

Prédictivité minérale – Evolutions méthodologiques au BRGM

Bruno Tourliere, Mario Billa

▶ **To cite this version:**

Bruno Tourliere, Mario Billa. Prédictivité minérale – Evolutions méthodologiques au BRGM. Resources & Innovative Geology (RIG 2016), Apr 2016, Montpellier, France. hal-01290773

HAL Id: hal-01290773
https://brgm.hal.science/hal-01290773

Submitted on 18 Mar 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

Prédictivité minérale – Evolutions méthodologiques au BRGM

B. Tourlière – M. Billa

RIG 2016

- Pour répondre aux questions des institutions européennes, deux méthodes distinctes et adaptées à des types de données différentes ont été développées pour améliorer la pertinence des cartes de prédictivité minérale à échelle régionale, voire continentale.

- La première méthode (Data Base Querrying – DBQ) vise à exploiter les bases de données de mines et indices existantes (type BDD Promine – Réf) avec des objectifs de prédictivité pour « petits métaux».
- La deuxième méthode (Cell Based Association – CBA) vise à exploiter au mieux des données cartographiques pas toujours très précises en fournissant une alternative aux méthodes traditionellement utilisées pour produire des cartes de favorabilité minérale à l'aide de SIG.

Data Base Querrying – DBQ

RIG 2016

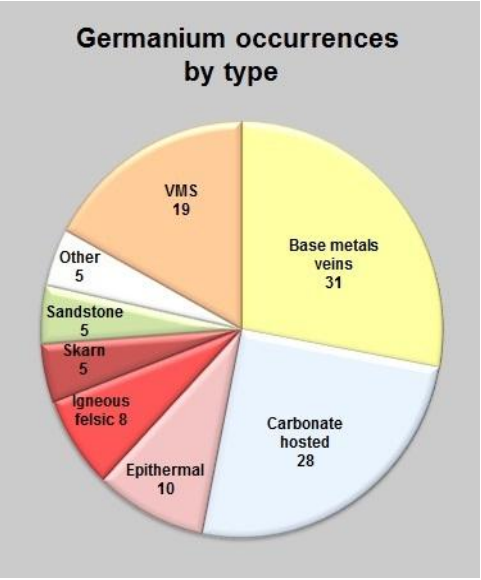
Data Base Querrying – DBQ

- La méthode DBQ consiste à estimer la probabilité de présence d'un « petit métal » comme Ge, Ga, In, Co, souvent sous produits d'une minéralisation plus banale dans un gisement où il n'a pas été analysé à partir d'une similitude avec une signature multi-élémentaire étalonnée et quantifiée à partir de gîtes et indices de type métallogénique établis et contenus dans une base de données.

- SEQUENCEMENT DES OPERATIONS POUR DBQ:
  - La fréquence de la présence de la substance recherchée est calculée par type métallogénique et comparée à la fréquence de présence du même métal sur toute la base de données. Ce calcul permet d'estimer un « Enrichement Ratio” (ER) par type de gisement. Si ER est > 0, le type métallogénique est considéré comme plus favorabe que ceux dont ER < 0.
  - Pour tous les gîtes contenant la substance recherchée, pour chaque type métallogénique favorable, la liste des éléments métalliques présents est établie et leur fréquence relative calculée. Le résultat est un tableau d'associatons polymétalliques caractéristiques, une signature de l'environneent favorable à la présence de la substance recherchée. Cette signature va être ensuite recherchée pour tous les gîtes des familles favorables.
  - L'ensemble des gîtes est ensuite notée par rapport à leur similarité à la signture polymétallique des familles favorables. Cette note (ranking) est caculée par la somme, pour tous les éléments présents dans l'association polymétallique, de la fréquence de chaque élément présent dans chaque gîte.

DBQ – Exemple du Germanium en Europe

Metallogenic Type	N	Enrichment ratio
Base metals veins	31	1,14
Carbonate-Hosted	28	3,35
Epithermal	10	1,50
VMS	19	1,78
Igneous Felsic	8	0,69
Igneous Intermediate	1	0,59
Igneous Replacement	5	0,98
Orogenic Gold	1	0,20
Residual deposits	1	0,13
SandStone- and Shale-Hosted	5	1,09
Sedimentary deposits	2	0,24



Germanium (Ge), enriched deposit types:

111 deposits in the ProMine MD database contain germanium. Enrichment ratios show that germanium is preferably present in:

Carbonate hosted deposits (ER=3,35)

VMS (ER=1,78)

Epithermals (ER=1,50)

Base metals veins (ER=1,14)

These 4 types contains 79% of Ge-bearing deposits.

DBQ – Exemple du Germanium en Europe

Commodity	Global %	Base metals veins	Carbonate-Hosted	Epithermal	VMS
Zn	74	87	79	40	89
Pb	68	74	71	30	68
Ag	58	68	43	70	37
Cd	40	48	32	20	32
Cu	33	19	25	80	26
Ga	25	32	18	10	37
In	17	16	7	30	16
Au	15	3	4	70	11
Ba	12	13	14	20	11
As	11	13	11	30	0
Sb	10	6	7	30	5
Bi	9	6	4	10	5
Fe	8	0	7	10	16
Sn	7	10	0	0	5
Tl	7	3	4	10	0
Ni	6	3	7	10	5
Te	6	0	4	20	0
Co	5	3	4	0	11
U	5	6	0	0	0
F	4	10	4	0	0
Hg	4	0	7	20	0
Se	4	0	0	10	5

RIG 2016

Germanium (Ge), polymetallic signatures:

The frequency of commodities associated with germanium is calculated for each enriched type. The resulting table shows, per deposit type, the commodities that are preferentially associated with germanium, or “characteristic polymetallic associations”.

For instance, zinc that is the most frequent element is in 87% of base metals veins deposits that contain germanium, while Pb and Ag are in 74% and 68% (respectively) of these deposits.

DBQ – Exemple du Germanium en Europe

Ranking calculation for germanium:

Rank 1 (base metals veins):
((0.87 * [Comm.Zn]) + (0.74 * [Comm.Pb]) + (0.68 * [Comm.Ag]) + (0.48 * [Comm.Cd]) + (0.19 * [Comm.Cu]) + (0.32 * [Comm.Ga]) + (0.16 * [Comm.In_]) + (0.03 * [Comm.Au]) + (0.13 * [Comm.Ba]) + (0.13 * [Comm.As_]) + (0.06 * [Comm.Sb]) + (0.06 * [Comm.Bi]))

Rank 2 (carbonate-hosted):
((0.79 * [Comm.Zn]) + (0.71 * [Comm.Pb]) + (0.43 * [Comm.Ag]) + (0.32 * [Comm.Cd]) + (0.25 * [Comm.Cu]) + (0.18 * [Comm.Ga]) + (0.07 * [Comm.In_]) + (0.04 * [Comm.Au]) + (0.14 * [Comm.Ba]) + (0.11 * [Comm.As_]) + (0.07 * [Comm.Sb]) + (0.04 * [Comm.Bi]))

Rank 3 (epithermal):
((0.40 * [Comm.Zn]) + (0.30 * [Comm.Pb]) + (0.70 * [Comm.Ag]) + (0.20 * [Comm.Cd]) + (0.80 * [Comm.Cu]) + (0.10 * [Comm.Ga]) + (0.30 * [Comm.In_]) + (0.7 * [Comm.Au]) + (0.2 * [Comm.Ba]) + (0.3 * [Comm.As_]) + (0.3 * [Comm.Sb]) + (0.1 * [Comm.Bi]))

Rank 4 (VMS):
((0.89 * [Comm.Zn]) + (0.68 * [Comm.Pb]) + (0.37 * [Comm.Ag]) + (0.32 * [Comm.Cd]) + (0.26 * [Comm.Cu]) + (0.37 * [Comm.Ga]) + (0.16 * [Comm.In_]) + (0.11 * [Comm.Au]) + (0.11 * [Comm.Ba]) + (0.05 * [Comm.Sb]) + (0.05 * [Comm.Bi]))

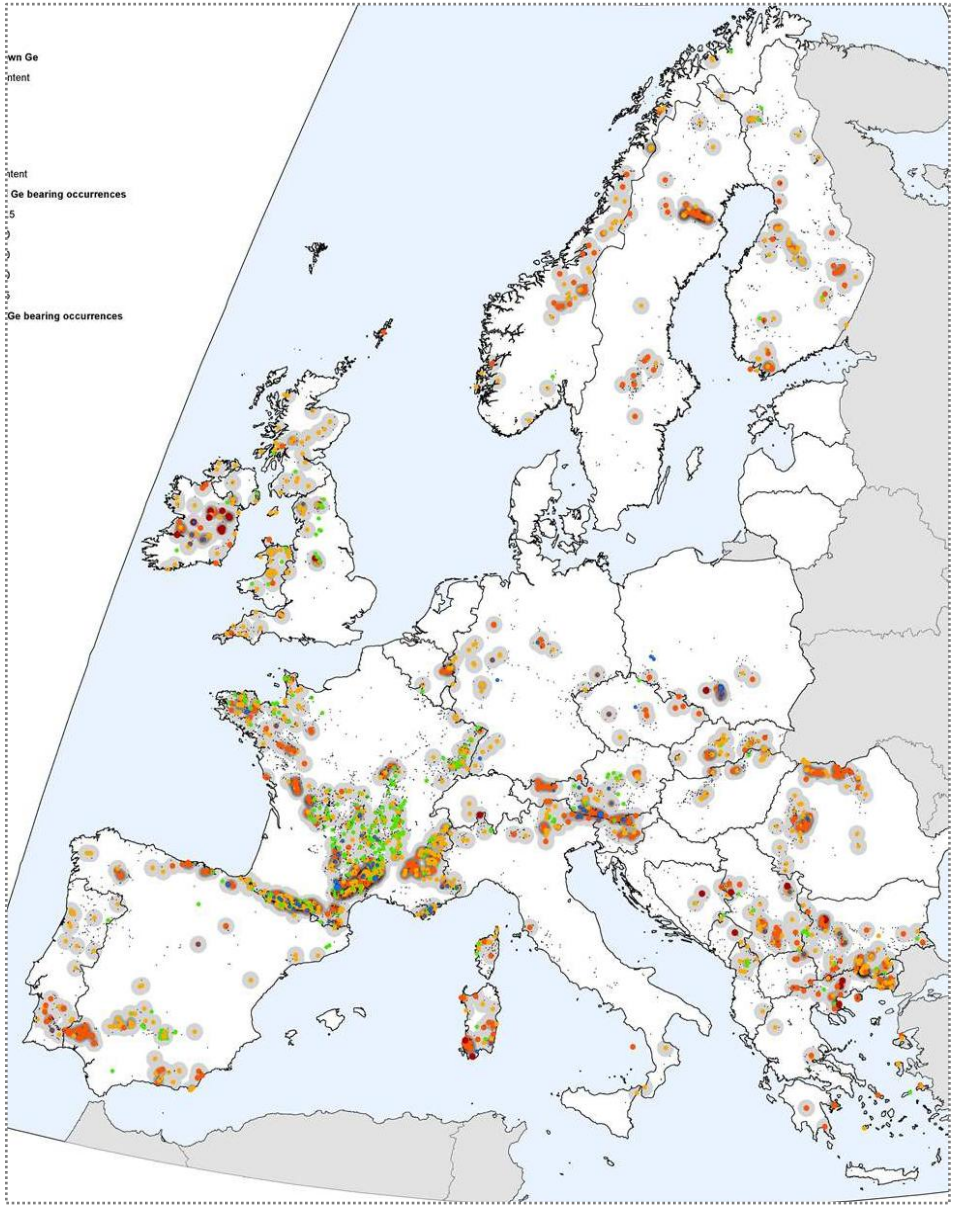
Germanium (Ge), ranks calculation:

For each deposit in each favorable type, a rank is calculated, in order to measure its degree of similarity with deposits of the same type that contain the targeted commodity. Calculation is based on the polymetallic signature of the type.

Ranks are then weighted with the ER of the type the deposits belong to.

Global ranking for germanium = (1.14 [RANK1]) + (3.35 [RANK2]) + (1.58 [RANK3]) + (1.78 [RANK4])

DBQ – Exemple du Germanium en Europe



L'ensemble des résultats peut être synthétisé par une note générale prenant en compte l'ER de chaque typologie:

Global Ranking = 1,14RANK1 + 3,35RANK2 + 1,58 RANK3 + 1,78 RANK4

Germanium (Ge), predictive map:

The resulting map highlights a germanium province in southern Europe with various types of mineralization emplaced in lower Paleozoic, Mesozoic (in relation to carbonates of the Tethyan margin), and upper Cretaceous-Cenozoic (porphyries and epithermal deposits).

Also, some areas, such as massive sulfides domains, show relatively high favourability, and should be investigated in more details by future studies.

Cell Based Association - CBA

RIG 2016

CBA – Cell Based Association

Recherche de favorabilité avec un SIG

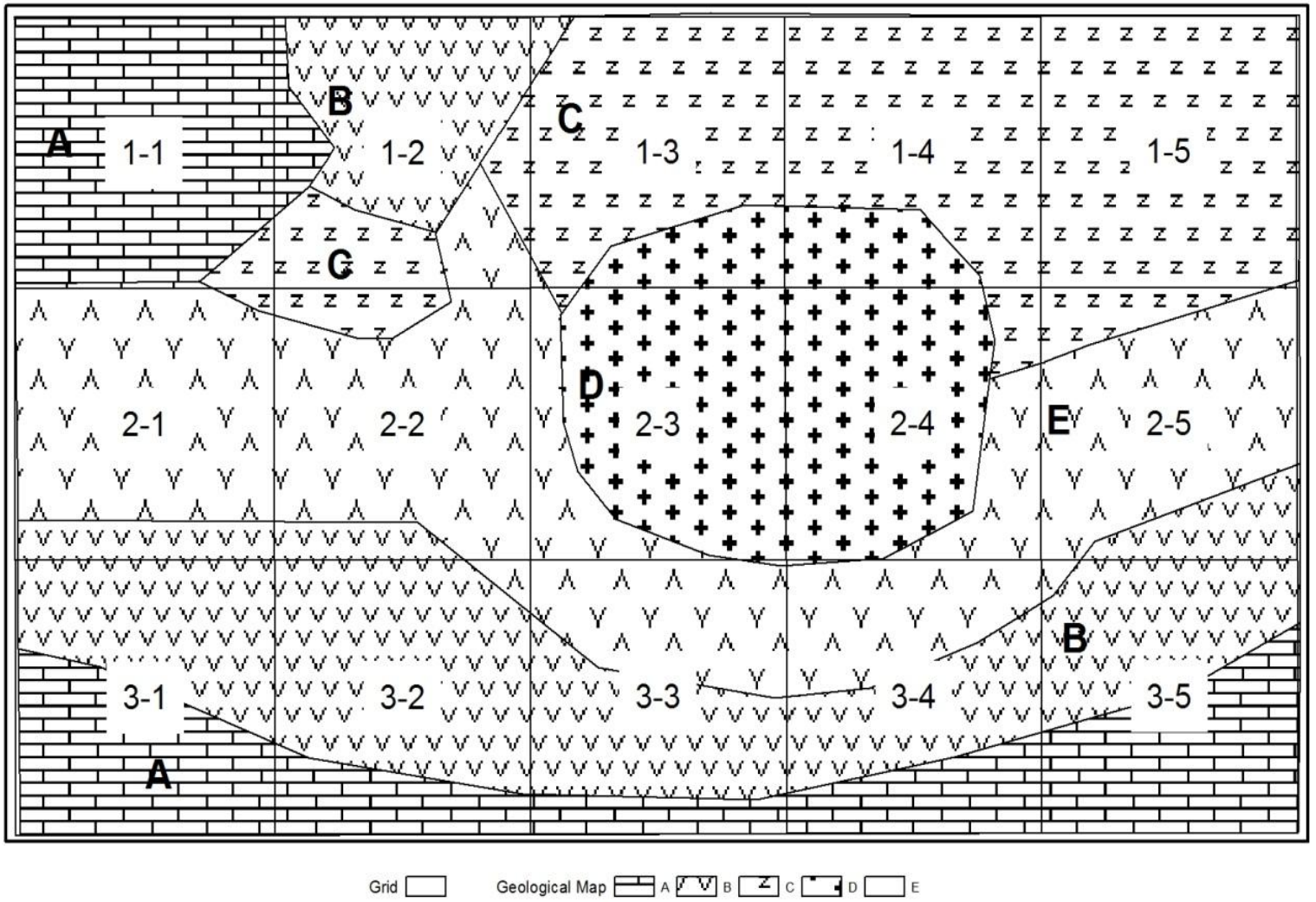
Données	Principes	Méthodes
Données ponctuelles + Polygones	Relations points/polygones + Pondération	Weight of Evidence Fuzzy Logic Régression Logistique Neural Network

Hypothèses et conséquences

Relations univoques entre points et polygone	Sensible aux erreurs de positionnement et précision des contours
La surface des polygones est un facteur pertinent (critère de pondération)	Pas de prise en compte d'environnements complexes
	Risque d'artefacts
La distribution spatiale des points n'a pas d'importance	Risque de généraliser à une formation une favorabilité liée à un phénomène local

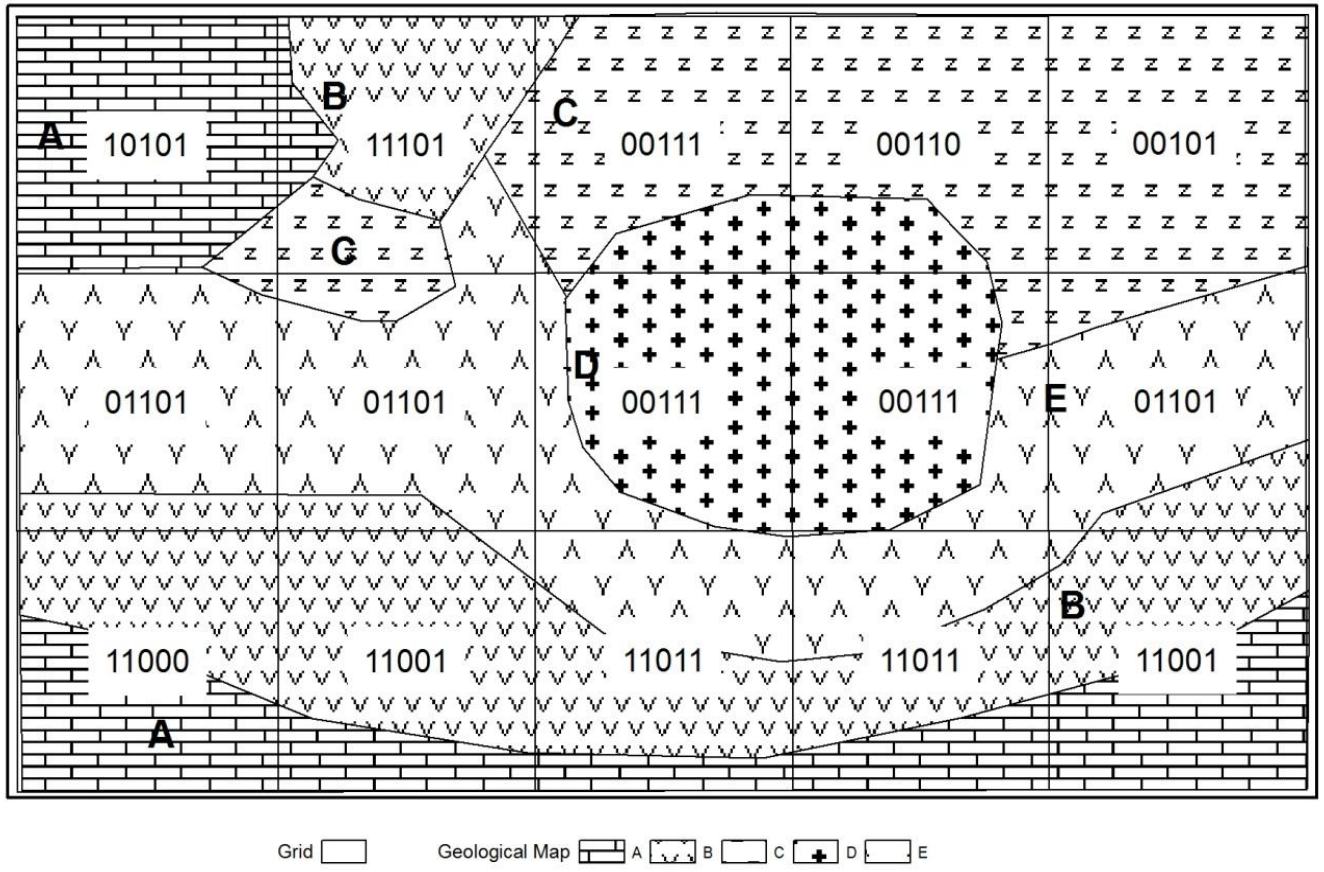
Principe & Méthode

- Application d'une grille sur la carte géologique
- Maille permettant d'avoir une bonne variabilité lithologique dans les cellules



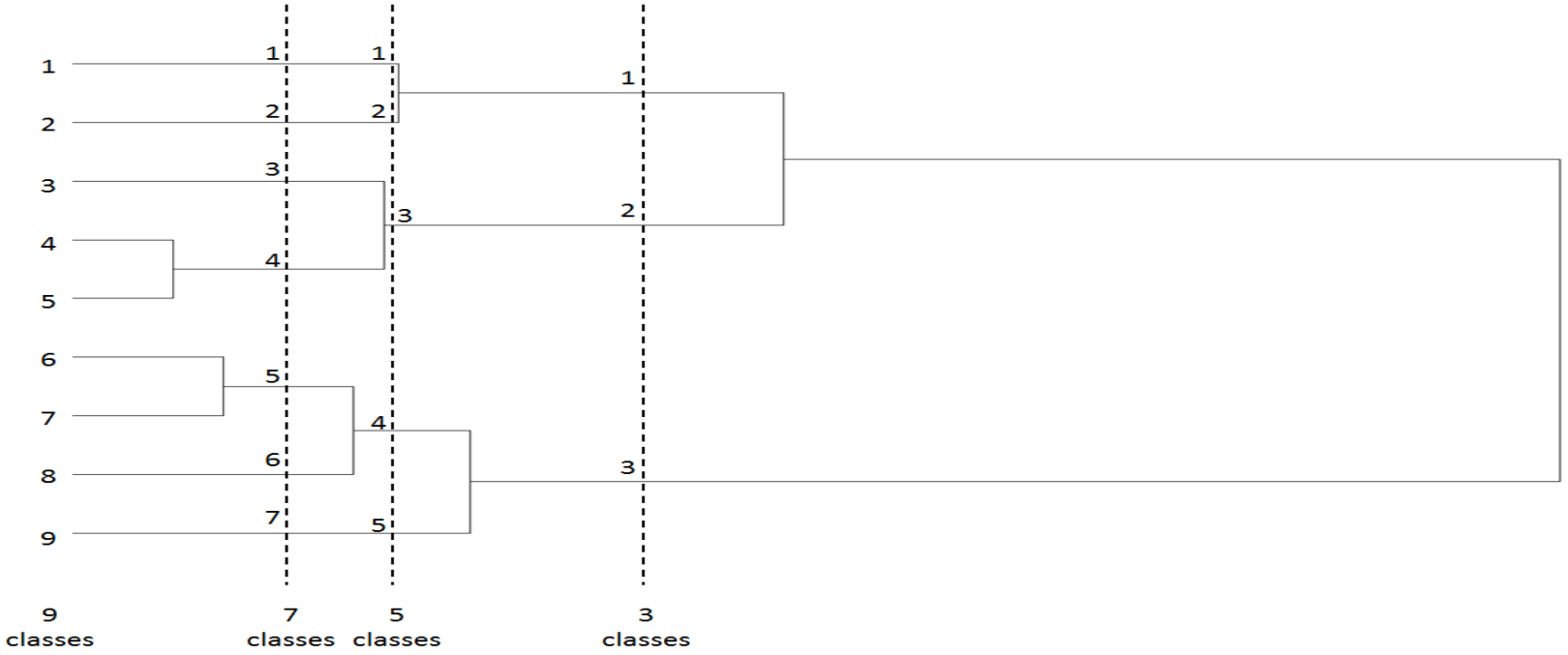
Codage

- Création d'un attribut pour chaque formation dans toutes les cellules
- Codage des attributs à 0 (absence de la formation dans la cellule) ou à 1 (présence de la formation dans la cellule)
- Le spectre lithologique traduit les associations lithologiques présentes dans la cellule
- Non prise en compte de la surface des formations



Cell#	Lithological spectrum				
	A	B	C	D	E
1-1	1	0	1	0	1
1-2	1	1	1	0	1
1-3	0	0	1	1	1
1.-4	0	0	1	1	0
1-5	0	0	1	0	1
2-1	0	1	1	0	1
2-2	0	1	1	0	1
2-3	0	0	1	1	1
2-4	0	0	1	1	1
2-5	0	1	1	0	1
3-1	1	1	0	0	0
3-2	1	1	0	0	1
3-3	1	1	0	1	1
3-4	1	1	0	1	1
3-5	1	1	0	0	1

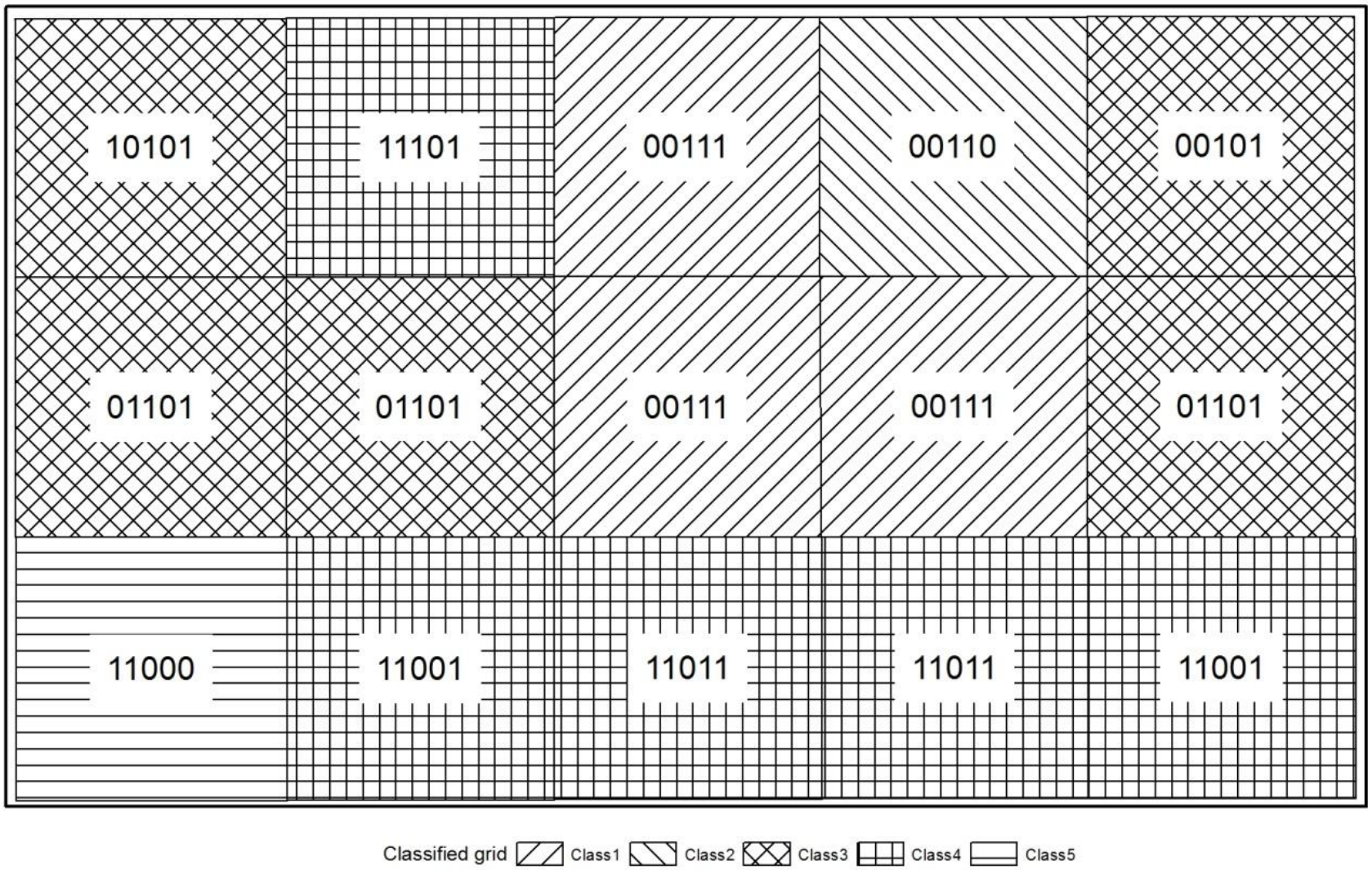
Méthode 1 : Classification des associations lithologiques par CAH (Classification Ascendante Hiérarchique)



Dendrogramme de la CAH

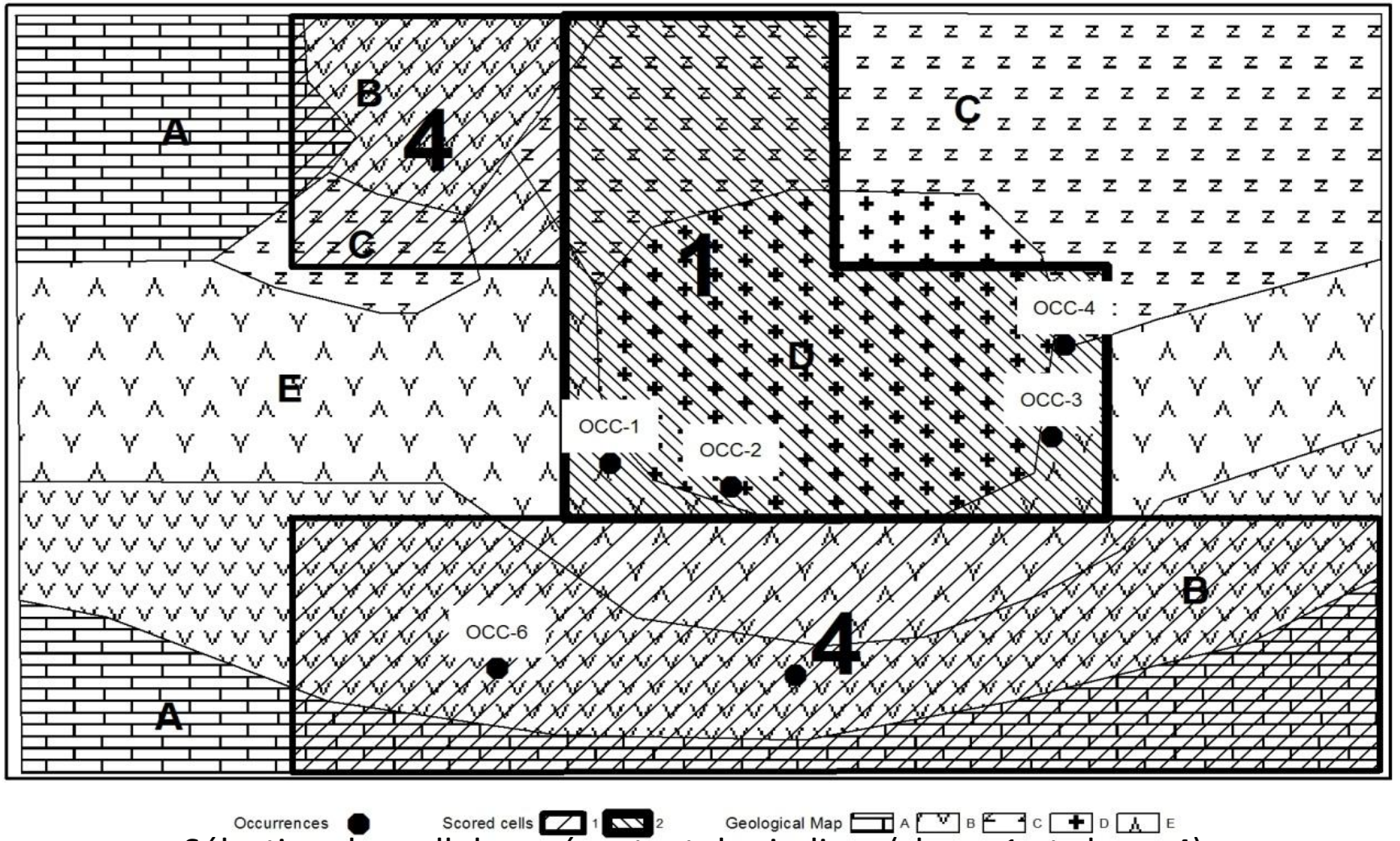
Le nombre de classes sera choisi en fonction du niveau de précision des associations recherchées, plus nombreuses, elles seront mieux focalisés mais moins « généralisantes ».

Méthode 1 : Résultats



Carte « synthétique » obtenue à partir de la classification par CAH des associations lithologiques caractéristiques des cellules.

Méthode 1 Environnement lithologiques classés et favorabilité



- Sélection des cellules présentant des indices (classe 1 et classe 4)
- Extension à l'ensemble des cellules de même classe

Méthode 2 : Rapport de fréquence et Ranking

Pour calculer une valeur pour chaque association (>2 paramètres) présente dans les cellules étalon, RF, le rapport entre la fréquence des associations présentes dans les cellules étalons et la fréquence des même associations présentes dans les cellules de la population totale est calculé.

RF = Fréquence association_étalon / Fréquence association_pop_totale

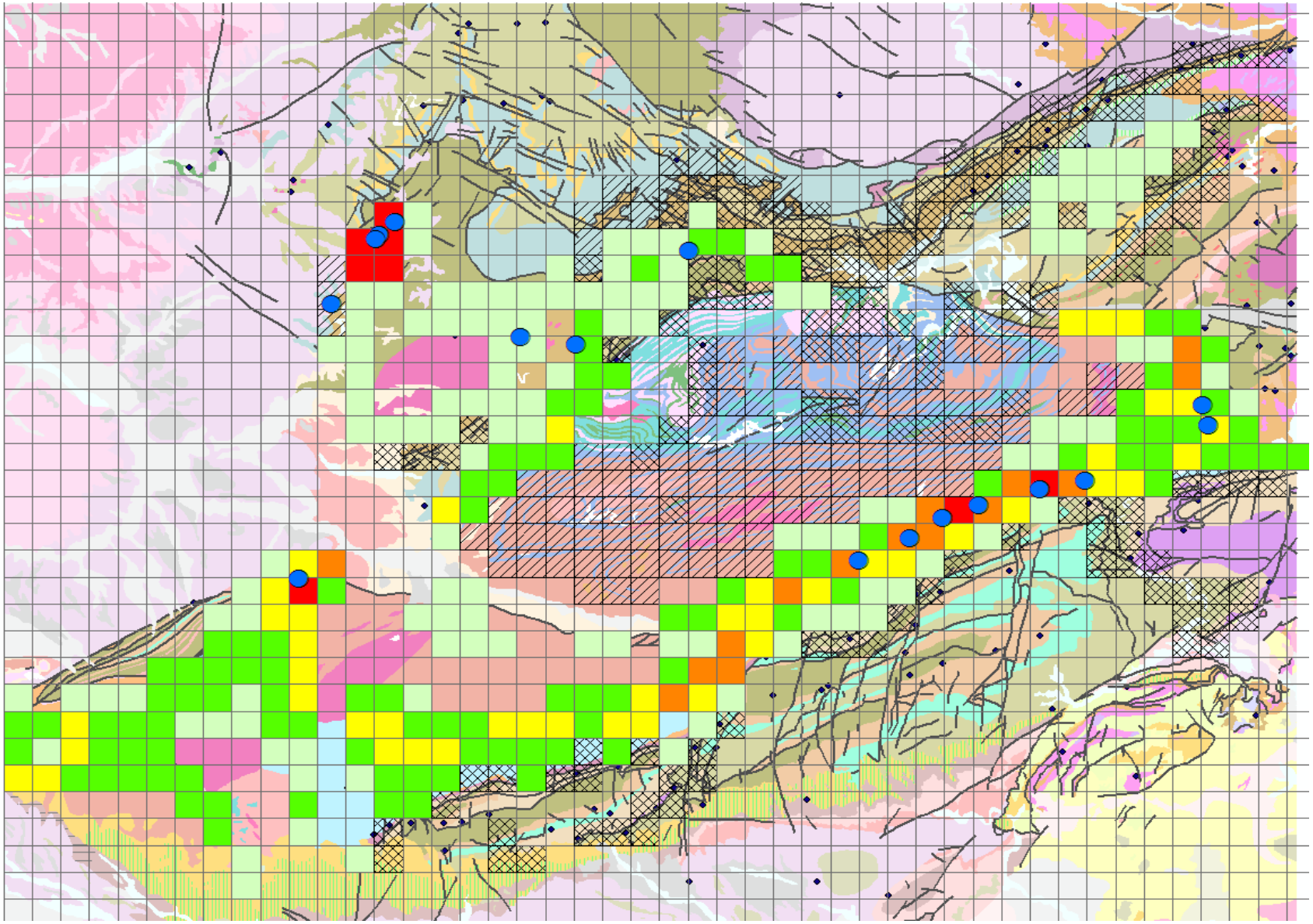
Ce RF est analogue à l'ER du DBQ

A partir de cette fréquence, 2 modes d'attribution de valeur (ranking) aux cellules sont proposées :

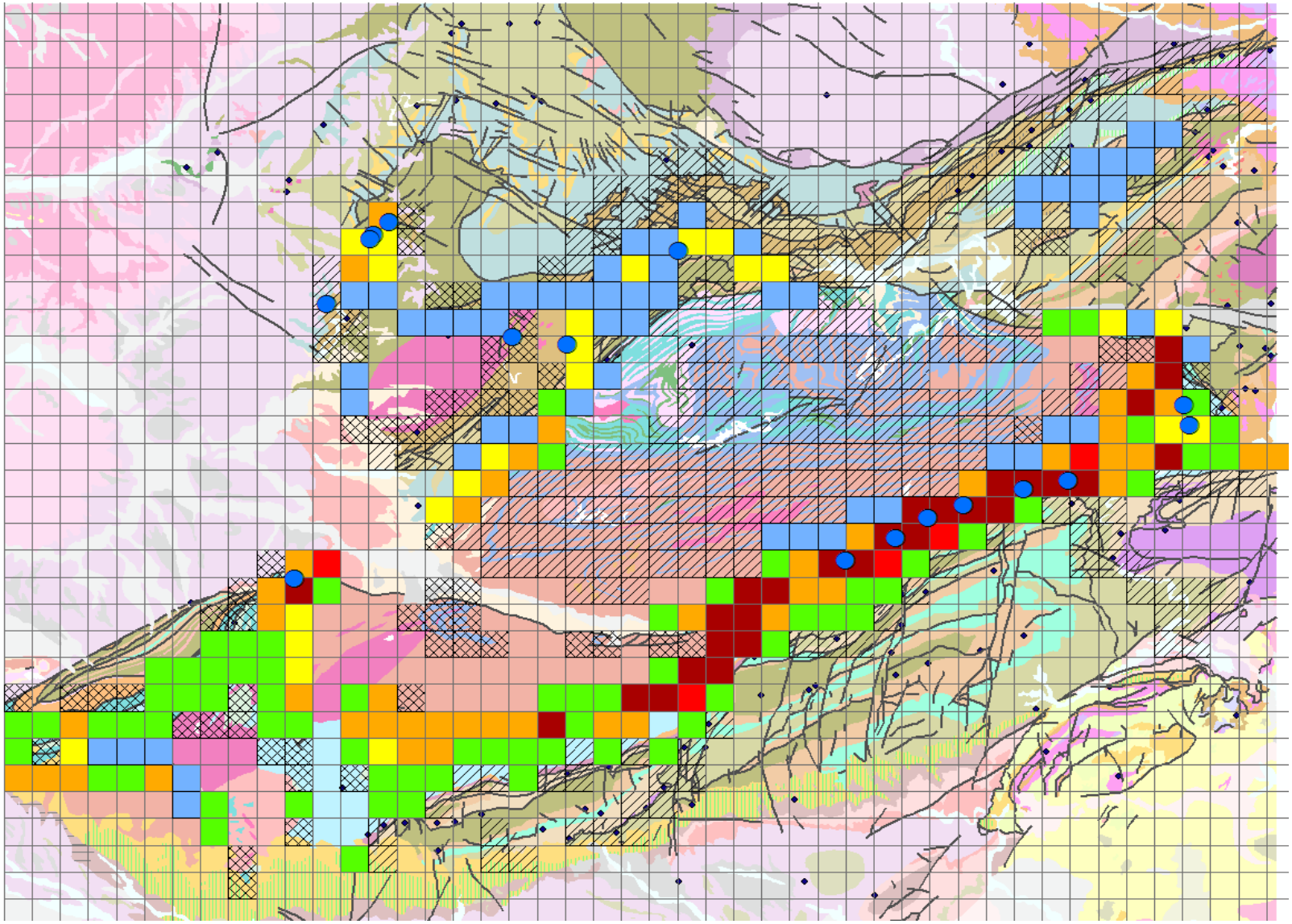
Un ne prenant en compte que le rapport de fréquence le plus élevé pour chaque cellule de la zone d'étude

Un cumulant les rapports de fréquences de toutes les associations présentes dans la cellule. Cette somme peut éventuellement être pondérée par le nombre d'associations afin de ne pas induire de biais pour les cellules contenant de nombreux paramètres.

Ranking



Ranking



- Dans son principe, la CBA implique une diminution de la résolution des données d'origine – compensé par la prise en compte d'un environnement plus complexe

- CBA : méthode permettant de minimiser les problèmes de précision de positionnement
- Méthode couplée avec une approche statistique des associations
- Capable de distinguer des environnements complexes
- Peut permettre de minimiser l'effet de formations de type alluvions
- Peut intégrer tous les types de données spatiales
- La carte synthétique obtenue par classification est un nouvel objet qui permet une relecture de la carte d'origine

- Parasitage possible par des formations non pertinentes
- Grilles et classifications non-transposables
- La taille de la maille de la grille est un paramètre critique
- Cohérence d'échelle indices/carte préférable