

PUBLIC

RÉGION BOURGOGNE
-
DÉTECTION ET PROTECTION DES POLLUTIONS
DE L'EAU
-
RAPPORT N° 1
-
ÉTAT DES CONNAISSANCES ACTUELLES
SUR LES CIRCULATIONS D'EAU SOU TERRAINE
EN MILIEUX KARSTIQUES

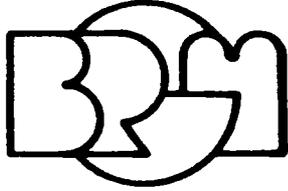
G. BILLARD - JP MARY
82 SGN 506 BOU

B. R. G. M.
20. SEP. 1983
BIBLIOTHEQUE

AOÛT 1982

SERVICE GEOLOGIQUE NATIONAL

BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES



**SERVICE GEOLOGIQUE
REGIONAL
BOURGOGNE**

S.G.R BOU ,32, Bld du Maréchal JOFFRE
21100 DIJON
Tél. (80) 72.42.31

Télex : BRGMDIJ 350443F

RÉGION BOURGOGNE

DÉTECTION ET PROTECTION DES POLLUTIONS
DE L'EAU

-

RAPPORT N° 1

-

ÉTAT DES CONNAISSANCES ACTUELLES
SUR LES CIRCULATIONS D'EAU SOUTERRAINE
EN MILIEUX KARSTIQUES

82 SGI 506 BOU

R É S U M É

En 1982, le BRGM - SGR/Bourgogne a réalisé, dans le cadre de son activité de service public et en vue de reconnaître les ressources en eaux souterraines et les risques de pollution des nappes aquifères, une synthèse des connaissances actuelles sur les phénomènes karstiques en Bourgogne. Des mesures de microtectonique ont également été effectuées sur le terrain. Les écoulements souterrains sont influencés par la tectonique, plus particulièrement par la phase qui a engendré le seuil de Bourgogne.

Outre ce résumé, le rapport contient 1 sommaire, 39 pages de texte, 11 planches dans le texte, 12 annexes.

SOMMAIRE

Pages

AVANT PROPOS

- 1 - INTRODUCTION
- 2 - PRESENTATION GENERALE DE LA BOURGOGNE
 - 21 - SITUATION GEOGRAPHIQUE
 - 22 - CARACTERISTIQUES PHYSIQUES
 - 23 - DONNEES CLIMATIQUES
 - 24 - CADRE GEOLOGIQUE
 - 25 - TECTONIQUE REGIONALE
 - 26 - APERCU HYDROGEOLOGIQUE
- 3 - ETUDE DU KARST BOURGUIGNON
 - 31 - RAPPELS D'HYDROGEOLOGIE KARSTIQUE
 - 32 - METHODOLOGIE EN HYDROGEOLOGIE KARSTIQUE
 - 33 - ORGANISATION DE L'ETUDE
 - a) Situation géographique
 - b) Géologie et hydrogéologie
 - c) Fracturation : relevés des failles
 - d) Observations de terrains
 - e) Réseaux spéléologiques
 - f) Résultat de l'analyse statistique
 - g) Traçages
 - h) Conclusion
 - i) Contenu des cartes
 - 34 - ETUDE DES UNITES REGIONALES
 - 341 - Les plateaux du Nivernais
 - 342 - Jurassique supérieur du SE du Bassin parisien
 - 343 - Bazois et Terre-Plaine
 - 344 - Crétacé supérieur
 - 345 - Les plateaux du Châtillonnais
 - 346 - L'Auxois
 - 347 - Le Seuil de Bourgogne
 - 348 - Malm de l'Est de la Côte d'Or
 - 349 - Arrière-Côte et La Montagne
 - 34.10- Karst de Saône-et-Loire
- 4 - CONCLUSION
- 5 - REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES
- 6 - PERSONNES CONTACTEES

ANNEXES

Elles contiennent les éléments de l'analyse statistique classés par secteur.

- ANNEXE : Le Nivernais
- ANNEXE : Le Jurassique supérieur du SE du Bassin de Paris
- ANNEXE : Le Bazois et la Terre Plaine
- ANNEXE : Le Crétacé
- ANNEXE : L'Auxois
- ANNEXE : Le Châtillonnais
- ANNEXE : Le Seuil de Bourgogne
- ANNEXE : Le Malm de la Côte d'Or
- ANNEXE : L'Arrière-Côte et La Montagne
- ANNEXE : Les karsts de Saône et Loire

AVANT PROPOS

Ce stage de fin d'études a été réalisé au Service Géologique Régional de Bourgogne du Bureau de Recherches Géologiques et Minières.

Il consiste à collecter le maximum de données sur le karst bourguignon, afin de déterminer les zones de circulation de l'eau dans cet aquifère fissuré, principalement dans un but de protection des nappes et de captage en eau potable.

Du fait de la courte durée du stage, trois mois, cette étude ne peut être que préliminaire et n'a pas l'ambition d'être exhaustive.

Ce travail a été dirigé par Monsieur G. BILLARD, ingénieur hydrogéologue du Service Géologique Régional de Bourgogne.

1 - INTRODUCTION

Comme il n'existe pratiquement aucune étude sur le karst en Bourgogne, mis à part les travaux de Claude MEGNIEN dans le département de l'Yonne, une grande partie de ce travail a consisté en une recherche bibliographique. Ainsi divers contacts ont été pris avec les clubs spéléologiques de la région, les universitaires, le Service Régional d'Aménagement des Eaux de Bourgogne, le Centre de Recherche Géophysique de Garchy, afin de réunir le maximum d'informations.

Après avoir dépouillé les documents acquis et reporté les phénomènes karstiques inventoriés sur un fond topographique au 1/250.000, la fracturation a été analysée statistiquement (en direction et densité).

Pour compléter cette étude tectonique, des relevés de diaclases et fractures ont été réalisés sur le terrain.

Par l'interprétation de ces données, qui demanderaient à être complétées et approfondies, une esquisse de l'écoulement souterrain en milieu karstique pourra être établie, au niveau de chaque partie d'un découpage géologique de la Bourgogne.

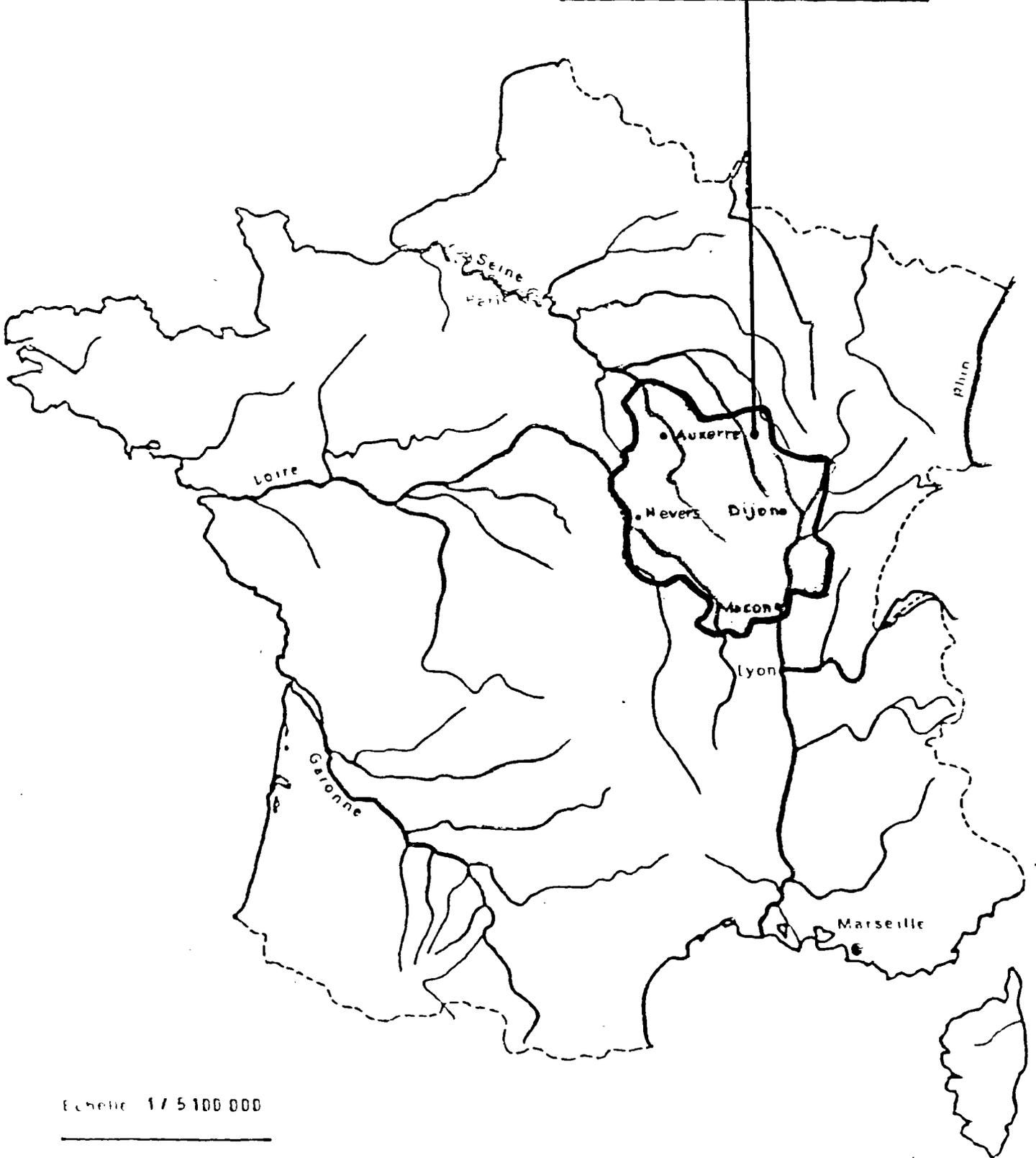
2 - PRESENTATION GENERALE DE LA BOURGOGNE

21 - SITUATION GEOGRAPHIQUE

La Bourgogne, qui est située à mi-chemin entre Paris et Lyon, est à cheval sur le point de jonction des trois bassins versants du Rhône, de la Loire et de la Seine (cf. carte de situation).

.../...

REGION BOURGOGNE
Carte de Situation



Echelle 1 / 5 100 000

Elle est constituée administrativement des départements de la Côte d'Or (21), la Nièvre (58), la Saône et Loire (71) et l'Yonne (89).

22 - CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

D'une superficie légèrement supérieure à 30.000 km², c'est une région peu tourmentée offrant des aspects physiques variés. D'une altitude moyenne comprise entre 300 et 600m, elle culmine à 902 m dans le Haut Morvan, tandis que les points bas se trouvent dans les plaines alluviales (170m) et la vallée de l'Yonne (70m).

23 - DONNEES CLIMATIQUES

Le climat, qui est maritime dans le Bassin de la Seine, passe à un climat continental plus rigoureux au SE de la Bourgogne.

La pluviométrie moyenne annuelle est comprise entre 800 et 850mm, avec des maximums sur le Massif du Morvan et l'axe du Charolais (pouvant dépasser 1600mm) et des minimums dans la vallée de l'Yonne (moins de 700mm).

Les écoulements superficiels sont assez variables ; pour les zones imperméables le débit spécifique varie entre 12 et 20 l/s/km², tandis que pour les zones perméables à faible pluviométrie (Laignes, Sénonais) il est voisin de 5 l/s/km².

La pluie effectivement infiltrée varie de 130 à 190 mm en moyenne suivant les départements.

24 - CADRE GEOLOGIQUE

La Bourgogne se compose de paysages très variés ; à l'Est les plaines d'effondrement (Saône), au Nord et à l'Ouest les plaines du Bassin Parisien et au Sud les massifs anciens et des zones accidentées.

Le massif hercynien du Morvan est un horst limité par deux zones d'effondrement à l'Est et à l'Ouest, relié aux Vosges par un anticlinal profond de direction varisque (SW - NE). Cette ride dissymétrique forme le Seuil de Bourgogne dont le flanc NW plonge doucement vers le Bassin de Paris, tandis que le flanc SE descend par gradins vers la dépression bressane.

A l'Ouest du Morvan, le Lias du Bazois est un compartiment effondré entre le Morvan et le horst de St Saulge à l'Ouest duquel se trouve le plateau calcaire du Jurassique moyen formant le Nivernais.

.../...

CADRE GÉOLOGIQUE DE LA BOURGOGNE

AU 1/750 000*



a) TERRAINS

● Au centre, l'axe hercynien du Morvan et du Charollais (Ere primaire) :

1. Massifs granitiques.
2. Terrains métamorphiques (gneiss, anatexites...).
3. Formations volcaniques (rhyolites et microgranites).
4. Terrains sédimentaires ou volcano-sédimentaires (âge dévonien-dinarien), plus ou moins touchés par le métamorphisme de contact contre le massif granitique de Luzy.
5. Bassins houillers (Stéphanien), schistes bitumineux et grès (Autunien).

● Autour, ce qu'il reste de la couverture sédimentaire de l'Ere secondaire, discordante sur le socle hercynien :

T. Grès ou argiles gypsifères du Trias (Muschelkalk-Keuper) réduits ou absents sur les marges du Morvan, très développés au contraire au NE de Langres où s'ajoutent les faciès calcaires du Muschelkalk.

L. Série marneuse liasique formant dépression, en particulier autour du Morvan et au pied du plateau de Langres.

Jm - Js. Séries du Jurassique moyen et supérieur donnant les plateaux calcaires de Côte-d'Or, les crêtes du Maconnais...

Ci. Argiles et sables du Crétacé supérieur (Champagne humide Puisaye).

Cs. Séries crayeuses du Crétacé supérieur.

● Accumulés dans des fossés tectoniques, ou étalés en surface les principaux dépôts de l'Ere tertiaire (6) : remplissage argilo-sableux du fossé bressan, nappe des Sables du Bourbonnais cailloutis de la Forêt d'Othe...

7. Montées volcaniques souterraines (probablement d'âge néogène) mises à nu par l'érosion.

b) STRUCTURE

● Les failles jouent un rôle essentiel :

8. Failles dominantes, responsables souvent d'un relief notable les crans sont du côté tectoniquement abaissé.
9. Indications sur les autres failles.
10. Importantes dislocations dans le socle hercynien.

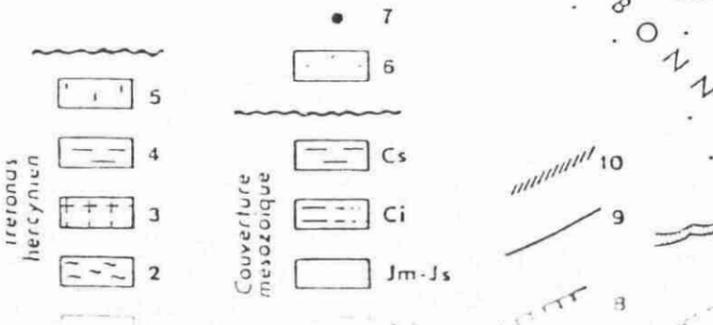
● Une influence des plissements alpins :

Lourde voûte du seuil de Bourgogne, discrètes ondulations de la série secondaire... Les flèches indiquent les plongements.

11. Chevauchement frontal du Jura.

c) MORPHOLOGIE

Les principaux contrastes topographiques sont suggérés par le figuré des terrains (dépressions du Lias et du Crétacé inférieur par celui des failles (reliefs de faille bordant le Morvan ou les horsts de Saint-Saulge et de La Serre, relief en failles de la Côte...) et par un figuré pour les cuestas (12) : a. Côte des calcaires entroques du Bajocien, b. Côte oxfordienne, c. Côte du Portlandien d. Talus de la Craie...



A l'Est, des failles (de direction méridienne passant au NE à la direction varisque) délimitent plusieurs compartiments dans les massifs calcaires du Jurassique moyen et supérieur, dont le plus oriental constitue la Côte et délimite le fossé bressan.

Au Sud, la bordure du massif ancien se morcelle. On y trouve les petits plateaux calcaires jurassiques très faillés du Chalonnais, Charolais et Mâconnais.

Au Nord du Seuil de Bourgogne et du Morvan, la série sédimentaire s'enfonce avec un faible pendage vers le Bassin Parisien, laissant apparaître successivement tous les terrains de la base du Jurassique au sommet du Crétacé.

Stratigraphiquement la Bourgogne est donc composée d'un socle primaire, d'une série marine secondaire (le Trias étant très réduit) dans laquelle on observe de nombreuses variations de faciès et de puissance, et de formations continentales tertiaires et quaternaires comblant les fossés existants.

En superficie, la répartition des terrains est :

- 17% de terrains primaires
- 17% pour le Trias-Lias
- 32% pour le Jurassique moyen et supérieur
- 13% de Crétacé dont 10% de séries crayeuses
- 21% de dépôts continentaux du Tertiaire et Quaternaire.

Les séries calcaires et crayeuses représentent 40%. Le karst bourguignon, par l'importance de sa superficie, est donc loin d'être un phénomène négligeable.

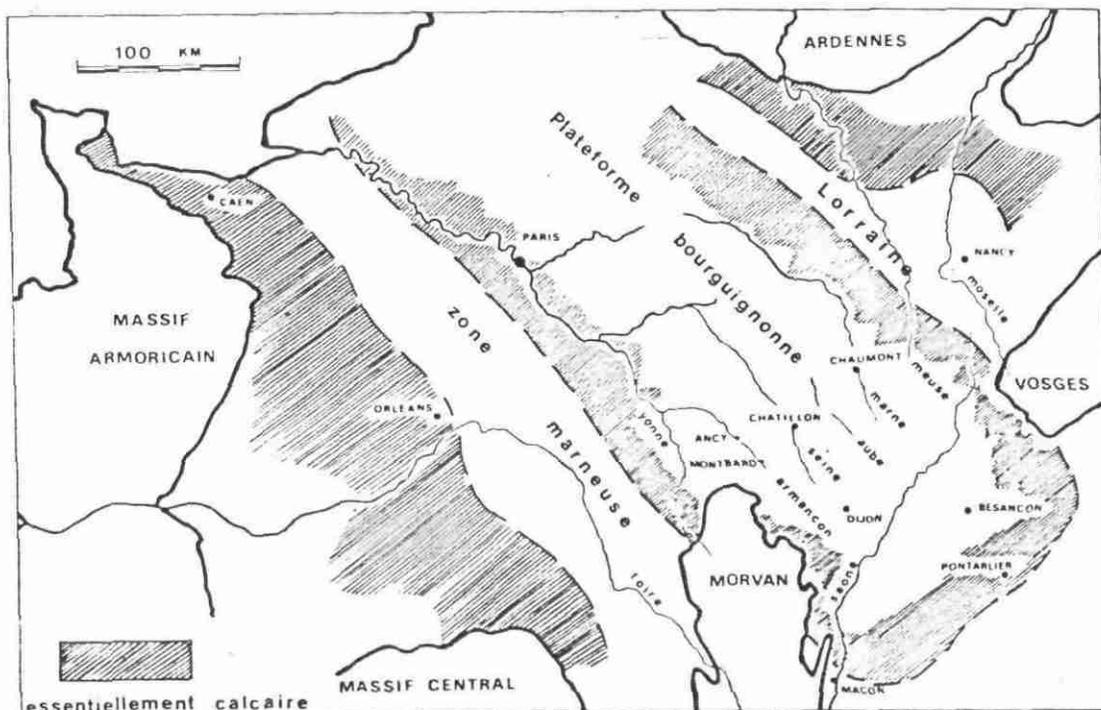
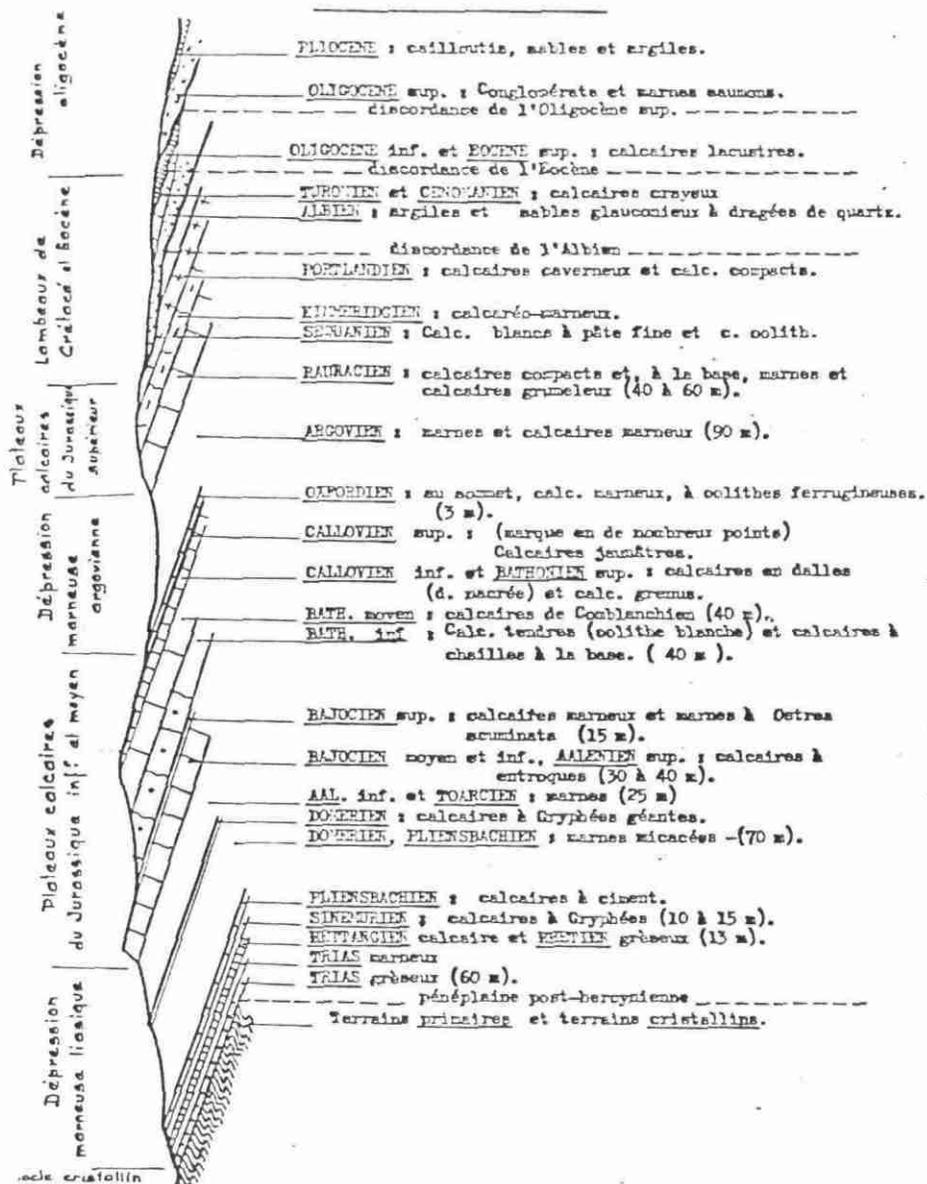
25 - TECTONIQUE REGIONALE

La structure bourguignonne actuelle s'est formée en plusieurs crises orogéniques, séparées par des périodes de calme tectonique, Chronologiquement :

- la plus importante et la plus ancienne est l'orogénèse hercynienne qui engendre les fractures de direction varisque dans le socle
- la phase anté-albienne qui est la première amorce du Seuil de Bourgogne
- l'émersion définitive fini-Crétacé qui ne s'est faite qu'avec certaines déformations : compression "pyrénéenne", accompagnée de cassures du socle et probablement de décrochements
- la distension oligocène avec rejeu des failles hercyniennes et apparition de failles subméridiennes
- la compression du Miocène supérieur, contemporaine de la phase ultime du plissement du Jura, d'où résulterait l'essentiel des reliefs actuels (affirmation du seuil de Bourgogne et du Morvan)
- et au Pliocène l'enfoncement et le remplissage du fossé bressan.

COTE SYNTHEIQUE DE LA SERIE STRATIGRAPHIQUE BOURGIGNONNE

montrant le rôle morphologique des principaux ensembles.....



Eléments morphologiques du bassin de Paris pendant le Jurassique moyen (Purser B., 1975).

26 - APERCU HYDROGEOLOGIQUE

a) Aquifères

Parmi les différents ensembles stratigraphiques et lithologiques on peut distinguer cinq niveaux aquifères karstiques principaux :

- les calcaires à entroques du Bajocien reposant sur les niveaux imperméables du Lias
- les calcaires bathoniens et calloviens reposant sur les marnes semi-perméables (à *Ostrea-acuminata*) du Vésulien. Par la faible épaisseur du niveau marneux, la nappe des calcaires bathoniens peut suralimenter, au niveau de petits accidents, la nappe des calcaires bajociens
- au niveau de l'Oxfordien, l'ensemble est aquifère dans les calcaires récifaux, par contre pour le faciès marneux (principalement dans la Nièvre) apparaît une petite nappe en réseau
- les calcaires sublithographiques du Portlandien utilisant l'assise des dépôts marneux du Kimméridgien comme substratum imperméable
- la nappe de la craie sénonienne et turonienne.

Les eaux de ces aquifères sont dures (TH compris entre 20° et 35°, minimum pour les aquifères de la craie) et sont très chargées en nitrates dans les zones de grandes cultures.

Ces nappes sont de plus très vulnérables. En effet, la circulation par chenaux et fissures des aquifères karstiques facilite l'infiltration rapide des polluants.

Localement, il existe sur ces karsts des formations superficielles ayant un rôle protecteur : argiles à silex dans le Mâconnais, argiles à chailles du Nivernais et limons rouges en Côte d'Or.

b) Phénomènes karstiques

Le phénomène hydrogéologique le plus important, qui est lié à l'absence de réseau hydrogéologique superficiel (caractéristique des terrains karstiques), est l'existence de nombreuses et importantes sources. Ces sources sont presque toutes localisées dans les vallées principales et les plus importantes correspondent à des résurgences (mis à part les sources du Bajocien et du Portlandien qui sont liées aux limites d'affleurement du calcaire).

.../...

La karstification, qui s'est développée par érosion chimique et mécanique grâce à une fracturation pré-existante, a engendré des réseaux souterrains pénétrables par l'homme. Ce sont les grottes et gouffres qui, en Bourgogne, sont généralement actifs et à développement horizontal.

Il existe aussi de nombreuses dolines, des zones d'effondrements, des vallées sèches (qui par l'importance de leur zone de décompression permettent un écoulement souterrain préférentiel), des zones de pertes, qui peuvent être importantes (Serein, Laignes, Tille, Venelle, ...) et parfois des lapiazs non couverts.

Du fait de la (relative) faible épaisseur des niveaux calcaires, ces phénomènes n'atteignent pas l'importance de ceux rencontrés dans les régions réputées karstiques.

3 - ETUDE DU KARST BOURGUIGNON

31 - RAPPELS D'HYDROGEOLOGIE KARSTIQUE

311 - Genèse du karst

Le karst se développe dans les sédiments calcaires par la combinaison de facteurs tectoniques, hydrauliques et chimiques.

En effet, une eau agressive (chargée en CO₂) a le pouvoir de dissoudre le calcaire (plus exactement le carbonate de calcium). Mais pour que cette dégradation du milieu ne soit pas que superficielle, la fissuration préalable de la roche est nécessaire, afin de créer des zones propices à l'infiltration.

312 - Rôle de la tectonique

Le rôle de la tectonique par l'intensité et la nature de la fracturation est donc primordial dans la formation d'un karst. Pour que l'eau circule dans une fracture, il est nécessaire que celle-ci soit ouverte et non comblée. Ce seront donc les fractures originelles d'une distension maximale (faille normale, décrochement - écartement) ainsi que celles ayant eu le plus de rejeu, qui conditionneront en priorité l'écoulement. Elles peuvent se combler par l'action de facteurs physico-chimiques (cristallisations, dépôts insolubles).

.../...

313 - Nature de l'écoulement souterrain

Hormis le rôle primordial de la fracturation, le karst se développe aussi le long des joints de stratifications, qui peuvent s'ouvrir lors de ripages bancs sur bancs (formations des laminoirs des grottes). Pour les calcaires à pendage faible, la circulation de l'eau peut être opposée à la pente (ce phénomène non négligeable se manifeste essentiellement dans la forêt d'Othe -89-).

En profondeur, la densité de fracturation diminuant, l'écoulement souterrain est moindre. Par contre, la circulation de l'eau par érosion chimique et mécanique, modifie la distribution des vides, qui doivent être connectés pour permettre cette circulation.

Il existe une surface de discontinuité dans l'aquifère karstique, séparant deux domaines géologiques qui ne diffèrent que par leur perméabilité. Au dessus de cette surface, les diaclases originelles sont agrandies par dissolution, tandis qu'au dessous elles restent fines et ont plutôt tendance à se colmater par de la calcite.

Du fait d'un écoulement par conduits karstiques, cet aquifère a une perméabilité très hétérogène.

Pour la craie qui est une roche perméable (porosité comprise entre 20 et 30%, tandis qu'elle est inférieure à 1% pour les calcaires), on a superposition de l'écoulement de matrice (faible perméabilité) et des circulations karstiques.

32 - METHODOLOGIE EN HYDROGEOLOGIE KARSTIQUE

321 - Méthodes géologiques générales

La géologie de terrain, la géomorphologie, la photo-géologie permettent de "connaître" la nature et la fracturation du karst. Mis à part l'intensité de la tectonique, la fréquence des fractures dépend de la lithologie (elle diminue avec la plasticité de la roche), de l'épaisseur des bancs de calcaire et de la puissance du dépôt.

322 - Méthode micro-tectonique

Elle contrôle et complète l'étude de la fracturation faite par photo-géologie. Elle permet de connaître la nature, la densité, les relations des fractures entre elles et de définir la représentativité entre les micro et méga-fractures.

.../...

323 - Méthodes spéléologiques

Par analyse statistique des relevés topographiques, le lien entre la fracturation et les réseaux spéléologiques pourra être établi.

Cette méthode a le désavantage de n'être limitée qu'aux parties du karst pénétrables et découvertes par l'homme, elle n'est donc pas totalement représentative du réseau karstique.

324 - Méthodes de traçages

Effectuées grâce à des traçages chimiques, colorimétriques ou radio actifs.

325 - Méthodes hydrométriques et hydrodynamiques

La surveillance des débits des sources et des pertes, permet d'établir des bilans hydrologiques qui peuvent fournir des caractéristiques de l'aquifère ; l'analyse des courbes des décrues permet d'estimer la perméabilité équivalente du réseau.

Par une piézométrie détaillée, on peut déterminer le sens et les zones préférentielles de l'écoulement.

326 - Méthodes hydrochimiques, géophysiques, analogiques, mathématiques

Ces méthodes sont citées pour mémoire.

33 - ORGANISATION DE L'ETUDE

De par leur étendue et la diversité lithologique, les terrains karstiques bourguignons ne peuvent pas être étudiés d'un seul tenant. De plus la fracturation n'étant pas homogène, une étude statistique pour l'ensemble de la région ne pourrait pas être menée à bien.

Un découpage de la région en unités s'impose donc. Il est établi essentiellement d'après des critères stratigraphiques et tectoniques.

Pour chacune de ces zones, le plan d'étude sera le suivant :

a) Situation géographique

Localisation, étendue de la zone. Eventuellement des données climatiques et physiques seront fournies.

.../...

b) Géologie et hydrogéologie

Les étages géologiques, leur faciès et leur épaisseur, seront précisés. La nature des sources, ainsi que l'importance des phénomènes karstiques seront développées dans ce paragraphe.

Des compléments sur la tectonique, la paléogéographie ou la géomorphologie locale pourront être donnés.

c) Fracturation : relevés des failles (annexe n° 1)

Une carte de la fracturation au 1/250.000 a été établie. Du fait de la faible échelle du travail, de l'importance de la couverture végétale et de la présence de recouvrement superficiel, une étude photo-géologique a été écartée. Ce relevé de failles s'est fait à partir des cartes géologiques au 1/50.000 et 1/80.000. Toute la région n'étant pas recouverte par les coupures au 1/50.000, notamment le département de la Nièvre, une hétérogénéité artificielle, au niveau de la densité, apparaît sur la carte.

La densité ainsi que le diagramme d'orientation demi-circulaire, sont déterminés par traitement statistique des failles ainsi inventoriées. Ces diagrammes d'orientation sont réalisés en relevant pour chaque faille, son (ou ses) orientation avec la longueur associée ; longueur que l'on ajoute dans la classe correspondant à l'orientation. Les classes sont établies de 10° en 10° par rapport au Nord géographique.

Pour les relevés sur le terrain et pour la plupart des topographies des réseaux spéléologiques, une correction entre le Nord magnétique et géographique s'impose donc.

d) Observations de terrains

Cet appui des observations de terrain, essentiellement micro-tectonique, qui n'a pu être réalisé qu'en peu de points, permet d'avoir localement, confirmation de la tectonique et de connaître la nature des accidents.

Par des relevés, le long de galeries ou de falaises, de toutes les fractures, la densité de fracturation locale sera estimée. Les effleurements, sur lesquels sont effectués les relevés, devront être continus et avoir une longueur assez importante pour être représentatifs.

.../...

e) Réseaux spéléologiques

A partir des topographies de ces réseaux, des diagrammes d'orientation sont réalisés. Pour être représentatifs ces réseaux devront avoir une longueur minimum. Cela évite, de plus, de prendre en compte les grottes dites cutanées. Ces grottes, de bord de falaise, sont indépendantes du drainage souterrain et leur développement est peu important. Elles se forment, perpendiculairement ou parallèlement aux versants, sous l'action de la gélifraction durant les périodes périglaciaires (glaciation du Plio-Quaternaire).

Dans les statistiques les grottes de décollement ne sont pas, elles non plus, prises en compte.

Le concrétionnement, étant un indicateur de circulation souterraine, il sera intéressant de noter l'emplacement des concrétions, soit lors de visite de grottes, soit par communications orales avec les spéléologues locaux.

f) Résultat de l'analyse statistique

Les diagrammes des réseaux spéléologiques (qui donnent une vision locale de l'écoulement du réseau karstique), corrélés avec les diagrammes de fracturations, permettront de déterminer régionalement et hypothétiquement les directions préférentielles des conduits karstiques, ainsi que la fréquence de fissuration de l'aquifère.

De ces résultats à petite échelle, une extrapolation à grande échelle serait très hasardeuse et demanderait un approfondissement local de l'étude hydrogéologique.

g) Traçages

Les traçages, qui sont généralement artificiels, peuvent se manifester sous forme d'une pollution dont l'origine est connue.

Ils sont les témoins d'une circulation souterraine entre deux points donnés, sans en fournir le trajet réel. Ils permettent aussi de connaître les vitesses minima du déplacement de l'eau dans les conduits karstiques.

Ils infirment ou affirment donc les résultats trouvés par l'analyse statistique.

h) Conclusion

Suivant l'importance des renseignements collectés et les résultats obtenus par cette étude préliminaire, des conclusions seront tirées sur cette partie du karst bourguignon.

i) Contenu des cartes

Deux cartes de la Bourgogne au 1/250.000 sont établies d'après les données recueillies.

Une carte à caractère géologique, où sont reportés les accidents tectoniques et leurs diagrammes conséquents (annexe n° 1)

Les données liées directement au karst sont représentées sur une deuxième carte : les colorations (avec leurs vitesses minima de déplacement), les réseaux spéléologiques (dont la topographie est grossie) avec leur diagramme de directions des galeries, les sources et zones de pertes importantes, (annexe n°2)

34 - ETUDE DES UNITES REGIONALES

Le découpage des régions karstiques de la Bourgogne donne douze unités qui seront examinées successivement en partant de l'Ouest du Morvan et en tournant autour de celui-ci suivant le sens de la marche des aiguilles d'une montre.

341 - Les plateaux du Nivernais (cf. annexe n° 3)

a) C'est la région limitée au Sud et à l'Ouest par la Loire, par la Puisaye au Nord et le Bazois à l'Est. Sa superficie avoisine les 3000 km².

b) On se limite dans cette partie, à l'étude des plateaux nivernais du Jurassique moyen et de l'Oxfordien.

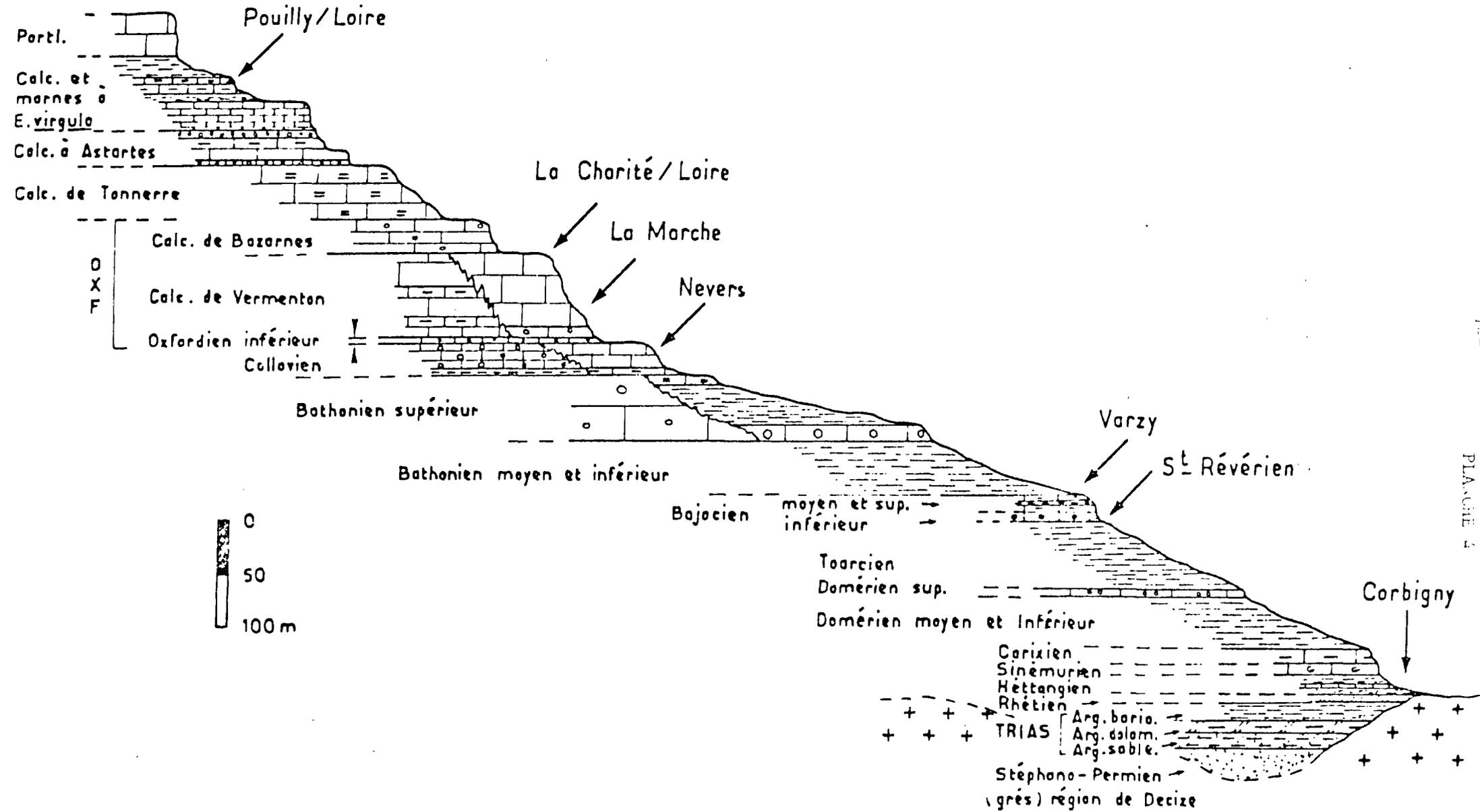
Les variations latérales de faciès et de puissance y sont fréquentes du fait qu'au Dogger, la morphologie sous-marine de cette région se présentait comme un relief de plate-forme au Nord et de bassin au Sud (cf. planche 4)

Le Bajocien est composé de calcaires à entroques (10m) surmontés de marnes (20m). Il diminue de puissance vers le Nord. Le Bathonien, qui est épais d'une centaine de mètres, est essentiellement marneux au Sud, tandis qu'au Nord il se présente sous forme de calcaire oolithique dans sa partie sommitale.

Le Callovien et l'Oxfordien sont sous forme de calcaires récifaux ou lithographiques; leur épaisseur, voisine de 100 mètres, augmente du Sud au Nord.

Dans la Nièvre, une formation superficielle argilo-caillouteuse ("argiles à chailles"), pouvant atteindre 20 m d'épaisseur, recouvre généralement les plateaux calcaires. Ce recouvrement formé par décalcification du Jurassique, joue un rôle hydrogéologique important par son pouvoir auto-épurateur.

.../...



SÉRIE STRATIGRAPHIQUE RENCONTRÉE DANS LE DÉPARTEMENT DE LA NIÈVRE (SOCLE → PORTLANDIEN).

PLANCHE 4

Les niveaux aquifères sont le Bajocien (peu puissant, mais fréquemment diaclasé), le Bathonien dans son faciès nord avec la couverture de décalcification, et surtout l'Oxfordien dans son faciès Rauracien-Séquanien.

Les sources (généralement des exurgences), sont assez nombreuses dans le Jurassique moyen avec des débits ne dépassant généralement pas les 20 l/s, tandis que pour l'Oxfordien elles sont plus rares, mais avec des débits plus importants. Elles se situent souvent dans les vallées sèches.

Du point de vue tectonique, la région a essentiellement été influencée par la phase oligocène et la compression WNW-ESE du Miocène au cours de laquelle les failles normales rejouent en décrochements dextres.

A la suite du compartimentage par les failles, la plupart des aquifères du Dogger sont discontinus.

c) Le relevé des accidents tectoniques a été fait à partir de cartes géologiques au 1/80.000. Pour la région de Cosne/Loire, les travaux réalisés par J.C. MENOT (Université de DIJON) ont permis une correction du levé de la carte géologique.

La densité de fracturation est de 0,28 km /km².

Les failles ont une longueur moyenne supérieure à 10 km.

Sur le diagramme d'orientation apparaît une direction préférentielle subméridienne.

d) Aucune étude micro-tectonique n'a été réalisée dans cette région.

La littérature (DEBRAND-PASSARD) donne cinq directions de fracturation privilégiées subméridienne, N 030⁽¹⁾ (décrochement sénestre), N 070-080, N 090-120 (compression Miocène), N 140-150 (tendance à la rotation des accidents armoricains).

Le réseau important des fractures NS et N 030 est, en bordure du Morvan, souligné par des intrusions basiques.

e) La karstification dans la Nièvre est limitée par l'importance des dépôts marneux, qui s'explique par la structure de bassin sédimentaire du Dogger.

La plupart des cavités se développent dans les calcaires oolithiques du Bathonien ; elles sont actives et horizontales. Leur formation , qui semble

.../...

(1) Notation donnant la direction en degrés par rapport au Nord géographique. Le nombre de degrés étant compté dans le sens de rotation des aiguilles d'une montre (Nord-Sud = N 000 ou N 180 ; Est-Ouest = N 090 ou N 270).

récente, s'effectue le long de joints de stratifications et de diaclases (communication orale de Cl. CHABERT).

La plus importante de ces cavités atteint 700 m de développement (1).

f) De cette analyse statistique, qui se limite à un relevé des accidents, aucun résultat probant ne peut être déduit.

Les travaux effectués par G. ROBIN au Centre Géophysique de GARCHY, montreraient un écoulement préférentiel suivant la direction subméridienne (failles normales, qui ont rejoué en décrochement). En effet par méthode magnéto-tellurique en "traineau", il a mis en évidence un drain de direction N 160 dans le bassin du Nohain. Cette hypothèse, qui s'appuie sur des données très locales, demande confirmation.

g) Les principales colorations ont été effectuées par B. PETITFJLS, dans le cadre de sa thèse, au SE de la Charité/Loire. Les vitesses de circulation sont de l'ordre de 60 à 140 m/h.

Au niveau du Trou Bleu, le désamorçage périodique d'un siphon dans le réseau karstique fait pressentir la présence d'une poche karstique assez importante.

h) La faible importance des phénomènes karstiques dans le Nivernais s'explique par la reconstitution paléogéographique du Dogger. La présence d'importants niveaux plastiques entre les calcaires, explique un réseau de failles peu important.

Les eaux souterraines sembleraient emprunter de préférence les fractures subméridiennes, qui sont les plus fréquentes dans cette région.

342 - Jurassique supérieur du SE du Bassin Parisien (cf. annexe n° 4)

a) Cette partie de la Bourgogne, qui s'étend principalement dans l'Yonne, avoisine les 2750 km² de surface.

b) Du Sud au Nord, on remonte stratigraphiquement la série sédimentaire qui pend légèrement vers le NW :

- En premier lieu l'Oxfordien (s. 1), dont les couches ne sont pas pétrographiquement continues sur toute l'étendue des plateaux de la Basse
.../...

(1) Un inventaire complet des phénomènes karstiques de la Nièvre va être publié d'ici la fin de l'année par Cl. CHABERT aux éditions de la CAMOSINE à NEVERS.

Bourgogne. Il existe sous deux formes différentes : au Sud d'une ligne passant par Arcy/Cure et Mailly, il est représenté par une masse de plus de 100m d'épaisseur de calcaires récifaux, oolithiques ou compacts ; au Nord de cette zone, il est constitué par des alternances de couches marneuses et calcaires dont l'épaisseur peut atteindre 180m. Dans l'Oxfordien, on peut ainsi distinguer une zone hors récif, un avant récif, une barrière récifale et un arrière récif. Chacun de ces ensembles étant caractérisé par une sédimentation et vie organique particulière, il a été possible de reconstituer la paléogéographie du milieu de sédimentation (cf. planche n° 5)

- A cet ensemble succèdent les marnes et calcaires marneux du Kimméridgien (60 à 120 m), qui sont dominés par les plateaux formés des calcaires lithographiques du Portlandien (50 à 80m).

Dans cette partie de la Bourgogne, il existe donc deux réservoirs aquifères principaux : les calcaires récifaux de l'Oxfordien dans lesquels se développe un karst assez important et les calcaires portlandiens, pour lesquels la partie supérieure est un karst fossilisé par les dépôts crétacés.

La majorité des sources de l'Oxfordien exurgent dans les vallées (leur débit étant très important). Elles sont peu fréquentes et ont fait l'objet de nombreuses recherches (expériences de colorations essentiellement).

Pour le Portlandien les nombreuses sources, qui sont de trois types (déversements, émergeant à l'aval des vallées sèches et apparaissant à la faveur d'un accident) ont un débit d'une dizaine de l/s.

L'écoulement souterrain peut être localement imposé par la fracturation et les vallées sèches.

Les vallées sèches

Ce sont des zones de circulations préférentielles, d'une part parce que la fracturation y est plus importante que sur les plateaux, d'autre part parce qu'elles représentent des points d'infiltration maximum de l'eau. De plus, le contact de la zone décomprimée avec le calcaire sain épouse, en l'accentuant, la forme de la vallée.

Tectonique

La phase importante est la distension oligocène. En se rapprochant du seuil de Bourgogne, la compression d'âge miocène se fait progressivement ressentir.

.../...

LE RÉCIF OXFORDIEN DE L'YONNE

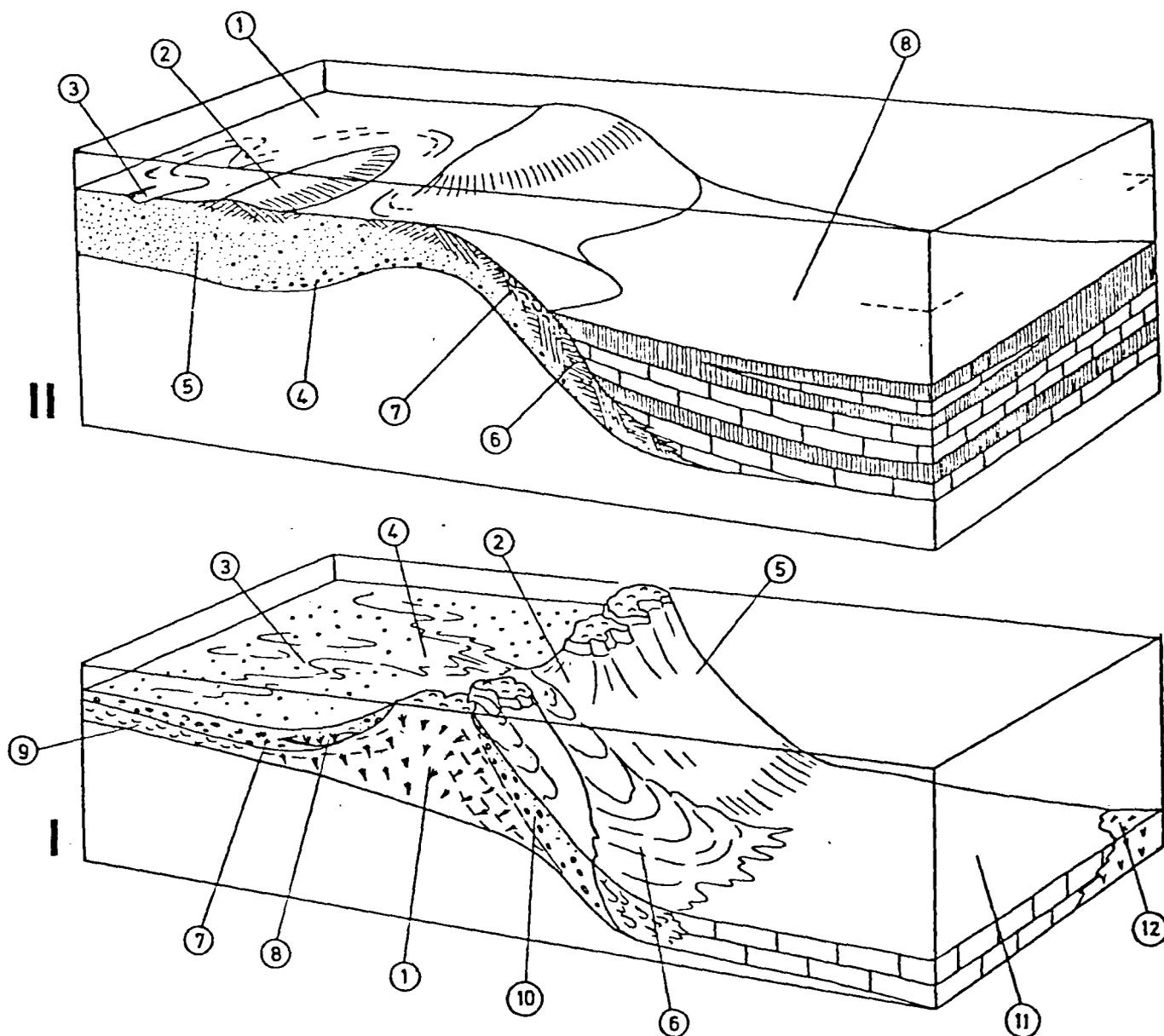


FIG. 24. — Schéma paléogéographique.

Stade I. — Croissance et démantèlement du récif : 1. Barrière récifale. 2. Passe. 3. Plate-forme d'arrière-récif. 4. Chenaux de marée. 5. Talus. 6. Epandage et glissement de boues carbonatées sur le talus. 7. Rudites coralliennes internes. 8. Petits biohermes. 9. Biostrome à Polyptera lamellaires. 10. Rudites coralliennes de l'avant-récif. 11. Sédimentation de haute mer. 12. Colonies de Spongiaires.

Stade II. — Enfouissement du récif : 1. Plate-forme peu profonde (à algues?). 2. Dunes sous-marines de sable coralligène. 3. Chenaux. 4. Faciès graveleux grossiers. 5. Faciès graveleux fins. 6. Epandage de sables coralligènes sur le talus fossilisé. 7. Encroûtement à Huitres. 8. Faciès fin de haute mer avec apports terrigènes.

c) Les relevés de la fracturation ont été effectués à partir des coupures au 1/50.000 des cartes géologiques. Sa densité est de 0,16 km/km². Elle est assez uniforme sur la région. Les failles, qui sont réparties presque uniformément entre N 170 et N 070, montrent la virgation de la fracturation vers l'Est sous l'influence de la phase ultime du plissement jurassien.

d) Dans le cadre de cette étude, des relevés de diaclase n'ont pu être effectués.

Mais on peut s'appuyer sur les relevés des directions des galeries souterraines (la distance ne rentrant pas en compte). La direction NS ressort comme la plus fréquente ; l'importance des galeries à direction NW montre qu'une partie du réseau karstique se développe suivant le pendage.

e) La plupart des grottes se trouvent au niveau de l'Oxfordien. Le réseau le plus important étant le complexe d'Arcy/Cure qui atteint 2 km de développement. Ces grottes sont souvent concrétionnées.

Dans les statistiques, ne rentrent en compte que les grottes supérieures à 40m, afin d'éviter tout "parasitage" dû aux grottes cutanées.

Sur le diagramme, la direction subméridienne apparaît comme la plus fréquente, ainsi que sa direction perpendiculaire (dans des proportions moindres).

La grande indépendance entre le réseau souterrain et les circulations superficielles, montre que la formation du karst est antérieure au creusement des vallées actuelles.

Les pertes les plus importantes se situent dans le lit du Serein, en aval de Tormancy (en moyenne 1 m³/s), dans le lit de la Cure (à Asquin), d'autres dans celui de l'Armançon en aval de Cry.

f) Globalement, la formation du réseau karstique s'est faite suivant les failles nées en distension et les joints de stratification.

A l'Est, du fait de l'influence grandissante de la tectonique compressive, qui a refermé les fractures ouvertes, la circulation diaclasienne serait moins dense.

g) De nombreuses colorations ont été réalisées, notamment par le Couppey au début du siècle. Elles révèlent des vitesses de circulation comprises entre 6 et 1000m/h (la moyenne étant voisine de 100 m/h).

Elles mettent en évidence des circulations entre l'Armançon et le Serein, le Serein et la Cure, la Cure et l'Yonne. Par contre aucune circulation entre l'Yonne et la Loire n'a été prouvée.

Dans le cas particulier d'Arcy/Cure, le traçage prouve un écoulement libre, car la vitesse d'écoulement est plus rapide à l'étiage (900 m/h) qu'en crue (le temps du traçage est doublé).

Pour les pertes du Serein, une analyse de la quantité de fluorescéine restituée a permis d'estimer à 0,4 m³/s les échanges entre le Serein et la Cure. Cette coloration étant un exemple de l'influence de la fracturation sur l'écoulement souterrain. En effet, l'eau prendrait une direction NW conforme au pendage, puis en butant sur la faille de Mailly-le-Chateau, les eaux seraient alors drainées par cet accident pour résurger à Vermenton.

h) Les failles normales subméridiennes, ainsi que le léger pendage NW des sédiments, jouent un rôle dans la direction de l'écoulement.

Ceci est loin d'être général, ainsi les vallées sèches sont des zones d'écoulement préférentiel et l'écoulement, comme le prouvent les colorations à l'Ouest de l'Yonne, peut se faire vers les vallées à écoulement permanent sans tenir compte du pendage.

Les échanges karstiques entre les vallées sont loin d'être négligeables, par exemple entre le bassin du Serein à Chablis et celui de l'Yonne à Gurgy (Nord d'Auxerre), ils sont en moyenne de 3 m³/s.

343 - Bazois et Terre-Plaine (cf. annexe n° 5)

a) Ces deux pays, qui se situent respectivement à l'Ouest et au Nord du Morvan, sont à cheval sur les départements de la Nièvre et de l'Yonne. La superficie de cette unité est de 3600 km².

L'influence climatique montagnaise favorise les précipitations qui dépassent 850 mm par an.

b) Le Bazois, géologiquement, est une zone d'effondrement dont les sédiments, du Jurassique inférieur, sont essentiellement marneux. Il n'est cité que pour mémoire, car les deux niveaux perméables (le Sinémurien et le Domérien supérieur), qui constituent les zones karstifiables, sont de très faible épaisseur.

La Terre-Plaine, quant à elle, est formée par les dépôts du Lias au Sud, qui sont surmontés par les sédiments calcaires et marneux du Dogger. Les deux niveaux calcaires du Jurassique moyen sont le Bajocien (calcaires à entroques épais de 15m) et le Bathonien moyen (calcaires oolithiques épais de 100m). Ils se présentent sous la forme de grandes cuestas accompagnées de nombreuses buttes témoins.

.../...

L'aquifère bajocien, malgré sa faible puissance, est important du fait de la suralimentation, par l'intermédiaire du niveau semi-perméable du Vésulien (épais de 45m), du Bathonien. On peut même considérer le Vésulien comme faisant partie de son bassin d'alimentation, vu la quantité des sources bajociennes (débits voisins de 5 l/s).

Par contre pour le Bathonien, les sources sont plus rares, mais d'un débit plus important (quelques dizaines de l/s), du fait d'un plus grand bassin d'alimentation.

Ces exurgences émergent à la faveur d'un contact imperméable : les marnes noires du Toarcien-Aalénien pour le Bajocien et les marno-calcaires du Vésulien pour l'aquifère Bathonien ; la rareté des sources bathoniennes dépend sûrement de la répartition hétérogène de l'imperméabilité du mur de l'aquifère.

La résistivité de ces eaux est de 2000 ohms-cm et le TH de l'ordre de 30°.

Le problème particulier des fontaines salées de St Père

A St Père, dans la vallée de la Cure, émergent des sources thermo-minérales, qui ont une forte teneur en sel (5 à 10 g/l) et dégagent des gaz rares. Ces venues d'eaux profondes, exurgent à la faveur d'une importante faille NS, qui vient buter sur les marnes liasiques.

La minéralisation provient sûrement du lessivage d'un complexe argilo-salifère d'époque triasique. L'apport de la géophysique, a prouvé qu'une faille de direction varisque, était postérieure à la faille méridienne drainante, qu'elle décroche.

Cette étude locale confirme la chronologie de la tectonique régionale et le caractère drainant des failles normales de l'Oligocène.

c) Les accidents sont reportés d'après les cartes au 1/80.000 pour le Bazois et 1/50.000 pour la Terre-Plaine.

Au niveau des statistiques établies seules les failles du Dogger sont prises en compte.

La densité des failles est de 0,23 km/km² avec une répartition assez uniforme au niveau des calcaires.

Les directions les plus fréquentes étant celles intermédiaires entre la direction méridienne et varisque. Ce pays serait donc une zone de virgation de la fracturation.

d) Dans le cadre de cette étude, aucune observation de terrain n'a été faite.

.../...

e) Les réseaux spéléologiques connus se trouvent dans l'Yonne. Seulement deux d'entre-eux développent plus de 100m. Ces grottes sont fossiles et formées principalement le long de diaclases. Certaines possèdent un concrétionnement important.

Un diagramme d'orientation a été dressé mais ne peut être représentatif, vu le peu de données avec lesquelles il a été établi.

Il en ressort tout de même une direction subméridienne ; ce diagramme étant semblable à celui du Jurassique supérieur.

f) De l'analyse statistique, qui est incomplète et non fiable, on peut seulement déduire que l'eau utiliserait de préférence les fractures ouvertes engendrées par la distension. Les failles conséquentes des deux tectoniques principales, qui sont les plus fréquentes, ne semblent pas influencer l'écoulement souterrain.

g) Les rares colorations réalisées, confirment les résultats obtenus pour le Jurassique supérieur.

h) Dans les calcaires du Jurassique moyen de l'Yonne, les circulations karstiques peuvent dépendre de la fracturation, du pendage des couches géologiques et de facteurs hydrodynamiques (convergence de l'eau vers les vallées pérennes malgré un pendage non favorable). Il apparaît que seules les failles subméridiennes sont aquifères ; leur direction perpendiculaire associée pouvant s'être légèrement ouverte lors de la tectonique compressive.

344 - Le Crétacé supérieur (cf, annexe n° 6)

a) C'est la région délimitée par la Puisaye et la limite départementale de l'Yonne ; elle s'étend sur 3300 km².

Avec une pluviométrie de 600 à 800 mm par an, la pluie efficace est de 90 à 150 mm ; la période réelle d'alimentation des nappes se situant de Décembre à Mars.

b) Le Crétacé supérieur, constitue la région crayeuse de la Bourgogne ; c'est une série puissante de 400m. Les réservoirs aquifères sont : la craie dure du Cénomanién (45m) qui se présente sous forme de cuesta, et surtout le plateau de la craie compacte à silex du Turionien-Sénonien (près de

.../...

300m d'épaisseur). Sur ces plateaux, affleure un recouvrement (d'ordre métrique) siliceux à matrice sablo-argileuse (du Tertiaire), qui joue un rôle épurateur assez limité et "pollue" le karst en surface. La contamination des eaux souterraines en période de fortes pluies, confirme la faible capacité filtrante de cette matrice.

Le pendage géologique des couches est vers le NW ; il conditionne une partie de l'écoulement. La karstification crée en bordure du plateau des circulations diaclasiennes à contre-pente, qui donnent naissance aux sources de la bordure sud de la forêt d'Othe. Les autres sources, qui alimentent en partie la ville de Paris en eau potable, se situent dans le bassin de la Vanne, dont la vallée péréenne constitue un niveau de base pour les circulations. Ces sources débitent en moyenne 1,8 m³/s.

Au niveau de cette véritable nappe aquifère qu'est la craie, des phénomènes purement karstiques se forment. Les conduits karstiques peuvent jouer, suivant leur position, par rapport à la surface piézométrique, le rôle d'apport ou bien de drain ; ces conduits assurent la perméabilité efficace de la craie. La dualité de cet aquifère peut expliquer le décalage entre les périodes de pluie efficace et des hautes eaux. Le niveau maximum des eaux étant en Avril-Mai et même en Juin, tandis que la période des basses eaux est généralement en Novembre-Décembre.

c) Ce secteur a une densité moyenne de fracturation faible (0,15 km/km²), qui diminue vers le Nord.

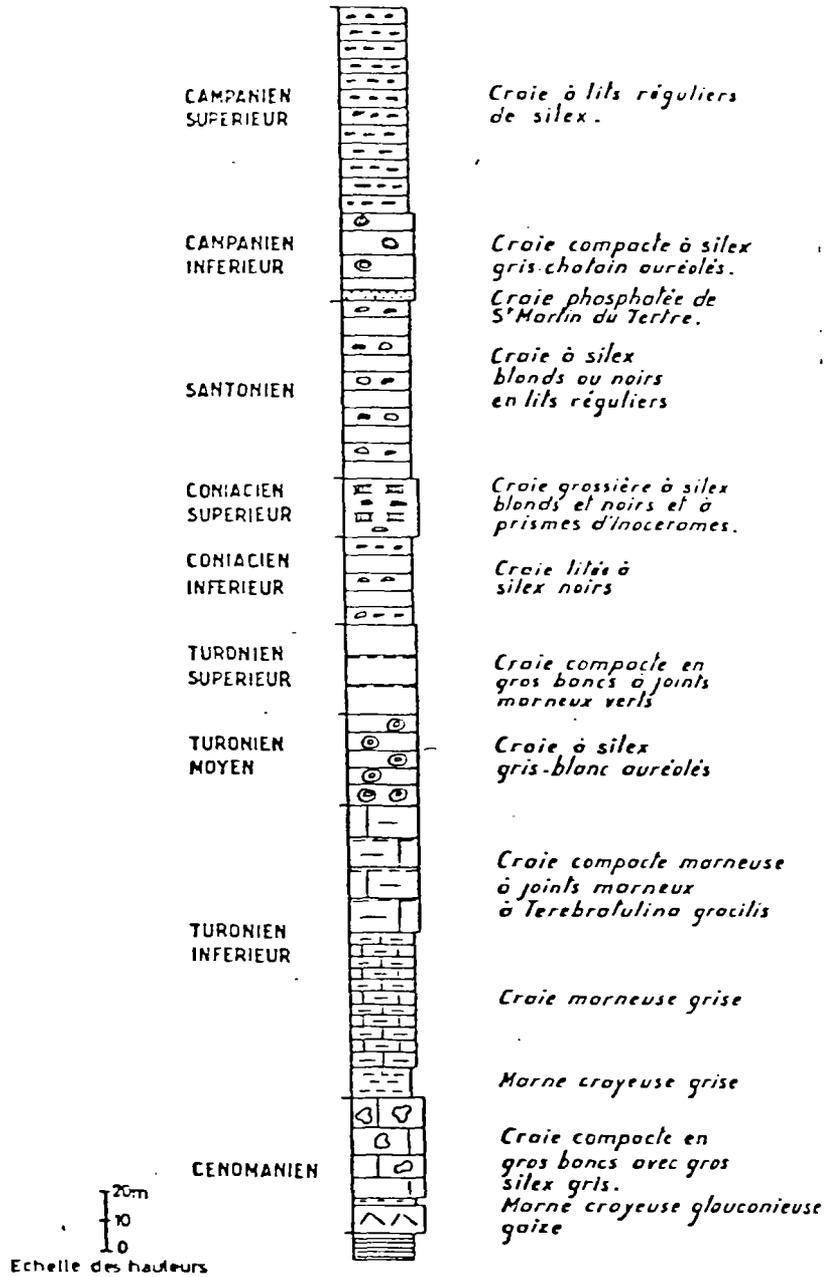
Les directions les plus fréquentes des failles sont comprises entre N 000 et N 030.

d) Plusieurs galeries drainantes ont été visitées dans la craie turonienne du versant sud de la Forêt d'Othe. Des relevés de direction de diaclases n'ont pu être réalisés que dans deux de ces galeries, les autres ayant les parois bétonnées ou un niveau d'eau trop élevé. Les données collectées lors de ces visites sont en annexe. Lors de cette étude microtectonique deux faits ont été localement vérifiés : le développement préférentiel des réseaux karstiques parallèlement aux failles normales et la densité plus importante des fissures nées en compression.

A cette étude locale, les travaux réalisés par Cl. MEGNIEN dans le bassin de la Vanne (craie sénonienne) apportent un complément.

.../...

COLONNE STRATIGRAPHIQUE DU CRÉTACÉ SUPÉRIEUR



D'après Mémoire BRGM n° 25

Il détermine quatre directions de fracturation privilégiées :

- N 010 subverticale (40%)
- NW-SE subverticale (25%)
- N 050 oblique (20%)
- N 090 oblique (15%).

Les deux premières directions sont les plus denses (fissures tous les 10 à 20 cm), tandis que l'on rencontre les autres tous les 5 à 10m.

e) Les réseaux spéléologiques de la craie sont étroits, non concrétionnés et leurs développements peuvent parfois dépasser le kilomètre. Ils ont la particularité d'être des cavités regard et de n'avoir aucune entrée naturelle. En effet, ils ont tous été découverts lors de creusement de puits.

Ce phénomène pourrait s'expliquer par une faible densité de fracturation et par le fait que la porosité matricielle diminuant avec la profondeur (car le diamètre des pores se réduit), l'eau qui s'infiltrait par porosité d'interstices, utiliserait en profondeur la fracturation ; la surface de discontinuité (de la perméabilité de la roche) pouvant être le niveau de base.

Le diagramme d'orientation des galeries donne une direction subméridienne de l'écoulement préférentiel souterrain.

f) La circulation souterraine par conduits karstiques paraît influencée par la tectonique. Ce sont les fractures liées à la distension oligocène (principalement celles perpendiculaires à la contrainte minimale ; la direction parallèle ressortant dans des proportions moindres) qui aurait conditionné la karstification. D'après l'analyse microtectonique, il semblerait que les diaclases perpendiculaires à la direction varisque (nées en compression) peuvent être le siège de circulation souterraine.

g) Au début du siècle, dans le cadre de l'aménagement des captages en eau potable des sources de la Vanne, de nombreux traçages ont été effectués par LE COUPPEY. Ils montrent une direction d'écoulement vers le NW. La densité de fracturation étant pratiquement nulle dans ce secteur, la karstification s'est opérée suivant le pendage.

Le traçage naturel (par pollution) de la Ramée est une preuve des circulations diaclasiennes à contre-pente.

.../...

h) Pour la craie qui est un aquifère à porosité d'interstices et de fissures, la circulation karstique est influencée par les fractures originelles d'une distension et par le pendage des dépôts ; l'influence de ces accidents tectoniques dépend de la densité de ceux-ci qui tend à être nulle dans le Nord de l'Yonne.

Ce karst est moins vulnérable que les karsts calcaires ; sur les zones de grandes cultures, de forts taux en nitrates sont enregistrés.

345 - Les plateaux du Châtillonnais (cf. annexe n° 7)

a) C'est une région de plus de 2000km² qui s'étend dans la partie nord de la Côte d'Or. Les précipitations, qui sont comprises entre 750 et 925 mm, diminuent avec l'altitude.

b) Ces plateaux, qui plongent doucement vers le bassin de Paris, forment le flanc NW du Seuil de Bourgogne. Ils sont constitués des dépôts du Jurassique moyen, qui dans cette région donne une épaisse série calcaire karstifiée, située entre les formations imperméables du Toarcien et de l'Oxfordien (dans son faciès Argovien). Cet ensemble calcaire, atteignant 120 m de puissance, est subdivisé en deux par le niveau particulier des marnes à *Ostrea-acuminata* du Bajocien supérieur (15m) ; des failles de faible rejet suffisent à interrompre sa continuité.

La structure géologique monoclinale favorise la constitution d'aquifères qui sont, en général libres.

Les sources de déversement du Bajocien peuvent apparaître au contact du Bajocien et du Lias (Douix de Darcey, source de Touillon) ou bien à la limite des marnes à *O. acuminata* (Trou Madame). Par contre pour le Bathonien, les sources qui sont essentiellement des exurgences, émergent dans les vallées (Douix de Châtillon, Laignes ...) ; elles ont des débits très importants.

Dans ce secteur, il y a de nombreuses pertes ; la plus importante est celle de la Laignes, qui se perd totalement aux environs de Vilaines-en-Duesmois. Cette perte alimente de nombreuses sources. Le débit de la résurgence de la Laignes est nettement supérieur à celui estimé comme circulant entre les deux Laignes. Cela prouve que la Laignes duesmoise et la Laignes séquanaise sont deux rivières distinctes. En période de forte crue, la Laignes duesmoise emprunte une vallée sèche et passe à Bissey, qui est à l'Est de Laignes.

.../...

La Seine, dont les eaux s'infiltrant dans les calcaires du Dogger est parfois à sec l'été en amont de Châtillon ; elle est ensuite réalimentée par diverses exurgences.

Sur ces plateaux trois gradients différents conditionnent l'écoulement : celui de pente (faible pente du plateau facilitant l'infiltration des eaux), celui des vallées conséquentes, et celui de contre-pente. Les échanges d'eaux varient suivant la saison (crue ou étiage).

Cette région, qui appartient au seuil morvano-vosgien, est directement influencée par la tectonique compressive jurassienne.

c) La fracturation essentiellement de direction varisque est relativement homogène dans le Châtillonnais ; elle s'intensifie vers Châtillon en même temps qu'apparaissent des failles de direction subméridienne. La densité moyenne des accidents est de 0,25 km/km². D'après le diagramme des orientations, qui est confirmé par les relevés des failles effectués uniquement sur la carte au 1/50.000 de Aignay-le-Duc (qui se trouve à cheval sur les plateaux du Châtillonnais et la partie centrale du Seuil de Bourgogne), on observe deux optima en N 030 et N 050.

d) Des relevés de diaclases ont été effectués par JP KIEFFER dans des carrières situées sur la carte d'Aignay-le-Duc. Deux orientations de la fissuration apparaissent : N 030 et N 145. Dans le calcaire bathonien la direction N 145 est la plus fréquente. Sa direction perpendiculaire étant elle aussi loin d'être négligeable. Ces diaclases sont nées sous la compression de direction varisque. La direction N 145, qui est parallèle à σ_1 , correspond aux fentes de tension. Lorsque les conditions de pression et de température sont favorables, ces diaclases ouvertes peuvent être minéralisées (le plus souvent par de la calcite ou du quartz).

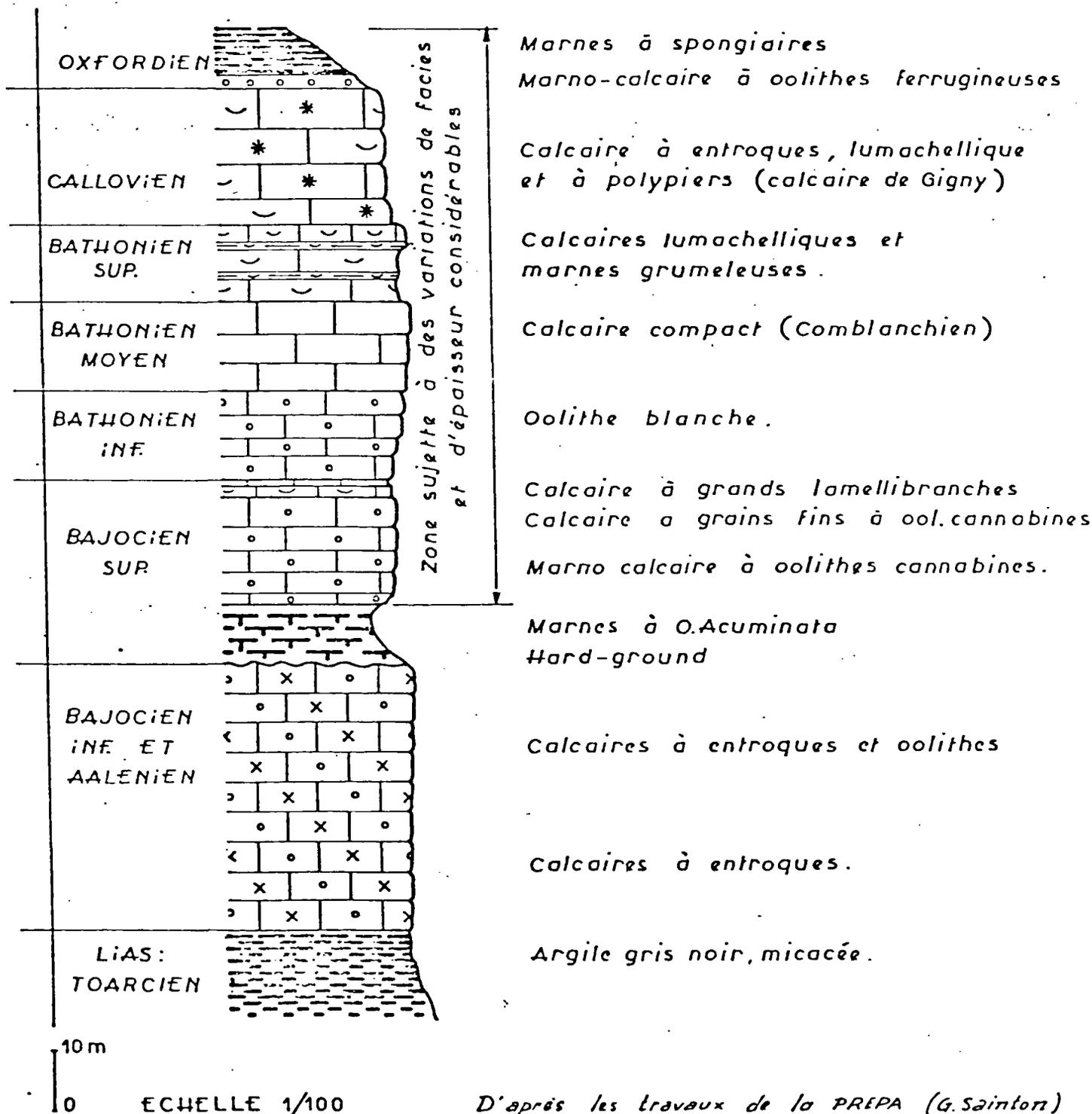
e) Dans le Châtillonnais, on trouve des réseaux spéléologiques pouvant dépasser le kilomètre de développement (Tour de la Roche, Grotte de la Douix). Les grottes les plus importantes ayant une circulation d'eau pérenne.

Le diagramme d'orientation des galeries montrent que l'on se trouve bien dans une zone de transition tectonique (aucune orientation privilégiée, malgré un léger maximum de direction varisque).

Du fait d'un important recouvrement, on ne trouve pas de lapiaz nu, le manteau d'altération (probablement périglaciaire) masquant entièrement la surface du karst.

.../...

COUPE SYNTHETIQUE DES FORMATIONS DU JURASSIQUE MOYEN ET DE LA BASE DU JURASSIQUE SUPERIEUR DU CHATILLONNAIS (21)



*D'après les travaux de la PREPA (G. Sainton)
et cartes géologiques au 1/80 000 DIJON -
CHATILLON - TONNERRE.*

f) Dans ce secteur aucune conclusion générale sur la circulation souterraine ne peut être émise. L'écoulement au NW semblerait influencé par le pendage et les diaclases subméridiennes, qui peuvent s'être fermées sous la compression miocène. Au SE par contre, l'influence de celle-ci se faisant plus importante, l'écoulement serait de direction varisque ou perpendiculaire (dans les zones fracturées).

g) Le Châtillonnais a été le lieu de nombreuses colorations, qui donnent des vitesses de circulation comprises entre 20 et 500 m/h. Elles confirment l'hypothèse de l'écoulement suivant 3 gradients distincts.

La perte de la Seine, qui ne colore pas les émergences de Châtillon, alors qu'elle colore les points situés plus en aval, montre que l'eau circule suivant une fracture subméridienne.

Par contre la coloration de la Fosse-Dionne (à Tonnerre -89-), depuis le gouffre de la Garenne (parcours souterrain de plus de 50 km à une vitesse de 140 m/h) paraît suspecte. En effet, malgré l'absence d'accident important, l'eau traverserait une épaisse couche de marnes oxfordiennes. L'interprétation la plus probable de cette coloration serait un parcours en surface, certainement par la Laignes séquanaise, au contact de l'imperméable et un nouveau parcours souterrain dans les calcaires de l'Oxfordien. Une coloration de la Laignes devrait donc être effectuée, afin de vérifier si des eaux se perdent vers l'Armançon (Fosse-Dionne).

En période d'étiage, une coloration au niveau du gouffre de la Garenne a été négative. La masse colorée, qui a été piégée en un point du réseau karstique, prouve bien la présence de poches importantes.

h) Dans cette région où émergent d'importantes sources (qui se situent à la périphérie du plateau), les failles semblent jouer un rôle très important dans l'organisation des circulations, soit en tant que failles-drains, soit en tant que failles-barrières,

Les apports d'eau sont plus importants à l'Armançon qu'à la Seine (à cause de la structure géologique) ; la nappe alluviale de l'Armançon étant alimentée par des venues d'eaux sous-jacentes.

346 - L'Auxois (cf. annexe n° 8)

a) C'est le secteur limité à l'Ouest par le Morvan au Nord et à l'Est par les plateaux calcaires de la Basse Bourgogne, du Châtillonnais, du Seuil de Bourgogne et de la Montagne. Sa superficie est de 1700 km².

b) Géologiquement, il est formé des niveaux imperméables du Lias, où apparaissent parfois des lambeaux de calcaire jurassique moyen.

c) Mises à part les fractures de la bordure morvandelle, deux zones de fracturations apparaissent : une au Nord, de direction varisque, l'autre au Sud, de direction NS. La densité moyenne est de 0,24 km/km².

e) Aucun réseau spéléologique important n'est connu dans cette région, où les phénomènes karstiques sont quasi-inexistants ; seules quelques grottes cutanées existent au niveau de la bordure des buttes-témoins calcaires.

f) Les calcaires de l'Auxois, s'ils sont fracturés n'en sont pas pour autant karstifiés ; ils ne sont donc pas le lieu de circulations souterraines importantes.

347 - Le Seuil de Bourgogne (cf. annexe n° 9)

a) Cette région est délimitée par des critères géologiques. Au Nord les plateaux du Châtillonnais, à l'Ouest le Lias de l'Auxois, au Sud l'accident de Mâlain et la vallée de l'Ouche et à l'Est le plateau du Jurassique supérieur. Elle s'étend sur près de 1000 km².

b) Le Seuil de Bourgogne est une voûte anticlinale de direction varisque. Il est formé par la série marine du Dogger. Sur le mur imperméable liasique reposent les calcaires à entroques du Bajocien (30 à 40m), qui sont séparés par le niveau des marnes à *O. acuminata* des calcaires comblanchoïdes du Bathonien formant la plus grande partie du seuil.

On y trouve de nombreuses sources de vallées dont les principales (200 à 600 l/s) sont captées pour alimenter la ville de Dijon (Sources du Chat, de Ste Foy, du Rosoir, de Morceuil).

Les grands accidents tectoniques locaux sont datés de la fin de l'Oligocène et de la fin du Miocène. La deuxième phase orogénique est la compression qui a formé le Seuil de Bourgogne et au cours de laquelle certains accidents préexistants (nés ou rajeunis lors de la phase "pyrénéenne") ont rejoué en décrochements senextres, de direction N 060-070.

c) Le relevé de la fracturation montre une direction varisque prédominante, avec des maxima en N 030 et N 060 qui correspondraient aux fissures de cisaillement dextres et senextres. Les failles sont réparties assez

.../...

uniformément (l'hétérogénéité apparente provenant de l'absence de la carte au 1/50.000 de St Seine). Leur densité est voisine de 1 km/km².

d) Les relevés de diaclases de la carte d'Aignay sont complétés par une étude locale à Francheville (de J.P. KIEFFER). Ils confirment les directions trouvées : N 030-040 et la direction perpendiculaire correspondant aux fentes de tension.

e) C'est dans cette partie de la Bourgogne, que se trouvent les réseaux spéléologiques les plus importants (quatre réseaux supérieurs à 4 km dont deux de plus de 13 km). Ils sont actifs (leur prolongement est récent du fait des progrès faits par la plongée spéléologique ces dernières années) et horizontaux. Les cavités du Bajocien (très fissuré) ont une forme étroite en diaclases (au sens spéléologique du terme), et peuvent être tectoniques (fentes de décollement). Pour le Bathonien, elles sont également étroites dans les calcaires du Comblanchien, alors qu'elles s'élargissent dans l'oolithe blanche, plus stratifiée et moins résistante.

Le diagramme d'orientation est très influencé par les quatre réseaux principaux (qui représentent 90% du développement cumulé, mais qui est représentatif sur l'ensemble des cavités développant plus de 200m); il montre deux directions privilégiées N 020 et N 165.

La direction N 020 correspond aux fissures de tensions d'origine pyrénéenne ayant été écartées lors de la compression jurassienne ; les fissures N 165 étant associées à l'une des deux phases compressives. Il est à noter que l'ouverture de ces fissures s'est faite indirectement par le jeu des décrochements senestres de direction N 065 - 070.

La direction varisque (fentes de tensions N 130) ressort elle aussi.

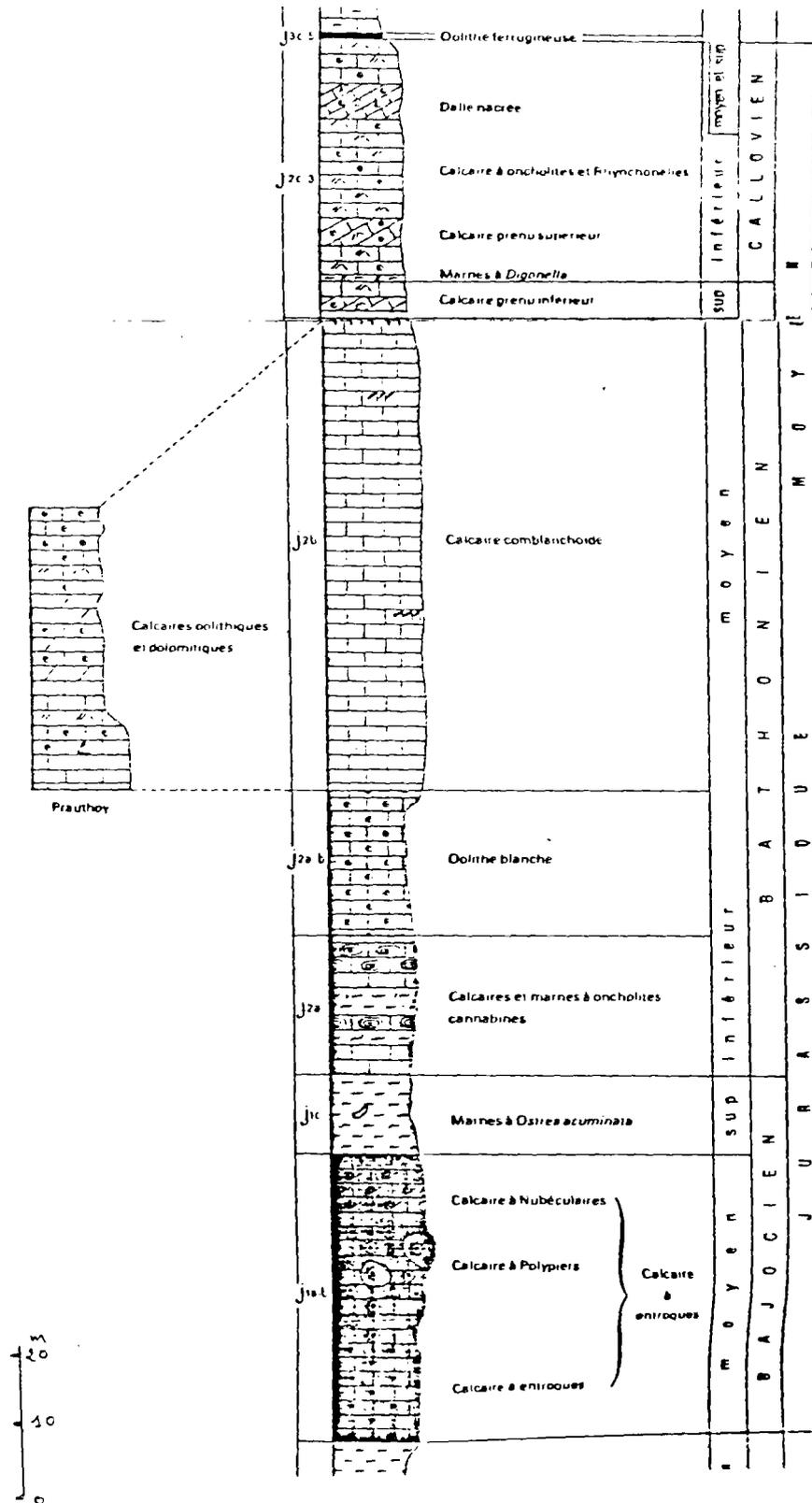
Réseau de la Combe aux Prêtres (cf. annexes 9.5 à 9.8)

Lors de la visite du réseau de la Combe aux Prêtres, on s'aperçoit que les galeries de direction N 060-080 se développent le long de diaclases et que les galeries de direction perpendiculaire se sont développées au niveau des joints de stratification ouverts lors des ripages bancs sur bancs engendrés par la tectonique. Suivant le côté de faille dans lequel on se trouve, le concrétionnement est différent : il est important dans la partie affaissée tandis qu'il disparaît quand on passe de l'autre côté de la faille. La fissuration serait donc plus dense dans le compartiment abaissé.

.../...

JURASSIQUE MOYEN AU SEUIL DE BOURGOGNE

Echelle 1/1 000



Il apparaît aussi que la karstification est plus importante dans le Bathonien par rapport à celle du calcaire bajocien, qui paraît plus récente (de direction N 015).

La différence des diagrammes de la Combe aux Prêtres suivant l'avancement des découvertes, est une preuve de l'hétérogénéité du milieu karstique, et que les résultats obtenus, au cours de cette étude, ne sont que des suppositions du fait du faible aperçu que l'on a du réseau karstique.

D'après H. TINDANT le karst de Côte d'Or se serait formé entre la tectonique cassante de l'Oligocène (Stampien) et la fin de l'Aquitainien (présence d'un comblement de sables albiens à l'époque aquitainienne).

f) De cette étude statistique, un écoulement suivant une direction N 015- 020 paraît optimal. Cette orientation qui correspond aux fentes de tensions ouvertes à l'orogénèse alpine, expliquerait la formation du réseau du Neuvon (qui est le plus important de Bourgogne : 14 km).

La formation du karst aurait débuté après la tectonique oligocène ; la compression alpine accentuant l'ouverture (ou ouvrant simplement) des fractures, une nouvelle karstification commencerait (explication de la différence de karstification suivant l'étage géologique qui correspond à une direction de fracturation différente, à la Combe aux Prêtres).

g) Les colorations effectuées sont peu nombreuses. Il en ressort qu'elles sont rapides dans la direction N 060 et assez lentes suivant la direction subméridienne (elles confirmeraient les deux phases de karstogénèse ?).

h) Le Seuil de Bourgogne est un karst très vulnérable ; ceci par l'importance de sa fracturation, qui se confirme par le développement des réseaux spéléologiques. Les circulations souterraines se dirigent généralement vers les vallées pérennes (circulation diaclasienne à contre pente, normale au pendage, par failles-drains).

348 - Malm de l'Est de la Côte d'Or (cf. annexe n° 10)

a) Ce secteur de la Bourgogne, qui se situe au WNW du département, s'étend sur près de 700 km².

b) Constitué essentiellement des dépôts du Jurassique supérieur, il correspond grossièrement au bassin d'alimentation de la Bèze (hormis sa partie située en Haute-Marne); ce bassin qui est délimité approximativement par un

.../...

triangle passant par St Seine, Fontaine-Française et Vaillan (52), fait un peu plus de 1000 km².

Les terrains karstiques sont les calcaires du Bathonien moyen au Callovien, qui affleurent localement au Nord et à l'Ouest (partie orientale extrême du Seuil de Bourgogne en "touches de pianos") de ce secteur, et essentiellement les sédiments calcaires du Malm. Cette série, épaisse d'environ 150m, est constituée des calcaires argileux de l'Argovien (35 m), qui par son imperméabilité en grand est à l'origine des principales sources de déversement ; du complexe récifal rauracien (40m) ; des calcaires séquanais (60m) ; du Kimméridgien marno-calcaire (20m) et des calcaires portlandiens (30m).

Ces terrains plongent dans l'ensemble vers l'ESE.

Des lambeaux de craie cénomaniennne et turonienne, ainsi que des calcaires lacustres éocènes, apparaissent dans cette région.

Le karst est recouvert par des placages argilo-limoneux du Plio-Quaternaire, qui colmatent souvent les fractures superficielles. On y trouve en surface, beaucoup de vallées sèches et de dolines (alignement N 170 de dolines dans le bois de Mont-Vatout).

Les cours d'eau traversant les calcaires ont des pertes importantes qui résurgent à la Bèze : pertes de la Tille en aval de Til-Chatel, de la Venelle en amont de Lux (elles sont totales) et de l'Ignon.

La source de Bèze

Elle est la plus importante de la Bourgogne avec un débit moyen de 3,7 m³/s (entre 1 et 25 m³/s). On considère que ce débit est dû pour 50% à l'impluvium, et pour l'autre moitié à des eaux perdues. Aux environs de la source, il existe plusieurs griffons qui assurent le débit de la rivière Bèze en période d'étiage (qui est en Septembre-Octobre, tandis que les crues sont en Février-Mars). La seule grotte de la région, la Crétanne (il en existe une autre de moindre importance) qui est constituée de quatre niveaux dont deux sont noyés, est en contact direct avec le réseau karstique de la Bèze.

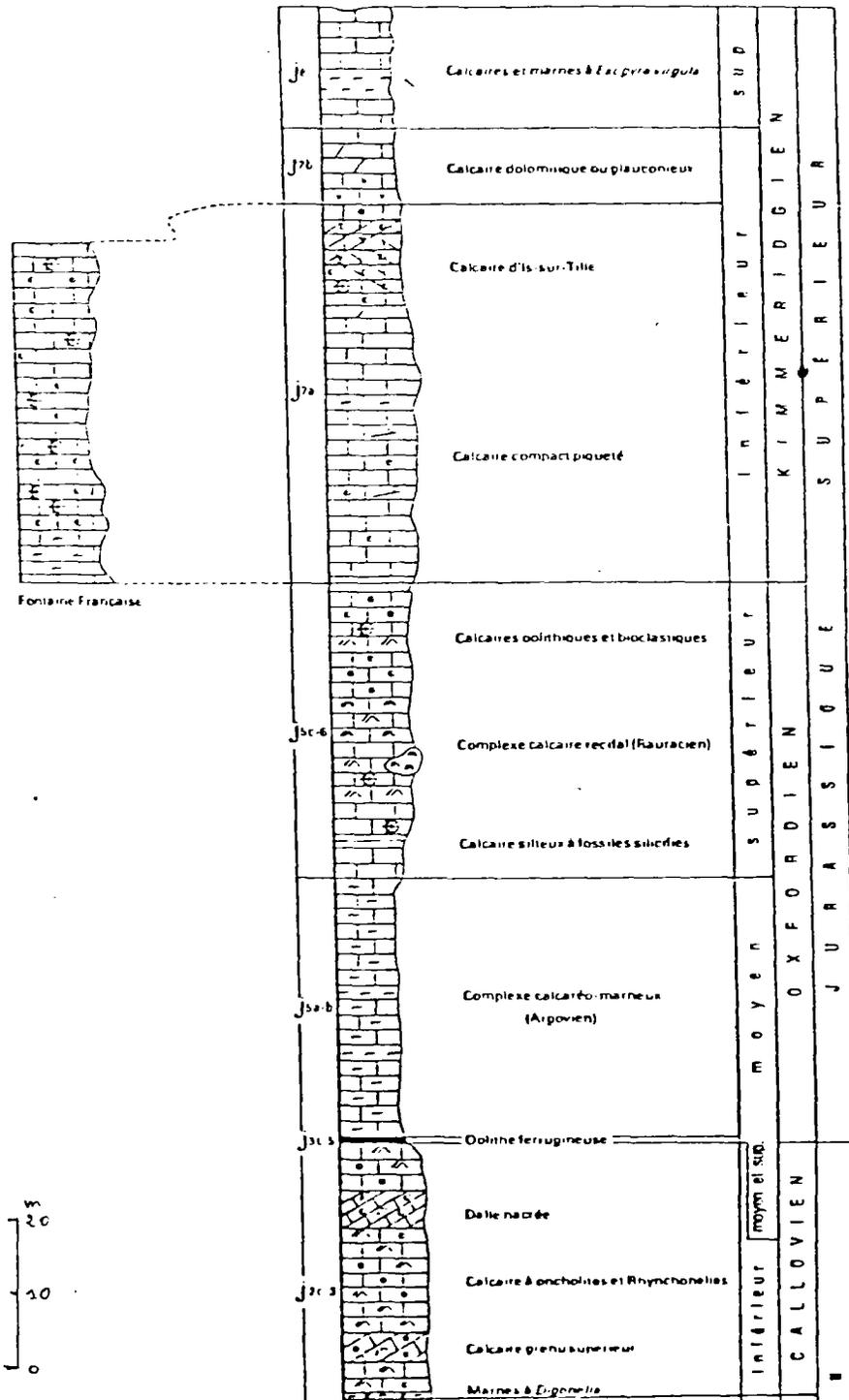
La tectonique la plus influente de ce secteur est la phase paroxismale du plissement du Jura.

c) Le réseau de fractures est très dense (0,75 km/km²) ; la densité étant plus faible au niveau des marno-calcaires de l'Argovien. L'unique direction de ces accidents est varisque.

.../...

COLONNE STRATIGRAPHIQUE DU MALM EN CÔTE D'OR

Echelle 1/1000



d) Aucune étude sur le terrain n'a été effectuée lors de ce stage.

e) Les galeries de la Crétanne s'orientent suivant trois directions. Ces directions sont toutes influencées par la tectonique de compression : direction N 020 conséquentes des décrochements senextres, des cisaillements associés (N 100), des fentes de tension parallèle à σ_1 (N 130).

Cette grotte est relativement concrétionnée.

f) La majeure partie des galeries noyées de la grotte de la Crétanne ont l'orientation NW-SE, tandis que les galeries plus anciennes ont une direction subméridienne ; l'hypothèse, selon laquelle l'alimentation venant du NW par la Tille et la Venelle, qui aurait pris le pas sur les circulations venant du Nord (région de Chaume), peut être émise.

Le changement de l'écoulement karstique est-il dû à une phase tectonique (jurassienne ou la relaxation pliocène) qui aurait changé la distribution des fractures ouvertes ?

g) Les colorations confirment les deux orientations présumées de l'écoulement. La vitesse de circulation est importante, notamment pour celle de Chaume en période de crue ; ceci prouverait le caractère semi-actif de la direction subméridienne.

h) Le bassin karstique de la Bèze est très vulnérable. La vocation essentiellement agricole dans ce secteur est un danger pour les eaux de la source qui sont en partie captées pour l'A.E.P.

349 - L'Arrière-Côte et la Montagne (cf. annexe n° 11)

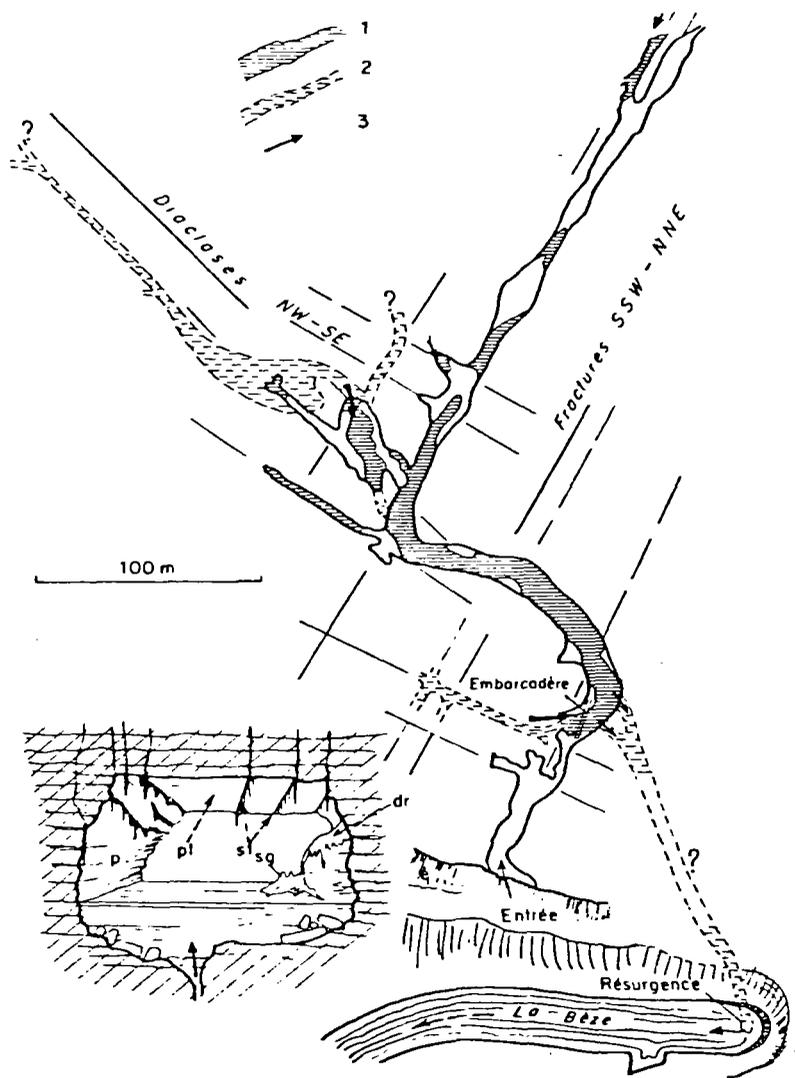
a) Cette région, située au SW de Dijon, a une superficie de l'ordre de 900 km².

b) Elle est limitée géologiquement à l'Ouest par les terrains imperméables du Lias et à l'Est par la Côte. Les terrains karstiques de ce secteur sont essentiellement du Dogger pour la Montagne et du Malm pour l'Arrière-Côte.

La série stratigraphique est la même que celle plus au Nord. Les aquifères sont : les calcaires bajociens (40m), la série calcaire du Bathonien (voisine de 100m), le calcaire grenu du Callovien (25m), les calcéro-argiles de l'Oxfordien moyen et supérieur (70 à 110m), les calcaires oolithiques et compacts du Kimméridgien.

.../...

SOURCE DE LA BEZE (CÔTE D'OR)



- Réseau souterrain exploré de la Bèze (grotte de la Cretanne)
(d'après le Spéléo-Club de Dijon).

1. Plan d'eau de la rivière souterraine (écoulement libre) : 5 à 6 m au-dessus de la " Source " de la Bèze - 2. Parties connues du réseau noyé (écoulement en conduites forcées) : environ 5 m et 25 m au-dessous du plan d'eau moyen de la rivière souterraine - 3 : Siphons d'alimentation connus de la rivière à partir du réseau noyé. D'autres arrivées existent en bien d'autres points, mais d'un débit infiniment plus faible - Influence de la structure sur les formes de la galerie principale : p Paroi latérale dont l'allure de muraille traduit la stratification - pl Plafond-dalle dû à des effondrements de blocs suivant les joints de stratification - st Alignements de stalactites suivant les fractures - dr Draperie de stalactites et stalagmites. - sg Revêtement stalagmitique

Ces plateaux sont recouverts par endroits de limons peu épais ou d'argiles graveleuses.

Les quelques couches argileuses ou marneuses intercalées dans ces séries, ne sont pas parfaitement imperméables en raison de la fracturation, mais elles engendrent des petites sources, assez nombreuses, à débit irrégulier (la Bouzaise et le Meuzin ont un débit variant entre 0,38 et 51 m³/s). Les vallées pérennes drainent une grande partie des eaux souterraines.

Au pied de la Côte, où se situe une faille à grand rejet, les eaux souterraines connaissent des sorts divers. Elles peuvent circuler parallèlement à la Côte dans le réseau de fractures, gagner la surface (comme à Vougeot) et former ainsi une ligne de sources au pied de la Côte, ou bien alimenter les dépôts tertiaires ou quaternaires du fossé bressan.

Le long de cette fracture, des remontées hydrothermales se produisent.

La phase tectonique principale est la distension oligocène. Les failles de direction varisque sont des gauchissements reliant les failles NS entre elles en utilisant des accidents pré-existants. Le rejet entre le plateau et le fossé date du Miocène. La structure de ce secteur est souvent décrite comme étant des gradins descendant régulièrement vers le fossé bressan. En réalité, ce sont des fossés et des horsts, étroits et isolés, flanqués de gradins intermédiaires.

c) La fracturation assez homogène a une densité de l'ordre de 0,6 km/km². On peut remarquer le changement de direction des failles au niveau de Nuits : NE-SW au Sud, tandis qu'elles deviennent subméridiennes au Nord.

d) Dans une carrière à Antheuil, des directions de diaclases ont été relevées par J.P. KIEFFER. Les directions N 020 et N 100 prédominent. Elles correspondent aux directions de fissuration d'une distension N 010-020. Il est à noter que quelques fractures de directions subméridiennes sont cristallisées.

e) Sur ces plateaux calcaires se développent des réseaux pouvant atteindre 3 km (Bel-Affreux à Antheuil). Les grottes cutanées sont nombreuses. Le diagramme d'orientation des galeries montre une orientation N 015 prédominante. Elle confirme l'étude microtectonique qui laissait pressentir que les fissures perpendiculaires à σ_3 sont ouvertes. Une partie du karst pourrait être postérieure au Miocène. A cette époque, le rejet entre le plateau et le fossé, entraîne un gradient important qui peut favoriser la karstification.

Dans ce secteur on trouve des lapiazs qui affleurent dans les forêts et des reculées en "bout du monde" (Nolay).

f) Les fissures de direction N 010 - 020 seraient les plus propices à une circulation karstique. L'interdépendance de la structure et de la disposition des cavités, qui suivent les directions des failles, semble prouver que le creusement du karst est postérieur à la dernière grande phase tectonique (Oligocène terminal).

g) Peu de colorations ont été réalisées dans ces pays. Celle de la source de Ladoix à une vitesse de 64 m/h.

h) Dans ces aquifères calcaires karstifiés, qui sont très vulnérables, se trouvent les captages A.E.P. des villes de Beaune et Nuits-St-Georges. Le danger de pollution est donc important. Même les sources situées dans le fossé bressan sont elles aussi vulnérables, car elles sont en partie alimentées par le réseau karstique de l'Arrière Côte.

34.10 - Les karsts de la Saône et Loire (cf. annexe n° 12)

a) En Saône et Loire on peut distinguer trois régions calcaires. La Côte Chalonnaise qui s'étend sur environ 400 km² entre la vallée de la Dheune au Nord, et la faille de Culles-les-Roches au Sud (qui met en contact les calcaires du Jurassique et les terrains primaires).

Au delà débutent les Monts du Mâconnais, qui sont bien limités entre les deux vallées parallèles (deux fossés tectoniques) de la Saône et de la Grosne. Sa superficie est approximativement 800 km².

La partie karstique de la moitié ouest du département est formée par les sédiments secondaires du Charollais, qui s'étendent en petits plateaux discontinus, sur près de 1000 km².

b) Ces côtes se présentent sous forme de chaînons monoclinaux de direction N 010, qui sont séparés par d'importantes failles inverses (rejet de plusieurs centaines de mètres). Deux niveaux résistants calcaires forment tour à tour les crêtes :

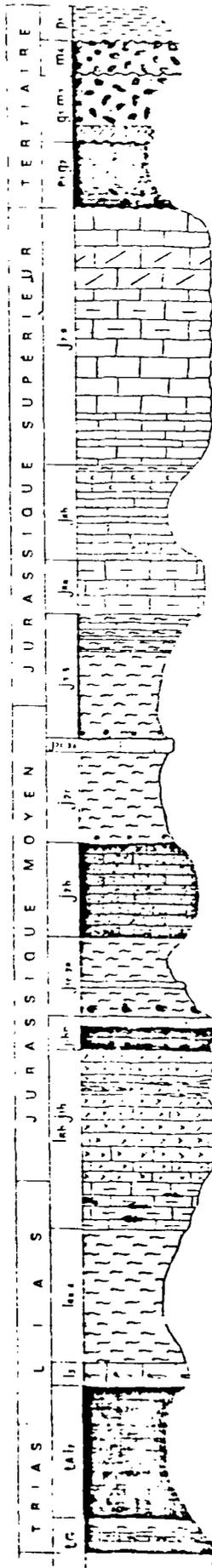
- les calcaires du Dogger : à entroques du Bajocien et oolithiques et à entroques du Bathonien moyen séparés par les marnes du Bajocien moyen.
- les différents calcaires des Malm reposant sur les marno-calcaires argoviens.

Au niveau de ces chaînons apparaît toute la série marine comprise entre la base du Dogger et le sommet du Malm. Les variations de puissance des dépôts sédimentaires sont importantes (c'est dans la partie sud que le Jurassique moyen est le plus puissant en Bourgogne : il dépasse 200 m).

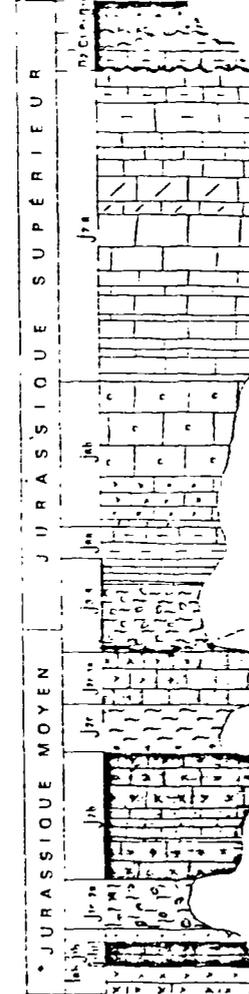
COLONNE STRATIGRAPHIQUE DANS LE DOGGER EN SAONE-ET-LOIRE

Echelle: 1/3 000

A - Région Sud



B Région Nord



LÉGENDE DES COUPES

- Argile
- Sable et grès, grès microconglomératique
- Grès fin poreux, grès glauconieux
- Conglômerat siliceux, calcaire à silex
- Marnes marnes avec chailles
- Calcaire
- Calcaire argileux, calcaire crayeux
- Calcaire lithographique et sublithographique, calcaire psolithique
- Calcaire dolomitique, dolomite
- Calcaire poolithique, calcaire à entroques
- Calcaire silicite, calcaire graveleux
- Calcaire à Polyptères, poilithe ferrugineuse
- Ammonites, Grypées
- Sel gemme, anhydrite
- Pyrite, lignite
- Surface dure
- Discordance ou lacune stratigraphique



De nombreuses failles, généralement inverses, compartimentent les réservoirs calcaires ; les sources n'ont donc pas de débits pérennes importants (mise à part la résurgence de Cerçot). Au niveau des failles, les émergences peuvent recueillir des eaux plus chaudes qui ont circulé en profondeur.

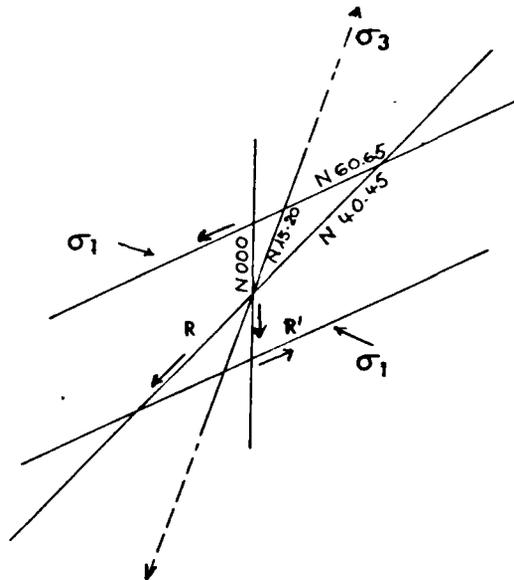
La structure a été engendrée par la phase compressive d'âge fini-Miocène.

c) L'analyse statistique n'est pas effectuée pour la région charolaise. La faible densité de ces failles et l'existence de seulement deux grottes ne permet pas un travail fiable.

Pour la côte chalonnaise, le diagramme d'orientation des failles, donne une zone maximale comprise entre N 000 et N 050. La fracturation, qui est relativement homogène, a une densité voisine de 0,5 km/km².

Pour les Monts du Mâconnais, la fracturation est un peu plus dense (0,75 km/km²). Le réseau de failles qui prédominent est compris entre N 000 et N 040 ; il correspond aux failles inverses de direction N 020 avec ses deux cisaillements associés. Un second réseau, beaucoup moins net, de direction N 060 apparaît (rejeu sur d'anciennes fractures hercyniennes).

d) D'après la littérature (J.P. GELARD) la fracturation des plateaux du Chalonais s'organise d'après le schéma suivant :



R et R' sont les cisaillements de Riedel
σ1 : contrainte de déformation maximale
σ3 : contrainte de déformation minimale.

Par contre des relevés ont été effectués dans la grotte de Blanot, qui est située dans les monts du Mâconnais. De cette analyse microtectonique, il apparaît que l'écoulement se ferait principalement suivant le pendage des couches et suivant les directions parallèles et perpendiculaires à celle de la compression.

L'importante densité des fractures de direction N 000 à N 040 (70%) confirme une compression de direction N 110.

La direction N 060 (5%) apparaît elle aussi au cours de cette étude.

e) Les deux tiers des cavités souterraines de la Saône et Loire sont localisées dans les Monts du Mâconnais (on ne prend en compte que celles qui développent plus de 50m).

Elles sont peu concrétionnées, mais certaines d'entre elles offrent un intérêt archéologique. Les deux réseaux spéléologiques les plus importants (grottes de Blanot et d'Azé), qui ne sont distants que de 5 km, se présentent sous deux aspects différents : à Blanot les galeries sont inclinées conformément à la stratification, tandis qu'à Azé les galeries sont orientées perpendiculairement au pendage (correspond à des périodes de stabilité dans l'enfoncement progressif de la vallée, qui sert de niveau de base au réseau).

Dans la grotte de Blanot, on trouve un remplissage d'argiles dans lequel des brèches granitiques très altérées sont présentes. L'apport provient sûrement du Mont-Saint-Romain qui est tout proche. L'époque de ce comblement n'étant pas connue, il est impossible de dater ce karst.

Les diagrammes d'orientation des galeries donnent des directions N 020 et N 110 maximales dans le Mâconnais.

Pour le Chalonnais les phénomènes karstiques sont peu développés. Les statistiques, qui ne portent que sur 400m de galeries, n'apportent aucun élément nouveau.

f) Dans le Mâconnais, il semblerait que la circulation souterraine soit influencée par les fractures d'âge pontien, qui dans ce secteur sont très denses.

g) Les quelques colorations réalisées dans le département ont été effectuées par les spéléologues. La plus importante est celle de la source de Cortevaix qui se fait à la vitesse de 200 m/h. La coloration de Blanot qui

.../...

arrive au captage de Donzy, prouve une circulation à contre-pente (elle a remis en cause le captage car le point d'injection se situait dans un champ non protégé).

h) A cause du compartimentage par de nombreuses failles, la karstification des terrains calcaires de Saône et Loire est limitée. Mais ces petits réservoirs qui sont très fracturés sont vulnérables.

4 - CONCLUSION

Les phénomènes karstiques en Bourgogne sont loin d'être négligeables. On y rencontre en effet d'importantes zones de pertes, des sources pouvant atteindre des débits dépassant le m³/s et des réseaux spéléologiques qui développent plus de 10 km. Les régions réellement karstiques sont le Seuil de Bourgogne dans sa totalité (le Châtillonnais dans sa partie occidentale et le bassin de la Bèze dans sa partie orientale), l'Arrière Côte-Montagne et les plateaux de Basse Bourgogne. Elles représentent le quart de la superficie de la Bourgogne.

Dans la Nièvre, l'importance des dépôts marneux ne permet pas le développement d'un karst; tandis qu'en Saône et Loire, il est limité par la densité de fracturation, qui compartimente les sédiments calcaires.

De ces aquifères karstiques, sont captées des sources pour l'alimentation en eau potable, qui représentent un tiers des besoins en eau de la Côte d'Or. Dans l'Yonne un quart de la population est alimenté par des eaux provenant des aquifères calcaires du Jurassique (20%) et crayeux du Crétacé supérieur (80%).

Malgré la présence fréquente d'un recouvrement superficiel ces aquifères sont très vulnérables.

La circulation de l'eau qui se dirige généralement vers les vallées pérennes (conformément ou non au pendage), est influencée par la tectonique. Cette influence augmente avec la densité et la nature de la fracturation. Les variations globales de directions préférentielles de l'écoulement suivent l'évolution de la tectonique locale par rapport au Seuil de Bourgogne.

Ainsi dans l'Yonne, les circulations diaclasiennes se feraient suivant les fissures subméridiennes ouvertes par la distension. Vers le Seuil de Bourgogne, ces fissures se fermeraient sous l'influence grandissante de la tectonique compressive (qui augmente en allant vers l'Est) et l'écoulement à tendance à devenir NW et NE (fissures dues à la compression). Plus au Sud, les fractures (N 020) nées sous la compression pyrénéenne, s'ouvrent par le jeu de décrochement senestre à l'époque du plissement du Jura. Au Sud de Dijon, cette tectonique ne se faisant plus ressentir, c'est de nouveau la fracturation de la distension oligocène qui est influente.

.../...

Les directions préférentielles de l'écoulement en Bourgogne sembleraient donc dépendre directement de la phase tectonique qui a engendré le Seuil de Bourgogne.

Ces conclusions générales à petite échelle, ne peuvent pas être étendues à grande échelle. La fracturation a une distribution hétérogène, comme ont pu le démontrer certains cas très locaux. De plus ces hypothèses sont basées sur des relevés de galeries des réseaux spéléologiques qui ne sont pas réellement représentatifs du réseau karstique.

Cette étude, qui n'est que préliminaire, demanderait à être approfondie, surtout au niveau des relevés de terrains et des études microtectoniques, afin d'avoir le maximum de stations localisées pour lesquelles la nature et la densité de la fracturation seraient connues précisément.

.../...

5 - REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

METHODOLOGIE DU KARST

- CASTANY G. Prospection et exploitation des eaux souterraines
- PALOC H. Glossaire d'hydrogéologie du karst (note BRGM)
- PALOC H. Cartographie des eaux souterraines en terrains calcaires
- AVIAS J. Sur la méthodologie en hydrogéologie karstique
- AVIAS J. Contrôle globotectonique des principaux aquifères karstiques
périméditerranéens. Karst hydrogéology TOLSON et DOYLE
- ENJALBERT H. La genèse des reliefs karstiques dans les pays tempérés et dans
les pays tropicaux : essai de chronologie. Mémoires et Documents
1967. Vol. 4. Editions CNRS
- MANGIN Thèse, contribution à l'étude hydrodynamique des aquifères
karstiques
- KIRALY L. Rapport sur l'état actuel des connaissances dans le domaine des
caractères physiques des roches karstiques. Hydrogéology of
karstic terrains.
- GUERIN R. Thèse. Rôle tectonique et micro-tectonique dans la géométrie
dans l'écoulement karstique fossile et actuel.
- JAMIER Thèse. Etude de la fissuration de l'hydrogéologie ...
- GUERIN R. L'analyse tectonique et microtectonique dans l'étude de la
karstification : exemple des karsts du Bas-Vivarais. Mémoires
et documents, 1974. Vol. 15.
- GATEAU C. Paramètres de quantification de la fracturation par analyse
d'images. Journées nationales géotechniques 1975
- ABRARD R. Sources et circulations diaclasiennes à contre-pente.
L'eau 35^e année. n°12
- GRILLOT JC. Utilisation statistique des mesures de terrain en tectonique
et application à l'hydrogéologie des roches fissurées
(polycopié STE)
- FEUGA B et
VAUBOURG P. Principales méthodes de reconnaissance des milieux fissurés ;
rapport BRGM 80 SGN 855 EAU.

.../...

GEOLOGIE ET HYDROGEOLOGIE REGIONALE

- RAT P. Bourgogne Morvan ; guides géologiques régionaux
- GELARD JP et RAT P. Vues actuelles sur les grandes lignes de la structure de la Bourgogne en relation avec l'évolution post-hercynienne ; 5ème réunion annuelle des Sciences de la Terre. Rennes avril 1977
- GELARD JP. La fracturation de la Bourgogne méridionale, essai d'interprétation et implications tectoniques régionales.
Revue de GPGD (2) Vol. XX 1978
- GELARD JP. Rejeu en coulissement senestre des accidents varisques prolongeant vers la Bresse le fossé de Blanzky-Montceau
C.R. somm. Soc. géol. Fr. 1977, Fasc. 1.
- GELARD JP Coulissements horizontaux dans les calcaires jurassiques de Talant et preuves microtectoniques du caractère polyphasé de la fracturation en Bourgogne.
Bull. sc. Bourg. tome 32, fasc. 2, 1979
- MEGNIEN C. Structure tectonique des terrains sédimentaires au Nord-Ouest du Morvan. Bulletin BRGM deuxième série, n°3, 1971.
- MEGNIEN C. Observations sur les ondulations tectoniques du bassin de Paris et hypothèse sur une dislocation majeure du socle. Bulletin du BRGM. Deuxième série. N° 2. 1971
- CLAIR A. Esquisse hydrogéologique de la Bourgogne
SRAE Bourgogne et CEMAGREF
Synthèse régionale des apports des petits cours d'eau de Bourgogne.
Janvier 1982
- CORNET Evaluation des ressources hydrauliques.
Rapport interne BRGM
- CHABERT C. Les grandes cavités de la France
Cartes géologiques et leurs notices au 1/50 000 et au 1/80 000 couvrant la Bourgogne.

DONNEES POUR LA COTE D'OR (21)

Hydrogéologie et karst

- MEUNIER M. L'énigme des deux Laignes. Imprimerie La ballery. 1980
- AMIOT M. L'alimentation en eau potable de la ville de Dijon et son assainissement. Extrait des mémoires de l'Académie des Sciences, Arts et Belles Lettres de Dijon 1973-75.

.../...

- TINTANT H. Orientation tectonique et âge du karst en Côte d'Or. Sous le plancher.
- CLAIR A. Mise en évidence d'une fissure aquifère par méthode géophysique (Corcelles-les-Monts). Colloque d'hydrologie en pays calcaires Besançon 1971
- CHARTIER M. Nouvelles remarques sur l'hydrologie du Châtillonnais. Bull. Assoc. Géogr. Franç. 1973, n°406-407
- GAGNAIRE G. Plateau du Châtillonnais (21). Etude structurale et hydrogéologique. Rapport BRGM 74 SGN 039 JAL
- KIEFFER JP Karst et tectonique sur le seuil de Bourgogne. Spéléunca n°4, 1978.

Divers rapports ont été consultés au SRAE Bourgogne sur le bassin de Bèze.

Spéléologie

- MARTEL E.A. Le creux du Soucy. Ass. Fr. pour l'avancement des sciences 1905.
- KIEFFER JP Le réseau souterrain de Francheville (21). Sous le plancher. Tome X. 1971
- A.S.C.O. Inventaire des cavités de Côte d'Or 1977-1978
- Les différents bulletins spéléologiques ont été consulté :
- sous le plancher
 - sous la Côte
 - Bulletin de l'Association spéléologique de Côte d'Or
 - SSB découvertes

Colorations

- GARDAINE P. La Bèze, 1972 (sous le plancher)
- THIERRY Rapport sur la coloration de Panges (G.A.)
- Les données sur les colorations du Sud du département se trouvent au SRAE B

DONNEES POUR LA NIEVRE (58)

Géologie

- DEBEGLIA Principaux accidents issus des corrélations entre les données de géophysique et les données de terrains dans le SW du Bassin de Paris 1980 (article BRGM).

.../...

DEBRAND-PASSARD, Fracturation de la Champagne berrichone (article BRGM)

DEBRAND-PASSARD, Caractères sédimentologiques du Jurassique Sup. dans le Sud
du Bassin de Paris

Hydrogéologie

C.P.G.F. Rapport 1764. Etude hydrogéologique des calcaires de la Nièvre

Spéléologie

CHABERT CP. La Nièvre, pourquoi pas ? Bulletin S.C.P. n° 64. Juin 1977

ROUSSELET JC. Prospection dans la Nièvre et l'Yonne. Bulletin du S.C. Lutèce

Coloration

PETITFILS B. Thèse 3ème cycle. Etude d'un système aquifère complexe dans les
calcaires du Jurassique de la Nièvre

DONNEES POUR LA SAONE ET LOIRE (71)

Spéléologie

MOREL J. Essais d'inventaire des cavités de Saône et Loire.
Bulletin S.H.N.C. Mars 1980

MUGNIER C. Inventaire spéléologique du Charollais-Brionnais, suivi du
premier et deuxième supplément G.S.A.C.

AIME G. Contribution à un inventaire spéléologique de la Saône et Loire
(région chalonnaise) Spelecho n° 25

Ainsi que les topographies des principales cavités tirées des
divers bulletins spéléologiques locaux.

DONNEES POUR L'YONNE (89)

Géologie

MEGNIEN Le récif oxfordien de l'Yonne. Bulletin BRGM. Section I. N°3, 1970
Mémoire BRGM n° 107. Evolution géologique de la France.

.../...

Hydrogéologie du Karst

- MEGNIEN C. Observations hydrogéologiques sur le SE du Bassin de Paris.
Mémoire du BRGM n° 25
- MEGNIEN C. Hydrogéologie du centre du Bassin de Paris.
Mémoire BRGM n° 98
- RAMBERT B. Etude bibliographique des phénomènes karstiques du Jurassique
de l'Yonne. Rapport BRGM 69 SGN 245 BDP
- CAMART R. Les pertes du Serein dans le Bathonien (89).
Rapport BRGM 70 SGN 261 BDP
- MEGNIEN C. Recherche d'eau dans les vallées sèches. Problème typique de
Sacy (Yonne)
- HORON O. Note sur les fontaines salées de Saint-Père-Sous-Vézelay (Yonne)
G.S. Yonne et Vercors. Le massif d'Arcy-sur-Cure (89)
- BAKALOWICK M. La rivière souterraine des fourneaux (Vénizy, Yonne).
Ann. Spéléol. 1973- 28,3

Spéléologie

- CHABERT C. Grottes et gouffres de l'Yonne. CRDP de Dijon. 1977

6 - PERSONNES CONTACTEES

- J.P. KIEFFER ; géologue et spéléologue qui m'a facilité les contacts avec les divers groupes spéléologiques locaux
- Mr MARION ; hydrogéologue au SRAE Bourgogne
- Mr BENDERITTER; chercheur au CNRS de Géophysique de Garchy (58)
- Mr AMIOT , MENOT et THIERRY ; chercheurs au laboratoire de Géologie de Faculté des Sciences de DIJON.

Spéléologues :

Pour la Côte d'Or

- P. LAUREAU (SCD) qui possède les principales topographies du département
- P. DEBOUVE (SCD).

Pour la Nièvre

- C. CHABERT. Un bulletin intitulé "Cavités et grottes souterraines de la Nièvre" doit paraître d'ici la fin de l'année aux éditions de la CAMOSINE à Nevers

Pour la Saône-et-Loire

- J. MOREL qui collecte toutes les données sur le département
- J. JARRIGE gérant des grottes de Blanot.



Annexe 1

CARTE DE FRACTURATION DE LA BOURGOGNE

ECHELLE 1/250 000

 Faille

 Diagramme d'orientation par secteur
de la fracturation

 Terrains cristallins



Annexe 2
**CARTE DES PHENOMENES KARSTIQUES
 DE BOURGOGNE**
 Echelle 1/250 000



COLORATIONS

- * point d'injection
- circulation souterraine
- 55 vitesse de circulation en m/h
- S source colonée

HYDROLOGIE

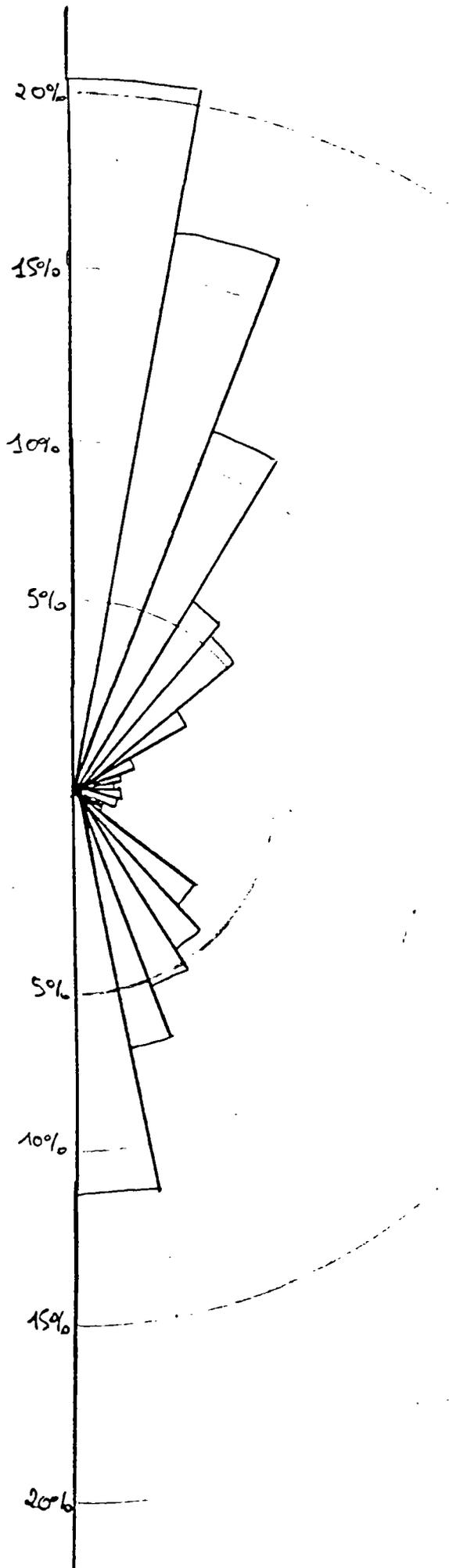
- S* source importante

RESEAUX KARSTIQUES

- n grotte de développement supérieur à :
 - 200 m en Côte d'Or
 - 50 m pour la Saône-et-Loire
 - 100 m pour l'Yonne
- M tracé de grotte

DIAGRAMME D'ORIENTATION DES
FAILLES DANS LE NIVERNAIS

DIAGRAMME D'ORIENTATION
DES FAILLES DANS LE
NIVERNAIS



JURASSIQUE SUPÉRIEUR DU S.E DU
BASSIN PARISIEN
ANALYSE STRUCTURALE

RAPPORT BRGM 82 SGN 506 BOU

DIAGRAMME D'ORIENTATION DES FAILLES

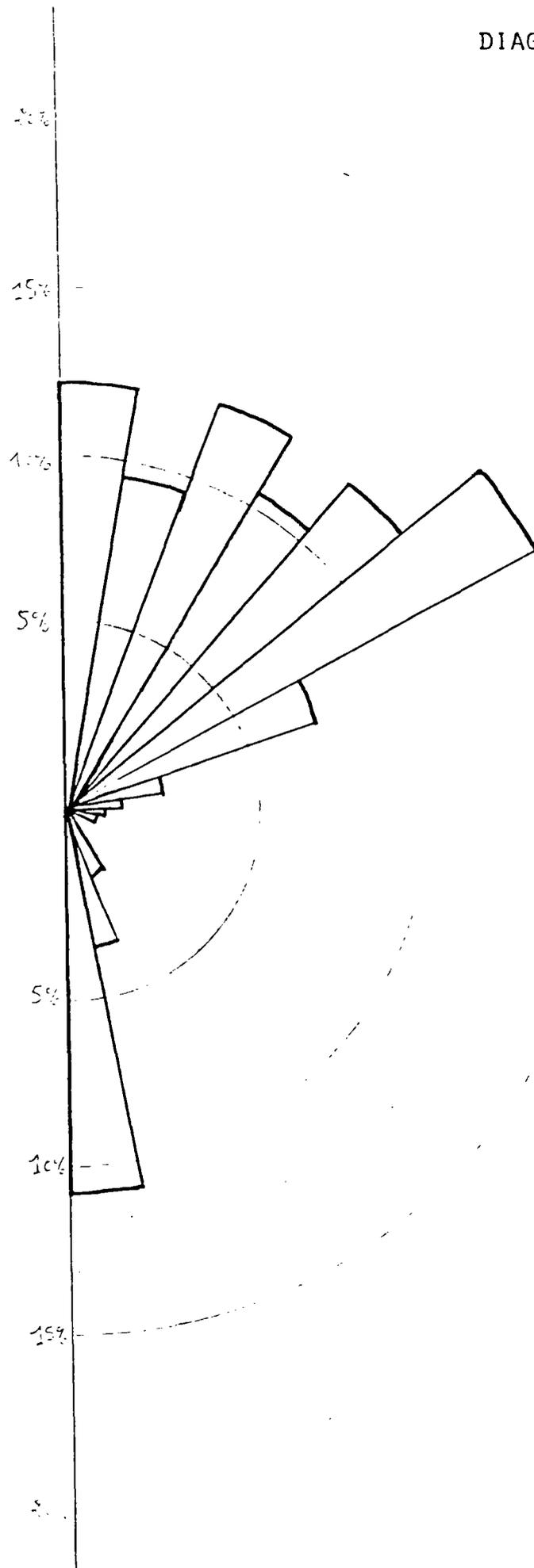


DIAGRAMME D'ORIENTATION
DES GALERIES
DANS L'YONNE

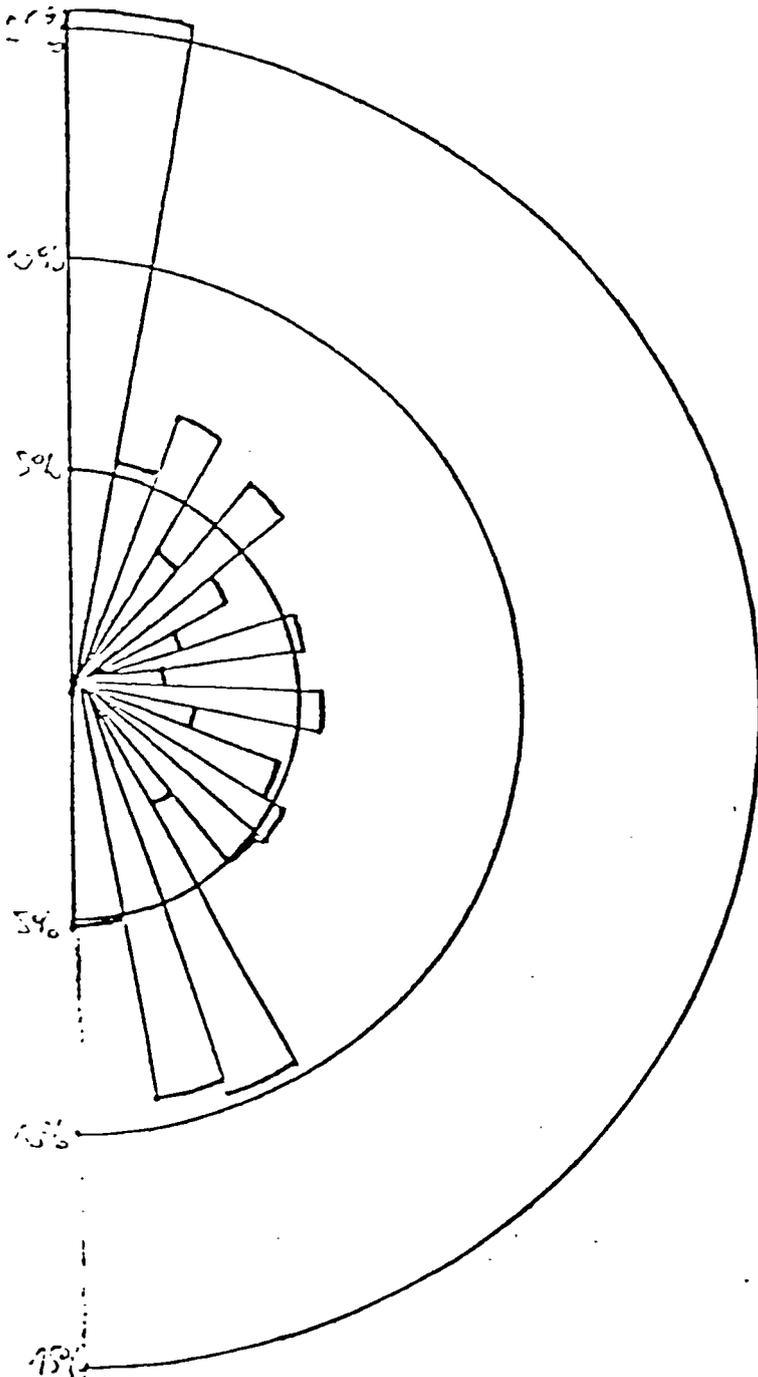


Diagramme établi à partir de l'analyse
de 583 directions de galeries

DIAGRAMME D'ORIENTATION
DES GALERIES NATURELLES
DE L'OXFORDIEN DE L'YONNE

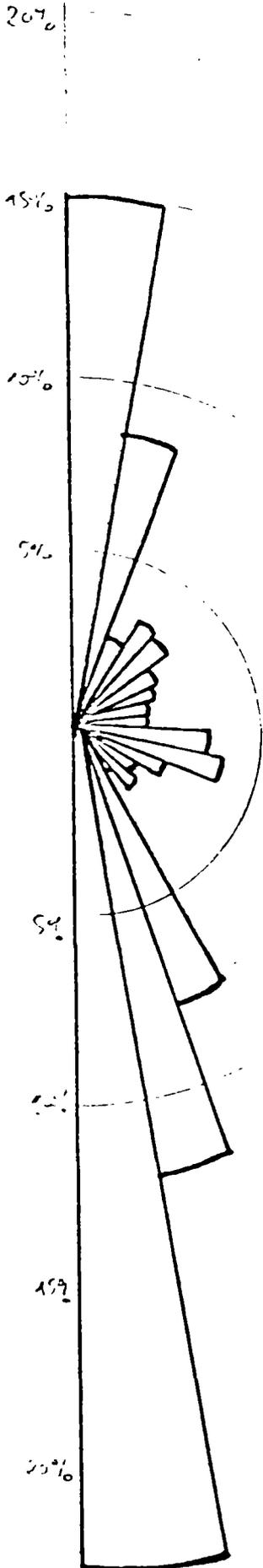


diagramme établi à partir
de l'analyse de 5 km de galeries

BAZOIS ET TERRE PLAINE

ANALYSE STRUCTURALE

DIAGRAMME D'ORIENTATION
DES FAILLES DANS LE
BAZOIS (58-89)

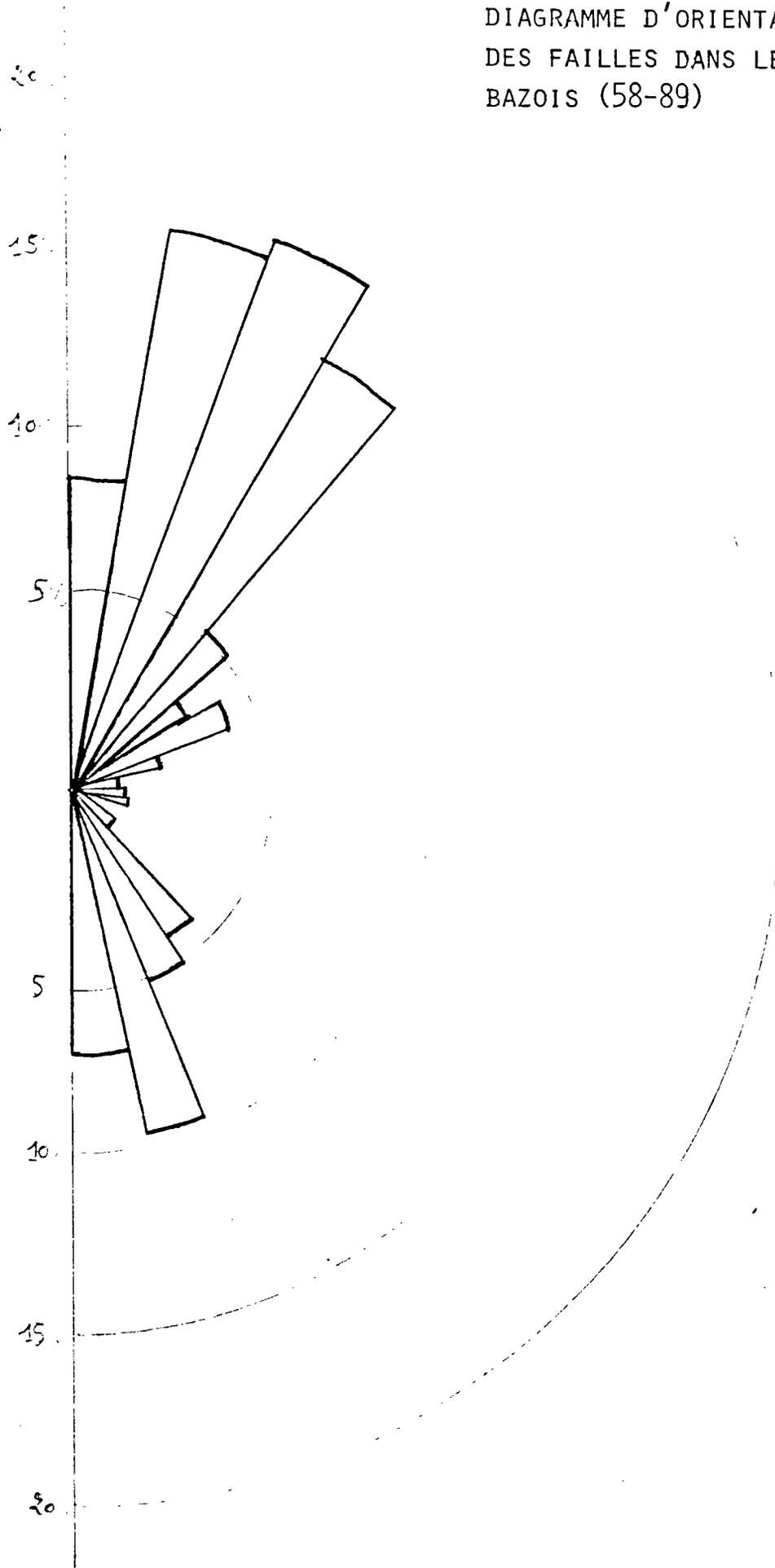


DIAGRAMME D'ORIENTATION
DES GALERIES NATURELLES
DANS LES CALCAIRES DE
TERRE PLAINE

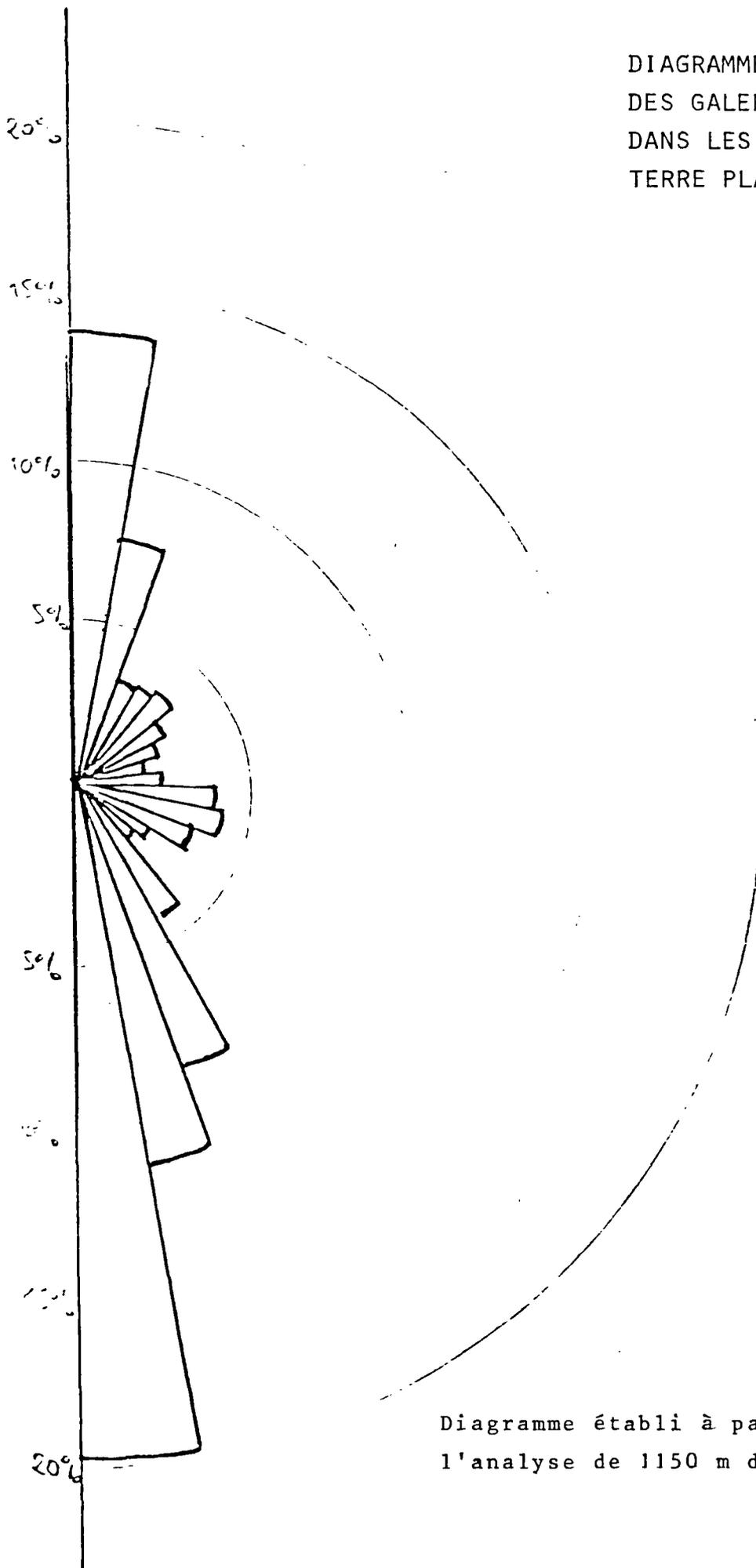


Diagramme établi à partir de
l'analyse de 1150 m de galeries

CRÉTACÉ SUPÉRIEUR
ANALYSE STRUCTURALE

DIAGRAMME D'ORIENTATION
DES FAILLES DANS LE
CRÉTACÉ

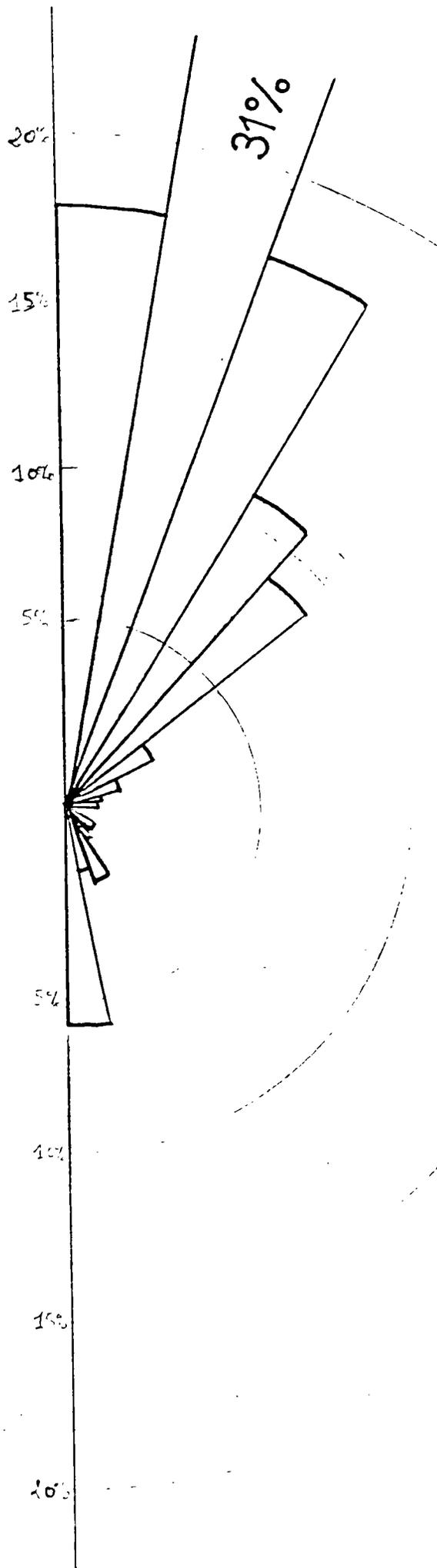


DIAGRAMME D'ORIENTATION
DES GALERIES NATURELLES
DE LA CRAIE DANS L'YONNE

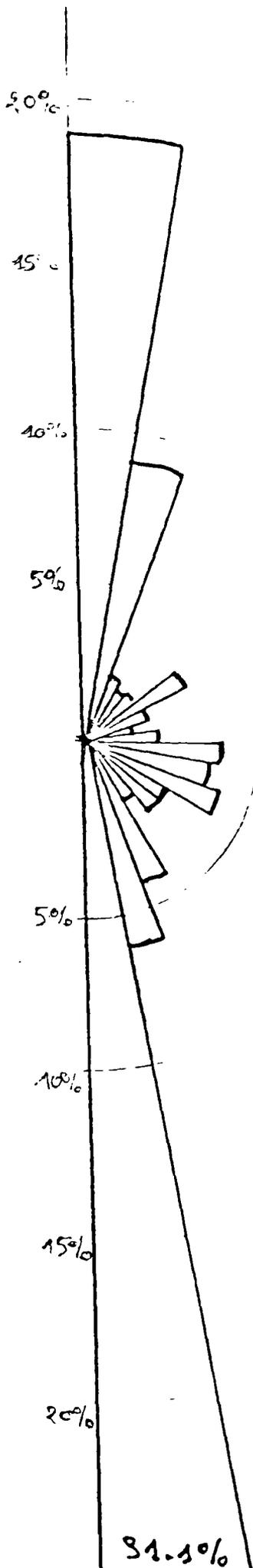


diagramme établi à partir de
l'analyse de 2930 m de galeries

VISITE DE GALERIES ARTIFICIELLES

Ces visites ont été réalisées avec la collaboration de JC FORTE (technicien au BRGM).

1 - GALERIES NON REPRESENTATIVES DE LA FRACTURATION

a) Fontaines aux Anes (Joigny)

Les venues d'eaux se font suivant les directions N 140 à N 150 et N 060 à N 070 ; elles donnent un débit de 40 à 50 m³/h (29 m²/h à l'étiage).

Ces diaclases aquifères sont à relier à la faille normale, située à 600m à l'Est de direction N 140 - N 150.

L'eau, qui émerge, est basique (pH = 8.4) et sa résistivité est de 2.900 Ω /cm.

b) Champ de Long (Bussy-en-Othe)

Les diaclases aquifères du captage ont les directions N 170 (parallèle à σ_3 de la distension), N 115 (perpendiculaire à σ_3 de la compression) et N 070 (perpendiculaire à σ_3 de la distension).

Les deux diaclases principalement débitent 3 à 5 l/s ; la résistivité de l'eau étant 2000 Ω /cm (pH = 7.2).

c) Captage de Villepied (Bussy-en-Othe)

La période des hautes eaux étant en Avril-Mai-Juin, cette galerie longue de 1200m, n'était pas accessible par la hauteur de ces eaux (le 05/06/82 le captage débitait 170 m³/h). L'étiage se situe généralement en Novembre-Décembre (débit moyen d'étiage 60 à 80 m³/h).

Cette eau possède un taux de nitrates élevé (64 mg/l), un pH de 7.6 et une résistivité de 2400 Ω /cm.

2 - GALERIES POUR LESQUELLES DES RELEVES ONT ETE EFFECTUES

a) Vaudevanne (Chailley)

Le point émissif a une orientation voisine de N 240 et se fait suivant la stratification (cf. photographie).

Le développement de la galerie étant voisin de 100m et les fissures ayant été masquées par l'action de l'eau, cette station n'est pas représentative.

.../...

La fracturation y a une faible densité. Les orientations privilégiées de celle-ci étant :

- N 085 - 095 (fissures et diaclases aquifères)
- N 070 (fissures)
- N 110 - 130 (essentiellement des fissures)
- N 160 - 180 (deux fissures ouvertes),

En moyenne on retrouve ces directions de fracturation tous les 8 à 15m.

b) Vaux Preux (Brion)

Dans cette galerie longue de 370m, plus de 500 relevés de fractures, fissures et diaclases ont été effectués.

Il en ressort les directions :

- N 135 (N 120- N 150) fissures verticales (60%)
- N 150 - N 160, belles diaclases obliques comblées, que l'on retrouve tous les 5 à 8m (20%)
- N 080 - N 100, correspond à la direction privilégiée des diaclases aquifères qui sont au nombre de 5 (15%)
- NS, fissures verticales (5%).

Les fissures les plus fréquentes (N 135) se retrouvent tous les 20 à 30 cm.

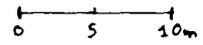
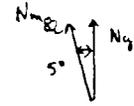
Par l'analyse du canevas, on trouve la tectonique locale ; c'est-à-dire une direction varisque en compression (importante faille à 1,6 km au SE) et la direction subméridienne correspondant à l'influence de la faille normale à 600m à l'Ouest.

Les diaclases aquifères d'après leur orientation sont parallèles à σ_3 de la distension. Elles sont un exemple de la circulation diaclasienne à contre-pente (fissures aquifères pendant vers le Nord).

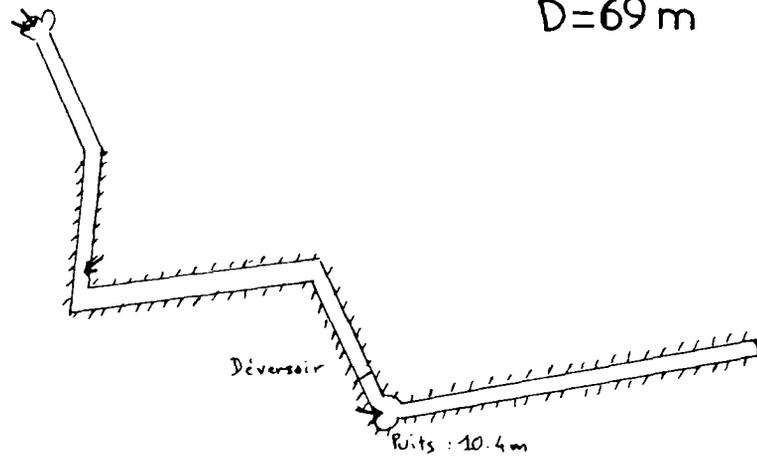
L'eau émerge à une température de 11°C ; sa résistivité est de 2.400 Ω /cm (pH de 7.7).

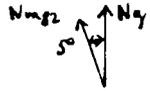
.../...

FONTAINE AUX ANES (JOIGNY)

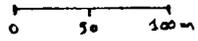


→ Venue d'eau





CHAMP DE LONG (BUSSY)



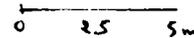
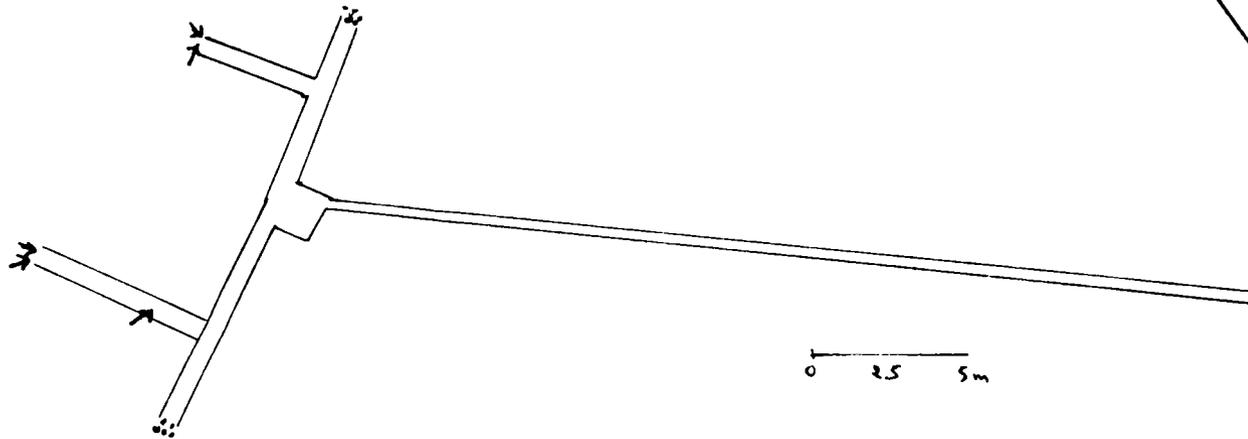
↗ Venue d'eau

D = 717 m



Forage Vau Pinson
et ancienne source

Entrée de la galerie drainante

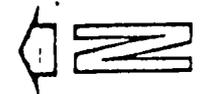
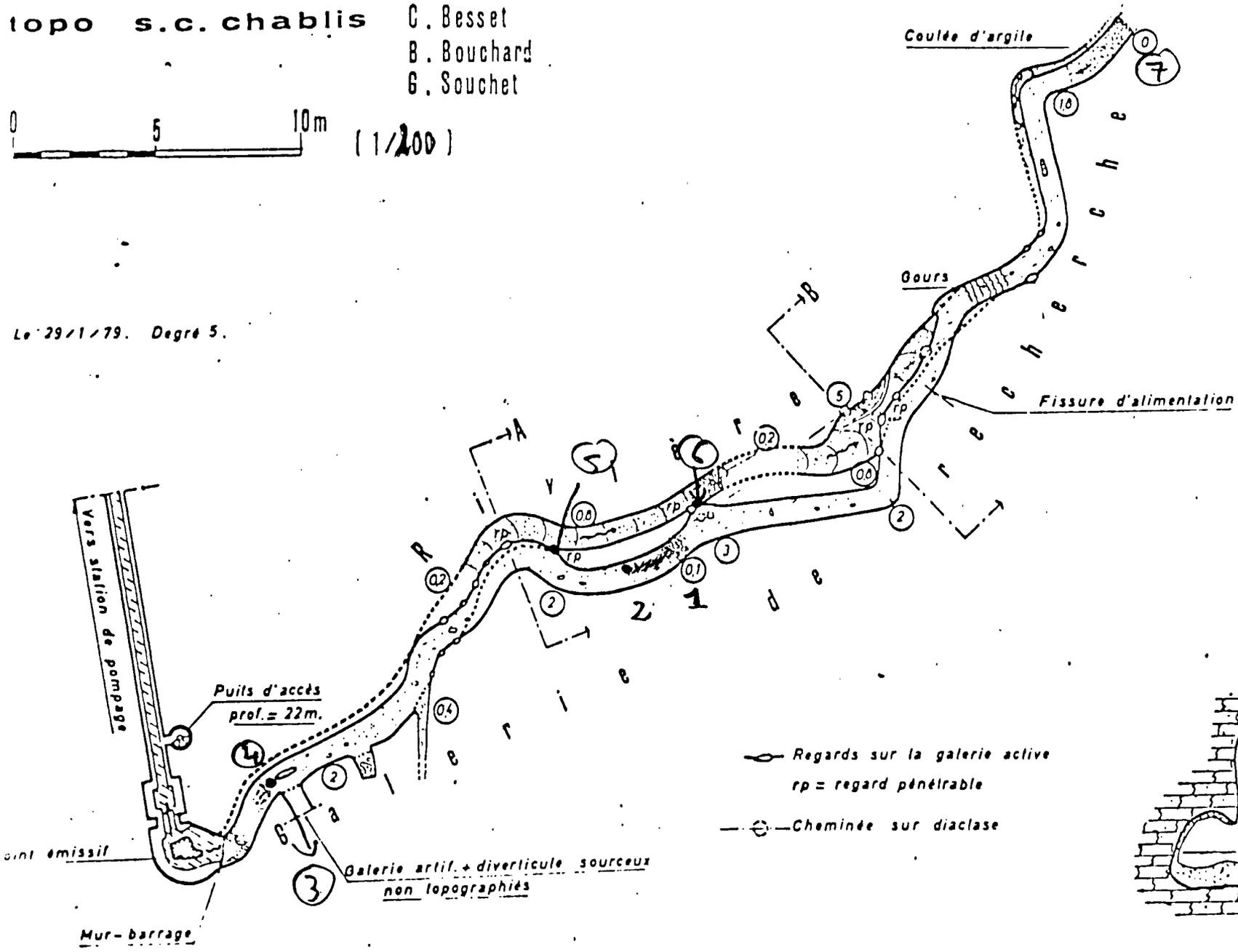


CAPTAGE DE VAUDEVANNE

topo s.c. chablis C. Besset
B. Bouchard
G. Souchet

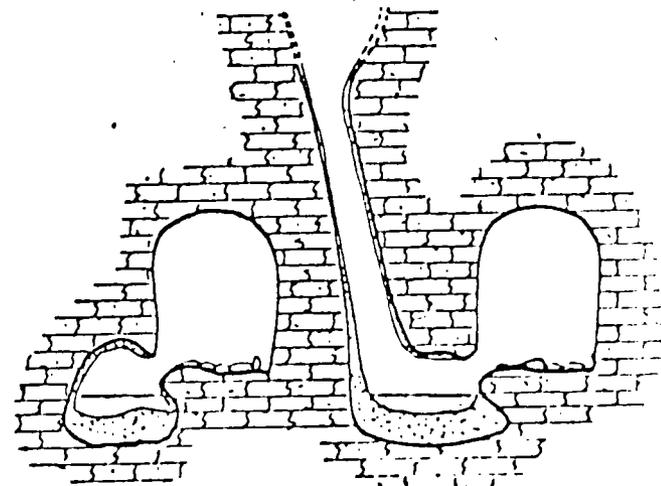


Le 29/1/79. Degre 5.



Coupes

éch. 1/100

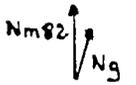


COUPE A

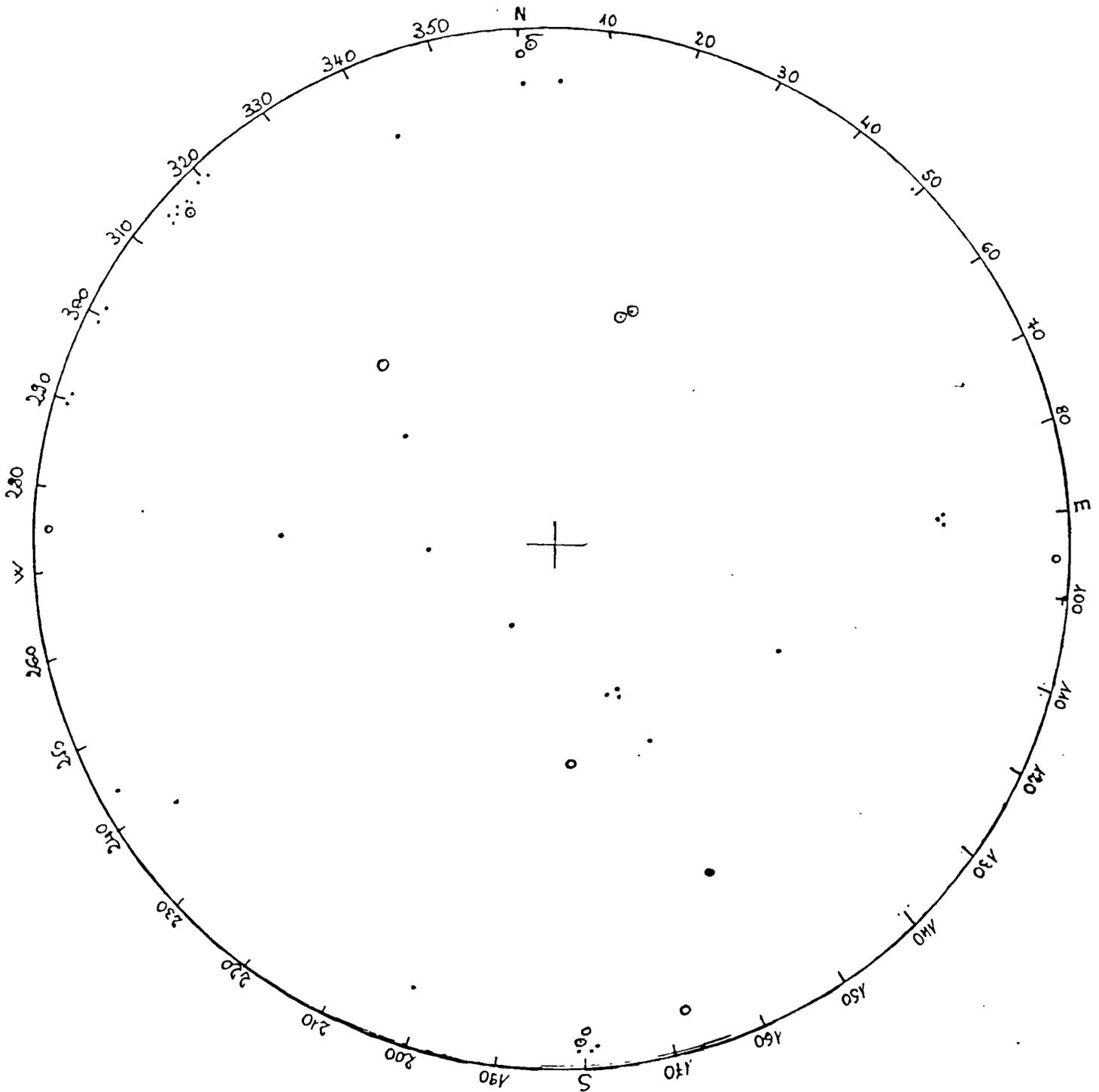
COUPE B

Regards sur la galerie active
 rp = regard pénétrable
 Cheminée sur diaclase

SOURCE DE VALLETAARNE (CHAMBLE)



- Fissure
- Fracture ouverte
- Fracture ouverte comblée
- ⊙ Fracture aquifère

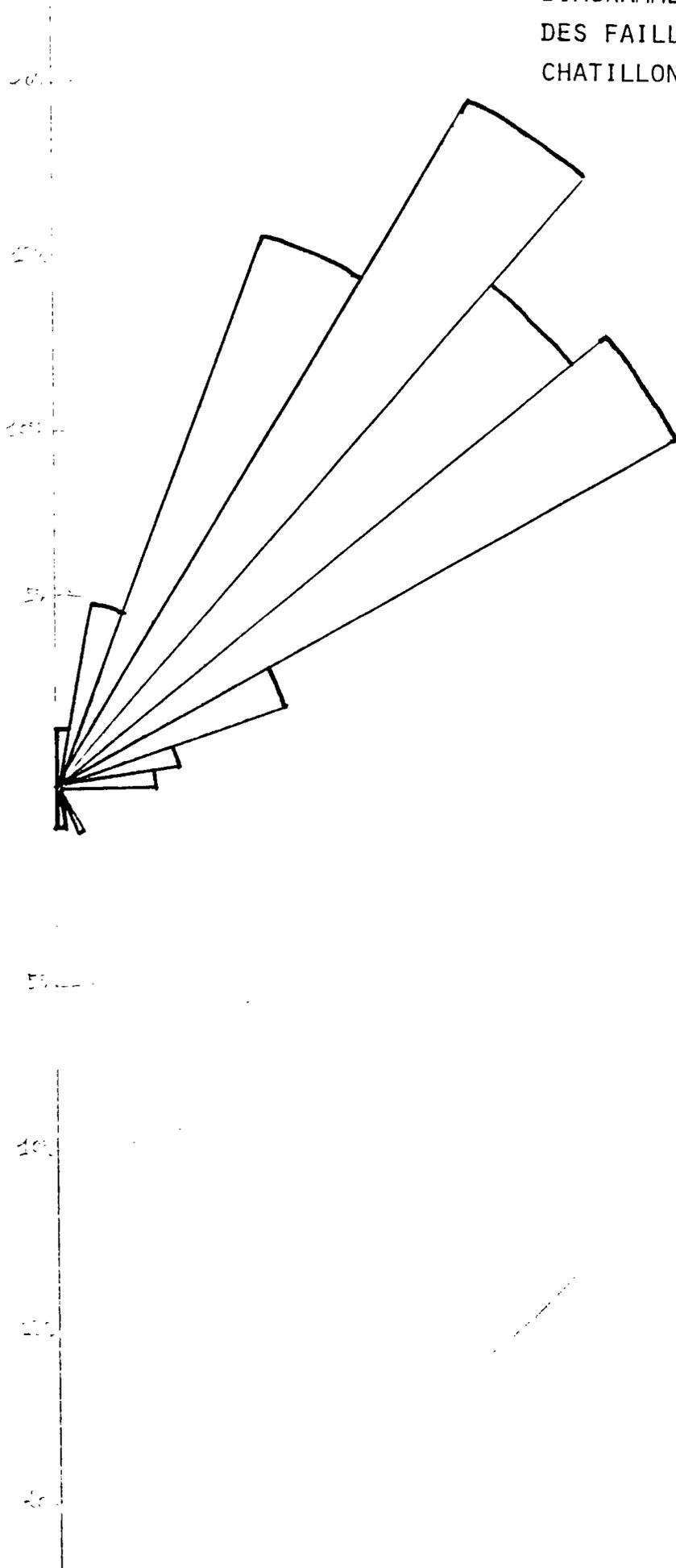


PLATEAUX DU CHATILLONNAIS

ANALYSE STRUCTURALE

RAPPORT BRGM N° 82 SGN 505 B0U

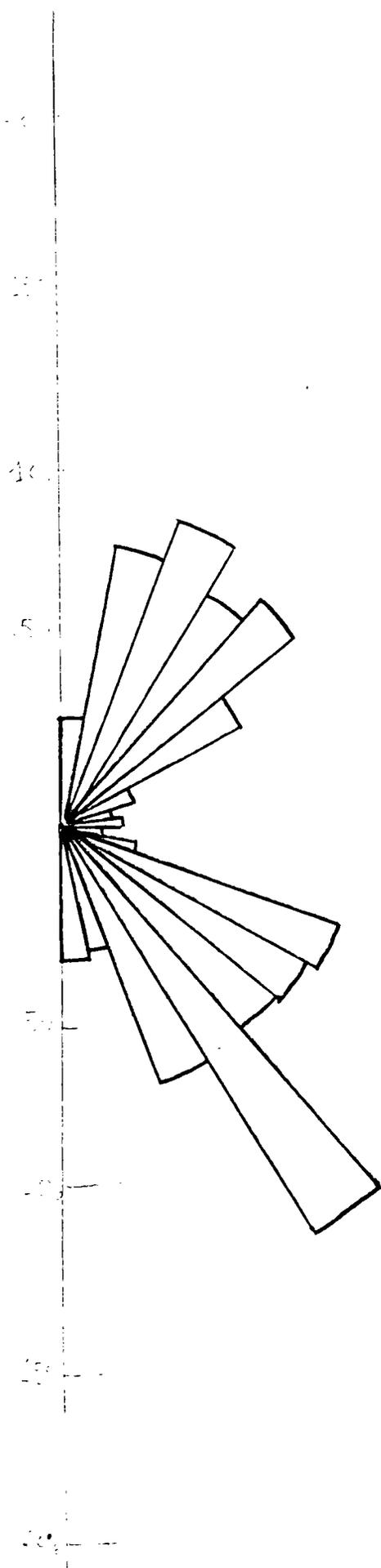
DIAGRAMME D'ORIENTATION
DES FAILLES DANS LE
CHATILLONNAIS (21)



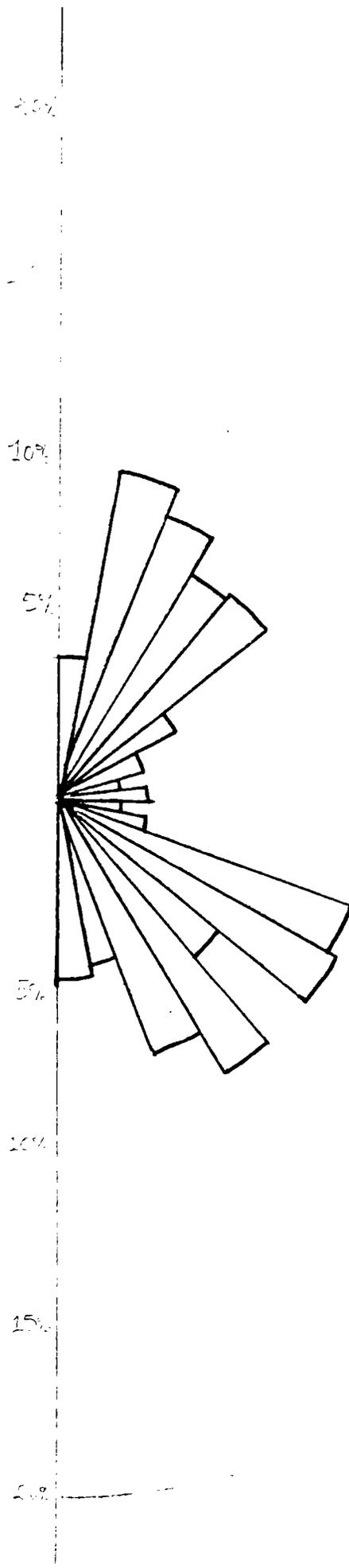
ORIENTATION DES DIACLASES

CARTE AIGNAY-LE-DUC 1/50 000

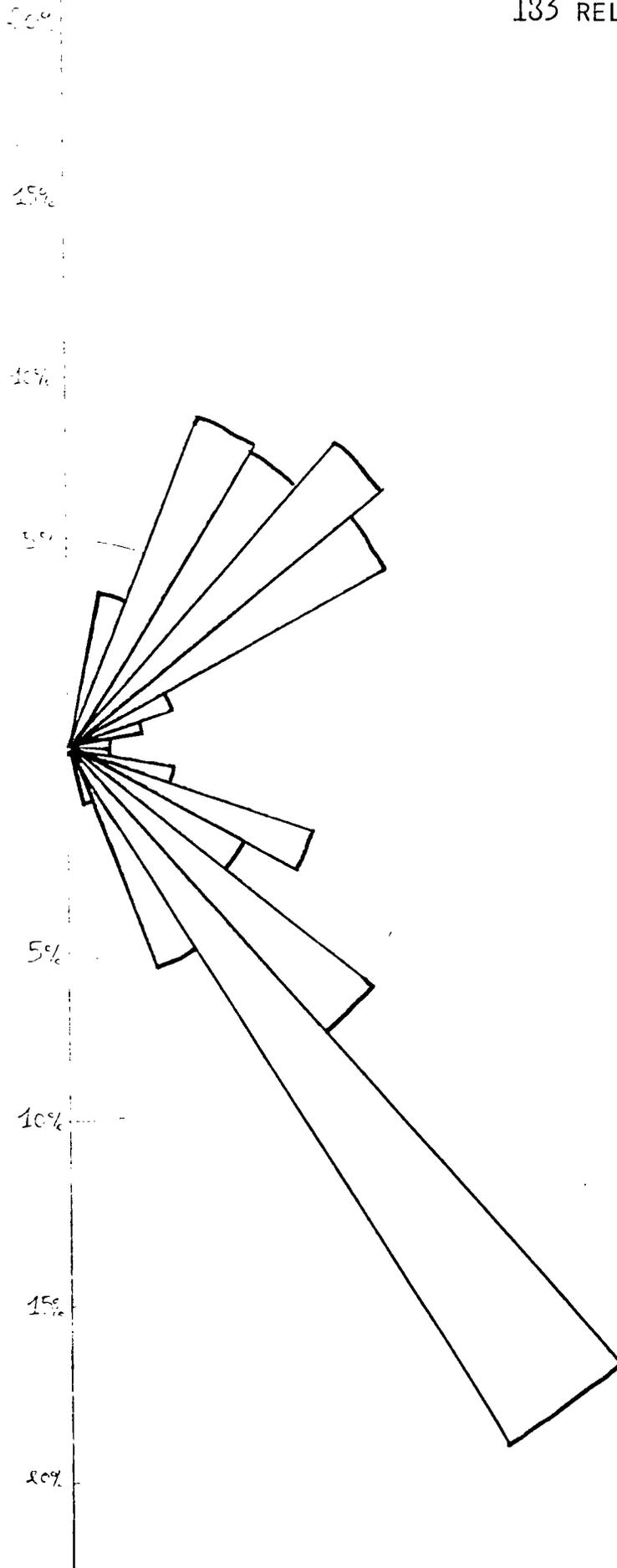
578 RELEVÉS



ORIENTATION DES DIACLASES
CARTE AIGNAY-LE-DUC 1/50 000
395 RELEVÉS DANS LE BAJOCIEN

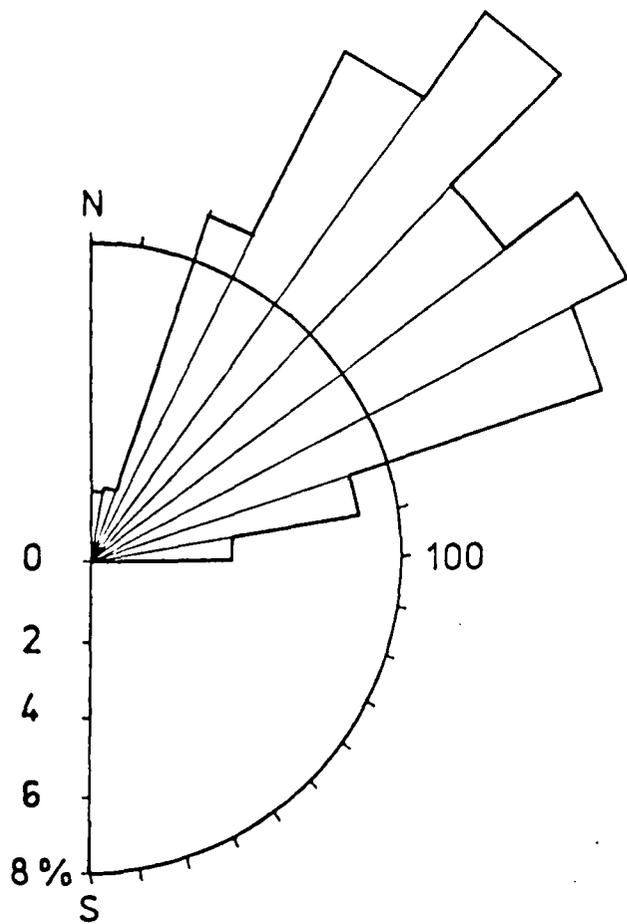


ORIENTATION DES DIACLASES
CARTE AIGNAY-LE-DUC 1/50 000
133 RELEVÉS DANS LE BATHONIEN

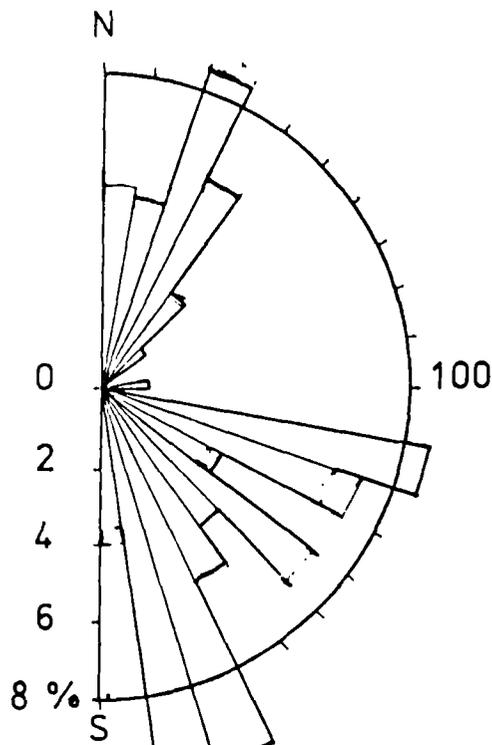


DIAGRAMMES D ORIENTATION

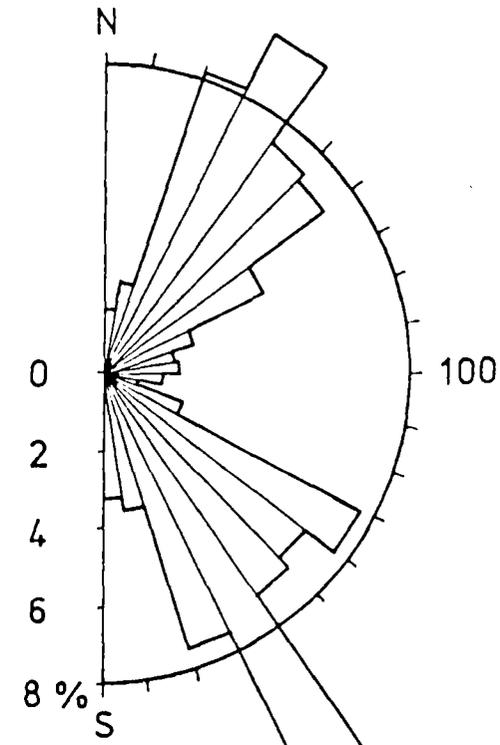
en grades



DIRECTION DES FAILLES



DIRECTION DES
GALERIES DE
GROTTES



DIRECTION DES
DIACLASES

CARTE GEOLOGIQUE AIGNAY-LE-DUC

1/50000

d'après J.P KIEFFER 1977

DIAGRAMME D'ORIENTATION
DES GALERIES NATURELLES
DANS LE CHATILLONNAIS (21)

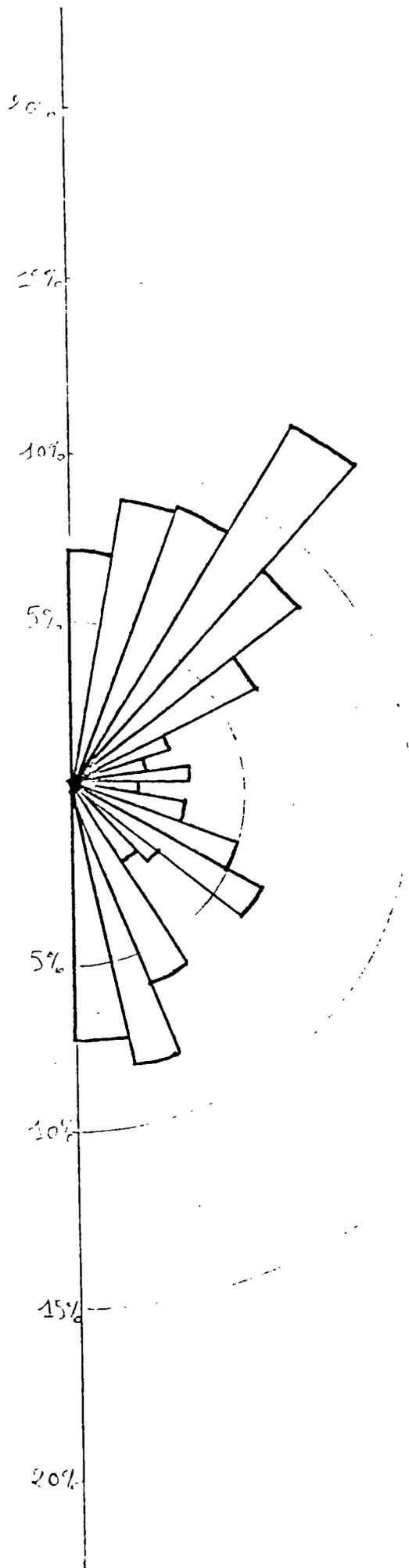
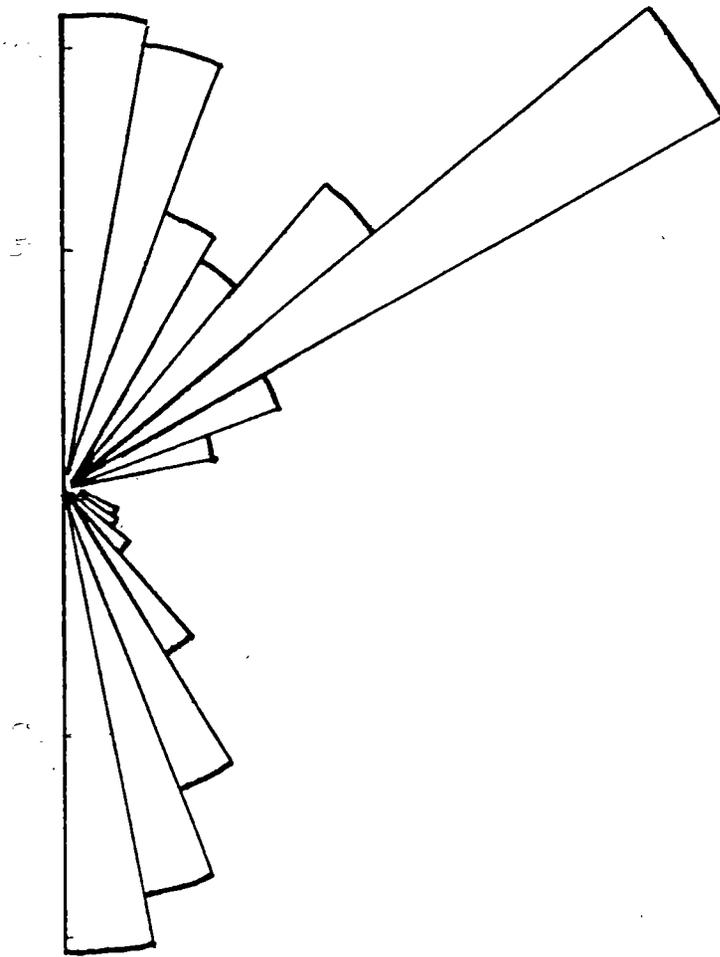


diagramme établi à partir de
l'analyse de 6,3 km de galeries

DIAGRAMME D'ORIENTATION
DES FAILLES DANS L'AUXOIS
(21 - 89)



SEUIL DE BOURGOGNE
ANALYSE STRUCTURALE

RAPPORT BRGM 82 SGN 506 BOU

DIAGRAMME D'ORIENTATION
DES FAILLES DANS LE
SEUIL DE BOURGOGNE (21)

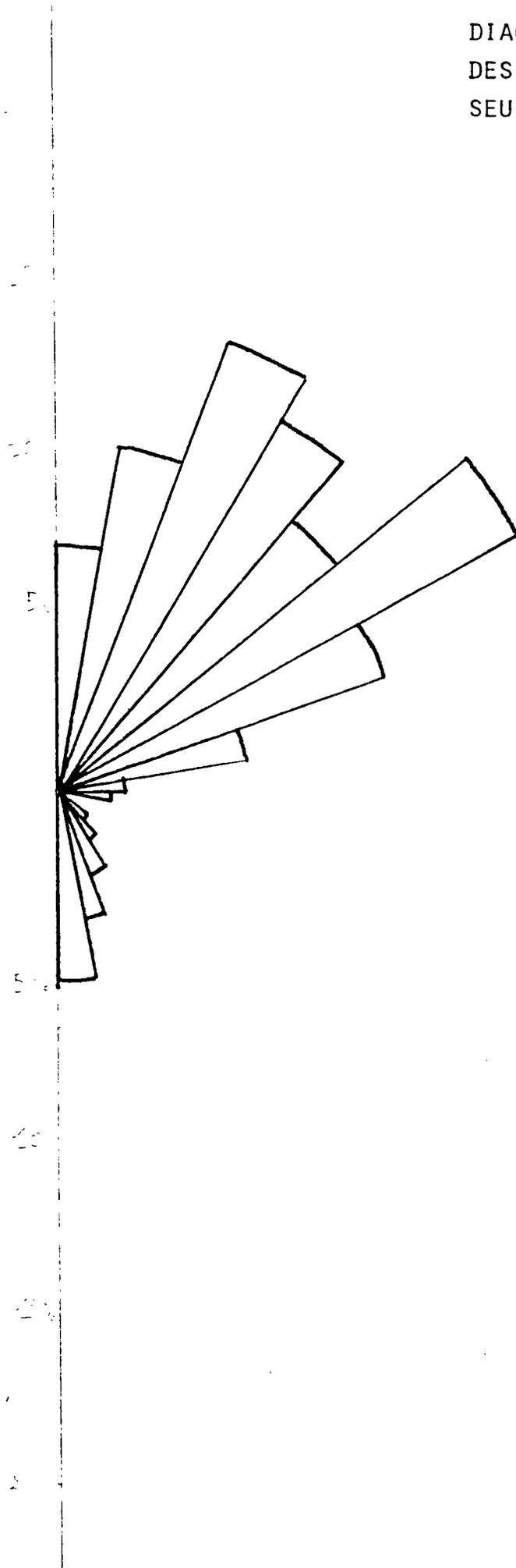


DIAGRAMME D'ORIENTATION
DES GALERIES NATURELLES
DANS LE SEUIL DE BOURGOGNE

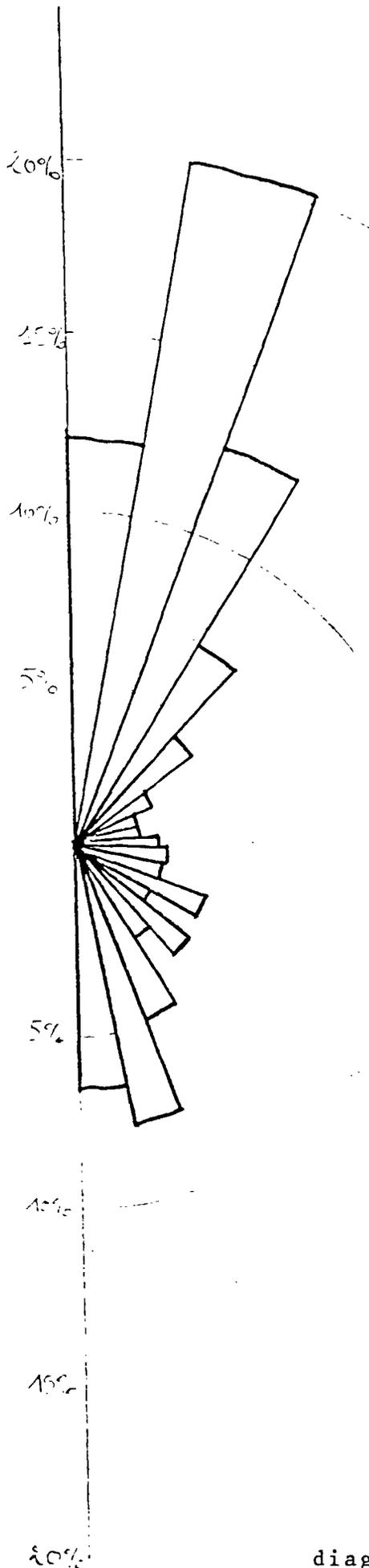


diagramme établi à partir de l'analyse
de 37 km de galeries

DIAGRAMME D'ORIENTATION
DES GALERIES NATURELLES
DANS LA CÔTE D'OR

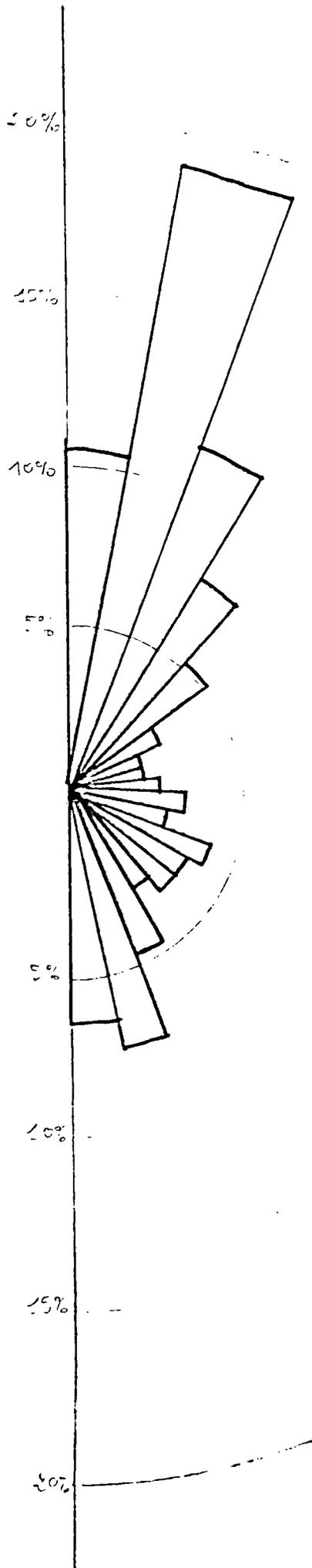
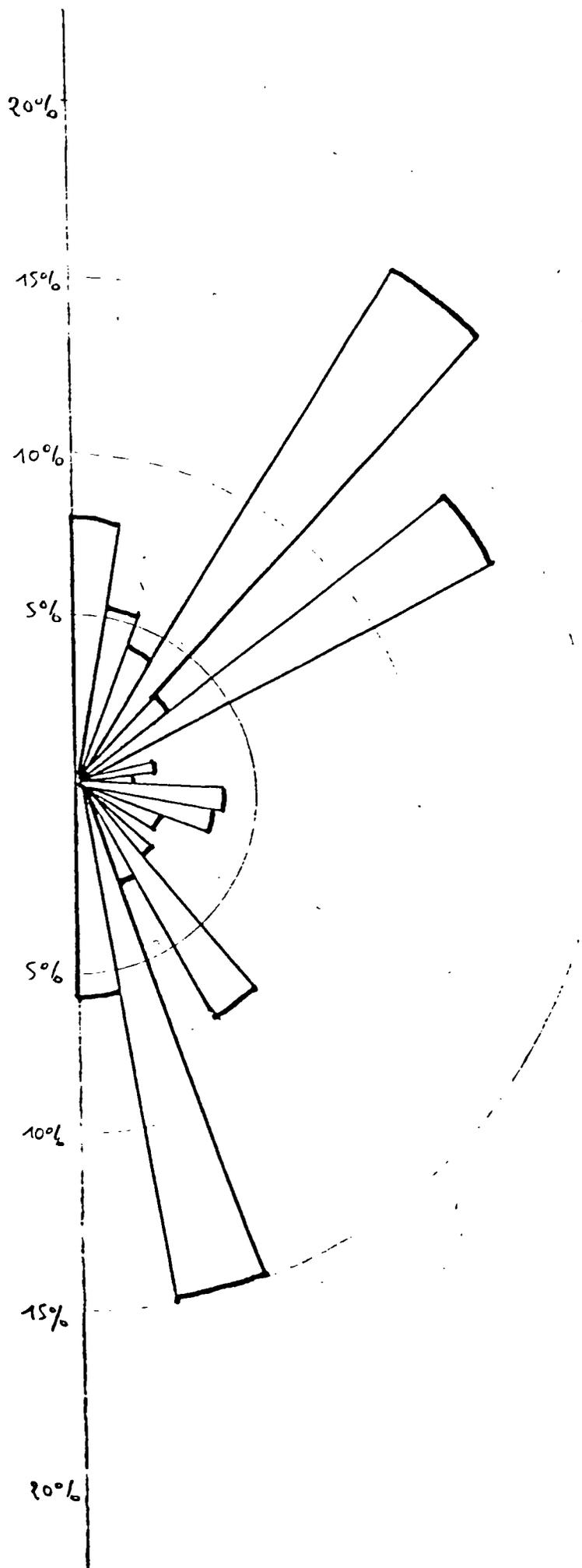
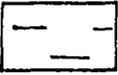


diagramme établi à partir de
l'analyse de 51 km de galeries

DIAGRAMME D'ORIENTATION
DES GALERIES NATURELLES
DANS LA CÔTE D'OR
DONNÉES BRGM
SUR 2681 M DE GALERIES



RESEAU DE FRANCHEVILLE (C. D'OR)

-  Bathonien inf.
-  Bajocien calcaire
-  argiles liasiques

 15m
faille

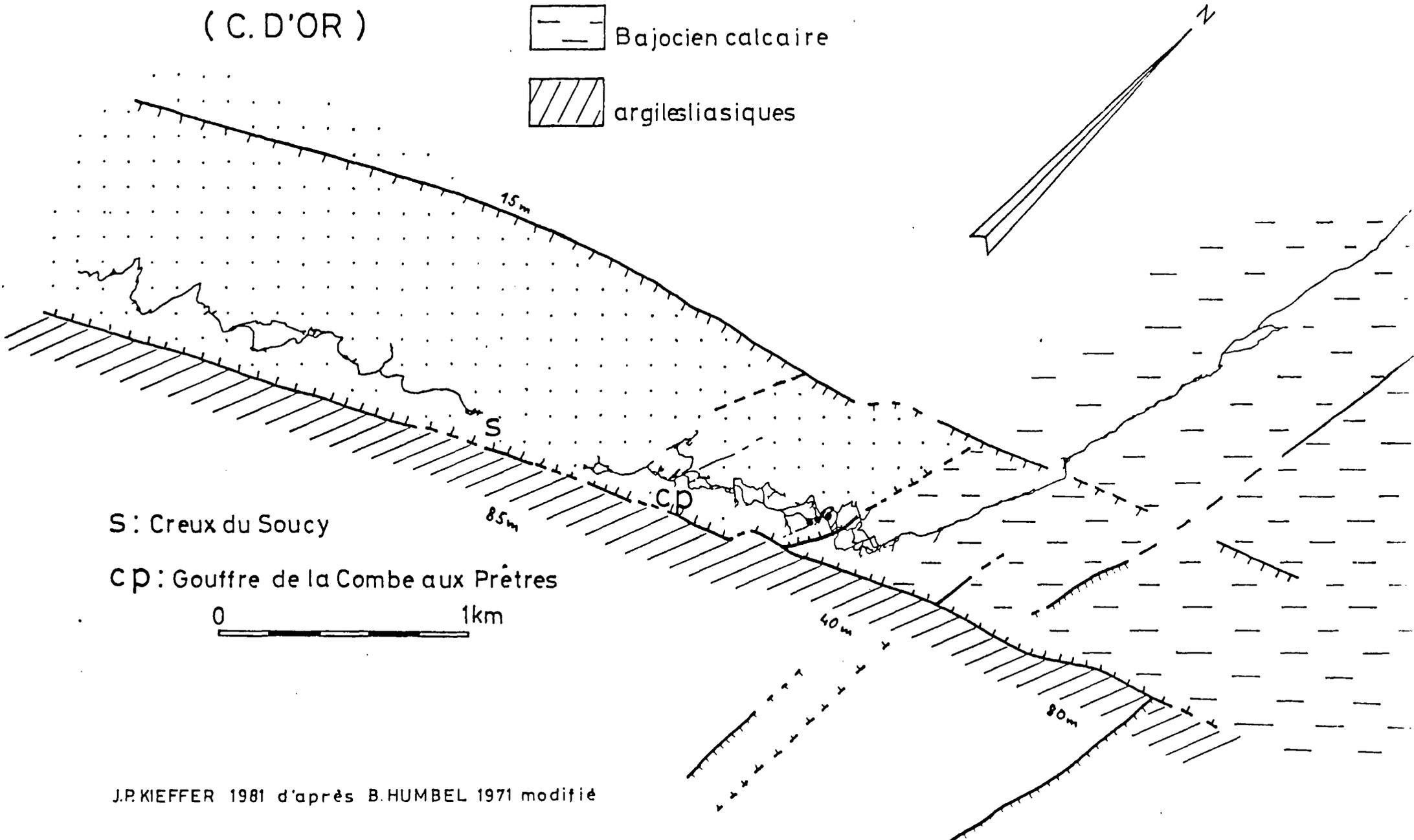


DIAGRAMME D'ORIENTATION
DES GALERIES NATURELLES
DE LA COMBE AUX PRETRES
FRANCHEVILLE (21)

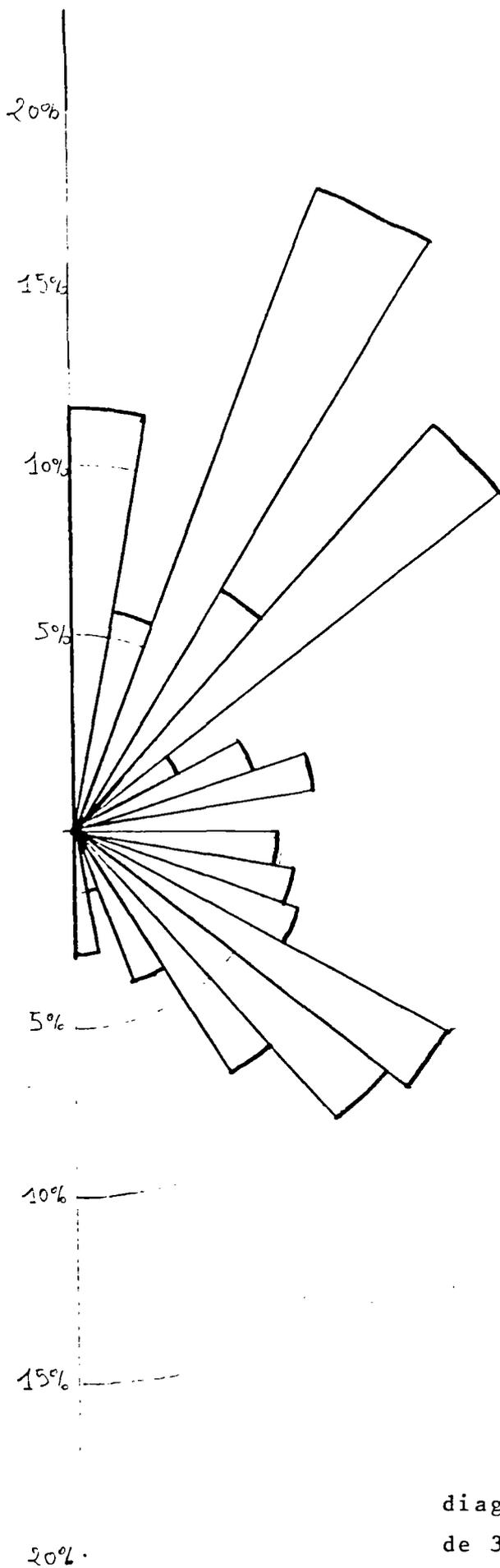


diagramme établi à partir de l'analyse
de 3,2 km de galeries

DIAGRAMME D'ORIENTATION
DES GALERIES NATURELLES
DE LA COMBE AUX PRETRES
FRANCHEVILLE (21)

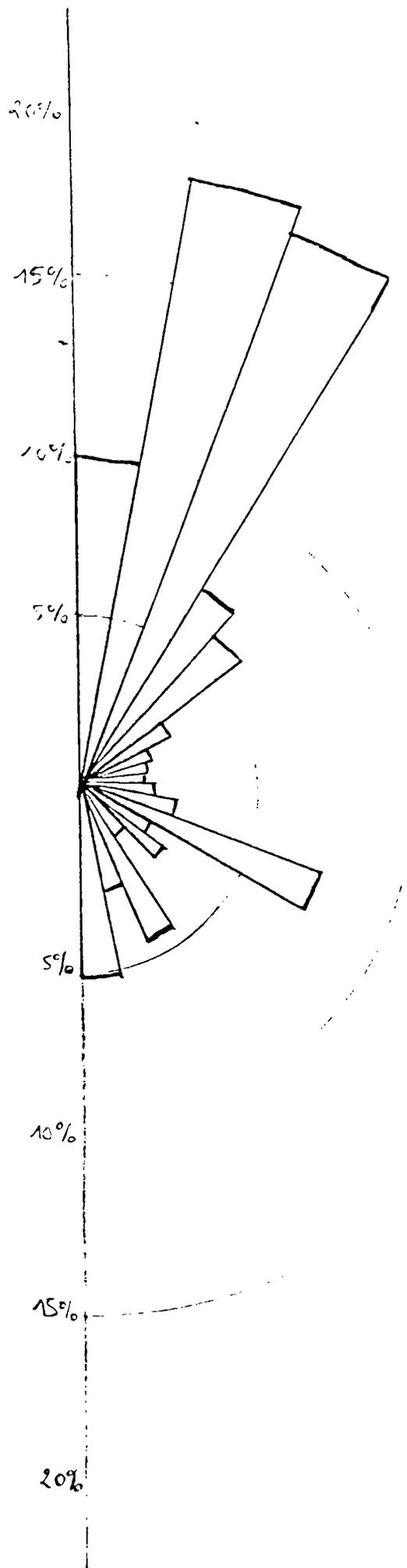
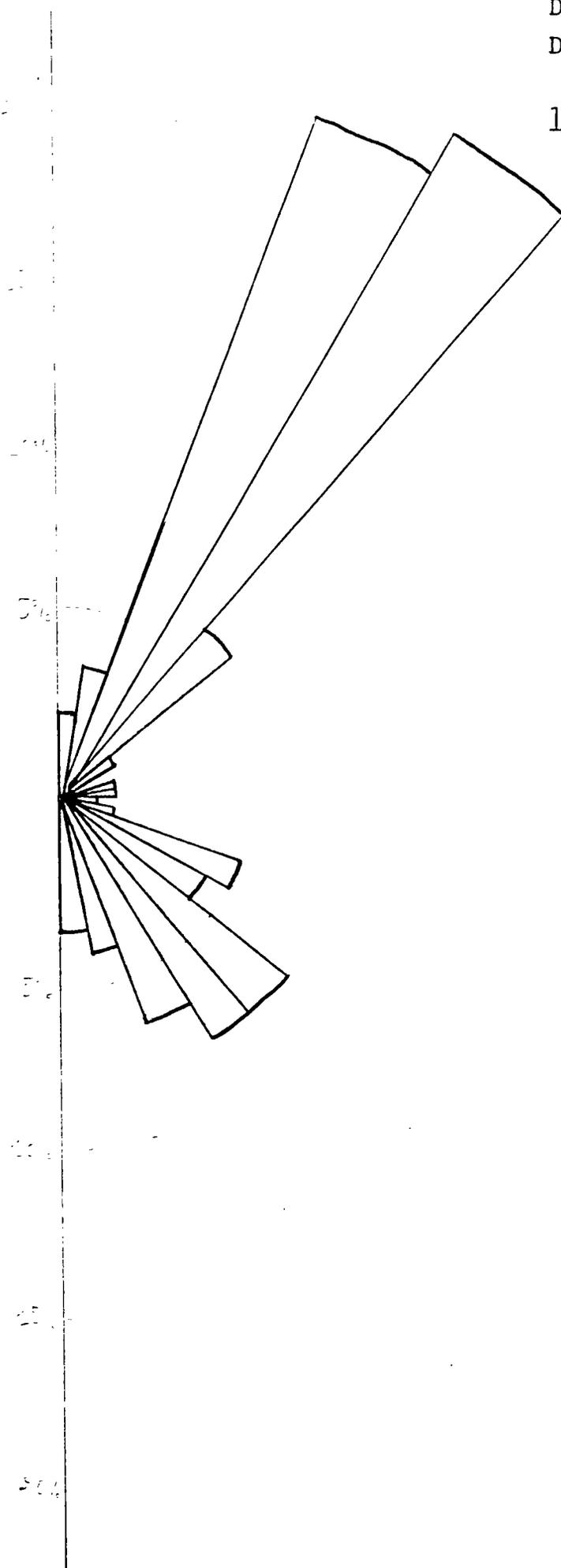


diagramme établi à partir
de l'analyse de 13055m de galeries

DIAGRAMME D'ORIENTATION
DES DIACLASES
FRANCHEVILLE (21)
161 RELEVÉS



MALM DE LA CÔTE D'OR

ANALYSE STRUCTURALE

RAPPORT BRGM 82 SGN 506 BOU

DIAGRAMME D'ORIENTATION
DES FAILLES DANS LE
BASSIN DE LA BÈZE (21)

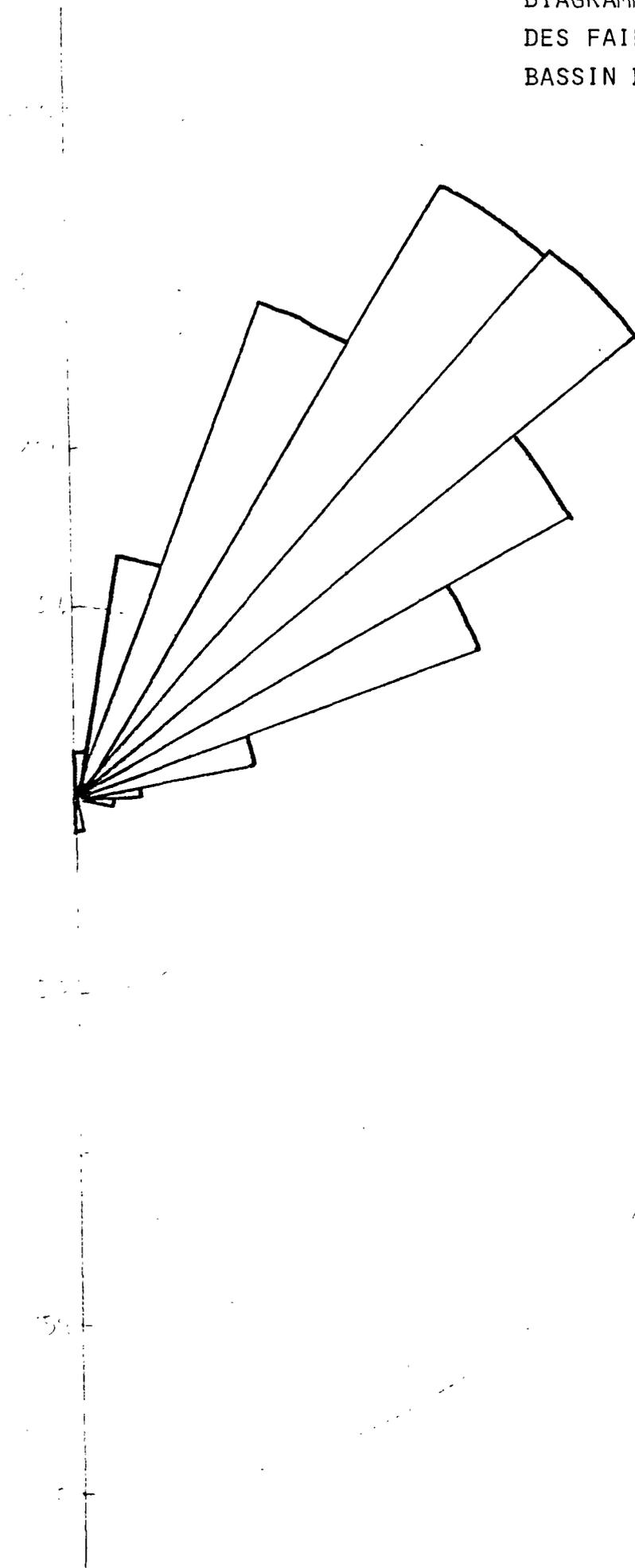


DIAGRAMME D'ORIENTATION
DES GALERIES DE LA
GROTTE DE LA CRETANNE
BÈZE (21)

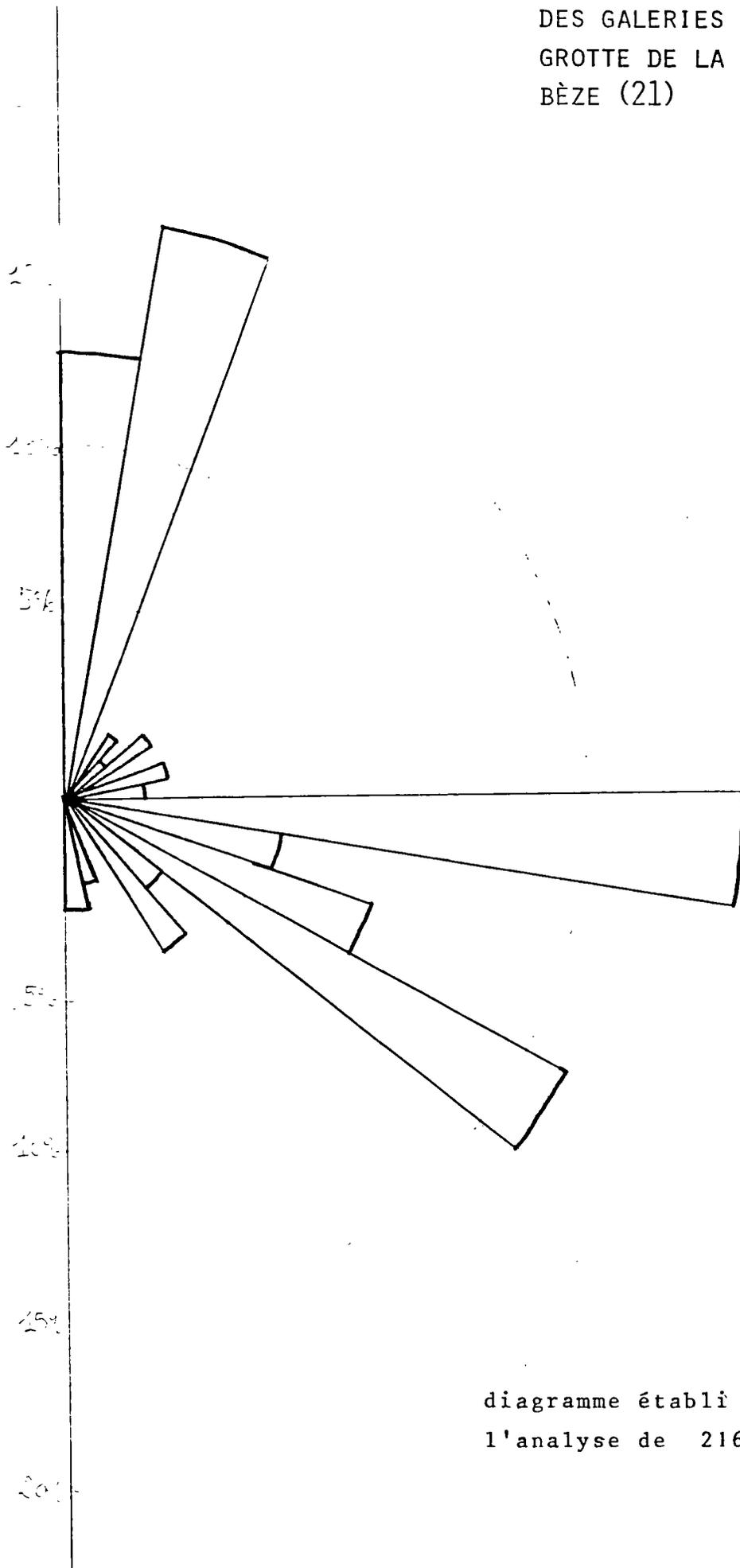


diagramme établi à partir de
l'analyse de 2160 m de galeries

ARRIÈRE CÔTE ET MONTAGNE
ANALYSE STRUCTURALE

DIAGRAMME D'ORIENTATION
DES FAILLES DANS LA CÔTE (21)

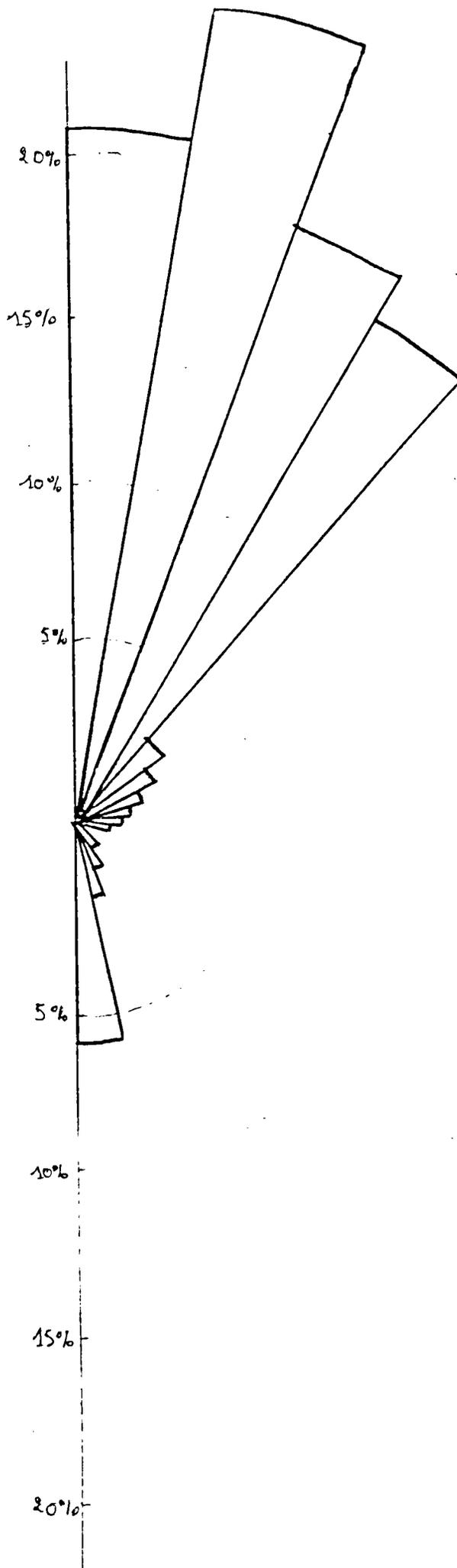


DIAGRAMME D'ORIENTATION
DES DIACLASES
ANTHEUIL (21)
95 RELEVÉS

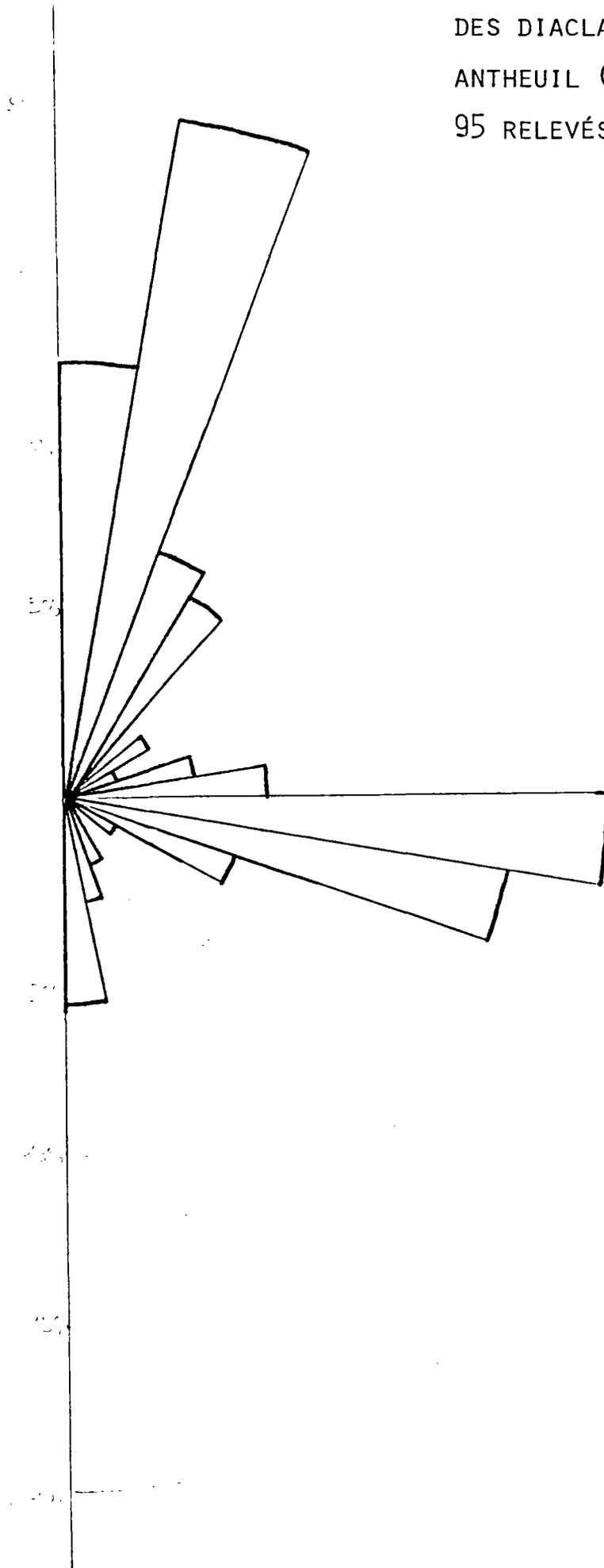


DIAGRAMME D'ORIENTATION
DES GALERIES NATURELLES
DANS L'ARRIERE-CÔTE-
MONTAGNE (21)

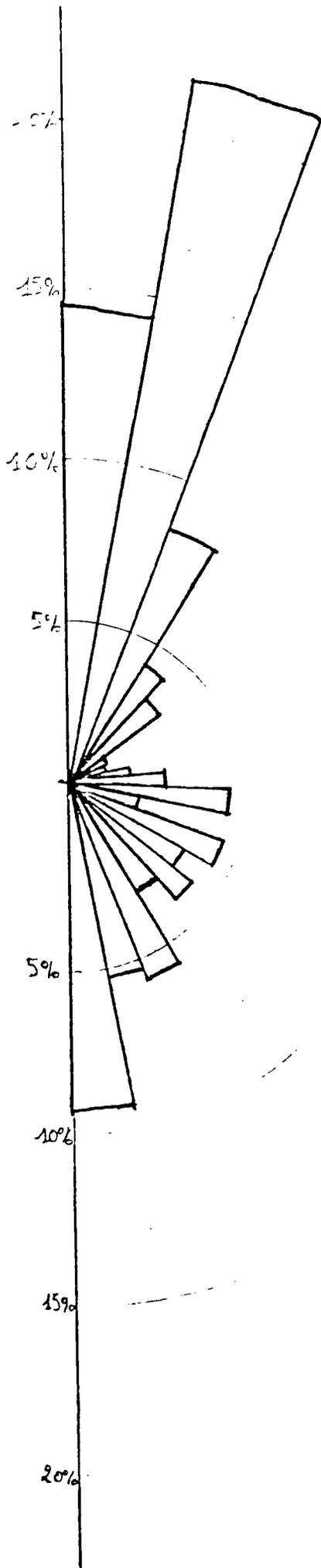


diagramme établi à partir de
l'analyse de 4,5 km de galeries

SAÔNE ET LOIRE
ANALYSE STRUCTURALE

RAPPORT BRGM N° 82 SGN 506 BOU

DIAGRAMME D'ORIENTATION
DES FAILLES DANS LE
CHALONNAIS (58)

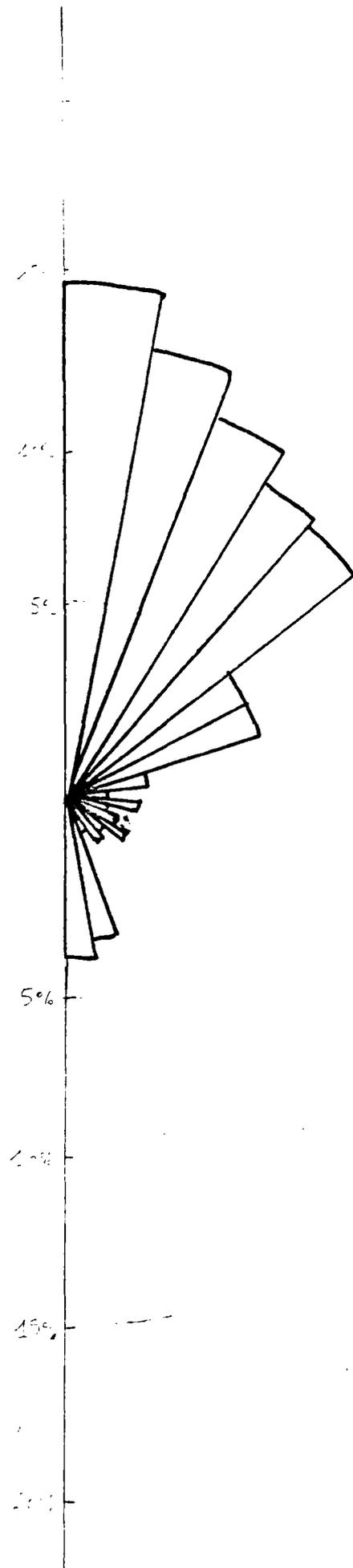
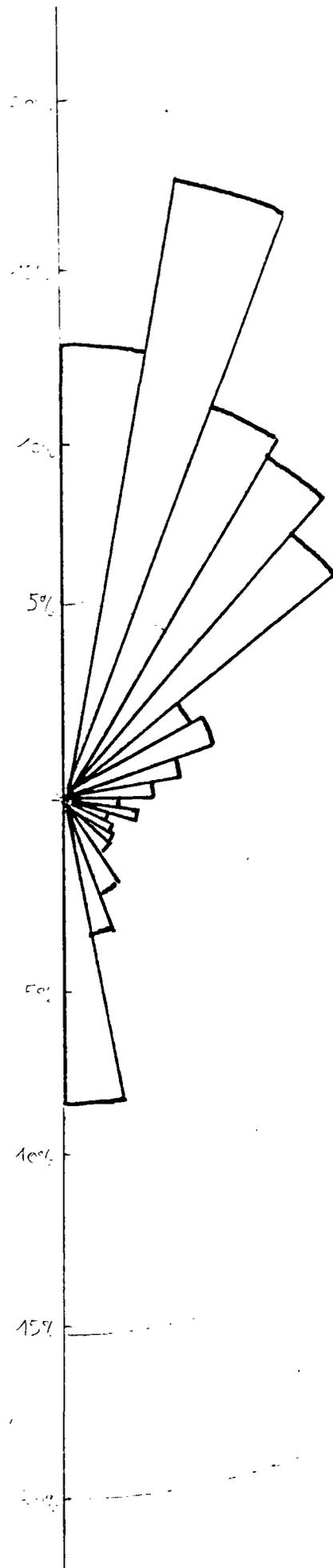


DIAGRAMME D'ORIENTATION
DES FAILLES DANS LE
MACONNAIS (58)



RELEVÉS DE LA FRACTURATION DANS LA GROTTÉ DE BLANOT (MACONNAIS)

Dans cette grotte aménagée pour le grand public, 600m de galeries sont d'un accès facile. Environ 150 relevés de fissures et diaclases y ont été réalisés.

Les directions préférentielles qui ressortent sont :

- N 000 à N 040, petites failles, fractures ouvertes (comblées ou non) qui représentent 70% des relevés.
- N 090 à N 120, diaclases qui sont en général à demi ou entièrement comblées (20%)
- N 050 - N 060, fissures qui sont pratiquement toutes comblées (5%).

On trouve une diaclase ouverte, qui est souvent comblée, en moyenne tous les 7 à 10m.

Dans les relevés, les alignements de stalactites ont été pris en compte (direction la plus fréquente N 110).

De plus dans cette grotte, les marques de l'érosion de l'eau sont nettes : mise en relief des chailles (dans le calcaire bajocien) par la dissolution et creusement suivant la stratification.

DIAGRAMME D'ORIENTATION
DES GALERIES DANS LE
CHALONNAIS (71)

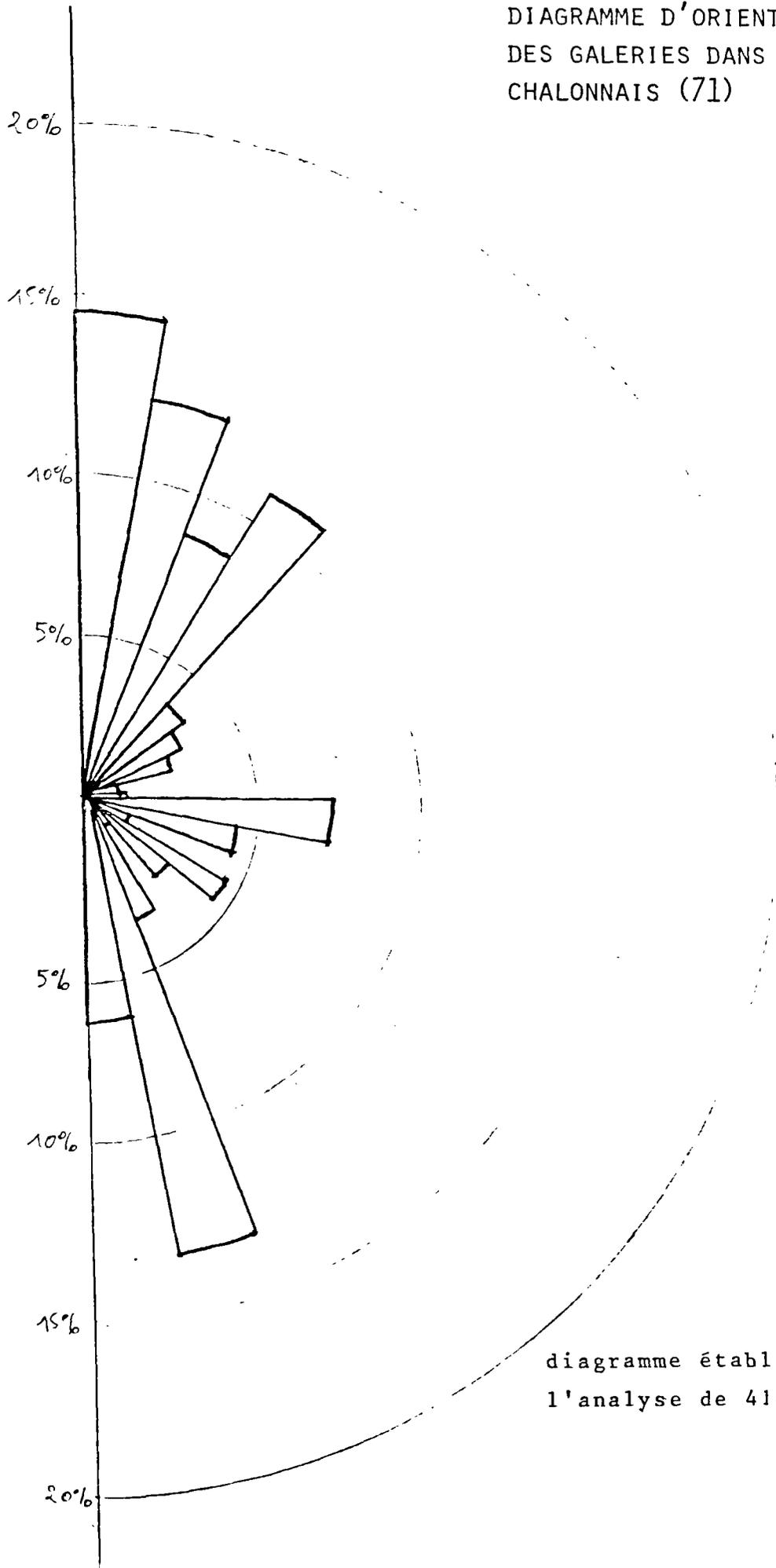


diagramme établi à partir de
l'analyse de 414 m de galeries

DIAGRAMME D'ORIENTATION
DES GALERIES DANS LE
MACONNAIS (71)

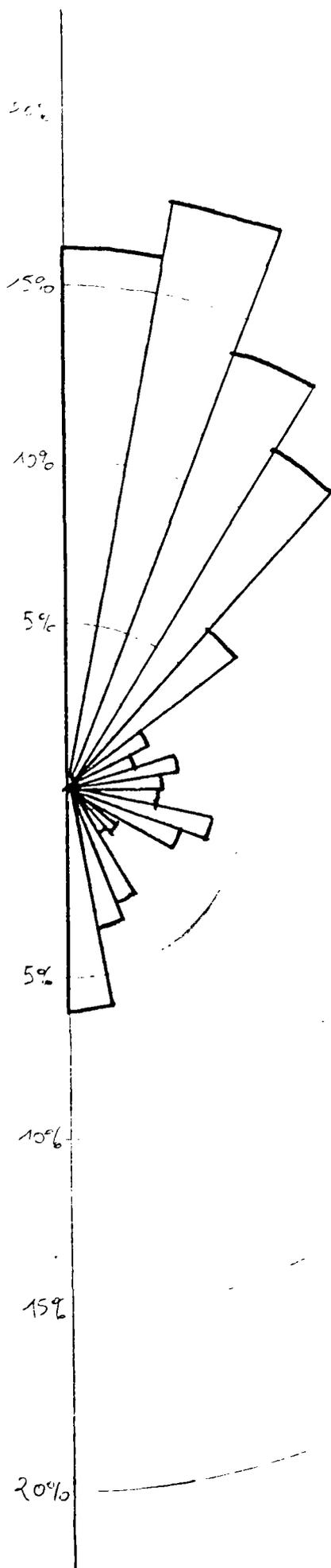


diagramme établi à partir
de l'analyse de 2863m de galeries

DIAGRAMME D'ORIENTATION
DES GALERIES DANS LE
CHAROLLAIS (71)

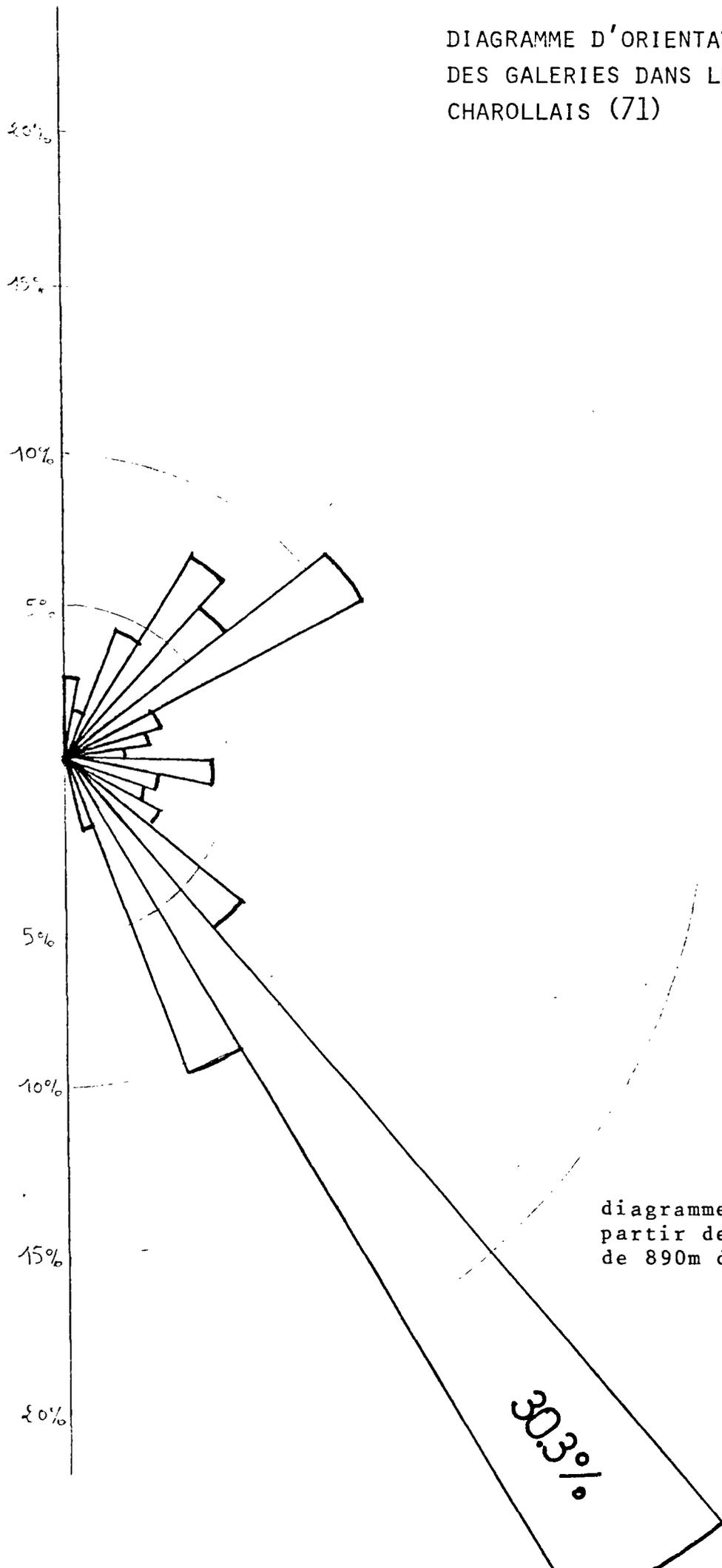


diagramme établi à
partir de l'analyse
de 890m de galeries

DIAGRAMME D'ORIENTATION DES GALERIES DANS LA SAÔNE ET LOIRE

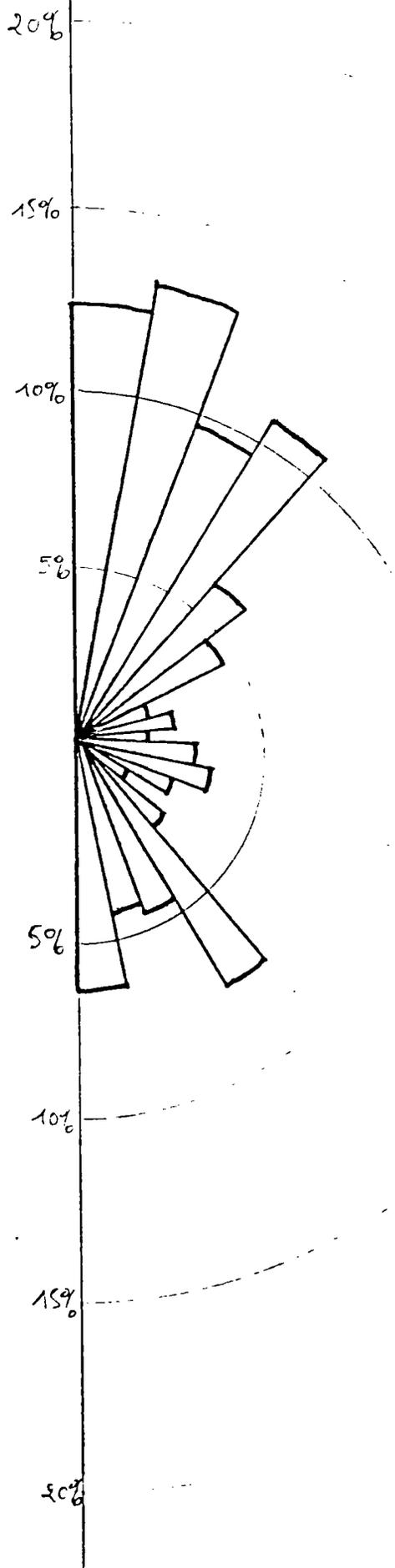


diagramme établi à partir de
l'analyse de 4168m de galeries