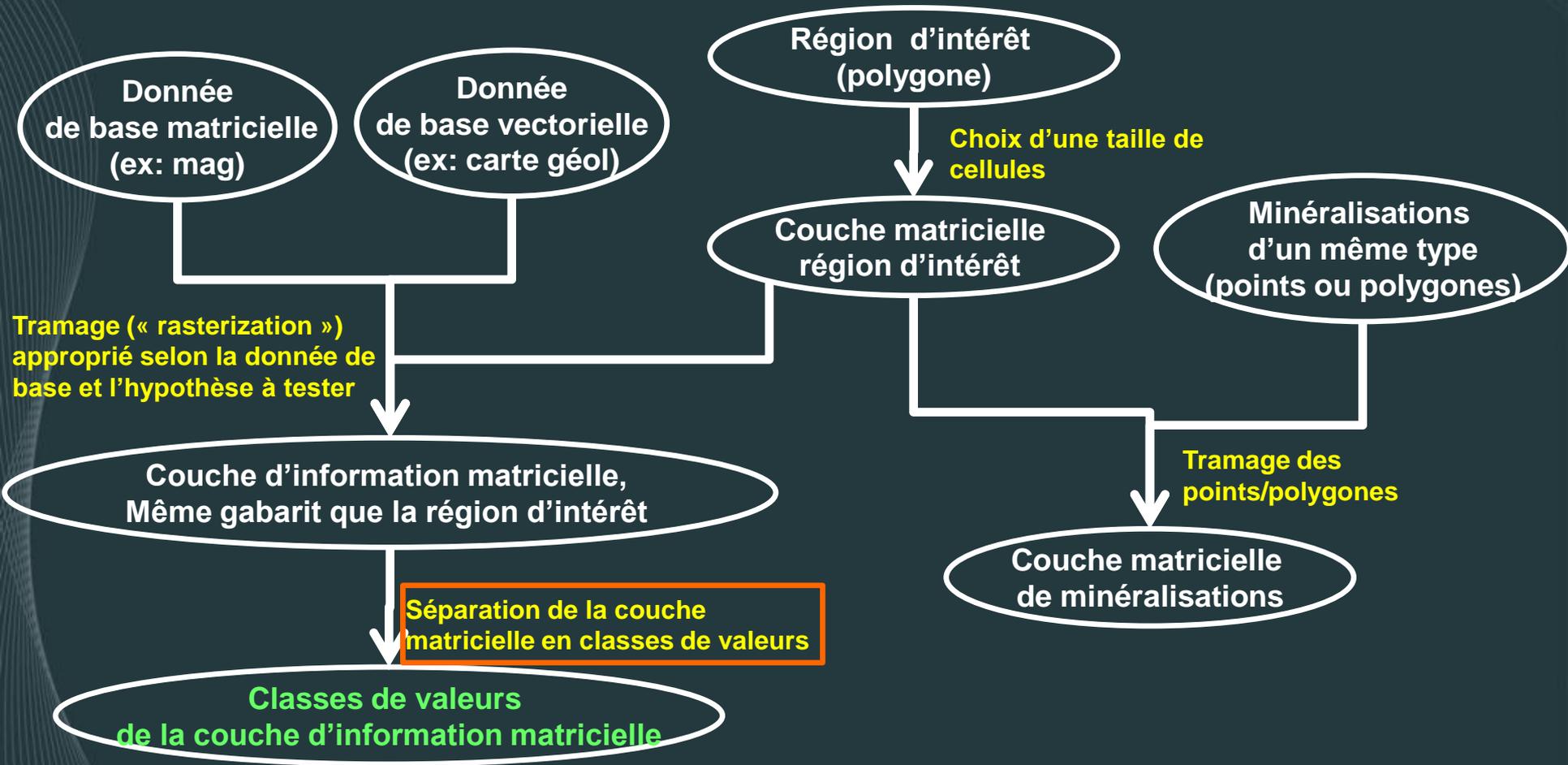


Division selon l'abondance des directions....



Faire preuve d'imagination!

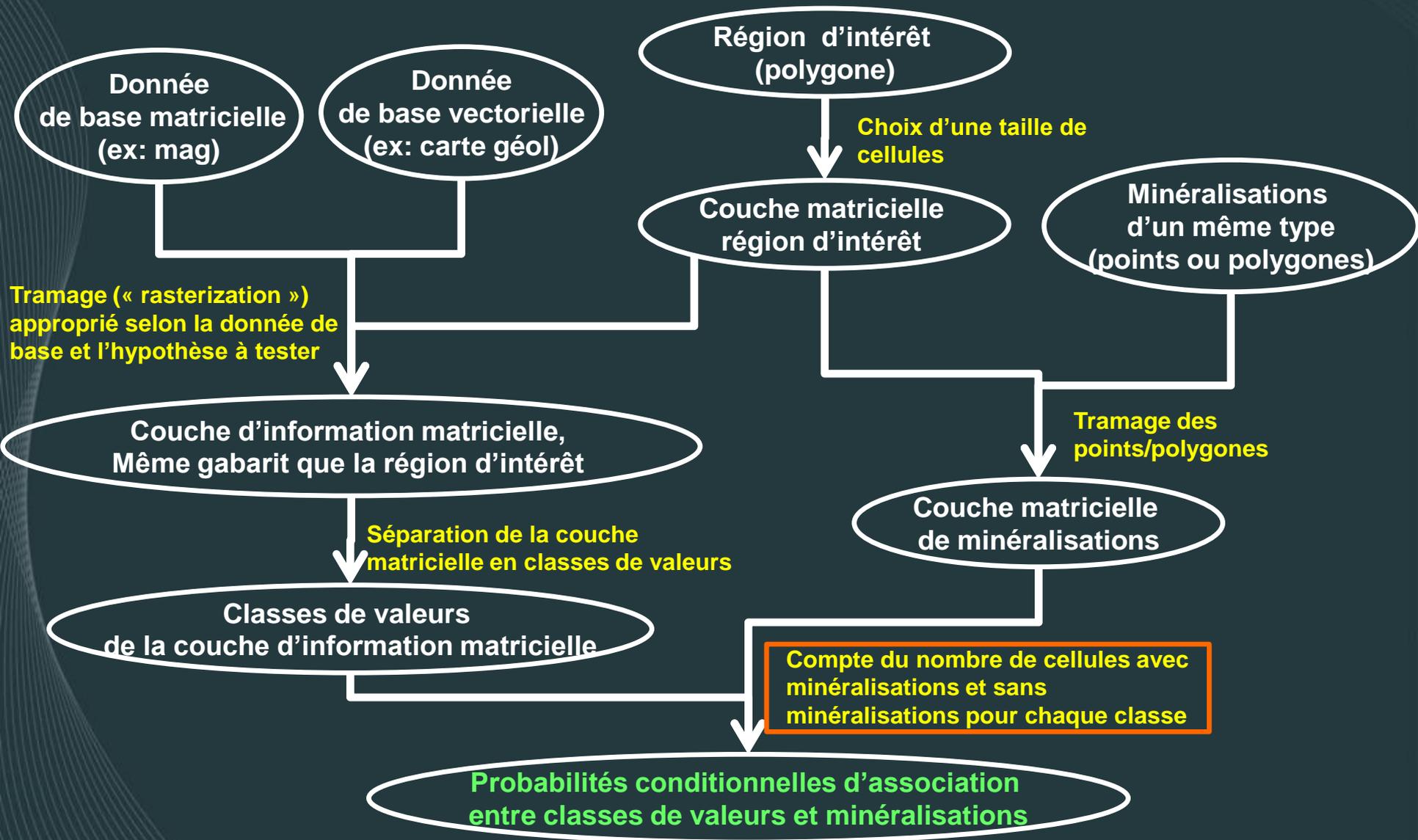
Séparation des couches d'information en classes de valeurs



Classification des valeurs des couches d'information matricielles

- Séparer les valeurs d'une couche matricielle en classes
 - Intervalles de valeurs égales
 - Nombre de cellules égal par classe
 - Valeurs uniques
 - Classes personnalisées

Calculs des associations par probabilités conditionnelles



Exemple de probabilités conditionnelles pour une couche

couche de proximité aux zones de cisaillement E-O

Classe de valeurs	Nombre de cellules de la carte (%)	Nombre de minéralisations pondérées* incluses	Ratio Cotes**
0 – 150 m	1217 (13.2%)	32 (27.4%)	2.422
150 - 500 m	1875 (20.3%)	30 (25.6%)	1.36
500 – 1000 m	2009 (21.7%)	22 (18.8%)	0.832
1000 - 2000 m	2057 (22.3%)	30 (25.6%)	1.207
> 2000 m	2080 (22.5%)	3 (2.6%)	0.089

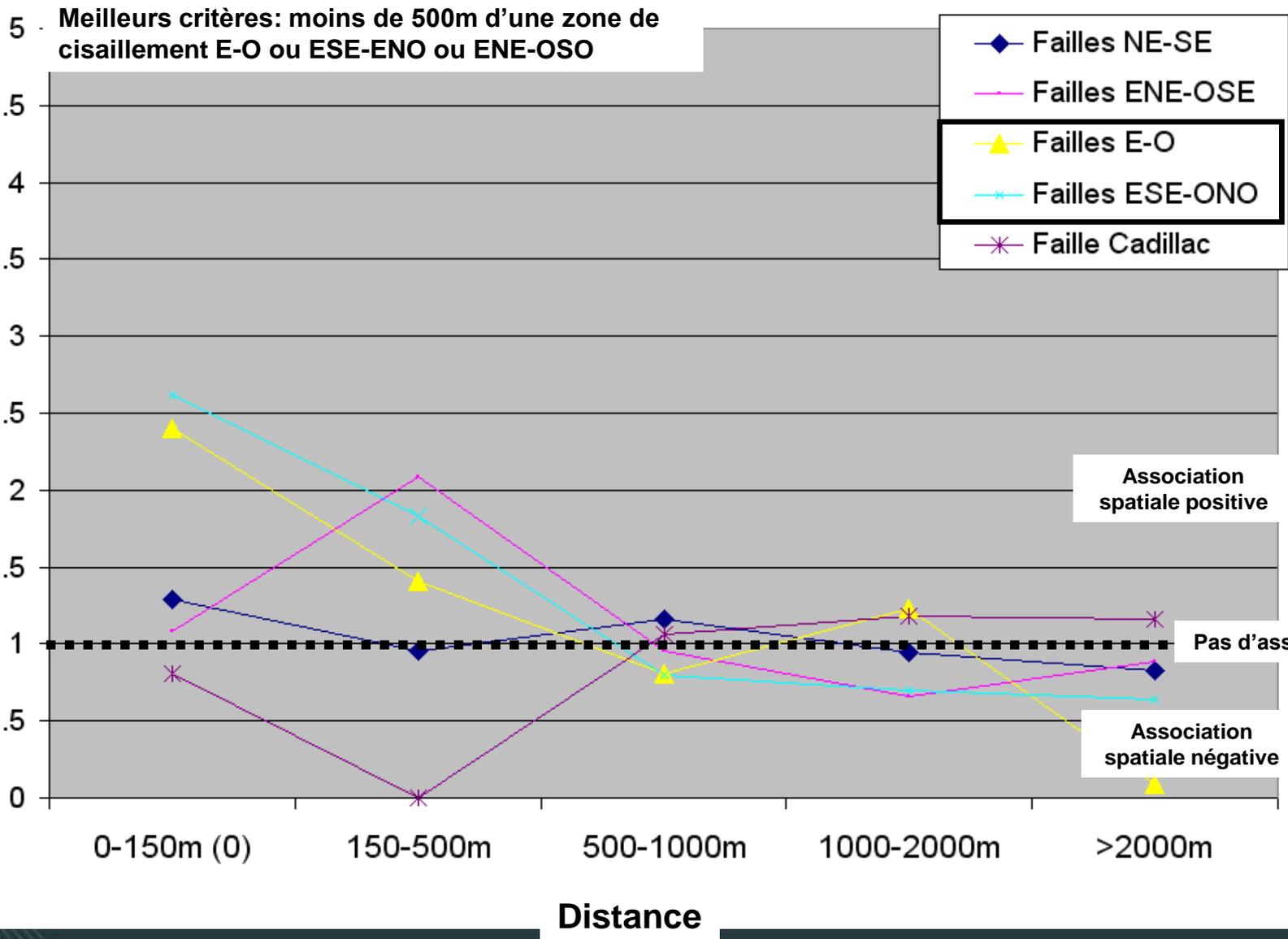
- Ratio des cotes: $\frac{\text{cote de trouver une minéralisation dans la classe de valeurs}}{\text{cote de trouver une minéralisation ailleurs}}$
- Cote = $p/(1-p)$ p = probabilité
- 1 : aucune association
 - pas plus de gisements dans une classe que si les gisements étaient lancés au hasard
- > 1 : association positive
- 0-1 : association négative

*Pondérer les minéralisations selon leur importance économique (réserves+production, selon le SIGEOM). Les plus importantes compteront plus

** Voir Bonham-Carter, 1994, pour plus de détails

Associations, couches structurales

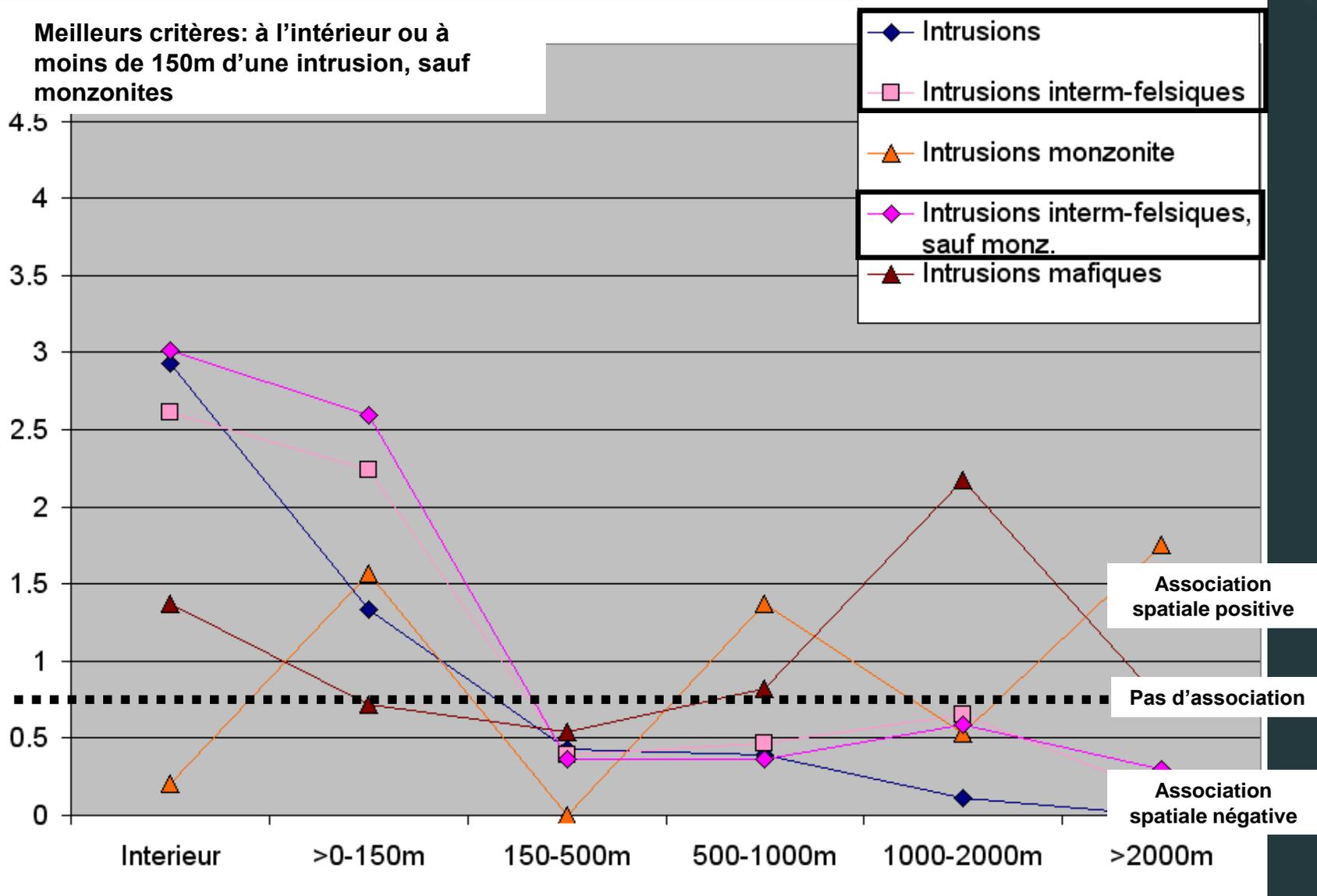
Ratio cotes



Associations, couches lithologiques (intrusions)

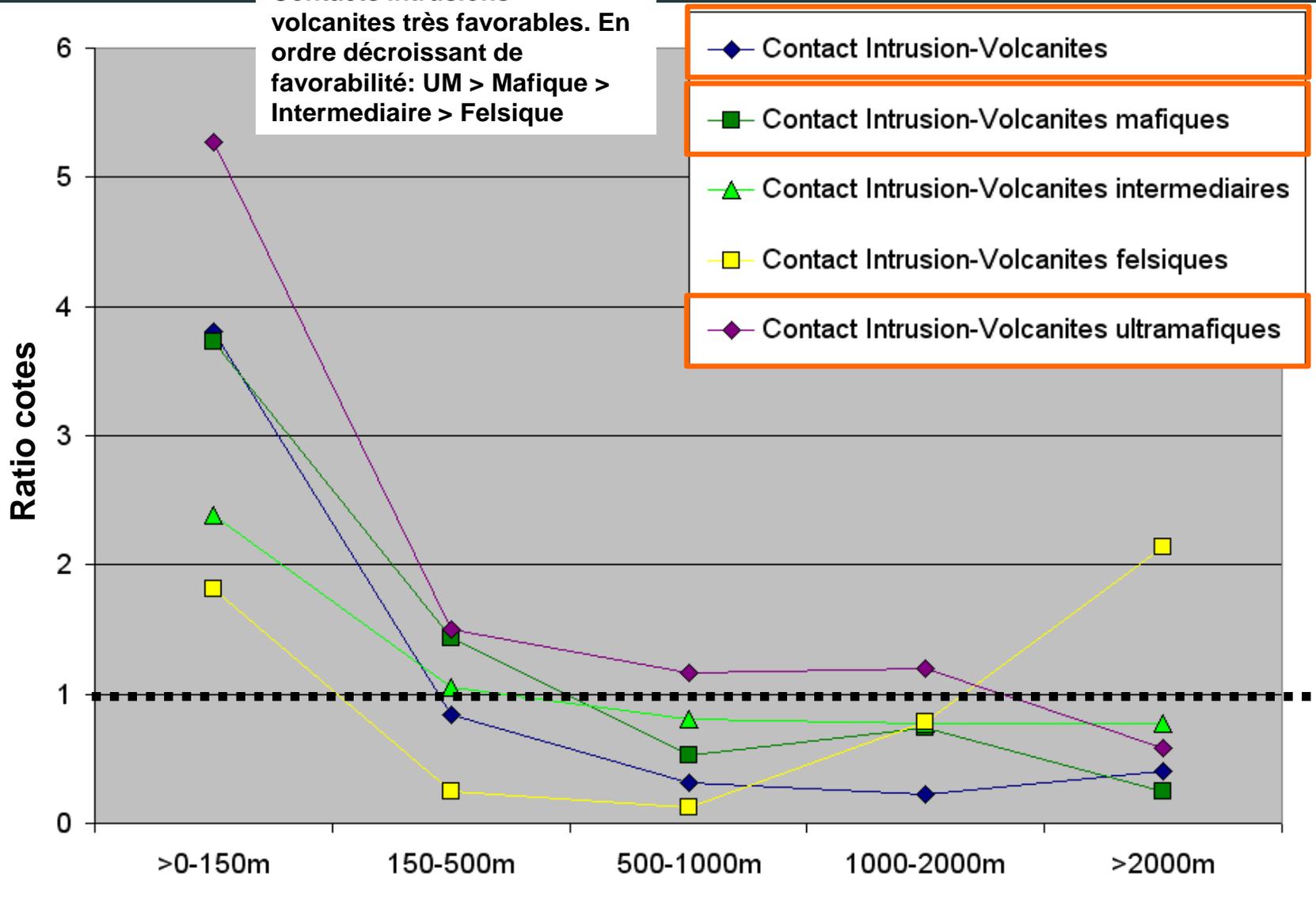
Meilleurs critères: à l'intérieur ou à moins de 150m d'une intrusion, sauf monzonites

Ratio cotes



Associations, contacts intrusions – volcanites selon le type

Contacts intrusions-
 volcanites très favorables. En
 ordre décroissant de
 favorabilité: UM > Mafique >
 Intermediaire > Felsique



Ex: Meilleures associations spatiales avec veines aurifères à quartz-carbonates-tourmalines tirées des graphiques précédents – maximisent le nombre de gisements en minimisant la surface

- Structural
 - Zones de cisaillement E-O (2.6)
 - Zones de cisaillement ESE-ONO (2.4)
- Lithologies
 - À l'intérieur d'une intrusion intermédiaire à felsique (sauf monzo.) (3.0)
- Contacts lithologiques
 - A moins de 150m d'un contact intrusion – volcanite ultramafique (5.3)
 - A moins de 150m d'un contact intrusion – volcanite mafique (3.8)

Outils logiciels

- ArcSDM pour ArcGIS 9.3 (Sawatzky et al., 2009)
 - « Toolbox » ArcGIS, gratuit (<http://www.ige.unicamp.br/sdm/ArcSDM93/download.php>)
→ intégrable à « Model Builder » pour répéter les traitements ultérieurement.
 - Très performant (vitesse de traitement), beaucoup de fonctionnalités... mais pas très intuitif d'utilisation. Capricieux (mais moins que versions antérieures..)
 - Bonne connaissance du « geoprocessing » de ArcGIS nécessaire →
 - ex: on doit créer et reclasser soi-même les couches d'information matricielles.
 - Ex2: il faut fixer correctement les paramètres d'environnement du « geoprocessing » pour que les couches soit créées avec le gabarit approprié
 - Voir kiosque MRNF salon Bellevue pour démonstration (D. Lamothe)

Logiciel CONSOREM

- Logiciel indépendant, disponible pour membres du Consorem
- Accepte données Mapinfo/ArcGIS (vect. et matr.) → Traitements géomatiques par module GDAL (Open-Source) → pas de logiciels GIS nécessaires
- Principales fonctionnalités:
 - Construction des couches d'information →
 - Nombreuses opérations géomatiques intégrées, intuitives, adaptées aux besoins
 - Toutes les couches d'information créées sont adaptées automatiquement à la région d'intérêt définie (taille des cellules, projection, étendue)
 - Calcul des probabilités conditionnelles, potentiel minéral par logique floue et réseaux neuronaux
- Plus intuitif et facile d'utilisation mais moins performant et moins de fonctionnalités que ArcSDM
- S'adresse moins aux spécialistes mais davantage aux débutants

Logiciel CONSOREM: Distance aux types de contacts d'une carte de polygones

FormTemplateDistanceTypesContacts [Minimiser] [Maximiser] [Fermer]

Fichier source Carte géologique en polygones

Fichier contenant les objets
C:\Consorem USB\Projets 2009-2010\Atelier Potentiel Mineral Val dOr Juin 2009\Do 

Nombre d'objets définis

Création de la carte matricielle de distances

Préfixes des noms des carte matricielles de distances à générer

Choix des contacts

Champ définissant les unités de la carte

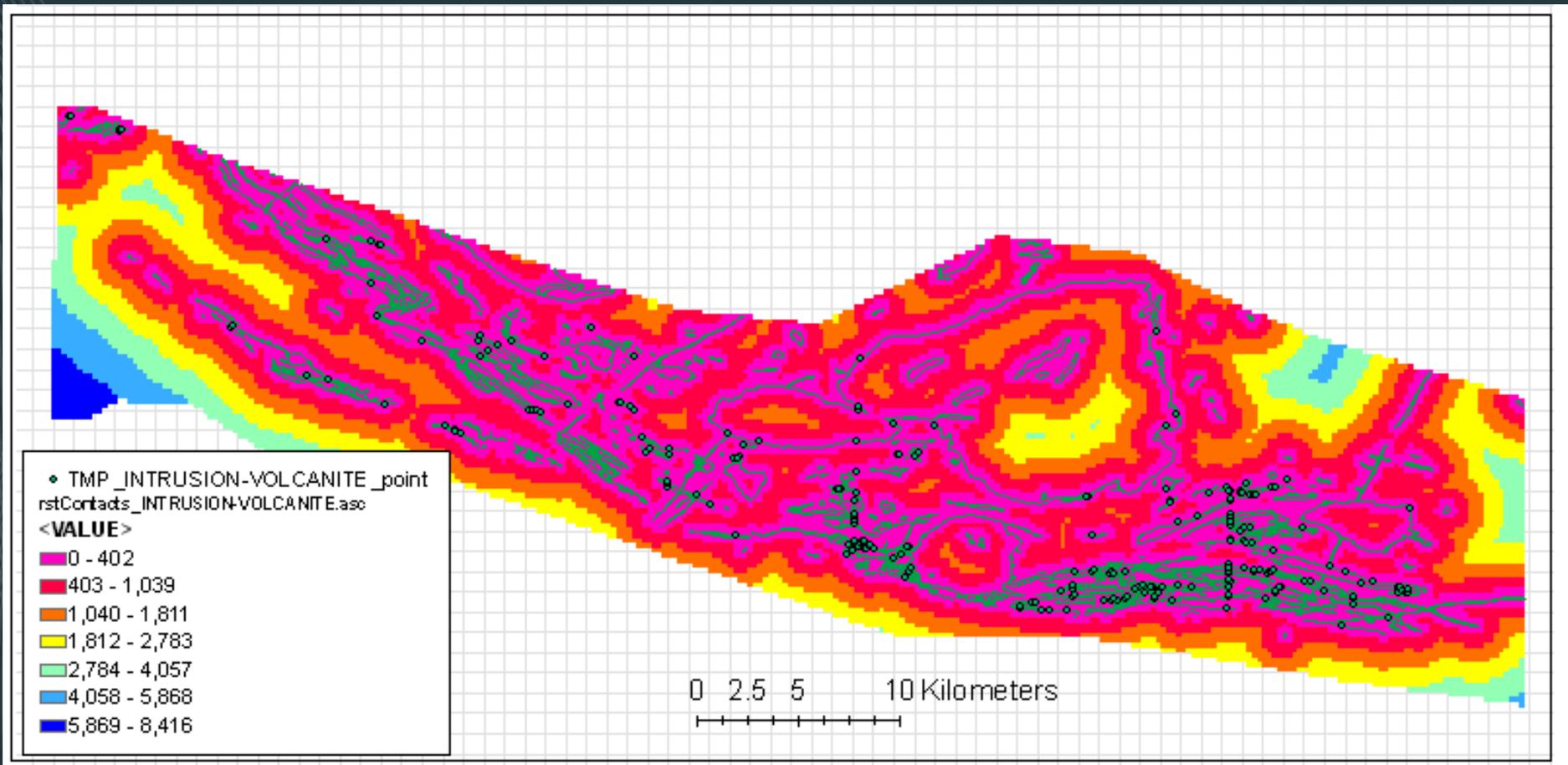
INTRUSION	>>	Liste des contacts sélectionnés
SEDIMENT		
VOLCANITE		

INTRUSION	<<	INTRUSION-VOLCANITE INTRUSION-SEDIMENT SEDIMENT-VOLCANITE
SEDIMENT		
VOLCANITE		

Parametres de création des contacts

Tolérance sur la création des contacts
 m

Distance aux types de contacts d'une carte de polygones



Logiciel CONSOREM: calcul des probabilités conditionnelles

Deposit conditional probabilities

Choose a raster evidential layer:
 mag_gsc_lmp Help

Automatically select class intervals

By intervals

Number of intervals:

Equal number of cells
 Equal interval ranges

One class for each unique value

INITIALIZE CLASSES

Manual selection of class intervals

	Minimum	Maximum
▶	-349.5684...	-127.4119...
	-127.4119...	-55.20512...
	-55.20512...	6.7021136...
	6.7021136...	57.434066...
	57.434066...	110.59790...
	110.59790...	164.48144...
	164.48144...	236.14961...
	236.14961...	346.79461...
	346.79461...	496.42877...
	496.42877...	1784.3468...

CALCULATE PROBABILITIES

Conditional probabilities of selected classes

(1) Maximum contrast for favorability calculation: SAVE GRAPHIC

(2) Minimal contrast for favorability calculation:

	Class	Number of cells	Number of deposits included	Odds	W+	W-	Contrast	Fuzzy favorability, from CMin(1) et CMax(2)
▶	-350 - -127 --> 0	27349 (10%)	9 (52.9%)	10.128	1.667	-0.648	2.315	1
	-127 - -55 --> 0	27350 (10%)	3 (17.6%)	1.929	0.568	-0.089	0.657	0.664
	-55 - 7 --> 0	27350 (10%)	1 (5.9%)	0.562	-0.531	0.045	-0.575	0.356
	7 - 57 --> 0	27350 (10%)	2 (11.8%)	1.2	0.163	-0.02	0.182	0.546
	57 - 111 --> 0	27350 (10%)	1 (5.9%)	0.562	-0.531	0.045	-0.575	0.356
	111 - 164 --> 0	27350 (10%)	0 (0%)	0	-Infinity	0.105	-2	0
	164 - 236 --> 0	27350 (10%)	1 (5.9%)	0.562	-0.531	0.045	-0.575	0.356
	236 - 347 --> 0	27350 (10%)	0 (0%)	0	-Infinity	0.105	-2	0

Conclusions

- La quantification des associations spatiales permet d'évaluer l'efficacité réelle des critères d'exploration développés en métallogénie, selon l'échelle
- Des logiciels spécialisés permettent de faciliter grandement les opérations géomatiques et statistiques nécessaires
 - → rendent ce genre de travail accessible aux géologues