

DOCUMENT PUBLIC

***Cartes thématiques à base de SIG :
Exemple de la praticabilité***

**Enseignement Militaire Supérieur Scientifique
et Technique de l'Armée de Terre
Diplôme technique 1996**

DESS de Cartographie - Université de Paris I - ENSG

**septembre 1996
R 39132**



DOCUMENT PUBLIC

***Cartes thématiques à base de SIG :
Exemple de la praticabilité***

**Enseignement Militaire Supérieur Scientifique
et Technique de l'Armée de Terre
Diplôme technique 1996**

DESS de Cartographie - Université de Paris I - ENSG

P.Y. THOMAS

**septembre 1996
R 39132**



Mots clés : Banque de données, Carte géologique numérique, Cartographie thématique, Praticabilité, SIG, Traficabilité.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Thomas P.-Y. (1996) - Carte thématique à base de SIG : exemple de la praticabilité. Rap. BRGM R 39132, 47 p., 5 fig., 11 pl., 4 ann.

© BRGM, 1996, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Afin d'améliorer la production des cartes thématiques militaires et d'offrir des nouveaux produits, ce stage étudie l'utilisation des SIG dans les chaînes de production.

Après la réalisation d'une banque de données géologiques sur la carte de PESMES (32-23), des algorithmes seront développés et utilisés pour produire des cartes d'aptitude aux mouvements tous terrains.

Sommaire

Synthèse.....	3
1. Objectifs du stage	7
1.1. Objectifs généraux	7
1.1.2. Le sujet choisi	7
1.2. Le BRGM : (organigrammes annexe 1)	8
1.3. Le choix de la carte	9
1.4. Les logiciels utilisés	10
2. La constitution de la base de données géologiques.....	13
2.1. Le modèle de données de la carte géologique à 1/50 000	13
2.2. Saisie de la géométrie.....	15
2.2.1. Procédures de saisie	15
2.2.2. Points particuliers	17
2.3. Saisie de la géologie	18
2.3.1. Application de saisie	18
2.3.2. Points particuliers.....	18
3. Traitements thématiques	21
3.1. Le modèle de traitement	21
3.1.1. Rappel du problème posé	21
3.1.2. Mise en équation	23
3.1.3. Les méthodes de traitement.....	23
3.1.4. La praticabilité	25
3.1.5. Le MNT et ses variables dérivées	25
3.1.6. Le facteur humidité	27
3.1.7. Echelle et qualité des données	27

3.2. Exemple : La carte d'aptitude aux mouvements tous terrains	28
3.2.1. Les données	28
3.2.2. L'importation et la mise en forme des données	28
3.2.3. Les recodages réalisés	30
3.2.4. Les traitements réalisés	32
3.3. L'édition cartographique.....	34
4. Résultats	37
4.1. Résultats techniques	37
4.1.1. Résultats de traitements.....	37
4.1.2. Résultats de mise en forme.....	37
4.2. Analyse du temps passé.....	37
4.2.1. Saisie de la banque de données géologiques.....	38
4.2.2. Traitement thématique.....	38
4.3. Evolutions possibles.....	38
4.3.1. Développement de travail.....	38
4.3.2. Apports d'autres sources de données.....	39
4.3.3. Apports d'autres techniques.....	40
Conclusion.....	41
Bibliographie.....	43

Liste des figures

Fig. 1 - Exemple de table d'attributs	14
Fig. 2 - Fiche de niveau de la carte de Presmes.....	16
Fig. 3 - Boite à combinaison EVAL du logiciel Synergis.....	22
Fig. 4 - Décomposition de la praticabilité	24
Fig. 5 - Exemples de courbures - Extrait du rapport BRGM N 1587.....	26
Glossaire.....	45

Liste Planches hors texte

Annexes

1. Objectifs du stage

1.1. OBJECTIFS GÉNÉRAUX

Les objectifs de ce stage sont de mettre en application, dans le cadre d'un projet professionnel, les concepts sur les SIG (Systèmes d'Informations Géographiques) étudiés de façon théorique, à l'université et à l'ENSG.

La cartographie change grâce à l'évolution des techniques. La carte qui, jusqu'à présent n'était souvent qu'un document d'inventaire figé, devient de plus en plus un outil d'aide à la décision qui s'adapte à chaque demande. De nouveaux produits comme les SIG ont modifié le travail du cartographe et les habitudes des utilisateurs. Un SIG est "*un système de gestion de données pour la saisie, le stockage, l'extraction, l'interrogation, l'analyse et l'affichage de données localisées*". C'est un ensemble de matériels et de logiciels qui permettent l'acquisition, le traitement et la restitution de données ordonnées dans l'espace.

Les objets de la carte ne sont donc plus simplement représentés graphiquement mais aussi par leurs caractéristiques intrinsèques. Par exemple, une route qui sera représentée par un ruban rouge bordé de noir sur une carte papier ne sera pas simplement stockée sous le terme route nationale. Sa largeur, son nombre de voies, de chaussées figureront également dans la base de données. Ces informations pourront être extraites et cartographiées.

Le contenu de la base de données, associée à une carte, devient plus important que la carte elle-même, car ce sont les attributs des objets de cette base, qui permettront de décliner la carte, en fonction des thèmes abordés.

1.1.2. Le sujet choisi

Avant toute opération militaire, les états-majors doivent disposer de cartes et de documents pour établir leur plan d'action et leurs ordres. Ces documents sont non seulement des cartes topographiques mais aussi des documents thématiques représentant les différents aspects physiques, économiques et humains de la zone d'action envisagée. Actuellement, tous les documents thématiques sont établis avec des méthodes traditionnelles fondées sur une reconnaissance préalable du terrain. Ces procédures donnent des documents papier figés, difficiles à mettre à jour.

Pour faire évoluer cette cartographie, les SIG sont indispensables. Ils apportent une souplesse et une puissance de calcul qui permettent de faire évoluer les documents en fonction des informations rassemblées et des thèmes envisagés. Mais avant de traiter

l'information, il faut définir les données qui permettront la réalisation des cartes et les traitements nécessaires.

Ensuite il faut définir une architecture de banque de données pour stocker tous les éléments en vue du traitement. Lorsque des résultats sont obtenus, il faut les mettre en forme pour l'utilisateur.

Pour ce faire, il sera réalisé, au cours de ce stage, toutes les étapes de la construction d'une base de données géologiques. Ceci permettra d'illustrer la création d'une base de données. Puis après avoir défini les modes de traitements, une analyse thématique sera conduite dans le domaine de la cartographie de l'aptitude des terrains aux mouvements motorisés. Il sera alors possible de confronter les documents ainsi produits à la cartographie thématique militaire disponible sur la zone de l'exemple, pour évaluer l'efficacité de la démarche choisie.

Les travaux seront limités à une carte à 1/50 000. Ceci permettra de tester toutes les étapes de la réalisation de la banque de données géologiques et limitera le volume de données à manipuler lors des traitements thématiques.

Pour des raisons de temps (stage de 4 mois), seule sera développée la carte d'aptitude du terrain aux mouvements motorisés. Toutefois la démarche retenue peut s'appliquer aux cartes d'enfouissement, de ressources en eau, etc. Pour ces différentes cartes thématiques, la banque de données initiales contient les mêmes informations, ce sont simplement les algorithmes qui changent. Par exemple pour la carte d'enfouissement, l'accent sera mis sur l'épaisseur des formations meubles en surface qui agissent comme un facteur défavorable aux mouvements tous terrains.

1.2. Le BRGM (organigrammes annexe 1)

Le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) est un Etablissement Public Industriel et Commercial (EPIC).

Spécialiste du sol et du sous-sol, ses domaines d'activités sont :

- la connaissance géologique des territoires ;
- l'exploration et l'exploitation des ressources minérales ;
- la découverte et la gestion des eaux minérales ;
- la protection de l'environnement et la lutte contre la pollution ;
- l'étude du sous-sol nécessaire à la réussite des projets de génie civil ;
- la prévention des risques naturels.

Il est divisé en trois secteurs d'activités :

- géo-ingénierie ;
- service public ;
- mine.

Le stage se déroule intégralement dans la branche Service public.

Le travail sera scindé en deux parties et effectué dans deux services différents du Service Géologique National (SGN) :

- saisie de la géométrie de la banque de données géologiques à 1/50 000 dans le service de cartographie (CAR) ;
- saisie de la géologie et traitements thématiques dans le service de gestion de bases de données (C3G).

1.3. LE CHOIX DE LA CARTE

Pour que les traitements thématiques, réalisés dans la deuxième partie du stage, puissent fournir des résultats représentatifs, il faut que la carte choisie contienne une grande variété de paysages.

Les critères suivants ont conduit la recherche :

- une carte française pour obtenir facilement le MNT (modèle numérique de terrain) et les bases de données terrain (BDcarto) ;
- une zone de moyenne montagne pour avoir des reliefs significatifs ;
- une zone calcaire car la chimie et la variabilité de ces roches les rendent très sensibles à l'action des phénomènes météorologiques. Les reliefs (abrupts de failles par exemple) qui se développent sont plus contrastés, les phénomènes pédologiques sont plus complexes (dolines, etc.) que sur d'autres terrains et posent plus de problèmes à l'interprétation thématique ;
- une carte non numérisée pour effectuer toutes les étapes de création de la carte géologique numérique et ainsi connaître toutes les phases de réalisation d'une carte thématique, de la saisie des informations jusqu'à la restitution de documents cartographiques.

Ces critères nous ont amené à rechercher une zone dans le Jura. Cette région a été privilégiée par rapport à d'autres massifs calcaires, car la cartographie thématique militaire y est déjà disponible, ce qui permettra la comparaison avec les résultats issus du traitement des bases de données.

Après une étude des cartes disponibles, la carte de Pesmes à 1/50 000 (carte IGN 32-23, carte géologique n°501) a été sélectionnée.

Elle occupe une position intéressante au nord du Jura et en bordure de la vallée de la Saône.

Les terrains à l'affleurement vont du socle primaire à des dépôts quaternaires.

Cette carte est composée de quatre grandes unités géomorphologiques :

- vallée de la Saône ;
- plateau de Vesoul ;
- massif de La Serre ;
- plateaux du Jura.

L'altitude est comprise entre 186 m et 391 m.

Les réseaux de communications sont diversifiés et d'une densité moyenne.

Le réseau hydrographique organisé autour de la Saône et de l'Ognon est représentatif à la fois des régions calcaires avec un karst développé sur les plateaux calcaires et des régions de socle à forte densité de drainage superficiel dans le massif de La Serre.

1.4. LES LOGICIELS UTILISÉS

- Microstation

Ce logiciel est un logiciel de DAO (Dessin Assisté par Ordinateur) fonctionnant sur P.C. sous DOS ou Windows, utilisé au BRGM pour la saisie et l'édition des cartes géologiques. Il fonctionne sur une configuration P.C. de type 486DX66 possédant au moins 500 Mega-octets de mémoire et 16 Mega-octets de mémoire vive. Deux écrans sont conseillés pour l'ergonomie, car de nombreux menus sont utilisés simultanément.

Pour faire de la numérisation, il est nécessaire de lui adjoindre une table à numériser de format A1 ou A0, compatible avec la taille des cartes à traiter.

Ce logiciel de dessin n'est pas un SIG et ne gère pas la topologie. Il ne peut donc effectuer que des traitements de saisies ou de mises en forme destinés à l'impression.

Le BRGM a choisi ce logiciel car il fournit de bons résultats de numérisation sur des contours, et ses fichiers sont facilement utilisables à la fois pour de la restitution de films d'impression mais aussi pour les fichiers de géométrie d'une base de données.

- Mapinfo

Ce logiciel est un SIG fonctionnant sur P.C. sous Windows. Son apprentissage est simple, mais ses fonctions sont limitées si on le compare à un SIG tel qu'ARC/INFO.

Il gère les données sous forme de tableaux directement liés à la géométrie. Il permet de faire rapidement des sorties de cartes, mais ses fonctions d'édition sont réduites.

Il ne gère pas les images raster si ce n'est pour les afficher et les imprimer.

Sa facilité d'emploi compense ses limites qui peuvent être repoussées par des programmations spécifiques.

Pour l'utiliser au mieux, il faut disposer d'un ordinateur de type "Pentium", possédant au moins 32 Méga-octets de mémoire vive. Le choix de la taille du disque dur est fonction de la surface de terrain étudiée.

En tout état de cause, l'information géographique est gourmande en mémoire.

- Synergis

Ce logiciel est un SIG développé par le BRGM.

Il fonctionne sur station de travail sous Unix.

Ses points forts sont sa capacité de traitement des images raster, ainsi que les fonctions spécifiques développées pour les analyses de MNT. Le traitement des vecteurs est assuré par les fonctions ARC/INFO intégrées au logiciel (SYNARC).

C'est un complément intéressant à Mapinfo pour réaliser les traitements sur les "images raster" qui seront ensuite mise en forme avec Mapinfo.

Synergis possède une meilleure ergonomie qu'ARC/INFO car il utilise un système de fenêtres.

2. La constitution de la base de données géologiques

Une banque de données possède une architecture. C'est cette organisation des données qui va en permettre l'exploitation.

Lorsque la carte n'existe que sous forme papier, il faut la transformer en un produit numérique.

Deux étapes sont nécessaires :

- saisie de la géométrie qui décompose la carte en objets élémentaires (polygones, lignes ou vecteurs et points) qui fournit les fichiers graphiques;
- saisie de l'information qui peut être associée aux objets élémentaires et qui fournit les fichiers d'attributs.

La carte géologique numérique sera appelée BD géol par analogie à la BD carto. Elle est une transcription sous forme numérique de la carte géologique à 1/50 000. Pour les cartes en cours de fabrication, elle est réalisée à partir des fichiers de dessin produits par la chaîne de production cartographique (annexe 2). Pour les cartes déjà éditées, elle est réalisée à partir des films d'édition et de la carte papier.

2.1. LE MODÈLE DE DONNÉES DE LA CARTE GÉOLOGIQUE A 1/50 000

Le modèle complet est contenu dans le rapport BRGM R 38829 (extrait annexe 3).

Ce modèle permet de transcrire la carte géologique à 1/50 000 papier en un document numérique. Chaque carte est transcrite sous la forme d'une banque de données contenant des fichiers graphiques et des attributs qui leurs sont rapportés. Les informations sont renseignées par rapport à un lexique (liste de termes fixés pour une période, permettant une homogénéité de codage sur l'ensemble des cartes à 1/50 000). Compte tenu de la disparité des cartes géologiques, chaque carte est indépendante. Toutefois toutes les cartes respecteront la même architecture ce qui permettra les assemblages.

Les éléments suivants de la carte géologique sont transcrits dans la base :

a) Les attributs communs :

- nom de la carte
- auteur(s)
- numéro de la carte
- édition
- date d'édition.

Eléments structuraux d'extention zonale

Attributs		Valeurs possibles
UNITE CARTOGRAPHIQUE	Champ libre fourni par l'atelier de digitalisation	
DENOMINATION	champ libre pris dans le lexique Dénomination élément structural zonal	
TYPE	Champ pris dans Lexique type élément structural	
CONDITON D'OBSERVATION	Champ pris dans Lexique conditions d'observation élément structural	
RHEOLOGIE	Champ pris dans Lexique rhéologie	
APPELLATION LOCALE OFFICIELLE	Champ libre	
AGE - PHASE TECTONIQUE	Champ libre	
REMPLISSAGE	Champ libre	

Fig. 1 - Exemple de table d'attributs.

b) Les contours géologiques :

- Ce sont les lignes fermées délimitant une unité cartographiée.
- Ces unités sont séparées dans deux fichiers en fonction de la nature géologique des terrains cartographiés (formations superficielles et substrat).
- La séparation est décidée par l'auteur de la carte (carte future) ou à défaut par le géologue codeur (version actuelle).

c) Les éléments structuraux linéaires :

- Ce sont les éléments de la géologie structurale représentés par des traits sur la carte (failles filons, ...).

d) Les zonations métamorphiques :

- Elles sont représentées en surcharge sur les cartes et limitées par deux isogrades.

e) Les éléments structuraux zonaux :

- Ce sont les éléments de la géologie structurale représentés par une surface (zones broyées, champs de failles).

f) les éléments ponctuels :

- A chaque élément est associée une table d'attributs (cf. fig.1) permettant de remplir la banque de données associée.

2.2. SAISIE DE LA GÉOMÉTRIE

La saisie se fait sur des postes de DAO, qui fournissent un fichier dessin. Cette saisie a deux objectifs :

- la fourniture de fichiers dessin pour la fabrication des films permettant l'impression de la carte géologique (fabrication par procédé offset) ;
- la fourniture des fichiers vecteurs de la géométrie pour la carte géologique numérique.

Ce travail est réalisé dans le service d'édition cartographique du BRGM (CAR).

2.2.1. Procédures de saisie

La saisie se fait à l'aide du logiciel Microstation.

Deux techniques sont utilisées selon la difficulté des cartes et les contraintes de délais :

- soit la numérisation des contours et des éléments structuraux linéaires est faite par un opérateur sur table à numériser ;

Cartes thématiques à base de SIG : exemple de la praticabilité

Couleur	Epaisseur	Arrêt couleur	LV	CARTE: <u>PESMES</u>	FICHIER: <u>PESMES</u> .DG
			1	SETUP (15 REPERES)	
			2	ANGLES DE LA CARTE	
			3	FAILLES PLEINES	
			4	CONTOURS GEOLOGIQUES PLEINS	
			5	CONTOURS GEOLOGIQUES SUPPOSES	
			6	SIGNES TECHNIQUES	
			7	NOTATIONS	
			8	PATTERN DU X + MYLONITES + CATACLASES	
			9	FIGURES DU LOG ET DE LA COUPE	
			10	FAILLES SUPPOSEES	
			11	BASE DE CHEVAUCHEMENT (FAILLE)	
			12	PATTERN CHEVAUCHEMENT	
			13	BASE DE CHEVAUCHEMENT SUPPOSE	
			14	PATTERN CHEVAUCHEMENT SUPPOSE	
			15	AXE ANTCLINAL	
			16	AXE SYNCLINAL	
			17	ISOHYSES	
			18	LIMITE MYLONITES	
			19	LIMITE CATACLASES	
			20	COPY FAILLES SUPPOSEES (LV10)	
			21	ARRET COULEUR SANS CONTOUR	
			22	COPY CONTOURS SUPPOSEES (LV5)	
			23	COPY BASE DE CHEVAUCHEMENT SUPPOSE (LV13)	
			24	COPY AXE ANTCLINAL (LV15)	
			25	COPY AXE SYNCLINAL (LV16)	
			26	CADRE ARRET COULEUR	
			27	<u>ARRET COULEUR HYPRO</u>	
			28		
			29		
			30		
			31		
			32		
			33		
			34		
			35		
			36	<u>signes techniques hydro.</u>	
			37		
			38		
			39		
			40		
			41		
			42		
			43		
			44		
			45		
			46		
			47		
			48		
			49	NUMERO DE LABEL	
			50		
			51		
			52		
			53		
			54		
			55		
			56		
			57		
			58		
			59		
			60		
			61		
			62	COPY CADRE ARRET COULEUR (LV26)	
			63	ANGLES DE SORTIE	

Fig. 2 - Fiche de niveau de la carte de Pesmes.

- soit on effectue un scannage et une vectorisation automatique des films ayant servi à l'impression ou réalisés spécialement pour cette opération (par gravure manuelle des contours de la maquette d'auteur).

Bien que ces deux méthodes soient équivalentes, le temps de traitement manuel d'une carte complexe est plus long (x 3 environ) et génère plus d'imprécisions.

Pour l'instant le scannage et la vectorisation sont réalisés en sous-traitance par la société De Schutter, le BRGM ne possédant pas le matériel nécessaire.

Le logiciel Microstation travaille avec 63 niveaux d'information différents qui se comportent comme des calques que l'on superpose. Lors de la saisie, les éléments de la carte sont répartis dans ces niveaux par famille (cf. fiche de niveau fig. 2) pour permettre par la suite de fixer des caractéristiques de dessin aux différents éléments saisis. La mise en page et les caractéristiques de dessin sont directement réalisées sur Microstation.

La numérisation fournit des fichiers vecteurs "spaghetti", qui ne limitent pas des polygones et ne portent pas d'information, qu'il faut vérifier et corriger.

Le contrôle de l'exactitude de la géométrie est réalisé par une sortie sur support stable (calque polyester) sur une table à tracer.

Après correction, les polygones délimités par des lignes (contours éléments structuraux ou arrêt couleur) sont labellisés (ajout d'un point portant une information propre à une famille de polygones).

- Des contrôles sont effectués avec le logiciel SYNARC pour vérifier la fermeture des polygones, l'absence de polygone sans label ou l'attribution de plusieurs labels différents à un polygone.
- Le fichier une fois conforme est exporté sous la forme de fichiers compatibles ARC/INFO E00.

2.2.2. Points particuliers

La saisie sous Microstation est rapide et permet de fournir des fichiers vecteurs de bonne qualité pour la constitution des banques de données. Toutefois l'impossibilité de gérer une topologie oblige à effectuer des traitements sous SYNARC, ce qui nécessite de nombreux va-et-vient de fichiers sur le réseau. De plus les traitements sur la station Vax (support de SYNARC) sont longs.

D'un point de vue logique, la fourniture des fichiers pour la carte numérique apparaît être un sous-produit de la fabrication de la carte géologique. Cette situation est provisoire. Elle permet l'utilisation des fichiers déjà réalisés pour l'impression des cartes géologiques.

Lorsque le programme de cartographie de la France à 1/50 000 sera terminé (120 coupures environ restant à éditer), le traitement numérique précédera certainement l'édition cartographique.

De plus, comme le montre l'utilisation de la carte numérique, il sera nécessaire de modifier la carte géologique pour pouvoir l'utiliser avec efficacité dans un SIG :

- en réalisant un "complètement terrain" pour mieux définir les unités cartographiées (se rapprocher d'une carte lithologique) ;
- en adaptant la légende pour pouvoir utiliser le lexique de codage (normalisation des termes utilisés) ;
- en prévoyant des investigations complémentaires pour renseigner les faciès, granulométrie, chimie des unités, etc.

2.3. SAISIE DE LA GÉOLOGIE

2.3.1. Application de saisie

La géologie est saisie dans une banque de données Access, à l'aide d'une application sous Windows. Cette application est en test, la carte de Pesmes ayant été la première carte saisie en production.

Deux étapes composent la saisie :

- création d'un fichier de lien entre la géométrie et l'information (cf. création d'un fichier de lien voir annexe 4) qui permet de rattacher les informations de la base à la géométrie ;
- saisie de l'information géologique sous forme de fiches avec des champs à remplir, soit à l'aide de menus déroulants (utilisation du lexique obligatoire) soit par du texte libre.

2.3.2. Points particuliers

L'utilisation de lexiques figés ne permet pas de remplir tous les champs des fichiers de la banque de données.

Pour la carte de Pesmes on peut estimer que 60 % de la base a été remplie. Pour des cartes complexes, comme celles des Alpes, ce pourcentage peut encore diminuer. Ce constat est identique avec les cartes anciennes.

Il sera donc nécessaire de faire un complément de codage, ou un recodage, avant toute analyse thématique.

Ces modifications se produisant en fin de chaîne, elles ne pollueront donc pas la base. En revanche, dans le futur, si une nouvelle carte géologique est développée, il sera nécessaire de demander à l'auteur de prendre en compte les besoins engendrés par ce nouveau concept, afin d'offrir une banque de données la plus complète possible.

La structure de la banque de données sous Access permet de renseigner une information par des valeurs multiples. Ces renseignements seront accessibles par une interrogation directe, mais seront perdus lors du transfert, car seule la première valeur est transférée.

Une solution consiste à transformer la série d'informations en une chaîne de caractères, triés par ordre alphabétique. L'information pourra alors être transférée.

En attendant ces modifications, l'utilisateur devra vérifier la base une fois transférée sur son SIG et procéder à un recodage des éléments mal transférés.

3. Traitements thématiques

3.1. LE MODÈLE DE TRAITEMENT

3.1.1. Rappel du problème posé

L'objectif final du projet est d'obtenir un document cartographique d'aide à la décision concernant l'aptitude du terrain aux mouvements motorisés.

La carte actuelle découpe l'espace en classes de traficabilité de "bonne" à "mauvaise". Elle présente en surcharge les routes principales et l'hydrographie.

Cette carte, réalisée et pensée avec des méthodes cartographiques traditionnelles, demande un travail de levé important et est compliquée et difficile à utiliser. Elle est basée sur des documents de références dont la dernière référence date de 1975 (stanag 2259). Elle est contemporaine des stratégies développées pendant la guerre froide pour contrer une attaque du Pacte de Varsovie.

Les zones d'intérêts étaient facilement accessibles et les techniques de cartographie indirecte primitives. Les mesures sur le terrain étaient alors la seule solution pour recueillir l'information nécessaire à l'établissement de la carte. Les classes de terrain sont déterminées par une mesure de l'indice de cône de la tranche de sol 40 - 80 cm au pénétromètre.

C'est une carte de synthèse incomplète, car l'aptitude aux mouvements tous terrains (ou praticabilité), doit être déduite par l'utilisateur.

L'utilisation de SIG permet de réaliser des documents contenant la même information mais différents dans leurs types de réponse.

S'il était nécessaire, avec la cartographie traditionnelle, de transcrire toute l'information sur un seul document à cause du coût de reproduction, maintenant les imprimantes couleur permettent de sortir un catalogue de cartes détaillées, pour un coût acceptable.

Il est donc possible de faire des cartes par thèmes précis, qui seront plus lisibles car moins chargées en information.

De plus les SIG permettent de réaliser une carte sans reconnaissance terrain, uniquement en combinant des bases de données. Lorsque le travail de terrain sera réalisé, la mise à jour de la base se fera rapidement, de même que l'édition de nouvelles cartes plus fiables.

Boîte à combinaisons

Combinaisons

Baryum	FAUX	VRAI
Beryllium	SIN(	AMIN(
Bore	-	COS(
Chrome	1	AMIN3(
Classvote	/	ASIN(
Classification	2	AMIN4(
Cuivre	*	ACOS(
Fe2O3	3	AMIN5(
GRAY1	**	ATAN(
Gradient-Vertica	4	AMAX(
Gravimetrie	=	EXP(
Manganese	5	AMAX3(
Nickel	>	AMAX4(
	6	AMAX5(
	<	INT(
	>=	SIR(
	<=	SIE(
	◇	SIL(

Expression>

SIR(>)521 ALORS Gravimetrie SINON Gradient-Vertica)^

VALIDER Aide Abandon

Fig. 3 - Boîte à combinaison EVAL du logiciel Synergis.

De même la praticabilité est quantifiable et peut être cartographiée automatiquement.

La praticabilité sera donc redécomposée, ses principaux facteurs quantifiés de façon à créer un algorithme traduisant au mieux ce concept.

3.1.2. Mise en équation

La traficabilité et la praticabilité étant des fonctions d'éléments physiques mesurables, il est possible de les mettre en équation.

Les termes de ces algorithmes ne réagissent pas tous de la même façon. Certains sont exclusifs et réagissent par une réponse de type présence-absence. Par exemple les agglomérations, les cultures spéciales (vigne, vergers, ...) rendent impossible le mouvement de véhicules.

D'autres éléments fonctionnent en termes d'addition, chaque élément s'ajoutant ou se retranchant, par exemple la végétation et la géologie. Les derniers jouent en pondération multipliant un facteur, par exemple la géologie et la forme de la pente.

Il faut donc disposer pour une maille de terrain d'un certain nombre de paramètres pour calculer une valeur de praticabilité.

Dans la pratique, on ne dispose jamais de tous les paramètres, il faudra donc que les membres de l'algorithme puissent être remplacés par des approximations lorsque les vraies valeurs ne sont pas accessibles.

3.1.3. Les méthodes de traitement

Le logiciel Mapinfo ne permettant pas des combinaisons compliquées, les calculs sont réalisés sous Synergis. Les couvertures vecteurs sont exportées au format E00 après avoir été codées.

Sur Synergis elles sont rasterisées en fixant pour chaque pixel la valeur d'un champ particulier, par exemple la valeur de dureté pour la couverture de la géologie.

L'opération est répétée pour toutes les couvertures nécessaires à un calcul. Les calculs sont réalisés en mode raster (interface de calcul de Synergis fig. 3), les pixels prenant la valeur du résultat. La couverture résultante est alors vectorisée après lissage puis exportée vers Mapinfo pour l'édition.

Ces opérations de transferts semblent compliquer le traitement mais, d'une part le calcul est plus facile en mode raster et Mapinfo ne gère pas le raster, d'autre part l'édition sous Synergis est difficile à manipuler.

Cette répartition des tâches utilise donc les différents logiciels au mieux de leurs possibilités.

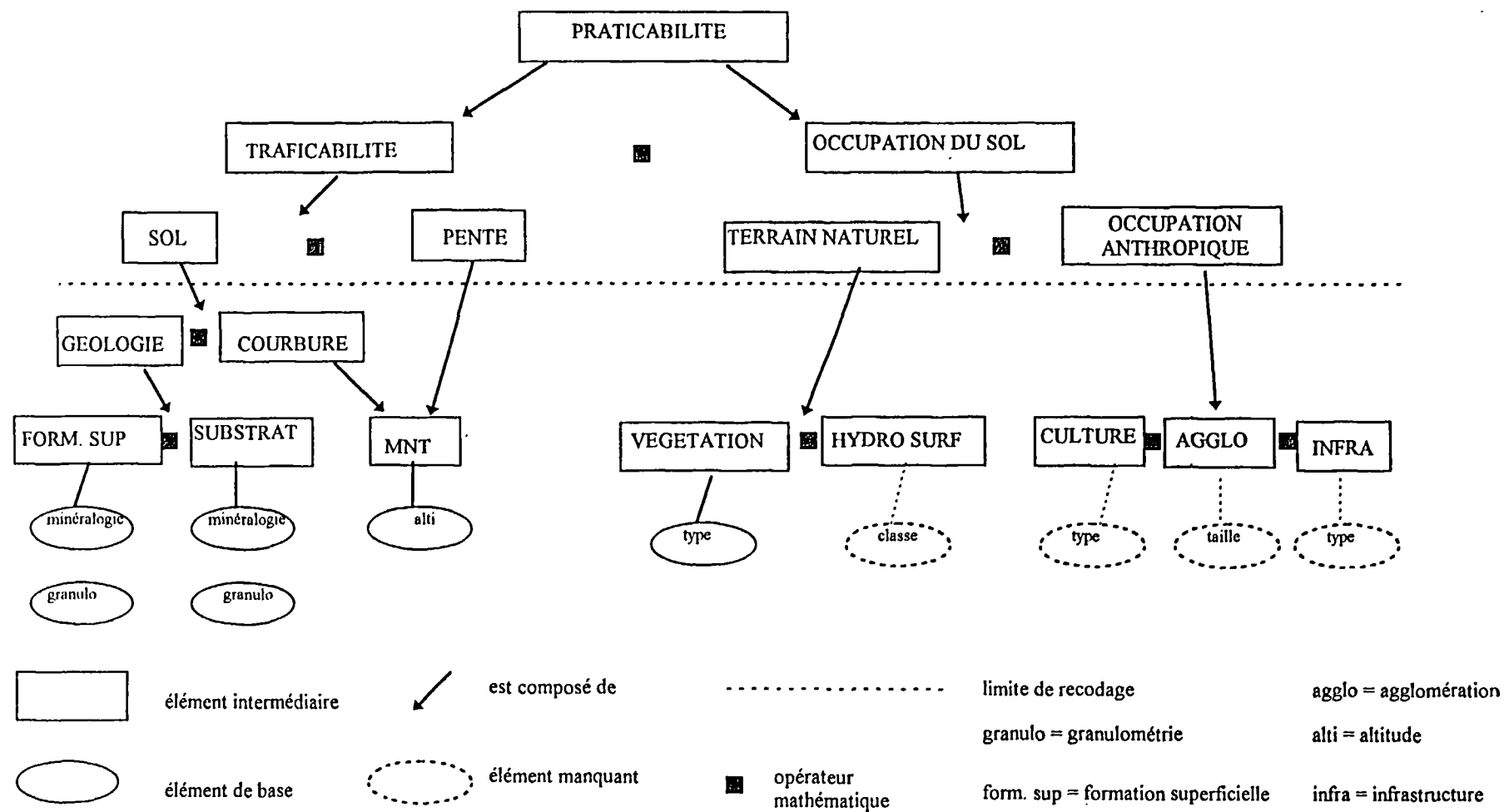


Fig. 4 - Décomposition de la praticabilité.

3.1.4. La praticabilité

La praticabilité exprime la capacité d'un compartiment de terrain à permettre un mouvement de véhicules.

Elle se décompose en deux facteurs :

- la traficabilité (caractéristiques physiques du terrain) ;
- l'occupation du sol (cultures, végétation, aménagements anthropiques, hydrographie).

Chacun de ces termes peut se décomposer en éléments plus fins, jusqu'à atteindre des paramètres comme la minéralogie, la granulométrie d'une roche, etc. (fig. 4).

3.1.5. Le MNT et ses variables dérivées

Le MNT est une donnée maillée où chaque point élémentaire porte une altitude. Cette donnée peut être utilisée brute, ou dérivée en nouvelles variables.

Deux variables sont intéressantes pour cette étude :

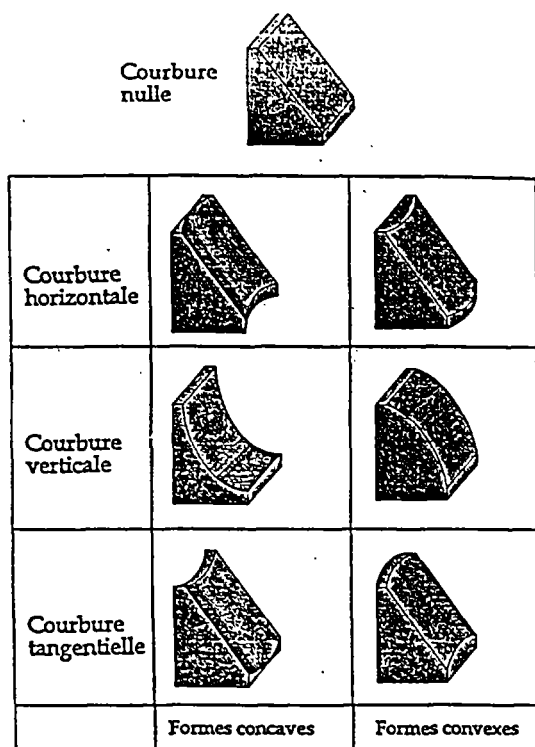
- la pente : la pente est triée par classes de 10 %, puis des valeurs d'obstacle sont affectées à ces classes pour les calculs de traficabilité et praticabilité ;
- la forme de la pente : le logiciel Synergis permet de calculer différentes morphologies de pentes.(cf. fig. 5) Les résultats qui sont utilisés sont ceux de courbure car ils donnent une indication sur les zones d'érosion et les zones d'accumulation de sédiments dont les comportements diffèrent.

Deux types de courbures fournissent des résultats utilisables :

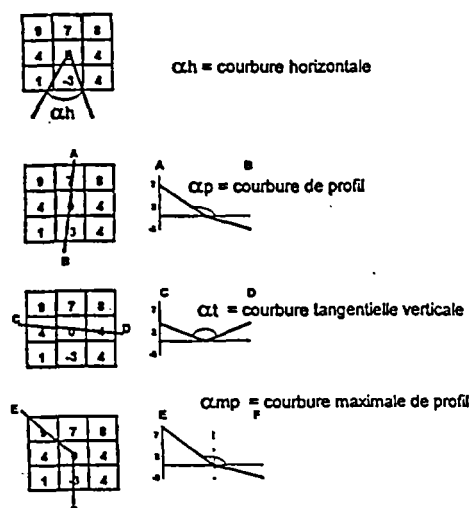
- la courbure verticale moyenne : c'est la moyenne de quatre mesures consistant à mesurer l'angle entre la surface topographique pour une maille du MNT de matrice 3 X 3 et 4 plans verticaux séparés successivement par un angle de 45° ;
- la courbure maximale de profil : c'est l'angle entre la surface topographique et la ligne de plus grande pente traversant la matrice 3X3.

Le résultat affecté au pixel central de la maille, est un angle variant de 0 à 360°.

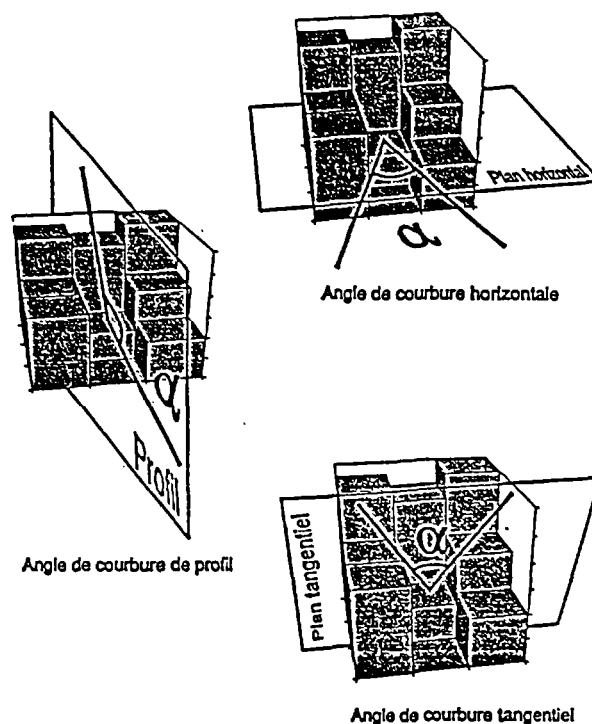
Les angles inférieurs à 180° indiqueront une forme concave, ceux supérieurs à 180° une forme convexe.



Les trois principaux types de courbure



Exemples de masses architecturales de la courbure selon différents plans dans une fenêtre de 3 x 3 mètres



Les trois principaux types de courbures mesurés selon des plans particuliers

Fig. 5 - Exemples de courbures - Extrait du rapport BRGM N 1587.

3.1.6. Le facteur humidité

L'humidité est le facteur le plus difficile à approcher car il peut modifier du tout au tout la praticabilité d'un terrain. Son action n'est pas une fonction linéaire car tous les terrains n'ont pas la même réactivité. Par exemple une argile sera fortement modifiée par l'action de l'eau alors qu'un granite sera peu affecté.

La mesure de l'humidité est difficile car la pluie n'est pas la seule manifestation du phénomène. De plus la pluviométrie se décomposant en ruissellement et infiltration, il est difficile de quantifier la part de l'eau agissant sur le sol.

Par ailleurs, la pluviosité est un phénomène variable dans le temps qui ne pourra être quantifiée que pour une période proche et de courte durée.

Pour des cartes générales, on peut introduire un coefficient de sensibilité à l'eau des terrains qui estimera l'impact de ce facteur.

3.1.7. Echelle et qualité des données

Après avoir défini les éléments indispensables à introduire dans la base, il est nécessaire d'étudier les problèmes d'échelles, à la fois pour la saisie mais aussi pour la restitution.

C'est l'échelle de saisie qui va fixer la qualité géométrique de la banque de données.

Les logiciels permettent d'effectuer des zooms importants sur les cartes présentées à l'écran. Cette fonction agit comme une loupe sans changer les caractéristiques de l'objet représenté. L'utilisateur non averti aura l'impression d'obtenir un document plus précis car à plus grande échelle. Mais en fait l'échelle de restitution du document est fixée par celle de saisie des données. Il n'est donc pas possible de restituer des données à une échelle plus grande que l'échelle de saisie.

Pour cet exemple les données ont été saisies à 1/50 000 pour la géologie et la BD carto, le MNT au pas de 50 m. Par contre, l'échelle de restitution est le 1/100 000, ce qui permettra de rendre négligeables les erreurs de saisie et celles engendrées par les traitements, sur les sorties papier.

3.2. EXEMPLE : LA CARTE D'APTITUDE AUX MOUVEMENTS TOUS TERRAINS

3.2.1. Les données

Quatre sources de données principales seront utilisées :

- le MNT (modèle numérique de terrain) de l'IGN au pas de 50 m ;
- la BD carto de l'IGN pour les réseaux de communication, le réseau hydrographique et l'occupation du sol ;
- la BD géol 1/50 000 du BRGM décrite précédemment ;
- la Banque de données du Sous-Sol (BSS) pour les points de reconnaissance géologique et hydrogéologique.

Ces données seront complétées par une numérisation de points particuliers à partir de la carte topographique (sources, dolines,...).

3.2.2. L'importation et la mise en forme des données

La première étape du traitement consiste à rassembler les données disponibles dans les différentes banques de données, pour les mettre au même format avant d'envisager des traitements.

L'émergence de normes telles qu'EDIGEO (norme française d'échange de données vecteurs géoréférencées) permettra de simplifier ces opérations. Pour l'instant la seule solution est d'utiliser le format d'échange d'ARC/INFO (E00) que pratiquement tous les logiciels comprennent.

Lorsque les éléments sont rassemblés, il est alors possible de les recombinaison pour obtenir de nouvelles données.

Le traitement préliminaire des informations se fera à l'aide du logiciel Mapinfo.

Il sera donc nécessaire d'importer les données stockées dans d'autres formats et de les convertir.

- Tous les fichiers seront géoréférencés dans le système Lambert II étendu.
- La BD Géol est importée au format E00 pour la géométrie, une fonction permet d'enrichir cette géométrie à partir de la géologie saisie dans une base Access.
- La BD carto est également importée au format E00 par département.

Il est donc nécessaire de la découper puis d'assembler les éléments, pour reconstituer la carte de Pesmes qui se situe à l'intersection de 4 départements.

La partie la plus longue du travail concerne la récupération des informations contenues dans les tables relationnelles d'ARC/INFO. Les informations utiles doivent être transférées dans le tableau directement lié à la géométrie.

Tous ces transferts et ces manipulations ne sont pas anodins. Il faut bien connaître les différentes données pour pouvoir en extraire les informations nécessaires aux traitements ultérieurs. C'est à cette étape que sont réalisés les contrôles de cohérence de la base.

Il ne faut donc pas négliger cette étape, coûteuse en temps et nécessitant un personnel ayant une bonne connaissance à la fois des bases de données, mais aussi des logiciels de traitements, pour rassembler toute l'information destinée au thématicien qui va la traiter.

Cette étape va permettre d'obtenir les fichiers suivants qui servent de base aux traitements :

- formations superficielles (*BD Géol BRGM*) ;

genèse
puissance moyenne
puissance maximum
lithologie
minéralogie principale
granulométrie principale
chimie
cohérence.

- substrat (*BD Géol BRGM*) ;

genèse
puissance moyenne
puissance maximum
lithologie
minéralogie principale
granulométrie principale
chimie
cohérence.

- hydrographie ponctuelle (*saisie manuelle*) ;

sources
dolines
pertes.

- hydrographie linéaire (*Bd Carto IGN*) ;

état
largeur
nature
navigabilité
position par rapport au sol
toponyme.

- réseaux routiers et ferrés (*BD Carto IGN*) ;
 - classe route
 - nombre de chaussées
 - nombre total de voies
 - état général route
 - position par rapport au sol
 - présence d'équipements
 - sens route
 - voie ferrée fonctionne
 - voie ferrée énergie
 - voie ferrée nombre de voies
 - voie ferrée largeur
 - voie ferrée position par rapport au sol
 - voie ferrée classement.
- occupation du sol (*Bd Carto IGN*);
- modèle numérique de terrain (*BD Alti IGN*);
- points de la Banque de données du sous-sol (*BSS BRGM*).

3.2.3. Les recodages réalisés

Les données disponibles dans les banques sont rarement directement utilisables. Il est donc nécessaire de créer de nouvelles variables, adaptées au thème étudié, à partir des données d'origine.

Ces variables peuvent être créées par recombinaison de celles existantes, et/ou par un traitement mathématique sur une seule variable de la banque initiale.

Lorsque les données de la banque sont trop incomplètes, le spécialiste doit affecter des valeurs vraisemblables aux variables en utilisant des données bibliographiques et son expérience.

Pour cette étude, les codages ont été réalisés de manière empirique, sans avoir tous les paramètres du véhicule de référence. C'est pour cela que des valeurs seuil ont été utilisées : la valeur 1000, par exemple, indique un mouvement très difficile.

a) Codage de la géologie

Les terrains sont recodés en fonction de leur lithologie dans une échelle de dureté graduée de 1 à 100. 1 représente une roche très dure (par exemple une quartzite) et 100 une roche tendre (par exemple une argile).

La dureté de la roche est estimée à partir de la dureté des minéraux la composant (mesurée sur l'échelle de Mohs) et de la sensibilité de cette roche au climat local. Ce codage n'est donc valable que pour une zone géographique restreinte.

Un terrain inconnu sera, par convention, codé 9999

nature lithologique	dureté
argile	90
argilite	80
calcaire	20
conglomérat meuble	80
conglomérat	85
conglomérat consolidé	50
dolomie	10
gneiss	10
granite	20
grès	20
marne	50
sable	90
silt	85
tuf	20

b) Codage de la pente

La valeur d'obstacle présentée dans ce tableau est artificielle. Elle prend en compte le fait que le frein au mouvement n'évolue pas de façon linéaire.

valeur de pente en %	valeur d'obstacle
< à 10%	1
10 à 20 %	2
20 à 30 %	50
30 à 40 %	400
40 à 50 %	600
> à 50 %	1000

c) Codage de la courbure verticale de profil

Les zones concaves sont assimilées à des zones d'accumulation de formations superficielles, plus meubles que le substrat géologique environnant et les zones convexes à des zones d'érosion, où le substrat non altéré est plus proche de la surface, donc potentiellement plus dur.

La valeur affectée à chaque type de courbure permet de nuancer la géologie du substrat.

valeur de la courbure	codage
concave de 0 à 179°	10
sans courbure = 180°	2
convexe de 181 à 360°	0.8

d) codage de l'occupation du sol

La valeur est proportionnelle au freinage du mouvement. La valeur 1 000 a été choisie pour indiquer un mouvement très difficile.

occupation du sol	valeur
agglomération	1000
hydrographie	1000
infrastructure	1000
forêt	500
végétation	500
carrière	1000

3.2.4. Les traitements réalisés

Trois grands types de cartes ont été produites :

- des cartes de présentation d'une couche d'information, par exemple : réseaux de communication, réseau hydrographique ;
- des cartes de traficabilité ;
- des cartes de praticabilité.

a) Les cartes de présentation :

Ces cartes sont traitées avec Mapinfo. Le seul traitement consiste à choisir l'élément d'information à traiter et la mise en forme qui lui sera affectée.

b) Les cartes de traficabilité :

Les éléments suivants seront utilisés :

- géologie codée sur un critère de dureté ;
- pentes en pourcentage ;
- courbure ;
- réseau hydrographique ;
- occupation du sol ;
- réseaux de communication (routiers et ferrés).

Pour ces cartes la traficabilité est exprimée par une valeur numérique, l'occupation du sol est portée en surcharge.

La traficabilité est calculée avec la formule :

$$\text{(dureté x courbure) + pente}$$

Les valeurs attribuées à ces différents éléments sont celles des tableaux de codage.

c) Les cartes de praticabilité :

Les éléments utilisés sont les mêmes que pour la traficabilité, mais dans ce cas ils participent tous au calcul.

Deux formules sont testées afin de montrer l'importance du choix des paramètres dans le calcul :

$$\begin{aligned} & \text{(dureté x courbure) + pente\% + occupation du sol} \\ & \text{ou} \\ & \text{(dureté x courbure) + pente obstacle + occupation du sol} \end{aligned}$$

3.3. L'ÉDITION CARTOGRAPHIQUE

Les fonctions d'édition de Mapinfo sont peu développées.

Le choix des couleurs se fait à l'aide d'une palette de couleurs limitée. La création des couleurs à partir des trois couleurs de base (rouge, vert, bleu) est difficile, car on ne peut modifier une couleur sans automatiquement modifier les deux autres.

La taille des trames est liée au périphérique d'impression et un changement d'échelle entraîne une modification des trames.

L'échelle de la carte est liée à la taille de la fenêtre d'affichage. Il faut donc contrôler les modifications de fenêtres lors de la mise en page.

Pour superposer des couches différentes, il faut, soit utiliser des trames qui donneront un effet de transparence et permettront de visualiser la couche inférieure, soit choisir l'ordre de superposition des couches pour qu'aucune information ne soit masquée.

Malgré ces limites, les cartes réalisées sont de qualité suffisante pour un document de travail et elles sont réalisées rapidement grâce à l'ergonomie des fenêtres de commande.

Toutefois il sera nécessaire de retravailler les cartes réalisées, avec un autre logiciel, type Adobe Illustrator ou Mercator, si une édition est envisagée.

Quatorze cartes sont présentées en planches hors texte pour illustrer les différents résultats de ce stage.

Elles peuvent se regrouper en trois familles :

a) Les cartes de présentation : cartes 1 à 9.

Les cartes de présentation ont été réalisées en effectuant un traitement sur un ou plusieurs attributs d'une couche d'information. Ceux-ci sont regroupés par classes ou exprimés individuellement.

Il est alors possible de leur donner un type de représentation graphique pour les cartographier, par exemple la carte des réseaux de communication et du réseau hydrographique.

Ce sont des cartes qui ne présentent qu'une information partielle et ciblée.

b) Les cartes de traficabilité : cartes 10 a, b, c.

Ces cartes présentent la même facture que les cartes d'aptitude aux mouvements tous terrains déjà éditées.

Elles sont déclinées en deux versions de présentation :

"Version classique" où les routes importantes sont en rouge et la végétation en vert.

"Version thématique" où les routes et la végétation sont représentés selon leur intérêt pour le thème, vert pour les routes qui sont des axes de pénétration, rouge pour la végétation qui est un obstacle au mouvement.

c) Les cartes de praticabilité : cartes 11a et b.

Ces cartes font une synthèse de l'information pour ne plus délivrer qu'un seul niveau de lecture : l'aptitude du terrain aux mouvements motorisés.

La mise en forme est réalisée sous le logiciel Mapinfo.

Les résultats issus du traitement sous Synergis sont triés par classes puis codés en couleurs. Ne pouvant obtenir de teintes pastels, les couleurs sont tramées. Le vert est attribué aux zones de bonne praticabilité, le rouge aux zones défavorables au mouvement.

Un extrait de la carte d'aptitude du terrain aux mouvements motorisés de la zone est présenté à titre de comparaison.

4. Résultats

4.1. RÉSULTATS TECHNIQUES

4.1.1. Résultats de traitements

Les traitements produisent des images en mode raster. Ces images ne sont pas facilement lisibles. Il est donc nécessaire de les traiter pour que l'information soit simplifiée (regroupée en classes) afin de pouvoir être mise en forme.

Après le calcul, le résultat est lissé avec un polynôme de degré deux et un rayon d'action de 150 m.

Cette opération dégrade le résultat du traitement mais supprime des zones trop petites qui parcellisent la carte et compliquent la vectorisation de l'image. Cette dégradation est en partie masquée par le changement d'échelle de la carte, puisque les traitements sont effectués à 1/50 000 et la restitution est à 1/100 000.

4.1.2. Résultats de mise en forme

La comparaison des cartes finales montre que la mise en forme est aussi importante que le traitement. Les choix de couleurs peuvent changer complètement la nature du message transmis alors que les données sont identiques (cartes n°10 a, b, c).

L'édition cartographique doit être prise en compte très tôt dans la chaîne de traitement car c'est son action qui sera prépondérante dans la lecture du document.

4.2. ANALYSE DU TEMPS PASSÉ

Le stage a été scindé en deux parties :

- saisie de la banque de données géologiques ;
- traitement thématique.

Ces deux parties ont duré environ deux mois chacune.

4.2.1. Saisie de la banque de données géologiques

Environ quinze jours sont nécessaires à l'apprentissage de la numérisation à l'aide du logiciel Microstation. Après quelques semaines de pratique, un opérateur numérise une carte de difficulté moyenne en trois semaines.

La tendance actuelle est d'explorer la voie de la vectorisation sous contrôle de l'opérateur après scannage du document d'origine. Cette solution améliore la précision de la saisie car le scanner est plus précis que le suivi au curseur d'un contour.

Cependant les logiciels actuels ne sont performants que sur des documents monochromes, il faut donc disposer des films destinés à l'impression des éléments traits de la carte. En l'état actuel des études, le gain de temps est significatif, car il diminue le nombre de corrections à réaliser après saisie.

4.2.2. Traitement thématique

De même que pour le logiciel de saisie, une période de deux semaines est nécessaire à l'apprentissage de l'utilisation de Mapinfo et Synergis. Passé ce délai l'utilisateur, peut effectuer la plupart des opérations sans tuteur.

Pour les opérations compliquées, la documentation (en français pour les deux logiciels) permet de résoudre pratiquement tous les problèmes.

La phase la plus longue du traitement est le regroupement des données et leur mise en forme pour pouvoir les utiliser sous Mapinfo.

Le temps de traitement proprement dit est difficile à estimer car il sera très long dans la phase de développement des algorithmes, mais sera réduit par une programmation de ceux-ci, après leur validation.

Toutefois, quelque soit le stade de l'automatisation de la chaîne de traitement, le temps de calcul lors des vectorisations et rasterisations restera important, de même que le temps de transfert entre Synergis et Mapinfo.

4.3. ÉVOLUTIONS POSSIBLES

4.3.1. Développement de travail

La comparaison du résultat des traitements avec une carte réalisée par un levé terrain montre que la démarche retenue est valide. Les valeurs obtenues étant tributaires des formules utilisées et des codages effectués, il sera nécessaire d'envisager une campagne de mesures pour les valider.

Les bases de données disponibles ne répondent pas directement aux besoins militaires. Il faudra donc les compléter ou les transformer. Par exemple la BD carto prévoit de renseigner la position des tronçons de route par rapport au sol mais pour figurer dans la base, cette information doit représenter un élément d'une certaine taille. Cette taille minimale n'est pas forcément celle qui est discriminante pour un usage militaire.

Les données peuvent aussi être lues d'une façon différente : Des indices miniers couplés à la présence d'exploitation peuvent être traduits en terme d'obstacle ou de point sensible. Un canal en hydrographie pourra être interprété comme un obstacle important, etc.

4.3.2. Apports d'autres sources de données

Différentes sources d'informations peuvent apporter des données complémentaires qui viendront affiner ou remplacer les sources de données présentées dans ce mémoire :

a) Les cartes pédologiques et géomorphologiques.

Ces cartes représentent la partie superficielle du sol.

Les cartes pédologiques apportent une information sur les formations superficielles qui manque souvent sur les cartes géologiques.

Les cartes géomorphologiques sont plutôt des cartes de synthèse qui peuvent pallier l'absence de cartes géologiques sur une zone. L'information fournie est plus fragmentaire que pour les cartes géologiques et les cartes pédologiques, mais il faut pouvoir les utiliser si c'est la seule donnée disponible rapidement sur la zone. Actuellement elles n'existent pratiquement que sous forme papier.

b) L'imagerie satellitaire.

L'image satellite sera une donnée à intégrer rapidement dans la chaîne de production car elle apportera des informations capitales en complément de la base. Deux types de capteurs sont plus particulièrement intéressants :

- visible et proche infrarouge SPOT ou Landsat qui permettront d'avoir une bonne image de la végétation grâce à leurs canaux dans le proche infrarouge.

Ces images permettront aussi une mise à jour de données évoluant dans le temps comme les zones bâties.

- radar qui permet d'obtenir des images pour les zones sous couverture nuageuse où les autres capteurs ne peuvent donner de réponse.

De plus ce capteur permet d'apprécier la teneur en eau des sols car les ondes pénètrent plus ou moins profondément dans le sol selon cette teneur.

c) Les photographies aériennes ;

Les photographies aériennes, surtout stéréoscopiques facilitent la mise à jour des données.

4.3.3. Apports d'autres techniques

Certaines techniques en cours de développement, comme la cartographie probabiliste, permettront de contrôler la méthode de travail dans les phases de reconnaissance terrain après la réalisation des cartes.

Cette méthode permet de généraliser à une région des mesures effectuées sur un profil et de quantifier l'erreur au modèle par des méthodes statistiques.

Conclusion

Ce document constitue la synthèse de quatre mois de stage et de l'étude d'une chaîne de production cartographique, de la saisie jusqu'à l'élaboration et la mise en forme de cartes thématiques.

Cette étude montre, que grâce à des outils comme les SIG et malgré des données rarement adaptées aux besoins militaires, il est possible de fournir des documents thématiques militaires à partir de bases de données existantes sans envoyer des opérateurs sur le terrain.

En conclusion ce projet montre qu'il est nécessaire actuellement d'aborder le problème en trois phases :

- 1) Conception en amont des algorithmes de traitements, étude des sources de données et étude des méthodes palliatives sans pression ni contrainte opérationnelle, selon le processus suivant :
 - définition des thèmes à aborder ;
 - pour chaque thème, définition des équations qui répondent aux problèmes posés ;
 - identification des données de base et des méthodes d'acquisition de ces données ;
 - identification des données impossibles à obtenir et définition des méthodes palliatives à utiliser ;
 - mise au point des méthodes de restitution, à la fois pour les fournitures numériques mais aussi pour les documents papier ;
 - organisation des chaînes de production nécessaires ;
 - validation sur des zones test.
- 2) Production de documents possédant un caractère d'urgence sans reconnaissance terrain, à petite échelle 1/250 000 et moyenne échelle 1/100 000, selon le processus suivant :
 - identification des matériels et personnels nécessaires ;
 - prévision de l'acquisition des données papier et numériques ;
 - mise au point des calendriers de production.
- 3) Utilisation de ce document pour programmer les reconnaissances terrain indispensables à la production d'un document définitif, selon le processus suivant :
 - mise au point des méthodes de contrôle et de complètement terrain ;
 - formation du personnel ;
 - tests en grandeur réelle.

En terme de temps on peut exprimer ces différentes phases en :

- conception des algorithmes : un mois pour un spécialiste ;
- acquisition des données et numérisation des données papier : entre 60 et 90 jours pour une zone de 40 x 90 km (temps en jours de travail pour un opérateur) après mise à disposition de l'information ;
- production rapide : quelques heures après mise à disposition des données (présence indispensable d'un spécialiste pour faire les ajustements manuels lors d'un manque de données) ;
- document final : deux à trois jours après la fin de la reconnaissance terrain.

Les exemples sur la traficabilité et la praticabilité des terrains montrent qu'il faut aller plus loin dans le développement des chaînes de traitements étudiées et qu'il est possible de développer des chaînes de traitements similaires pour la majeure partie des documents thématiques militaires qui étaient, jusqu'à présent, réalisés de façon traditionnelle.

Bibliographie

- Afzali H., Alami Z. (1991) - La cartographie d'aide à la décision. Rapport BRGM 91 NT 008 4S/ENV, 23 p., 5 fig.
- Beguín M., Pumain D. (1994) - La représentation des données géographiques. Armand Colin éd., Paris, 192 p.
- Bonnefoy D., Lebreton P., Rabu D. (1996) - Le modèle de données de la Carte Géologique de la France à 1/50 000. Rapport BRGM R 38829, 43 p., 6 tabl.
- Bonnefoy D., Urvois M., Villey M. (1994) - Carte géologique et banque de données. Bull. Comité français de cartographie, vol. 140, pp. 21-23.
- Campy M., Chauve P., Pernin Cl. (1983) - Notice explicative de la feuille de Pesmes à 1/50 000. BRGM éd., 40 p.
- Campy M., Macaire J. J. (1989) - Géologie des formations superficielles. Masson éd., Paris, 433 p.
- D.M.A. (1990) - Terrain Analysis. FM5-33, U.S Government Printing Office éd.
- Foucalt A., Raoult J. F. (1984) - Dictionnaire de géologie. Masson éd., Paris, 2e éd., 352 p.
- GC11 (DGA). (1994) - Dictionnaire des termes techniques principaux de la géographie numérique. 90 p.
- Grelot J. P. (1994) - Les enjeux stratégiques de l'information géographique. Bull. Comité français de cartographie, vol. 140, pp. 5-9.
- Maurizot P. (1994) - Développement de quelques fonctions morphologiques à partir des Modèles Numériques de Terrains. Rapport BRGM N 1587, 34 p., 18 fig., 3 tabl., 1 ann.
- Service Géologique National. (1975) - Notes d'orientation pour l'établissement de la carte géologique à 1/50 000. BRGM éd., 240 p.
- Wyns R. (1996) - De la carte géologique aux applications : le concept de cartographie probabiliste. Projet d'article pour Géochronique Août 1996, 3p., 3 fig.
- Wyns R. (1991) - L'utilisation des paléosurfaces continentales en cartographie thématique probabiliste. Géologie de la France, n° 3, pp. 3-9.

Glossaire

Banque de données : Terme utilisé au BRGM pour une base de données contenant des informations. Dans ce cas le terme de base de données est réservé à l'architecture des données. Dans ce mémoire il sera utilisé comme synonyme de base de données.

Base de données : Ensemble de données enregistrées sur des supports accessibles par un ordinateur pour satisfaire simultanément plusieurs utilisateurs de façon sélective et en un temps opportun. C'est la composante fondamentale des SIG.

Formations superficielles : Roches constituées de sédiments et de roches exogènes et volcaniques, demeurés à l'interface lithosphère-atmosphère depuis leur mise en place sur les continents, disposés en une ou plusieurs unités d'épaisseur métrique à décamétrique, avec ou sans relation génétique avec le substratum, mais étroitement associés à l'évolution du relief actuel dont ils sont l'expression lithologique.

Lithologie : Nature des roches d'une formation géologique.

Numérisation : Transformation d'une information analogique en une information numérique, soit en mode raster par scannage, soit en mode vecteur par saisie par curseur ou vectorisation automatique.

Raster : Données stockées sous forme de matrice, où chaque point élémentaire (pixel) porte une information.

Pour une image satellite, chaque point stocke une valeur de réflectance.

Pour le MNT, modèle numérique de terrain, chaque point stocke une altitude.

Substrat : Roche généralement dure et cohérente formant l'ossature du paysage, souvent masqué par les formations superficielles.

Vecteur : Forme de stockage de données sous forme de figures géométriques élémentaires (point, ligne, polygone) auxquelles on rattache des tables d'informations.

Remerciements

A l'issue de ce rapport, je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au bon déroulement de mon stage.

Monsieur Lebret, mon maître de stage, qui, malgré son emploi du temps plus que chargé, a toujours montré une disponibilité totale et une écoute attentive à mes problèmes.

Merci et bonne expatriation.

Messieurs Pellé (CAR) et Bonnefois (C3G), qui m'ont accueilli, chacun deux mois dans leurs services.

Tous les ingénieurs et techniciens du BRGM, auprès desquels j'ai toujours trouvé un soutien efficace.

Tous les personnels des CEGN, CGI, EMSST, Groupe géographique et SGM qui m'ont apporté leur aide et leurs judicieux conseils, chaque fois que cela était nécessaire.

Et surtout merci à Antoine, qui a accepté que son Papa passe plus de temps à ses études qu'à s'occuper de lui.

ANNEXE 1

Organigrammes du BRGM

SERVICE GEOLOGIQUE NATIONAL

SGN

Département
Services
Géologiques
Régionaux

DSGR

Département
Infrastructure
Géologique et
Géophysique

I2G

Département
Centre de Gestion
des données
Géologiques
et Géophysiques

C3G

Département
Utilisation
et Protection
de l'Espace
géologique

UPE

Direction du programme
de la carte géologique
de la France

I2G/CGF

Groupe Diffusion
et mise à disposition
de données

C3G/DIF

Groupe Géodynamique
et gestion de la surface

SURF

Groupe acquisition
des
données géologiques

I2G/GEO

Centre d'Informations
Techniques
sur l'Energie Géothermique

Banque de Géologie
Marine

Groupe
Risques Naturels
et Géoprospective

RNG

Groupe
Numérisation, production
de Documents
et de Cartes géologiques

I2G/NDC

Groupe Collecte
et Réception
des Données

C3G/CRD

Groupe Géophysique,
Structures profondes
et de représentation 3D

I2G/GS3D

Groupe Conception
et Architecture
de BD/SIG

C3G/CA

Centre thématique
"Applications thématiques
des technologies spatiales" (Orléans)
ATTS

Centre thématique
"Aménagement et gestion
de l'environnement" (Orléans)
AGEN

Centre thématique
"Géoprospective" (Orléans)
GPE

Centre thématique
"Aléas
et risques naturels" (Marseille)
ARN

Centre thématique
"Aménagements
et risques" (Chambéry)
AMR

Groupe Dynamique
des Hydrosystèmes

HYDR

Centre thématique
"Eaux thermominérales" (Lyon)
ETM

Centre thématique
"Fiches Industrielles,
sols pollués et déchets" (Lille)
BEFS

Centre thématique
"Eau" (Montpellier)
CTEM

Centre thématique
"Qualité des eaux" (Orléans)
CTOD

Groupe d'Information
et Documentation
Archives

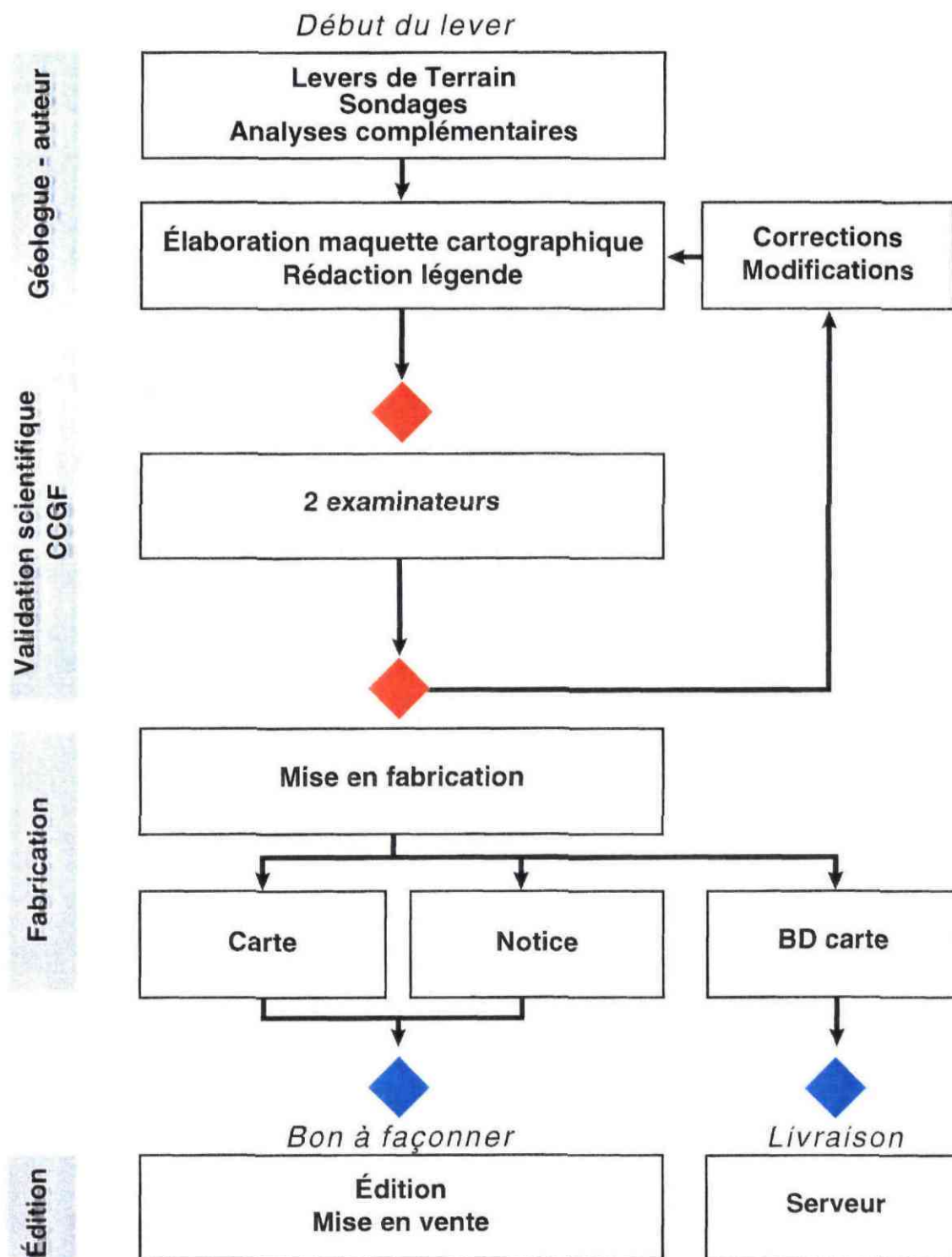
C3G/IDA

Février 1996

ANNEXE 2

Chaînes de production cartographique

Chaîne de cartographie



Contrôle Qualité CGF



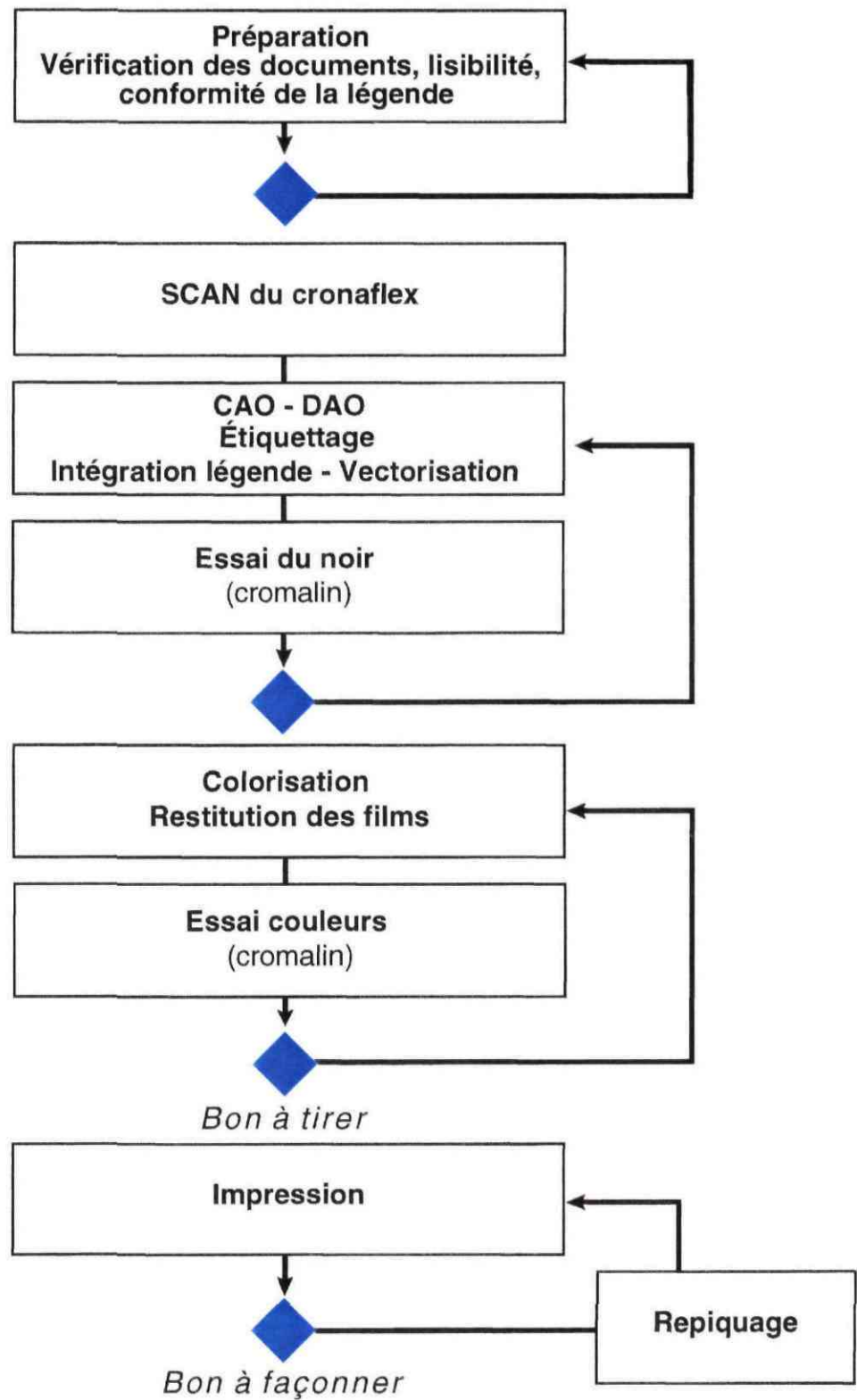
Contrôle Qualité Comité de la carte CCGF



Service Géologique National

BRGM

Fabrication carte



Contrôle Qualité CGF

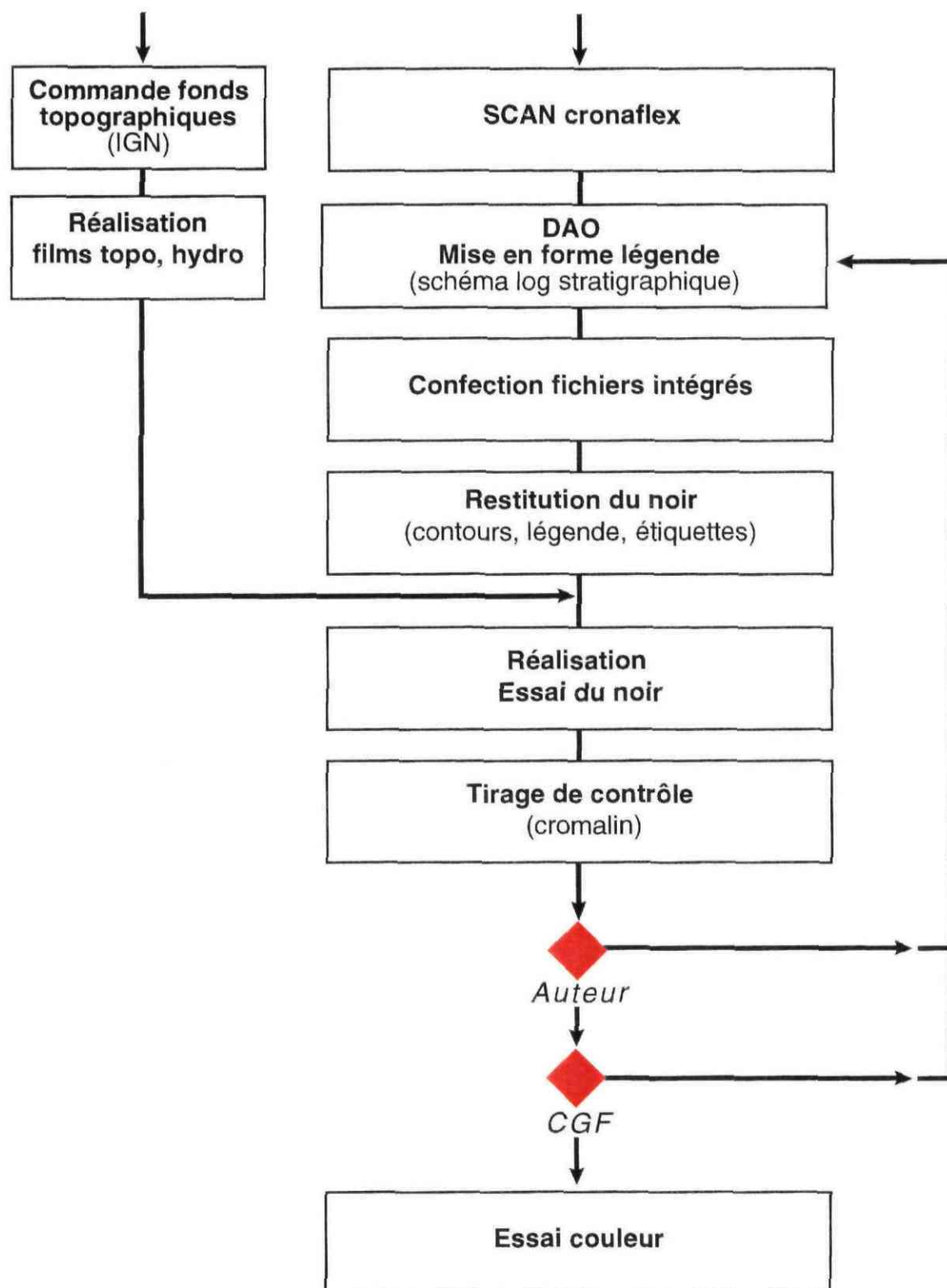


Service Géologique National

BRGM

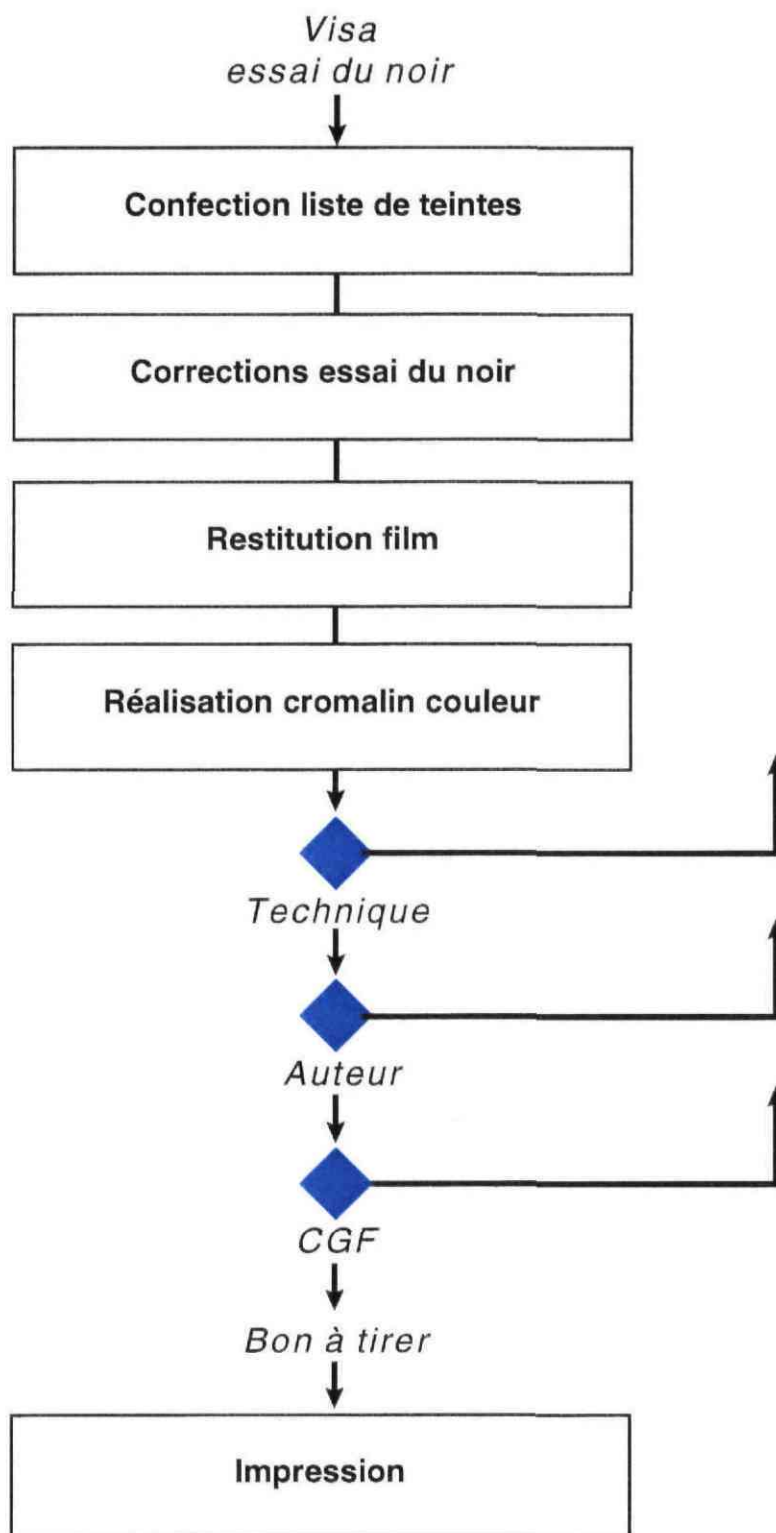
Fabrication carte

Essai du noir



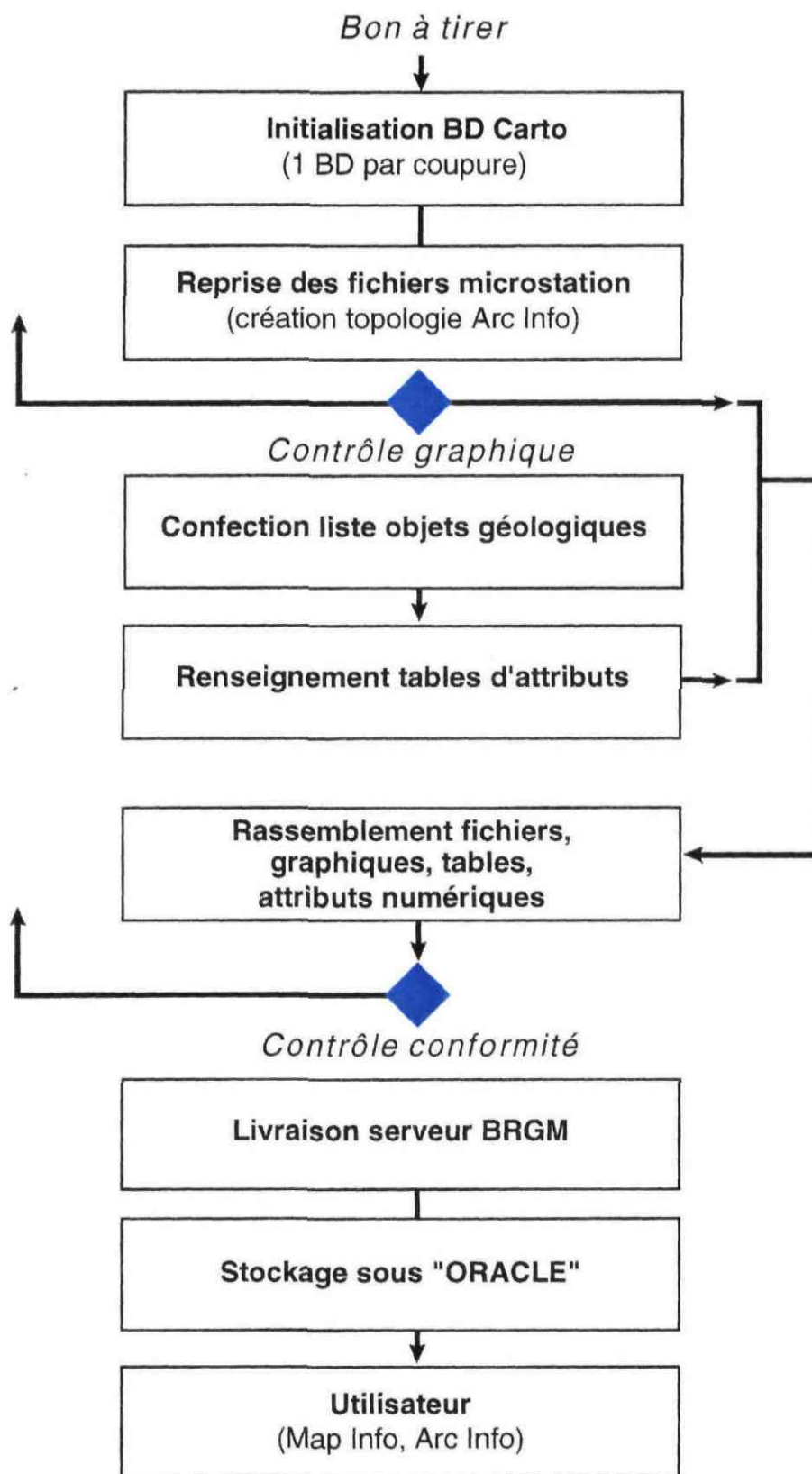
Fabrication carte

Essai couleur



Contrôle qualité CGF

Banque de données Cartes géologiques

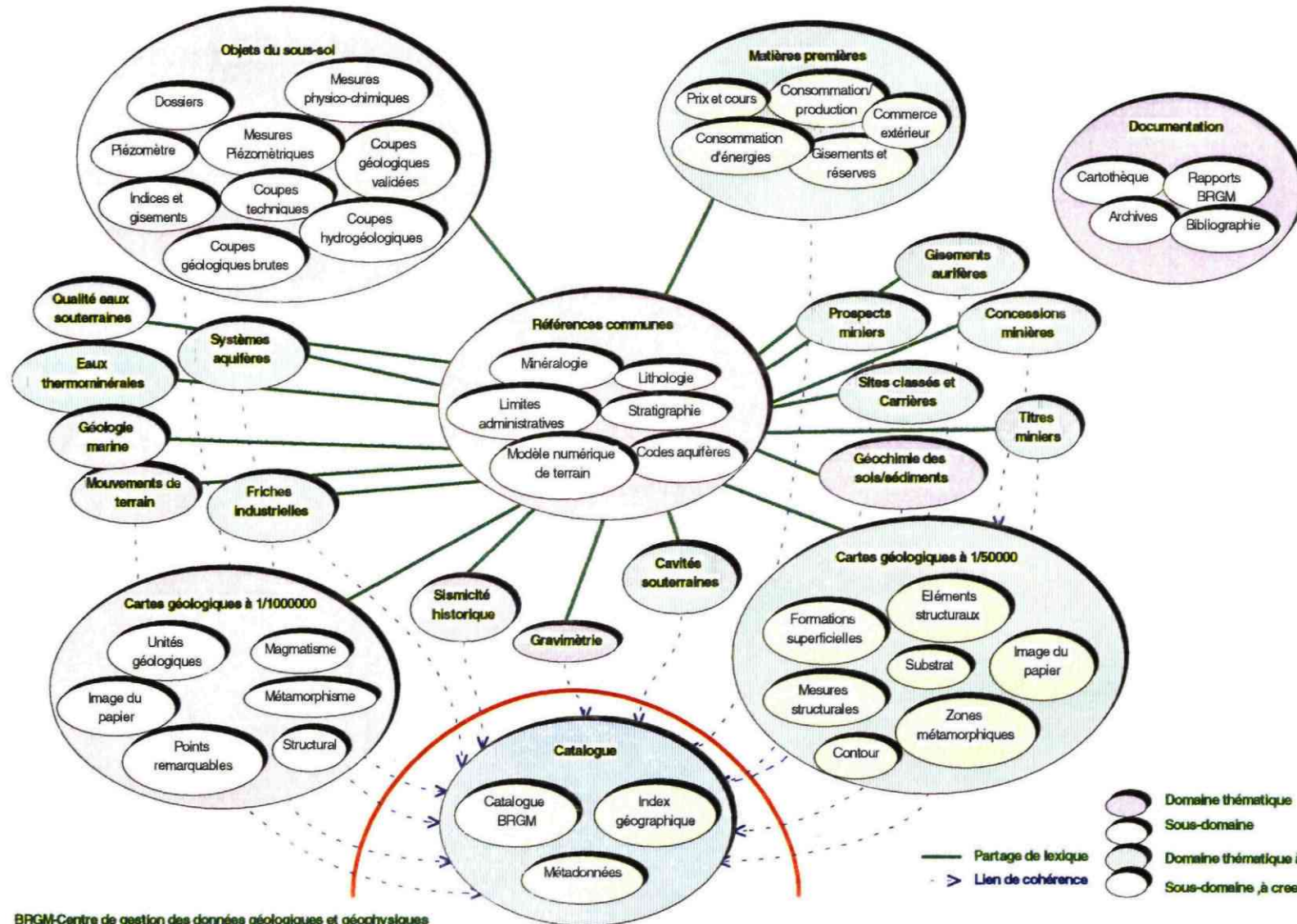


Contrôle Qualité CGF

ANNEXE 3

**Extrait du modèle
de la carte géologique numérique à 1/50 000
et structure des bases de données du BRGM**

Architecture du Système d'information géologique du BRGM



BRGM-Centre de gestion des données géologiques et géophysiques

Service Géologique National



1. MODÈLE DE DONNÉES "OBJETS GÉOLOGIQUES"

Dans tous les cas de figure de ce modèle de données, un "blanc" signifie une absence d'information quant à l'attribut à renseigner.

1.1. ATTRIBUTS COMMUNS A TOUS LES OBJETS

- Nom de la carte,
- Auteurs(s),
- numéro de la carte,
- édition (organisme éditeur et lieu d'édition),
- date d'édition.

1.2. CONTOURS GEOLOGIQUES (tab. 1)

• Définition

Le contour est la ligne fermée délimitant une unité cartographiée. Parfois, la limite entre deux unités cartographiées n'est pas observée. C'est pourquoi un attribut renseignant sur les conditions d'observation est attaché aux contours.

• Attributs des contours

Type de contour

Un contour est une limite entre deux formations géologiques, que cette limite soit normale (limite de couche) ou tectonique (limite par faille ou chevauchement). Fait appel au Lexique contour.

Numéro de carte

C'est le numéro de la carte. Il permet de reconstruire le cadre de la carte et de faciliter la gestion des cartes présentes dans la banque de la carte géologique. C'est une valeur.

Attributs thématiques	Nom de clé	Longueur maximale	Valeurs possibles	Observations
Type-de-contour	Contour	12	Lexique contour	<i>Obligatoire.</i> Le contour est représenté sur la carte par un trait plein ou différents tirets. Le cadre est un contour particulier sur la carte.
N° de carte	Numerocarte	5	Valeur	<i>Obligatoire.</i> Le numéro de la carte est défini par les tableaux d'assemblage.

Tab. 1 - Attributs des contours géologiques.

1.3. UNITÉS CARTOGRAPHIÉES - SUBSTRAT (tab. 2)

• Définition

Une unité cartographiée est bordée par un contour géologique fermé. La zone ainsi délimitée a des caractéristiques géologiques définies par le (ou les) auteurs de la carte éditée.

Chaque zone géologique est décrite par des attributs thématiques rassemblés dans une table. Une table attributaire est attachée à chaque zone.

• Attributs des formations

Unité cartographique

C'est l'identifiant du caisson (= n° de couleur d'impression) utilisé par l'atelier de numérisation et qui permettra d'établir le lien entre la géométrie des unités cartographiées et leur tables d'attributs renseignées. C'est un texte libre fourni par l'atelier de digitalisation.

Symbole de l'Unité cartographique

Ce sont les lettres symboliques qui désignent la formation sur la carte. C'est un texte libre.

Appellation locale de l'unité géologique cartographiée

Ce champ contient l'appellation locale de l'unité cartographiée (par exemple, grès armoricain, sidérolitique). Ce texte correspond exactement à la dénomination utilisée par l'auteur sur la légende de la carte.

Commentaire sur les déterminants de l'unité cartographiée et ses spécificités

Ce champ permet de préciser, si nécessaire, l'organisation interne de l'unité cartographique et les variations horizontales ou verticales à l'intérieur de celle-ci. On y trouvera aussi les informations sur la qualité des niveaux repère utilisés ou les paramètres déterminants pour la définition de l'unité géologique cartographiée.

Par exemple, les marnes et masses de gypse de la région parisienne souvent regroupées sous la même formation sont constituées de niveaux différents dont l'existence et l'ordre de superposition peuvent être précisés dans ce commentaire. C'est un Texte libre.

Lithologie dominante

C'est la (ou les) lithologies la plus fréquemment observée.

Fait appel au Lexique lithologique.

Lithologie secondaire

C'est une (ou plusieurs) lithologie parfois observée dans la formation. Fait appel au Lexique lithologique.

Qualificatif lithologique

C'est un commentaire de complément fourni par le géologue codeur au vu des éléments fournis dans la carte ou en notice. C'est un Texte libre.

Age stratigraphique

Cet attribut correspond à l'étage ou, par défaut, à l'ère.

Un lexique associé permet de déduire un intervalle de temps. Sa mise à jour est fonction des décisions du Comité international de stratigraphie et doit faire l'objet d'une procédure de décision interne en liaison avec l'administrateur de données au SGN. La version proposée provient de Odin G.S. et Odin C. (1990) : Echelle numérique des temps géologiques, *Géochronique*, BRGM édit., Orléans, 35. Elle est modifiée ou complétée par d'autres termes (complémentaires, synonymes ou anciens) utilisés dans les cartes éditées et qui ne pourront disparaître qu'à l'occasion de nouvelles éditions remises au normes sous la responsabilité d'un auteur. Fait appel au Lexique Age stratigraphique.

Age géochronologique

C'est un intervalle d'âge ou un âge en millions d'années. C'est une ou deux Valeurs numériques.

Marge d'erreur

Pour les unités de socle, c'est la marge d'erreur en millions d'années (= Ma). Pour les formations plus récentes, c'est la marge d'erreur accompagnée des renseignements annexes concernant le mode de calcul de l'âge (BP ou BC). C'est une Valeur numérique suivie de 2 lettres (Ma, BP ou BC).

Technique de datation

C'est la technique utilisée pour dater la formation soit directement, soit relativement, soit déduite. Fait appel au Lexique technique de datation.

Genèse

C'est la famille ou sous-famille génétique à laquelle se rattache la roche observée. Fait appel au Lexique genèse.

Minéralogie dominante

On trouvera ici une liste éventuellement multiple (5 espèces maximum) des principaux minéraux rencontrés. Fait appel au Lexique minéralogie.

Minéralogie secondaire

On trouvera ici une liste éventuellement multiple (10 espèces maximum) des minéraux "secondaires" rencontrés, c'est à dire les minéraux soit existants mais peu représentatifs, soit rares mais significatifs ou d'intérêt scientifique et/ou économique. Fait appel au Lexique minéralogie.

Granulométrie dominante

On trouvera ici les granulométries (3 maximum) représentatives de la roche ou de la formation. Fait appel au Lexique granulométrie.

Granulométrie secondaire

On trouvera ici les granulométries secondaires (3 maximum), chaque roche présentant généralement des modes secondaires. Fait appel au Lexique granulométrie.

Texture

C'est un mot clé qui décrit la texture de la roche en tenant compte de la subdivision entre les roches magmatiques, les roches sédimentaires et les roches métamorphiques. Fait appel au Lexique texture.

Puissance moyenne

C'est une estimation de l'épaisseur moyenne de la formation observée sur l'emprise de la carte. C'est une Valeur exprimée en mètres.

Puissance maximum observée

C'est l'épaisseur maximum de la formation observée sur l'emprise de la carte. C'est une Valeur exprimée en mètres.

Puissance minimum cartographiée

C'est une estimation de l'épaisseur minimum en-deça de laquelle la formation cartographiée n'a pas été cartographiée sur l'emprise de la carte. C'est une Valeur exprimée en mètres.

Commentaire Puissance

C'est un commentaire sur l'épaisseur de la formation observée : épaisseur de différents niveaux éventuels regroupés sur la carte en une seule formation, minimum et maximum, points d'observations, variations et gradients à l'échelle de la carte, etc.). C'est un Texte libre.

Variabilité horizontale

La lithologie d'une formation peut sensiblement varier sur l'emprise d'une carte ou le long d'un versant (variations latérales) pour une formation superficielle. Il peut être utile de renseigner cette variable. Fait appel au Lexique variabilité horizontale.

Variabilité verticale

Une formation géologique peut être très variable sur un profil vertical (litage plus ou moins régulier, profils pédologiques, gradients). Fait appel au Lexique variabilité verticale.

Cohérence

Souvent considéré comme non induré, un dépôt ou un matériau peut renfermer des niveaux plus ou moins cimentés (cuirasses, travertins, etc...). Fait appel au Lexique cohérence.

Epaisseur d'induration

C'est l'épaisseur, même approximative, de l'induration signalée. C'est une Valeur exprimée en mètres.

Chimie du matériau

C'est la chimie de la formation (5 termes max.). Fait appel au Lexique chimie générale du matériau.

% de Matériel < 800 µm

C'est un ratio entre particules fines et éléments figurés. La limite à 800 µm est conventionnelle et correspond approximativement à la notion de "fines" en travaux publics. C'est une Valeur exprimée en %.

Commentaire

Ce champ correspond à une zone libre dans laquelle on peut faire figurer des commentaires sur la formation comme l'interprétation géodynamique ou le contexte climatique du dépôt ainsi que ses particularités en géologie appliquée (exploitation par exemple). C'est aussi dans cette case que peut être mentionnée une utilisation "matériau" de l'entité géologique considérée. C'est un Texte libre.

Attributs thématiques	Nom de clé	Longueur maximale	Valeurs possibles	Observations
Unité cartographique	UNITE	24	Texte libre fourni par l'auteur de digitalisation	Obligatoire
Symbole de l'unité cartographique	SYMBUNIT	24	Texte libre	Obligatoire
Appellation locale	APELLATION	80	Texte : dénomination de l'auteur de la carte	Obligatoire
Commentaires déterminants	DETCOM	~ 80	Texte libre	
Lithologie dominante	LITHOLOGIE1	80	Lexique lithologique (plusieurs réponses possibles)	Obligatoire
Lithologie secondaire	LITHOLOGIE2	80	Lexique lithologique (plusieurs réponses possibles)	
Qualificatif lithologique	LITHOQUALIF	255	Texte libre	
Âge stratigraphique	AGESTRATI	40	Lexique âge stratigraphique	
Âge géochronologique	AGEABSOLU	40	Valeur numérique (âge ou intervalle d'âge)	
Marge erreur	ERREURAGE	40	Valeur numérique (écart d'âge) suivie de deux lettres (base de référence)	
Technique de datation	TECDATATION	20	Lexique technique de datation	
Génèse	GENESE	40	Lexique génèse	Obligatoire
Minéralogie dominante	MINERALOGIE1	20	Lexique minéralogie (5 valeurs possibles)	Obligatoire
Minéralogie secondaire	MINERALOGIE2	20	Lexique minéralogie (10 valeurs possibles)	
Granulométrie dominante	GRANULOM1	20	Lexique granulométrie (3 valeurs possibles)	
Granulométrie secondaire	GRANULOM2	20	Lexique granulométrie (3 valeurs possibles)	
Texture	TEXTURE	20	Lexique texture	
Puissance moyenne observée	EPAISMOY	160	Valeur (mètres)	Obligatoire
Puissance maximum observée	EPAISMAXI	160	Valeur (mètres)	
Puissance minimum cartographiée	EPAISMINICAR	160	Valeur (mètres)	
Commentaire puissance	EPAISCOM	255	Texte libre	
Variabilité horizontale	VARIAHORI	40	Lexique variabilité horizontale	
Variabilité verticale	VARIAVERTI	40	Lexique variabilité verticale	
Cohérence	COHERENCE	20	Lexique cohérence	
Epaisseur d'induration	INDURATION		Valeur (mètres)	
Chimie du matériau	CHIMIE	20	Lexique chimie	Obligatoire
% de matériel < 800 microns	INFAR800		Valeur (%)	
Commentaire	COM	255	Texte libre	

Tab. 2 - Attributs des entités cartographiées - substrat.

1.4. FORMATIONS SUPERFICIELLES

• Définition

Une formation superficielle est bordée par un contour géologique fermé. La zone ainsi délimitée a des caractéristiques géologiques homogènes définies par le (ou les) auteurs de la carte éditée. Pour de nombreuses cartes éditées où la distinction entre FS et substrat n'est pas précisée, le géologue codeur choisira avant numérisation les formations qui doivent entrer dans cette catégorie et celles qui seront considérées comme substrat.

• Attributs des formations superficielles

Les formations superficielles disposent de tous les attributs qui décrivent le substrat (cf. tab. 2). Elles sont traitées sur un autre plan, ce qui permettra la gestion des formations du substrat indépendamment.

Le nom de clé sera le nom de clé de la table "substrat" précédé des lettres FS.

1.5. ZONATION MÉTAMORPHIQUE (tab. 3)

• Définition

Sur les cartes, les zones de métamorphisme sont représentées en surcharge (faciès dominant) sur une formation ou limitées par deux isogrades sur les cartes. Ces zones métamorphiques ne sont pas des formations.

• Attributs des zones métamorphiques

Unité cartographique

C'est l'identifiant du caisson (= n° de couleur d'impression) utilisé par l'atelier de numérisation et qui permettra d'établir le lien entre la géométrie des unités cartographiées et leur tables d'attributs renseignées. C'est un texte libre fourni par l'atelier de digitalisation.

Assemblage minéral

C'est l'assemblage minéral caractéristique (typomorphe) de la zone métamorphique. Fait appel au Lexique minéralogique.

Type de métamorphisme

C'est le type de métamorphisme observé indépendamment de l'histoire antérieure de la zone considérée. Fait appel au Lexique type de métamorphisme.

Age du métamorphisme

C'est l'âge de la dernière phase de métamorphisme observé indépendamment de l'histoire antérieure de la zone considérée. Fait appel au Lexique âge de la phase géodynamique.

Faciès métamorphique

C'est la description du faciès métamorphique auquel appartient l'ensemble considéré. Fait appel au Lexique faciès métamorphique.

Commentaire métamorphisme

C'est un commentaire laissé à l'appréciation du géologue codeur. C'est un texte libre.

Attributs thématiques	Nom de clé	Longueur maximale	Valeurs possibles	Observations
Unité cartographique	UNITE	24	Texte libre fourni par l'atelier de digitalisation	Obligatoire
Assemblage minéral	METAMIN		Lexique minéralogique	Obligatoire
Type de métamorphisme	METATYPE		Lexique type de métamorphisme	
Age métamorphisme	METAAGE		Lexique âge géodynamique	
Faciès métamorphisme	METAACIES		Lexique faciès métamorphique	Obligatoire
Commentaire métamorphisme	METACOM		Texte libre	

Tab. 3 - Attributs des zonages métamorphiques.

1.6. ÉLÉMENTS STRUCTURAUX D'EXTENSION ZONALE (tab. 4)

• Définition

Ce sont les éléments représentés par une surface sur la carte (par exemple : mylonites, cataclasites).

• Attributs des éléments structuraux zonaux

Unité cartographique

C'est l'identifiant du caisson (= n° de couleur d'impression) utilisé par l'atelier de numérisation et qui permettra d'établir le lien entre la géométrie des unités cartographiées et leur tables d'attributs renseignées. C'est un texte libre fourni par l'atelier de digitalisation.

Dénomination de l'élément structural d'extension zonale

C'est l'élément structural identifié. Fait appel au Lexique dénomination élément structural zonal.

Type

C'est le type de mouvement identifié sur un élément structural zonal. Fait appel au Lexique élément structural.

Conditions d'observation

Ce sont les conditions d'observations de l'élément structural. Fait appel au Lexique conditions d'observation élément structural.

Rhéologie (=Conditions mécaniques de la déformation subie par la roche)

C'est le type de milieu (mécanique) qui a généré la structure. Fait appel au Lexique rhéologie.

Appellation locale officielle

C'est le nom courant de la structure (par exemple : zone broyée Sud-armoricaine). C'est un Texte libre.

Age - Phase tectonique

C'est un commentaire qui décrit succinctement l'histoire de l'élément structural et particulièrement sa dernière phase de mouvement connu. Dans la mesure où l'information est disponible, ce texte doit insister sur la néotectonique et la sismicité de l'élément structural. C'est un Texte libre.

Remplissage

C'est un commentaire qui décrit la nature lithologique du remplissage de l'élément structural ou du filon. C'est un Texte libre.

Attributs thématiques	Nom de clé	Longueur maximale	Valeurs possibles	Observations
Unité cartographique	UNITE	24	Texte libre fourni par l'atelier de digitalisation	Obligatoire
Dénomination de l'élément structural d'extension zonale			Lexique dénomination élément structural zonal	
Type	ZONTYPE		Lexique type élément structural zonal	Obligatoire
Condition d'observation	ZONCONDOBSERV		Lexique conditions d'observation	Obligatoire
Rhéologie	ZONRHEOLOGIE		Lexique rhéologie	
Appellation locale officielle	ZONAPPELLATION		Texte libre	
Age - Phase tectonique	ZONPHASETECTO		Texte libre	
Remplissage	ZONETREMP		Texte libre	

Tab. 4 - Attributs thématiques des éléments structuraux zonaux.

1.7. ÉLÉMENTS STRUCTURAUX LINÉAIRES (tab. 5)**• Définition**

Ce sont des éléments structuraux représentés sur la carte par des traits (failles, filons, axe de pli, flexure).

• Attributs des éléments structuraux linéaires**Unité cartographique**

C'est l'identifiant (= n° de type de vecteur trait ou de couleur) utilisé par l'atelier de numérisation et qui permettra d'établir le lien entre la géométrie des unités cartographiées et leur tables d'attributs renseignées. C'est un texte libre fourni par l'atelier de digitalisation.

Dénomination

C'est l'élément structural identifié. Fait appel au Lexique dénomination élément structural.

Type

C'est la nature de l'élément structural. Fait appel au Lexique type élément structural.

Conditions d'observation

Ce sont les conditions d'observations de l'élément structural. Fait appel au Lexique conditions d'observation élément structural.

Rhéologie (=Conditions mécaniques de la déformation subie par la roche)

C'est le type de milieu (mécanique) qui a généré la structure. Fait appel au Lexique rhéologie.

Appellation locale officielle

C'est le nom couramment utilisé dans la littérature scientifique et technique pour décrire la structure. C'est un Texte libre.

Age - Phase tectonique

C'est un commentaire qui décrit succinctement l'histoire de l'élément et particulièrement sa dernière phase de mouvement connu. Dans la mesure où c'est possible, ce texte doit insister sur la néotectonique et la sismicité de l'élément. C'est un Texte libre.

Épaisseur

Cela ne concerne que l'épaisseur des filons. C'est une Valeur exprimée en mètres.

Remplissage

C'est un commentaire qui décrit la nature lithologique du remplissage de l'élément ou du filon. C'est un Texte libre.

Attributs thématiques	Nom de clé	Longueur maximale	Valeurs possibles	Observations
Unité cartographique	UNITE	24	Texte libre fourni par l'atelier de digitalisation	Obligatoire
Dénomination	LINNOM		Lexique dénomination élément structural	Obligatoire
Type	LINTYPE		Lexique type élément structural	Obligatoire
Condition d'observation	LINCONDOBSER V		Lexique conditions d'observation élément structural	Obligatoire
Rhéologie	LINRHEOL		Lexique rhéologie	Obligatoire
Appellation locale officielle	LINAPPEL		Texte libre	
Age - Phase tectonique	LINPHASETEC		Texte libre	
Epaisseur	LINEPAIS		Valeur (mètres)	Se rapporte aux filons
Nature du remplissage	LINREPLISSAG		Texte libre	

Tab. 5 - Attributs thématiques des éléments structuraux linéaires.

1.8. OBSERVATIONS PONCTUELLES (tab. 6)

• Définition

Les observations ponctuelles permettent au lecteur de se reporter à des points particuliers pour une meilleure compréhension ou une meilleure connaissance de la carte. Elles permettent d'identifier les secteurs clé qui ont permis aux auteurs de bâtir leur cartographie. Seuls les points représentés sur la carte sont concernés ici, mais les renseignements qui les concernent peuvent être indiqués en légende de carte ou uniquement en notice.

Bien que les informations relatives aux carrières ou aux indices miniers soient consignées dans diverses banques spécifiques, le CCGF a souhaité que ces informations (localisation, nature) soient partiellement incluses dans la "banque de données carte géologique de la France à 1/50 000" car elles représentent une information fondamentale lors de la consultation des cartes géologiques. Toutefois, les informations plus détaillées relatives à ces points ne seront disponibles que dans les banques spécifiques.

Par contre, il apparaîtrait judicieux que les informations complémentaires recueillies lors du lever cartographique soient systématiquement enregistrées en BSS ou dans les autres banques spécifiques lors de la digitalisation de la carte géologique.

• Site d'observation ou de mesure

Ce sont les points où une observation particulière et ponctuelle à l'échelle de la carte a été enregistrée et est mentionnée sur la carte imprimée.

• Attributs des sites d'observation ou de mesure

Unité cartographique

C'est l'identifiant du caisson (= n° de couleur d'impression) utilisé par l'atelier de numérisation et qui permettra d'établir le lien entre la géométrie des unités cartographiées et leur tables d'attributs renseignées. C'est un texte libre fourni par l'atelier de digitalisation.

Numéro du site

C'est le numéro du site mentionné sur la carte ou en notice. C'est une valeur directe (numéro) ou codée (indice BSS par exemple).

Type d'observation et Nature du site

C'est la nature du site représenté sur la carte. Fait appel au Lexique nature du site.

Information sur sondage

C'est la nature des formations traversées. C'est un Texte libre.

Indice minier

Ce sont les éléments anomaux signalés sur la carte. Fait appel au lexique Eléments chimiques.

Type de roche

C'est la nature lithologique de la (ou des) roche observée. Fait appel au Lexique lithologique.

Archivage en lithothèque ou collection de référence

C'est la référence de ou des échantillons archivés dans une des lithothèques du BRGM (référence numérique, lieu de stockage, etc.) ou dans la collection d'un musée. C'est un Texte libre.

Site protégé

C'est la mention (oui/non) de la protection d'un site (gîte fossilifère, par exemple).

Commentaire

C'est un commentaire libre laissé au choix du géologue codeur pour exprimer un aspect particulier mentionné en notice, qui sort du cadre des autres rubriques ou qui complète un de ces informations pour un site précis. C'est un Texte libre.

Attributs thématiques	Nom clé	Longueur maximale	Valeurs possibles	Observations
Unité cartographique	UNITE	24	Texte libre fourni par l'atelier de digitalisation	Obligatoire
Numéro du site	PTNUMSIT		Texte libre	
Type d'observation	PTTYPOBS		Lexique type de site	Obligatoire
Information sur sondage	PTSOND		Texte libre	
Indice minier	PTMINIER		Lexique Eléments chimiques	
Type de roche	PTLITHO		Lexique lithologique	
Lithothèque	PTLITHOTHEQ		Texte libre	
Site protégé	PTPROTECT		oui/non	
Commentaire	PTCOMMENT		Texte libre	

Tab. 6 - Attributs des sites.

ANNEXE 4

Création d'un fichier de lien

MODE D'EMPLOI DU LEXIQUE DE CODAGE DES SYMBOLES GEOLOGIQUES

Ce lexique est destiné à faciliter le travail de codage des abréviations géologiques lors de la constitution du fichier de liaison entre les codes des polygones saisis par l'atelier de dessin numérique (CAR) et la géologie de chaque formation cartographiée.

Le résultat fourni avec les fichiers dessins prend la forme de fichiers textes ascii.

Le réaliser avec un éditeur et non avec un traitement de texte

Il est nécessaire de réaliser un fichier par couverture qui sera nommé de la façon suivante :

- fichier texte substrats : xxxxSUB.txt
- fichier texte formations superficielles : xxxxFSUP.txt
- fichier texte zonations métamorphiques : xxxxMETA.txt
- fichier texte éléments structuraux d'extension zonale : xxxxTECZ.txt
- fichier texte éléments structuraux linéaires : xxxxTECL.txt
- fichier texte observations ponctuelles : xxxxPONC.txt

xxxx étant le n° de la carte géologique à 1/50 000 (de 0002 à 1127)

pour les fichiers *SUB, *FSUP, le format sera le suivant :

code géologique;n° du caisson répété en allant à la ligne autant de fois qu'il y a de caissons

exemple :

Fz;1
Fy;2
Fw;3
j7;6
gamm2;8
HYDRO;999

Pour les autres fichiers, la structure sera la suivante :

n° d'élément
n° d'élément
...

Les fichiers ne doivent pas contenir de lignes blanches.

Les notations symboliques de la géologie étant complexes et ne disposant que de l'alphabet romain nous préconisons les règles suivantes :

- Chaque code ne devra pas dépasser 24 caractères,
 - chaque fois que cela sera possible le code sera conservé,
 - Les alphabets grecs et les lettres anglaises seront codées selon le lexique,
 - un tiret (X-X) séparera les mots pour éviter les ambiguïtés,
 - si la formation ou la surcharge est représenté par un symbole graphique, un code sera créé à partir des abréviations fournies dans le lexique,
 - si la surcharge est une lettre, la faire précéder de SU,
 - l'hydrographie, représentée sous forme de polygones (lacs, étangs, ...) sera codée HYDRO
 - Si aucune abréviation ne correspond utiliser comme référence "les notes d'établissement de la carte géologique, édition 2 1975" et s'assurer que le nouveau code ne présente pas d'ambiguïtés avec un ancien,
- cette opération se fera sous la responsabilité du responsable géologue (L. Clozier)

LEXIQUE DES FICHIERS .TXT

ALPHABET GREC		LETTRES ANGLAISES		PONCTUEL		SURCHARGES	
α	alph	Α	a-ang	✱	affler	X	su-x
β	beta	Β	p-ang	F	fossi-faune	R	su-r
γ	gamm	Γ	c-ang	Υ	fossi-flore	M	su-m
δ	delt	Δ	s-ang			F	su-f
ε	epsi	Μ	m-ang	⋈	pendage	J	su-j
δ	dzet	Ζ	f-ang	+	pendage-hori	"	"
η	eta	Ξ	r-ang	⋈	pendage-vert		
θ	thet	Τ	t-ang	ο	sourc-peu-imp		
ι	iota			ο→	sourc-imp		
κ	kapp			⊗→	sourc-capt		
λ	lamb						
μ	mu			Υ	aven		
ν	nu			Υ	doline		
ξ	ksi			∩	grotte		
ο	omic			∩	grotte-eau		
π	pi			⊗→	grotte-emerg		
ρ	ro			⊗	perte		
σ	sigm			⊗→	emerg		
τ	tau			⊗→	perte-emerg		
υ	upsi						
φ	phi			◇	gite		
χ	khi			⊗	stockwerk		
ψ	psi			▲	amas-mineral		
ω	omeg						
				#	puits-rech		
				⊗	forage-expl-eau		
A	ALPH			⊗→ ⊗→	forage-arte		
B	BETA			⊗	puits		
Γ	GAMM			⊗	puits-sec		
Δ	DELT			⊗	puits-remb		
E	EPSI				forage-huile		
Z	DZET				forage-gaz		
H	ETA				forage-aband		
Θ	THET				forage-dissol		
I	IOTA				forage-stock		
K	KAPP				forage-inject	lac,etang,	hydro
Λ	LAMB			≠	puits-ext	glacier,	hydro
M	MU			≠	puits-ext-remb	canal,	hydro
N	NU					rviere...	hydro
Ξ	KSI						
O	OMIC			⊗	drag-mob		
Π	PI			⋈	drag-fixe		
P	RO						
Σ	SIGM			⋈	car		
T	TAU			⋈	car-aband		
Υ	UPSI			⋈	car-remb		
Φ	PHI			⋈	car-sout		
Χ	KHI			⋈	car-sout-aband		
Ψ	PSI			⋈	car-sout-remb		
Ω	OMEG			•	sond-rec		
				•	sond>		
				•	sond<		
				•	sond-min		
				•	sond-petro		
				•	sond-petro-huil		
				•	sond-petro-gaz		
				•	sond-hydro		
				•	sond-tar		

BRGM
SERVICE GEOLOGIQUE NATIONAL
Département Infrastructure Géologique et Géophysique
Groupe Numérisation, production de Documents
et de Cartes géologiques
BP 6009 - 45060 ORLEANS Cedex 2 - France - Tél. : 02 38.64.34.34

DOCUMENT PUBLIC

Cartes thématiques à base de SIG : Exemple de la praticabilité

**Enseignement Militaire Supérieur Scientifique
et Technique de l'Armée de Terre
Diplôme technique 1996**

DESS de Cartographie - Université de Paris I - ENSG

Planches

**septembre 1996
R 39132**



三三三

communications
category

CARTE n° 1

Réseaux hydrographiques et de communications

Carte n° 1

RÉSEAUX HYDROGRAPHIQUES ET DE COMMUNICATIONS

Système de projection : Lambert 2 étendu

Echelle : 1/100 000

Origine des données : BD carto
BD Alti (MNT)

Représentation des données :

Le réseau routier est classé par nature.

Le réseau ferré est non spécifié.

Le réseau hydrographique est classé par type d'écoulement.

Le MNT est mis en ombrage et traité par Synergis.

Commentaires :

Ce type de carte permet d'appréhender la zone d'étude, au niveau de l'organisation des éléments linéaires.

L'ombrage réalisé avec Synergis n'est pas très performant car il amplifie les reliefs de faible amplitude de la vallée de la Saône.

Certains segments du réseau hydrographique ne sont pas reliés au reste du réseau. Cela est dû au mode de classement choisi et à leur définition dans la base.



CARTE DE PESMES
RESEAUX HYDROGRAPHIQUES ET DE COMMUNICATIONS

Carte n° 1



RESEAUX ROUTIER ET FERRE

- +—+— voie ferrée
- autoroute
- voie à grande circulation
- liaison régionale
- autre liaison
- - - - - chemin ou sentier

RESEAU HYDROGRAPHIQUE

- inconnu
- permanent
- - - - - intermittent

Echelle 1 : 100 000

0 1 2 3 4 5km

CORRESPOND A LA CARTE IGN 32-23
ET A LA CARTE GEOLOGIQUE n° 501

CARTE n° 2

Hydrographie

Carte n° 2

HYDROGRAPHIE

Système de projection : Lambert 2 étendu

Echelle : 1/100 000

Origine des données : BD carto
Saisie carte topographique 1/50 000
Banque de données du Sous Sol.

Représentation des donnée :

L'hydrographie ponctuelle est composée des points BSS en relation avec l'hydrographie et des points saisis à partir de la carte topographique à 1/50 000.

Le réseau hydrographique est classé par largeur.

La légende est tronquée, la classe > 50 dessinée sur la carte n'apparaît pas (trait de 1,75 mm d'épaisseur).

Les réseaux ferré et routier principal sont figurés en trait fin pour aider au repérage.

Commentaires :

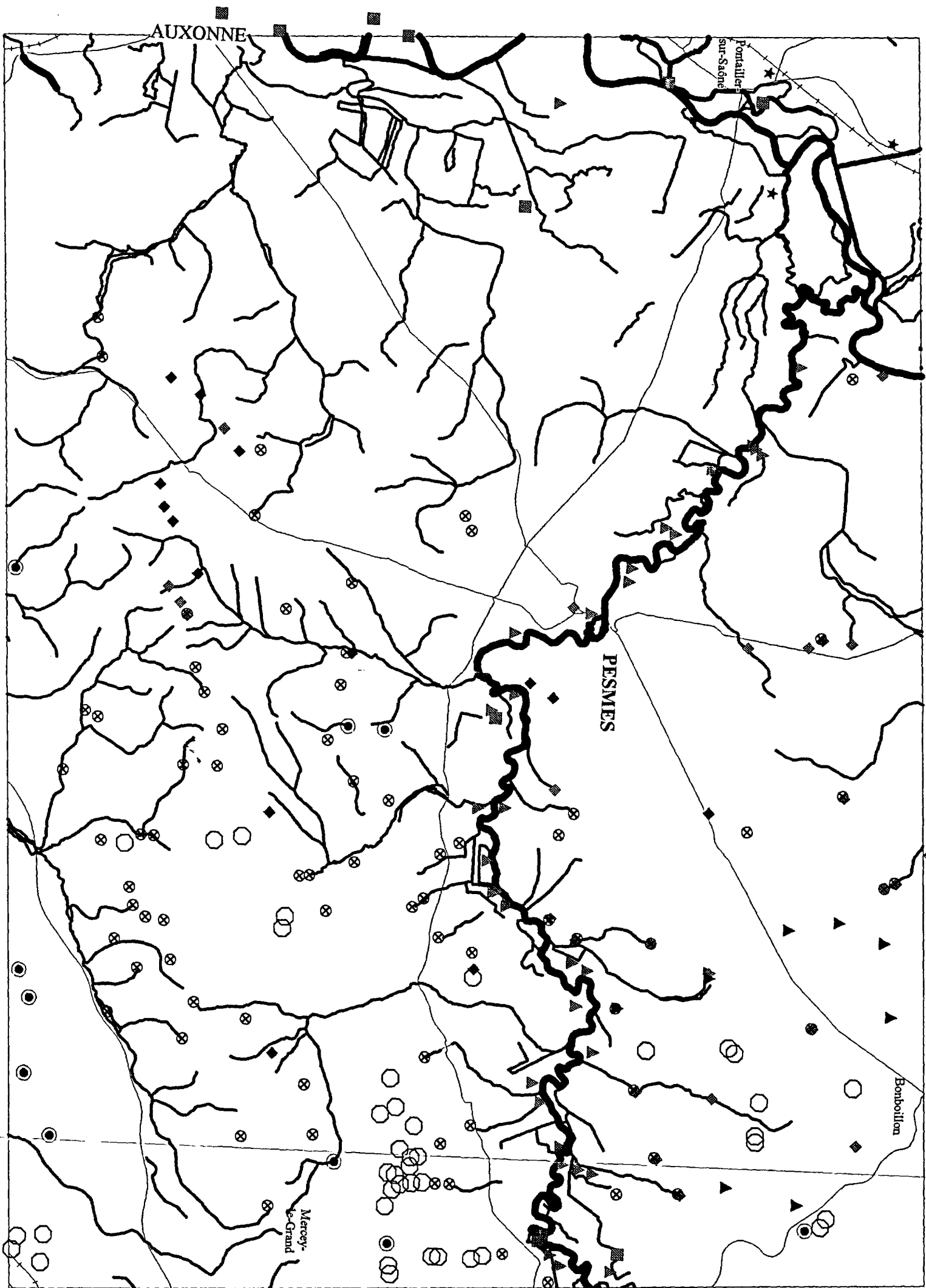
Cette carte est éditée en noir et blanc pour montrer que, pour un thème choisi, il est possible d'utiliser ce choix d'édition qui permet d'obtenir rapidement des documents de travail.

La faiblesse de la partie " édition " de Map-info apparaît ici car il est impossible de fixer l'épaisseur des traits et la palette proposée n'est pas suffisamment échelonnée.



CARTE DE PESMES
HYDROGRAPHIE

Carte n° 2



HYDROGRAPHIE PONCTUELLE

- ⊗ source (75)
- ⊙ source captée (10)
- doline (41)

POINTS BSS

- ◆ CARRIERE (15)
- ▲ CAVITE-NATURELLE (9)
- ★ EXCAVATION (4)
- PUIITS (11)
- ◆ SOURCE (25)

RESEAU HYDROGRAPHIQUE

- inconnue
- de 0 à 15 m
- de 15 à 50 m

Echelle 1 : 100 000



CARTE n° 3

Informations ponctuelles

Carte n° 3

INFORMATIONS PONCTUELLES

Système de projection : Lambert 2 étendu

Echelle : 1/100 000

Origine des données : BD carto
BSS

Représentation des données :

Les réseaux routiers et ferrés sont classés par type.
Le réseau hydrographique est classé par largeur.
Les informations ponctuelles sont classées par type.

Commentaires :

Le but de cette carte était de montrer l'importance des informations ponctuelles issues de la BSS (sondages, carrières, sources, forages, etc. ...). Les réseaux avaient été placés pour faire des éléments de repérage.

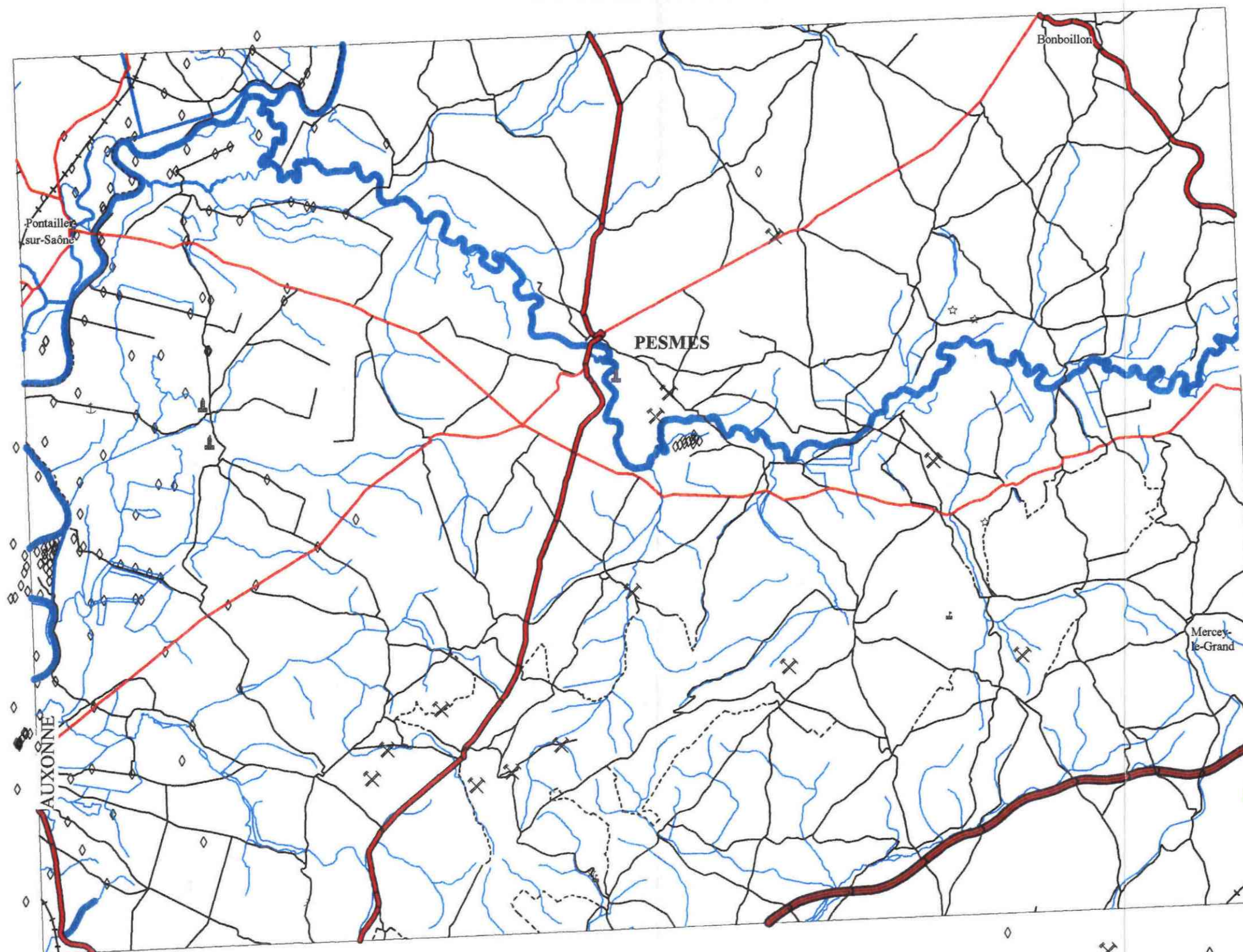
Cette carte manque son objectif car l'information ponctuelle est écrasée par les figurés choisis pour les réseaux.

L'utilisation de la couleur permettra peut-être d'améliorer la lisibilité, sans trop augmenter la taille des symboles.



CARTE DE PESMES INFORMATIONS PONCTUELLES

Carte n° 3



INFORMATIONS PONCTUELLES

- ☆ AFFLEUREMENT (2)
- ▲ CAMPAGNE-SONDAGE (4)
- ✕ CARRIERE (14)
- ▲ FORAGE (3)
- ▲ PROFIL-GEOLOGIQUE (2)
- ◇ SONDAGE (162)
- ↓ STATION-PIEZO (7)
- ☆ TRANCHEE (2)

RESEAUX ROUTIER ET FERRE

- voie ferrée
- autoroute
- voie à grande circulation
- liaison régionale
- autre liaison
- chemin et sentier

HYDROL par LARGEUR

- de 0 à 15 m
- de 15 à 50 m

Echelle 1 : 100 000

0 1 2 3 4 5km

CORRESPOND A L'EMPRISE DES CARTES A 1/50 000
IGN 32-23 ET GEOLOGIQUE n° 501

CARTE n° 4

Occupation du sol

Carte n° 4

OCCUPATION DU SOL

Système de projection : Lambert 2 étendu

Echelle : 1/100 000

Origine des données : BD carto
BD ALTI

Représentation des données :

Les réseaux de communications sont classés par type.

L'axe fictif représente l'axe des rivières à représentation surfacique dans la couche "occupation du sol".

L'occupation du sol est classée par type.

La classe "inconnue" regroupe également la classe "divers".

Commentaires :

Cette carte est proche d'une carte topographique. Elle permet de visualiser les différents éléments du paysage, notamment la position des forêts, par rapport aux reliefs.

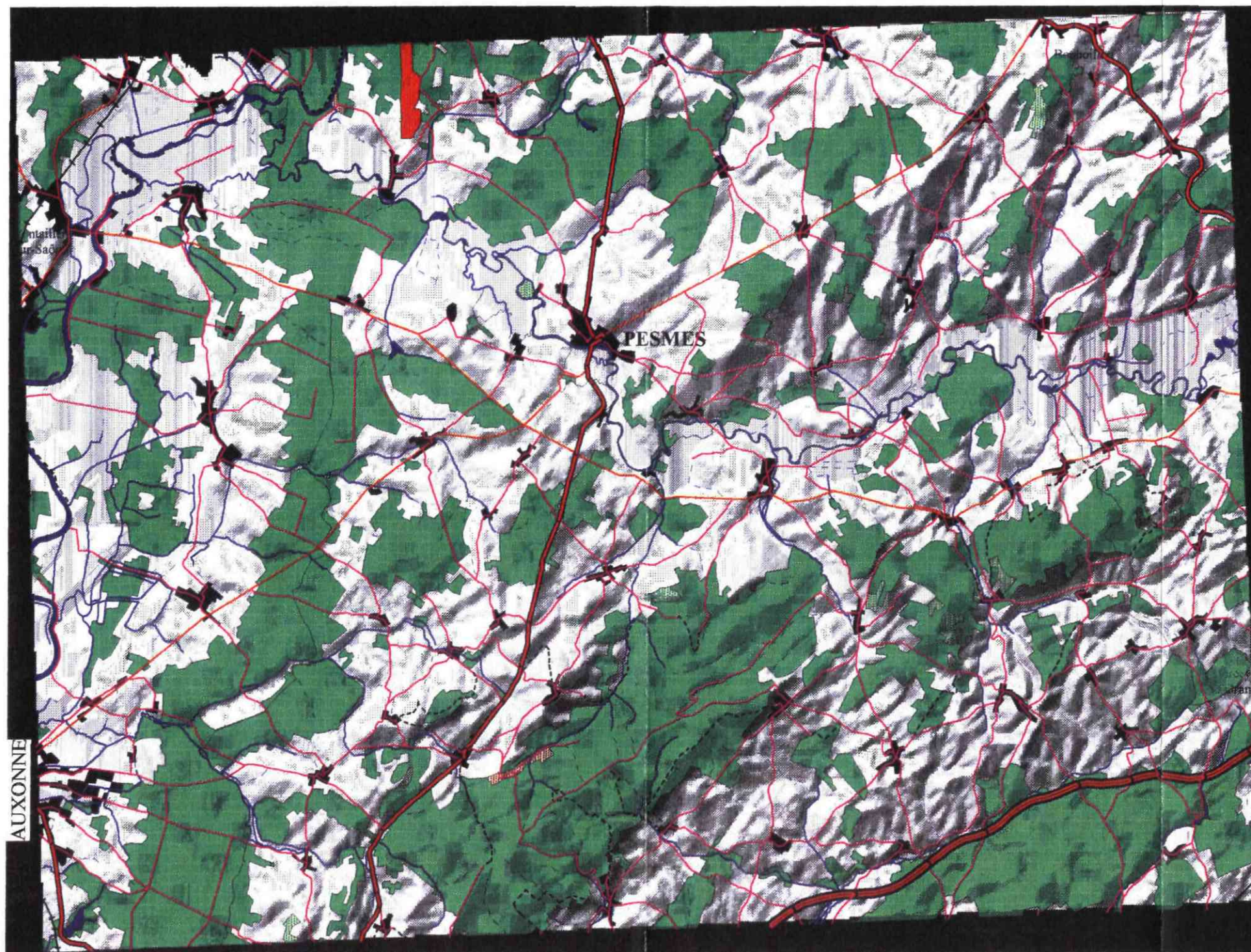
Toutes les informations de la couche "occupation du sol" ne sont pas représentées, d'une part parce que l'information n'est pas homogène sur les quatre départements, d'autre part afin de ne pas surcharger la carte.

CARTE DE PESMES
OCCUPATION DU SOL



Données : BDCaro, MNT : copyright IGN - carte géologique : copyright BRGM

Réalisé par LTN P-Y THOMAS DESS de cartographie U. Paris I-ENSG DT 1996



RESEAUX ROUTIER ET FERRE

- +—+— voie ferrée
- autoroute
- voie à grande circulation
- liaison régionale
- autre liaison
- - - - - chemin ou sentier

RESEAU HYDROGRAPHIQUE

- inconnu
- permanent
- - - - - intermittent
- ... axe fictif

OCCUPATION DU SOL

- agglomération
- hydrographie
- infrastructure
- forêt
- végétation
- carrières
- inconnue

Echelle 1 : 100 000

0 1 2 3 4 5km

CORRESPOND AUX CARTE A 1/50 000
IGN 32-23 ET GEOLOGIQUE n° 501

CARTE n° 5

Lithologie des roches affleurantes

Carte n° 5

LITHOLOGIE DES ROCHES AFFLEURANTES

Système de projection : Lambert 2 étendu

Echelle : 1/100 000

Origine des données : BD géol
BD ALTI

Représentation des données :

La géologie est représentée par la lithologie des roches affleurantes. Les roches du substrat ont été tramées par des lignes. Les formations superficielles ont été elles tramées par des points.

Toutes les roches d'une même famille (par exemple les calcaires) sont représentées de la même couleur, quelque soit leur origine, substrat ou formation superficielle.

Commentaires :

Cette carte permet de visualiser la géologie par rapport à un paramètre important, la lithologie des roches affleurantes.

Il n'a pas été possible de faire figurer les réseaux de communications qui auraient perturbés la représentation du relief.

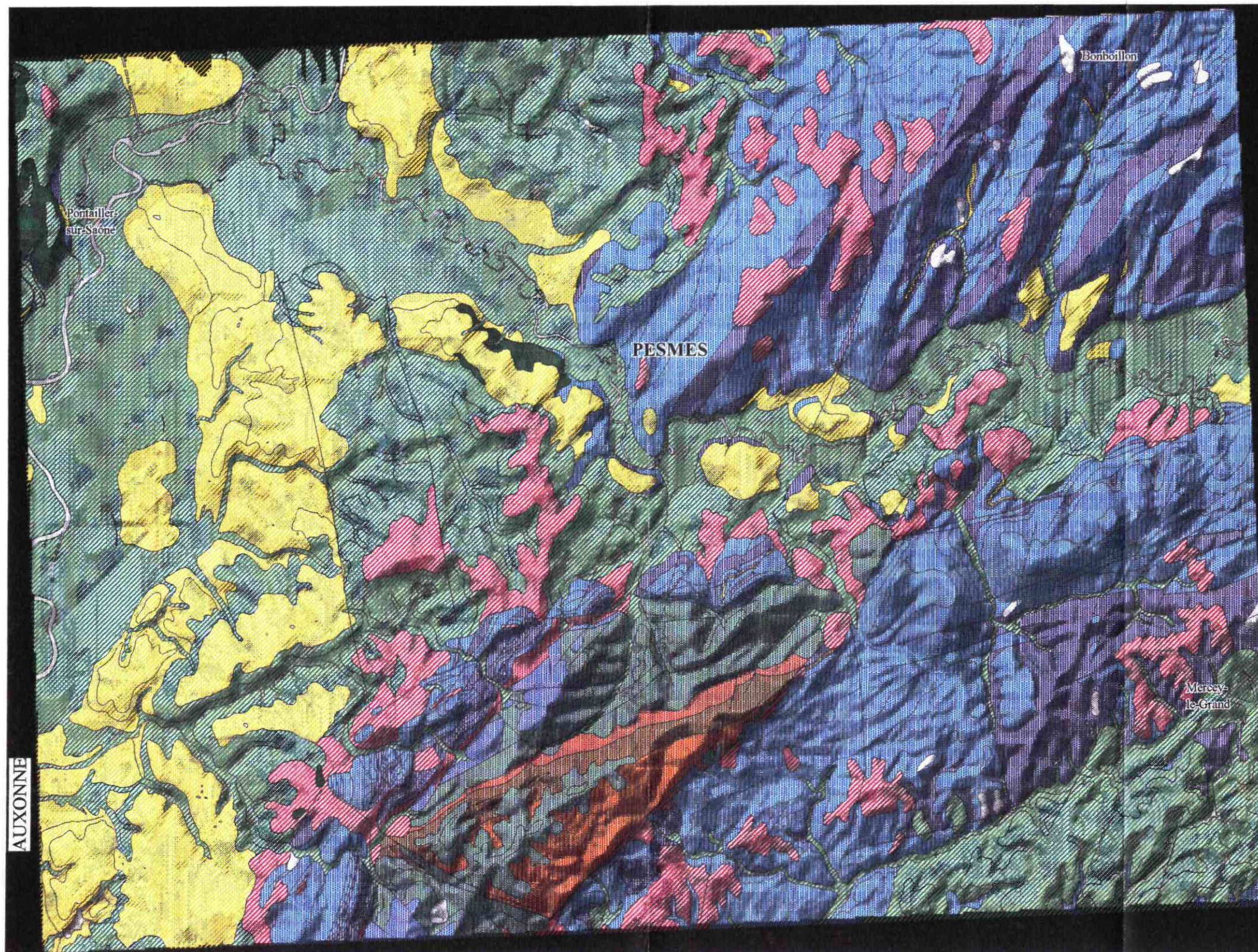
CARTE DE PESMES
LITHOLOGIE DES ROCHES AFFLEURANTES

Carte n° 5



Données : BDCaro, MNT : copyright IGN - carte géologique : copyright BRGM

Réalisé par LTN P-Y THOMAS DESS de cartographie U. Paris I-ENSG DT 1996



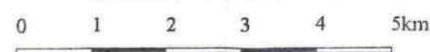
LITHOLOGIE
SUBSTRAT

- argile s.l. ($< 2 \mu m$)
- calcaire
- calcaire bioclastique
- calcaire micritique
- conglomérats consolidés
- dolomie
- gneiss
- granite
- grès
- marne
- sable (2mm à $50 \mu m$)
- tuf

FORM. SUPERFICIELLES

- indéterminée
- argile à silex
- conglomérat meuble
- conglomérat s.l.
- sable (2mm à $50 \mu m$)
- silt s.l. ($50-2 \mu$)

Echelle 1 : 100 000



CORRESPOND AUX CARTE A 1/50 000
IGN 32-23 ET GEOLOGIQUE n° 501

CARTE n° 6

Cohérence des roches affleurantes

Carte n° 6

COHÉRENCE DES ROCHES AFFLEURANTES

Système de projection : Lambert 2 étendu

Echelle : 1/100 000

Origine des données : BD géol
BD carto

Représentation des données :

L'hydrographie est placée pour aider au repérage, elle est classée par type d'écoulement.

La géologie est codée par la cohérence des roches affleurantes.

Les roches dont la cohérence n'a pu être codée à partir de la légende de la carte sont figurées en blanc.

Commentaires :

De même que dans la carte précédente, c'est la géologie qui est mise en évidence.

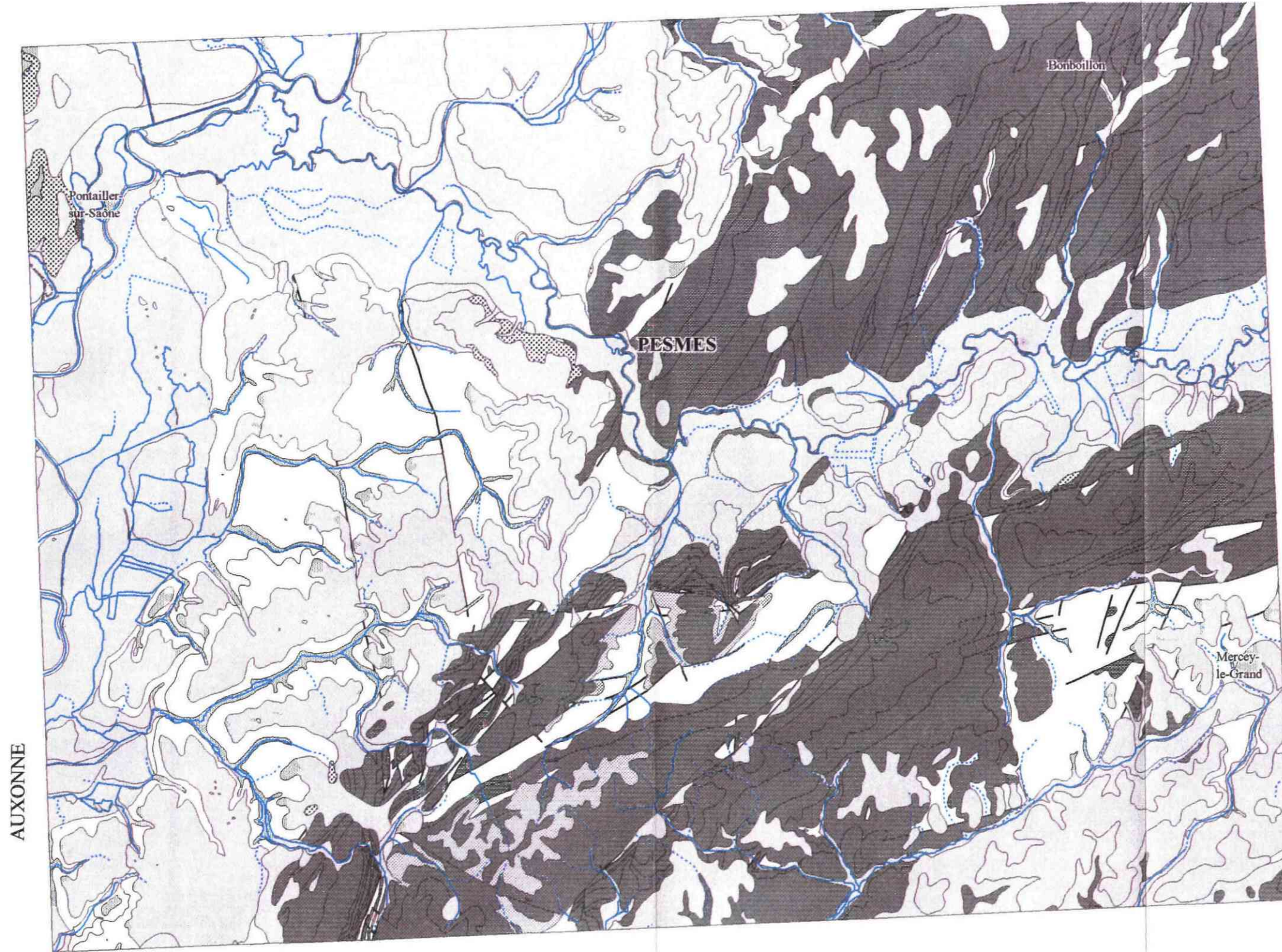
Malgré la difficulté à utiliser les trames de la palette de Map-info, l'expression en noir et blanc de l'information principale offre un rendu correct.

L'utilisation du réseau hydrographique permet de vérifier la bonne superposition des données qui ont deux origines différentes (BD carto et BD géol).



CARTE DE PESMES
COHERENCE DES ROCHES AFFLEURANTES

Carte n° 6



HYDROGRAPHIE
type d'écoulement

- permanent
- - - - - intermittent

COHERENCE DES FORMATIONS
SUBSTRAT

- inconnue
- ▨ consolidé
- ▤ induration diffuse
- induré

FORM. SUPERFICIELLES

- inconnue
- ▨ non induré

Echelle 1 : 100 000



CORRESPOND AUX CARTE A 1/50 000
IGN 32-23 ET GEOLOGIQUE n° 501

CARTE n° 7

Minéralogie des roches affleurantes

Carte n° 7

MINÉRALOGIE DES ROCHES AFFLEURANTES

Système de projection : Lambert 2 étendu

Echelle : 1/100 000

Origine des données : BD géol

Représentation des données :

Les roches sont classées par leur minéralogie dominante.

Les roches magmatiques sont regroupées sous le terme “ silice ”.

La dolomite, qui est un carbonate est conservée car elle donne généralement des roches plus résistantes à l'érosion que les autres carbonates.

La majorité des formations superficielles n'a pu être renseignée.

Commentaires :

Cette carte montre bien que l'information d'une banque de données peut être partielle et mal organisée pour un thème choisi.

Pour cette carte il a été nécessaire d'homogénéiser les données dans la base de données dérivée afin d'éviter d'avoir une image trop fragmentée. Cette carte montre donc l'importance du contrôle des données lors de l'importation et l'intérêt de réaliser des importations sélectives.

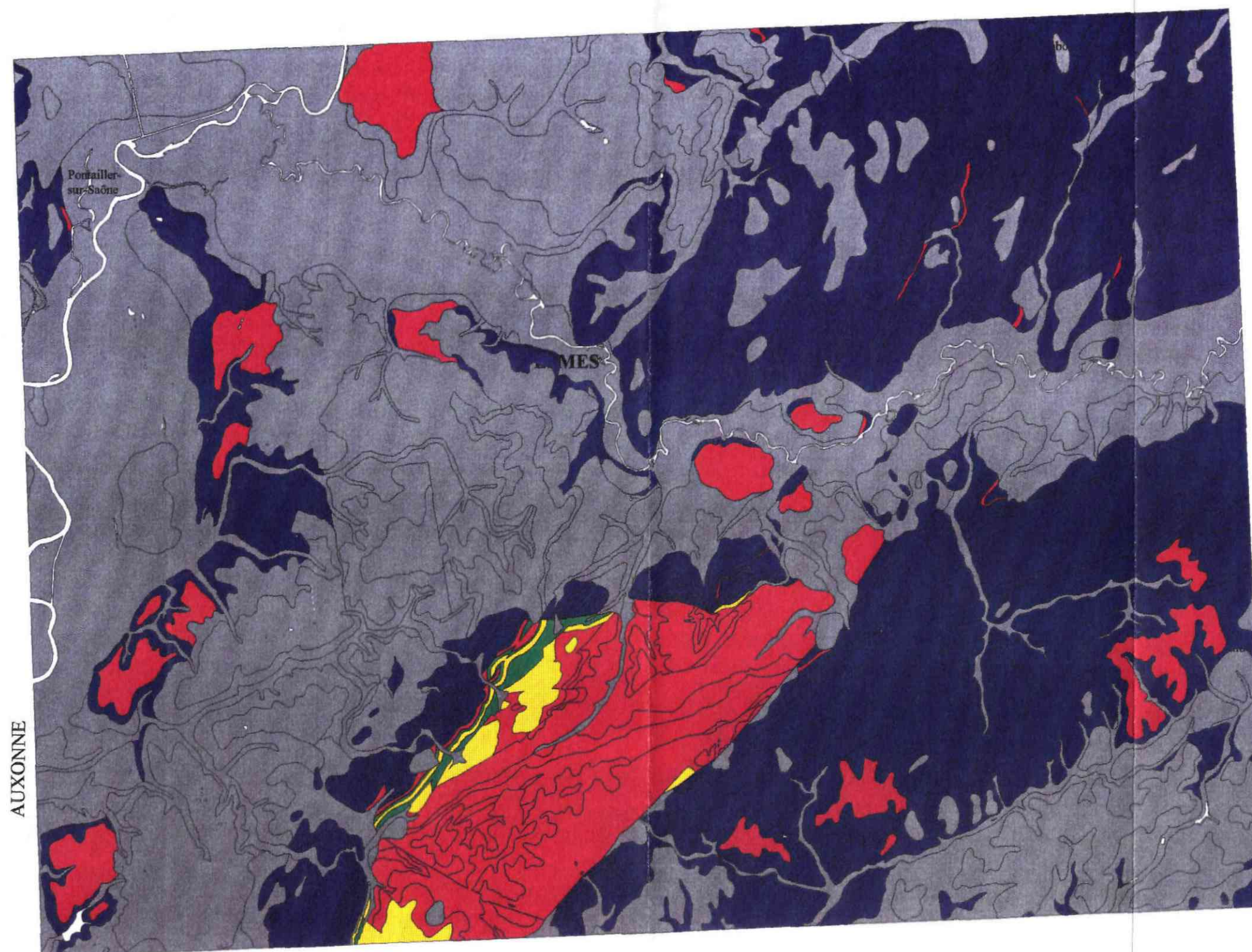
CARTE DE PESMES MINÉRALOGIE DES ROCHES AFFLEURANTES

Carte n° 7



Données : BDCaro, MNT : copyright IGN - carte géologique : copyright BRGM

Réalisé par LTN P-Y THOMAS DESS de cartographie U. Paris I-ENSIG DT 1996



MINÉRALOGIE DOMINANTE SUBSTRAT

- indéterminée
- argiles
- carbonates
- dolomite
- silice

FORM. SUPERFICIELLES

- indéterminée
- carbonates
- silice

Echelle 1 : 100 000

0 1 2 3 4 5km

CORRESPOND AUX CARTE A 1/50 000
IGN 32-23 ET GEOLOGIQUE n° 501

CARTE n° 8

Pentes moyennes

Carte n° 8

PENTES MOYENNES

Système de projection : Lambert 2 étendu

Echelle : 1/100 000

Origine des données : BD ALTI
BD carto

Représentation des données :

L'hydrographie est représentée pour aider au repérage.

Les pentes sont extraites de la MNT et triées par classes de 10 %.

Commentaires :

Cette carte est difficilement utilisable seule, par contre elle permet une bonne visualisation des pentes.

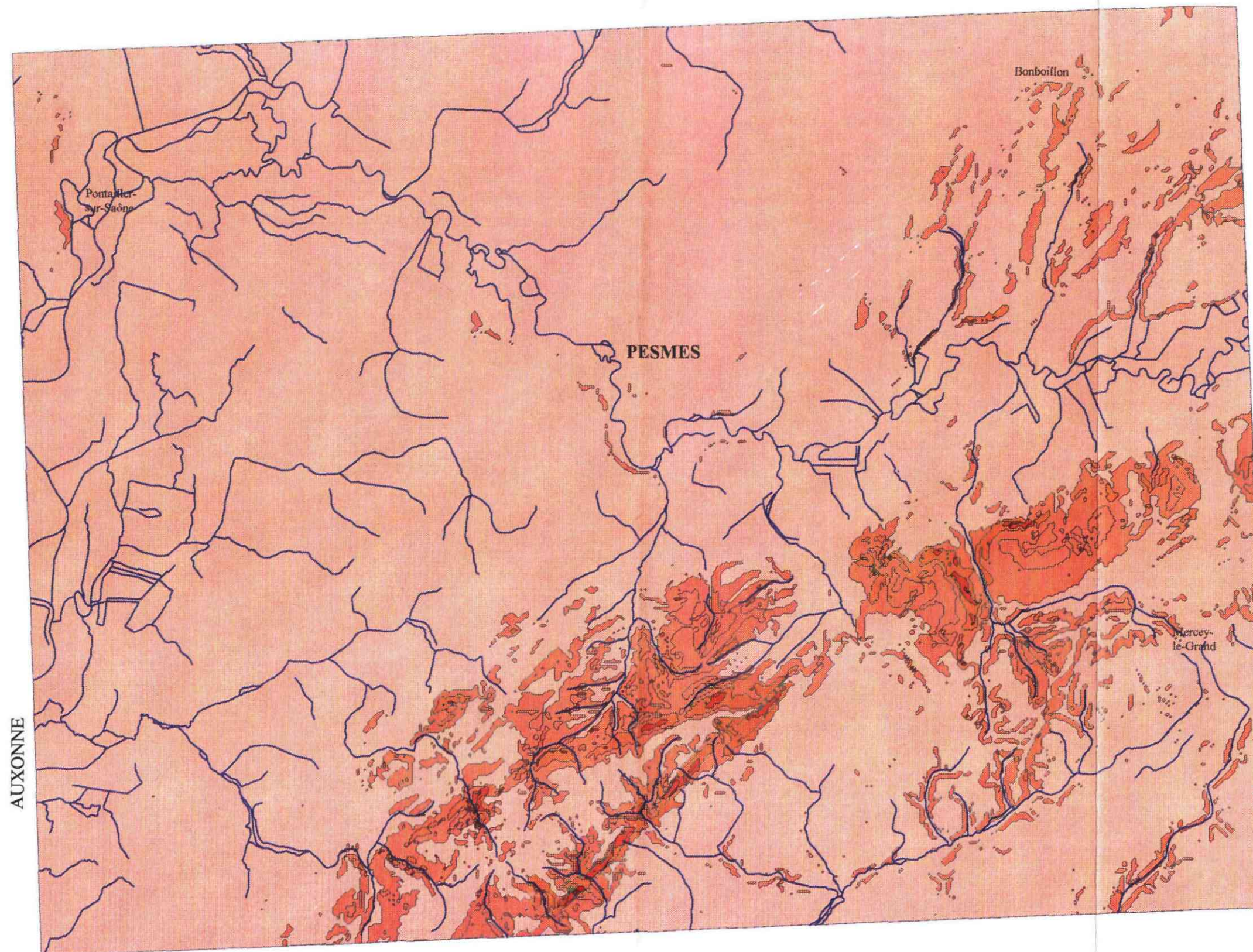
Un autre essai (non présenté) associait la MNT aux pentes. Cette solution est intéressante mais elle augmente considérablement la difficulté de lecture. Par contre, elle met en évidence les défauts de l'ombrage dans les zones à faible relief (pente inférieure à 10 %).

CARTE DE PESMES
PENTES MOYENNES



Données : BDCaro, MNT : copyright IGN - carte géologique : copyright BRGM

Réalisé par LTN P-Y THOMAS DESS de cartographie U. Paris I-ENSG DT 1996



PENTE MOYENNE

- sup à 40 %
- 30 à 40 %
- 20 à 30 %
- 10 à 20 %
- 0 à 10 %
- artéfacts

Echelle 1 : 100 000

0 1 2 3 4 5km

CORRESPOND AUX CARTE A 1/50 000
IGN 32-23 ET GEOLOGIQUE n° 501

CARTE n° 9

Courbure maximale de profil

Carte n° 9

COURBURE MAXIMALE DE PROFIL

Système de projection : Lambert 2 étendu
Echelle : 1/100 000
Origine des données : BD ALTI
BD carto (hydrographie)

Représentation des données :

Trois classes sont représentées :
pentes convexes
pentes concaves
pentes sans courbures.

Les zones où le calcul de la courbure produit un résultat aberrant sont figurées en gris.

Commentaires :

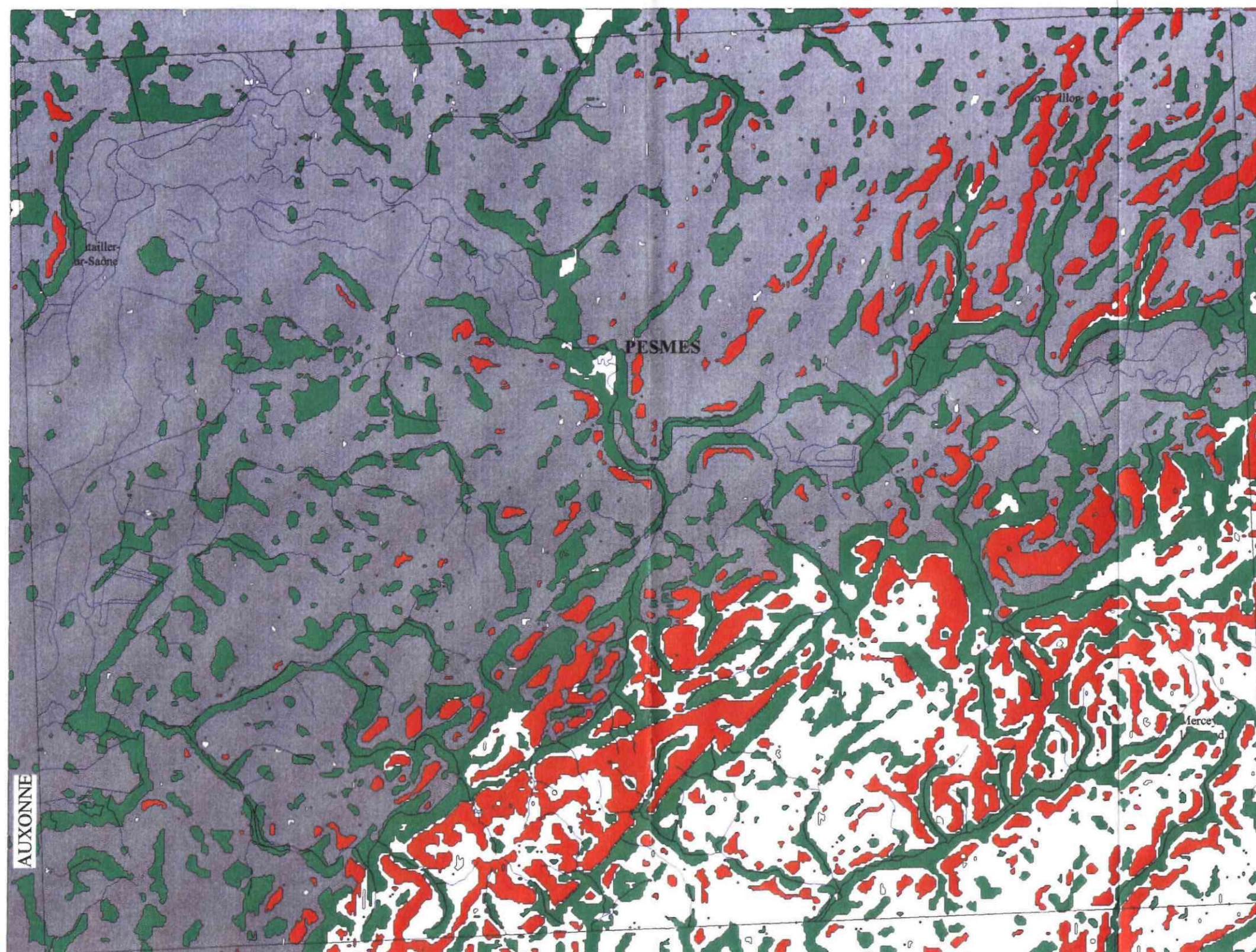
La courbure maximale de profil est restituée en trois classe conformément au modèle théorique exposé dans le texte.

Cette carte technique permet de bien montrer la relation entre le drainage (présence d'un cours d'eau) et la forme des pentes.

CARTE DE PESMES
COURBURE MAXIMALE DE PROFIL



Données : BDCartho, MNT : copyright IGN - carte géologique : copyright BRGM



COURBURE MOYENNE DE PROFIL
valeur moyenne lissée

- 180,5 - 360° (convexe)
- 179,5 - 180,5°
- 1 - 179,5° (concave)
- calcul impossible

Echelle 1 : 100 000

0 1 2 3 4 5km

CORRESPOND AUX CARTE A 1/50 000
IGN 32-23 ET GEOLOGIQUE n° 501

CARTE n° 10a

Aptitude aux mouvements tous terrains

Carte n° 10a

APTITUDE AUX MOUVEMENTS TOUS TERRAINS

Système de projection : Lambert 2 étendu

Echelle : 1/100 000

Origine des données : BD carto
BD géol
BD ALTI

Représentation des données :

Cinq classes, de très bonne à très mauvaise, sont représentées.

L'occupation des sols en figurée en surcharge.

Les réseaux hydrographique et de communications sont également représentés.

Commentaires :

Cette carte représente le résultat des traitements de façon classique. La praticabilité doit être déduite par le lecteur.

Trois types de représentation des données (10a, 10b, 10c) sont présentées dans ce mémoire.

Pour la carte 10a, les classes de traficabilité sont représentée de vert (bonne) à rouge (très mauvaise).

La végétation est considérée comme un obstacle. De ce fait elle est portée en rouge.
Les voies de communications étant par contre des axes de pénétration sont par conséquent portées en vert.

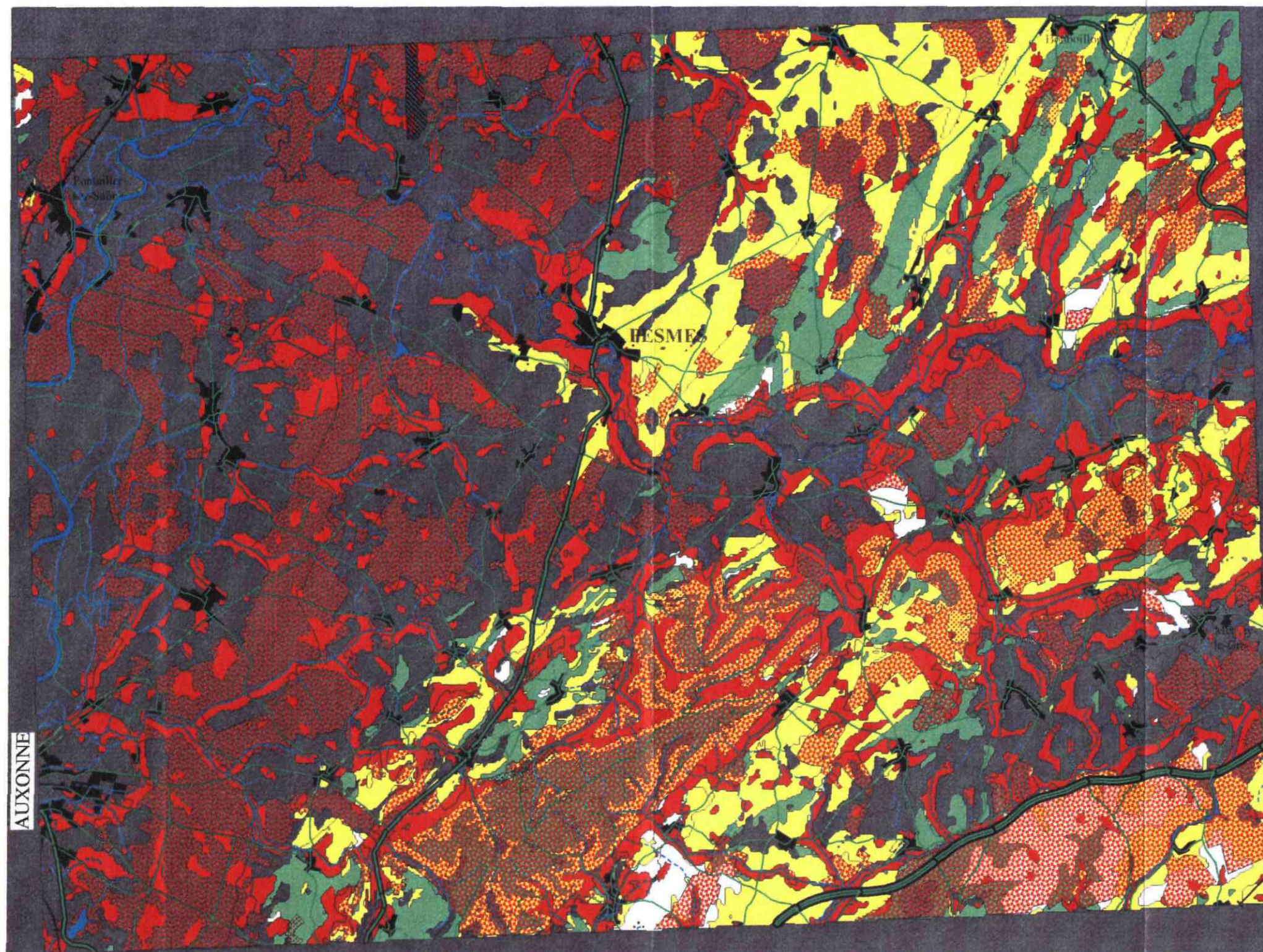
CARTE DE PESMES
APTITUDE AUX MOUVEMENTS TOUS TERRAINS
VERSION TRADITIONNELLE

Carte n° 10a



Données : BDCaro, MNT : copyright IGN - carte géologique : copyright BRGM

Réalisé par LTN P-Y THOMAS DESS de cartographie U. Paris I-ENSG DT 1996



RESEAUX DE COMMUNICATIONS

- voie ferrée
- autoroute
- voie à grande circulation
- liaison régionale
- autre liaison
- - - - - chemin ou sentier

HYDROGRAPHIE
type d'écoulement

- inconnu
- permanent
- - - - - intermittent
- - - - - axe fictif

OCCUPATION DU SOL

- agglomération
- hydrologie
- infrastructure
- forêt
- végétation
- carrière

TRAFICABILITE

- très mauvaise
- mauvaise
- médiocre
- moyenne
- bonne
- non définie

Echelle 1 : 100 000



CORRESPOND AUX CARTE A 1/50 000
IGN 32-23 ET GEOLOGIQUE n° 501

CARTE n° 10b

Aptitude aux mouvements tous terrains

Carte n° 10b

APTITUDE AUX MOUVEMENTS TOUS TERRAINS

Système de projection : Lambert 2 étendu

Echelle : 1/100 000

Origine des données : BD carto
BD géol
BD ALTI

Représentation des données :

Cinq classes, de très bonne à très mauvaise, sont représentées.

L'occupation des sols en figurée en surcharge.

Les réseaux hydrographique et de communications sont également représentés.

Commentaires :

Une utilisation de couleurs pastels, visibles à l'écran, fournit des gris à l'impression.

Cette carte est conservée pour montrer l'importance du choix des couleurs lors de la restitution.

Ici, seules les zones de bonne traficabilité sont mises en évidence.

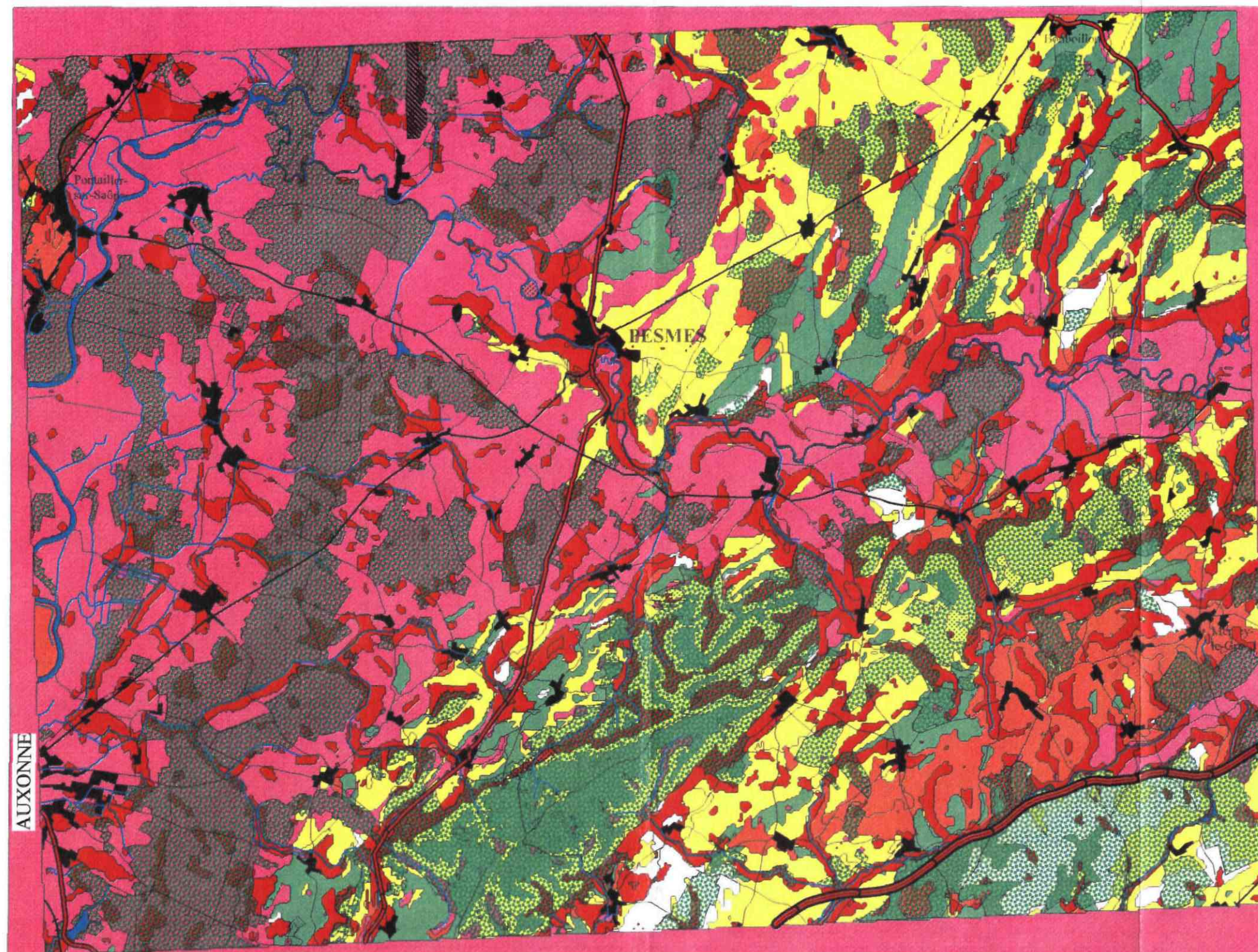
CARTE DE PESMES
APTITUDE AUX MOUVEMENTS TOUS TERRAINS
VERSION TRADITIONNELLE

Carte n° 10b



Données : BDCaro, MNT : copyright IGN - carte géologique : copyright BRGM

Réalisé par LTN P-Y THOMAS DESS de cartographie U. Paris I-ENSG DT 1996



RESEAUX DE COMMUNICATIONS

- +—+— voie ferrée
- autoroute
- voie à grande circulation
- liaison régionale
- autre liaison

HYDROGRAPHIE
type d'écoulement

- permanent

OCCUPATION DU SOL

- agglomération
- hydrologie
- infrastructure
- forêt
- végétation
- carrière

TRAFICABILITE

- très mauvaise
- mauvaise
- médiocre
- moyenne
- bonne
- non définie

Echelle 1 : 100 000



CORRESPOND AUX CARTE A 1/50 000
IGN 32-23 ET GEOLOGIQUE n° 501

CARTE n° 10c

Aptitude aux mouvements tous terrains

Carte n° 10c

APTITUDE AUX MOUVEMENTS TOUS TERRAINS

Système de projection : Lambert 2 étendu

Echelle : 1/100 000

Origine des données : BD carto
BD géol
BD ALTI

Représentation des données :

Cinq classes, de très bonne à très mauvaise, sont représentées.

L'occupation des sols en figurée en surcharge.

Les réseaux hydrographique et de communications sont également représentés.

Commentaires :

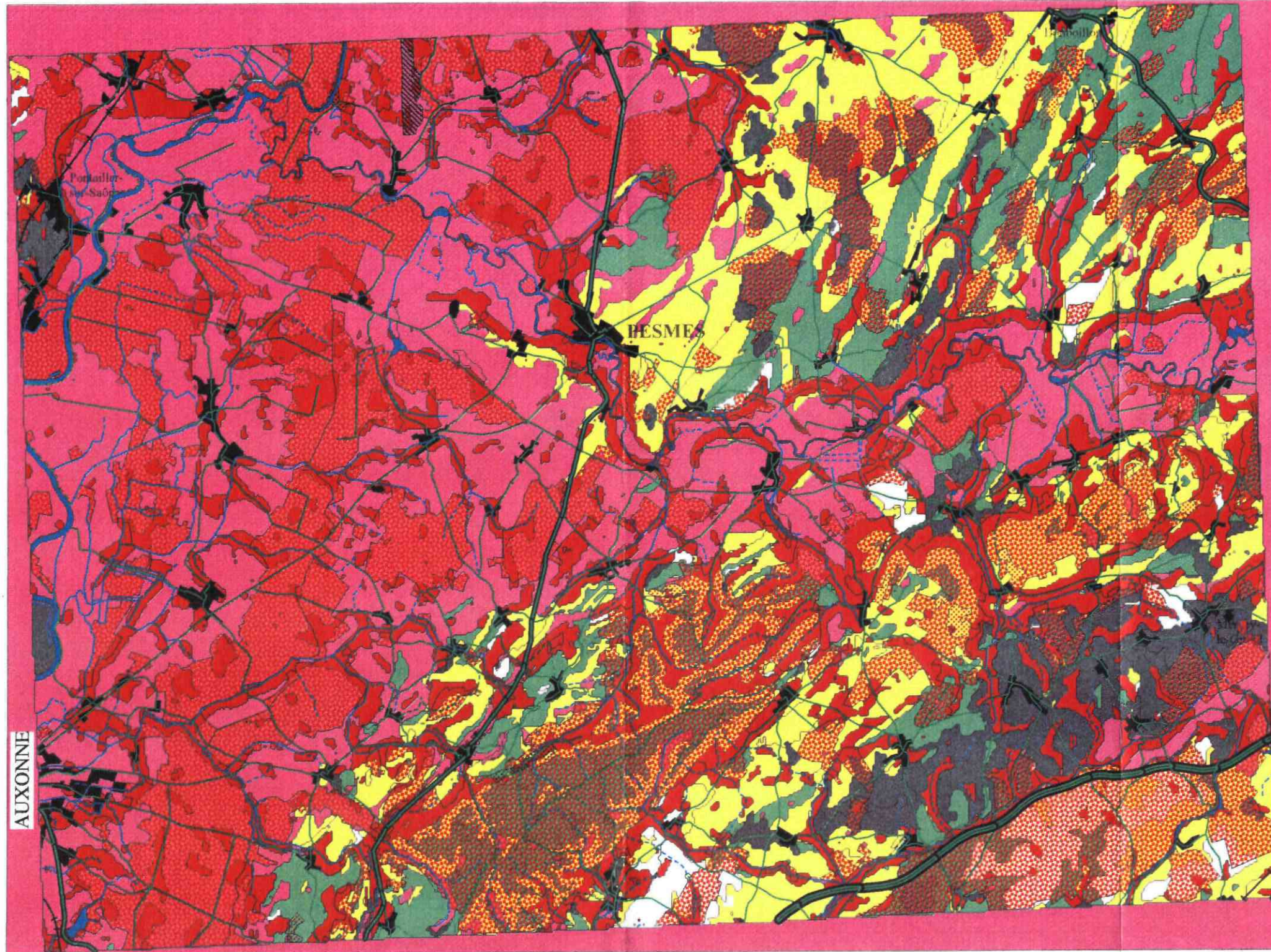
Sur cette carte les surcharges sont portées de façon conventionnelle, la végétation en vert et le réseau routier principal en rouge.

CARTE DE PESMES
APTITUDE AUX MOUVEMENTS TOUS TERRAINS
VERSION TRADITIONNELLE



Données : BDCaro, MNT : copyright IGN - carte géologique : copyright BRGM

Réalisé par LTN P-Y THOMAS DESS de cartographie U. Paris I-ENSG DT 1996



AUXONNE

Echelle 1 : 100 000
0 1 2 3 4 5km

RESEAUX DE COMMUNICATIONS

- +— voie ferré
- autoroute
- voie à grande circulation
- liaison régionale
- autre liaison
- - - - - chemin ou sentier

HYDROGRAPHIE

type d'écoulement

- inconnu
- permanent
- - - - - intermittent
- - - - - axe fictif

OCCUPATION DU SOL

- agglomération
- hydrologie
- infrastructure
- forêt
- végétation
- carrière

TRAFICABILITE

- très mauvaise
- mauvaise
- médiocre
- moyenne
- bonne
- non définie

CORRESPOND AUX CARTE A 1/50 000
IGN 32-23 ET GEOLOGIQUE n° 501

CARTE n° 11a

Carte n° 11a

Système de projection : Lambert 2 étendu

Echelle : 1/100 000

Origine des données : BD carto
BD géol
BD ALTI

Représentation des données :

Le réseau hydrographique est classé par type d'écoulement.

Le réseau routier est non différencié.

La traficabilité (en fait la praticabilité) est répartie en six classes.

Commentaires :

Cette carte ne présente plus qu'un seul niveau de lecture. C'est l'exemple type de carte d'aide à la décision. Tous les paramètres ont été intégrés à une formule pour ne plus délivrer qu'une seule information.

Lorsque l'on compare cette carte et celles de la série 10, on remarque que les informations du quart Nord-Est diffèrent.

Ceci est dû à une mauvaise fermeture des polygones dans la couverture d'occupation du sol.

La correction aurait pris trop de temps par rapport à la durée de ce stage.

La formule utilisée : (dureté x courbure) + pente % + occupation du sol montre que ce choix privilégie l'occupation du sol et la géologie par rapport aux pentes.

Les forêts ressortent bien mais les agglomérations ne sont pas bien classées. Elles devraient être dans la plus mauvaise catégorie.

CARTE DE PESMES
APTITUDE AUX MOUVEMENTS TOUTS TERRAINS
VERSION 1

Carte n° 11a



Données : BDCartho, MNT : copyright IGN - carte géologique : copyright BRGM

Réalisé par LTN P-Y THOMAS DESS de cartographie U. Paris I-ENSG DT 1996



RESEAU HYDROGRAPHIQUE
type d'écoulement

- inconnu
- permanent
- - - intermittent
- ... axe fictif

TRAFICABILITE
valeurs décroissantes

- très mauvaise
- mauvaise
- très médiocre
- médiocre
- moyenne
- bonne
- indéterminée

Echelle 1 : 100 000
0 1 2 3 4 5km

CORRESPOND AUX CARTE A 1/50 000
IGN 32-23 ET GEOLOGIQUE n° 501

CARTE n° 11b

Carte n° 11b

Système de projection : Lambert 2 étendu

Echelle : 1/100 000

Origine des données : BD carto
BD géol
BD ALTI

Représentation des données :

Le réseau hydrographique est classé par type d'écoulement.

Le réseau routier est non différencié.

La traficabilité (en fait la praticabilité) est répartie en six classes.

Commentaires :

La formule utilisée : (dureté x courbure codée) + pente obstacle + occupation du sol donne une carte plus équilibrée, hormis le problème rencontré dans le quart Nord-Est de la feuille).

Il serait peut être nécessaire de reconsidérer le codage de la pente afin de donner plus d'importance aux pentes comprises entre 40 et 50 %, qui forment l'ossature du Massif de La Serre et n'apparaissent pas sur ce document.

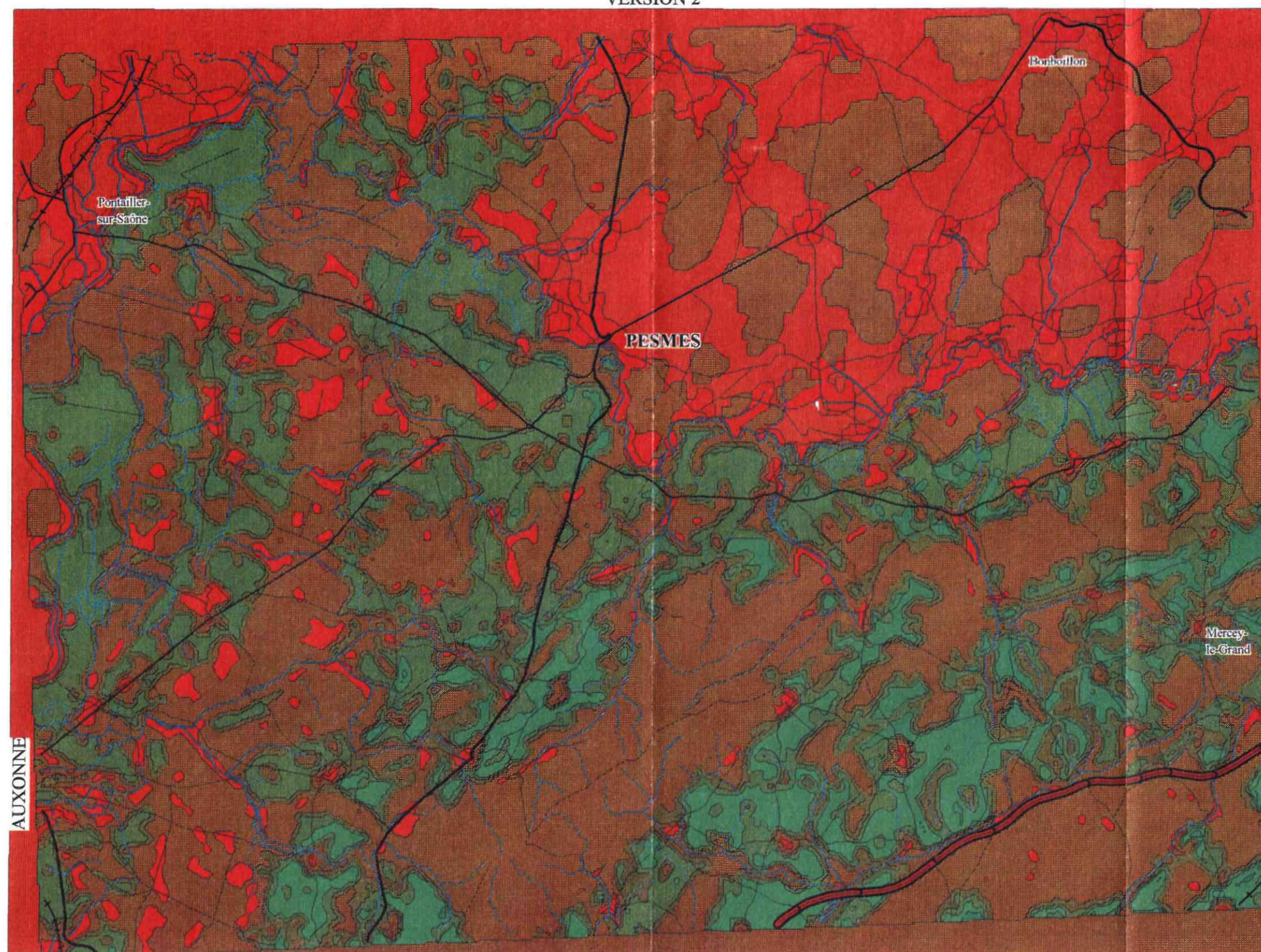
CARTE DE PESMES
APTITUDE AUX MOUVEMENTS TOUS TERRAINS
VERSION 2

Carte n° 11b



Données : BDCaro, MNT : copyright IGN - carte géologique : copyright BRGM

Réalisé par LTN P-Y THOMAS DESS de cartographie U. Paris I-ENSG DT 1996



RESEAUX

- +—+— voie ferrée
- autoroute
- grande liaison
- liaison régionale
- autre

RESEAU HYDROGRAPHIQUE

nature de l'écoulement

- permanent
- - - - - intermittent

PRATICABILITE

- très mauvaise
- mauvaise
- très médiocre
- médiocre
- moyenne
- bonne
- très bonne
- calcul impossible

Echelle 1 : 100 000

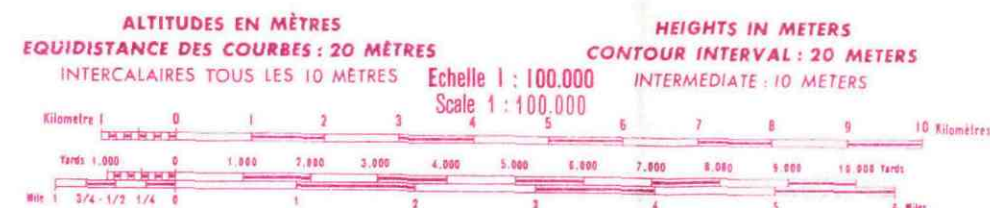
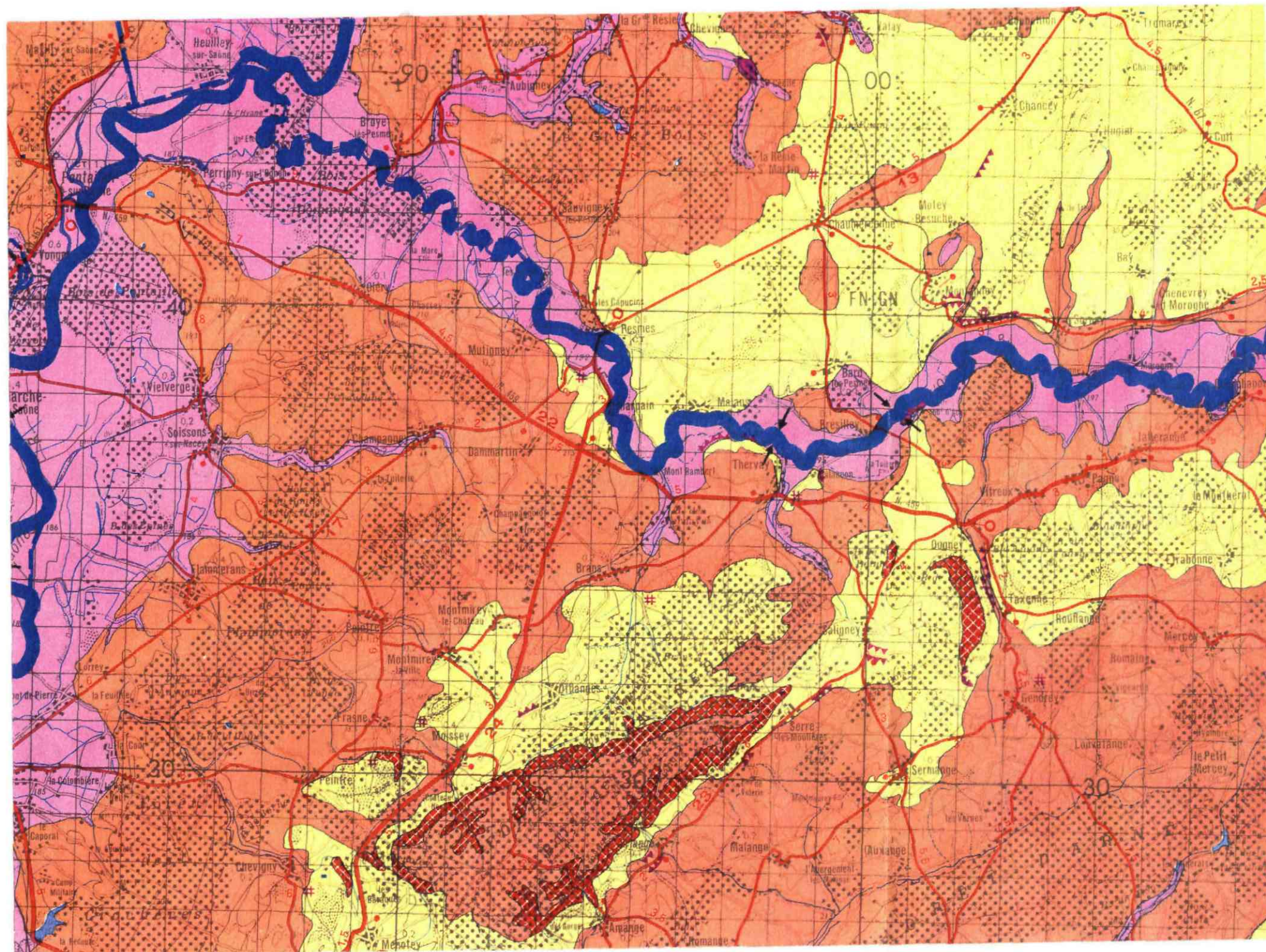


CORRESPOND AUX CARTE A 1/50 000
IGN 32-23 ET GEOLOGIQUE n° 501

CARTE n° 11c

**Extrait de la carte "Traditionnelle"
exemple de Traficabilité et Praticabilité**

**EXTRAIT DE LA CARTE
D'APTITUDE DU TERRAIN AUX MOUVEMENTS MOTORISES
feuille de DIJON**



Carte n° 11c

OBSTACLES MOYENS OBSTACLES IMPORTANTS
MEDIUM OBSTACLES IMPORTANT OBSTACLES

Pentes qui tant par leur déclivité que par d'autres facteurs rendent la progression très difficile.
Slopes which, by their gradient as well as by other matters, make moving forward very difficult.



Escarpements : — Cliffs :
— moins de 3 m. ... plus de 3 m. de haut.
— less than 3 m. ... more than 3 m. high



Exploitation à ciel ouvert, carrières, terrils, tourbières, dunes de sable.
Working in the open air, quarry spoil-banks, peat-bogs, sand dunes



Murettes, terrasses; blocs épars, chaos de blocs.
Low walls, terraces, rocks, boulders.



Forêts : — Forests

— arbres à feuilles caduques.
— deciduous trees



— arbres à feuilles persistantes.
— evergreen trees



— mixtes
— composite



Vignes, houblonnières, vergers, broussailles, bois clairsemés.
Vineyards, hop-gardens, orchards, bushes, scattered woods



Bocages : laches, denses.
Coppices : sparse, dense



Zones urbaines : — Urban zones
— moyennement...fortement bâties.
— moderately...widely built



COURS D'EAU ET GUÉS — STREAMS AND FORDS

Profondeur en eaux moyennes : Depth for average level of water	Largeur de 8 à 20 m. Width from 8 to 20 m.	Largeur de 20 à 40 m. Width from 20 to 40 m.	Largeur de plus de 40 m. Width above 40 m.
— moins de 1 m. — less than 1 m.			
— de 1 m. à 3 m. — from 1 m. to 3 m.			
— plus de 3 m. — more than 3 m.			

TRAFICABILITÉ DES SOLS — TRAFFICABILITY OF SOILS

CATEGORIE CATEGORY	INFLUENCE DU TEMPS INFLUENCE OF THE WEATHER	TRAFICABILITE TRAFFICABILITY
1	en tout temps all-weather	BONNE, localement médiocre GOOD, poor at places
2	à l'état sec when dry	BONNE, localement médiocre GOOD, poor at places
	à l'état humide even when wet	MÉDIOCRE, localement mauvaise POOR, bad at places
3	à l'état sec when dry	BONNE, localement médiocre GOOD, poor at places
	à l'état humide even when wet	MAUVAISE, localement très mauvaise BAD, very bad at places
4	par temps sec prolongé when dry for a long time	MÉDIOCRE, localement mauvaise POOR, bad at places
	à l'état humide even when wet	MAUVAISE, localement très mauvaise BAD, very bad at places
5	en tout temps in all weather	TRES MAUVAISE VERY BAD

BRGM
SERVICE GEOLOGIQUE NATIONAL
Département Infrastructure Géologique et Géophysique
Groupe Numérisation, production de Documents
et de Cartes géologiques
BP 6009 - 45060 ORLEANS Cedex 2 - France - Tél. : 02 38.64.34.34