



**BRGM**

MISE AU POINT D'UN SYSTEME EXPERT  
APPLIQUE A LA PROSPECTION MINIERE

Interprétation et hiérarchisation  
des anomalies géochimiques

Convention ADI-BRGM-LRI  
n° 85 - C 05860

RAPPORT FINAL

Bureau de Recherches Géologiques et Minières  
Département Gîtes Minéraux  
B.P. 6009 45060 Orléans Cedex 02 France  
tél : 38 64 34 34

Rapport 86 DAM 024 GMX  
Décembre 1986  
1ère partie

Convention n° 85 C 05860  
Date de notification : 9/12/86  
Imputation budgétaire : 100-657-165  
Durée : 11 mois  
Montant : 600 000 F TTC  
Contractant : BRGM  
Responsable scientifique : D. BONNEFOY  
Service de rattachement ADI Recherche et Transfert  
Technologique/logiciel- Thème Intelligence Artificielle  
Projet n° P/1823  
Responsable Agence : J.C. RAULT

M.C.Roussel \* , M.Jébrak \* , D.Bonnefoy \* , C. Rosenthal-Sabroux \*  
H.Zeegers \* , C. Sebban \*

1<sup>ere</sup> partie : Rapport final  
2<sup>eme</sup> partie : Manuel d'utilisation  
3<sup>eme</sup> partie : Recueil d'exemples

\* Laboratoire de Recherche en Informatique . Université de PARIS  
XI . 91405 ORSAY  
\*\* Bureau de Recherches Géologiques et Minières . BP 6009 .  
45060 Orléans-Cedex

## **\* Sommaire \***

Résumé

### **1. INTRODUCTION**

### **2. METHODOLOGIE SUIVIE**

- 21. Acquisition de l'expertise**
- 22. Le générateur de systèmes experts MORSE**

### **3. SERGE, SYSTEME EXPERT EN RECONNAISSANCE GEOCHIMIQUE**

- 31. La prospection géochimique**
- 32. La base de règles**
- 33. L'alimentation de la base de faits**
- 34. tests et validation du système**

### **4. SADIG, SYSTEME EXPERT EN GITOTOLOGIE**

- 41. Analyse de l'expertise**
- 42. La structure de la fiche**
- 43. Extension de MORSE**

### **5. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES**

## \* Résumé \*

Ce rapport rend compte des résultats de la convention ADI-BRGM-LRI ayant pour objet la mise au point de systèmes experts d'aide à la recherche minière.

Deux systèmes experts, SERGE et SADIG, ont fait l'objet des travaux. Ils reposent sur l'utilisation du générateur de système expert MORSE (LRI).

Le premier, SERGE, oeuvre en prospection géochimique et permet la hiérachisation des anomalies géochimiques en Bretagne. Il est arrivé à un stade de développement suffisamment mature pour permettre son utilisation par des géologues-géochimistes (aide au diagnostic). Une des retombées non négligeables est le rôle formateur (auto-formation) de SERGE.

Le second, SADIG, concerne la gîtologie prévisionnelle et permet d'orienter, à l'aide de raisonnements analogiques comparants des fiches de gisements connus à une zone d'étude, les travaux de prospection à mettre en œuvre. Des extensions de MORSE ont été nécessaires pour prendre en compte la multivaluation des attributs.

L'approche modulaire qui consiste à développer des systèmes experts dans des domaines très circonscrits où les connaissances sont bien cernées, apparaît efficace.

Les développements futurs de SERGE concerneront l'écriture de nouveaux jeux de connaissances dans d'autres domaines géographiques. Pour SADIG, l'acquisition de l'expertise sera poursuivie afin d'aboutir à une maquette pré-opérationnelle.

## PREAMBULE

La recherche minière est considérée comme l'un des champs d'application classique des systèmes-experts: PROSPECTOR est bien connu de tous les spécialistes de l'intelligence artificielle pour avoir illustré les possibilités d'applications d'une telle démarche dans le monde industriel. Or, cette réputation doit être nuancée : PROSPECTOR n'a jamais été utilisé au delà de sa célèbre démonstration dans l'état de Washington ! Et la notion même de système-expert est étrangère à la quasi-totalité des géologues...

PROSPECTOR a néanmoins fait la preuve de l'applicabilité de la technique système-expert dans le monde des Sciences de la Terre, domaine où la complexité des connaissances et des heuristiques utilisées ne permet que rarement une approche algorithmique classique.

Ce rapport présente les résultats obtenus dans le cadre d'un projet soutenu par l'Agence de l'Informatique, associant le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (B.R.G.M.) et le Laboratoire de Recherches en Informatique (L.R.I.) de l'Université d'Orsay. L'objectif de ce projet est de mettre au point des systèmes-experts efficaces appliqués à la recherche minière.

## 1/ INTRODUCTION

Sans revenir sur la description de PROSPECTOR (Duda et al. 1978), il nous faut rappeler ici brièvement les finalités de ce système. Comme la plupart des pays industriels, les Etats-Unis ont pratiqué au cours des années 70 une politique de mise en valeur de leurs ressources minérales naturelles. Cette politique comprend des aides directes aux entreprises minières et la réalisation d'un inventaire des ressources minérales par le Service Géologique (U.S. Geological Survey). Celui-ci doit estimer les probabilités de découverte de nouveaux gisements en tenant compte du maximum d'informations disponibles. Ce travail est la géologie prévisionnelle, domaine qui demande un esprit de synthèse et une bonne connaissance des différentes techniques de prospection (géochimie, géophysique ...) et des différents types de gîtes minéraux.

PROSPECTOR avait pour but d'assister les géologues chargés de ce travail de prédition. Mais une enquête réalisée récemment (Jébrak, 1985) montrait qu'en fait ce système était inutilisé, pour trois raisons:

1. L'organisation du moteur d'inférence de PROSPECTOR est trop rigide: l'adjonction de nouvelles connaissances y est très difficile. De plus, l'utilisation de coefficients de vraisemblance et d'incertitude paraît

périlleuse et peu crédible pour les utilisateurs du fait du poids important qui leur est accordé et de leur caractère souvent arbitraire.

2. Les modèles utilisés par PROSPECTOR sont des synthèses très réductrices de la réalité : ils diluent ou masquent la spécificité et la signature de chaque gisement. Ils obéissent par ailleurs chacun à une logique interne qui déconcerte l'utilisateur en faisant abstraction de la démarche habituellement centripète du géologue minier.

3. Le développement de PROSPECTOR a été réalisé trop loin de ses utilisateurs. Ainsi, la plupart des experts consultés au début du programme ne travaillaient pas à l'U.S.G.S., et les machines utilisées (VAX, Xerox 1108) étaient peu accessibles aux géologues.

Or, le problème d'un diagnostic rapide, fiable mais également très empirique se pose toujours avec aiguëté en recherche minière. En effet, la baisse des cours de la plupart des métaux durant ces dernières années a entraîné une modification de la démarche des spécialistes: il faut maintenant trouver des gisements plus riches, plus facilement exploitables, plus rentables, donc plus rares. Le problème majeur est alors de choisir au plus tôt les zones intéressantes: on parle de sélectivité à un stade précoce, c'est à dire de techniques permettant d'éliminer rapidement les zones qui présentent un intérêt marginal pour ainsi consacrer des moyens plus importants aux zones réellement prometteuses.

Si l'informatique apporte un gain de temps appréciable dans cette démarche, son utilisation restait jusqu'ici limitée au traitement numérique et à la représentation graphique des données. Les premières approches "système-expert" réalisées en exploration pétrolière avec LITHO (Bonnet et al., 1982) avaient montré la possibilité d'une adéquation des systèmes experts à la recherche minière.

La démarche qui a été suivie dans le cadre de ce projet pour valoriser les techniques I.A en recherche minière diffère largement de celle utilisée pour PROSPECTOR bien que, sur le fond, préoccupations et ambitions étaient semblables. La différence essentielle réside dans le mode d'insertion des systèmes-experts dans la démarche des géologues miniers: si PROSPECTOR avait vocation de remplacer l'ensemble des spécialistes qui concourent à la découverte d'un gisement, les systèmes-experts présentés ici ont pour objectif premier d'apporter une aide par discipline spécifique. Ainsi ont été construits un sys-

tème de reconnaissance géochimique (SERGE) et un système de recherche des analogies entre gisements minéraux (SADIG) : chacun des systèmes respecte la démarche des professionnels et s'adapte à leur type de connaissance.

SERGE oeuvre en géochimie d'exploration : il s'agit d'une discipline relativement jeune maîtrisée par quelques rares spécialistes. Elle consiste à interpréter des résultats d'analyse de sédiments de ruisseaux, de sols ou de roches, par l'utilisation de techniques statistiques multivariées conduisant à une première hiérarchisation des "anomalies" décelées. Cette approche essentiellement paramétrique est ensuite complétée par la prise en compte de données plus qualitatives telles la morphologie de la zone de prélèvement, la disposition des points d'échantillonage, le contexte géologique. Le résultat est un classement par priorité des zones où apparaissent des anomalies géochimiques, potentiellement révélatrices de gisements. Dans la plupart des cas, cette démarche s'appuie sur une connaissance solide et sur des faits bien recensés.

SADIG oeuvre en gitologie : il s'agit d'un domaine plus ancien, plus mature qui consiste à comparer et à classifier les gîtes minéraux sur différents critères : taille, géométrie, contexte géologique, etc.. On aboutit ainsi à une comparaison entre une zone d'étude et des gisements connus. A l'inverse de la géochimie, la zone d'expertise est souvent mal définie et le référentiel du gitologue incomplet. La démarche est, par contre, souvent bien structurée, des données générales aux données locales.

L'aspect le plus important de notre approche est donc certainement son caractère modulaire, chacun des logiciels utilisés fonctionnant de manière autonome et répondant à un besoin clairement défini.

## 2/ METHODOLOGIE SUIVIE

### 21. extraction de la connaissance

On décrira ici la démarche suivie, à partir du moment où la décision d'introduire des systèmes experts comme outils d'aide à la décision dans certaines activités bien précises de la recherche minière au BRGM a été prise, jusqu'à l'obtention d'une maquette jugée satisfaisante par les experts eux-mêmes.

La première analyse a porté sur l'expertise du géochimiste ; on décrira donc plus particulièrement la démarche suivie pour la réalisation du système SERGE.

La décision même d'appréhender la démarche du géochimiste ou du géologue par des techniques de systèmes experts a nécessité une réflexion approfondie associant spécialistes des systèmes experts et de la recherche minière. La principale difficulté est que les spécialistes des systèmes experts ne sont à priori jamais compétents dans le domaine traité. Ils doivent cependant comprendre très vite la démarche des experts dans leur domaine, ne serait-ce que pour décider si la méthodologie "systèmes experts" est bien adaptée au problème, et, si tel est le cas, anticiper quels types d'outils (générateurs de systèmes experts) semblent adéquats.

Cette adéquation fut rapidement démontrée dans les deux domaines (géochimie et géologie) qui portent sur un réel savoir-faire, basé sur l'expérience et détenu par quelques individus. De plus, un langage de type "attribut-valeur" semblait, à première vue, suffisant pour exprimer les connaissances.

Une fois la décision prise, après avoir acquis une vision globale de la démarche de l'expert, il s'agissait d'appréhender de façon plus précise son savoir-faire pour:

- dans un premier temps, décider quel outil (générateur de systèmes experts) on allait choisir: un produit existant serait-il suffisant, des adaptations seraient-elles nécessaires, ou bien devrait-on construire un nouvel outil ?
- dans un second temps, traduire l'expertise dans la syntaxe associée à l'outil choisi.

Il est important de noter que, pour la bonne conduite du programme, le choix du moteur d'inférences ne doit pas se faire trop tôt et nécessite une analyse assez fine de l'expertise. Si ce choix est judicieux, une première traduction du savoir-faire de l'expert peut donner naissance très rapidement à une première maquette. Il faut également souligner que les caractéristiques du moteur choisi (sa syntaxe d'expression des connaissances, et ses stratégies) influencent sur la façon dont sera exprimée l'expertise.

Pour débuter, on a procédé à deux séances d'environ trois heures chacune d'interviews de l'expert qui a été confronté à des cas réels (qui avaient été traités par lui-même, ou par ses collègues), en lui demandant d'exprimer tout haut la façon dont il établissait son diagnostic.

Deux points importants sont à relever:

- l'expert est confronté à des cas réels : on attend de lui des connaissances très précises et non pas des généralités sur son domaine. En effet, il s'agit bien de collecter les "raccourcis" qui lui permettent d'aller droit à ce qui est déterminant en fonction de chaque cas particulier traité. La connaissance sous-jacente, plus structurée, qu'il utilise quand il explique la géochimie appliquée à la recherche minière n'est pas directement utilisée à ce stade précoce de l'expertise.

- on lui demande de s'exprimer le plus librement possible afin d'essayer de conserver toute la finesse de l'expertise. Il ne faut en effet pas forcer l'expert, du moins dans un premier temps, à s'exprimer dans une syntaxe imposée donc contraignante. Le fait que l'expert géochimiste n'avait, au départ, aucune pratique des systèmes experts et de leur syntaxe habituelle du type "Si... Alors" a été plutôt positif.

Cette première analyse nous a permis de dégager les concepts principaux déterminants pour le raisonnement, et de choisir le générateur de systèmes experts destiné à construire SERGE. Le logiciel MORSE (Kirsch 1985), simple et robuste, bien adapté pour la construction rapide d'une maquette, nous a semblé suffisant pour prendre en compte l'expertise du géochimiste dont les concepts peuvent en effet être aisément traduits par des attributs de MORSE. De plus, la possibilité, dans les règles de MORSE, de conférer aux attributs la valeur "inconnue" (= ??) permet une grande souplesse d'expression de la connaissance.

Deux interviews supplémentaires ont ensuite été réalisées, toujours sur des cas réels, pour:

- éclaircir certains points: nous avons posé des questions à l'expert sur les concepts dégagés des deux premières interviews, et sur leur importance pour le diagnostic final...
- affiner l'expertise proprement dite, en prenant en compte de nouveaux cas.

Une première maquette, d'environ 80 règles, a alors été réalisée en traduisant l'expertise recueillie dans la syntaxe acceptée par MORSE.

Six séances furent ensuite consacrées à modifier et affiner la maquette initiale en poursuivant d'une part

l'acquisition de la connaissance et d'autre part en confrontant les résultats de la maquette à ceux de l'expert, au cours de sessions traitant différents cas réels.

La critique par l'expert de la maquette initiale mit alors en évidence les deux points suivants:

- les concepts manipulés par le système étaient les bons, mais leur échelle de valeurs devait parfois être affinée. Ainsi, par exemple, l'attribut "accompagnateurs positifs" initialement boolén (vrai ou faux) fut, sur demande de l'expert, remplacé par un nouvel attribut "signal accompagnateurs positifs" prenant comme valeurs "absent", "faible" ou "vigoureux". Ceci a impliqué l'ajout de règles supplémentaires prenant en compte ces nouvelles valeurs.
- les questions posées par le système au cours des sessions étaient pertinentes, mais leur ordre était parfois choquant: pour pallier cette faiblesse, on a ajouté une dizaine de règles traduisant la stratégie globale de l'expert, dont des exemples sont données en 32.

## 22. Le générateur de systèmes experts MORSE

MORSE est un logiciel constitué d'un moteur d'inférences et de son environnement, décrit en détail dans Kirsch (1985). Ses principales caractéristiques sont les suivantes:

- Il est du type "attribut-valeur" étendu :
- la base de faits est formée de couples (ATTRIBUT VALEUR)
- la base de connaissances est constituée de règles de production dont les conditions sont de la forme
  - ATTRIBUT OPERATEUR VALEUR
  - ou ATTRIBUT OPERATEUR ATTRIBUT
  - ou ATTRIBUT ??  
(ayant comme sémantique "ATTRIBUT a une valeur")
  - ou ATTRIBUT \*(ayant comme sémantique "ATTRIBUT" reçoit la valeur de ATTRIBUT)
- et les conclusions sont de la forme
  - ATTRIBUT = VALEUR
  - ou ATTRIBUT' = ATTRIBUT  
(ayant comme sémantique "ATTRIBUT" reçoit la valeur de ATTRIBUT)
- Il fonctionne en chainage-avant et chainage-arrière selon le principe suivant: même au cours du chainage-arrière, MORSE sature la base de faits en chainage-avant

à chaque nouveau fait (affirmé par l'utilisateur en réponse à une question, ou déduit par le système). Les attributs sont monovalués: lors de la propagation d'un fait (ATT VAL), toute règle ayant une condition contenant ATT comme attribut et évaluée à faux est bloquée: elle ne sera plus examinée dans la suite de la session.

- Certaines caractéristiques sont optionnelles: c'est ainsi que l'ensemble des attributs demandables est à fixer. De même, on peut choisir l'option "monde fermé", qui consiste, pour tout attribut boolén ATT n'apparaissant en conclusion de règles qu'avec la valeur VRAI, à le propager avec la valeur FAUX dès que toutes les règles concluant sur ATT sont bloquées.

MORSE standard s'est révélé suffisant pour développer le système SERGE; par contre, des extensions ont été nécessaires pour développer le système SADIG en géologie (\$ 4).

### 3/ SERGE, système expert en reconnaissance géochimique.

SERGE est un système-expert conçu pour une utilisation en prospection géochimique multi-élémentaire régionale, c'est à dire à large maille. Il exécute un travail qui vient compléter celui d'un ensemble de logiciels existants en ajoutant une couche "intelligente" au seul traitement numérique des données. Après un bref rappel des bases de cette technique de prospection, nous donnerons quelques exemples de règles, puis les modes d'alimentation de la base de faits. Enfin, on montrera les performances actuelles du système.

#### 3.1. La prospection géochimique

La prospection géochimique, une des méthodes de la recherche minière, comprend plusieurs étapes (Wilhelm et Zeegers, 1984):

\* l'échantillonage de sédiments de ruisseaux, à une maille de 2 à 4 prélèvements par km<sup>2</sup>.

\* l'analyse de la fraction fine de ces prélèvements, par une technique multiélémentaire (spectrométrie d'émission à plasma conductif, DCF, ou inductif, ICP) permettant de doser simultanément 22 ou 34 éléments avec les limites de détection requises (quelques ppm -grammes par tonne-voire quelques dizièmes de ppm).

\* l'interprétation, qui vise à extraire à partir des données analytiques des anomalies, ou objets géochimiques anomaux, définies par comparaison avec leur environnement

géochimique régional. Cette extraction repose sur une analyse numérique des données, avec mise en oeuvre de traitements statistiques mono- ou multivariés.

Compte tenu du nombre très élevé des données accumulées au cours de ces dernières années (100 000 échantillons par an) et du petit nombre de spécialistes du domaine, l'ensemble des procédures de traitement depuis l'analyse jusqu'à l'interprétation a été standardisé et en partie automatisé. Les résultats de l'analyse multiélémentaire sont directement envoyés par l'appareil de mesure sur un ordinateur VAX 780 où, après avoir été fusionnés avec d'autres variables (coordonnées, codes de terrain) ils sont traités grâce à une chaîne de logiciels d'analyse numérique (FIESTA) adaptée au problème spécifique de la prospection géochimique. Les figures 1 à 3 donnent des exemples des différentes étapes du traitement qui aboutit à la définition des anomalies géochimiques.

Mais le problème se pose alors de hiérarchiser ces différentes anomalies afin de sélectionner celles qui paraissent les plus prometteuses. Pour cela, le géochimiste dispose d'un jeu de connaissances élargies: outre les données de l'analyse numérique, il prend en compte d'autres données comme la présence d'éléments accompagnateurs qui n'ont pas contribué directement à la définition de l'anomalie, l'environnement du site de prélèvement, les risques de pollution, le contexte géologique ... Le résultat de cette analyse est un classement par priorité, accompagné d'un commentaire argumentant le diagnostic proposé.

### 32. La Base de règles de SERGE

La base de règles contient actuellement 150 règles écrites dans la syntaxe de MORSE. Ces règles du point de vue du moteur, sont non typées ni ordonnées. Elles expriment donc, à un même niveau, des connaissances aussi diverses que :

- Des stratégies de l'expert:  
Celles ci peuvent être générales:

*Exemple 1*  
SI           questions initiales posées  
          Premier diagnostic ??  
ALORS       on continue .

Cette règle exprime une priorité du premier diagnostic.

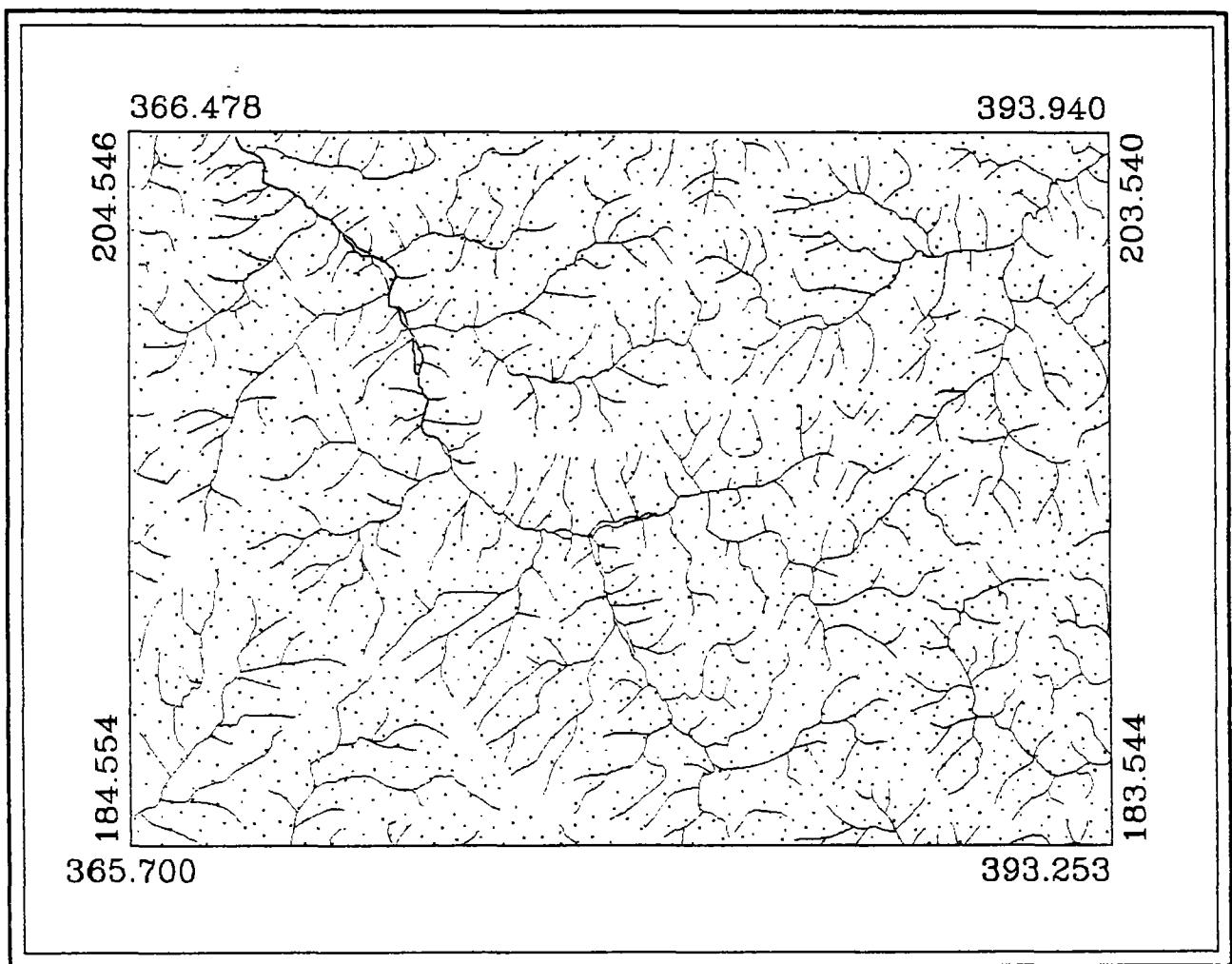
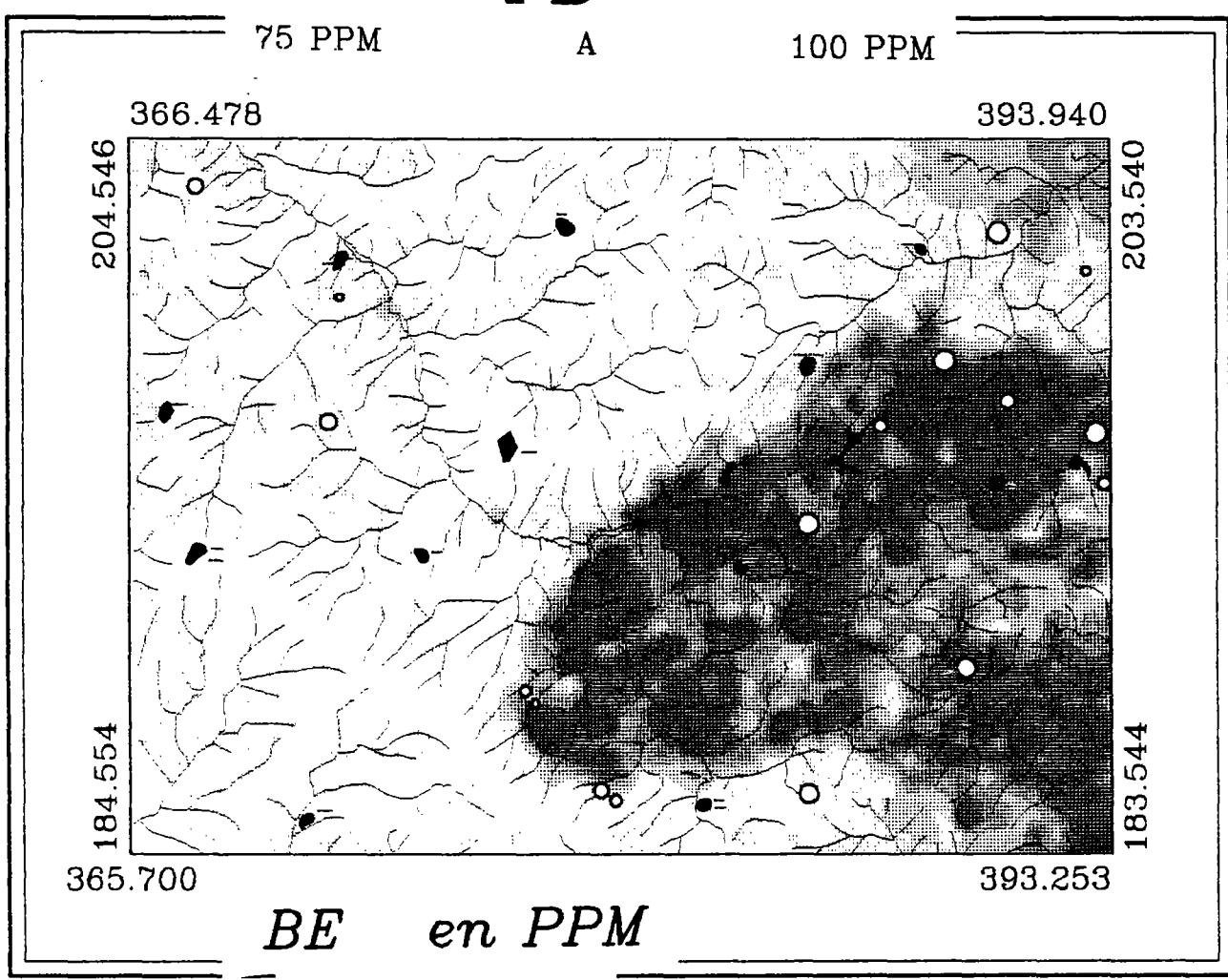


Figure 1 - Exemple de plan de prélèvements.  
 1854 échantillons prélevés auxquels sont associés les résultats  
 d'analyse de 22 éléments traces.  
 Echelle : 1/200000



SUP. A	9
8 -	9
6 -	8
5 -	6
3 -	5
2 -	3
INF. A	2

Figure 2 - Fluctuation du fond géochimique en beryllium (en grisé) et valeurs anomalies en plomb (cercles blancs)

## MONCOUTANT

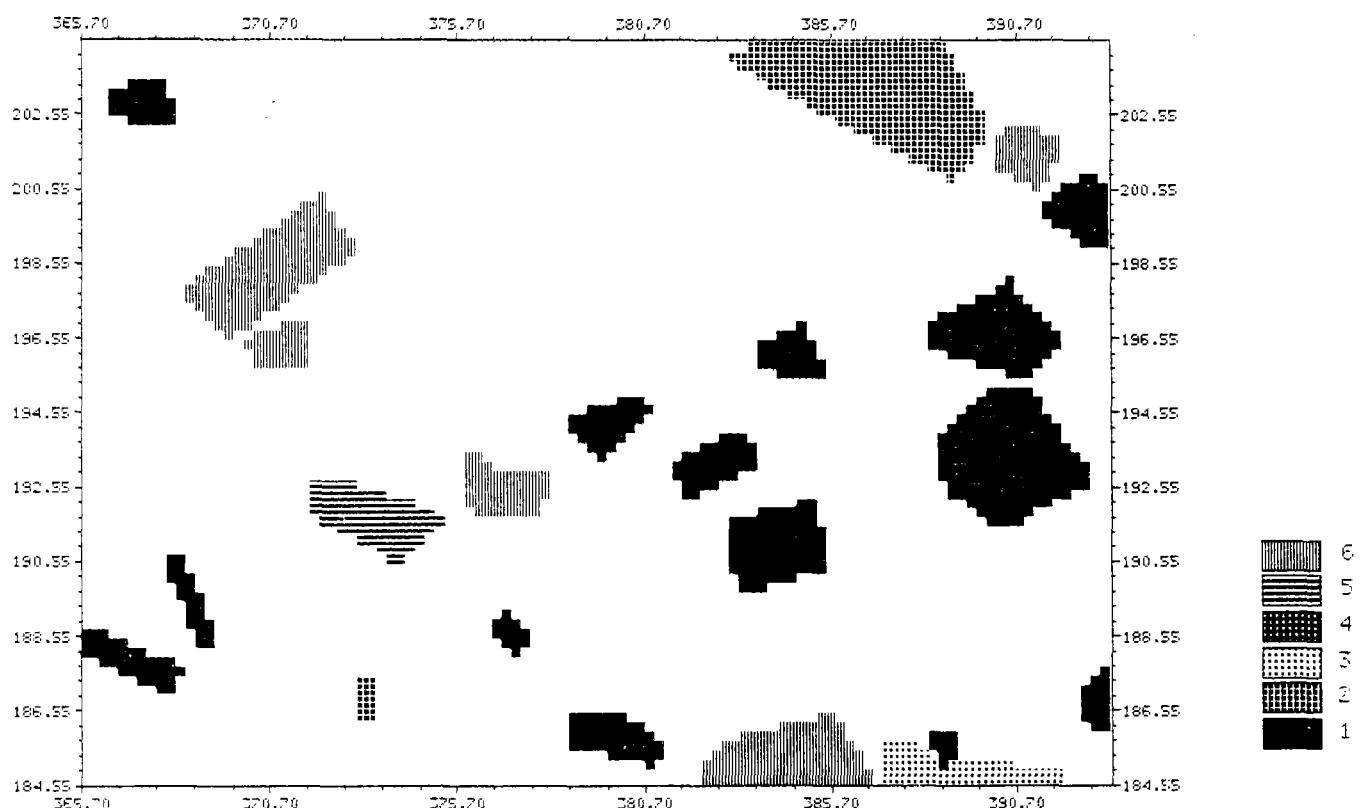


Figure 3 - Anomalies mises en évidence par les traitements statistiques.

- 1. = anomalie Pb
- 2. = anomalie Zn
- 3. = anomalie Cu
- 4. = anomalie Pb-Zn
- 5. = anomalie Zn-Cu
- 6. = anomalie Pb-Cu

On peut aussi exprimer des "raccourcis" dans le raisonnement.

*Exemple 2*

SI      presence pollution = presumée,  
          element sensible pollution  
ALORS    premier diagnostic = à rejeter  
          commentaires = forte présomption de  
          pollution

- Des connaissances géochimiques définissant des concepts du domaine en fonction d'autres concepts.

*Exemple 3*

SI      contraste = faible,  
          Cohérence = bonne,  
          pas monoélément,  
          Pas indices négatifs  
ALORS    bon mais contraste faible.

*Exemple 4*

SI      bon mais contraste faible,  
          contexte géologique ??  
          zone proche autre zone anomale  
ALORS    diagnostic = 3ième priorité,  
          commentaires = a rattacher à zone anomale voisine.

33. L'alimentation de la base de faits

Il est apparu dès les premières phases du programme que deux utilisations du système-expert pouvaient être envisagées conjointement: une consultation au coup par coup par des géologues peu expérimentés en prospection géochimique, et une utilisation en routine, par des spécialistes, pour interpréter ou ré-interpréter un ensemble d'anomalies.

La première utilisation s'apparente à une formation: elle nécessite un dialogue pédagogique entre le système et son utilisateur et donc une formulation explicite des questions et des explications.

La seconde par contre demande la création d'une structure semi-automatique qui permette de lire les données, de procéder à certains calculs et d'initialiser de façon automatique la base des faits. Cette procédure n'exclut pas la possibilité de dialogue en cours de session.

La structure d'interface retenue pour l'entrée des données a été celle de SYNERGIE, logiciel de traitement de données multi-source conçu au BRGM (Bonnefoy et Guillen, 1986) qui peut traiter un ensemble d'images, dans notre cas descriptives d'une

anomalie (numéro, type, contexte géologique, fond géochimique, nombre de points, etc...).

Une nouvelle fonction, ATTR, a été ajoutée à ce logiciel, permettant la création d'une fiche d'attribut issue de la lecture de plusieurs images (fig. 4). Cette fiche d'attribut peut alors, soit être lue directement par le système-expert au moyen d'une règle particulière d'initialisation des données, soit être fournie à l'utilisateur du système en vue d'une introduction manuelle.

#### 34. Tests et validation de SERGE

L'évaluation des performances d'un système-expert pose des problèmes comparables à ceux de l'évaluation d'un expert humain: compétence (sens de l'analyse et de la synthèse, capacité à prendre des décisions en présence d'inconnues), rapidité d'exécution, convivialité (langage compréhensible par l'interlocuteur, capacité d'explication).

Trois types de test d'évaluation des performances ont donc été réalisés sur SERGE : (1) par rapport au concepteur de la base de connaissances (H.Zeegers), (2) par rapport à d'autres géochimistes, (3) par rapport à lui-même, ce qui revient à évaluer sa robustesse face à des perturbations dans les réponses. Ces tests ont été réalisés sur une zone de prospection géochimique différente de celle utilisée pour l'écriture de la base de connaissances, la feuille I.G.N. à 1/50000 Moncoutant, située en Vendée.

La comparaison des résultats de SERGE avec ceux du concepteur de la base de connaissances montre une bonne convergence entre les deux modes d'expertise: dans 59 % des cas étudiés, SERGE donne la même priorité que H. Zeegers. Dans 35 % des cas, il est plus optimiste, dans 6 %, plus pessimiste.

L'étude des écarts des diagnostics entre le système-expert et d'autres géologues-géochimistes (fig.5) montre que les différences observées sont pour l'essentiel dues à une mauvaise compréhension du questionnaire par ces utilisateurs moins avertis. Quand l'utilisateur ne sait pas répondre, le système opte pour une présomption favorable, ce qui entraîne son optimisme. Cette caractéristique ne constitue cependant pas un handicap à l'utilisation du système.

En outre, toujours par rapport à d'autres géologues-géochimistes, on constate une meilleure sélectivité de SERGE: sur 10 anomalies traitées, SERGE n'en retient que 4 en première ou en seconde priorité, alors que les géologues-géochimistes en avaient sélectionné 9 en première priorité. Par contre, par rapport à un deuxième expert de haut niveau, la comparaison des

Anomalie 12.

Superficie : 2.3 Km<sup>2</sup> (Zone trop étendue = oui)

Type anomalie = zn

Nombre de points constituants l'anomalie : 9

Géologie : granite à muscovite (série connue+)

-----  
I Zn I  
-----

> Paramètres dans l'anomalie

Min	Max	Moy	Ecty
37.00	185.00	97.6	27.

> Paramètres dans une couronne de 0.5 Km

Min	Max	Moy	Ecty
47.00	147.67	94.11	24.2

-----  
I Pb I  
-----

> Paramètres dans l'anomalie

Min	Max	Moy	Ecty
20.00	115.00	90.6	30.

> Paramètres dans une couronne de 0.5 Km

Min	Max	Moy	Ecty
20.00	90.67	75.11	20.2

Figure 4 - Exemple de fiche descriptive d'une anomalie géochimique

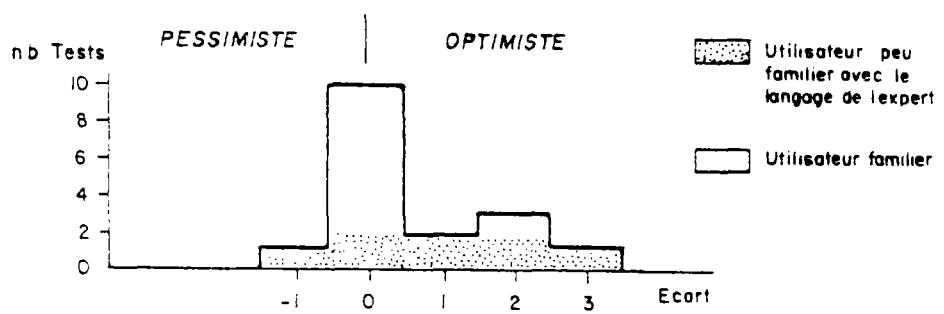


Figure 5 - Histogramme des écarts de diagnostic entre SERGE et des géologues-géochimistes.

résultats bruts de SERGE avec ceux donnés librement par cet expert aboutit à des conclusions semblables à celles de la comparaison avec H. Zeegers: très bons résultats d'ensemble, caractère optimiste par défaut de SERGE.

SERGE occupe ainsi un échelon intermédiaire sur le plan de la compétence entre des géologues-géochimistes et des experts plus qualifiés.

L'étude de la robustesse de SERGE a été appréhendée par une analyse statistique des variations du diagnostic final en fonction de modifications apportées dans les réponses au questionnaire. Il apparaît que le système reste cohérent même si 20 % des réponses sont indéterminées, voire incorrectes.

#### 4/ SADIG, système-expert en gitologie

SADIG est un système expert basé sur la connaissance du géologue-minier dont la démarche est très différente de celle du géochimiste. Elle est en effet plus intuitive, le géologue disposant de moins d'informations que le géochimiste. Les finalités de ce système ont été décrites précédemment.

Nous nous limiterons ici à présenter les éléments de la maquette en cours de réalisation et les concepts afférents à ce type de connaissance.

##### 4.1. Analyse de l'expertise

Très schématiquement, l'expert géologue confronté à un diagnostic de gitologie prévisionnelle (en matière de recherche de gisements aurifères) utilise principalement deux outils de travail:

-une carte géologique à grande échelle

-un jeu de fiches répertoriant et décrivant différents gisements d'or du monde entier.

Dans un premier temps, il sélectionne sur la carte une zone ayant des caractéristiques générales favorables à la présence d'un gisement: les connaissances utilisées relèvent alors de la géologie générale.

Dans un second temps, pour juger de l'intérêt d'une telle zone susceptible de receler un gisement, il s'attache à la comparer à l'environnement d'un gisement déjà connu: si l'analogie est forte, cela (1) confortera l'idée que la zone peut effectivement contenir un gisement, et (2) lui permettra d'anticiper ses caractéristiques (par exemple, sa forme et ses dimensions) par

analogie avec celles du gisement connu ayant servi de modèle. D'une manière générale, une telle approche permet de choisir les guides de prospection les mieux adaptés pour les travaux ultérieurs.

SADIG est destiné à fournir un appui au géologue lors de cette deuxième étape. Plus précisément, on s'est restreint aux gisements d'or, dont une centaine, répertoriés dans le monde entier peuvent servir de modèles de référence. Une présélection rapide sur l'âge et la nature des roches encaissantes permet d'abord de sélectionner cinq ou six fiches qu'il s'agit ensuite de comparer plus finement à la zone testée. L'objectif d'une session de SADIG est de comparer les caractéristiques de la zone à prospector avec une fiche décrivant un gisement donné.

L'expertise consiste donc :

-A rechercher et à exprimer, à la façon du géologue, les analogies entre la fiche et la zone.

-En cas de forte ressemblance, à en tirer parti pour émettre des hypothèses sur les caractéristiques encore inconnues de la zone. Ainsi, par exemple, si la ressemblance est très forte entre la zone et la fiche, et si dans la fiche, il est indiqué que la minéralisation aurifère se poursuit en profondeur, on pourra supposer que cette caractéristique (favorable) se retrouve dans la zone étudiée. Cette information permettra d'orienter la prospection future, en recommandant par exemple l'exécution de sondages profonds.

#### 42. La structure de la fiche

Dans la fiche, l'élément de base pour la recherche des analogies est la rubrique. L'expert évalue les ressemblances entre la fiche du gisement connu et la zone étudiée, rubrique par rubrique. La fiche est une description succincte d'un gisement sous forme de différentes rubriques (âge, nature ...) et, pour des raisons d'homogénéité, les rubriques sont imposées. La rédaction des fiches répertoriant les gisements d'or du monde entier est l'affaire des géologues. Pour garder une plus grande souplesse et pour éviter une trop grande simplification assortie d'une perte d'information, le contenu de chaque rubrique est libre. Ce contenu est plus ou moins détaillé, plus ou moins homogène, selon les auteurs.

Une fiche-type est présentée encadré n° 3.

#### 43. extension de MORSE

MORSE standard n'est pas suffisant pour prendre en compte le type de raisonnement décrit précédemment. Deux extensions de

MORSE ont été réalisées afin de satisfaire les contraintes liées aux caractéristiques du domaine :

- la prise en compte de l'analogie
- la multivaluation des attributs

#### 431. gestion du concept d'analogie

L'analogie est exprimée naturellement par l'expert de façon explicite. Cela se traduit par des règles dans lesquelles on peut faire référence simultanément à la zone et à la fiche.

##### *Exemple 5*

*SI les roches encaissantes du gisement sont des basaltes*

*ET SI les roches encaissantes de la zone sont des tufs*

*ALORS il y a une différence significative de contexte structural.*

Or, dans la version standard de MORSE, il y a un seul objet implicite auquel s'appliquent toutes les règles. On a donc introduit la possibilité de spécifier les différents objets auxquels peuvent faire référence les règles pour un domaine de connaissances déterminé.

Ceci n'a demandé que peu de modifications sur le fond, avec seulement un changement de la représentation interne. On a choisi de représenter chacune des rubriques constituant une fiche par un attribut au sens de MORSE, avec des propriétés dépendant des deux objets (fiche et zone) que l'on manipule. Par exemple, l'attribut "minéralogie" peut prendre deux valeurs, la minéralogie de la zone et celle de la fiche.

L'accès à un attribut se fait de deux manières:

- en spécifiant seulement son nom, ce qui permet d'accéder à ses propriétés générales.

##### *Exemple 6*

*SI roches encaissantes = andesites*

*ALORS contexte strutural = arc insulaire*

- en spécifiant le nom et l'objet dont on

veut les propriétés spécifiques.

*Exemple 7*

SI           roches encaissantes(zone) = tufs  
             roches encaissantes(fiche)= basaltes  
ALORS       forte difference contexte structural.

432. *Introduction à la multivaluation des attributs dans MORSE*

Les géologues sont libres d'exprimer sur la fiche toutes les informations qui leur apparaissent utiles. Ainsi, les différents attributs d'une rubrique peuvent prendre plusieurs valeurs toutes significatives sur lesquelles le système doit pouvoir raisonner simultanément.

Or les attributs de MORSE standard sont monovalués: on doit donc introduire la notion de multivaluation pour certains attributs et prévoir les mécanismes de gestion correspondants. Un attribut peut donc avoir pour valeur un ensemble de valeurs constitué d'un nombre quelconque d'éléments distincts.

Le problème se pose alors pour l'évaluation d'une prémissse portant sur un tel attribut ATT. Ainsi ATT <> ATT' ne peut être évalué que lorsque les ensembles des valeurs de ATT et ATT' sont saturés. Pour résoudre ce problème, différentes stratégies peuvent être choisies pour gérer les attributs de l'ensemble de valeurs :

- En intégrant un contrôle dans le moteur d'inférence

- En gérant le contrôle par les règles.

Dans un premier temps, c'est la deuxième solution qui a été choisie car elle correspondait à la démarche de l'expert. Les règles sont de deux types :

- Les règles "générales" ne faisant référence à aucun objet particulier.

- Les règles "analogiques".

Les règles générales sont déclenchées avant les règles analogiques.

## 5. CONCLUSION

La démarche suivie représente une tentative d'introduction des systèmes experts en tant qu'appui à des spécialistes dans un domaine industriel à savoir la recherche minière. Globalement, le résultat apparaît positif, ceci n'ayant été acquis que suite aux restrictions volontairement imposées aux deux domaines d'intervention, la prospection géochimique dans le contexte breton et la géologie prévisionnelle des gisements d'or. Il faut souligner en outre une retombée importante quoiqu'inattendue, à savoir les qualités pédagogiques de SERGE, et donc une utilisation à des fins de formation.

En ce qui concerne la méthodologie suivie, deux éléments nous paraissent devoir être soulignés:

- *La modularité de l'approche* : la recherche minière fait appel à une séquence d'opérations complexes orchestrée par une équipe de chercheurs de différentes disciplines : SERGE et SADIG ont été conçus plurimodulaires afin de mimer au mieux la démarche habituelle des géochimistes et des géologues. Il peut en résulter une certaine dégradation de la valorisation des heuristiques, mais celle-ci est largement compensée par la compétence du système et par une meilleure insertion de l'Intelligence Artificielle dans l'environnement professionnel et humain.

- *L'absence de coefficients dans le moteur utilisé.* Contrairement à PROSPECTOR, la stratégie du raisonnement n'est pas gouvernée par une approche algorithmique. En géologie, comme dans de nombreux domaines où la vraisemblance est difficilement quantifiable, la numérisation des probabilités n'est souvent qu'illusoire. On peut parler d'un désordre naturaliste... Par contre, l'écriture soignée de la base de connaissances permet de prendre en compte les racourcis de l'expertise d'une manière déclarative.

Pour construire un système-expert en recherche minière, il fallait avant tout éviter les écueils responsables de l'échec de PROSPECTOR. La maturité des travaux et des équipes dans le domaine de l'I.A. a certainement été l'un des facteurs clefs pour surmonter les difficultés d'un travail en commun de spécialistes provenant d'horizons très différents.

Enfin, on peut entrevoir les perspectives suivantes:

-SERGE: développement de nouveaux jeux de connaissance utilisant les mêmes stratégies mais appliqués à d'autres domaines géographiques et/ou géologiques; conception d'une généralisation de la démarche pour une cartographie thématique avec aide à la décision par traitement de triplets zone à diagnostiquer/jeu de données/jeu de connaissances.

-SADIG: affiner une expertise encore rudimentaire et améliorer la prise en compte de la multivaluation en visant une maturité proche de celle de SERGE.

#### Références

- BONNET A., HARRY J., GANASCIA J.G., 1982: *LITHO, un système-expert inférant la géologie du sous-sol.* T.S.I., vol. 1 n. 5.
- DUDA R.O., GASCHNIG J., HART P.E., KONOLIGE K., REBOH R., BARETT P. and SLOCUM J., 1978: *Development of the PROSPECTOR Consultation system for Mineral exploration*, Final report, SRI Project 5821 et 6451, SRI International Inc, Menlo Park, CA.
- BONNEFOY D. et GUILLEN A., 1986: *Le logiciel SYNERGIE*, manuel de référence ,B.R.G.M., Orléans, rapport DAM 023 GMX 86.
- JEBRAK M., 1985 *PROSPECTOR et ses dérivés (DECIDING FACTOR)*, une présentation : B.R.G.M., Orléans, note GMX/1233.
- KIRSCH A., 1985: *MORSE*, manuel de référence, rapport interne, L.R.I.
- WILHELM E., ZEEGERS H.: *La prospection géochimique au BRGM - Techniques opérationnelles et recherches méthodologiques*, Geol. Jb, A75, 1986, pp. 49-75

## ANNEXE N. 1

### Extrait d'une interview de l'expert concernant une zone en Bretagne

Nom de l'anomalie : "Coisme"

Type de l'anomalie = Plomb

5 points

Cette anomalie a "tout pour plaire" :

- . bon contraste
- . bonne disposition des points : têtes de drainage
- . bonne cohérence : par cohérence, on entend que d'après la disposition des points, leur forte teneur peut s'expliquer par un gisement unique
- . contexte géologique : ordovicien ; cela peut être positif

On ne regarde pas la teneur de fond, car l'anomalie est du type Plomb et que cet élément n'a aucune raison de fluctuer. Cela n'aurait pas été le cas pour des éléments comme le Cuivre et le Zinc .

Pas d'accompagnateurs favorables ni défavorables.

Diagnostic : Bon sans aucune réserve

Première priorité

Analyse de ce cas :

- Une anomalie aura un ou deux éléments dominants (à déterminer par l'utilisateur)

- Elle aura éventuellement plusieurs éléments accompagnateurs.

- Le contraste de l'anomalie, les accompagnateurs favorables ou défavorables sont déterminés par rapport aux éléments dominants.

Les points déterminants pour le diagnostic semblent être:

- . le contraste
- . la cohérence (géographique, géochimique)
- . la disposition des points par rapport au drainage
- . la surface de l'anomalie

## ANNEXE N. 2

### Exemple de session de SERGE

Les réponses de l'utilisateur sont données en italique

*diagnostic final ?*

Quelle est la valeur de - type anomalie - ?

Valeurs possibles (!), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

*zn*

Quelle est le nombre de points anomaux ?

Valeurs possibles(!), pourquoi(?), je ne sais pas(%),abandon (\$)

*3*

Les points sont-ils sur des têtes de drainage ?

*O*

Avons nous - bassin versant trop important - ?

*N*

Quelle est la valeur du contraste ?

*moyen*

La zone est-elle trop étendue ?

*N*

La cohérence spatiale des différents points vous paraît-elle

- bonne (par exemple, les points sont bien groupés)

- moyenne (bien groupés, mais les points les plus forts sont éloignés)

- mauvaise (pas bien groupés, par exemple)

*moyenne*

Quelques points environnant décollent-ils du fond

*O*

Ce que vous connaissez de la situation géologique vous suggère-t-il la présence de schistes noirs ?

*N*

La signature géochimique met-elle en évidence une association Mo-V, avec des teneurs très élevées, caractéristique de la présence de schistes noirs ?

*N*

La proximité d'une ville, d'un village, d'une décharge ou d'une usine vous fait-elle craindre un risque de pollution ?

*?*

Je cherche - présence pollution - déduisible par r140  
règle 140 :

Si

présence pollution = présumée

elt sensible pollution = vrai

Alors

premier diagnostic = à rejeter

Commentaires = forte présomption de pollution

La proximité d'une ville, d'un village, d'une décharge ou d'une usine vous fait-elle craindre un risque de pollution ?

*N*

La signature géochimique met-elle en évidence la présence de Chrome, Phosphore ou Etain en teneurs très élevées, ce qui est caractéristiques d'une pollution ?

N

A-t-on un signal de Plomb (si le Plomb n'est pas un élément dominant) ou d'Arsenic, Argent, Cadmium, ou Etain, qui sont des éléments accompagnateurs positifs du Zinc ?

Ce signal est-il vigoureux, faible, absent ?  
absent

A-t-on un signal de Fer ou de Manganèse, qui sont des accompagnateurs négatifs du Zinc ?

Ce signal est-il vigoureux, faible, absent ?  
absent

Quelle est la valeur de - contexte géologique - ?

!

Grès/Série connue négative/Série connue positive/Précambrien métamorphique/Gothlandien/Ordovicien

Quelle est la valeur de - contexte géologique - ?

%

-Diagnostic final- a pour valeur - 3ème priorité -  
Ceci a été démontré grâce à la règle r11

Règle r11

Si

On continue = vrai  
Diagnostic particulier ??  
Diagnostic spécial ??

Alors

Diagnostic final = diagnostic

commentaires ?

-commentaires- a pour valeur - contraste moyen et rien de valorisant -

Ceci a été démontré grâce à la règle r109

Si

Monoelt = vrai  
contraste = moyen  
cohérence= moyenne  
absence indice = vrai  
contexte géologique <> favorable

Alors

diagnostic = 3ième priorité

commentaires = contraste moyen et rien de valorisant

### ANNEXE N. 3

#### Exemple de fiche de gisement

**NOM GITE** : ACUPAN  
**PAYS** : PHILIPPINES  
**SUBSTANCE** : Au,Ag,Te,Cu  
**AGE** : MC (Pléistocène)  
**NATURE** : VO-AC-VS-BA-PL  
**SITUATION GEOGRAPHIQUE** : LAT 16.21'N ; LONG 120.39'E  
**CONTEXTE STRUCTURAL** : \* Appareil volcanique de type diatrème, appartenant à un arc insulaire (Arc de Luzon) en contexte de cordillière.  
\* Faisceau de fractures orientées NE-SW.  
**GEOLOGIE REGIONALE** : Alignement d'appareils volcaniques orienté N-S, localisé dans la zone axiale de la cordillière.  
**ROCHES ENCAISSANTES** : Brèches dacito-andésitiques, diorites, andésites, volcano-sédimentaires  
**GISEMENT** :  
Forme et dimension : - Corps brèchiques (extention horizontale 10-100m; verticale 600m; épaisseur 10-30m) à la périphérie du diatrème.  
- Filons de quartz (extention horizontale 1-2Km; verticale 600m; épaisseur 1m).  
Paragenèse minérale : Au natif, pyrite, marcasite, sphalérite, blende, galène, chalcopyrite, rhodonite, électrum, cinabre, tellurures  
Géochimie : Au,Ag,Fe,Pb,Cu,Mn,Te  
Zonalité : augmentation de la teneur en Au vers la bordure du diatrème. Aucune évolution de la teneur en Au n'a été relevée verticalement.  
Altération : silification (minéralisation associée), zone à quartz-alunite prophylitisation à la périphérie de la minéralisation).  
Age : 0.8 Ma (pléistocene moyen)  
**GUIDES** :  
Metallotectes : -Diatrème en contexte d'arc plutonovolcanique et brèche de bordure du diatrème.  
Géochimie : - Laves de composition intermédiaire à acide légèrement enrichies en K2O (affinité calco-alcaline) et anomalie étendue en Au en géochimie alluvionnaire.  
Géophysique : ???  
**SYNTHESE ET COMPARAISON** :  
-Gîtes "filoniers" et disséminé (brèche) d'or lié au volcanisme acide en contexte d'arc .  
-Gîtes comparables : MONTS APUESI (Roumanie)  
MOUNTS KASI (Fidji).  
**ECONOMIE** : \* Tonnage 150 T Au  
\* Teneurs : 4.6 g/t Au, 5 à 10 g/t Ag, 0.1% Cu.

*DIFFICULTES* : Très fort gradient géothermique gênant l'exploitation en profondeur.

*DOCUMENTATION* :

FERNANDEZ H.E ET DAMASCO F.V (1979)

Gold deposition in the Baguio gold district and its relationship to regional geology. Econ. geol. vol.74 ,pp.1852-1868

BOIRAT J.M ET STEPHAN J.F (1985)

Un gisement d'or subactuel dans son cadre géodynamique: les mines d'Acupan et d'Antamok ,Cordillère centrale, Ile de Luzon ,Philippines. Chron. Rech .Min. n. 480 ,pp.5-16

---

<u>nom</u>	PROSPECTOR	SERGE+SADIG
<u>géologues</u>	Service Géologique des Etats-Unis (U.S.G.S.)	Service Géologique Français (B.R.G.M.)
<u>informaticiens</u>	Standford Research Institute	Laboratoire de Recherche en Informatique
<u>date</u>	1978-1984	1985-1987
<u>moteur</u>	K A S	MORSE
<u>structure</u>	réseau sémantique	règles de production
<u>prise en compte de l'incertitude</u>	coefficients de probabilité	commentaires
<u>bases de connaissance</u>		
<u>structure</u>	modèles intégrés	méthodes d'étude
<u>ex.</u>	porphyres, filons... les modèles sont généraux et à valeur universelle	géochimie, gitologie cas réels et concrets sans intégration

comparaison des systèmes-experts appliqués en  
recherche minière

SERGE

MANUEL D'UTILISATION

D. Bonnefoy

Bureau de Recherches Géologiques et Minières  
Département Gîtes Minéraux  
B.P. 6009 45060 Orléans Cedex 02 France  
tél : 38 64 34 34

Rapport 86 DAM 024 GMX  
Décembre 1986  
2ème partie

- SERGE : manuel d'utilisation -

---

XXXXXXXXXXXXXX  
X S E R G E X  
XXXXXXXXXXXXXX

- Manuel d'utilisation -

Denis BONHEFOY

- SERGE : manuel d'utilisation -

---

Sommaire :

- I. Les objectifs de SERGE.
- II. Les différents composants de SERGE.
  - II.A. La base de données SYNERGIE
    - II.A.1. Le fond géochimique
    - II.A.2. La présence d'anomalie
    - II.A.3. Le type d'anomalie
    - II.A.4. Le nombre de points
    - II.A.5. Le contexte géologique
    - II.A.6. Le contraste
  - II.B La base de connaissance
  - II.C Le moteur d'inférence MORSE
- III. Enchaînement SYNERGIE-SERGE.
- IV. Les fichiers manipulés.
  - IV.A Les fichiers SYNERGIE
  - IV.B Les fichiers SERGE
  - IV.C Localisation des fichiers mentionnés
- V. Lancement d'une session
- VI. Exemples d'utilisation.

-----  
- SERGE : manuel d'utilisation -

---

### I. LES OBJECTIFS DE SERGE.

SERGE est un système-expert permettant d'émettre un diagnostic sur la qualité d'une anomalie géochimique révélée par les traitements statistiques. Une anomalie géochimique est une portion de carte caractérisée par différents attributs qui sont appréciés par l'expert géochimiste. Le type d'anomalie, la superficie, le contexte géologique, le nombre de points constituant l'anomalie, le contraste géochimique sont des exemples d'attributs d'anomalies géochimiques.

Le système-expert SERGE considère ces différentes caractéristiques comme faits et les exploite à l'aide d'un jeu de connaissances fourni par un expert.

Ce système fonctionne sur l'ordinateur SPS7 de Bull, installé au département Gites Minéraux. Il est accessible par l'autocommutateur du Bureau.

### II. LES DIFFERENTS COMPOSANTS DE SERGE.

SERGE est constitué de plusieurs entités. Ce sont :

-une base de données matricielles : c'est le système SYNERGIE.

-une base de connaissance propre au domaine d'expertise.

-un moteur d'inférence : c'est le moteur MORSE

#### *II.A. la base de données SYNERGIE (cf manuel de référence SYNERGIE)*

SYNERGIE est un système de gestion et de traitement de données matricielles. Il permet de réaliser sur des données présentes sous formes d'images des opérations logiques, arithmétiques, statistiques, de traitement de signal et graphiques. La base de données contiendra la description des différentes informations concernant le secteur étudié et nécessaire à SERGE.

Une fonction particulière ,ATTR, permet à partir de différents descripteurs définis par l'utilisateur ou

-----  
- SERGE : manuel d'utilisation -

---

résultant de traitements, de connaître les attributs du groupe de pixels qui forment l'anomalie. ATTR permet également d'explorer le voisinage de l'anomalie.

Les informations utiles à SERGE (faits initiaux) doivent être rentrées dans la base de données. Ces informations sont :

- fluctuations du fond géochimique
- contexte géologique
- type d'anomalie
- nombre de points d'une anomalie

La base de données SYNERGIE décrira les informations disponibles sur une prospection géochimique stratégique donnée.

#### II.A.1.Le fond géochimique

L'information initiale est constituée d'un semis de points initial auxquels sont associés un série de résultats d'analyses chimiques (éléments traces essentiellement). (cf. fig.1 Plan d'échantillonage). Pour transformer cette information en images, deux voies sont possibles :

- soit affecter au pixel le plus proche la teneur mesurée dans l'échantillon ce qui n'altère pas l'information initiale (fig. 2).

- soit interpoler le semis de point initial pour obtenir une image continue du fond géochimique ce qui induit un lissage de l'information (fig. 3).

La transformation du semis de points en une grille régulière se fait par la fonction FIES.

#### II.A.2.La présence d'anomalie

La présence d'anomalie est traduite dans une image constituée de groupes de pixels, chaque groupe correspondant à une anomalie et ayant comme valeur un numéro d'anomalie. La saisie de l'information se fait sur une table à digitaliser à partir du contour des anomalies reportées sur la carte d'anomalies établie par le géochimiste.

- SERGE : manuel d'utilisation -

---

#### III.A.4. Le type d'anomalie

L'information type d'anomalie (fig. 4) est générée à partir d'un fichier graphique contenant, sous forme de vecteurs, le contour des anomalies géochimiques. Un code permettant de relier le type d'anomalie est attaché à chaque anomalie. Ce type de fichier est créé sur la table à digitaliser par le programme de saisie "SDESM" (cf manuel d'utilisation, les fichiers dessins rapport 85 DAM 033 GMX). La fonction NUMR de SYNERGIE permet de "rasteriser" le fichier de vecteurs en affectant à chaque pixels le code "type d'anomalie".

Il n'existe actuellement pour SERGE que six types d'anomalie:

Code	Type anomalie
0.	inconnu
1.	pb
2.	zn
3.	cu
4.	pb-cu
5.	zn-cu
6.	pb-cu

#### III.A.4. Le nombre de points

L'information "nombre de points" constituant l'anomalie est créée de la même manière à partir d'un fichier graphique crée par SDESM (cf fig. 5).

#### III.A.5. Le contexte géologique

L'information "géologie" (fig. 6) est digitalisée sous forme d'un fichier de vecteurs décrivant des zones auxquelles la fonction NUMR affectera un code fonction de la géologie. L'équivalence code-géologie est contenue dans le fichier GEOCOD (paragraphe IV).

La structure en est la suivante:  
<code> '<géologie en clair>' '<équivalent SERGE>'

où      - code est un nombre  
          - <géologie en clair> est un chaîne de caractères limitée à 25 caractères  
          - <équivalent SERGE> est un chaîne de caractères limité à 13 caractères (La signification de ce troisième terme est expliquée au paragraphe III).

---

- SERGE : manuel d'utilisation -

---

Exemple de fichier GEOCOD

1. 'schistes quartzites' 'série connue-'
2. 'rhyolite' 'série connue-'
3. 'granite à biotite et amp' 'série connue+'
4. 'diorite quartzique' '%'
5. 'granite à deux micas' 'série connue+'
6. 'granite à muscovite' 'série connue+'
7. 'amphibolite' '%'
8. 'briovérien' 'série connue +'

*II.B. la base de connaissance*

Les connaissances sont décrites sous formes de règles de production. Un jeu de connaissances relative à l'expertise réalisée par l'expert géochimiste H. ZEEGERS est disponible. Cette expertise concerne un domaine géographique particulier : la Bretagne. Votre administrateur SERGE vous installera ce jeu de connaissances sur votre espace de travail.

Pour d'autres contextes géochimiques ou pour compléter ou modifier les connaissances, il est nécessaire de pouvoir modifier ou créer une base de connaissances. Pour ce faire quelques discussions ou séances d'expertises seront réalisées avec votre administrateur SERGE qui vous aidera à extraire vos connaissances et à les exprimer sous forme de règles.

La maîtrise de la syntaxe d'une règle est nécessaire. Le langage utilisé est fondé sur la logique des propositions (sous la forme attribut,valeur) et est défini par un vocabulaire, une syntaxe et une sémantique.

Les règles de production, décrivant les connaissances de l'expert seront de la forme :

si MEMBRE-GAUCHE alors MEMBRE-DROIT.

Si les conditions MEMBRE-GAUCHE sont vérifiées, alors la règle est déclenchable et les conclusions de MEMBRE-DROIT peuvent être ajoutées à la base de faits constitué de couples attribut-valeur.

Il est possible dans MEMBRE-GAUCHE de comparer la valeur d'un attribut, de comparer la valeur de deux

- SERGE : manuel d'utilisation -

---

attributs, l'appartenance ou non d'un attribut à la base de faits.

Le vocabulaire utilisé contient des mots-clés (si, alors, non, pas, ou), des séparateurs (, .), de opérateurs (<, >, =, <>, =>, <=, \*, ??), des constantes (entiers ou chaîne de caractères), des noms d'attributs (chaîne de caractères) et enfin des noms d'actions.

La syntaxe d'une règle est de la forme

Si <premisses> alors <conclusions>.

où <premisses> est une suite de termes conditions séparés par de si ou "," et <conclusions> est une suite de termes conclusions séparés par de ",".

Exemple de règles de SERGE

r63

si contraste = faible ,  
coherence = moyenne ,  
indices positifs ,  
contexte geol <> favorable  
alors diagnostic = 3ieme priorite,  
commentaires = contraste faible-et-coherence moyenne .

*II.C.le moteur d'inférence*

Nous ne décrirons pas ici l'utilisation du logiciel MORSE décrit dans le manuel de référence (rapport de recherche n° 255 du LRI décembre 1985), mais rappelerons seulement ses principales caractéristiques.

MORSE peut raisonner soit en chaînage avant , soit en chaînage arrière.

Le chaînage avant consiste à exploiter toute règle de production déclenchable. Dès qu'une proposition est affirmée, MORSE déclenche le module de chainage avant et alimente ainsi la base de faits. C'est un raisonnement dans toutes les directions, ou déductif.

Le chaînage arrière ou raisonnement dirigé par les buts, correspond à décomposer un but en sous-buts. C'est un raisonnement inductif. Une façon de démontrer le BUT , terme de la partie conclusion d'une règle de la forme si <prémisse> alors <conclusion>, est de démontrer

- SERGE : manuel d'utilisation -

---

les prémisses constituant < prémisses> qui deviennent autant de sous-problèmes (ou sous-buts).

MORSE peut expliquer son raisonnement de trois façon :

- en chaînage arrière en frappant ?. Le système affiche les différentes règles que MORSE essaient d'appliquer.

- sous l'interpréteur de commande en frappant <attribut> ??. MORSE fournit une trace du comment de la valeur <attribut>.

- si un attribut appartient à la base de faits, la commande <attribut> ? affiche la valeur de l'attribut ainsi que la dernière règle qui a permis de conclure sur cette valeur.

### III. ENCHAÎNEMENT SYNERGIE-SERGE: la fonction ATTR

SYNERGIE, système de gestion et de traitement de données, et SERGE, système-expert peuvent communiquer en s'échangeant des informations dans le sens base de données SYNERGIE vers SERGE. Dans la version actuelle, cet échange se fait par l'intermédiaire d'un fichier des faits initiaux généré par SYNERGIE (fonction ATTR) que SERGE vient relire. La structure de ce fichier est un suite de couple "attributs-valeurs" se rapportant à une anomalie donnée.

Pour créer ce fichier de faits initiaux, l'utilisateur lance SYNERGIE, charge en mémoire les descripteurs qui sont utiles à SERGE (fonction LECT), puis recherche les attributs d'une anomalie de numéro donné à l'aide de la fonction ATTR.

Les paramètres demandés par ATTR sont les noms des images contenant les informations à valuer. Le fait de ne pas répondre à l'une de ces question signifie que l'attribut ne sera pas valorisé.

ATTR permet d'évaluer les attributs suivants:

- type d'anomalie
- nombre de points

- superficie : la surface de l'anomalie est affichée. Si cette surface est inférieure au seuil fixé par l'utilisateur (3Km<sup>2</sup> par défaut), l'attribut "zone trop étendue" prend la valeur "Faux". Si la surface est supérieure au seuil, cet attribut prend

---

- SERGE : manuel d'utilisation -

---

la valeur Vrai. Si la superficie se situe autour de 10% de ce seuil, le système laissera l'utilisateur valuer l'attribut zone trop étendue".

- contexte géologique : le contexte géologique de l'anomalie est exprimé en clair. Si ce contexte est homogène sur toute l'anomalie ou si un contexte est largement dominant (occupe plus de 90% de l'anomalie), la valuation est faite directement par ATTR. Dans les autres cas, c'est l'utilisateur qui value l'attribut "contexte géologique".

- contraste : le contraste est évalué en comparant les moyennes calculées, pour les éléments constituants l'anomalie, à l'intérieur de l'anomalie et à l'extérieur dans un couronne de taille fixée par l'utilisateur.

Si le rapport sommes des moyennes pour chaque élément dans l'anomalie/somme des moyennes pour chaque élément dans la couronne, est supérieur à 1.5, le contraste est dit fort. Si ce rapport est compris entre 1. et 1.5, il est dit moyen. Dans les autres cas, le contraste est dit faible.

#### IV. LES FICHIERS MANIPULES

##### *IV.A. les fichiers SYNERGIE*

Les fichiers SYNERGIE sont au nombre de trois. Ces fichiers sont créés automatiquement lors de l'initialisation de la base image. Soit MA\_BASE le nom de la base image utilisée par l'opérateur. Les fichiers MA\_BASE.DEC, MA\_BASE.BAS, MA\_BASE.CTH ont été créés par SYNERGIE lors de l'initialisation de la base. Leur rôle est le suivant:

- MA\_BASE.DEC est un fichier non formatté contenant les informations sur la base image. (date, libellé, nombre d'images stockées, coordonnées extrêmes, nombre de pixels en X et en Y et pour chaque image les minimum, maximum, moyenne, écart-type, % de vide).

- MA\_BASE.BAS est un fichier non formatté contenant les valeurs des pixels des différentes images.

- MA\_BASE.CTH est un fichier formatté contenant des informations graphiques qui seront utilisées lors des restitutions sur traceur (non implanté sur SPS7).

- SERGE : manuel d'utilisation -

-----  
La fonction ATTR crée deux fichiers s'appellent ANAOMALIEx.SER et ANOMALIEx.FIC qui sont respectivement le fichier qui sera utilisé par SERGE pour initialiser sa base de faits et le fichier donnant une description complète de l'anomalie traitée (x est le numéro de l'anomalie traitée).

Pour traiter le cas particulier de la géologie, le fichier GEOCOD des équivalences permet d'associer la valeur d'un pixel à sa signification en clair et à son terme équivalent pour SERGE : % (inconnu) , série connue+ (série connue et favorable) , série connue- (série connue et défavorable). Si ce fichier est absent, l'attribut contexte géologique ne sera pas valorisé.

Exemple d'un fichier ANOMALIEx.FIC

Anomalie 12.

Superficie : 2.3 Km2 (Zone trop étendue = oui)

Type anomalie = zn

Nombre de points constituants l'anomalie : 9

Géologie : granite à muscovite (série connue+)

-----  
I Zn I  
-----

> Paramètres dans l'anomalie  
Min Max Moy Ecty  
37.00 185.00 97.6 27.

> Paramètres dans une couronne de 0.5 Km  
Min Max Moy Ecty  
47.00 147.67 94.11 24.2

-----  
I Pb I  
-----

> Paramètres dans l'anomalie  
Min Max Moy Ecty  
20.00 115.00 90.6 30.

> Paramètres dans une couronne de 0.5 Km  
Min Max Moy Ecty  
20.00 90.67 75.11 20.2

Exemple d'un fichier ANOMALIEx.SER

---

- SERGE : manuel d'utilisation -

---

```
zone trop etendue = oui X
type anomalie = zn X
nombre de points = 9 X
contexte geologique = serie connue+
contraste = faible X
fin
```

#### IV.B. les fichiers SERGE

Les fichiers utiles à SERGE sont au nombre de quatre. Ce sont :

- "regle" qui contient l'expression de la connaissance de l'expert sous forme de règles respectant la syntaxe décrite paragraphe II. Ce fichier est un fichier que l'on crée ou modifie sous éditeur de texte.

- "comp" qui est la version compilée de par MORSE de "règle". L'utilisateur n'a pas à gérer ce fichier. MORSE utilisera ce fichier si l'utilisateur a répondu oui à la question "Désirez vous utiliser les résultats de la compilation précédente ?".

- "action" est le fichier contenant les instructions Le\_lisp permettant de lire le fichier des faits initiaux créé par SYNERGIE. Ce fichier doit être présent si l'utilisateur initialise ses faits. Il est installé par l'administrateur SERGE.

- "question" est le fichier contenant le texte en clair des questions relatives à un attribut posées par MORSE. Ce fichier est modifiable sous éditeur et sa structure est la suivante :

```
" <attribut> "
#[ "question"
" <texte> "
" <texte> "]
```

Le texte peut occuper plusieurs lignes. Un saut de ligne sera généré au moment de l'affichage de la question à chaque fois que un caractère " sera rencontré en fin de ligne. Il est ainsi possible de traduire l'ensemble des questions dans une langue étrangère (mais pas les réponses).

---

- SERGE : manuel d'utilisation -

---

Exemple de question associée à l'attribut "signature caractéristique schistes noirs" :

```
" signature caractéristique schistes noirs "
#[ "question"
"La signature géochimique met elle en évidence une"
"association Mo-V avec des teneurs très élevées,"
"caractéristiques de la présence de schistes noirs ?"]
```

*IV.C.localisation des fichiers*

Tous les fichiers énumérés ci-dessus doivent se trouver dans le catalogue courant de travail à l'exception du fichier des règles.

Le fichier des règles se trouve dans un sous-catalogue dont le nom est précisé à SERGE. Cette facilité permet de pouvoir disposer de plusieurs catalogues de connaissances. Rappelons que dans ces catalogues les fichiers de règles doit s'appeler "regle".

Le shéma ci-après résume les noms et la localisation des différents fichiers utilisés.

	mon_catalogue		
	I		I
-----			
MA_BASE.DEC	I	sous-catal1	I
MA_BASE.BAS	I		I
GEOCOD	I		I
anomalieX.FIC	I		I
anomalieX.SER	I		I
	I		I
-----			
I	I	I	I
regle	comp	action	question
I	I	I	I
regle	comp	comp	action
I	I	I	I
question			

- SERGE : manuel d'utilisation -

---

#### VI. LANCEMENT D'UNE SESSION

SYNERGIE et SERGE sont activés en frappant respectivement les commandes synergie et serge après le branchement sur le SPS7.

L'éditeur de texte utilisé est "vi".

#### VI. EXEMPLES D'UTILISATION

- SERGE : manuel d'utilisation -

---

**VI.A.EXEMPLE D'UNE SESSION SYNERGIE**

TOM > synergie

xx  
x B.R.G.M x  
x x x  
x x  
x SYNERGIE x  
x x  
x (Version du 2 avril 1986 ) x  
x x  
x Traitement de donnees multi-sources x  
x x  
xx

Nom de la base image ?

# moncouteant

xx  
x MONCOUTANT x  
xx

Xmin = 365.700 Xmax = 393.253 (Dif = 27.553)  
Taille du pixel = .255 Nombre de pixel en X = 108  
Ymin = 184.554 Ymax = 204.546 (Dif = 19.992)  
Taille du pixel = .250 Nombre de pixel en Y = 80

Nombre d'images stockees dans la base image = 12

xx  
x Vous avez le droit a 12 images en memoire x  
xx

Nom de la fonction a excecuter(HELP=liste des fonctions)  
# LECT

Nom de l'image memoire a creer en sortie 1 ?

# ZN

IMAGE : ZN ZINC  
Min = 14.000 Max = .259000E+03  
Moy = 79.278 Ect = .263678E+02  
% vide = .000

xxx Lecture des 8640 valeurs dans la base image xxx

Nom de la fonction a excecuter(HELP=liste des fonctions)  
# LECT

Nom de l'image memoire a creer en sortie 1 ?  
# CU

IMAGE :CU CUIVRE  
Min = 8.965 Max = .127000E+03

Moy = 18.414 Ect = .919991E+02  
% vide = .000

xxx Lecture des 8640 valeurs dans la base image xxx

Nom de la fonction a excecuter(HELP=liste des fonctions)  
# LECT

Nom de l'image memoire a creer en sortie 1 ?  
# GEOL

IMAGE : GEOL Contexte Geologique  
Min = 1.000 Max = .800000E+02  
Moy = 4.723 Ect = .22834428344E+02  
% vide = .000

xxx Lecture des 8640 valeurs dans la base image xxx

Nom de la fonction a excecuter(HELP=liste des fonctions)  
# LECT

Nom de l'image memoire a creer en sortie 1 ?  
# TYPANO

IMAGE : TYPANO Type d'anomalie  
Min = 1.0000 Max = .600000E+01  
Moy = 3.627 Ect = .210921E+01  
% vide = 89.549

xxx Lecture des 8640 valeurs dans la base image xxx

Nom de la fonction a excecuter(HELP=liste des fonctions)  
# LECT

Nom de l'image memoire a creer en sortie 1 ?  
# NUMBANO

IMAGE : NUMBNANO Nombre de points  
Min = 1.000 Max = .110000E+02  
Moy = 7.500 Ect = .285998E+02  
% vide = 84.248

xxx Lecture des 8640 valeurs dans la base image xxx

Nom de la fonction a excecuter(HELP=liste des fonctions)  
# LECT

Nom de l'image memoire a creer en sortie 1 ?  
# ANOMAL

IMAGE : ANOMAL Anomalies numero  
Min = 1.0000 Max = .230000E+02  
Moy = 12.778 Ect = .661422E+01  
% vide = .000

xxx Lecture des 8640 valeurs dans la base image xxx

Nom de la fonction a executer(HELP liste des fonctions)  
# LIMM

xxxx Liste des images en memoire xxxx  
Image 1 = ZN      Image 2 = CU      Image 3 = GEOL  
Image 4 = TYPANO    Image 5 = NUMBANO    Image 6 = ANOMAL  
Image

Nom de la fonction a executer(HELP liste des fonctions)  
# ATTR

xx Nom de l'image ANOMALIE xx

# ANOMAL

Numero de l'anomalie a traiter ?

# 6

La zone anomalie est dite trop etendue quand sa superficie  
est superieure au seuil de 3.00 KM2  
Ce seuil vous paraît-il convenable ?

# OUI

xxx FICHIER(S) EXISTANT(S) xxx

Voulez vous les completer ?

# N

Superficie: 4.7 km2 (Zone trop etendue = vrai)

xx Nom de l'image TYPE ANOMALIE xx

# TYPANO

Type anomalie = zn-cu X

xx Nom de l'image NOMBRE DE POINTS xx

# NUMBANO

Nombre de points constituant l'anomalie = 8

xx Nom de l'image GEOLOGIE xx

# GEOL

Le contexte geologique est heterogene

On a 23.29 % de l'anomalie constitue de :

---->

schistes quartzites considere comme etant serie connue-  
On a 32.88 % de l'anomalie constitue de :

---->

diorite quartzique considere comme etant % (inconnue)  
On a 43.84 % de l'anomalie constitue de :

---->

brioverien                considere comme etant serie connue+

Estimez-vous cette geologie d'ensemble FAVORABLE ?

# OUI

xx Nom de l'image GEOCHIMIE xx

# CU

Rayon de la couronne ?

# 0.5

-----  
CU

>Parametre dans l'anomalie

Min	Max	Moy	Ecty
10.00	74.00	31.31	13.83

>Parametre dans une couronne de .50 Km

Min	Max	Moy	Ecty
10.00	42.65	24.66	8.96

xx Nom de l'image GEOCHIMIE xx

# return

FIN .

merci de votre collaboration.

Anomalie 6.

Superficie : 4.7Km<sup>2</sup> (Zone trop etendue = oui)

Type anomalie = zn-cu

Nombre de points constituant l'anomalie : 8

Geologie : schistes quartzites 23. % (serie connue-)

Geologie : diorite quartzique 33. % (%) )

Geologie : brioverien 44. % (serie connue+)

-----  
/ ZN /

>Parametre dans l'anomalie

Min	Max	Moy	Ecty
56.00	207.00	110.36	33.15

>Parametre dans une couronne de .50 Km

Min	Max	Moy	Ecty
55.00	169.04	97.88	29.88

-----  
/ CU /

>Parametre dans l'anomalie

Min	Max	Moy	Ecty
10.00	74.00	31.31	13.83

>Parametre dans une couronne de .60 Km

Min	Max	Moy	Ecty
10.00	42.65	22.54	8.74

zone trop etendue = oui   
type anomalie = zn-cu   
nombre de points anomaux = 8   
contexte geologique = serie connue+   
contraste = faible   
fin

**- SERGE : manuel d'utilisation -**

---

**VI .B. EXEMPLE D'UNE SESSION SERGE**

- SERGE : manuel d'utilisation -

---

**VI.B. EXEMPLE D'UNE SESSION SERGE**

Tom>SERGE

Lancement du système expert

Donnez-moi le nom de votre éditeur ? vi

xx  
MORSE

version 1.6 par Philippe KIRSCH (Septembre 1985)

(C) Equipe Systèmes Experts L.R.I. Orsay

xx

Donnez-moi le nom de votre directory ? geol

Sous-catalogue contenant la  
base de connaissance

Desirez-vous utiliser la compilation précédente oui(o)/non(n) ?o

--> Restauration de la base de règles à partir de la compilation

144 règles chargées

: initialise demande d'initialisation des faits  
Vous affirmez : initialise = vrai  
quel est le nom du fichier attributs ?  
? anomalie6.ser  
zone  
vous affirmez : zone trop étendue = oui  
type  
vous affirmez : type anomalie = zn-cu  
nombre  
vous affirmez : nombre de points anomaux = 8  
contexte  
vous affirmez : contexte géologique = série connue+  
contraste  
vous affirmez : contraste = faible  
fin  
Je deduis : monoelt = faux  
Je deduis : contient pb = faux  
Je deduis : contient zn = vrai  
Je deduis : elt mobile = vrai  
Je deduis : contient cu = vrai  
Je deduis : contexte geol = favorable  
Je deduis : fort mais mal défini = faux  
Je deduis : engageant = faux  
Je deduis : bon mais à préciser = faux  
Je deduis : bon mais indices négatifs = faux

: diagnostic final ?

donner une valeur à diagnostic final ?

Avons nous - points sur tetes de drainage - ?

oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

o

Vous affirmez : points sur tetes de drainage = vrai

Avons nous - bassin versant trop important - ?

oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

n

Vous affirmez : bassin versant trop important = faux

Je deduis : disposition par rapport drainage = bonne

Je deduis : coherence geographique = moyenne

Je deduis : questions initiales posees = vrai

les teneurs des deux elements dominants decollent-elles simultanement ?  
faux

Vous affirmez : les deux elts dominants decollent simultanement = faux

Avons nous - les points les plus forts bien groupes - ?

oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

o

Vous affirmez : les points les plus forts bien groupes = vrai

Je deduis : coherence geochimique = bonne

Je deduis : coherence = moyenne

Je deduis : bon mais contraste faible = faux

L'etendue de l'anomalie, son contraste, le contexte geologique  
vous font-ils craindre un risque d'anomalie formationnelle ?  
faux

Vous affirmez : suspicion anomalie formationnelle = faux

La signature geochimique met-elle en evidence une association  
Fer-Manganese, caracteristique d'une anomalie formationnelle ?

n

Vous affirmez : signature caracteristique anomalie formationnelle = faux

Je deduis : presence anomalie formationnelle = negative

A-t-on un signal de Plomb (si le Plomb n'est pas deja element dominant)  
ou d' Arsenic, Argent, Cadmium ou Etain, qui sont des accompagnateurs  
positifs du Zinc ?

Ce signal est-il

- vigoureux

- faible

- absent ?

faible

Vous affirmez : signal acc+ pour zn (pb as ag cd sb) = faible

Je deduis : signal acc+ = faible

Je deduis : indices negatifs = faux

Je deduis : absence indices = faux

Je deduis : penser a pollution = faux

Je deduis : peu engageant = faux

A-t-on un signal de Fer ou Manganese,  
qui sont des accompagnateurs negatifs du Zinc ?  
Ce signal est-il

- vigoureux
- faible
- absent ?

absent

Vous affirmez : signal acc- pour zn (fe-ou-mn) = absent

Je deduis : signal acc- = absent

Je deduis : indices contradictoires = faux

Je deduis : indices positifs = vrai

Je deduis : diagnostic = 2ieme priorite

Je deduis : commentaires =

contraste faible-coherence moyenne-mais-contexte geol fav

Je deduis : anomalie mal definie = faux

Ce que vous connaissez de la situation geologique vous suggere-t-il  
la presence de schistes noirs ?

o

Vous affirmez : suspicion schistes noirs = vrai

La signature geochemique met elle en evidence une association Mb-V  
avec des teneurs tres elevees, caracteristique de la presence de  
schistes noirs ?

n

Vous affirmez : signature caracteristique schistes noirs = faux

Je deduis : presence schistes noirs = presumee

La proximite d'une ville , d'un village, d'une decharge ou d'une usine  
vous fait-elle craindre un risque de pollution ?

n

Vous affirmez : suspicion pollution = faux

La signature geochemique met elle en evidence la presence de Chrome,  
Phosphore ou Etain en teneur tres elevee , ce qui est caracteristique d'un  
e  
pollution ?

n

Vous affirmez : signature caracteristique pollution = faux

Je deduis : presence pollution = negative

Je deduis : premier diagnostic = valeur non connue

Je deduis : resume = valeur non connue

Je deduis : voir signature = faux

Je deduis : on continue = vrai

Je deduis : diagnostic particulier = valeur non connue

Je deduis : diagnostic special = valeur non connue

Je deduis : diagnostic final = 2ieme priorite

- diagnostic final - a pour valeur - 2ieme priorite -

Ceci a ete demonstre grace a la regle r12

Regle r12 :

Si

on continue = vrai

*diagnostic particulier ??*

*diagnostic special ??*

*Alors*

*diagnostic final = diagnostic*

*: fin*

*Fin de session*

*MORSE vous salue .*

*Que Le\_Lisp soit avec vous.*

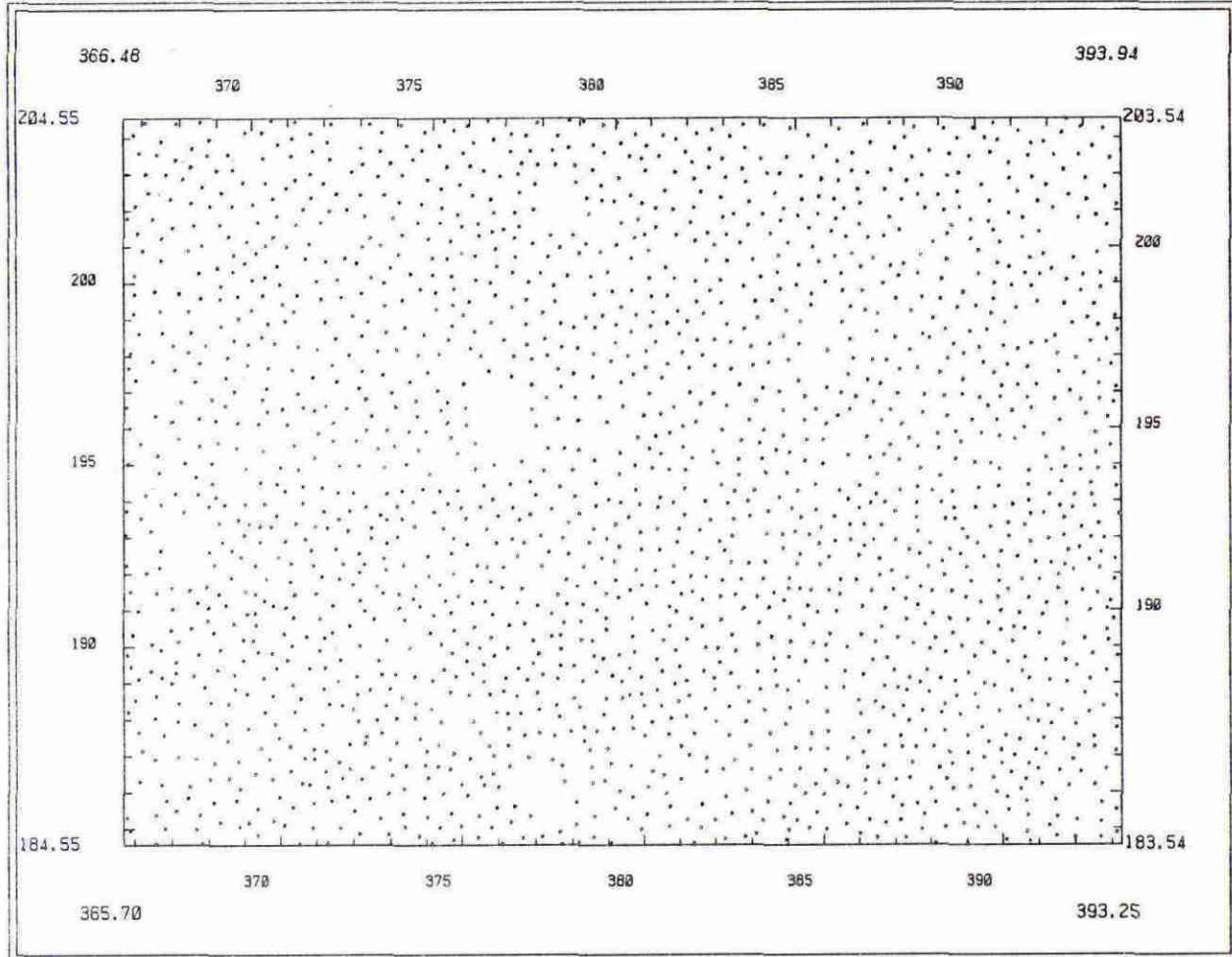


FIGURE 1 : plan d'échantillonage initial

### MONCOUTANT

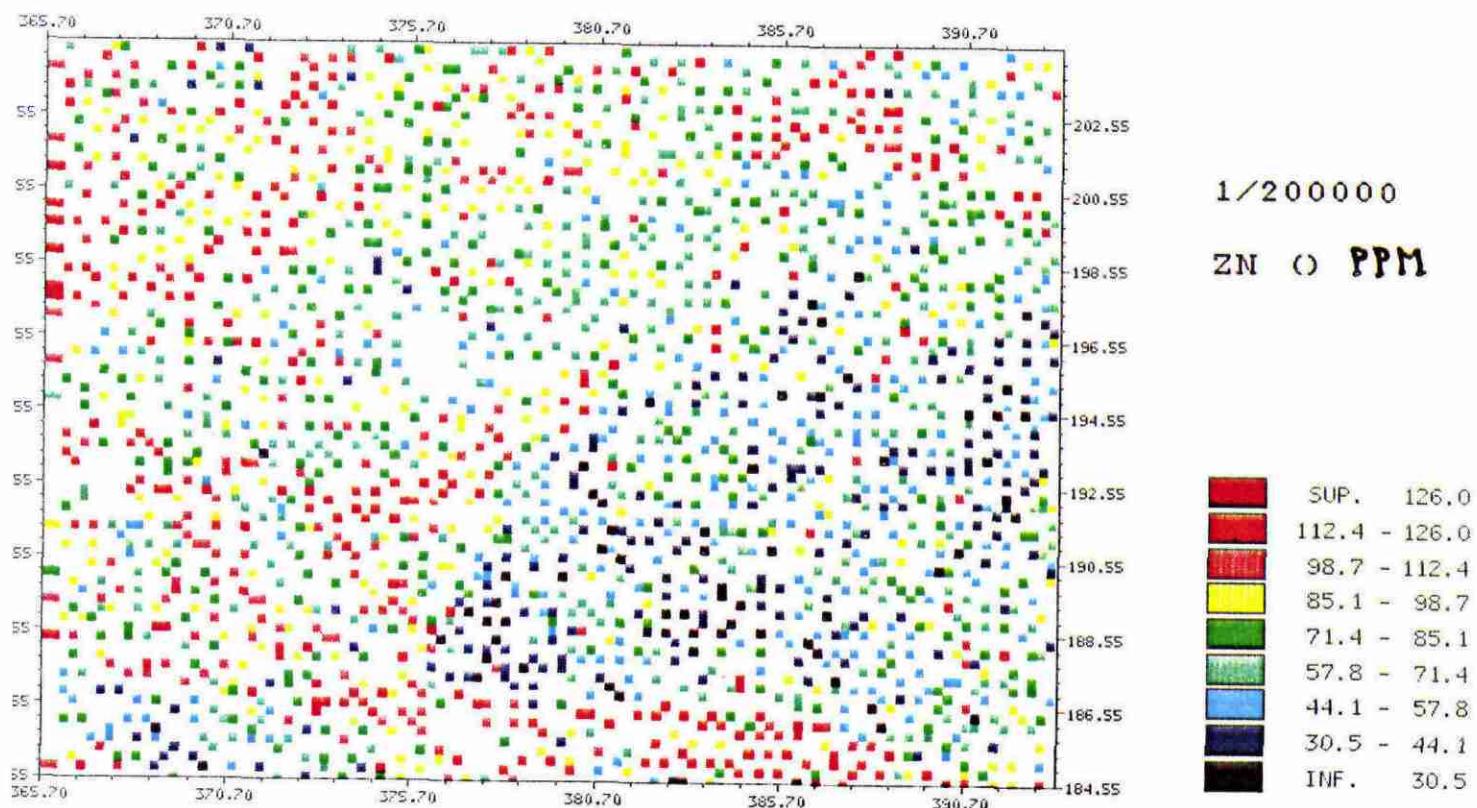


FIGURE 2 : Image des teneurs en Zn non interpolées

### MONCOUTANT

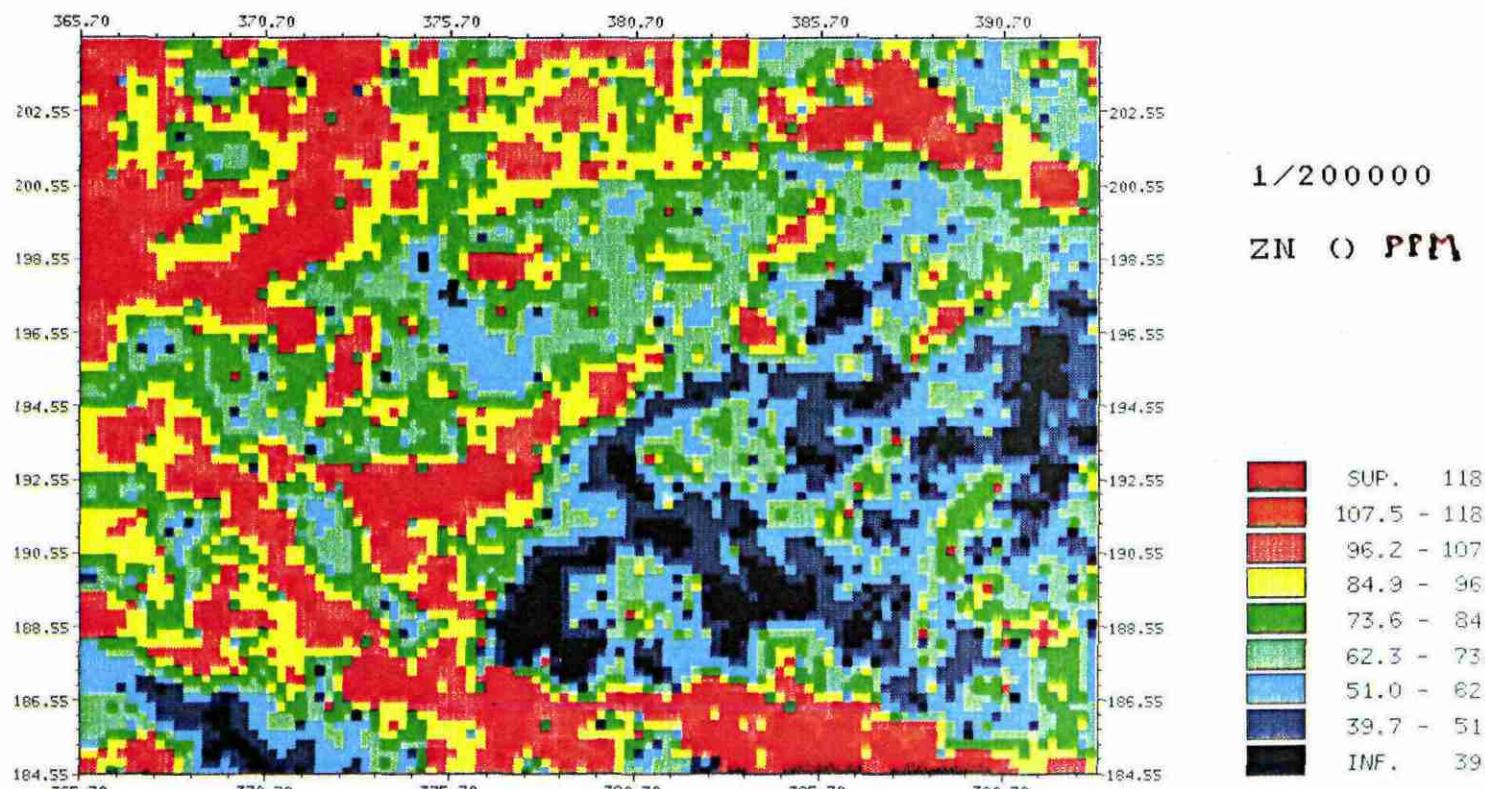


FIGURE 3 : Image des teneurs en Zn interpolées

### MONCOUTANT

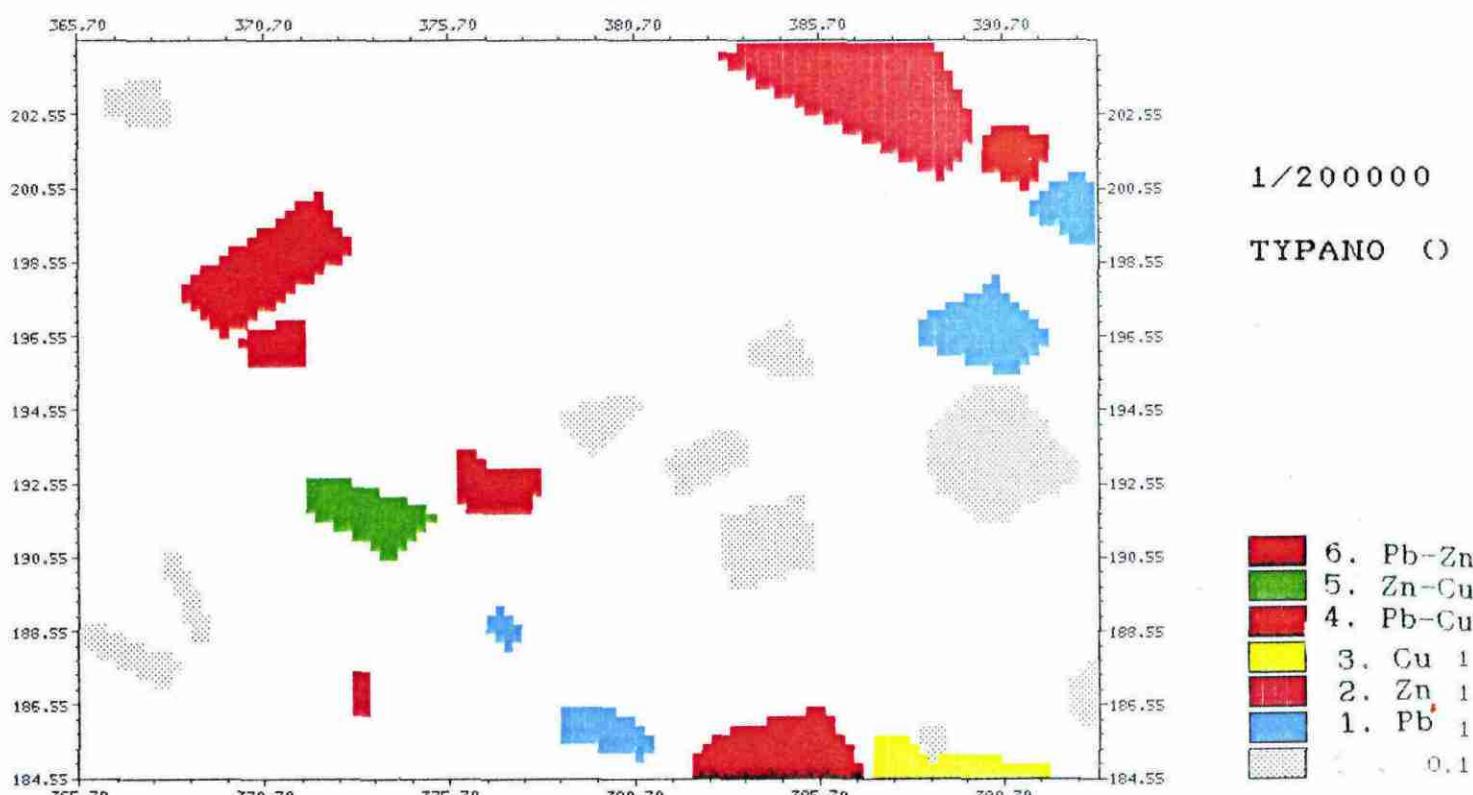


FIGURE 4 : Image des type d'anomalies

### MONCOUTANT

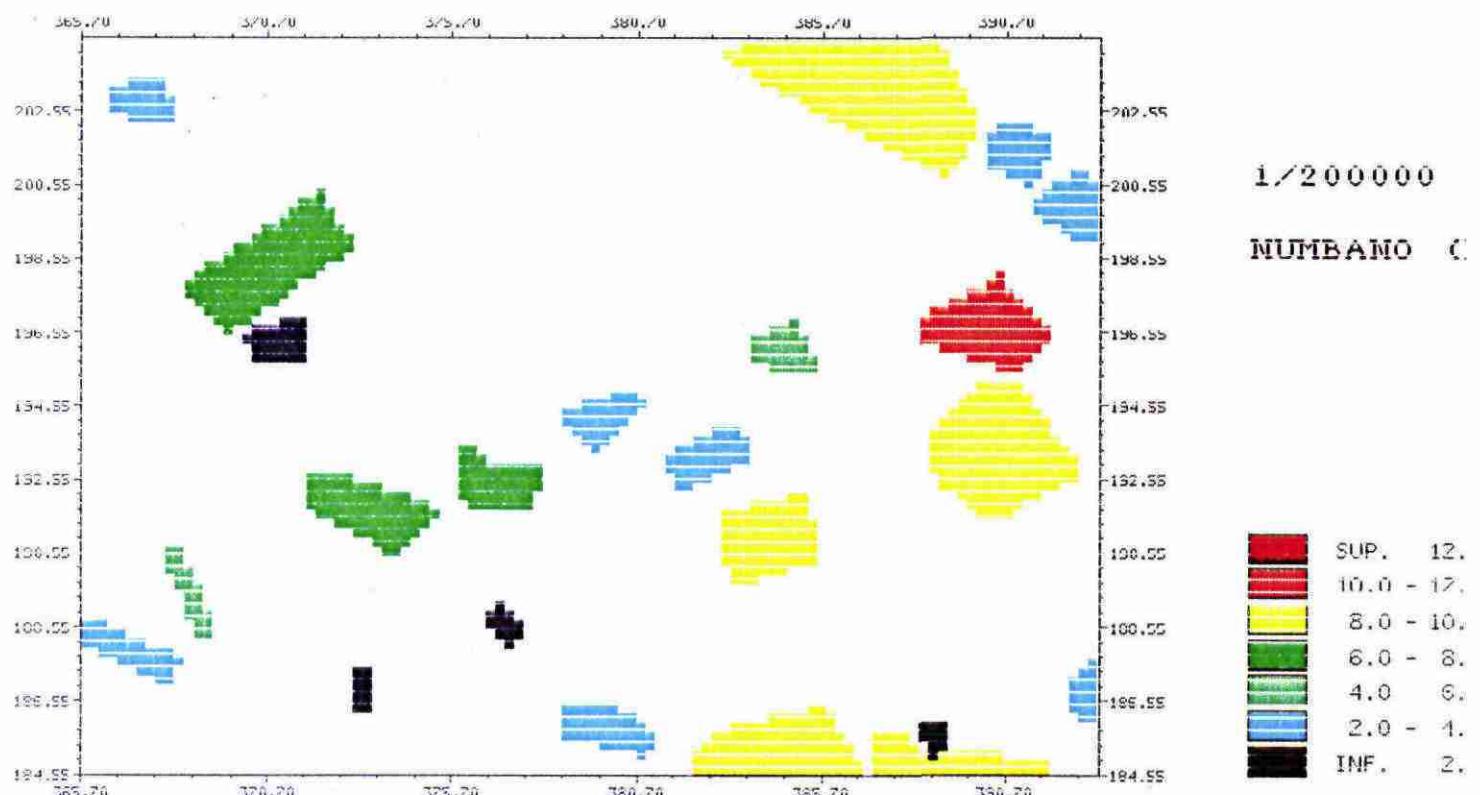


FIGURE 5 : Image des nombre de points par anomalie

### MONCOUTANT

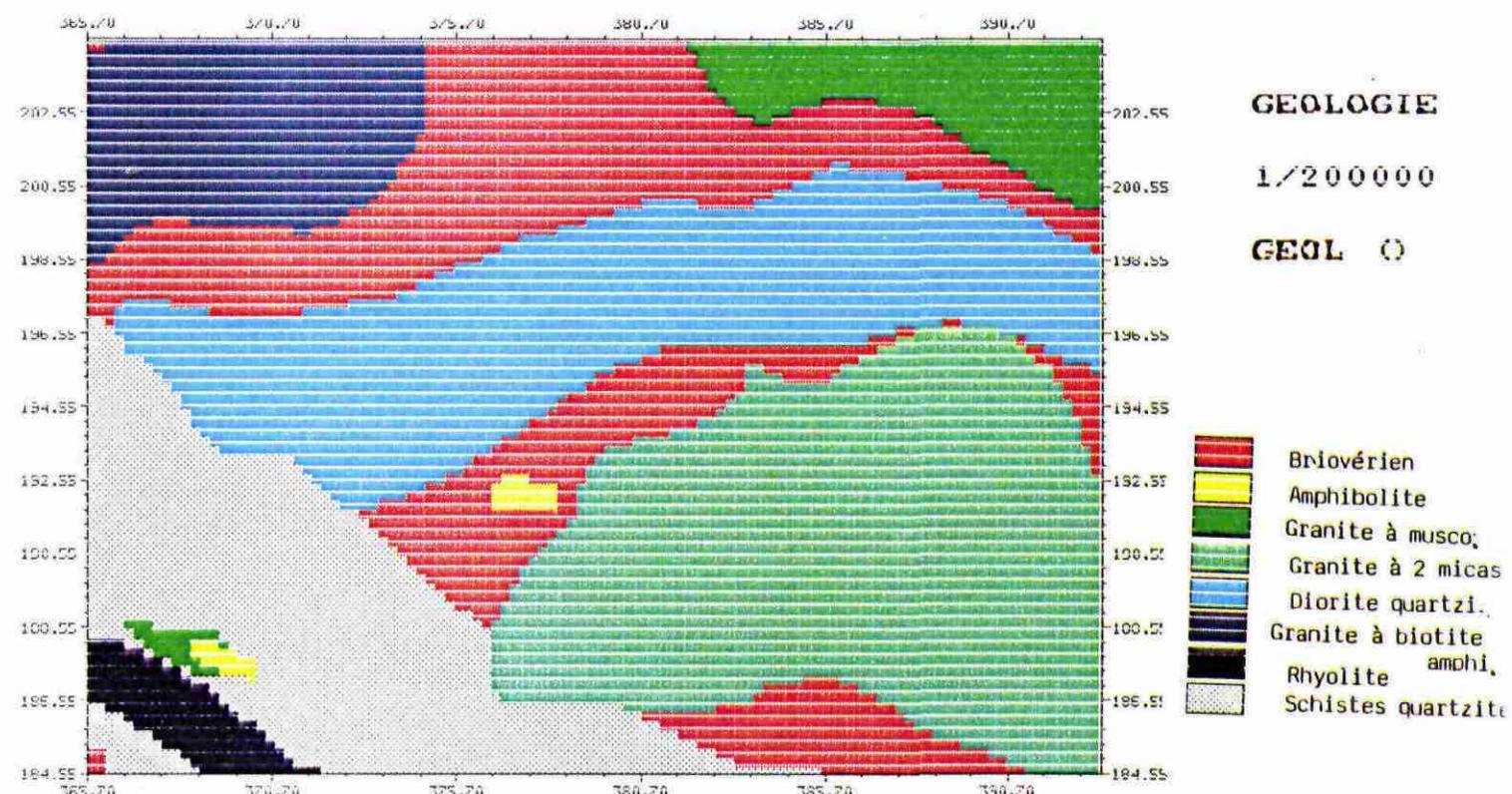


FIGURE 6 : Image du contexte géologique

## RECUEIL D'EXEMPLES

C. Sebban

Bureau de Recherches Géologiques et Minières  
Département Gîtes Minéraux  
B.P. 6009 45060 Orléans Cedex 02 France  
tél : 38 64 34 34

Rapport 86 DAM 024 GMX  
3ème partie  
Décembre 1986

CES EXEMPLES PORTENT SUR LA HIERACHISATION D'ANOMALIES MISES EN  
EVIDENCE SUR LA FEUILLE AU 1/50000 DE REDON.

---

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX  
X EXEMPLE 1 X  
X ANOMALIE A Pb-As X  
X XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Anomalie 2.

Superficie : 5.3Km<sup>2</sup> (Zone trop etendue = oui)  
Type anomalie = pb-zn  
Nombre de points constituant l'anomalie : 8  
Geologie : granulites 58. % (serie connue+)  
Geologie : alluvions 8. % (serie connue-)  
Geologie : ordovicien schistes 20. % (serie connue+)  
Geologie : sables graviers 14. % (serie connue-)

-----  
PB

>Parametre dans l'anomalie  
Min Max Moy Ecty  
18.00 1580.00 145.58 352.09  
>Parametre dans une couronne de .50 Km  
Min Max Moy Ecty  
21.00 66.00 39.54 13.97

-----  
ZN

>Parametre dans l'anomalie  
Min Max Moy Ecty  
22.00 275.00 74.53 53.33  
>Parametre dans une couronne de .50 Km  
Min Max Moy Ecty  
32.00 153.00 72.15 32.16

-----  
AS

>Parametre dans l'anomalie  
Min Max Moy Ecty  
20.00 141.00 31.53 34.74  
>Parametre dans une couronne de .50 Km  
Min Max Moy Ecty  
20.00 32.00 20.92 3.33

DIAGNOSTIC DE L'EXPERT GEOCHIMISTE AYANT REALISE LE TRAITEMENT  
EN 1981 :

Anomalie de SAINT JEAN LA POTERIE :

---

L'expert regroupe la un ensemble de point anomaux en PB ou AS et des points non anomaux plus ou moins associes a la bordure du massif granulitique.  
Etant donne la dimension de cette anomalie et son caractere mal defini,l'expert demande un complement d'information:  
resserrer la maille strategique.

## Anomalie 2 (initialise)

```

initialise
quel est le nom du fichier attributs ?
? redon/anomalie2.ser
zone
vous affirmez : zone trop etendue = oui
type
vous affirmez : type anomalie = pb-zn
nombre
vous affirmez : nombre de points anomaux = 8
contexte
vous affirmez : contexte geologique = serie connue+
contraste
vous affirmez : contraste = fort
fin
Je deduis : monoelt = faux
Je deduis : contient pb = vrai
Je deduis : contient zn = vrai
Je deduis : elt mobile = vrai
Je deduis : contient cu = faux
Je deduis : contexte geol = favorable
Je deduis : bon mais contraste faible = faux
Je deduis : anomalie mal definie = faux
Je deduis : Peu engageant = faux
Je deduis : bon mais a preciser = faux
: diagnostic final ?

```

Avons nous - points sur têtes de drainage - ?  
 oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

O

Vous affirmez : points sur têtes de drainage = vrai

Avons nous - bassin versant trop important - ?  
 oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

N

Vous affirmez : bassin versant trop important = faux  
 Je deduis : disposition par rapport drainage = bonne  
 Je deduis : coherence geographique = moyenne  
 Je deduis : questions initiales posees = vrai

les teneurs des deux éléments dominants décollent-elles simultanément ?

O

Vous affirmez : les deux elts dominants decollent simultaneme nt = vrai  
 Je deduis : coherence geochimique = bonne  
 Je deduis : coherence = moyenne  
 Je deduis : fort mais mal defini = faux

La proximité d'une ville , d'un village, d'une décharge ou d'u

ne usine

vous fait-elle craindre un risque de pollution ?

n

Vous affirmez : suspicion pollution = faux

La signature geochemique met elle en evidence la presence de Chrome,

Phosphore ou Etain en teneur tres elevee , ce qui est caractéristique d'une pollution ?

n

Vous affirmez : signature caractéristique pollution = faux

Je deduis : presence pollution = negative

Je deduis : premier diagnostic = valeur non connue

Je deduis : resume = valeur non connue

Je deduis : voir signature = faux

Je deduis : on continue = vrai

Je deduis : penser a pollution = faux

Je deduis : diagnostic particulier = valeur non connue

Je deduis : diagnostic special = valeur non connue

Avons nous - presence de ba - ?

oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

n

Vous affirmez : presence de ba = faux

A-t-on un signal de Zinc (si Le Zinc n'est pas deja element dominant)

ou de Cuivre, Arsenic, Cadmium ou Etain, qui sont des accompagnateurs

positifs du Plomb ?

Ce signal est-il

- vigoureux

- faible

- absent ?

vigoureux

Vous affirmez : signal acc+ pour pb (zn cu as cd sb) = vigoureux

Je deduis : signal acc+ = vigoureux

Je deduis : indices negatifs = faux

Je deduis : absence indices = faux

Je deduis : bon mais indices negatifs = faux

A-t-on un signal de Fer ou Manganese,

qui sont des accompagnateurs negatifs pour le Plomb ?

Ce signal est-il

- vigoureux

- faible

- absent ?

absent

Vous affirmez : signal acc- pour pb (fe-ou-mn) = absent

Je deduis : signal acc- = absent

Je deduis : indices contradictoires = faux  
Je deduis : indices positifs = vrai  
Je deduis : engageant = vrai

Avons nous - signature des differents points homogene - ?  
oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

n

Vous affirmez : signature des differents points homogene = faux

Je deduis : visiblement differents sous-objets = vrai  
Je deduis : diagnostic = 3ieme priorite  
Je deduis : commentaires =  
engageant mais visiblement differents sous-objets  
Je deduis : diagnostic final = 3ieme priorite

-----  
- diagnostic final - a pour valeur - 3ieme priorite -  
-----

Ceci a ete demonstre grace a la regle r12  
Regle r12 :

Si

on continue = vrai  
diagnostic particulier ??  
diagnostic special ??

Alors

diagnostic final = diagnostic

Anomalie 2 pas initialisée

: diagnostic final ?

Quelle est la valeur de - type anomalie - ?

valeurs possibles (!), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

pb-zn

Vous affirmez : type anomalie = pb-zn

Je déduis : monoelt = faux

Je déduis : contient pb = vrai

Je déduis : contient zn = vrai

Je déduis : elt mobile = vrai

Je déduis : contient cu = faux

Quelle est la valeur de - nombre de points anomaux - ?

valeurs possibles (!), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

8

Vous affirmez : nombre de points anomaux = 8

Avons nous - points sur têtes de drainage - ?

oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

O

Vous affirmez : points sur têtes de drainage = vrai

Avons nous - bassin versant trop important - ?

oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

N

Vous affirmez : bassin versant trop important = faux

Je déduis : disposition par rapport drainage = bonne

Quelle est la valeur de - contraste d ensemble - ?

valeurs possibles (!), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

fort

Vous affirmez : contraste d ensemble = fort

Je déduis : contraste = fort

Je déduis : bon mais contraste faible = faux

Je déduis : anomalie mal définie = faux

Je déduis : peu engageant = faux

Je déduis : bon mais à préciser = faux

Avons nous - zone trop étendue - ?

oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

O

Vous affirmez : zone trop étendue = vrai

La cohérence spatiale des différents points vous paraît-elle  
- bonne (par exemple, les points sont bien groupés)

- moyenne (bien groupes mais les points les plus forts sont eloignes)

- mauvaise (pas bien groupes, par exemple) ?

moyenne

Vous affirmez : coherence spatiale = moyenne

Je deduis : coherence geographique = mauvaise

Je deduis : questions initiales posees = vrai

les teneurs des deux elements dominants decollent-elles simultanement ?

O

Vous affirmez : les deux elts dominants decollent simultanement = vrai

Je deduis : coherence geochimique = bonne

Je deduis : coherence = moyenne

Je deduis : fort mais mal defini = faux

La proximite d'une ville , d'un village, d'une decharge ou d'une usine

vous fait-elle craindre un risque de pollution ?

N

Vous affirmez : suspicion pollution = faux

La signature geochimique met elle en evidence la presence de Chrome,

Phosphore ou Etain en teneur tres elevee , ce qui est caractistique d'une pollution ?

N

Vous affirmez : signature caractistique pollution = faux

Je deduis : presence pollution = negative

Je deduis : premier diagnostic = valeur non connue

Je deduis : resume = valeur non connue

Je deduis : voir signature = faux

Je deduis : on continue = vrai

Je deduis : penser a pollution = faux

Je deduis : diagnostic particulier = valeur non connue

Je deduis : diagnostic special = valeur non connue

Avons nous - presence de ba - ?

oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

N

Vous affirmez : presence de ba = faux

A-t-on un signal de Zinc (si Le Zinc n'est pas deja element dominant)

ou de Cuivre, Arsenic, Cadmium ou Etain, qui sont des accompagnateurs

positifs du Plomb ?

Ce signal est-il

- vigoureux

- faible

- absent ?  
vigoureux  
Vous affirmez : signal acc+ pour pb (zn cu as cd sb) = vigoureux  
Je deduis : signal acc+ = vigoureux  
Je deduis : indices negatifs = faux  
Je deduis : absence indices = faux  
Je deduis : bon mais indices negatifs = faux

A-t-on un signal de Fer ou Manganese,  
qui sont des accompagnateurs negatifs pour le Plomb ?

Ce signal est-il

- vigoureux  
- faible  
- absent ?  
absent

You affirmez : signal acc- pour pb (fe-ou-mn) = absent  
Je deduis : signal acc- = absent  
Je deduis : indices contradictoires = faux  
Je deduis : indices positifs = vrai  
Je deduis : engageant = vrai

Avons nous - signature des differents points homogene - ?  
oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

n

You affirmez : signature des differents points homogene = faux

Je deduis : visiblement differents sous-objets = vrai  
Je deduis : diagnostic = 3ieme priorite  
Je deduis : commentaires =  
engageant mais visiblement differents sous-objets  
Je deduis : diagnostic final = 3ieme priorite

-----  
- diagnostic final - a pour valeur - 3ieme priorite -  
-----

Ceci a ete demonstre grace a la regle r12

Regle r12 :

Si

on continue = vrai  
diagnostic particulier ??  
diagnostic special ??

Alors

diagnostic final = diagnostic

: commentaires ?

- commentaires - a pour valeur -  
engageant mais visiblement differents sous-objets -  
Ceci a ete demonstre grace a la regle r89.

Regle r89 :

Si

presence pollution = negative  
engageant = vrai  
visiblement differents sous-objets = vrai  
Alors  
diagnostic = 3ieme priorite  
commentaires = engageant mais visiblements differents sous-objets

~~X~~Diagnostic de l'expert geocheimiste ayant realisé le traitement en (1981).

**ANOMALIE DE ST JEAN LA POTERIE :**

L'expert regroupe là un ensemble de point anomaux en Pb ou As et des points plus ou moins associés à la bordure du massif granulitique.

Etant donné ,la dimension de cette anomalie et son caractère mal défini ,l'expert demande un complément d'information :reserrer la maille stratégique.

**COMMENTAIRES :**

L'anomalie 2,est une anomalie regroupant plusieurs points non homogènes,le diagnostic émis par le Système expert SERGE correspond exactement à celui de l'Expert qui la classe en troisième priorité à cause de l'hétérogénéité des points.Il avait constitué une seule anomalie avec l'ensemble de ces points car ils appartiennent tous à la même unité géologique.

Le système ne disposant pas de plus d'information que l'expert il ne peut donc être plus restrictif que celui-ci et aurait comme lui besoin d'un complément d'information pour éventuellement rejeter ou valoriser cette anomalie. Même si nous modifions la réponse pour les éléments accompagnateurs ,que ceux-ci soient ou non positifs, le système a toujours la même conclusion,il se heurte à l'hétérogénéité des différents points.

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX  
X EXAMPLE 2 X  
X  
X ANOMALIE A PLOMB (PB) X  
X  
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Anomalie 3.

Superficie : .8Km<sup>2</sup> (Zone trop etendue = non)

Type anomalie = pb

Nombre de Points constituant l'anomalie : 3

Geologie : sables graviers 69. % (serie connue-)

Geologie : brioveriens schistes 31. % (serie connue+)

-----  
PB

>Parametre dans l'anomalie

Min	Max	Moy	Ecty
47.00	184.00	115.50	96.87

>Parametre dans une couronne de .50 Km

Min	Max	Moy	Ecty
25.00	60.00	44.93	17.79

-----  
W

>Parametre dans l'anomalie

Min	Max	Moy	Ecty
12.00	16.00	14.00	2.83

>Parametre dans une couronne de .50 Km

Min	Max	Moy	Ecty
10.00	10.00	10.00	.00

Anomalie LA COUARDE :

Anomalie W-Pb , constituée de trois points anomaux dans le brioverien.

Les valeurs de W restent faibles, la valeur Pb est bien marquée.

L'expert demande au préalable un contrôle des analyses, suivi d'un éventuel resserrement de la maille stratégique. Il note que cette anomalie est ouverte et quelle est sans doute en liaison avec les mineralisation de St-Dolay.

(C) Equipe Systemes Experts L.R.I. Orsay

Donnez-moi le nom de votre directory ? geol

Desirez-vous utiliser la compilation precedente oui(o)/non(n)  
? Anomalie 3 .

--> Restauration de la base de regles a partir de la compilation

144 regles chargees

? diagnostic final ?

Quelle est la valeur de - type anomalie - ?

valeurs possibles (!), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (#)

#

Vous affirmez : type anomalie = pb  
Je deduis : nongeol = vrai  
Je deduis : contient pb = vrai  
Je deduis : contient zn = faux  
Je deduis : contient cu = faux  
Je deduis : est mobile = faux

Quelle est la valeur de - nombre de points anomaux - ?

valeurs possibles (!), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (#)

3

Vous affirmez : nombre de points anomaux = 3

Avons nous - points sur tetes de drainage - ?

oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (#)

o

Vous affirmez : points sur tetes de drainage = vrai

Avons nous - bassin versant trop important - ?

oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (#)

n

Vous affirmez : bassin versant trop important = faux

Je deduis : disposition par rapport drainage = bonne

Quelle est la valeur de - contraste - ?

valeurs possibles (!), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (#)

fort

Vous affirmez : contraste = fort

Je deduis : bon mais contraste faible = faux

Je deduis : anomalie mal definie = faux  
Je deduis : peu engageant = faux

Avons nous - zone trop etendue - ?

oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

n

Vous affirmez : zone trop etendue = faux

La coherence spatiale des differents points vous parait-elle

- bonne (par exemple, les points sont bien groupes)
- moyenne (bien groupes mais les points les plus forts sont eloignes)
- mauvaise (pas bien groupes, par exemple) ?

bonne

Vous affirmez : coherence spatiale = bonne

Je deduis : coherence geographique = bonne

Je deduis : questions initiales posees = vrai

Avons nous - quelques points environnant decollent du fond - ?

oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

Je cherche - coherence geochemique- deduisible par r34

Regle r34 :

Je sais deja que :

nombre de points anomaux < 4

si de plus

quelques points environnant decollent du fond = vrai

Alors

coherence geochemique = bonne

Avons nous - quelques points environnant decollent du fond - ?

oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

o

Vous affirmez : quelques points environnant decollent du fond = vrai

Je deduis : coherence geochemique = bonne

Je deduis : coherence = bonne

Je deduis : visiblement differents sous-objets = faux

Je deduis : fort mais mal defini = faux

Je deduis : engageant = faux

Je deduis : bon mais a preciser = faux

Je deduis : bon mais indices negatifs = faux

La proximite d'une ville , d'un village, d'une decharge ou d'une usine

vous fait-elle craindre un risque de pollution ?

n

Vous affirmez : suspicion pollution = faux

La signature geochemique met elle en evidence la presence de C

hrome,  
Phosphore ou Etain en teneur tres elevee , ce qui est caracte  
ristique d'une  
pollution ?

n

Vous affirmez : signature caractristique pollution = faux  
Je deduis : presence pollution = negative  
Je deduis : premier diagnostic = tout pour plaire  
Je deduis : resume = valeur non connue  
Je deduis : voir signature = vrai  
Je deduis : on continue = faux

Avons nous - presence de ba - ?

oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

o

Vous affirmez : presence de ba = vrai

Ce que vous connaissez de la situation geologique vous suggere  
-t-il  
la presence de granite ?

n

Vous affirmez : suspicion granite = faux

La signature geochemique met elle en evidence une association  
Be-B-Sn  
caracteristique de la presence de granite ?

n

Vous affirmez : signature caractristique granite = faux  
Je deduis : presence granite = negative

A-t-on un signal de Zinc (si Le Zinc n'est pas deja element do  
minant)  
ou de Cuivre, Arsenite, Cadmium ou Etain, qui sont des accompag  
nateurs  
positifs du Plomb ?

Ce signal est-il

- vigoureux
- faible
- absent ?

faible

Vous affirmez : signal acc+ pour pb (zn cu as cd sb) = faibl  
e

Je deduis : signal acc+ = faible  
Je deduis : indices negatifs = faux  
Je deduis : absence indices = faux  
Je deduis : penser a pollution = faux  
Je deduis : diagnostic = valeur non connue

A-t-on un signal de Fer ou Manganese,  
qui sont des accompagnateurs negatifs pour le Plomb ?  
Ce signal est-il

- Vigoureux

- faible  
- absent ?  
absent

Vous affirmez : signal acc- pour pb (fe-ou-mn) = absent  
Je deduis : signal acc- = absent  
Je deduis : indices contradictoires = faux  
Je deduis : indices positifs = vrai  
Je deduis : diagnostic final = iere priorite  
Je deduis : commentaires = sans reserve

- diagnostic final - a pour valeur - iere priorite -  
Ceci a ete demonstre grace a la regle r8  
Regle r8 :  
Si  
monoelt = vrai  
voir signature = vrai  
indices positifs = vrai  
Alors  
diagnostic final = iere priorite  
commentaires = sans reserve

: regles ?  
Erreur argument 1  
: regle ?  
Erreur argument 1  
: fin  
Fin de session  
MORSE vous salut .  
Que Le\_Lisp soit avec vous .

**COMMENTAIRES :**

L'anomalie 3 ,est une anomalie à W-pb ,type d'anomalie qui n'est pas gérée par le système.

Si l'on tente de la traiter comme anomalie à élément dominant plomb ,le système Serge lui attribut une priorité 1 ,qui est celle que lui accord l'expert géochimiste.

L'expert émet un doute sur la validité des analyses, ce que Serge ne fait pas, il n'a pas de règle traitant ce type de problème . Il apparaît comme nécessaire de les introduire ,l'expert demandant de façon casie automatique un contrôle pour les points anomaux isolés.Le cas des points anomaux à molybdène,est du point de vue analyse géochimique une particularité qui mériterait aussi en tant que telle d'être explicité (interférence des teneurs en molybdène lors des dosages donc obligation de multiplier les dosages.)Ces aspect n'ont pas été abordé dans la réalisation de la base de règles et devront être pris en compte pour l'amélioration de la validité du Système Expert.

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX  
X EXEMPLE 3 X  
X ANOMALIE A CUIVRE (Cu) X  
X XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX  
X

Anomalie 4.

Superficie : .4Km<sup>2</sup> (Zone trop etendue = non)

Type anomalie = cu

Nombre de points constituant l'anomalie : i

-----  
CU

>Parametre dans l'anomalie

Min	Max	Moy	Ecty
14.00	104.00	59.00	63.64

>Parametre dans une couronne de .50 Km

Min	Max	Moy	Ecty
14.00	24.00	17.67	5.51

-----  
PB

>Parametre dans l'anomalie

Min	Max	Moy	Ecty
41.00	48.00	44.50	4.95

>Parametre dans une couronne de .50 Km

Min	Max	Moy	Ecty
38.00	48.00	41.67	7.77

-----  
ZN

>Parametre dans l'anomalie

Min	Max	Moy	Ecty
58.00	58.00	58.00	.00

>Parametre dans une couronne de .50 Km

Min	Max	Moy	Ecty
53.00	105.00	72.00	28.69

(C) Equipe Systemes Experts L.R.I. Orsay

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

Donnez-moi le nom de votre directory ? geol

Desirez-vous utiliser la compilation precedente oui(o)/non(n)  
? Anomalie 4.

--> Restauration de la base de regles a partir de la compilation

144 regles chargees

: diagnostic final ?

Quelle est la valeur de - type anomalie - ?  
valeurs possibles (!), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

cu

Vous affirmez : type anomalie = cu  
Je deduis : mondelet = vrai  
Je deduis : contient pb = faux  
Je deduis : contient zn = faux  
Je deduis : contient cu = vrai  
Je deduis : elt mobile = vrai  
Je deduis : signal acc- = valeur non connue  
Je deduis : indices contradictoires = faux  
Je deduis : indices positifs = faux  
Je deduis : indices negatifs = faux  
Je deduis : absence indices = faux  
Je deduis : anomalie mal definie = faux  
Je deduis : bon mais contraste faible = faux  
Je deduis : engageant = faux  
Je deduis : penser a pollution = faux  
Je deduis : bon mais indices negatifs = faux  
Je deduis : peu engageant = faux  
Je deduis : bon mais a preciser = faux  
Je deduis : diagnostic = valeur non connue

Quelle est la valeur de - nombre de points anomaux - ?  
valeurs possibles (!), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

i

Vous affirmez : nombre de points anomaux = i  
Je deduis : coherence geographique = bonne  
Je deduis : visiblement differents sous-objets = faux

Avons nous - points sur tetes de drainage - ?  
oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

o

Vous affirmez : points sur tetes de drainage = vrai

Avons nous - bassin versant trop important - ?

oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (%)

n

Vous affirmez : bassin versant trop important = faux

Je deduis : disposition par rapport drainage = bonne

Quelle est la valeur de - contraste - ?

valeurs possibles (!), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (%)

fort

Vous affirmez : contraste = fort

Je deduis : questions initiales posees = vrai

Avons nous - quelques points environnant decollent du fond - ?

oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (%)

o

Vous affirmez : quelques points environnant decollent du fond = vrai

Je deduis : coherence geochemique = bonne

Je deduis : coherence = bonne

Je deduis : fort mais mal defini = faux

La proximite d'une ville , d'un village, d'une decharge ou d'une usine

vous fait-elle craindre un risque de pollution ?

n

Vous affirmez : suspicion pollution = faux

La signature geochemique met elle en evidence la presence de Chrome,

Phosphore ou Etain en teneur tres elevee , ce qui est caractristique d'une pollution ?

n

Vous affirmez : signature caractristique pollution = faux

Je deduis : presence pollution = negative

Je deduis : premier diagnostic = tout pour plaire

Je deduis : commentaires = valeur non connue

Je deduis : resume = valeur non connue

Je deduis : voir signature = vrai

Je deduis : on continue = faux

Je deduis : diagnostic final = valeur non connue

- diagnostic final - a pour valeur -valeur non connue -

Cet attribut etait non demandable

: diagnostic final ?

- diagnostic final - a pour valeur «valeur non connue» -  
Cet attribut était non demandable

```
: zone trop eteacutee = non *
Erreur de syntaxe
: fin
Fin de session
MORSE vous salut : )
Que Le_Lisp soit avec vous.
```

zone trop etendue = non \*

type anomalie = cu \*

nombre de points anomaux = 1 \*

contexte geologique = serie connue+ \*

contraste = fort \*

fin

L'anomalie 4 ,est une anomalie constitué d'un point unique anomal en cuivre . Le Système Expert ne parvient pas a conclure et ceci se renouvellera pour toutes les anomalies a un seul point anomal ,quelques soit leur type.

En effet ,la gestion des anomalies cuivre ,n'est effectuée que par deux règles spécifiques ,les autres règles étant commune aux autres Types d'anomalies : ce qui est bien insuffisant.

Il faudra donc compléter la base de règle dans ce sens.

Pour ce qui est des anomalies a un seul point, les expert ont pu constater qu'elles sont rarement l'expression d'un gisement exploitable ; aussi lors de la conception de la base de règles ,le Cogniticien n'a pu déceler ce concept de valeur économique,et a traduit littéralement le doute de l'expert par un a priori défavorable pour les anomalies monoélémentaires à un seul point. L'écriture de règles plus nuancées permettra de corriger ce glissement .

XXXXXX XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX  
X   X  
X   X  
EXAMPLE 4  
X   X  
X   X  
ANOMALIE EN ZINC (Zn)  
X   X  
XXXXXX XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX

Anomalie 10.

Superficie : .3Km<sup>2</sup> (Zone trop etendue = non)

Type anomalie = zn

Nombre de points constituant l'anomalie : 1

-----  
| ZN |

>Parametre dans l'anomalie

Min	Max	Moy	Ecty
259.00	259.00	259.00	.00

>Parametre dans une couronne de .50 Km

Min	Max	Moy	Ecty
58.00	64.00	61.00	.00

Anomalie monometallique a Zn :

-----  
Point isole

Mn inferieur a 400 PPM.

Risque de pollution pouvant etre rejetee.

Information complementaire demande par  
l'expert. Anomalie a renseigner.

zone trop etendue = non \*

type anomalie = zn \*

nombre de points anomaux = 1 \*

contexte geologique = serie connue+ \*

contraste = faible \*

fin

## ANOMALIE 10

Vous affirmez : initialise = vrai  
quel est le nom du fichier attributs ?  
? redon/anomalie10.ser  
zone  
vous affirmez : zone trop etendue = non  
type  
vous affirmez : type anomalie = zn  
nombre  
vous affirmez : nombre de points anomaux = 1  
contexte  
vous affirmez : contexte geologique = serie connue+  
contraste  
vous affirmez : contraste = faible  
fin  
Je deduis : monoelt = vrai  
Je deduis : contient pb = faux  
Je deduis : contient zn = vrai  
Je deduis : elt mobile = vrai  
Je deduis : contient cu = faux  
Je deduis : coherence geographique = bonne  
Je deduis : visiblement differents sous-objets = faux  
Je deduis : contexte geol = favorable  
Je deduis : fort mais mal defini = faux  
Je deduis : engageant = faux  
Je deduis : bon mais a preciser = faux  
Je deduis : bon mais indices negatifs = faux  
: diagnostic final ?

Avons nous - points sur tetes de drainage - ?  
oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

o

Vous affirmez : points sur tetes de drainage = vrai

Avons nous - bassin versant trop important - ?  
oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

n

Vous affirmez : bassin versant trop important = faux  
Je deduis : disposition par rapport drainage = bonne  
Je deduis : questions initiales posees = vrai

Avons nous - quelques points environnant decollent du fond - ?  
oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

n

Vous affirmez : quelques points environnant decollent du fond  
= faux  
Je deduis : coherence geochemique = moyenne  
Je deduis : coherence = moyenne  
Je deduis : bon mais contraste faible = faux

L'étendue de l'anomalie, son contraste, le contexte géologique vous font-ils craindre un risque d'anomalie formationnelle ?

n

Vous affirmez : suspicion anomalie formationnelle = faux

La signature géochimique met-elle en évidence une association Fer-Manganèse, caractéristique d'une anomalie formationnelle ?

n

Vous affirmez : signature caractéristique anomalie formationnelle = faux

Je déduis : présence anomalie formationnelle = negative

At-on un signal de Plomb (si le Plomb n'est pas déjà élément dominant)

ou d' Arsenic, Argent, Cadmium ou Etain, qui sont des accompagnateurs

positifs du Zinc ?

Ce signal est-il

- vigoureux .
- faible
- absent ?

absent

Vous affirmez : signal acc+ pour zn (pb as ag cd sb) = absent

Je déduis : signal acc+ = absent

Je déduis : indices contradictoires = faux

Je déduis : indices positifs = faux

Je déduis : anomalie mal définie = faux

Je déduis : premier diagnostic = à rejeter

Je déduis : commentaires = ne devrait apparaître à ce niveau

Je déduis : diagnostic final = à rejeter

Je déduis : résumé = ne devrait apparaître à ce niveau

Je déduis : voir signature = faux

Je déduis : on continue = faux

Je déduis : penser à pollution = faux

- diagnostic final - a pour valeur - à rejeter -

Ceci a été démontré grâce à la règle r3

Règle r3 :

Si

questions initiales posées = vrai

premier diagnostic = à rejeter

Alors

diagnostic final = premier diagnostic

résumé = commentaires

: commentaires ?

- commentaires - a pour valeur - ne devrait apparaître à ce niveau -

Ceci a ete demonstre grace a la regle r55  
Regle r55 :  
Si  
    contraste = faible  
    coherence <> bonne  
    presence anomalie formationnelle = negative  
    indices positifs = faux  
Alors  
    premier diagnostic = a rejeter  
    commentaires = ne devrait apparaitre a ce niveau

: fin  
Fin de session  
MORSE vous salue .  
Que Le\_Lise soit avec vous.

#### COMMENTAIRES :

ANOMALIE 10 ,cette anomalie comme toute les anomalie a point unique est dévalorisée par le SYstème Expert ,le cogniticien ayant traduit un savoir faire de l'expert (peu de gisement connu ont été révélé par une anomalie à un point) par une hiérarchisation des anomalies par le nombre de points les constituant .

Ce malentendue entraîne un rejet de ce type d'anomalie ,le raisonnement étant dévié.

De plus partant de ce concept ( corrélation probable nombre de points anomaux élevé ,anomalie intéressante) , le cogniticien a orienté son raisonnement sur des aspect de contraste avec l'environnement ,d'homogénéité dans l'anomalie ; homogénéité qui pour une anomalie à un seul point n'a plus aucune signification

...

Aussi sera-t-il utile et nécessaire de reprendre la base de règles pour y introduire la gestion des anomalies à un seul point comme étant un arbre de raisonnement distinct .

XXXXXX XXXX  
X   X  
X   X  
EXEMPLE 5   X  
X   X  
X   X  
ANOMALIE Ba-As(Pb)   X  
X   X  
XXXXXX XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX

Anomalie 15.

Superficie : 2.1Km<sup>2</sup> (Zone trop etendue = non)  
Type anomalie = Pb  
Nombre de points constituant l'anomalie : 8  
Geologie : ordovicien gres 85. % (% )  
Geologie : ordovicien schistes 6. % (serie connue+)  
Geologie : ghotlandien schistes 9. % (serie connue+)

-----  
PB

>Parametre dans l'anomalie  
Min Max Moy Ecty  
94.00 266.00 140.50 66.38  
>Parametre dans une couronne de .50 Km  
Min Max Moy Ecty  
34.00 61.00 47.33 13.50

-----  
AS

>Parametre dans l'anomalie  
Min Max Moy Ecty  
20.00 45.00 24.17 10.21  
>Parametre dans une couronne de .50 Km  
Min Max Moy Ecty  
20.00 47.00 29.00 15.59

Anomalie de St-Jacques :

-----  
Anomalie de Pb (As-Ba)  
\* 8 points dans les gres armoricains.  
Cette anomalie est remarquable par ses  
teneurs en Pb (la moyenne est a 140 ppm)  
A noter ,elle n'est pas ferme au sud.  
L'expert souhaite un controle terrain  
pour confirmer ses esperances.

zone trop étendue = non \*

type anomalie = pb \*

nombre de points anomaux = 8 \*

contexte géologique = % \*

contraste = fort \*

fin

## ANOMALIE 15 ST-JACQUES

: initialise

Vous affirmez : initialise = vrai  
quel est le nom du fichier attributs ?  
? redon/anomalie15.ser  
zone  
vous affirmez : zone trop etendue = non  
type  
vous affirmez : type anomalie = pb  
nombre  
vous affirmez : nombre de points anomaux = 8  
contexte  
vous affirmez : contexte geologique = %  
contraste  
vous affirmez : contraste = fort  
fin

Je deduis : monoelt = vrai  
Je deduis : contient pb = vrai  
Je deduis : contient zn = faux  
Je deduis : contient cu = faux  
Je deduis : elt mobile = faux  
Je deduis : bon mais contraste faible = faux  
Je deduis : anomalie mal definie = faux  
Je deduis : peu engageant = faux

: diagnostic final ?

Avons nous - points sur tetes de drainage - ?

oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

O

You affirmez : points sur tetes de drainage = vrai

Avons nous - bassin versant trop important - ?

oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

N

You affirmez : bassin versant trop important = faux

Je deduis : disposition par rapport drainage = bonne

Avons nous - zone trop etendue - ?

oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

N

You affirmez : zone trop etendue = faux

La coherence spatiale des differents points vous paraît-elle

- bonne (par exemple, les points sont bien groupes)

- moyenne (bien groupes mais les points les plus forts sont eloignes)

- mauvaise (pas bien groupes, par exemple) ?

O

Je ne comprends pas - o -

La coherence spatiale des differents points vous paraît-elle  
- bonne (par exemple, les points sont bien groupes)  
- moyenne (bien groupes mais les points les plus forts sont  
éloignés)  
- mauvaise (pas bien groupes, par exemple) ?

bonne

Vous affirmez : coherence spatiale = bonne

Je deduis : coherence geographique = bonne

Je deduis : questions initiales posées = vrai

Avons nous - les points les plus forts bien groupes - ?  
oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

o

Vous affirmez : les points les plus forts bien groupes = vrai  
Je deduis : coherence geochimique = bonne  
Je deduis : coherence = bonne  
Je deduis : visiblement differents sous-objets = faux  
Je deduis : fort mais mal defini = faux  
Je deduis : engageant = faux  
Je deduis : bon mais à preciser = faux  
Je deduis : bon mais indices negatifs = faux

La proximite d'une ville , d'un village, d'une décharge ou d'u  
ne usine  
vous fait-elle craindre un risque de pollution ?

n

Vous affirmez : suspicion pollution = faux

La signature geochimique met elle en évidence la présence de C  
hrome,  
Phosphore ou Etain en teneur très élevée , ce qui est caracté  
ristique d'une  
pollution ?

n

Vous affirmez : signature caractéristique pollution = faux  
Je deduis : presence pollution = negative  
Je deduis : premier diagnostic = tout pour plaisir  
Je deduis : resume = valeur non connue  
Je deduis : voir signature = vrai  
Je deduis : on continue = faux

Avons nous - présence de ba - ?

oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

n

Vous affirmez : présence de ba = faux

A-t-on un signal de Zinc (si Le Zinc n'est pas déjà élément do  
minant)

ou de Cuivre, Arsenic, Cadmium ou Etain, qui sont des accompagnateurs

positifs du Plomb ?

Ce signal est-il

- vigoureux
- faible
- absent ?

faible

Vous affirmez : signal acc+ pour pb (zn cu as cd sb) = faible

Je deduis : signal acc+ = faible  
Je deduis : indices negatifs = faux  
Je deduis : absence indices = faux  
Je deduis : penser a pollution = faux  
Je deduis : diagnostic = valeur non connue

A-t-on un signal de Fer ou Manganese,  
qui sont des accompagnateurs negatifs pour le Plomb ?

Ce signal est-il

- vigoureux
- faible
- absent ?

absent

Vous affirmez : signal acc- pour pb (fe-ou-mn) = absent

Je deduis : signal acc- = absent  
Je deduis : indices contradictoires = faux  
Je deduis : indices positifs = vrai  
Je deduis : diagnostic final = 1ere priorite  
Je deduis : commentaires = sans reserve

- diagnostic final - a pour valeur - 1ere priorite -  
Ceci a ete demonstre grace a la regle r8

Regle r8 :

Si

monoelt = vrai  
voir signature = vrai  
indices positifs = vrai

Alors

diagnostic final = 1ere priorite  
commentaires = sans reserve

: fin

Fin de session

MORSE vous salue .

Que Le\_Lisp soit avec vous.

```
: initialise
Vous affirmez : initialise = vrai
quel est le nom du fichier attributs ?
? redon/anomalie15.ser
zone
vous affirmez : zone trop etendue = non
type
vous affirmez : type anomalie = pb
nombre
vous affirmez : nombre de points anomaux = 8
contexte
vous affirmez : contexte geologique = %
contraste
vous affirmez : contraste = fort
fin
Je deduis : monoelt = vrai
Je deduis : contient pb = vrai
Je deduis : contient zn = faux
Je deduis : contient cu = faux
Je deduis : elt mobile = faux
Je deduis : bon mais contraste faible = faux
Je deduis : anomalie mal definie = faux
Je deduis : peu engageant = faux
: diagnostic final ?
```

Avons nous - points sur têtes de drainage - ?  
oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

o

Vous affirmez : points sur têtes de drainage = vrai

Avons nous - bassin versant trop important - ?  
oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

n

Vous affirmez : bassin versant trop important = faux

Je deduis : disposition par rapport drainage = bonne

Avons nous - zone trop étendue - ?

oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

n

Vous affirmez : zone trop étendue = faux

La cohérence spatiale des différents points vous paraît-elle

- bonne (par exemple, les points sont bien groupés)

- moyenne (bien groupés mais les points les plus forts sont éloignés)

- mauvaise (pas bien groupés, par exemple) ?

bonne

Vous affirmez : cohérence spatiale = bonne

Je deduis : cohérence géographique = bonne

Je deduis : questions initiales posées = vrai

Avons nous - les points les plus forts bien groupes - ?  
oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

n

Vous affirmez : les points les plus forts bien groupes = vrai  
Je deduis : coherence geochemique = bonne  
Je deduis : coherence = bonne  
Je deduis : visiblement differents sous-objets = faux  
Je deduis : fort mais mal defini = faux  
Je deduis : engageant = faux  
Je deduis : bon mais a preciser = faux  
Je deduis : bon mais indices negatifs = faux

La proximite d'une ville , d'un village, d'une decharge ou d'une usine

vous fait-elle craindre un risque de pollution ?

n

Vous affirmez : suspicion pollution = faux

La signature geochemique met elle en evidence la presence de Chrome,  
Phosphore ou Etain en teneur tres elevee , ce qui est caracteristique d'une  
pollution ?

n

Vous affirmez : signature caracteristique pollution = faux  
Je deduis : presence pollution = negative  
Je deduis : premier diagnostic = tout pour plaire  
Je deduis : resume = valeur non connue  
Je deduis : voir signature = vrai  
Je deduis : on continue = faux

Avons nous - presence de ba - ?

oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

n

Vous affirmez : presence de ba = faux

A-t-on un signal de Zinc (si Le Zinc n'est pas deja element dominant)

ou de Cuivre, Arsenic, Cadmium ou Etain, qui sont des accompagnateurs

positifs du Plomb ?

Ce signal est-il

- vigoureux
- faible
- absent ?

faible

Vous affirmez : signal acc+ pour pb (zn cu as cd sb) = faible

Je deduis : signal acc+ = faible  
Je deduis : indices negatifs = faux

Je deduis : absence indices = faux  
Je deduis : penser a pollution = faux  
Je deduis : diagnostic = valeur non connue

A-t-on un signal de Fer ou Manganese,  
qui sont des accompagnateurs negatifs pour le Plomb ?  
Ce signal est-il

- vigoureux
- faible
- absent ?

absent

Vous affirmez : signal acc- pour pb (fe-ou-mn) = absent  
Je deduis : signal acc- = absent  
Je deduis : indices contradictoires = faux  
Je deduis : indices positifs = vrai  
Je deduis : diagnostic final = 1ere priorite  
Je deduis : commentaires = sans reserve

- diagnostic final - a pour valeur - 1ere priorite -  
Ceci a ete demonstre grace a la regle r8

Regle r8 :

Si

- monoelt = vrai
- voir signature = vrai
- indices positifs = vrai

Alors

- diagnostic final = 1ere priorite
- commentaires = sans reserve

: diagnostic final ??

- diagnostic final = 1ere priorite (regle r8)  
- monoelt (regle r15)  
  - type anomalie = pb (regle )  
- voir signature (regle r4)  
  - questions initiales posees (regle r2)  
    - nombre de points anomaux = 8 (regle )  
    - contraste = fort (regle )  
    - disposition par rapport drainage = bonne (regle pa  
r defaut r21)  
      - coherence geographique = coherence spatiale (regle  
r30)  
        - non zone trop etendue (affirmation)  
      avec ...  
        - coherence spatiale = bonne (affirmation)  
- premier diagnostic = tout pour plaisir (regle r47)  
  - coherence = bonne (regle r40)  
    - coherence geochemique = bonne (regle r35)  
      - les points les plus forts bien groupes (affir  
mation)  
  - presence pollution = negative (regle r144)  
    - non suspicion pollution (affirmation)

-->

- non signature caractéristique pollution (affirmation)
- indices positifs (règle r126)
  - signal acc+ = signal acc+ pour pb (zn cu as cd sb) (règle r118)
    - contient pb (règle r16)
    - non présence de ba (affirmation)
    - signal acc+ pour pb (zn cu as cd sb) = faible (affirmation)
  - avec ...
  - signal acc- = signal acc- pour pb (fe-ou-mn) (règle r119)
    - signal acc- pour pb (fe-ou-mn) = absent (affirmation)
  - avec ...

#### **COMMENTAIRES :**

L'ANOMALIE 15 , cette anomalie est retenue par le Système Expert au même niveau de priorité que celui de l'Expert,c'est à dire au premier niveau. Mais le système la retient en nous donnons le seul commentaire de "sans réserve ". Ce qui est peu explicite. L'option "diagnostic final ?? " nous renseigne sur le raisonnement mis en oeuvre. Mais il ne s'agit pas d'un réel module de Back-Tracking .Il serait nécessaire de programmer ce module afin de pouvoir mieux utiliser SERGE en tant qu'outil de formation .De plus un tel outil faciliterait la tache d'évaluation de cohérence du système lors des différentes étapes de modifications de la base de règles.

XXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXX  
X           EXAMPLE 6           X  
X           ANOMALIE 16 Ba-As(Pb) X  
XXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXX

Anomalie 16.

Superficie : 2.9Km<sup>2</sup> (Zone trop etendue = non)

Type anomalie = pb

Nombre de points constituant l'anomalie : 8

Geologie : gothlandien schistes 89. % (serie connue+)

Geologie : alluvions 11. % (serie connue-)

-----  
BA

>Parametre dans l'anomalie

Min	Max	Moy	Ecty
463.00	885.00	654.60	155.66

>Parametre dans une couronne de .50 Km

Min	Max	Moy	Ecty
317.00	668.00	480.10	117.83

-----  
AS

>Parametre dans l'anomalie

Min	Max	Moy	Ecty
20.00	94.00	46.20	29.03

>Parametre dans une couronne de .50 Km

Min	Max	Moy	Ecty
20.00	49.00	23.80	9.08

DIAGNOSTIC DE L'EXPERT GEOCHIMISTE AYANT REALISE L'ETUDE EN 1981

Anomalie de Le Cougou :

-----  
Anomalie Ba-As (Pb)

\* 8 points dans le gothlandien.

Anomalie de faible niveau, valorisee par un point eleve a Pb (105 ppm).

Anomalie a detailier par complement d'information .

zone trop etendue = non \*

type anomalie = pb \*

nombre de points anomaux = 8 \*

contexte geologique = serie connue+ \*

contraste = % \*

fin

## ANOMALIE 16 LE COUGOU

---

: initialise  
Vous affirmez : initialise = vrai  
quel est le nom du fichier attributs ?  
? redon/anomalie16.ser  
zone  
vous affirmez : zone trop etendue = non  
type  
vous affirmez : type anomalie = pb  
nombre  
vous affirmez : nombre de points anomaux = 8  
contexte  
vous affirmez : contexte geologique = serie connue+  
contraste  
vous affirmez : contraste = %  
fin  
Je deduis : monoelt = vrai  
Je deduis : contient pb = vrai  
Je deduis : contient zn = faux  
Je deduis : contient cu = faux  
Je deduis : elt mobile = faux  
Je deduis : contexte geol = favorable  
: diagnostic final ?

Avons nous - points sur tetes de drainage - ?  
oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

O

Vous affirmez : Points sur tetes de drainage = vrai

Avons nous - bassin versant trop important - ?  
oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

N

Vous affirmez : bassin versant trop important = faux

Je deduis : disposition par rapport drainage = bonne

Avons nous - zone trop etendue - ?

oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

N

Vous affirmez : zone trop etendue = faux

La coherence spatiale des differents points vous paraît-elle  
- bonne (par exemple, les points sont bien groupes)  
- moyenne (bien groupes mais les points les plus forts sont  
éloignés)  
- mauvaise (pas bien groupes, par exemple) ?

bonne

Vous affirmez : coherence spatiale = bonne

Je deduis : coherence geographique = bonne

Je deduis : questions initiales posées = vrai

Quelle est la valeur de - contraste d'ensemble - ?

valeurs possibles (!), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)  
faible

Vous affirmez : contraste d'ensemble = faible

Avons nous - quelques points assez forts - ?

oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

o

Vous affirmez : quelques points assez forts = vrai

Je deduis : contraste = moyen

Je deduis : fort mais mal défini = faux

Je deduis : bon mais contraste faible = faux

Je deduis : anomalie mal définie = faux

Je deduis : peu engageant = faux

Avons nous - les points les plus forts bien groupes - ?

oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

n

Vous affirmez : les points les plus forts bien groupes = vrai

Je deduis : cohérence géochimique = bonne

Je deduis : cohérence = bonne

Je deduis : visiblement différents sous-objets = faux

La proximité d'une ville , d'un village, d'une décharge ou d'une usine

vous fait-elle craindre un risque de pollution ?

n

Vous affirmez : suspicion pollution = faux

La signature géochimique met elle en évidence la présence de Chrome,

Phosphore ou Etain en teneur très élevée , ce qui est caractéristique d'une pollution ?

n

Vous affirmez : signature caractéristique pollution = faux

Je deduis : présence pollution = négative

Je deduis : premier diagnostic = valeur non connue

Je deduis : résumé = valeur non connue

Je deduis : voir signature = faux

Je deduis : on continue = vrai

Je deduis : penser à pollution = faux

Je deduis : diagnostic particulier = valeur non connue

Je deduis : diagnostic spécial = valeur non connue

Avons nous - présence de ba - ?

oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

O

Vous affirmez : presence de ba = vrai

Ce que vous connaissez de la situation geologique vous suggere-t-il  
la presence de granite ?

N

Vous affirmez : suspicion granite = faux

La signature geochemique met elle en evidence une association  
Be-B-Sn  
caracteristique de la presence de granite ?

N

Vous affirmez : signature caracteristique granite = faux  
Je deduis : presence granite = negative

A-t-on un signal de Zinc (si Le Zinc n'est pas deja element dominant)  
ou de Cuivre, Arsenic, Cadmium ou Etain, qui sont des accompagnateurs  
positifs du Plomb ?

Ce signal est-il

- vigoureux
- faible
- absent ?

faible

Vous affirmez : signal acc+ pour pb (zn cu as cd sb) = faible

- Je deduis : signal acc+ = faible  
Je deduis : indices negatifs = faux  
Je deduis : absence indices = faux  
Je deduis : bon mais indices negatifs = faux  
Je deduis : bon mais a preciser = faux

A-t-on un signal de Fer ou Manganese,  
qui sont des accompagnateurs negatifs pour le Plomb ?

Ce signal est-il

- vigoureux
- faible
- absent ?

absent

Vous affirmez : signal acc- pour pb (fe-ou-mn) = absent

- Je deduis : signal acc- = absent  
Je deduis : indices contradictoires = faux  
Je deduis : indices positifs = vrai  
Je deduis : engageant = vrai  
Je deduis : diagnostic = 1ere priorite  
Je deduis : commentaires = engageant-et-contexte geol favorable  
Je deduis : diagnostic final = 1ere priorite

- diagnostic final - a pour valeur - 1ere priorite -  
Ceci a ete demonstre grace a la regle r12

```
Regle r12 :
Si
    on_continue = vrai
    diagnostic particulier ??
    diagnostic special ??
Alors
    diagnostic final = diagnostic

; commentaires ?

- commentaires - a pour valeur - engageant-et-contexte geol favorable -
Ceci a ete demonstre grace a la regle r87
Regle r87 :
Si
    contexte geol <> defavorable
    visiblement differents sous-objets = faux
    presence pollution = negative
    engageant = vrai
Alors
    diagnostic = iere priorite
    commentaires = engageant-et-contexte geol favorable

; fin
Fin de session
MORSE vous salue .
Que Le_Lisp soit avec vous.
```

## COMMENTAIRES :

ANOMALIE 16 , cette anomalie est définie dans un type non connue du Système Expert aussi lorsqu'on la traite dans un Type différent la réponse ne peut être comparée à la classification de l'expert.

Nous donnons cependant cet exemple afin d'illustrer un défaut du Système : Celui si n'a pas les facultés de gérer une demande d'information supplémentaire dans le cas où des réponses ne lui sont pas fournies ,mais qu'il arrive à conclure.

Ceci pourrait être introduit, et rendrait l'expertise plus pointue, plus sensible .Ce qui lui assurerait une meilleur concordance avec le raisonnement de l'expert : celui-ci a tendance à moduler ses réponse , à les adapter à une connaissance qui lui est propre et donc en permanente évolution.

On voit apparaître dans le raisonnement de l'expert une notion de possible multivaluation d'un attribut , notion qui n'existe pas dans Serge, ainsi qu'une notion d'incertitude qui sera éliminée en phase terminale d'analyse.

Nous pensons donc qu'il serait souhaitable de se pencher plus profondément ,sur l'expression des connaissances de l'expert.Cette étape de validation de la base de Règles pourra être faite après l'analyse du raisonnement d'experts différents.

Il semble en première analyse que se ne sont pas des pondérations(au sens probabiliste :sommes d'événements ),qui sont employées par les experts mais plutôt une approche qui pourrait se traduire en terme d'ensembles flous. Cette approche mathématique est plus complexe à gérer ,donc plus longue à mettre en oeuvre,alors que l'outil actuel Serge, répond à un coefficient de validité des résultats/heures de développements qui correspond au besoin du département GMX .

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX  
X X  
X EXAMPLE 7 X  
X X  
X ANOMALIE 21 ZINC (Zn) X  
X X  
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Anomalie 21.

Superficie : .4Km<sup>2</sup> (Zone trop etendue = non)

Type anomalie = Zn

Nombre de points constituant l'anomalie : 1

-----  
ZN

>Parametre dans l'anomalie

Min	Max	Moy	Ecty
278.00	278.00	278.00	.00

>Parametre dans une couronne de .50 Km

Min	Max	Moy	Ecty
46.00	70.00	60	7.00

Anomalie 21

un point anomal a Zn ,

avec 63 ppm de Cu

Pourrait etre en relation avec les  
indices de la Chapelle-St-Melaine

zone trop etendue = non \*

type anomalie = zn \*

nombre de points anomaux = 1 \*

contexte geologique = serie connue- \*

contraste = faible \*

fin

## ANOMALIE 21 :

---

```
: initialise
Vous affirmez : initialise = vrai
quel est le nom du fichier attributs ?
? redon/anomalie21.ser
zone
vous affirmez : zone trop etendue = non
type
vous affirmez : type anomalie = zn
nombre
vous affirmez : nombre de points anomaux = 1
contexte
vous affirmez : contexte geologique = serie connue-
contraste
vous affirmez : contraste = faible
fin
Je deduis : monoelt = vrai
Je deduis : contient pb = faux
Je deduis : contient zn = vrai
Je deduis : elt mobile = vrai
Je deduis : contient cu = faux
Je deduis : coherence geographique = bonne
Je deduis : visiblement differents sous-objets = faux
Je deduis : contexte geol = defavorable
Je deduis : fort mais mal defini = faux
Je deduis : engageant = faux
Je deduis : bon mais a preciser = faux
Je deduis : bon mais indices negatifs = faux
: diagnostic final ?
```

Avons nous - points sur tetes de drainage - ?  
oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

o

You affirmez : points sur tetes de drainage = vrai

Avons nous - bassin versant trop important - ?  
oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

n

You affirmez : bassin versant trop important = faux

Je deduis : disposition par rapport drainage = bonne  
Je deduis : questions initiales posees = vrai

Avons nous - quelques points environnant decollent du fond - ?  
oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

o

You affirmez : quelques points environnant decollent du fond  
= vrai

Je deduis : coherence geochemique = bonne

Je deduis : coherence = bonne  
Je deduis : anomalie mal definie = faux  
Je deduis : peu engageant = faux

Ce que vous connaissez de la situation geologique vous suggere-t-il la presence de schistes noirs ?

n

Vous affirmez : suspicion schistes noirs = faux

La signature geochemique met elle en evidence une association Mb-V avec des teneurs tres elevees, caracteristique de la presence de schistes noirs ?

n

Vous affirmez : signature caracteristique schistes noirs = faux

Je deduis : presence schistes noirs = negative

L'etendue de l'anomalie, son contraste, le contexte geologique vous font-ils craindre un risque d'anomalie formationnelle ?

n

Vous affirmez : suspicion anomalie formationnelle = faux

La signature geochemique met-elle en evidence une association Fer-Manganese, caracteristique d'une anomalie formationnelle ?

n

Vous affirmez : signature caracteristique anomalie formationnelle = faux

Je deduis : presence anomalie formationnelle = negative

La proximite d'une ville , d'un village, d'une decharge ou d'une usine vous fait-elle craindre un risque de pollution ?

n

Vous affirmez : suspicion pollution = faux

La signature geochemique met elle en evidence la presence de Chrome,

Phosphore ou Etain en teneur tres elevee , ce qui est caracteristique d'une pollution ?

n

Vous affirmez : signature caracteristique pollution = faux

Je deduis : presence pollution = negative

Je deduis : premier diagnostic = valeur non connue

Je deduis : resume = valeur non connue

Je deduis : voir signature = faux

Je deduis : on continue = vrai

Je deduis : penser a pollution = faux

Je deduis : diagnostic particulier = valeur non connue

Je deduis : diagnostic special = valeur non connue

A-t-on un signal de Plomb (si le Plomb n'est pas déjà élément dominant)  
ou d' Arsenic, Argent, Cadmium ou Etain, qui sont des accompagnateurs  
positifs du Zinc ?  
Ce signal est-il

- vigoureux
- faible
- absent ?

faible

Vous affirmez : signal acc+ pour zn (pb as ag cd sb) = faible

Je deduis : signal acc+ = faible  
Je deduis : indices négatifs = faux  
Je deduis : absence indices = faux

A-t-on un signal de Fer ou Manganèse,  
qui sont des accompagnateurs négatifs du Zinc ?

Ce signal est-il

- vigoureux
- faible
- absent ?

absent

Vous affirmez : signal acc- pour zn (fe-ou-mn) = absent

Je deduis : signal acc- = absent  
Je deduis : indices contradictoires = faux  
Je deduis : indices positifs = vrai  
Je deduis : bon mais contraste faible = vrai

Avons-nous - zone proche autre zone anomale voisine - ?  
oui (o), non (n), pourquoi (?), je ne sais pas (%), abandon (\$)

o

Vous affirmez : zone proche autre zone anomale voisine = vrai  
Je deduis : diagnostic = 3ième priorité  
Je deduis : commentaires = à rattacher à zone anomale voisine  
Je deduis : diagnostic final = 3ième priorité

- diagnostic final - a pour valeur - 3ième priorité -  
Ceci a été démontré grâce à la règle r12

Règle r12 :

Si

- on continue = vrai
- diagnostic particulier ??
- diagnostic spécial ??

Alors :

diagnostic final = diagnostic

: commentaires ?

```
- commentaires = a pour valeur = a rattacher a zone anomale voisine -  
Ceci a ete demonstre grace a la regle r62  
Regle r62 :  
Si  
    contexte geol <> favorable  
    bon mais contraste faible = vrai  
    zone proche autre zone anomale voisine = vrai  
Alors  
    diagnostic = Sieme priorite  
    commentaires = a rattacher a zone anomale voisine  
  
: fin  
Fin de session  
MORSE vous salut .  
Que Le_Lisp soit avec vous.
```

**COMMENTAIRES :**

**ANOMALIE 21** , cette anomalie à Zn , est parfaitement analysée par SERGE , sa conclusion et ses commentaires sont les mêmes que ceux de l'Expert. Ils retiennent cette anomalie pour sa proximité à une autre zone anomale voisine , en lui attribuant une priorité 3