

CARTES GÉOLOGIQUES NUMÉRIQUES

Par Denis BONNEFOY et Patrick LEBRET

BRGM Service Géologique National - Centre de Gestion des données Géologiques et Géophysiques
BP 6009 45060 Orléans Cedex-2 - E.mail: d.bonnefoy@brgm.fr

Cet article est issu de *Géochronique*, N°59 de août 1996.

Introduction

La carte géologique a deux objectifs fondamentaux : mettre en mémoire le plus grand nombre de données et fournir une représentation « assimilable » de ces données, donc d'être un véhicule efficace de communication. Si la richesse de l'information contenue peut quelquefois nuire à la lisibilité de la carte, l'informatique apporte maintenant une aide précieuse et efficace, en ce sens qu'elle permet de séparer ces deux fonctions, mémorisation et représentation, tout en développant le potentiel d'exploitation de chacune d'elle.

La carte géologique, un outil de recherche

La carte géologique est un instrument de recherche scientifique de première importance : elle contient toute l'information de base ; elle est le reflet de la permanente évolution des concepts de la géologie ; elle est la traduction du savoir d'une équipe. C'est un outil de progrès non seulement au plan de la connaissance toujours plus précise du territoire, mais également au niveau fondamental.

La cartographie ne permet pas seulement de transmettre l'information, elle permet aussi de l'acquérir. La connaissance d'une région ne progresse, en effet, que par l'accumulation d'un grand nombre de données d'observations et/ou d'analyse qu'il convient de confronter sans cesse. Le report de ces informations sur la carte permet de les comparer, de les regrouper et ainsi d'avancer les hypothèses indispensables à la poursuite de la recherche. La cartographie est ainsi un véritable *traitement de l'information*.

La carte géologique, un outil de développement

La carte géologique est aussi un outil de base indispensable aux décideurs. De plus en plus, elle devient un des outils de développement économique. Cette notion

n'est pas nouvelle : est-il nécessaire de rappeler son utilité aussi bien dans les problèmes d'environnement, d'aménagement du territoire, au stade des avant-projets ou de leur sélection, que dans l'évaluation des ressources minières, en eau ou en substances utiles ?

La sophistication croissante des moyens et besoins spécifiques entraîne, tant au niveau du chercheur de plus en plus spécialisé qu'à celui de l'utilisateur de plus en plus exigeant, un développement de cartes thématiques dans le domaine des sciences de la Terre pour en puiser, soit le meilleur de ses connaissances, soit le document en adéquation avec ses besoins. Ces vingt dernières années, une quantité importante de cartes thématiques a été produite : cartes tectoniques, géotechniques, cartes Zermos (zones exposées à des risques liés aux mouvements du sol et du sous-sol), cartes minières, cartes de substances utiles, etc....

Elles ont répondu, en leur temps, à des besoins exprimés. Le besoin était lui-même contraint par les moyens techniques à disposition pour réaliser ces documents : ces cartes de connaissances sont des documents figés.

Evolution de la carte géologique

Une prise de conscience progressive de la nécessité de mieux gérer notre environnement et le développement des systèmes d'information géographique (SIG) engendrent des besoins spécifiques de plus en plus diversifiés. Besoins où la donnée géologique est fondamentale, mais où les paramètres « externes » sont de plus en plus nombreux. C'est un besoin en produits élaborés « médiatisés ».

Prévoir, planifier avec de plus en plus de paramètres, est devenu une nécessité. Actuellement, on assiste à l'utilisation de plus en plus fréquente de la géologie à des fins spécifiques qui font appel à des disciplines autres que les sciences de la Terre. Cette croissance des besoins est essentiellement tournée vers la planification, l'aménagement, la gestion du territoire et des ressources naturelles, l'environnement, etc.... La cartographie, support visuel indispensable, doit évoluer vers une *carto-*

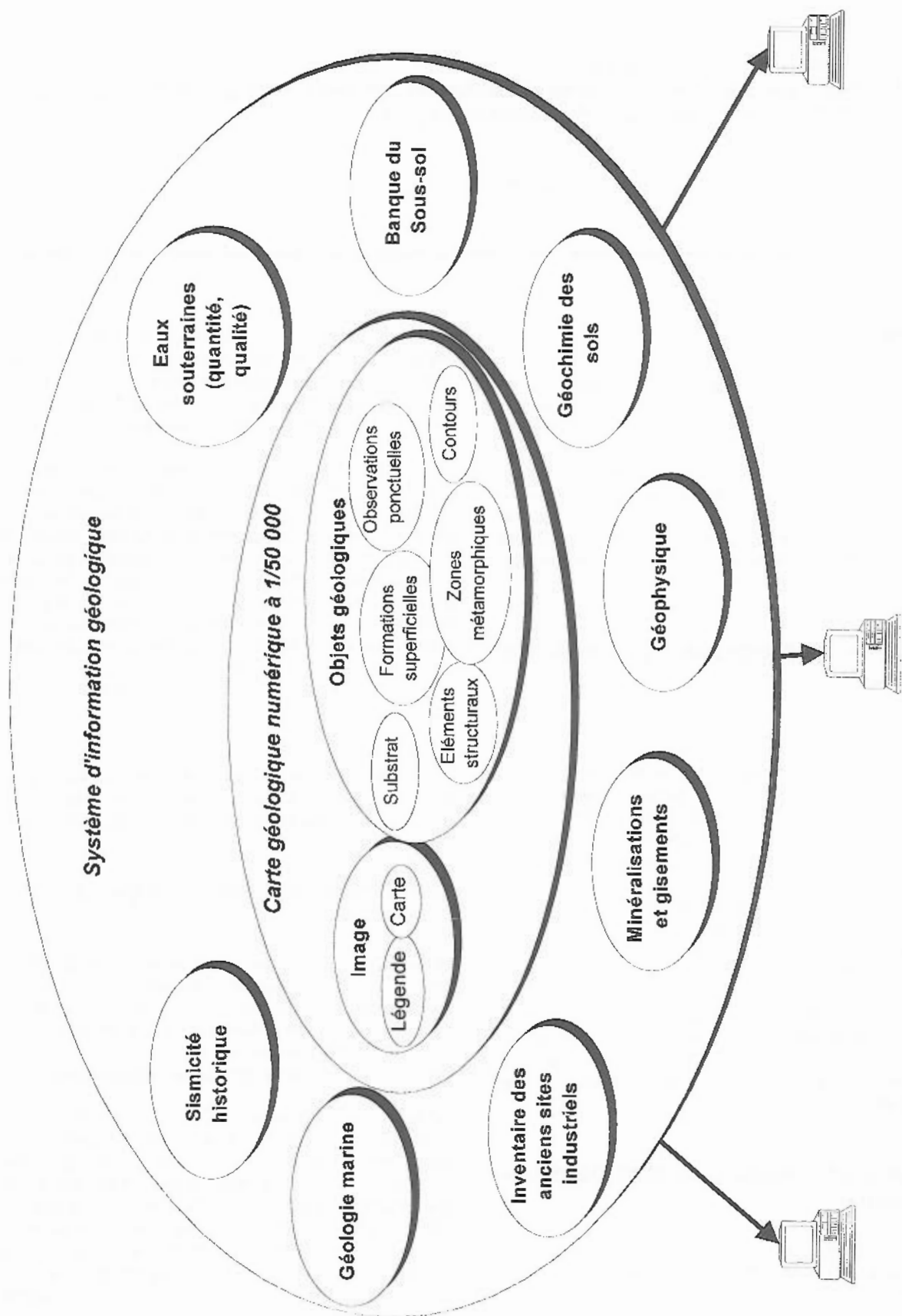


Figure 1 : Organisation du système d'information géologique.

graphie dynamique et répondre à ces différents besoins qui sont, en particulier, les **cartes évolutives**, actualisables.

Pour faciliter l'exploitation de la richesse de l'information rassemblée sur la carte géologique, les utilisateurs demandent désormais de plus en plus fréquemment cette information sous forme numérique et organisée.

C'est dans cet esprit de valorisation de l'information et dans le cadre de ses missions que le BRGM développe les banques de données «**Cartes géologiques**». A l'instar de l'IGN (BD-Topo, BD-Carto, BD-Alti), de l'INSEE, de SPOT-Image, de l'IFEN..., le BRGM se structure pour devenir le serveur national de données géologiques. Ce nouveau projet complète la Banque des données du sous-sol (*).

Figure 1 : Organisation du système d'information géologique

Organisation et contenu de la banque de données «cartes géologiques»

L'analyse du besoin fait ressortir une demande en données numériques géologiques de deux types:

- * Les images géologiques (banque de données Images).
- * Les objets géologiques «renseignés» (banque de données structurées).

- Les «**images**» correspondent à une donnée numérique résultant d'une photographie de la carte géologique papier (procédé de «scannage»). Cette donnée numérique reflète exactement la carte papier avec sa légende, ses coupes et schémas. Entièrement statique, cette image est néanmoins géoréférencée en Lambert II étendu. Sur cette image figure aussi le fond topographique de l'IGN disponible au moment de la sortie de la carte géologique.

Cette donnée est utilisée essentiellement en affichage sur lequel peuvent se superposer d'autres données thématiques. Il s'agit donc d'un support de diffusion numérique équivalent à la carte papier actuelle, mais pouvant être manipulé par les outils informatiques SIG.

- Les **objets géologiques** élémentaires figurant sur la carte géologique résultent d'un travail d'analyse géologique (chaque objet est décrit par sa géométrie - forme - et ses attributs) :

* **Contour géologique** : ligne fermée délimitant une **formation géologique**, c'est-à-dire une zone au contenu homogénéisé. La limite entre deux formations n'étant pas toujours nette, un type (observé, masqué, supposé) caractérise le contour. Le cadre de la carte géologique constitue un contour géologique spécial. Cette particularité s'applique principalement aux cartes à 1/50 000 qui ont été levées à des époques différentes et donc avec des connaissances géologiques qui ont évolué. Ceci explique les cas de non-continuité des formations géologiques entre deux cartes voisines.

* **«Formation» géologique** : zone fermée par un contour et décrite par des caractéristiques géologiques. Une table d'attributs est associée à chaque formation : ainsi, pour le 1/50 000, les lithologies dominantes et secondaires, l'âge stratigraphique ou absolu, la nature, la genèse, les minéralogies, les granulométries, la texture, l'épaisseur, les variabilités horizontales et verticales sont décrites pour chaque «formation».

* **Zone métamorphique** : zone fermée, décrite en surcharge et caractérisée par son type de métamorphisme et sa paragenèse minérale.

* **Élément structural** : Les éléments structuraux correspondent soit à des éléments d'extension linéaire comme les failles, les limites de chevauchement ou les filons, soit à des éléments d'extension en surface comme les klippes et les fenêtres. Les éléments structuraux linéaires sont décrits par leur nom (faille, chevauchement, filon, linéament, axe de pli), leur type (normal, inverse, décrochant, chevauchant), leur condition d'observation (observé, supposé), leur rhéologie, leur sens de mouvement (vertical, horizontal), leur épaisseur, leur remplissage et éventuellement leur âge.

* **Observation ponctuelle remarquable** : elles correspondent aux points remarquables réalisés lors du levé de la carte :

- . site d'observation lithologique,
- . site d'observation paléontologique (fossile),
- . site de mesure physico-chimique (échantillonnage).

.....

Processus de constitution de la banque de données

Figure 2 : Avancement du levé de la carte géologique

Figure 3 : Avancement de la numérisation des images à 1/50 000

Figure 4 : Exemple de carte géologique «image»

Figure 5 : Exemple de carte géologique «objet»

* **Banque de données Images géologiques** : la constitution de cette banque nécessite le «scannage» de la carte papier éditée et sa correction géométrique (géoréférence en Lambert II étendu).

* **Banque de données Objets géologiques** : deux cas de figures se présentent pour le chargement de la banque de données :

* Pour les cartes *en cours de levé*, le processus de fabrication inclut lui-même la numérisation des contours (informatisation depuis 1985) et le «renseignement» des objets.

(*) à l'heure actuelle, la BSS recense quelque 400 000 descriptions d'ouvrages - sondages, tranchées, puits...- de profondeur supérieure à 10 m..

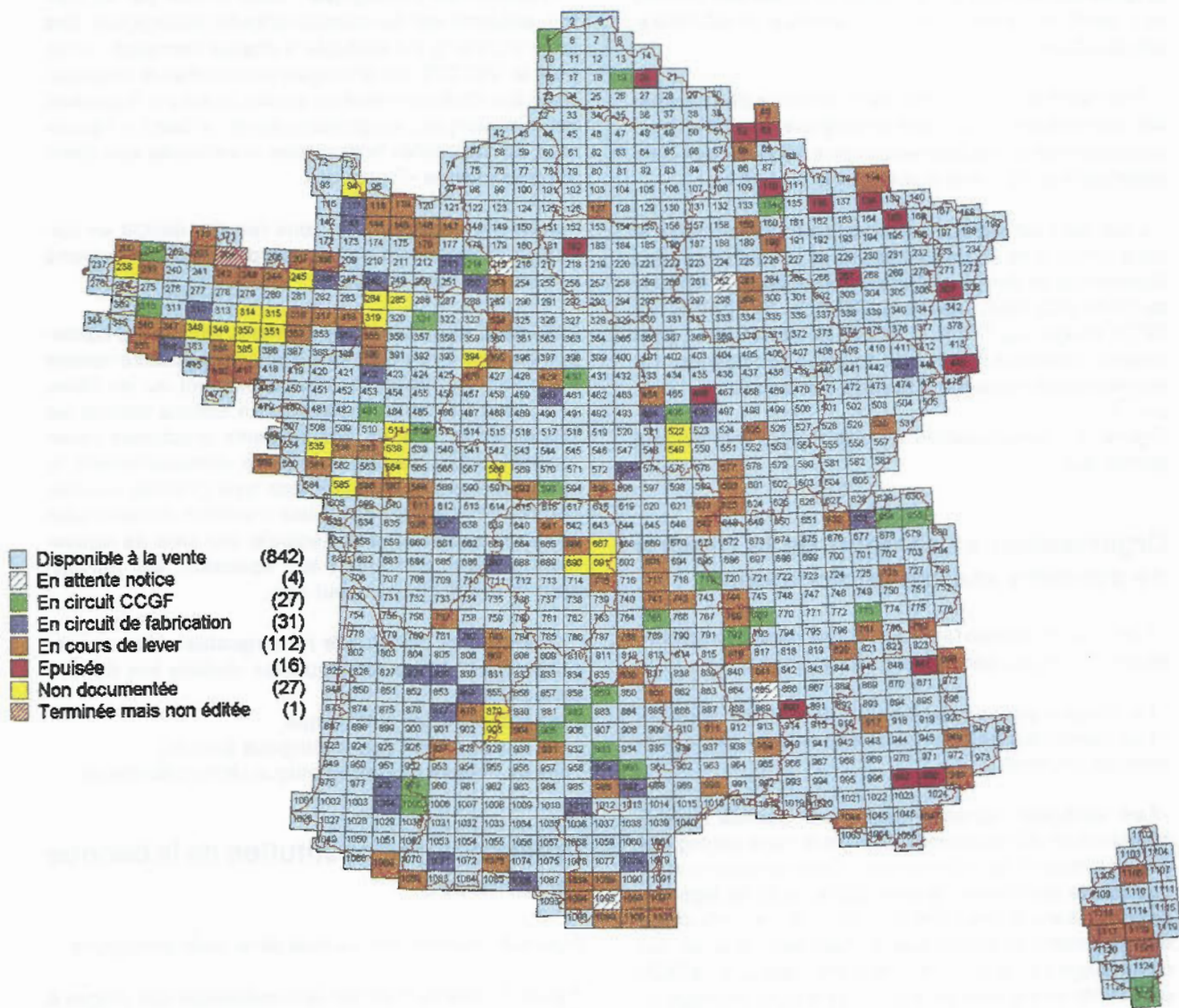


Figure 2 : Avancement du levé de la carte géologique.

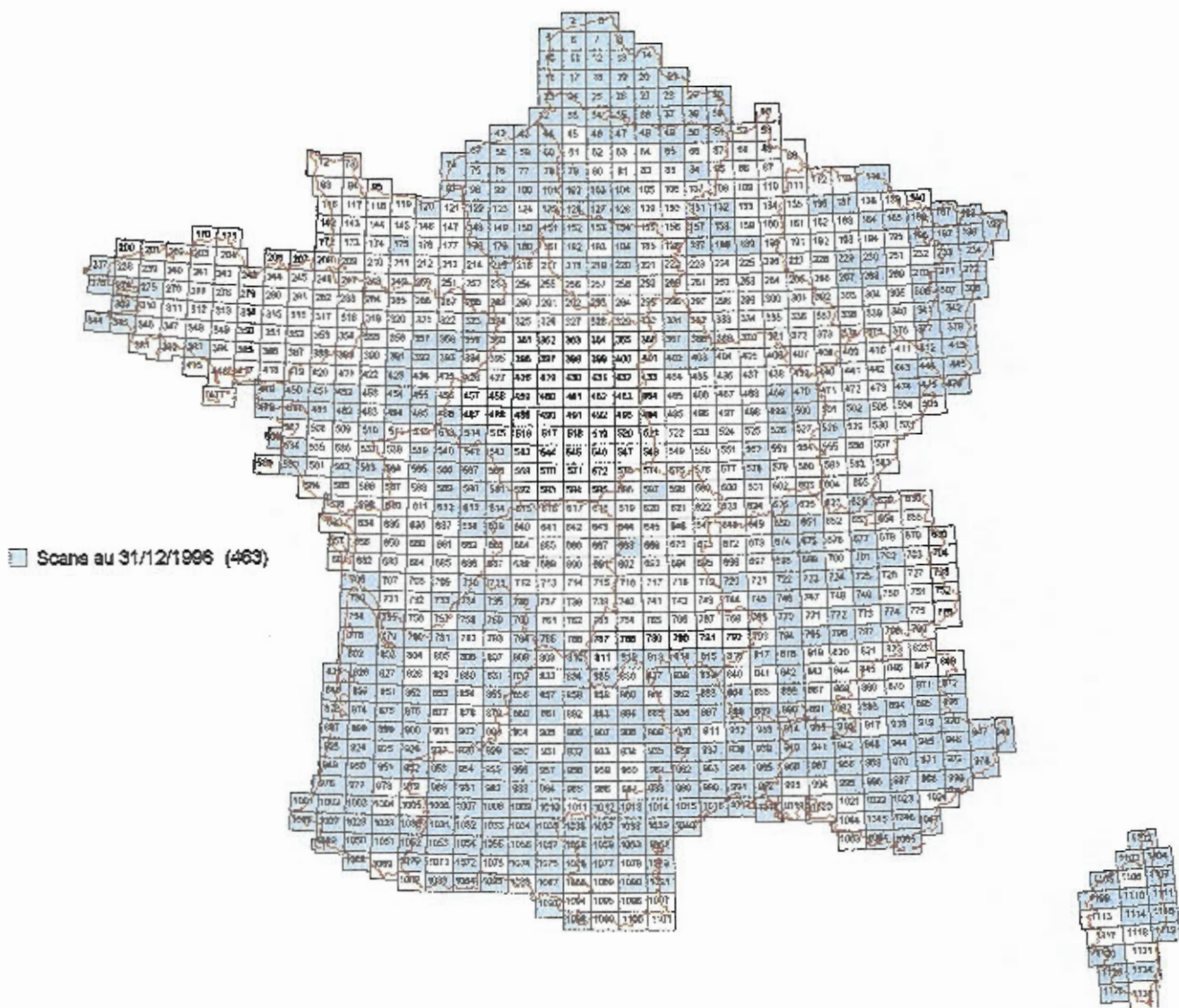


Figure 3 : Avancement de la numérisation des images à 1/50 000.

Carte géologique numérique "Image"

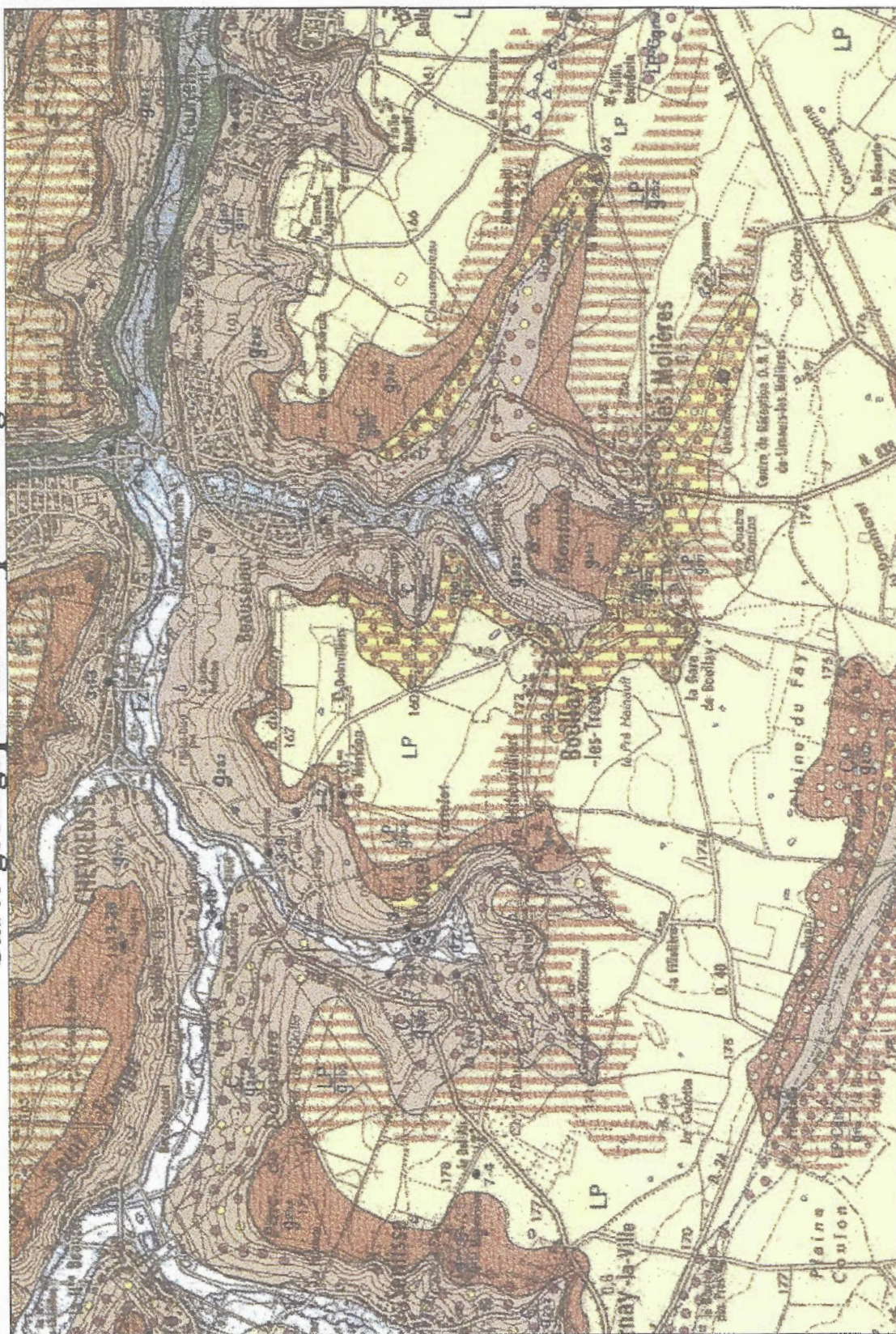


Figure 4 : Exemple de carte géologique «image».

Carte géologique numérique "Objets"

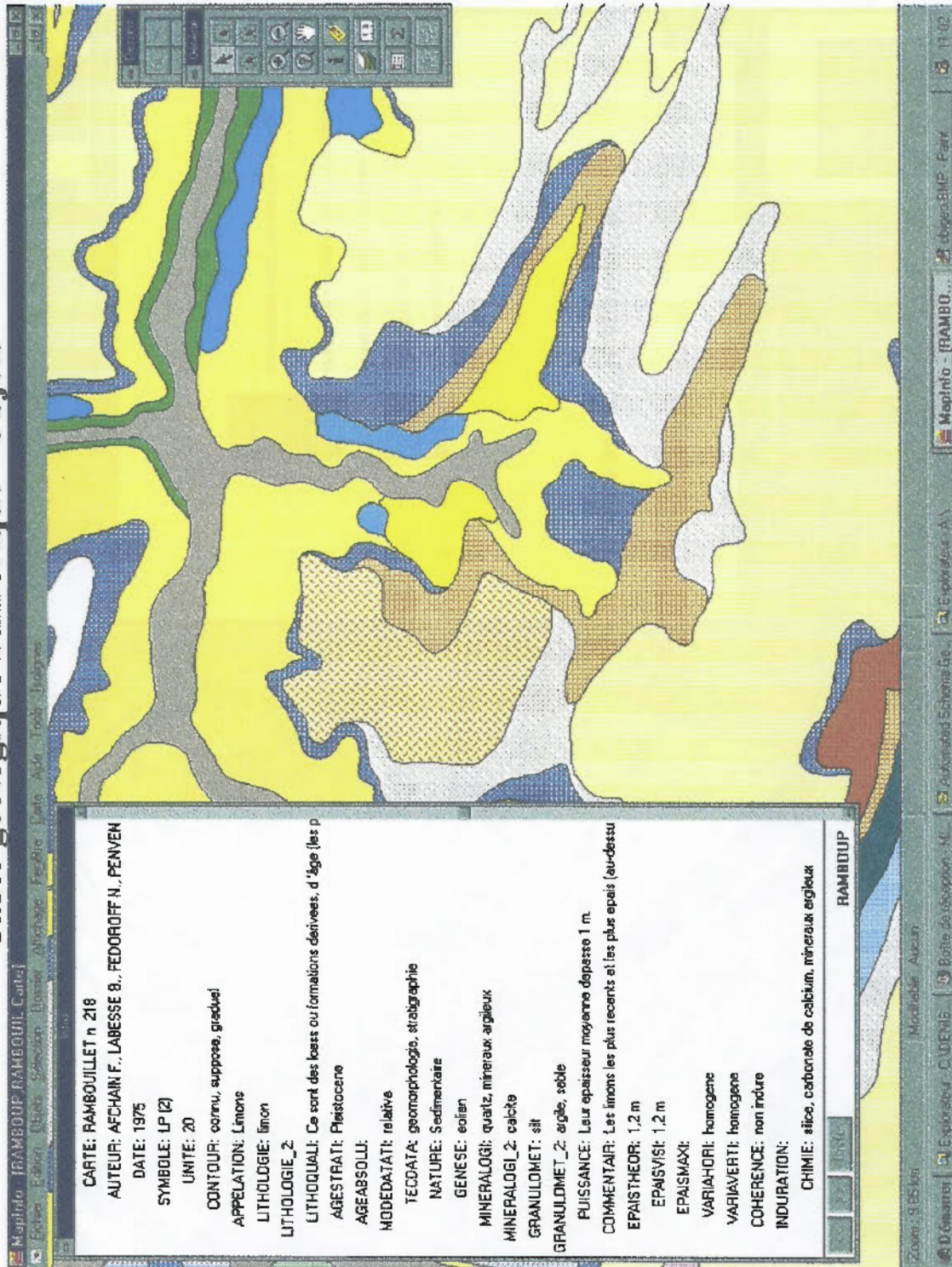


Figure 5 : Exemple de carte géologique «objet».

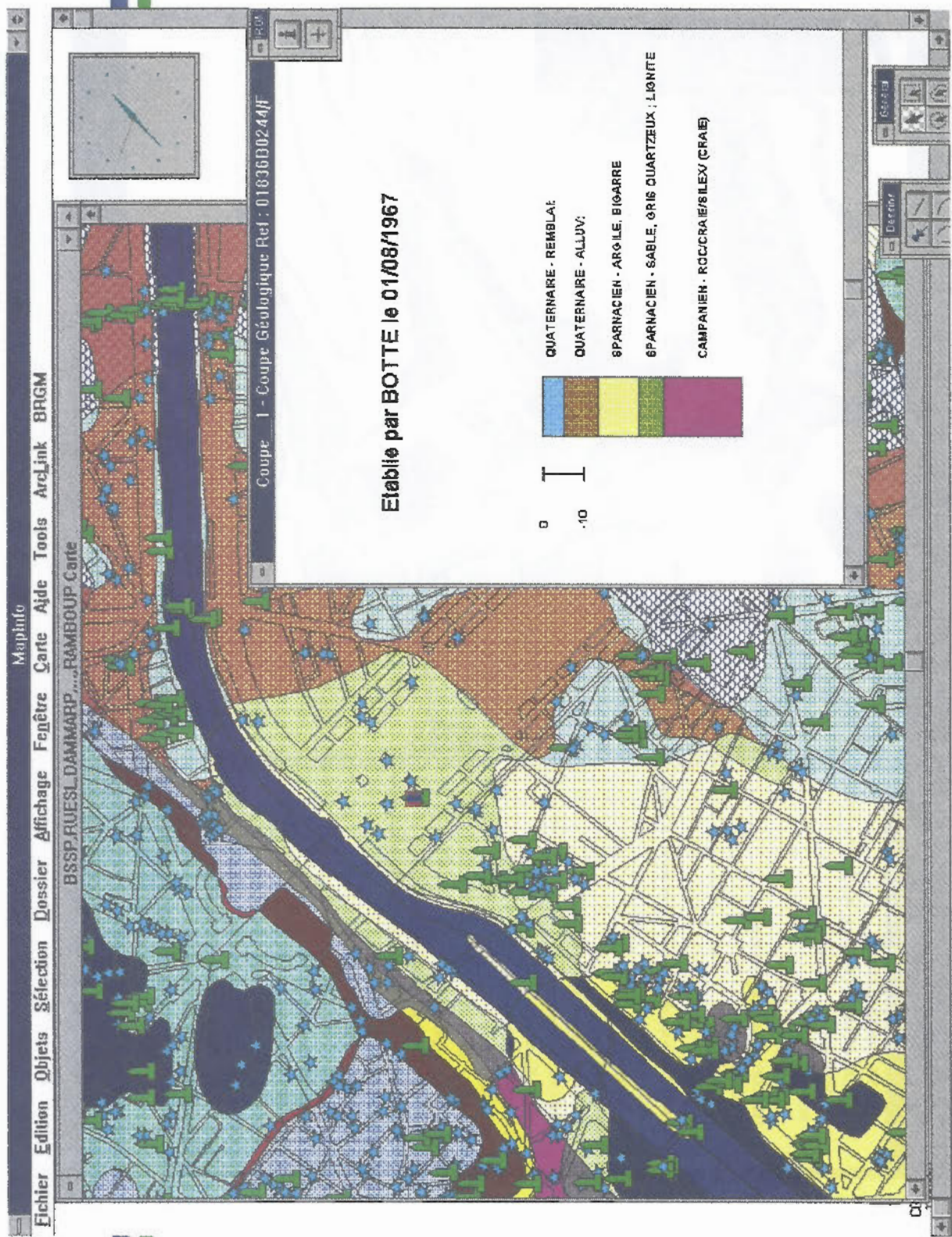


Figure 6 : Carte géologique Numérique et log géologique autour de la Tour Eiffel.

* Pour les *cartes éditées*, deux techniques de numérisation sont actuellement utilisées :

- L'une en routine : la digitalisation par opérateur.
- L'autre, encore au stade préindustriel : le «scannage» des films et/ou maquettes d'auteur, suivi d'une vectorisation.

Quelle que soit la technique de numérisation utilisée, la description des objets géologiques reste à établir par le géologue, sur la base de la notice explicative de la carte.

Exploitation de la banque de données

Exploiter la banque, c'est répondre à des requêtes émises par l'utilisateur (données disponibles dans une zone, sélection sur critères). Ces requêtes produisent des données qu'il s'agit de transmettre au demandeur.

Les formats d'échange utilisés sont les standards du marché, à savoir les formats «export» de ARC/INFO (ESRI), IGDS de Intergraph et DXF de Autocad. L'ouverture vers la norme française EDIGEO est examinée avec attention ; son «implémentation», qui demande un effort important d'écriture d'interface, sera fonction de la demande des usagers.

Figure 6 : Carte géologique Numérique et log géologique autour de la Tour Eiffel

Evolutions futures et Conclusion

L'information géologique, accompagnée d'autres données géoréférencées, participe de plus en plus à la création de cartes d'aide à la décision pour la gestion des ressources naturelles, l'environnement et l'aménagement du territoire. La valorisation de la carte géologique est d'autant plus performante que la richesse de son contenu peut être mise à disposition du public de manière sélective et «dédiée», en utilisant des concepts et technologies SIG.

La constitution d'une banque de données nationale «cartes géologiques» doit permettre aux usagers de disposer d'une information géologique homogène et validée et évitera la multiplication de données géologiques incompatibles entre elles. Elle correspond à la mission de service public assurée par le BRGM, en tant que fournisseur de données géologiques.

Pour faciliter la diffusion de cette information numérique, un catalogue des cartes disponibles sera accessible sur Internet en 1997 (adresse: www.brgm.fr), la diffusion des cartes «images» est dès maintenant disponible sur CD-rom.

Enfin, la disponibilité de l'information «carte géologique sous forme numérique» constitue la base du développement de projets géologiques tels que la modélisation de corps géologiques en trois dimensions.