

---

---

# ÉTUDE

SUR

## LA GÉOLOGIE DU FOREZ

Par M. LE VERRIER,  
Ingénieur en chef des mines, à Marseille.

---

### INTRODUCTION

---

La magistrale étude consacrée par Gruner à la Géologie de la Loire semblait faite pour décourager les géologues futurs, et pendant longtemps aucun travail n'a été publié sur un sujet qu'on pouvait croire épuisé.

Mais, depuis quelques années, la science possède, pour l'examen des roches, de puissants moyens d'investigation, inconnus autrefois, qui ont permis d'asseoir sur des bases plus précises l'étude des formations cristallines ou éruptives. Pour les terrains tertiaires que l'absence de coupes profondes rend si difficiles à bien classer, les recherches patientes de quelques savants du pays, les travaux récents de fouilles ou de sondages ont fourni des éléments précieux et fait la lumière sur des questions pour lesquelles Gruner en était réduit à des hypothèses.

Ces circonstances m'ont permis de préciser et parfois de modifier sur quelques points intéressants les conclusions de Gruner, à la suite des études que j'ai faites pour le service de la Carte géologique détaillée.

Il m'a paru utile de faire connaître mes observations, quoique sur bien des points elles soient encore incomplètes et incertaines. Elles pourront néanmoins fournir

quelques renseignements à ceux qui voudraient étudier cette région et les aider à réaliser de nouveaux progrès.

Je tiens à remercier ici MM. Mayençon, Maussier et Mortier, qui m'ont communiqué des données précieuses sur la géologie de la plaine.

Pour les roches anciennes, le Forez est peut-être une des régions les plus difficiles qui existent, et son étude m'aurait présenté des obstacles insurmontables, si je n'avais été guidé par les conseils amicaux de M. Michel Lévy, qui a bien voulu s'intéresser à mes travaux et m'initier aux nouvelles méthodes pétrographiques dans lesquelles il a introduit tant de perfectionnements importants. Je suis heureux de lui en témoigner toute ma reconnaissance.

Ce travail sera divisé en deux parties. Dans la première, je décrirai sommairement les terrains sédimentaires, leurs relations entre eux et avec les roches éruptives, la constitution générale du pays et les mouvements qu'il a subis. La seconde sera consacrée à l'étude spéciale des roches éruptives et cristallines.

---

## PREMIÈRE PARTIE

---

### I. Alluvions.

La plaine du Forez est recouverte presque partout par des alluvions anciennes.

Alluvions  
à galets  
quartzeux.

Sur la rive gauche de la Loire, les alluvions se composent principalement de cailloutis à galets arrachés aux roches formant le pourtour du bassin ; on les retrouve jusqu'à une cote de près de 500 mètres. Les plus élevées se composent principalement de galets quartzeux. Elles ont été en grande partie balayées par l'éro-

sion ; les débris qui en restent dessinent une ceinture régulière et horizontale autour de la plaine ; ils reposent sur les terrains anciens.

A un niveau plus bas, inférieur à 400 mètres environ, les cailloutis qui recouvrent le tertiaire se composent de roches plus mêlées. Les galets de basalte sont rares, sinon absents dans les parties les plus élevées. Leur proportion augmente à mesure qu'on descend vers le centre de la plaine. Les alluvions récentes de la Loire abondent en galets de basalte et de phonolithe.

Alluvions  
à galets  
de basalte

On pourrait conclure de cette observation que les alluvions les plus anciennes sont antérieures à l'éruption du basalte ; je ne crois pas que cette interprétation soit fondée. L'éruption du basalte paraît, comme nous le verrons plus tard, antérieure au creusement des vallées. La plupart des pointements de cette roche n'ont pas percé les assises tertiaires supérieures, et devaient, par suite, se trouver enterrés à l'origine. L'érosion n'a pu s'exercer sur eux qu'au bout d'un certain temps, après les avoir préalablement mis à nu. C'est ce qui explique l'apparition progressive de galets de basalte. Mais il n'est pas possible de tracer une ligne de démarcation absolue fondée sur leur absence ou leur présence.

Du reste, la composition de ces cailloutis varie rapidement d'un point à un autre, comme l'a remarqué Gruner ; il est évident qu'ils doivent leur origine aux affluents de la Loire et représentent des formations tout à fait locales.

Sur la rive droite de la Loire, les alluvions présentent un caractère un peu différent ; on retrouve sur les collines de terrains anciens qui entourent la plaine la bordure de galets quartzeux déjà signalée. Mais, au pied de ces collines, les alluvions se composent surtout

Alluvions  
argileuses.

d'argiles maigres (terre à pisé). Ces argiles ont été considérées par Gruner comme le prolongement des argiles feldspathiques tertiaires qui forment la bordure occidentale de la plaine, et qu'il supposait horizontales. Malgré leur ressemblance, ces deux formations ne sont pas identiques ; les argiles d'alluvions sont plus maigres que les argiles tertiaires et ne sont pas stratifiées comme elles.

M. Maussier m'a dit y avoir trouvé des silex taillés, ce qui démontrerait péremptoirement leur origine récente.

Nous verrons plus tard que les argiles tertiaires ne sont pas horizontales, qu'elles forment la base du terrain miocène, et qu'au point de vue stratigraphique il serait difficile de s'expliquer leur réapparition sur le bord Est du bassin. Il est probable que les alluvions argileuses doivent leur origine au remaniement des argiles tertiaires dont la partie orientale, après avoir été soulevée par une faille, a été détruite par l'érosion. Les éléments en ont été entraînés par les affluents de la Loire et sont venus se déposer dans la plaine.

Mâchefer.

Dans les alluvions, et souvent à leur base, se trouve une formation curieuse connue sous le nom de *mâchefer* ; c'est une sorte de brèche de cailloux quartzeux réunis par un ciment d'oxyde de fer et de manganèse. Ce dépôt se rencontre surtout dans le Nord de la plaine, et paraît se former encore de nos jours. Son origine se rattache peut-être à l'action des eaux minérales si abondantes dans le Forez ; on sait par le sondage de Montrond que presque toutes les nappes aquifères de la plaine sont plus ou moins minéralisées ; en suintant à la surface de contact des alluvions et du terrain tertiaire, elles doivent laisser déposer leurs éléments les moins solubles, et fournir ainsi le ciment ferrugineux du *mâchefer*.

La période de formation des alluvions a dû commencer, comme celle du creusement des vallées, dans le courant de l'époque pliocène, après l'éruption des basaltes, qui semble devoir être rapportée au pliocène moyen, et qui a suivi les mouvements par lesquels le pays a reçu sa configuration actuelle.

Age  
des alluvions

## II. Terrains tertiaires.

### DESCRIPTION.

Au point de vue lithologique, les terrains tertiaires de cette plaine sont peu variés. Ils se composent essentiellement de formations détritiques. Ce sont toujours des alternances d'argiles et de sables, ces derniers prenant parfois assez de cohésion pour être à la rigueur qualifiés de grès : le calcaire n'y joue qu'un rôle très subordonné et s'y trouve en lentilles irrégulières dans la partie Sud seulement. Il ne peut pas servir d'horizon.

Cependant si, sans s'attacher aux détails, on cherche une vue d'ensemble, on arrive à distinguer quatre étages qui ont chacun une physionomie spéciale.

Le premier qui se montre surtout sur les flancs des monts du Forez se compose d'argiles et de sables feldspathiques. On peut l'observer à la tranchée des Tourettes, dans le petit vallon situé au Nord de Montbrison et connu sous le nom de crazes de Curcieux, dans la vallée qui descend de Marcoux, etc. Les cours d'eau y ont creusé des gorges aux flancs escarpés et bizarrement découpés; la plus remarquable est celle de Curcieux.

1<sup>er</sup> étage :  
argiles  
et sables  
feldspathiques

On y voit, au milieu du sable feldspathique gris et cohérent, des lits minces de sable fin, et d'autres de galets; ces galets ne sont pas très gros; le granite y domine. Il n'y a pas de basalte. On les distingue facile-

ment du cailloutis plus grossier qui couvre la surface du terrain, et où dominant le quartz et le basalte. Ces lits sont plus inclinés que le thalweg de la gorge, ce qui indique pour la stratification une pente prononcée vers le centre de la plaine.

Les argiles de cet étage sont généralement grasses, parfois réfractaires. Elles sont, par places, colorées en rouge brique ; cette coloration ne manque jamais au voisinage des buttes de basalte qui ont percé le terrain tertiaire, et doit s'attribuer à des émanations ferrugineuses qui ont sans doute commencé avec l'éruption des basaltes, mais qui n'ont pas cessé depuis.

La note dominante de cet étage, comme composition lithologique, est l'abondance du feldspath ou des produits de sa décomposition. Il est analogue aux arkoses de la Limagne, et paraît le produit de la désagrégation du granite, presque sur place, ou du moins avec un charriage peu prolongé.

Répartition  
topographique

Il forme sur le bord limite Ouest de la plaine une bande bien continue et se termine du côté Est par une zone argileuse que recouvrent de nombreux étangs. Au Nord et au Sud, il est moins visible et masqué par les alluvions ; on peut y rattacher le sous-sol argileux de la forêt de Bas au Nord, du plateau de la Gouyonnière au Sud.

Sur la lisière Est, il semble manquer. Les argiles qu'on retrouve sur le flanc des montagnes de ce côté sont plus maigres et méritent plutôt le nom de terre à pisé. Elles ne sont pas stratifiées : on y a trouvé des silex taillés, et nous croyons devoir les rapporter toutes aux alluvions quaternaires.

Ainsi, cet étage formerait une zone elliptique, entourant la plaine de trois côtés, mais interrompue à l'Est.

3<sup>m</sup> étage :  
grès  
et calcaires.

A l'intérieur de la zone argileuse que nous venons de signaler et comme formant une seconde ceinture

autour du centre de la plaine, se développe une large bande où dominent les grès.

Ils sont composés de grains de quartz dont la grosseur peut varier de celle d'un pois à celle d'une noisette, agglutinés par un ciment argileux. Leur cohésion est toujours assez faible et ils passent à de véritables sables. Cependant, ils forment presque toujours des berges escarpées. En tout cas, ils se distinguent des sables du 1<sup>er</sup> étage par l'abondance du quartz et par la couleur qui est souvent verte dans les tranchées fraîches : là où la roche a été altérée par l'air, elle devient rouge, mais avec des nuances pourpres ou violettes qui ne sont pas identiques à celles des argiles dont nous avons parlé plus haut.

C'est dans cet étage, et surtout à sa base, que se rencontrent les lentilles calcaires qui prennent un grand développement près de Sury-le-Comtal. Ce calcaire est toujours un peu siliceux, et en certains points passe insensiblement au grès. Il se recouvre à la surface d'une terre fine, d'un brun rougeâtre foncé, très caractéristique, et provenant sans doute de la dissolution du calcaire par les eaux, qui n'ont laissé que les éléments argileux et ferrugineux.

L'étage des grès s'observe très bien sur les berges de la Loire, aux environs de Veauche : il y forme une bande allant de Bouthéon à Cuzieu. La stratification est nettement inclinée du Sud au Nord, soit toujours vers le centre de la plaine. Le calcaire est presque absent ; on observe quelques lits insignifiants au sud de Veauche et dans les berges des Volons. Ces lits paraissent avoir été rencontrés, un peu plus au Nord-Est, par le sondage de Veauche, à une profondeur de 50<sup>m</sup> environ. On retrouve aussi un lambeau de calcaire à Saint-Galmier (1).

Répartition  
topographique

(1) Ces renseignements nous ont été donnés par M. Maussier.  
32<sup>e</sup> ANNÉE.

On voit des sables quartzeux assez solides dans les petits cours d'eau qui se jettent dans la Loire en aval de cette ville. Ces faits permettent de supposer que la zone en question se prolonge au Nord-Est vers Saint-Galmier et Bellegarde. On retrouve encore un lambeau calcaire derrière le château de Soleillant, mais il paraît isolé par des failles. Puis, en continuant vers le Nord, il n'y a plus d'indice de cet étage sur la rive droite de la Loire. On retrouve au pont de Balbigny un lambeau calcaire dans des grès. Mais la berge n'est visible que sur une faible étendue.

Sur la rive gauche, au contraire, l'étage se développe régulièrement en demi-cercle. Dans toute la région Sud-Ouest il est riche en calcaire et occupe une grande largeur, depuis Sury-le-Comtal jusqu'à Boisset et Grézieux. Dans toute la vallée de la Mare, les lits semblent bien incliner vers le Nord-Est. Au nord de Grézieux, le calcaire manque, et l'étage est bien moins caractérisé; il semble se rétrécir. Cependant, on peut y rattacher, selon toute vraisemblance, les sables quartzeux grossiers situés au-dessus de Magneux, les grès qui bordent le Vizézy à l'ouest de Poncins, les sables et grès des falaises escarpées de Nervieux et de Mizérieux; cette bande vient ainsi se raccorder au lambeau de Balbigny.

Dans toute cette région la stratification est peu nette: cependant on observe une pente vers l'Est, dans les falaises de Mizérieux.

Cet étage forme donc une zone elliptique, un peu plus complète que la précédente, mais dont un segment manquerait encore vers le Nord-Est, entre Balbigny et Bellegarde.

3<sup>me</sup> étage :  
Sables fins.

Le troisième étage est plus difficile à observer. Il se compose de sables quartzeux très fins, où il ne peut subsister aucune tranchée profonde, et qu'on peut con-

fondre avec les alluvions qui les cachent souvent. Ces sables forment toute la colline de Chambéon ; leur hauteur, leur épaisseur, l'absence de cailloutis et d'éléments basaltiques les distinguent des alluvions et nous engageant à en faire un membre de la formation tertiaire.

On retrouve des sables analogues entre Meylieu-Montrond et Cuzieu, et sur la Loire au Nord de Feurs. Nous croyons qu'ils doivent former une troisième zone intérieure et concentrique aux deux premières. Elle est difficile à suivre, mais nous verrons que le sondage de Montrond confirme cette hypothèse.

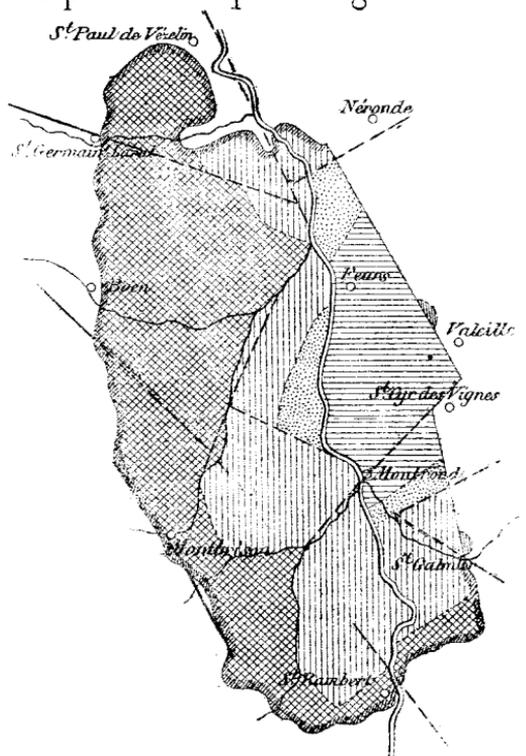
Le quatrième étage, enfin, occupe tout le centre du bassin, et forme le fond de la cuvette. Il se compose surtout de marnes grises ou vertes alternant avec des sables fins. On l'observe dans toutes les berges généralement peu élevées de la Loire et de ses affluents, de Montrond jusqu'à Feurs. Près de Montrond, les strates penchent nettement vers le Nord ; en descendant la Loire, on les voit se raplanir et devenir horizontales près de Feurs.

4<sup>m</sup> étage :  
Marnes grises.

Les travaux du syndicat de Soleillant semblent indiquer que cette formation marneuse, appelée lauze dans le pays, se continue sous les alluvions sur la rive droite de la Loire presque jusqu'à la limite du tertiaire et jusqu'au contact du granite.

En somme, ces quatre étages formeraient un système de zones concentriques, allongées en forme d'ellipse, et plus ou moins tronquées vers l'Est, où elles viennent toutes butter contre la limite, à peu près rectiligne, des terrains anciens. Cette disposition est résumée dans le croquis n° 1 suivant :

Croquis N°1 donnant  
la disposition des quatre étages du tertiaire



- |     |   |                                  |              |
|-----|---|----------------------------------|--------------|
| IV  |  | Marnes de Montrond               | } Aquitaines |
| III |  | Sables quartzeux                 |              |
| II  |  | Grès et calcaires de Sury        |              |
| I   |  | Tongrien: argiles feldspathiques |              |
|     |  | Fautes constatées                |              |
|     |  | supposées                        |              |

Nous avons cherché à la faire ressortir, en indiquant les quatre étages tertiaires même dans les parties où ils sont recouverts par les alluvions. Ces indications ont un caractère tout à fait hypothétique, mais elles nous ont paru utiles pour servir de guide aux recherches futures qui pourront rectifier ou confirmer nos conclusions.

#### STRATIGRAPHIE.

Il nous reste à rechercher quel est l'ordre de superposition de ces quatre étages. Au point de vue topographique, le premier est celui qui affleure à la plus grande altitude, tandis que le quatrième occupe le fond du bassin. Gruner, admettant, peut-être un peu à priori, que ces terrains étaient presque horizontaux, a fait de notre premier étage son miocène supérieur, et a placé les trois autres dans le miocène inférieur; il pense que la formation d'argiles et de sables feldspathiques a recouvert toute la plaine, et a été enlevée par l'érosion. Il considère les cailloutis qu'on retrouve sur tous les plateaux intérieurs comme des restes et des témoins de cet étage. Il y réunit les argiles qui s'observent à une grande hauteur sur la rive droite de la Loire, et où il voit le prolongement horizontal de celles de la rive gauche.

Hypothèse  
de  
Gruner.

Nous remarquerons d'abord que ces assimilations sont contestables. Le recouvrement des plateaux, dans la région de la plaine où le grès et le calcaire sont développés, se présente avec une allure très variable, très différente de l'allure régulière de l'étage feldspathique.

Distinction  
entre  
les dépôts  
du 1<sup>er</sup> étage  
et  
les dépôts  
quaternaires.

Tantôt c'est du sable, tantôt du cailloutis grossier, tantôt de la terre. Il se trouve à des côtes très variées, toujours avec une faible épaisseur. Des dépôts analogues s'étendent au-dessus des sables et argiles du pre-

mier étage en bien des endroits. C'est donc une formation plus récente qui recouvre indifféremment tous les étages tertiaires. Nous avons déjà indiqué les raisons qui assignent aussi une origine plus moderne aux argiles de la rive droite de la Loire. En somme, rien n'indique nettement le prolongement du premier étage au-delà de la zone où nous l'avons marqué.

Rien n'indique non plus que le calcaire passe sous les sables feldspathiques; aucune fouille ne l'y a retrouvé. Gruner signale des fragments de calcaire soulevés par la butte basaltique de Marcoux, qui perce aux travers des sables : mais ce calcaire nous a paru constituer un réseau de veines anostomosées, et nous l'attribuerions plutôt à des filons récents, qui auraient coupé le basalte. Son aspect n'a rien de sédimentaire, et ne rappelle nullement les calcaires de Sury.

Coupe  
des berges  
de la Loire

M. Mortier, en étudiant la coupe des berges de la Loire, de Veauche à Feurs, a le premier signalé la pente régulière des bancs vers le Nord et en a conclu que les grès de Veauche, malgré leur altitude relative, devaient se prolonger au-dessous des marnes de Montrond; ces dernières représenteraient donc l'étage le plus élevé du bassin dont elles forment le centre, et en s'écartant de ce point central, du moins vers le Sud, on rencontrerait des formations plus anciennes. Si l'on étend cette interprétation au reste de la plaine, on sera conduit à admettre que notre premier étage représente en réalité la base du terrain tertiaire relevé sur les flancs des monts du Forez et que son prolongement doit venir passer au-dessous des grès du second étage.

Tous les faits observés s'accordent bien avec cette hypothèse. Dans tous les points où la stratification est visible, elle présente une pente dirigée vers le centre de la plaine.

Lorsque l'on recoupe en différents points la limite presque toujours bien marquée des calcaires et des sables feldspathiques, on observe une série de coupes toujours analogues où se retrouvent les caractères suivants indiqués sur la coupe n° 1, page 168.

(Routes de Montbrison à Précieux, de Saint-Marcellin à Sury-le-Comtal, etc.)

La ligne de contact des deux terrains est généralement suivie par une petite vallée : lorsqu'on aborde cette ligne en partant du Nord ou du Sud et en se dirigeant vers les calcaires, on ne trouve aucun changement de terrain jusqu'à ce qu'on soit arrivé au thalweg, et les excavations, lorsque l'on en rencontre, laissent voir de l'argile ou du sable feldspathique. De l'autre côté, le calcaire ou le grès forment en général les coteaux jusqu'à leurs sommets.

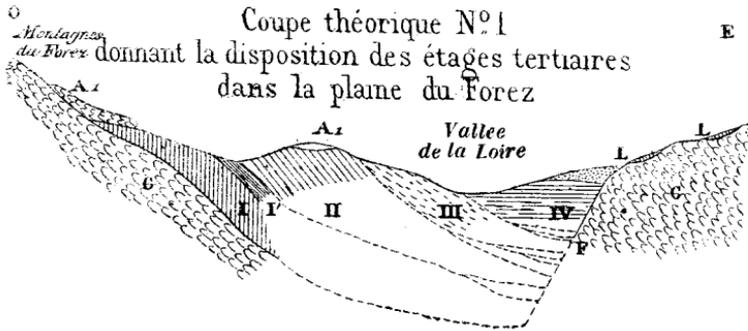
Les terres rouges ou les cailloutis qui les recouvrent parfois n'ont qu'une très mince épaisseur et représentent, ceux-ci des alluvions quaternaires, celles-là des produits de la désagrégation du calcaire. C'est ce que l'on peut constater facilement sur le coteau en face de Crémérieux, sur celui de Senzieux où le calcaire est exploité au point culminant, sur celui de Sury-le-Comtal. On voit qu'au contact le calcaire se montre nettement plus haut que les sables, ou tout au moins au même niveau, et que pour en faire un étage inférieur comme l'avait pensé Gruner, il faudrait placer presque partout une faille entre les deux terrains.

Ce qui est décisif, c'est que le sondage de Montrond donne une coupe complète du terrain tertiaire, qui s'accorde parfaitement avec celle à laquelle conduit notre hypothèse ; on y retrouve nettement les quatre étages que nous avons signalés, superposés de bas en haut dans l'ordre où nous les avons décrits.

Au premier abord, le peu de variété des terrains fait paraître cette coupe absolument monotone et confuse ;

Rapports  
du 1<sup>er</sup> étage  
avec le 2<sup>me</sup>.

Examen  
du sondage  
de  
Montrond.



- |  |   |                           |
|--|---|---------------------------|
|  | A Alluvions anciennes (As Cailloutis As terres de pisé) | L Lambaux argileux        |
|  | C Granite ou terrains anciens                           | dans les terrains anciens |
|  | IV Étage tertiaire supérieur (marais de Montrond)       | E Faille limite           |
|  | III Étage des sables de Chambion                        |                           |
|  | II Grès et calcaire                                     |                           |
|  | I' Argiles  | } de l'étage inférieur    |
|  | I Sables feldspathiques                                 |                           |

cependant on peut y distinguer sans trop de difficulté quatre groupes qui ont chacun une physionomie spéciale.

Jusqu'à la profondeur de 180<sup>m</sup> environ, on signale des alternances de sable et d'argile verte, qui ne sont autres que les marnes de Montrond.

De 180<sup>m</sup> à 230, les sables fins dominent avec de nombreuses nappes aquifères ; c'est bien la place naturelle du troisième étage dont nous avons signalé l'affleurement au coteau de Chambéon et près de Meylieu.

A 230 mètres, on entre dans une série de roches plus solides, qui représentent sans doute l'étage des grès de Veauce. Les véritables grès y sont fréquents ; la couleur est souvent verte et on y observe de petits lits calcaires : ces derniers sont presque toujours très minces ; cependant ils deviennent un peu plus épais et plus nombreux vers la profondeur de 250 à 290 mètres.

Au-dessous, le calcaire devient plus rare et les grès sont mélangés d'argile ; enfin, à partir de 366 mètres, on ne signale plus de grès, mais le sondage se poursuit au milieu des argiles avec alternance de sable.

A partir de 400 mètres environ, les argiles deviennent rouges et la proportion des lits sableux va en croissant avec la profondeur. On reconnaît bien les deux premiers étages, celui des grès se terminant à sa base par une zone où le calcaire est plus développé, et au-dessous de lui l'étage feldspathique couronné à son sommet par une puissante formation argileuse.

Le sondage de Saint-Galmier, ouvert dans le milieu ou vers la base du 2<sup>me</sup> étage (grès de Veauce) a recoupé des lits calcaires qui affleurent dans les ravins des Volons et correspondent probablement à ceux de Saint-Cyprien ; puis vers 50 mètres, il s'est enfoncé dans les argiles rouges très micacées et est resté dans

Sondage  
de  
Saint-Galmier

le premier étage qui paraît avoir là près de 300 mètres d'épaisseur. Il apporte donc encore une preuve à l'appui de l'ordre de superposition que j'ai admis.

Données  
paléontolo-  
giques.

La coupe du terrain tertiaire comme nous l'avons donnée est déduite uniquement des observations stratigraphiques et lithologiques ; il serait très important de pouvoir compléter ces données par la paléontologie malheureusement, à ce point de vue, nos recherches ont été à peu près vaines.

Les marnes de Montrond contiennent en abondance la *Cypris faba*, fossile peu caractéristique qui permet seulement de les placer dans le miocène, sans leur assigner un niveau précis.

M. Mortier y a trouvé beaucoup de débris de poissons, malheureusement indéterminables.

Les étages inférieurs sont presque dépourvus de fossiles.

M. Mayençon a trouvé dans le grès calcaire, près de Saint-Cyprien, les restes d'une tortue dont l'espèce n'a pas été déterminée. Il nous a donné de la même localité une plaque où l'on retrouve la *Cypris faba*, avec des gastropodes très déformés où M. Douvillé a reconnu le *Potamides Lamarchi*. Cet étage (le 2<sup>me</sup>) appartient donc à l'aquitainien. Il est probable que les deux étages supérieurs (3<sup>me</sup> et 4<sup>me</sup>) doivent y être classés aussi et ne sont que des zones locales.

Quant au 1<sup>er</sup> étage, situé au-dessous du précédent, l'analogie avec les arkoses de la Limagne, avec celles du Roannais, semble devoir le faire rapporter au Tonnien. La plaine du Forez appartiendrait donc tout entière à cette partie du tertiaire dont plusieurs géologues font un système distinct, sous le nom d'oligocène, et qui comprend le miocène inférieur, avec une partie de l'éocène supérieur. Il est à désirer que des recherches ultérieures permettent de préciser le niveau

paléontologique des différentes formations que nous avons distinguées.

Pendant tout le dépôt du tertiaire, et surtout pendant la 2<sup>me</sup> période, le lac du Forez paraît avoir reçu de nombreuses sources d'eau minérale, qui y ont déposé du calcaire cristallin et parfois de la pyrite. C'est peut-être la cause de la rareté des restes organiques.

#### MODE DE FORMATION

Au point de vue du mode de dépôt, le premier étage (Tongrien) forme un ensemble où les éléments deviennent de plus en plus fins à mesure qu'on s'éloigne des bords du bassin. Il est l'œuvre d'une seule période de sédimentation, pendant laquelle les apports venaient du Sud et surtout de l'Ouest : l'étage va s'amincissant et ne contient plus que des argiles au Nord et à l'Est.

1<sup>er</sup> étage  
(Tongrien).

Le principal cours d'eau devait déboucher près de Curcieux (au Nord de Montbrison). La rareté des gros galets et la présence de feldspath encore anguleux dans les sables montrent qu'ils ne sont pas un dépôt de cours d'eau développés ni rapides.

Les montagnes du Forez devaient former une île modérément élevée : l'éboulement de berges granitiques désagrégées a sans doute donné les éléments des sables qui ont été seulement étalés par les vagues.

Les cours d'eau ont été déposer, au-dessus et plus loin, les argiles dans lesquelles les paillettes de mica se sont réunies au centre du bassin : les crues ont amené les rares lits de galets et de sables quartzeux qui alternent avec les argiles sur les bords.

Quand on passe au second étage (Aquitanien), on constate une séparation brusque et une récurrence d'éléments grossiers, qui indiquent un changement de régime. Les trois derniers étages forment un groupe

Groupe  
supérieur  
(Aquitanien).

homogène, où les éléments constituants sont toujours les mêmes, savoir des fragments de quartz plus ou moins empâtés par l'argile, et où les sédiments deviennent de plus en plus fins, à mesure qu'on s'avance vers le centre.

Ce dépôt doit être l'œuvre d'un cours d'eau plus important et plus développé, car tous les éléments moins durs que le quartz ont été réduits en poussière, et le quartz lui-même y est en grains assez petits. L'affluent principal a dû venir du Sud ; c'est de ce côté que les grès de la base sont le plus développés et à plus gros grains.

Discordance  
entre les  
deux groupes.

Le second groupe n'est pas en concordance parfaite avec le premier ; en face de Balbigny, derrière So-leillan, à Saint-Galmier, il paraît reposer directement sur le granite ou sur les terrains anciens, soit que le 1<sup>er</sup> étage ait été raviné avant le dépôt du second, soit qu'il n'ait jamais recouvert ces régions ; en tout cas, il paraît y avoir eu entre ces deux périodes un changement dans le relief du terrain, probablement un affaissement vers le Nord et l'Est, accompagné du creusement de vallées et de bassins plus profonds que pendant la période précédente.

Après la fin de cette seconde période se sont produits des mouvements beaucoup plus importants, qui ont donné définitivement naissance à la chaîne des montagnes du Forez et qui ont produit le relèvement de tous les étages du côté Ouest et la série de failles qui limitent le bassin à l'Est.

#### FAILLES

Faille limite  
du bassin  
tertiaire.

Nous avons vu plus haut que les quatre zones tertiaires formaient des ellipses tronquées du côté Est ; elles sont toutes interrompues de ce côté par une ligne à peu près droite qui limite les terrains anciens ; le

long de cette ligne, les quatre étages tertiaires touchent indifféremment le granite. Cette disposition fait présumer que le contact doit avoir lieu par faille, et rien n'indique de ce côté un relèvement des terrains tertiaires analogue à celui qui s'observe sur toute la bordure occidentale.

Cette disposition est tout à fait symétrique de celle que l'on reconnaît dans le petit bassin d'Ambert, de l'autre côté des montagnes du Forez ; les arkoses qui remplissent ce bassin se relèvent à l'Est sur les contreforts de la montagne jusqu'à la hauteur de 650 mètres environ. Dans cette région, on voit des poudingues à gros éléments qui indiquent bien qu'on a affaire à la base du terrain.

Relèvement  
du tertiaire  
autour  
des montagnes  
du Forez.

Les strates inclinent vers l'Ouest, et là, le bassin se termine par une ligne à peu près droite, le long de laquelle les grès viennent butter contre le granite, à la cote de 530.

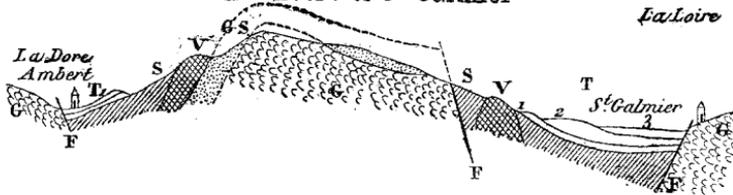
Les arkoses de la Limagne sont également relevées à l'Est sur les flancs des montagnes du Forez ; il est donc naturel de considérer cette chaîne comme un soulèvement postérieur aux dépôts des bassins tertiaires, qui ont été relevés en sens inverse sur ses deux flancs.

La coupe n° 2, page 174, exprime ces rapports.

La faille qui limite le bassin à l'Est et qui met en contact le granite avec l'étage supérieur du côté de Feurs doit avoir un rejet au moins égal à l'épaisseur du terrain tertiaire, et par conséquent supérieur à 500 mètres.

Cette faille a divisé le bassin tertiaire en deux parties : l'une, à l'Ouest, est celle qui se voit encore dans la plaine, le segment situé à l'Est et qui manque aujourd'hui s'est trouvé soulevé à plus de 500 mètres de son niveau primitif et a été enlevé par érosion. Ce sont probablement ses débris qui ont formé ces puis-

Coupe théorique N° 2  
Coupe transversale des monts du Forez  
d'Ambert à S<sup>t</sup> Galmier



- Légende
- |   |           |   |     |   |
|---|-----------|---|-----|---|
| T | Tertiaire | {<br>1. Inférieur<br>2. Moyen<br>3. Supérieur       } | G-S | Zone intermédiaire entre<br>le granite et le gneiss ou la granulite |
| S | Gneiss    |   | F   | Schistes  |
| V | Granulite |   | P   | Pliables  |
| G | Granite   |   |     | ----- Ligne indiquant le plissement<br>supposé des couches.         |

santes alluvions qui couvrent la rive droite de la Loire.

On retrouve encore quelques témoins de cette partie disparue du dépôt tertiaire ; ainsi, les lambeaux de grès que nous avons signalés derrière le château de Soleillan et à Saint-Galmier paraissent isolés au milieu du granite et sont sans doute des débris de la faille limite qui ont échappé à l'érosion.

Débris  
de la partie  
souléevée  
du bassin.

On trouve aussi en pleine montagne, sur toute la bordure Est du Forez, de nombreuses poches d'argile dans le granite, lesquelles sont exploitées pour tuileries (au Sud de Jancenay dans la vallée de la Coise, au Nord-Est de Saint-Galmier sur l'ancienne route de Chazelles, à mi-chemin sur la nouvelle route de Pouilly-les-Feurs, à Buissières près de Claveaux, en face de Saint-Marcel-de-Félines, etc.)

Ces différents dépôts d'argile peuvent être de formation quaternaire ; cependant, d'après leur cote moyenne, qui ne dépasse guère 500 mètres, si l'on remarque surtout que les dépôts de cette nature paraissent à peu près absents de l'autre côté de la plaine sur les montagnes du Forez, au-dessus de la limite du tertiaire, on sera tenté de voir dans plusieurs d'entre eux les témoins plus ou moins remaniés de la partie de l'étage inférieur qui a été soulevée sur la lèvre orientale de la faille.

La faille limite que nous venons d'étudier n'est pas la seule qui affecte le terrain tertiaire ; il existe de nombreux indices de faille dans la plaine. Ainsi M. Mortier a déjà signalé l'aspect brouillé des terrains près de Montrond. A Cuzieu, les grès qui supportent ce village dominant d'une hauteur de 25 mètres environ l'étage sablonneux qui affleure au Nord de la Coise ; la superposition de ce dernier au grès ne peut guère s'expliquer sans faille. Le passage d'une faille près de Montrond est rendu très vraisemblable par les résultats

Indices  
d'autres failles

du forage récemment entrepris pour recouper une des premières nappes aquifères rencontrées par le premier sondage : on n'a pas retrouvé cette nappe, quoiqu'on se soit placé à cinquante mètres de distance seulement, et qu'on ait pénétré à une profondeur bien supérieure à celle où elle devait se trouver.

Dans la région située entre Saint-Rambert et Montbrison, la limite des deux étages inférieurs suit une ligne brisée qui semble indiquer qu'elle a été rejetée plusieurs fois par une série de failles parallèles ; une brisure analogue s'observe au milieu de la grande faille limite à l'Est du bassin ; cette bordure Est se compose de deux grands alignements rectilignes allant, l'un de Pouilly-les-Feurs à Valeilles, l'autre de Saint-Cyr-les-Vignes à Saint-Bonnet-les-Oules ; ces deux alignements, dirigés Nord-Nord-Ouest, sont coupés au Nord de Saint-Cyr-les-Vignes par un tronçon dirigé Nord-Est, qui semble un rejet produit par un accident qui a croisé la grande faille.

L'existence d'une faille au pied de la falaise, très rectiligne, qui s'étend de Nervieux à Cleppé, paraît également probable, car, vu leur pente faible, les bancs de grès de cette falaise devraient se retrouver sur l'autre rive de la Loire. En outre, cette falaise est dans une situation topographique anormale, sur la rive gauche du fleuve et du côté de sa concavité. Cette particularité s'explique si la falaise doit son existence à une faille plutôt qu'à l'érosion.

La faille en question serait dirigée N. 15° O. et se placerait dans le prolongement du grand défilé de la Loire.

Fillonnets  
calcaires  
dans la butte  
de  
Gouttelas.

Au Nord de Marcoux, sur le chemin de ce village à Boën, on peut observer des faits qui démontrent presque péremptoirement que le jeu des grandes failles s'est prolongé jusqu'après le dépôt du tertiaire. Une

butte de basalte (près de Gouttelas) est coupée par des filonnets calcaires : ces filons se suivent plus loin dans le tertiaire ; ils longent de près la limite du terrain primitif et sont comme elles parallèles à la grande faille du Forez. Ils sont l'indice d'une fracture subordonnée à cette faille, qui a affecté le basalte et traversé le terrain miocène. Ces calcaires ressemblent à des travertins et doivent probablement leur origine à la circulation d'eaux minérales.

#### ROCHES ÉRUPTIVES TERTIAIRES.

Le terrain tertiaire est percé par de nombreux pointements de basalte ; ils se rencontrent presque exclusivement près de la bordure occidentale, soit dans l'étage des argiles feldspathiques, soit dans la région granitique qui s'étend plus à l'Ouest et forme les montagnes du Forez. Ils sont répartis sur une bande allongée dans la direction Nord-Nord-Ouest, et de préférence sur le trajet des grandes failles ; leur sortie semble en relation avec les mouvements qui ont déterminé le soulèvement des montagnes du Forez.

Ils s'accompagnent souvent de pépérites, c'est-à-dire d'un mélange d'argile et de grains de basalte ; dans leur voisinage, les argiles sont souvent rubéfiées ; les pépérites et les argiles rouges s'observent en beaucoup de points de la plaine où les basaltes ne se montrent pas et peuvent faire présumer, comme l'a dit Gruner, la présence de cette roche au-dessous du sol. Il est à remarquer que le basalte proprement dit ne se rencontre que dans l'étage inférieur, si l'on excepte un affleurement insignifiant au confluent de la Loire et de la Coise.

Dans les autres étages, on ne trouve que des buttes de pépérites ou des argiles influencées (Poncins, Mont rond, Boissey).

Leur présence suffit à démontrer que l'éruption est postérieure au dépôt du miocène entier.

D'autre part, elle est antérieure au creusement des vallées. Dans la région granitique, le basalte ne se montre que sur les plateaux. Les cours d'eau se dévient souvent à la rencontre des buttes basaltiques, et dans ce cas, celles-ci ne se montrent pas isolées, mais entourées du terrain encaissant, granite ou argile, qui a échappé avec elles à l'érosion.

Cette disposition est bien nette au-dessous de Fralong (près Champdieu) où une vallée débouchant dans la plaine se dévie à la rencontre d'une butte nommée le Haut de Montecy et fait le tour d'un éperon d'argile percé à son sommet par un petit pointement de basalte : sur cet éperon sont déposées des alluvions de gros galets à peine roulés, qui n'ont pu y être amenés qu'avant le creusement de la vallée actuelle.

Il est probable qu'au moment de l'éruption, les étages supérieurs du tertiaire, avec une épaisseur moyenne de 200 à 300 mètres, recouvraient la région où se trouvent actuellement les cônes de basalte : ceux-ci n'ont donc pas percé jusqu'au jour. A leur sortie du granite, rencontrant un terrain d'argile mou et friable, ils s'y sont étalés et y ont creusé leur place. Leur structure intime ne se ressent pas de ces conditions de gisement, et ne diffère en rien des basaltes en coulées de l'Auvergne.

C'est peut-être parce qu'ils étaient encaissés dans l'argile que les pointements de la plaine ont pris la forme de cônes élancés. Cette forme est moins constante dans la région granitique qui n'a jamais été recouverte par le tertiaire, et où le basalte est venu au jour : il s'y étale plus largement, parfois en véritables coulées (près Boibieu, près Palogneux) (1).

---

(1) La coulée de Palogneux est divisée en prismes ; c'est le seul exemple de cette structure dans le Forez.

L'âge des basaltes se trouve compris entre la fin de l'aquitainien et le pliocène supérieur : rien ne permet, dans le Forez, de le préciser davantage ; mais il semble rationnel de rattacher cette éruption à celle du basalte des plateaux, qui est tout à fait analogue et constitue par son abondance la venue basaltique la plus importante de l'Auvergne.

Sa date se trouve ainsi fixée à la fin du pliocène moyen.

### III. Terrains carbonifères.

Nous parlerons plus brièvement des terrains carbonifères, dont Gruner a donné une description très complète. Il y distingue les divisions suivantes :

a. Grès à anthracite	Grès porphyriques et schistes avec couches d'anthracite. Poudingue.
b. Calcaire carbonifère	b <sup>1</sup> . Groupe supérieur ou calcaréo-schisteux (schistes argileux avec lentilles de calcaire).
Et grauwacke du Roannais	b <sup>2</sup> . Groupe inférieur ou quartzo-schisteux. (Schistes satinés, grès lustrés, etc.)

Nous laisserons de côté, pour le moment, le groupe inférieur quartzo-schisteux, dont l'âge est très douteux, et que nous étudierons à part. Nous ne comprenons dans le carbonifère authentique que les deux autres divisions *a* et *b<sup>1</sup>*.

Nous décomposerons la première en deux, ce qui donne, au point de vue lithologique, trois étages, qui sont de haut en bas :

A, l'étage porphyrique, B, les schistes et grès à anthracite, C, les schistes argileux avec calcaire.

A. Étage  
porphyrique.

Les grès et tufs porphyriques occupent surtout la partie supérieure de l'étage. — Ils se composent principalement de fragments de feldspath, de lamelles de chlorite, de grains de quartz rares, le tout noyé dans une pâte grise ou verdâtre : à l'air, la roche prend souvent une teinte rouge foncée, comme toutes les roches ferrugineuses.

Dans bien des points, les cristaux sont entiers au lieu d'être en débris, la pâte est pétro-siliceuse, et rien ne différencie ces roches des véritables porphyres. Gruner, tout en constatant ce fait, s'est efforcé de démontrer que toute la formation avait une origine sédimentaire.

L'étude microscopique montre, d'une manière incontestable, qu'il y a au milieu de ce terrain des coulées d'un porphyre feldspathique spécial, l'orthophyre, que nous décrirons au chapitre des roches éruptives. A ces coulées sont subordonnés des tufs, qui, suivant le degré de remaniement qu'ils ont subi par l'action des eaux, passent à de véritables grès. — La ligne de démarcation entre ces trois catégories de roches, composées des mêmes éléments, est très difficile à placer sur le terrain, mais l'existence même de ces trois types n'est pas douteuse. Cet étage se rencontre dans le Nord du Forez : les localités situées dans les limites de notre carte et où on peut observer la variété sédimentaire des grès, sont surtout : Sainte-Colombe sur la rive droite de la Loire, Amions et Dancé sur la rive gauche : les variétés porphyriques s'observent très bien dans le défilé de la Loire, près de Pinay.

Il faut noter que ce terrain est presque partout percé et recouvert par d'abondantes éruptions de porphyre quartzifère rouge, qui a formé au-dessus de puissantes

coulées : aussi ce n'est, en général, que dans les vallées qu'on peut bien le reconnaître, le porphyre quartzifère couvrant presque tous les sommets.

Intercalées dans les grès porphyriques, mais surtout à leur base, on trouve des couches de grès fins quartzeux et de schistes; parfois ces derniers ont un aspect porcelanique remarquable (près d'Amions et de Dancé). Cette formation, franchement sédimentaire, est celle qui contient de préférence les couches d'antracite. Les seules couches affleurant dans les limites de notre carte, sont celles de la Bruyère, près Amions.

Ces schistes s'observent : 1° sur la rive droite de la Loire, près du château de Chénévoux (route de Néronde à Sainte-Colombe); ils sont mélangés de quartzites grenus, et contiennent quelques lits charbonneux, ils plongent vers le Nord-Ouest sous les grès porphyriques de Sainte-Colombe et de Saint-Marcel-de-Félines.

2° Sur la rive gauche, au Nord de Souternon, ils contiennent là des couches d'antracite et plongent vers le Nord-Ouest.

3° A Amions, et dans toute la région qui va de là au Nord de Saint-Just-en-Chevallet, où ils prennent un développement de plus en plus grand.

L'étage inférieur se compose de schistes argileux, contenant des masses calcaires intercalées en lentilles irrégulières parfois très puissantes. Ce calcaire a été formée surtout par des Crinoïdes. Les plus belles carrières sont celles des environs de Néronde, on en trouve aussi près de Saint-Germain-Laval. Les fossiles bien conservés sont rares et se rapportent à la faune du calcaire carbonifère.

A leur partie supérieure, ces schistes deviennent souvent siliceux, et passent progressivement, tantôt au grès ordinaire, tantôt au grès porphyrique. On voit

B. Schistes  
et grès.

C. Schistes  
et  
calcaires  
carbonifères.

qu'à partir d'une certaine époque, le mode de sédimentation s'est modifié peu à peu, et les dépôts marins qui forment l'étage C ont fait place aux dépôts littoraux de l'étage B. En même temps, des phénomènes éruptifs commençaient à se produire, et modifiaient la structure des schistes en les imprégnant de silice. Ces phénomènes ont apparu plus ou moins tôt, et avec une intensité variable, suivant les régions; ils ont atteint leur maximum vers la fin de la période, marquée, dans tout le Forez, par le dépôt de grès et de tufs porphyriques, avec coulée de porphyre.

Au Nord-Ouest de Saint-Germain-Laval, du côté de Saint-Just, la coupe des terrains devient un peu différente; la distinction des deux étages *b* et *a* ne se fait plus nettement. On ne voit plus de calcaire. La partie inférieure de la formation est occupée par des schistes entremêlés de lits de quartzite compacte, parfois translucide, d'une couleur variant du gris clair au noir. Ces schistes se voient très bien sur la vieille route de Saint-Just à Roanne; ils commencent à peu de distance de Saint-Just et plongent vers l'Ouest; puis sur le plateau, ils sont recouverts par des couches de grès quartzeux plus ou moins fins; vers les Essarts, commence la formation porphyrique. — Des lits de quartzites analogues s'observent aussi dans les schistes de Chassenay, près Souternon, et dans ceux qui dominent la Roche, près Saint-Thurin. — On les retrouve au Nord du bassin anthracifère près de Régnv, où M. Grand'Eury y a trouvé des empreintes végétales appartenant à la flore du Culm.

**Poudingues.** On trouve dans le carbonifère plusieurs affleurements de poudingue : Gruner en distingue deux niveaux; l'un serait à la base de l'étage à anthracite, l'autre à la base de l'étage inférieur; le premier contiendrait des galets de porphyre granitoïde, qui manqueraient

dans le second. Cette distinction nous paraît très hypothétique; ces poudingues sont répartis d'une façon très irrégulière, et semblent plutôt des formations locales, situées à des niveaux variables. Les galets cristallins qu'on y rencontre se rapportent toujours, soit au granite ou à la granulite, soit aux quartzites dont nous parlerons tout à l'heure.

Le bassin carbonifère forme une sorte de fond de bateau, dans le plateau qui sépare les plaines du Forez et du Roannais, et qui est coupé en deux par le défilé de la Loire. Les tufs porphyriques occupent tout l'intérieur de cette région et constituent le plateau. Les étages inférieurs affleurent sur les bords, avec des plongées convergeant vers le centre, situé dans les environs de Neulize.

Disposition  
et limites  
du bassin car-  
bonifère.

Ce bassin paraît être limité au Sud par deux failles, l'une N.-O. passant près de Saint-Germain-Laval, l'autre N.-E. passant près de Néronde. Au Sud de ces deux lignes, en dehors d'un petit lambeau situé près de Saint-Thurin, au contact de la faille du Forez, et ramené par des accidents entre d'autres terrains plus anciens, on ne trouve rien de certain comme carbonifère.

Gruner a attribué au grès à anthracite un grand lambeau de terrain couvrant les sommets de Boën jusqu'à Saint-Laurent-sur-Rochefort. Il reconnaît que l'aspect diffère notablement de celui qu'ont d'ordinaire ces grès, mais il l'attribue à ce qu'ils sont décolorés au voisinage de la grande faille du Forez.

En réalité, à mesure qu'on s'éloigne de la faille, et que les roches sont moins altérées, on voit qu'on a affaire soit à des quartzites blancs, soit à de véritables granulites (notamment au-dessus de Saint-Laurent-de-Rochefort). L'assimilation avec les grès à anthracite

n'est soutenable que dans les régions où l'altération rend les roches indéterminables.

Il existe cependant à la Brulle, en face de Sail-sous-Couzan, un petit lambeau de grès, accompagné de poudingues, où l'on a trouvé un peu de charbon : c'est ce fait qui a engagé Gruner à ranger dans l'anthracite tous les terrains douteux du voisinage. Mais ce lambeau qui a à peine 100<sup>m</sup> de largeur, est isolé au milieu des terrains anciens, il paraît postérieur aux filons de porphyre quartzifère qui l'entourent. Nous y verrions plutôt un petit bassin houiller.

Si le carbonifère ne se rencontre plus dans tout le Sud du Forez, ce n'est pas une raison pour qu'il n'y ait jamais existé. Au contraire, on peut supposer qu'il y a eu une extension considérable, car on retrouve dans les grès houillers du bassin de Saint-Etienne de nombreux galets ressemblant aux schistes et aux quartzites carbonifères. Mais, entre le dépôt du culm et celui du houiller supérieur, il s'est produit une discordance importante, un grand mouvement qui a dû faire surgir, sur l'emplacement actuel de la plaine du Forez, des montagnes élevées. Le carbonifère, soulevé au sommet de ces montagnes, a été alors balayé par les érosions, probablement avant le dépôt même du houiller.

Roches  
éruptives.

Ce grand mouvement orogénique a été accompagné ou suivi par la sortie des porphyres quartzifères. L'étude de ces roches sera faite dans la seconde partie, mais je dirai ici quelques mots de leur gisement, à cause du rôle important qu'ils jouent dans la configuration géologique du pays.

Ces porphyres traversent tous les terrains anciens, jusqu'au culm inclusivement. Dans tous les étages inférieurs, ils se présentent en filons nets, souvent très puissants; leur nombre augmente à mesure qu'on ap-

proche du bassin anthracifère. Ils se groupent en deux faisceaux principaux, dirigés sensiblement N. 20° O., et encadrent des deux côtés la partie Nord de la plaine.

Quand on arrive dans le culm, on voit le mode de gisement changer. On trouve encore des filons nets, mais plus souvent le porphyre se présente en grandes masses, ressemblant à des coulées : il recouvre presque tous les plateaux ; le culm ne se voit bien que dans les coupures profondes, comme celle de la Loire à Pinay.

Ces masses sont surtout abondantes sur le pourtour du bassin carbonifère. Il me semble difficile d'y voir de vraies coulées, car on ne peut guère admettre que la surface actuelle du terrain coïncide souvent avec celle de l'époque carbonifère. Il est probable que, rencontrant dans le culm des points de moindre résistance, le porphyre s'y est épanché en masses intrusives, suivant surtout le contact des terrains entre eux ou avec les coulées d'orthophyre plus anciennes. Plus tard, l'érosion a tout balayé, jusqu'au niveau du porphyre.

Cette hypothèse paraît confirmée par ce fait, qu'on trouve, en d'autres régions, dans le Roannais, par exemple, des masses analogues situées entre le granite et le carbonifère inférieur ; elles paraissent former coulée sur le granite, et elles englobent de nombreux lambeaux de schistes : leur arrivée par voie d'intrusion entre les deux terrains est donc presque certaine.

#### **IV. Terrains de transition antérieurs au carbonifère.**

Au-dessous du carbonifère se trouve la formation Schistes verts. que Gruner a désignée sous le nom d'*étage quartzo-schisteux*. Elle se compose surtout de schistes lustrés

plus cristallins que ceux du carbonifère. La variété dominante est un schiste verdâtre, où l'on distingue de nombreuses paillettes d'actinote et de chlorite (au Sud de Néronde, au tour du Mont-d'Urfé, etc.). Dans certaines régions, ces schistes sont très cristallins et deviennent de véritables amphibolites (environs de Violay, bords du Lignon, en face de Sail-sous-Couzan), dans d'autres, ils deviennent très compactes, paraissent silicifiés, et peuvent être désignés sous le nom de *cornes vertes* (Mont-d'Urfé).

Injections  
de granulite  
dans  
les schistes.

Ces schistes sont en général fortement redressés ; on y voit souvent des veines de granulite intercalées entre les feuilletés (environs de Violay au Nord). Ils sont du reste percés parfois par des filons et des dykes de la même roche.

Lorsque la granulite est injectée entre les lits, le mélange devient parfois très intime, et les minéraux ne sont plus visibles à l'œil nu ; le schiste se transforme en une sorte de pétro-silex rubané, veiné de rose et de vert. Cette transformation nettement visible en plusieurs points, notamment près de Violay et de Bellegarde, explique l'origine des cornes vertes et montre qu'elles sont dues à l'influence du granite ou de la granulite.

Rapports  
avec  
le granite.

Sur toute la rive gauche du Lignon, entre Boën et Saint-Thurin, on peut voir que les schistes verts ont été disloqués par le granite et se présentent en lambeaux isolés au milieu d'un massif granitique. Un lambeau de corne verte se trouve dans une situation analogue au-dessus du village de Chambost. Il est complètement noyé dans le granite ; un lambeau beaucoup plus important constitue le mont Saint-Amand, au Sud-Ouest de Panissières. Ainsi ce terrain est antérieur à l'éruption du granite, ce qui le distingue complètement

des deux étages que nous avons seuls attribués au carbonifère.

Les schistes verts sont mélangés dans la région de Saint-Thurin à des roches éruptives amphiboliques, très compactes, que nous étudierons dans la seconde partie ; ces roches datent sans doute de la même époque que les schistes et ont contribué à les enrichir en amphibole : les passages entre les schistes et la roche éruptive sont souvent insensibles.

Roches éruptives amphiboliques.

Avec les schistes amphiboliques, on rencontre souvent des schistes micacés : ils se composent essentiellement de grains de quartz, cimentés par des paillettes de mica, qui forment entre ces grains des lits continus.

Schistes micacés.

A l'œil nu, le mica est à peine discernable et le schiste paraît seulement tacheté de brun ou de noir, avec des reflets miroitants (bois au Nord-Est de Panisnières, environs de Saint-Martin-la-Sauveté et de Saint-Martin-d'Urfé).

D'après les observations faites dans d'autres régions, le développement du mica serait encore dû ici à l'influence du granite.

On rencontre aussi dans cette formation des schistes franchement clastiques et des schistes argileux. Ces derniers contiennent parfois d'assez grands cristaux de feldspath (entre Marcoux et Chorigneux, ravins au Nord de Pouilly-les-Feurs). Ces cristaux sont parfois arrondis ; vus au microscope, ils occupent des vides lenticulaires autour desquels les lits du schiste semblent s'infléchir. Les bords et les angles de ces vides sont remplis par un magma calcédonieux et ils sont réunis entre eux par des filonnets présentant le même remplissage. Cette structure rappelle celle de certains porphyroïdes des Ardennes ; la formation du feldspath est encore due probablement à l'influence du granite

Schistes feldspathiques

et à des vapeurs minéralisantes qui ont circulé au milieu des schistes fissurés.

Quartzites.

Outre ces schistes, je signalerai une autre formation ancienne d'âge douteux ; ce sont des quartzites blancs très cristallins, dont on trouve des galets dans les poudingues carbonifères. Ils se rencontrent en lambeaux peu étendus, le plus souvent sur les schistes, parfois dans le granite. Leur gisement le plus important est entre Sail-sous-Couzan et Boën ; ils y sont discordants avec les schistes très redressés dont ils recouvrent la tranche.

En bien des points où ces quartzites n'existent pas, on peut reconnaître que les schistes sont altérés et silicifiés à leur partie supérieure, surtout dans le voisinage du carbonifère.

Ces phénomènes semblent les témoins d'une période d'émersion qui aurait suivi le dépôt des schistes et aurait été marquée par l'abondance de sources siliceuses, en relation peut-être avec l'éruption de la granulite. Les quartzites seraient des formations locales datant de cette période.

Age  
de  
ces terrains

Tout ce qu'on peut dire de précis sur l'âge des schistes que nous venons de décrire, c'est qu'ils sont antérieurs à l'éruption de la granulite et même du granite, tandis que le carbonifère authentique est postérieur.

Ce n'est pas une raison suffisante pour affirmer qu'ils ne rentrent pas dans le carbonifère, car les dépôts les plus anciens de cette période ont été traversés par le granite en Bretagne, comme l'a démontré M. Barrois. En tout cas, ce serait un étage du carbonifère qui se séparerait nettement des autres.

En l'absence de fossiles, on ne peut se fonder que sur des considérations stratigraphiques. Comme le dévonien et le silurien manquent complètement dans cette région et dans le Beaujolais, il est presque cer-

tain qu'il y a eu une époque d'émersion très longue entre la période primitive et le dépôt du carbonifère. Doit-on placer la formation qui nous occupe avant ou après cette période d'émersion ?

Gruner l'a placée après, en la réunissant au carbonifère, avec lequel elle paraît presque concordante. Mais il est facile de voir que cette concordance n'est qu'apparente. Les schistes anciens sont beaucoup plus redressés que le carbonifère : ce dernier repose, suivant les lieux, sur les diverses variétés de schistes que nous avons décrites ou sur les quartzites, lesquels se sont déposés en discordance sur les schistes. Ces quartzites sont eux-mêmes des témoins d'une période d'émersion.

Il n'existe, au contraire, aucun indice sérieux de discordance entre les schistes anciens et le terrain primitif. Ces deux étages sont reliés par des amphibolites, qu'on peut placer indifféremment dans l'un ou dans l'autre.

Il semble donc plus rationnel d'admettre que les schistes représentent les dépôts immédiatement supérieurs au terrain primitif et de les classer dans le cambrien, comme l'a fait M. Michel Lévy dans le Beaujolais. — Les quartzites seraient alors les représentants lacustres du silurien et du dévonien. La ressemblance de nos schistes micacés avec ceux du cambrien de Normandie et de certains quartzites avec les grès à bilobite vient à l'appui de cette classification.

Nous devons cependant signaler certains points où la liaison paraît plus intime entre les schistes anciens et le carbonifère : telle est par exemple la région au Nord de Grésolles. Au Sud de cette localité, on observe des schistes amphiboliques redressés, certainement injectés par le granite : puis en marchant vers le Nord, les schistes deviennent de moins en moins cristallins, on ne trouve plus aucun indice de l'action du granite

et l'on arrive à des schistes presque entièrement clastiques, composés d'argile et de débris d'actinote, qu'il est impossible de distinguer des schistes carbonifères. On ne sait où placer la limite. Nous avons indiqué sur la carte, comme *schistes d'âge douteux*, ceux qui se présentent dans ces conditions.

Cette demi-concordance des deux terrains peut s'expliquer dans notre hypothèse. Les ondulations survenues après le dépôt du cambrien se seraient produites toujours dans la même direction, et le carbonifère serait venu se déposer dans des bassins où le sous-sol était entièrement formé de schistes cambriens. Dès lors les dépôts constitués par les débris de ces schistes ont pu en différer fort peu sous le rapport pétrographique, et dans les endroits où les terrains anciens étaient peu relevés, ils les ont recouverts en concordance apparente.

### V. Terrains primitifs.

Terrains  
schisteux.

Le terrain primitif, composé de roches cristallines, sera étudié en détail dans la seconde partie. Je dirai seulement ici qu'on peut le diviser en deux étages, les gneiss à la base, puis les schistes chloriteux ou siliciteux, mêlés souvent d'amphibolites.

Granite.

Le granite forme le soubassement général ; quoique pénétrant dans les schistes primitifs et même dans le cambrien, il se comporte dans l'ensemble comme le ferait un étage stratifié, inférieur aux précédents et ramené au jour par les mouvements orogéniques. Les grands massifs de granite sont presque toujours limités par des failles : seulement ils sont surmontés par des lambeaux épars de gneiss ou de cambrien.

Granulite.

Ces différents terrains sont percés par d'innombrables filons ou dykes de granulite à grain fin, sou-

vent dirigés N.-E. La granulite à gros grain y forme de grandes masses, qui, autour des montagnes du Forez, semblent avoir recouvert entièrement le granite.

## VI. Failles.

Les failles nombreuses qui ont affecté tous les terrains anciens s'y observent bien plus nettement que dans le tertiaire. Elles se manifestent à la fois par un changement brusque de terrain le long d'une ligne à peu près droite et par des phénomènes filoniens ou éruptifs.

Phénomènes  
accompagnant  
les failles.

Le plus souvent les roches sont désagrégées et le terrain difficile à observer dans le voisinage des failles. Il n'est donc pas possible de les repérer avec une certitude parfaite. Ce n'est pas une ligne, c'est une zone parfois large et de nature mal déterminée, qui sépare les deux terrains en contact. Mais cette zone de roches altérées n'a rien de commun avec les zones métamorphiques qui forment en général le passage naturel du granite aux terrains stratifiés, dans les points où il n'y a pas eu de mouvements ultérieurs. L'existence et la direction générale des failles ne sont pas douteuses.

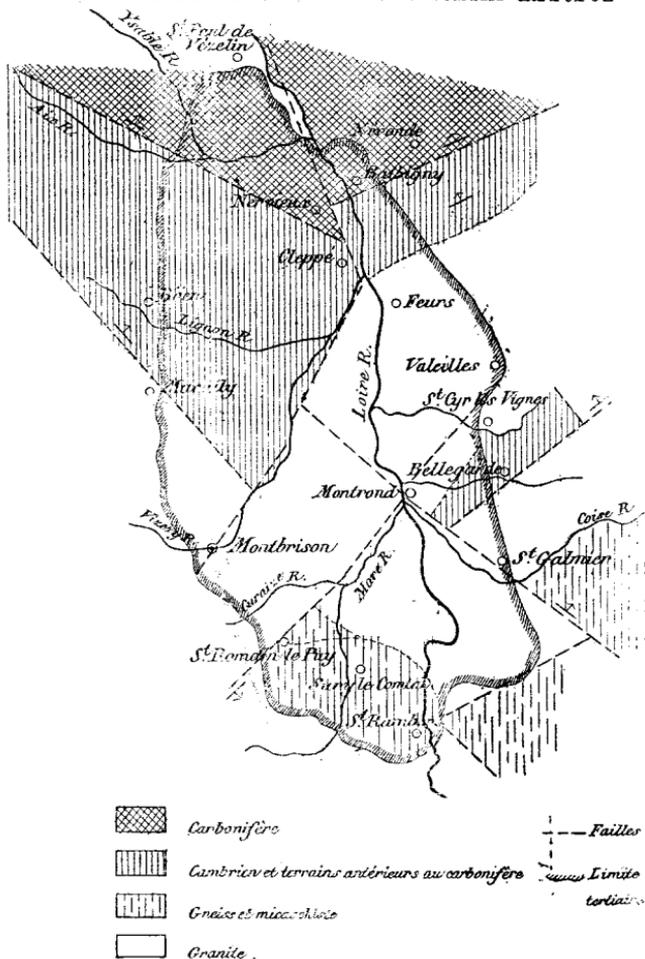
Elles se rattachent à deux directions principales, N.-O. et N.-E., jalonnées, la première par les filons de quartz, la seconde par des filons de granulite.

Leur jeu combiné a divisé le terrain en quadrilatères allongés dans la direction du N.-E. Cette disposition se voit nettement sur la carte et sur le croquis n° 2 suivant, où les principales failles sont représentées, avec la division du terrain en grands compartiments.

Je donne ci-après quelques détails sur les failles les plus importantes.

Description  
des  
principales  
failles.

Croquis N° 2 indiquant la répartition probable des terrains anciens dans le bassin du Forez



## FAILLES NORD-OUEST-SUD-EST.

(Elles sont en général très continues et suivies par des filons de quartz.)

1. *Faille de Saint-Galmier* (Rejet vers le Nord-Est). Sépare le granite des gneiss. — Suivie par un filon de quartz. — Elle pénètre probablement dans le tertiaire (car elle est en relation avec les eaux minérales). On trouve sur son prolongement : 1° Une discontinuité à Cuzieu, entre les étages II et III, le II surplombant le III d'une façon inacceptable ; 2° Les pointements de basalte ou de pépérites de Montrond et de Poncins. Il est très probable qu'elle se raccorde après s'être déviée avec l'une des deux suivantes, dont le rejet est dans le même sens.

2. *Faille du Forez* (Rejet au Nord). Sépare le granite du carbonifère ou du cambrien. Part de Marcilly, passe par Sail, Rochefort, Champoly, se prolonge avec quelques déviations jusqu'à la Prugne, et probablement jusqu'à Vichy. Nombreux gisements métalliques ou minéraux : quartz à son origine Sud-Est, près Marcilly, près des Mays, à la traversée de la route de Thiers, au Lac, etc. Calcite au Nord de Rochefort, marbres de Champoly : galène et pyrite à Sail, barytine près le Collet, minerai de fer de la Soulagette.

Elle est accompagnée, sur sa lèvre N.-E., d'une zone de terrains bouleversés, hachés en lambeaux par des failles transversales et méconnaissables, par suite des altérations de toute espèce ; les schistes cambriens, le carbonifère, le granite altéré s'y rencontrent pêle-mêle (ex. au Nord de Saint-Thurin, sur la route de Champoly). Sur la lèvre Est de cette faille, on retrouve souvent le granite ; mais il est alors peu reconnaissable, altéré par le porphyre ou par d'autres agents : il res-

semble souvent au porphyre, parfois au grès à anthracite ; on voit que ce granite a dû former presque la surface du terrain aux époques cambrienne et carbonifère, et rester exposé aux causes d'altération les plus variées ; il diffère essentiellement du granite sain et franc qui forme la lèvre Ouest, et qui représente la roche telle qu'elle existe dans les profondeurs, mise au jour par des mouvements et des érosions relativement récentes.

3. *Faille de Saint-Germain-Laval* (Rejet au Nord). Parallèle à la précédente dont elle forme un second gradin ; sépare le granite et le cambrien du carbonifère ; du moins sur sa lèvre Ouest, le granite et la granulite sont fréquents, le porphyre rare, les schistes sont cambriens ou d'âge douteux ; sur la lèvre Est, le porphyre devient abondant, les roches granitiques absentes et les terrains sont nettement carbonifères. Ici encore, les altérations rendent difficile l'étude du voisinage de la faille. Ainsi, au sortir de Saint-Germain-Laval, sur la route de Saint-Martin-la-Sauveté, on traverse, à partir du premier tournant, des masses de granite absolument méconnaissable que Gruner a classées dans les porphyres ; le microscope seul nous a permis de mettre en évidence leur véritable nature, qui, avec ce moyen d'investigation, n'a plus rien de douteux. Cette faille est longée par plusieurs filons métallifères, notamment par celui de Grésolles.

Nous avons marqué ces deux failles comme se prolongeant à travers le bassin tertiaire jusqu'à celle de Montbrison, il est probable qu'elles entament ce terrain, car les filonnets calcaires qui coupent la butte basaltique de Gouttelas, et les sables environnants, se relient sans doute à la faille du Forez ; mais on ne trouve aucun autre indice certain de leur passage plus loin ; la faille de Saint-Germain-Laval est marquée sur le cro-

quis n° 1 (page 164) comme produisant une discontinuité dans la limite du second et du premier étage ; cette discontinuité paraît réelle à la surface ; mais, dans cette partie de la plaine, les contours sont incertains, par suite de la ressemblance de tous les terrains.

#### FAILLES SUD-OUEST-NORD-EST.

(Elles sont suivies le plus souvent par des filons de granulite.)

L'époque de leur première ouverture paraît plus ancienne que pour les précédentes. Elles sont moins continues et se présentent presque toujours sous la forme d'une série de tronçons, croisés et rejetés par les failles N.-O.

Je citerai : 1° un système de failles (rejet au Sud) séparant le granite du gneiss et aboutissant à Saint-Galmier ; on peut voir à la butte des Trois-Croix, au-dessus de cette ville, un filon de quartz N.-O. croisant et rejetant un dyke de granulite N.-E. ; la limite des gneiss dans la région se montre nettement sous la forme d'une ligne brisée à éléments alternatifs N.-O. et N.-E. ;

2° Une faille passant à Bellegarde (rejet au Sud) et séparant une bande d'amphibolite au Sud d'un massif de granite au Nord : elle est également suivie par de grands dykes de granulite, et le brusque passage d'une roche à l'autre, sans aucune zone métamorphique, ne permet pas d'y voir une limite naturelle. Prolongée sous le bassin tertiaire, elle passerait près de Cuzieu, où j'ai signalé une discontinuité entre les étages miocènes ;

3° Une faille (rejet au Nord) qui croise et rejette la limite du tertiaire au Nord de Saint-Cyr-les-Vignes. Cette limite formant falaise, la brisure se voit de loin quand on regarde la montagne d'un point quelconque entre Saint-Cyr-les-Vignes et Feurs. Cette faille ne se

voit pas à l'Est dans le terrain primitif, parce que le granite existe des deux côtés. Cependant, elle marquerait la limite Sud du grand faisceau de filons porphyriques qui longent la plaine et dont les derniers dykes, encore très puissants, s'observent au-dessus de Vailleilles. Son prolongement dans le tertiaire irait passer vers Montrond, où il y a des indices de faille sérieux, et suivrait à peu près le cours de la Mare, qui, au-dessus de l'Hôpital, longe un rejet remarquable de la limite inférieure de l'Aquitainien ;

4° Une faille (rejet au Nord) séparant le cambrien du carbonifère dont elle forme la limite Sud, s'étend, avec plusieurs rejets, de Néronde à Violay. Sur son parcours, les roches sont silicifiées et injectées par des filonnets de quartz de pegmatite (quartz gras, différent des filons calcédonieux), on y trouve de l'antimoine à Rochefort et à Violay ;

5° Dans la région Nord-Ouest, une faille nette passe à la Sauveté, et sépare le granite du cambrien ; elle est parallèle à plusieurs filons de plomb voisins, notamment à celui de Grésollette.

#### FAILLES DIRIGÉES SUIVANT LE MÉRIDIEN MAGNÉTIQUE (N.-N.-O.).

Elles ne sont nulle part bien nettes dans le terrain primitif, quoique cette direction y soit suivie par d'innombrables filons de porphyre.

Mais les failles qui limitent les bassins tertiaires sont toutes alignées dans ce sens (limite orientale du bassin du Forez, occidentale des bassins d'Ambert, de Courpière). Leur existence est démontrée : 1° par la rectilinéité de ces limites ; 2° par l'inclinaison des strates tertiaires qui viennent nettement butter contre la falaise primitive ; 3° par la présence de sources d'eaux minérales.

J'ai donné plus haut les raisons qui peuvent faire supposer l'existence d'une faille analogue, près de Nervieux, au milieu du bassin tertiaire.

Il est à remarquer que cette dernière faille irait passer près de Montrond comme celles de Saint-Cyr-les Vignes et de Saint-Galmier. Ainsi, l'ombilic du bassin d'effondrement du Forez, qui n'est certainement pas éloigné de Montrond, coïnciderait avec le centre d'une sorte d'étoilement de fractures. C'est sur la cheminée largement ouverte qui a dû en résulter que se trouve précisément le seul point où le basalte ait percé l'étage supérieur du miocène.

Ces particularités ne sont peut-être pas étrangères à l'intensité des phénomènes hydrominéraux qu'on y observe.

## VII. Filons.

Les filons de quartz calcédonieux sont très nombreux dans le Forez ; je citerai comme présentant quelque intérêt :

Filons  
quartzeux.

Le filon de Saint-Galmier : il se voit sur une grande longueur au Sud-Est de cette localité, et est en relation évidente avec les eaux minérales. Il présente une disposition remarquable en ligne brisée, sur laquelle je reviendrai plus tard.

Le filon de Sail-sous-Couzan, qui n'est peut-être que le prolongement du précédent, se suit très bien de Marcilly à Sail : il longe la faille du Forez et se retrouve encore plus loin sur le même alignement.

Près de Sail, il s'accompagne de pyrites et de galène ; il s'y décompose en beaucoup de veinules et donne passage aux eaux minérales.

Un grand filon allant de Job à Vallore, de l'autre côté des montagnes du Forez, est également accompa-

gné de sources minérales. Ces montagnes se trouvent ainsi encadrées entre deux faisceaux parallèles de filons quartzeux.

Le filon de Gumières, sur le prolongement du précédent, mais bien plus au Sud, est moucheté de pyrite cuivreuse.

Le filon de Saint-Albin, entre Néronde et Violay, change d'allure suivant le terrain encaissant : c'est un filon unique assez puissant, dans les schistes anciens, près de Saint-Albin ; dans le calcaire carbonifère, terrain plus tendre, il se bifurque et est remplacé par un faisceau de filons encore nets et très puissants ; plus loin, vers Chenevaux, dans les grès du culm, il se perd presque à force de s'anastomoser, et son passage ne se traduit plus que par une silicification générale du terrain. Il est probable que ces grès étaient encore mal agrégés et à l'état de sable, quand le filon les a percés.

Ces filons sont certainement postérieurs au houiller, qui n'en contient pas de débris : l'analogie avec d'autres régions voisines permet de les rapporter avec certitude au trias, ou tout au plus au permien.

On peut voir au Nord de Saint-Etienne, entre La Fouillouse et la Tour-en-Jarez, deux faisceaux de filons quartzeux, l'un N.-O., l'autre N.-E. Leurs croisements auraient lieu à Saint-Priest et à Mont-Reynaud, et les quartzites de ces deux localités leur doivent sans doute leur origine. C'est encore un exemple remarquable des changements d'allure avec le terrain encaissant.

La baryte accompagne le quartz dans la région de Bellegarde (à l'Est de Montrond). Elle paraît se concentrer dans les fractures N.-E., et ne se répandre qu'accidentellement dans les autres, près des croisements.

Filons  
métalliques.

Les filons métalliques sont nombreux dans la région située entre Saint-Just-en-Chevalet, Saint-Germain-Laval et Saint-Thurin.

Ils se rattachent nettement à trois directions, caractérisées par la prédominance des remplissages suivants :

1° N.-O. — Quartz calcédonieux, avec galène et fluorine (filon de Juré).

2° N.-E. — Baryte et galène argentifère (filon du Poyet).

3° N. 15° O. — Quartzite grenu, avec mispickel (nombreux filons près Saint-Thurin).

Il est impossible de déterminer l'âge relatif de ces trois directions, et il est probable que les fractures ont joué à diverses époques. La seule loi intéressante qui se dégage des renseignements réunis par Gruner, c'est que les parties riches exploitées ont toujours été circonscrites par des points de croisements des deux systèmes N.-O. et N.-E.

Dans la région N.-E. du Forez, près de Violay et de Rochefort, on a exploité sans succès des filons de sulfure d'antimoine. Ils se rencontrent le long d'une grande faille N.-E. et près de ces croisements avec deux failles N.-O.

A la Chamba, un puissant filon de quartz contient, surtout près de son toit, un remplissage ultérieur de manganèse.

### VIII. Eaux minérales.

Les sources minérales sont fréquentes dans le Forez et en relations évidentes avec les failles et surtout avec les grands filons quartzeux. Les deux centres principaux : Sail-sous-Couzan et Saint-Galmier se trouvent tous les deux sur des filons de quartz dirigés N.-O. ayant joué le rôle de failles et jalonnant des failles importantes ; les sources se rencontrent au point où ces filons sont recoupés par des vallées profondes et croi-

sent en outre des faisceaux de filons de granulite dirigés N.-E..

Sail-  
sous-Couzan.

A Sail, le filon quartzeux se suit très bien dans toute la région au Sud des sources, depuis Marcilly-le-Pavé. Il longe la grande faille du Forez qui ramène le terrain cambrien et carbonifère au contact du granite.

Les sources se trouvent au point où ce filon est recoupé par la profonde vallée du Lignon et où il croise une série de filons de granulite qui se retrouvent des deux côtés de la rivière.

En ce point, le filon quartzeux ne se suit plus nettement, il paraît se diviser en un grand nombre de veines, le terrain est complètement pourri, on y trouve souvent de la galène et de la pyrite et un remplissage kaolinique.

Les eaux semblent suinter surtout par les petites fissures transversales parallèles aux filons de granulite.

Il faut noter que dans tout son parcours au Sud de Sail les affleurements de ce filon dominent les sources de plus de 150 mètres et sont bordés par une zone de sable et de granite désagrégés.

Cette disposition indique une fracture très ouverte, un remplissage poreux et très capable de servir de réservoir aux eaux tombant sur la montagne. Parallèlement à ce filon et à un kilomètre au N.-E. se trouvent les filonnets calcaires qui traversent la butte basaltique de Gouttelas.

On voit qu'il y a là un large faisceau où les phénomènes filoniens se sont continués jusqu'à une époque très récente.

Saint-Galmier.

Les nombreuses sources de Saint-Galmier se trouvent aussi au croisement de deux systèmes de fractures formant des failles importantes qui séparent le granite des gneiss, les unes N.-O. suivies par un important filon de quartz qui vient des sommets au-dessus de

Chambœuf, les autres N.-E. par des filons de granulite et par une faille importante qui se dirige de Saint-Galmier sur Viricelle.

Aux environs de Saint-Galmier, ces deux systèmes de fracture se traduisent à la surface par des zones de granite désagrégé et le filon de quartz n'est pas visible, mais il se retrouve, ainsi que les veines de granulite, dans quelques-unes des recherches faites récemment pour le captage des eaux.

En général, ces eaux sortent du granite sain et semblent sourdre des fissures parallèles au système des filons granulitiques. Ces derniers jouent peut-être le rôle de réservoirs d'eaux, car la faille à laquelle ils se rattachent correspond sur une grande longueur dans la montagne à des affleurements de roches désagrégées ; le filon de quartz au contraire est fermé à son sommet et jouerait plutôt le rôle de minéralisateur.

Il est à remarquer que le prolongement du filon de Saint-Galmier irait passer à peu près entre les deux failles parallèles de Sail-sous-Couzan et de Saint-Germain-Laval.

C'est donc sur le même faisceau que se trouvent ces deux stations minérales ; or sur cette même direction prolongée et suivie toujours par la grande faille du Forez, on rencontre encore plus au N.-O. les grands gisements métalliques de la Prugne et les sources de Vichy ; on voit quelle est l'importance de cet alignement et comme il met en lumière les relations des sources minérales et des filons métalliques.

De l'autre côté de la chaîne du Forez, on observe également une série de filons de quartz, toujours suivant la même direction N.-O., qui servent en quelque sorte de bordures à la montagne et qui se prolongent depuis Valcivières et Job jusqu'à Valloire. Autres sources

Dans presque toutes les vallées sur la traversée de

ces filons, on rencontre des sources gazeuses et ferrugineuses, surtout dans les environs de Job. Il est très probable que ces deux fractures qui encadrent la chaîne du Forez représentent des failles qui ont joué à la fin de l'époque miocène en déterminant le relief actuel de la montagne.

Les sources minérales seraient une preuve que ces fractures ne sont pas encore complètement fermées.

On trouve aussi fréquemment des sources minérales le long des failles limites des petits bassins tertiaires ; tel est le cas de la source de Rodde près d'Ambert et de celle de Salt-en-Donzy.

Parfois aussi les sources se rencontrent près des buttes de Basalte, lesquelles, comme nous l'avons dit, paraissent s'aligner fréquemment le long des fractures N.-O. C'est ainsi qu'on trouve plusieurs sources carboniques au pied de la butte de Saint-Romain-le-Puy. Cette butte, si on la rejoint à celles de Montbrison et de Champdieu, paraît jalonner une cassure N.-O. couverte par le terrain tertiaire, sur le trajet de laquelle on peut signaler encore les eaux minérales de Moingt.

Sources  
de Montrond.

Remarquons enfin que le sondage de Montrond, où l'on a trouvé de si remarquables jaillissements d'eau minérale, est situé précisément entre un pointement de basalte, visible près de l'embouchure de la Coise et la butte de pépérite qui supporte le château ; il est aussi à peu près sur le prolongement du filon de St-Galmier. D'après tous ces rapprochements, on peut considérer la minéralisation de ces eaux comme ayant une origine intérieure et étant pour ainsi dire la dernière manifestation de l'activité volcanique qui a donné lieu à la sortie des basaltes.

Rapports  
des sources  
avec  
les filons.

Les fractures qui se sont ouvertes à cette époque et qui ne sont pas encore complètement bouchées donnent sans doute passage à des dégagements d'acide

carbonique et peut-être même à d'autres vapeurs minéralisantes.

Ces vapeurs et ces gaz se dissolvent dans l'eau qui remplit les affleurements des filons et qui acquiert ainsi la faculté d'attaquer plus énergiquement les silicates du granite.

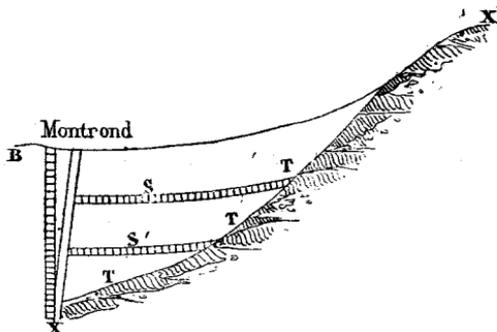
Ces filons se trouvent donc remplis d'une eau dont la minéralisation doit croître avec la profondeur et donnent lieu à des sources partout où les vallées creusent des échancrures suffisantes.

Le lieu d'élection des sources, comme celui des colonnes riches dans les filons métalliques, se trouve naturellement là où les vapeurs ont rencontré les cheminées de dégagement plus larges, c'est-à-dire au croisement de deux systèmes de fractures.

La source de Montrond satisfait à ces conditions ; on peut voir sur le croquis n° 2 (page 192) qu'elle se trouve à peu près au croisement de la faille de Saint-Galmier prolongée avec la grande faille transversale qui va de Boisset à Valeilles ; la présence du basalte et des pépérites indique qu'il y avait là une cheminée importante ; vu la profondeur du sondage, il est probable qu'il a touché, à très peu de chose près, le terrain primitif et puisé l'eau directement dans le filon à plus de 500 mètres au-dessous du niveau où sortent les sources de Saint-Galmier.

Quant aux nappes d'eau minérale trouvées à différentes hauteurs par le sondage, elles représenteraient des prises faites dans le même filon à des niveaux différents par les couches sablonneuses du terrain ter-

tière. Cette hypothèse est traduite par le croquis ci-joint (1).



Les pyrites qui imprégnaient le terrain traversé sur une grande hauteur peuvent avoir contribué à rendre sulfureuses quelques-unes de ces nappes.

## IX. Directions et âges des fractures.

### MOUVEMENTS OROGÉNIQUES

Lorsqu'on cherche à coordonner les failles et les phénomènes éruptifs du Forez, on voit qu'ils se groupent suivant trois directions principales :

#### 1<sup>o</sup> Direction Nord-Est.

1<sup>o</sup> Au point de vue topographique, c'est celle qui suit la chaîne du Pilat et la plupart des contreforts des montagnes de la rive droite de la Loire ; c'est celle

(1) XX Plan du filon avec l'eau minérale de plus en plus chargée en profondeur.

S, S' Couches de sable recevant l'eau du filon à des hauteurs différentes.

B. Basalte.

T, T, T. Terrains imperméables.

NOTA. — Nous avons dressé cette coupe comme si le filon ne pénétrait pas dans le tertiaire. Il est probable que la fracture la plus récente a coupé ce dernier terrain, mais à cause du peu de cohésion des roches qui le composent, elle n'a pu y rester ouverte comme dans le terrain primitif.

qu'affectionne la granulite lorsqu'elle se présente en filons nets, c'est aussi celle suivant laquelle se redressent les gneiss et les micaschistes dans le Pilat et dans la chaîne de Riverie ; les lignes de contact des différents terrains anciens sur la rive droite de la Loire sont presque toujours orientées à peu près Nord-Est, et nous avons vu que ces contacts ont lieu le plus souvent par failles.

2° *Direction N.-N.-O.*

Au point de vue orographique, cette direction est peut-être moins nettement accusée que la précédente. Cependant, c'est en général celle des falaises qui bordent les bassins tertiaires du côté où ceux-ci ont une limite rectiligne, correspondant à des failles ; telle est la bordure orientale de la falaise de la plaine du Forez, de Saint-Galmier à Balbigny : le bord occidental du bassin d'Ambert sur la rive gauche de la Dore. La falaise granitique qui domine les arkoses de la Limagne, sur une grande longueur du côté de Thiers ; cette même direction est celle de presque tous les filons de micro-granulite, qui se présente en faisceaux très régulièrement développés, sur tout le bord de la plaine tertiaire, depuis Valeilles jusqu'à Néronde. Ce même faisceau se prolonge encore plus au Nord jusqu'à Pinay, en suivant le grand défilé de la Loire. Un faisceau aussi important et à peu près parallèle se développe de l'autre côté de la plaine, depuis Marcoux jusqu'à Saint-Germain-Laval.

Cette direction est encore celle de plusieurs filons de mispickel à remplissage siliceux, ayant un faciès très caractéristique qui se rencontre surtout dans la région de Saint-Thurin, et aussi de l'autre côté des montagnes à l'Ouest d'Ambert.

3° *Direction Nord-Ouest.*

C'est celle de la grande chaîne des montagnes du Forez, elle est suivie par des failles importantes, et jalonnée par les grands filons de quartz triasique dont nous avons parlé.

Ces trois directions ressortent très bien dans les régions où l'exploitation des mines a donné des notions plus complètes sur le sous-sol ; on les retrouve dans le réseau de failles du terrain houiller de Saint-Etienne, et dans les filons métalliques de la concession de Juré ; il est très difficile dans ces deux régions de déterminer leur âge relatif ; elles paraissent se rejeter indifféremment les unes les autres. Du reste, au croisement de deux fractures, celle qui est déviée n'est pas toujours la plus ancienne.

Je reviendrai tout à l'heure sur cette remarque importante.

Age  
des fractures.

Si l'on attribuait à chaque système de fracture l'âge des phénomènes éruptifs qui le jalonnent d'ordinaire, les trois directions se seraient produites dans l'ordre où nous les avons énumérées ; la plus ancienne (Nord-Est) correspondrait à l'éruption des granulites et serait antérieure au carbonifère ; la seconde (Nord-Nord-Ouest) marquerait le début du houiller (éruption des porphyres quartzifères).

La troisième (Nord-Ouest) daterait du Permien ou du Trias (filons de quartz).

Directions  
multiples  
et  
simultanées.

Mais il y a de nombreuses exceptions qui empêchent de tirer cette conclusion d'une manière absolue ; on peut signaler surtout, à l'Ouest des montagnes du Forez, un grand nombre de filons de granulite, ayant la direction Nord-Nord-Ouest.

Près de Saint-Germain-Laval, la plupart des filons de granulite sont aussi dans ce cas, et parfaitement parallèles à ceux de porphyre.

Inversement, on trouve près d'Olliergues, un filon de porphyre qui se poursuit sur une très grande longueur avec la direction Nord-Est.

Il y en a d'orientés de même près de Thiers, et à Saint-Rémy-sur-Durolles. Les filons de quartz triasique, eux-mêmes, qui sont de beaucoup les mieux réglés, prennent quelquefois la direction Nord-Est (ex... Au Sud de Saint-Galmier, près de Selles, près de Saint-Rémy).

Ces anomalies montrent que les fractures produites à une même époque n'ont pas suivi une direction unique, et ont dû former un réseau, comportant au moins deux directions principales.

Elles montrent aussi que les fractures anciennes ont dû se rouvrir souvent, lorsqu'il se produisait des mouvements ultérieurs. Réouvertures.

Nous citerons deux exemples, qui mettent ce dernier phénomène en évidence. Nous avons dit qu'au Sud de Saint-Germain-Laval, les filons de granulite et de porphyre étaient à peu près parallèles : près de Croilles, on voit des filons de ces deux roches s'aborder sous un angle très aigu. Le filon de porphyre arrivé tout près de celui de granulite s'infléchit légèrement, et accompagne ce dernier sur une certaine longueur. Puis les traces de la granulite disparaissent et le filon de porphyre continue seul.

Au Sud de Saint-Galmier, on observe, près de Chamboeuf, un filon de quartz dirigé Nord-Est, au contact d'un massif de granulite. On reconnaît que cette orientation ne se prolonge que sur une faible étendue et raccorde deux portions de filon dirigées Nord-Ouest-Sud-Est, l'une allant vers Saint-Galmier, l'autre s'en éloignant et traversant le massif de granulite. Après l'avoir traversé, le filon est de nouveau un peu rejeté vers le Nord-Est, avant de reprendre sa direction nor-

male : ainsi ce filon, certainement postérieur à la granulite s'est dévié à sa rencontre, et a pris la forme générale d'une ligne brisée, où les grands alignements Nord-Ouest, sont raccordés par des tronçons Nord-Est. On le voit, c'est ici la direction la plus récente qui se trouve rejetée par l'ancienne.

On peut admettre d'après tous les faits observés que la direction Nord-Est est celle qui a dominé lors des mouvements les plus anciens, entre le cambrien et le carbonifère.

C'est dans ce sens que les micaschistes se sont ployés et redressés, et que la granulite a fait sa sortie ; mais il s'est produit en même temps plusieurs cassures subordonnées suivant des directions transversales que la granulite a pu suivre aussi.

Ces mouvements ont eu pour effet un soulèvement progressif de la contrée. Puis elle a été de nouveau envahie par la mer carbonifère. Un mouvement lent a refoulé peu à peu celle-ci vers le Nord. Il a atteint son paroxysme à la fin du culm, et formé probablement de hautes montagnes qui séparaient le Roannais du bassin de Saint-Etienne.

Ce grand mouvement entre le carbonifère et le houiller, n'a fait que continuer le précédent, en l'accroissant.

Les failles et les plissements de terrain se sont produits surtout suivant la direction Nord-Est, ainsi que l'indique l'orientation des bassins houillers. Mais les fractures Nord-Nord-Ouest, se sont rouvertes en grand nombre, et ont donné issue aux dykes de porphyre.

A la fin du Permien, de grandes cassures se sont produites surtout suivant la direction Nord-Ouest, et ont donné passage aux filons de quartz, mais les anciennes fractures Nord-Est ont rejoué en bien des endroits.

On n'a aucune donnée sur les mouvements qui ont pu se produire pendant l'époque secondaire.

Pendant le dépôt de l'oligocène, le pays était sans doute moins accidenté qu'aujourd'hui ; mais plus tard, il s'est produit de nouveau des fractures très importantes qui ont donné au sol son relief actuel, et formé les montagnes du Forez ; elles paraissent toutes avoir suivi les anciennes cassures qui se sont rouvertes. Ce fait est mis en évidence par les phénomènes éruptifs récents qui se reproduisent le long des anciens filons de quartz (épanchement des basaltes, sources minérales) et par la direction des failles qui traversent, ou qui limitent les bassins tertiaires.

Ces dernières ont eu une tendance à déterminer des cassures N.-N.-O. ; mais le plus souvent ce résultat paraît avoir été atteint par le jeu simultanément des anciennes fissures N.-E. et N.-O. Ce mécanisme se traduit clairement dans l'orographie. La vallée de la Loire, ainsi que les chaînes qui la bordent, est sensiblement orientée vers le Nord, dans son ensemble. Mais ces montagnes sont composées de chaînons dirigés N.-O. ou N.-E., et la plupart des cours d'eau présentent une série de coudes suivant ces deux directions.

Le grand mouvement tertiaire a été suivi de la sortie des basaltes : les derniers effets de cette activité volcanique éteinte se font sentir aujourd'hui par la minéralisation des sources dans toutes les grandes failles.

### **X. Prolongement du terrain carbonifère.**

Nous examinerons brièvement, pour terminer, une question qui a été soulevée plusieurs fois et qui n'est pas sans intérêt pratique.

Y a-t-il des chances pour trouver sous la plaine du

Forez une prolongation du terrain carbonifère ou du terrain houiller ?

En ce qui concerne le carbonifère, on a admis, d'après Gruner, qu'il devait du côté Nord plonger sous le tertiaire et qu'il y avait chance de le retrouver sous une grande partie de la plaine. En réalité, si l'on retranche du carbonifère l'étage quartzo-schisteux de Gruner, la limite qu'il ne dépasse pas au Sud se compose de deux failles : l'une, celle de Saint-Germain-Laval, passant par cette ville et suivant la vallée de l'Aix (direction Nord-Ouest). L'autre, celle de Néronde, qui passe un peu au Sud de cette ville et suit une direction Nord-Est.

Ces deux failles ramènent au Sud des terrains plus anciens dans lesquels on ne trouve plus aucun affleurement qu'on puisse rapporter avec certitude au carbonifère. Tout au moins, si les schistes que nous avons attribués au cambrien étaient carbonifères, ils appartiendraient aux couches tout à fait inférieures de ce système, et il n'y aurait aucun motif pour y trouver des gisements de combustible.

Au Nord des deux failles que nous venons de signaler, le carbonifère plonge régulièrement vers le Nord, c'est-à-dire à l'opposé de la plaine du Forez ; si l'on prolonge ces deux failles, elles se couperaient dans les environs de Nervieux et limiteraient un triangle très étroit, qui représente la seule partie de la plaine où la présence du carbonifère soit probable. Dans le reste, on ne peut s'attendre à trouver au fond du bassin que des terrains plus anciens et surtout du granite.

Les lambeaux d'anthracifère signalés sur quelques points du pourtour me paraissent d'une attribution très douteuse ; il existe, il est vrai, près de la Fouillouse, quelques lambeaux de poudingues houillers ; mais ces poudingues, par leur nature comme par leur

situation, se rattachent nettement à la brèche de base de La Fouillouse et représentent simplement la lisière nord du bassin houiller de Saint-Etienne, dont les parties les plus élevées ont été détruites par l'érosion. Pour voir dans les poudingues de La Fouillouse l'indice d'une communication qui aurait existé entre le bassin houiller de Saint-Etienne et un autre bassin situé plus au Nord, il faudrait admettre que le relief général du terrain ait peu changé depuis l'époque houillère. C'est là une hypothèse que rien ne confirme. Au contraire, la grosseur des poudingues dans toute cette région montre qu'ils ont dû se déposer au pied d'une falaise escarpée ; l'emplacement actuel de la plaine du Forez devait être occupé alors par une chaîne de montagnes, dirigée nord-est, qui est encore bien jalonnée par l'affleurement de plusieurs massifs granitiques.

Nous ne voyons donc aucune chance pour que le bassin houiller se soit étendu de ce côté ; ce sont les affaissements ultérieurs qui ont amené quelques-uns de ces lambeaux à se trouver sur le versant du bassin tertiaire.

Ainsi, on peut dire qu'il n'y a jusqu'à présent aucun indice de la présence soit du carbonifère, soit du houiller sous la plaine du Forez ; et si par hasard on les y trouve jamais, ce ne sera sans doute qu'à l'état de lambeaux discontinus et insignifiants.

Le croquis n° 2, joint à cette note (page 192), indique la répartition probable des terrains anciens sous la plaine, autant qu'on peut le présumer, d'après les affleurements et les failles observés sur le pourtour.

---