

feux qu'un soufflet, deux usines, semblables à celles dont nous avons donné le plan, contiendront deux soufflets, huit affineries, quatre marteaux; un laminoir, qui sera constamment en activité, pourra laminer les lopins produits par ces huit feux, et il ne faudra que sept roues hydrauliques pour produire annuellement, comme nous l'avons dit, 24,300 quintaux de fer étiré; tandis que, pour produire la même quantité de fer forgé par l'ancien mode, il eût fallu quinze feux d'affinerie, qui auraient exigé vingt-six roues.

NOTICE GÉOLOGIQUE

SUR LES ENVIRONS DE SAULNOT (HAUTE-SAÔNE.)

PAR M. THIRRIA, Ingénieur au Corps royal des Mines.

Le village de Saulnot se trouve, dans le département de la Haute-Saône, à 3 myriamètres à l'est de Vesoul, à 5 myriamètres au sud-est de Plombières, et à 6 myriamètres au nord de Besançon.

Les différentes formations (1) qui constituent le sol de ses environs sont, en partant des masses inférieures, et en les suivant dans leur ordre de superposition :

- 1°. La formation du porphyre de transition avec dépôts de fer oligiste.
- 2°. La formation du grès rouge;
- 3°. La formation du grès bigarré;
- 4°. La formation du calcaire avec dépôts d'argile, de gypse et de houille;
- 5°. La formation du troisième grès secondaire;
- 6°. La formation du calcaire à gryphées;
- 7°. La formation du schiste marno-bitumineux;

(1) J'entends par *formation* un système de masses minérales qui ont entre elles une connexion telle, qu'on peut les supposer formées dans les mêmes circonstances et par des causes analogues, et par *terrain* une réunion de formations liées entre elles par des rapports de gisement et de composition.

8°. La formation du calcaire oolithique;

9°. La formation des minerais de fer en grains.

Je vais décrire successivement chacune de ces neuf formations, et cette description comprendra le gisement des différentes masses minérales qui les constituent, la nature ainsi que le mode d'aggrégation des molécules dont elles sont composées, et l'association des restes organiques qu'on y trouve enfouis.

Formation
du porphyre
avec dépôts
de fer oli-
giste.

La formation du porphyre avec dépôts de fer oligiste constitue l'extrémité méridionale du premier chaînon des montagnes des Vosges, chaînon qui se dirige du sud-ouest au nord-est, forme le mont *Salberg* et le ballon de *Roppe*, et se réunit à une des chaînes principales de ces montagnes entre Massevaux et Giromagny (1).

Porphyre.

La roche dominante est un porphyre à pâte feldspathique ou euritique, de couleur rongéâtre, grisâtre ou verdâtre, dans laquelle sont enchassés des cristaux de feldspath blanchâtre ou jaunâtre, et quelques grains de quartz hyalin blanc. Souvent les cristaux passent au feldspath compacte, cessent d'être nettement circonscrits et se fondent dans la pâte qui les enveloppe; quelquefois, ils sont désagrégés, soit naturellement, soit par suite d'une décomposition, et colorés alors en jaune d'ocre par l'oxide de fer. Il

(1) Les montagnes des Vosges paraissent devoir être rangées dans la classe des terrains intermédiaires; car elles sont composées de groupes de formations, qui, en plusieurs points, renferment des madrepores (Framont), des bois fossilisés (Bitschwiller), et des dépôts d'anthracite avec empreintes végétales (Usholtz, Burbach, Val-d'Ajot).

arrive aussi que la pâte ayant subi la même altération, la roche entière se présente sous la forme d'une masse de kaolin grisâtre, où les contours des cristaux désagrégés se voient encore assez nettement.

A la roche porphyrique est subordonné un eurite, de couleur verdâtre ou rougeâtre, qui est tantôt compacte et tantôt terreux. Dans le premier cas, son tissu est serré et sa cassure conchoïde; dans le second, son tissu est lâche, son grain grossier, et sa cassure plane, mais raboteuse; souvent les variétés terreuses sont tellement imprégnées d'oxide de fer qu'elles ont l'apparence d'une argilolite ferrugineuse.

Les deux roches dont il vient d'être question renferment plusieurs amas ou filons de minerai de fer, dont le plus important se trouve dans la forêt communale de Saulnot, au lieu dit la *Claie-Jean-Sire*, et est exploité pour les hauts-fourneaux du Magny, de Saint-George, de Fallon, d'Audincourt, de Chagny, de Bourguignon, de Montagny et de Belfort. Cet amas ou filon incline de quelques degrés au sud, son épaisseur moyenne est de 3 mètres, et son étendue est inconnue. Le minerai rend au haut-fourneau 40 à 45 pour 100 de fonte; c'est un fer oxidé rouge, dont la cassure est matte, quelquefois terreuse, et souvent parsemée de petits cristaux de fer oligiste spéculaire; il renferme quelques parties manganesifères, d'un aspect noir et terreux, un grand nombre de veines de fer spathique, quelques nids de baryte sulfatée, et des géodes contenant des cristaux de chaux carbonatée nacrée avec des druses d'aragonite en petits cristaux parfaitement limpides.

Gîtes de mi-
rai de fer
oligiste.

Porphyre-
brèche.

Les gîtes de fer oligiste et les roches qui les renferment sont recouverts par une sorte de porphyre-brèche (*trümmer-porphyr*), qui est un agglomérat de fragmens plus ou moins gros de schiste argileux et de porphyre réunis par un ciment feldspathique.

Les différentes roches de transition de Saulnot sont pénétrées d'une multitude de fissures, qui, se croisant dans différens sens, empêchent d'en distinguer la stratification.

Formation
du grès
rouge.

Sur la formation de transition repose immédiatement une roche arénacée composée de grains de quartz hyalin blanc plus ou moins arrondis et quelquefois cristallins, qui sont réunis par un ciment argilo-siliceux imprégné d'oxide de fer. Les grains de quartz sont tantôt gros, alors la roche passe au poudingue, et tantôt très-petits, alors la roche prend la texture schisteuse: dans ce dernier cas, elle renferme toujours, particulièrement entre ses feuilletés, des paillettes de mica argentin. Dans quelques variétés, les grains de quartz sont tellement rapprochés qu'on ne peut découvrir aucune apparence de ciment, et que la roche paraît être le résultat d'une cristallisation confuse. La couleur la plus ordinaire de ce grès est la rougeâtre; elle devient grisâtre ou jaunâtre quand l'oxide de fer manque dans le ciment, ou est peu abondant; ses bancs ont de 10 à 80 centimètres d'épaisseur, et inclinent régulièrement au sud-est, sous un angle de 10 à 12 degrés.

Le grès dont il s'agit se rattache évidemment à la grande formation du grès rouge, qui forme une bande presque continue sur le revers oriental des Vosges, dans les départemens de la

Haute-Saône, du Haut-Rhin et du Bas-Rhin, et se prolonge jusque dans le pays de Saarbruck. Ce grès, en quelques points de ces trois départemens (Ronchamp, Champagny, Rouge-Goutte, Saint-Hippolyte, le Hury, Erlenbach), recouvre des lambeaux de terrain houiller, avec lequel il est lié non-seulement par une stratification concordante, mais encore par des passages évidens.

En superposition immédiate et concordante, repose sur le grès rouge un grès que je rapporte au grès bigarré, à cause de sa composition et de son alternance avec des couches d'argile. Ce grès, en plusieurs points des départemens de la Haute-Saône et des Vosges, est séparé du grès rouge par un grès particulier, que M. Voltz a désigné sous le nom de *grès vosgien*, lequel est caractérisé par une grande dureté, par le peu d'abondance de son ciment, et sur-tout par la présence de gros morceaux arrondis de quartzite, qui en forment souvent un grès-poudingue (1).

Formation
du grès bi-
garré.

Le grès bigarré des environs de Saulnot est une agglomération de petits grains quarzeux réunis par un ciment argilo-siliceux ou marneux, dont les couleurs passent, par nuances variées, du jaune au gris et au rouge, et sont distribuées soit par bandes parallèles et diversement colorées, soit par zones bigarrées, soit encore par taches plus ou moins foncées; quelques variétés contiennent des paillettes de mica argentin qui leur donnent une structure schisteuse. Ce grès a quelquefois l'apparence du grès rouge, mais il en diffère

(1) Le grès vosgien, qui se lie à-la-fois par des passages sensibles au grès rouge et au grès bigarré, pourrait être considéré, en quelque sorte, comme l'équivalent du *schstein*.

par la finesse des grains qui le composent, par l'abondance de son ciment, par la présence d'un assez grand nombre de petites plaques d'argile verdâtre qui se trouvent disséminées entre ses feuilletés, et presque toujours par son peu de dureté. Dans le pays, on le nomme *grès mollasse*, et on l'exploite pour la bâtisse et pour la construction des chemises des hauts-fourneaux.

L'alternance du grès bigarré avec des couches d'argile et d'argile marneuse peut s'observer à Saulnot même et à Athesaus. L'argile est grisâtre, verdâtre ou un peu noirâtre, et toujours très-schisteuse; elle se charge souvent de sable et de mica, et passe alors au grès schisteux micacé; ses couches ont de 8 à 16 centimètres de puissance. L'argile marneuse est plus ou moins feuilletée, de couleur grisâtre, jaunâtre ou rougeâtre; elle se présente soit en couches, soit sous forme de masses aplaties et lenticulaires.

Les seuls fossiles que j'aie trouvés dans le grès bigarré des environs de Saulnot, sont des pétrifications de coquillages bivalves que je crois appartenir au genre *pectinite*. Je n'y ai pas remarqué d'impressions de *calamites* et de *fougères*, comme dans les grès bigarrés de Luxeuil et de Bruyères, où elles sont très-abondantes.

Le grès bigarré est en général très-distinctement stratifié; ses strates, qui sont presque toujours sous-divisés en feuilletés fort minces, ont de 5 à 25 centimètres d'épaisseur, et inclinent assez régulièrement au sud-est sous un angle de 10 degrés.

Les argiles et les marnes argileuses subordonnées au grès bigarré préudent à la formation des calcaires avec argile, gypse et houille, formation

Formation
du calcaire
avec argile,
houille et
gypse.

qui paraît devoir être rapportée à celle du *muschelkalk*, à cause de sa position entre le grès bigarré et le troisième grès secondaire.

La formation dont il s'agit est très-complexe; elle se compose de plusieurs variétés de calcaire, d'argiles marneuses, de gypse et de houille. Je vais décrire ces différentes masses dans leur ordre de superposition.

Un calcaire marneux constitue les assises inférieures de la formation; il est jaunâtre, d'un aspect un peu terreux et d'une texture légèrement schisteuse inférieurement; ce calcaire est presque toujours mélangé de sable, et forme alors comme le passage du grès bigarré à la formation du *muschelkalk*.

Calcaire
marneux.

Au-dessus du calcaire marneux se trouve un calcaire compact à cassure conchoïde, matte ou luisante, de couleur grisâtre ou jaunâtre, qui est caractérisé par la présence d'un grand nombre d'*entroques* et de *térébratules*. Ce calcaire est en tout semblable à celui qui forme une bande sur le revers occidental des Vosges, et qu'on voit notamment aux environs de Luxeuil, d'Épinal et de Bruyères, au-dessus du grès bigarré.

Calcaire à
entroques.

Au calcaire à entroques succède le dépôt des argiles marneuses, remarquables par les couleurs variées qu'offrent les différens lits dont elles se composent. Ces couleurs sont le rouge, le jaune, le vert, le bleu, le violet, le brun, le gris et le blanc sale. Ce dépôt, qui correspond à celui que M. Charbaut a décrit, dans son *Mémoire sur la géologie des environs de Lons-le-Saulnier*, sous le nom de *marnes irisées*, se compose de couches alternatives d'argile marneuse et de calcaire marneux. L'argile marneuse est en général feuil-

Argiles mar-
neuses iri-
sées.

letée et plus ou moins friable; le calcaire marneux est presque toujours schisteux. On y observe quelques rognons d'un calcaire saccharoïde blanchâtre, qui est le plus souvent celluleux, et dont les cavités sont tapissées de petits cristaux de chaux carbonatée.

Gypse.

Le gypse se trouve en couches subordonnées ou en amas dans les argiles marneuses irisées. Lorsqu'il est pur, sa texture est fibreuse, et ses fibres sont droites ou courbes; mais lorsqu'il est mélangé d'argile, son aspect est terreux. Les couleurs les plus ordinaires de ce gypse sont le blanc, le rouge clair, le rosacé et le gris.

Le dépôt gypseux est très-puissant: un sondage qui a été fait, dans ces derniers temps, à Saulnot, sur le monticule situé à l'est de ce village, a été poussé jusqu'à une profondeur de 50 mètres sans en atteindre la limite. Il a traversé successivement :

	Épaisseur.
Calcaire marneux	10 mètres.
Argile marneuse, grisâtre ou verdâtre . .	2
Calcaire marneux alternant avec argile irisée.	5
Argile marneuse avec veines de gypse fibreux blanc.	20
Gypse blanc fibreux mélangé d'un peu d'argile.	13

A Vellechevieux, village situé à 6 kilomètres à l'ouest de Saulnot, le gypse forme des amas dans l'argile marneuse. Ces amas, objets de plusieurs exploitations, sont composés de lits qui se contournent dans des directions parallèles, ou de parties anguleuses dont la disposition est telle qu'on est porté à croire qu'ils ont subi une chute ou un soulèvement.

Houille.

Immédiatement au-dessus du gypse et des argiles irisées, se trouve le dépôt houiller qui a été reconnu, sur une étendue d'environ 60 kilomètres carrés, sur les territoires de Vellechevieux, Saulnot, Corcelles, Gemonval, Champey et Fallon, mais qui paraît ne devoir être utilement exploité qu'à Gemonval et à Corcelles, sur une étendue de 15 à 18 kilomètres carrés.

A Gemonval, le dépôt houiller est constitué ainsi qu'il suit :

	Épaisseur.
Argile bitumineuse	4 ^m ,00 c.
1 ^{re} . couche de houille.	0 ^m ,32
Argile bitumineuse	1 ^m ,62
2 ^e . couche de houille.	1 ^m ,00
Argile bitumineuse	0 ^m ,19
3 ^e . couche de houille.	0 ^m ,15
Argile avec filets de gypse.	2 ^m ,00

Ce dépôt incline sous un angle de 45 degrés, d'abord à l'est, puis au sud, après s'être contourné brusquement, perpendiculairement à sa première direction.

A Corcelles, le gîte houiller, prolongement de celui de Gemonval, se compose ainsi qu'il suit :

	Épaisseur.
Argile bitumineuse.	3 ^m ,00 c.
1 ^{re} . couche de houille.	0 ^m ,13
Argile bitumineuse.	0 ^m ,08
2 ^e . couche de houille.	0 ^m ,51
Argile bitumineuse.	0 ^m ,10
3 ^e . couche de houille.	0 ^m ,48
Argile schisteuse avec traces de gypse.	0 ^m ,00

Les couches de ce dépôt inclinent régulièrement au sud-sud-est sous un angle de 8 à 10 degrés.

La houille de Gemonval et de Corcelles est bitumineuse, s'enflamme plus facilement que la houille des grès de Rouchamp, mais donne, à poids égal, moins de chaleur qu'elle, à-peu-près dans le rapport de 2 à 3. Elle est aussi plus sulfureuse, à cause de la présence d'une plus grande quantité de pyrite de fer, qui s'y trouve disséminée soit en rognons, soit d'une manière invisible. Sa couleur est le noir grisâtre; sa pesanteur spécifique est de 1,30; sa cassure est ondulée ou plane; ses fragmens sont souvent cuboïdes. D'après l'analyse faite à l'École des mineurs de Saint-Etienne, elle est composée, sur cent parties, de

Coke.....	{	Charbon... 49
		Cendres... 6
Produits volatils.....		45

100

Le coke est spongieux et brillant; les cendres sont un peu rougeâtres; le liquide provenant de la distillation n'est pas du tout acide, et son odeur est identique avec celle du produit de la distillation des houilles grasses de Saint-Etienne. Le gaz hydrogène carboné qu'on en retire est propre à l'éclairage, et le kilogramme de houille a donné, dans un essai fait à Mulhouse, 20 centimètres cubes de gaz, plus 50 grammes, ou 5 pour 100, de goudron.

Exposée à l'action du feu, cette houille se boursouffle et se colle en exhalant une odeur qui est un peu sulfureuse, mais qui n'est ni âcre ni piquante comme celle produite par la combustion des lignites; elle donne, en brûlant, une flamme un peu purpurine; elle est très-propre au soudage et au forgeage du fer. MM. Blum, maîtres

de forges, l'emploient avec avantage dans leurs usines de Magny, de Saint-George et de Pont-sur-l'Oignon, pour chauffer quatre fours de tôlerie, deux fours de fonderie, une étamerie et plusieurs forges maréchales. Les essais qu'on en a faits à Héricourt et dans les forges d'Audincourt ont été également satisfaisans (1).

L'argile schisteuse, où se trouvent les couches de houille de Gemonval et de Corcelles, est noirâtre ou grisâtre, selon qu'elle est plus ou moins imprégnée de carbone ou de bitume. Elle ne produit pas la moindre effervescence avec l'acide nitrique et sa consistance est assez grande; mais lorsqu'elle a été exposée long-temps à l'air, elle se délite et s'échauffe, par suite de l'oxidation du fer sulfuré qu'elle contient et de la formation des sulfates de fer et d'alumine, à tel point souvent qu'un peu de soufre se volatilise, et se condense ensuite, sous forme de petits mamelons, à la surface des tas de déblais. On pourrait peut-être tirer un parti avantageux des efflorescences

Argile houillère.

(1) Le combustible des environs de Saulnot n'est point un lignite. En effet, les lignites, lors même qu'ils ont l'apparence de la meilleure houille, répandent, en brûlant, une odeur piquante et très-fétide, ne sont nullement propres au soudage et au forgeage du fer, font apercevoir à la distillation la structure ligneuse, donnent un acide analogue à l'acide pyroligneux, et renferment soit des parties brunes et fissiles, qui ont, d'une manière évidente, l'aspect du lignite terne, soit du lignite-jayet d'un noir luisant et d'une texture compacte, soit des résines succiniques, qui s'y trouvent en nodules plus ou moins gros. Il doit être rapporté à la variété de houille que M. Voigt a appelée *lettenkohle*, et qui se trouve aussi, à Mattdatt, dans une formation calcaréo-argileuse appartenant au *muschelkalk*.

de sulfates de fer et d'alumine, en lessivant les déblais, et évaporant les eaux-mères qui proviendraient de cette lixiviation. On obtiendrait ensuite par cristallisation de la couperose, puis de l'alun, au moyen d'une addition de sulfate de potasse.

On trouve dans l'argile houillère beaucoup de très-petites coquilles bivalves, transverses, sub-trigones et équivalves, qui ressemblent à des *mactres*; un grand nombre de racines filamenteuses, de rameaux grêles et de tiges frondescentes, se croisant dans tous les sens et changés en lignite fibreux noir, qui peut-être ont appartenu à des *fucus*; enfin quelques empreintes de tiges et de feuilles qui ont de la ressemblance avec celles des fougères *osmonde commune* et *anémie* à feuille d'*andianthe*.

Calcaire lithographique.

Le dépôt houiller est recouvert par un calcaire marneux, d'une texture un peu schisteuse et de couleur grisâtre ou jaunâtre, dont les assises inférieures alternent avec des couches peu épaisses d'argile marneuse parfois irisée, dans laquelle existent quelques rognons de silex pyromaque de couleur brune ou blonde. Les assises supérieures de ce calcaire offrent, en quelques points et notamment près de Pont-sur-l'Oignon, un calcaire un peu siliceux, à tissu fin et serré, à cassure lisse et un peu esquilleuse, qui a beaucoup d'analogie avec les calcaires de Pappenheim, près Ratisbonne, employés pour la lithographie, et qui peut-être serait propre au même usage. On trouve dans le calcaire marneux supérieur quelques *peignes* et de petites coquilles bivalves non reconnaissables, qui souvent ont disparu de leur matrice, et ont formé les cavités que l'on re-

marque, en assez grand nombre, dans quelques-unes de ses assises.

On voit, à Fallon, à Corcelles et à Gemonval, immédiatement au-dessus du calcaire marneux dont il vient d'être question, un calcaire dont la couleur ordinaire est le gris blanchâtre, qui est tantôt d'un tissu serré, à grains cristallins très-petits, et tantôt d'un tissu lâche ayant l'apparence terreuse. Ce calcaire se dissout, sans aucun résidu, dans l'acide nitrique, et offre souvent, comme certains calcaires magnésiens de l'Angleterre, beaucoup de petites cavités angulaires, presque toujours aplaties et tapissées de petits cristaux de chaux carbonatée. Il se présente en lits très-minces, ou en bancs formés d'un ensemble de masses aplaties qui se recouvrent les unes les autres, et rappellent le calcaire, dit *crapaud*, des environs de Vic. A Corcelles et à Fallon, le calcaire celluleux existe immédiatement sous le troisième grès secondaire, et à Gemonval, où ce grès manque, sous la formation du calcaire à gryphées.

Calcaire magnésien.

Les différens calcaires de la formation calcaréo-argileuse que je viens de décrire, inclinent assez régulièrement au sud-est, sous un angle de 8 à 10 degrés.

Dans Saulnot même, existent deux sources salées qui sourdent, dans deux puits de 15 mètres de profondeur, des bancs du calcaire à entroques décrit ci-dessus. L'une de ces sources marque, en toutes saisons, 5 degrés à l'aréomètre de Baumé, et fournit par jour 10,800 litres d'eau; l'autre, dont le degré de salure est aussi invariable, ne marque que 2 degrés à l'aréomètre, et donne, par jour, 2,800 litres d'eau. Comme chaque degré

Sources salées.

de l'aréomètre indique à très-peu-près un centième de sel dissous, et que les pesanteurs spécifiques de l'eau, à 5 et à 2 degrés, sont de 1,0340 et 1,0133, il en résulte que les 13,600 litres d'eau doivent contenir 616 kilogrammes de sel; c'est effectivement ce que produit, en vingt-quatre heures, la saline de Saulnot.

Il est probable que le dépôt salifère auquel les sources de Saulnot doivent leur salure, fait partie de la formation du *muschelkalk*, et qu'il existe soit sous le monticule gypseux voisin de Saulnot, soit sous celui où affleure le gîte houiller de Corcelles (1). Des sondages pourraient y être entrepris avec quelque espoir de succès; ils feraient connaître si le sel gemme se trouve, comme dans le département de la Meurthe, en amas ou bancs continus, susceptibles d'une exploitation avantageuse, ou s'il ne forme, comme dans le Salzbourg, que des veines ou des nids disséminés dans l'argile gypseuse. Dans ce dernier cas, le sel ne serait pas en masses assez considérables et assez pures pour être extrait avec profit; mais on pourrait en tirer un parti avantageux, en lessivant, ainsi que cela se pratique à Hallein dans le Salzbourg, la roche salifère, au moyen d'eaux douces qu'on introduit dans des chambres souterraines, ou bien en faisant, comme dans le duché de Hesse-Darmstadt, plusieurs trous de sonde d'un grand diamètre, qui traverseraient la masse salifère sur toute son épaisseur. On obtiendrait

(1) Les ouvriers qui ont foncé, à Corcelles, un puits de 17 mètres de profondeur dans le gypse, m'ont assuré que quelques parties de l'argile gypseuse inférieure étaient salées.

ainsi des eaux à-peu-près saturées de sel, c'est-à-dire rendant 26 kil. de sel sur 100 kil. d'eau, au lieu d'une eau peu saturée, dont les 100 kil. rendent à peine aujourd'hui $4^k \frac{1}{2}$.

Au reste, à cause de l'invariabilité de la salure des eaux en toutes saisons, et d'après la profondeur assez considérable des travaux faits récemment pour recherches de houille, il est probable que le gîte salifère des environs de Saulnot ne pourra être rencontré qu'à une grande profondeur.

Je ferai remarquer en passant que c'est à la décomposition des pyrites de fer, qui se trouvent dans les argiles marneuses du *muschelkalk* et des formations supérieures, qu'est due l'odeur d'hydrogène sulfuré qu'exhalent plusieurs sources des environs de Saulnot, particulièrement celles de Vellechevieux.

La formation du calcaire, avec argiles, gypse, houille et sources salées, se lie d'une manière sensible à celle du troisième grès secondaire que nous allons décrire. On voit en effet près de Pont-sur-l'Oignon, entre les assises du calcaire marneux supérieur aux argiles irisées du *muschelkalk*, une couche de sable épaisse d'environ 16 centimètres, qui n'est séparée du troisième grès secondaire que par quelques mètres d'un calcaire plus ou moins siliceux, celui dont nous avons déjà parlé, comme paraissant propre à la lithographie.

A Saulnot et à Gemonval, le troisième grès secondaire manque au-dessus de la formation du *muschelkalk*; mais à Corcelles, à Pont, à Vellechevieux et à Fallon, on le voit en recouvrement immédiat et concordant sur cette formation. Dans

Formation
du 3^e. grès
secondaire.

la première localité, à Corcelles, il ne forme qu'un lambeau sur la crête du monticule gypseux qui recèle la houille; à Vellechevreux, les puits et les sondages qui ont été faits pour recherches de houille, l'ont fait reconnaître sur une épaisseur de 7 à 8 mètres; à Pont-sur-l'Oignon, il se montre, en plusieurs points, avec une puissance de 2 à 6 mètres, tantôt au-dessus des marnes irisées et tantôt au-dessus du calcaire qui leur est supérieur; enfin à Fallon, il se montre sur une grande étendue, et forme un escarpement très-élevé, où on le voit superposé au calcaire marneux du *muschelkalk*, en gisement parfaitement concordant.

Ce grès qui, par sa position géologique, doit être rapporté au *quadersandstein*, est en général composé de grains de quartz très-fins, agglutinés par un ciment argilo-siliceux, peu abondant et souvent même presque invisible. Les grains sont presque toujours peu adhérens entre eux, et quelques variétés se réduisent promptement en sable fin lorsqu'elles sont exposées à l'air. Ses couleurs sont le gris, le jaune et le rouge plus ou moins altéré. Il renferme ordinairement quelques paillettes de mica, et sa structure est toujours un peu schisteuse. Ses bancs, qui ont de 5 à 20 centimètres de puissance, inclinent très-régulièrement au sud-est, sous un angle d'environ 10 degrés.

Les débris de corps organisés sont abondans dans le *quadersandstein* des environs de Saulnot. J'y ai trouvé (Fallon, Pont) des *pectinites* parfaitement caractérisées, des *modioles* très-bien conservés, et quelques petites coquilles bivalves, que je crois être des *mactres*. J'y ai observé aussi un

assez grand nombre de bois pétrifiés, dont tout l'intérieur est occupé par la matière arénacée du grès, et dont l'extérieur, qui est de couleur noire, a une texture ligneuse striée longitudinalement, qui a de la ressemblance avec celle du *palmier-sagou*.

Le terrain du calcaire jurassique, situé entre le troisième grès secondaire et la craie, se fait remarquer en Franche-Comté, et particulièrement aux environs de Saulnot, par le grand développement des différens étages dont il se compose, et par la variété des nombreuses pétrifications qu'il renferme. Je le diviserai en quatre étages ou formations; savoir, la formation du calcaire à gryphées, la formation des schistes marno-bitumineux, la formation du calcaire oolithique et la formation des minerais de fer en grains.

Les assises inférieures de la formation du calcaire à gryphées se composent d'un calcaire marneux, de couleur grisâtre ou jaunâtre, d'un tissu peu serré et d'une cassure plane, mais raboteuse. Ce calcaire empâte fréquemment un grand nombre de débris de coquilles, qui en forment une sorte de *lumachelle* terreuse, et quelques coquilles entières, au nombre desquelles se trouve la gryphée arquée.

Les assises supérieures se composent d'un calcaire bleuâtre, lamellaire, un peu veiné de spath calcaire blanc et renfermant un grand nombre de gryphées arquées. Un fait assez remarquable est que les gryphées, lorsqu'on les frappe avec le marteau, exhalent une odeur fétide très-prononcée, tandis que le calcaire qui les empâte ne donne, par le frottement ou par le choc, aucune odeur désagréable.

Terrain du calcaire jurassique.

Formation du calcaire à gryphées.

Les bancs des deux variétés de calcaire à gryphées alternent avec des couches de marne bleuâtre, schisteuse et très-coquillière ; ils ont de 8 à 32 centimètres de puissance, et les couches marneuses qui leur sont subordonnées ont de 4 à 16 centimètres d'épaisseur. Leur ensemble incline régulièrement au sud-est, sous un angle de 8 degrés.

Les pétrifications que j'ai observées dans cette formation se rapportent à l'espèce *gryphée arquée* et aux genres *plagiostôme*, *ammonite*, *bélemnite*, *térébratule*, *turbo*, *peigne*, *nautilé*, *huitre*, *trigone*, *cythérée*, *modiole*, *donace*, *entroque* et *pentacrinite*.

Formation
des schistes
marno-bitu-
mineux.

Sur la formation du calcaire à gryphées repose, en gisement immédiat et concordant, un dépôt très-puissant de marnes schisteuses. Ces marnes sont grisâtres ou noirâtres ; les variétés noires sont souvent tellement tenaces qu'on peut les sous-diviser, comme l'ardoise, en feuillets extrêmement minces ; les variétés grises ont une texture moins schisteuse et deviennent parfois tout-à-fait terreuses. On y trouve beaucoup de nodules de pyrite de fer et des veines de bitume endurci qui se croisent sur leurs feuillets. Elles alternent avec des bancs d'un calcaire fétide, de couleur jaunâtre, grisâtre ou noirâtre, dont la cassure est très-conchoïde et la pâte parsemée de lamelles spathiques très-brillantes. On y remarque aussi des rognons et des masses lenticulaires de calcaire noir, qui se trouvent irrégulièrement disséminées dans des plans parallèles à la stratification. Elles renferment enfin des masses de calcaire marneux dont les formes sont variables, mais toujours symétriques, par rapport à un petit

tube pyriteux qui semble en former l'axe. Ces espèces de solides de révolution ont quelquefois jusqu'à 50 centimètres de hauteur, et leur tube n'a que quelques millimètres de diamètre. M. Charbaut a observé des masses tout-à-fait semblables dans les marnes inférieures au calcaire oolithique de Lons-le-Saulnier (1).

C'est évidemment au bitume que les marnes schisteuses et le calcaire qu'elles renferment doivent leur couleur noire. Le schiste en est quelquefois tellement imprégné, que, mis au feu, il brûle ; ce qui l'a fait prendre, en plusieurs localités, pour un schiste houiller ; le calcaire, lorsqu'il est exposé à l'air, devient grisâtre ou jaunâtre, et le départ du bitume s'opère successivement de la surface au centre, de manière qu'en cassant un des rognons ou une des plaques de ce calcaire, on reconnaît que les couches voisines de la surface sont devenues grisâtres ou jaunâtres, tandis que l'intérieur est encore parfaitement noir.

Il existe, à Conflans, dans la partie supérieure des marnes schisteuses, une couche de fer oxidé hydraté oolithique, qui est exploitée pour le fourneau de Varigny. Cette couche, dont l'épaisseur est d'environ un mètre, est remarquable par le grand nombre de pétrifications qu'elle renferme.

Les nombreux fossiles que recèle la formation des schistes marno-bitumineux se rapportent aux genres *bélemnite*, *ammonite*, *nautilé*, *peigne*, *turritelle*, *pétoncle*, *arche*, *cardite*, *turbo*, *cythérée*, *gryphée* (*gryphea dilatata*), *donace*, *mactre*

(1) Mémoire sur la Géologie des environs de Lons-le-Saulnier, *Annales des Mines* de 1819, pag. 584.

et *entroque* ; les trois premiers genres sont les plus abondans. Ces fossiles sont, en général, très-bien conservés, et ont quelquefois un aspect bronzé, dû à une pellicule de fer sulfuré qui les recouvre.

Formation
du calcaire
oolithique.

Cette formation, qui constitue le troisième étage du calcaire jurassique, se compose de couches alternantes de calcaire grenu, de calcaire oolithique, de calcaire compacte et de marnes schisteuses.

Calcaire
grenu.

Le calcaire grenu est grisâtre, jaunâtre ou rougeâtre ; il est formé de petits grains lamellaires, qui paraissent être des fragmens minces d'*entroque* ou de *baculite*, lesquels sont agglutinés par une pâte calcaire plus ou moins abondante. Ce qui fait présumer que les parties lamelleuses sont des pétrifications de petits corps organisés, c'est la présence, à la surface des roches qui ont subi l'action de l'atmosphère, d'une quantité prodigieuse d'*entroques*, de *baculites*, de *pentacrinites*, de *polypiers pierreux* et d'autres fossiles difficiles à reconnaître, pétrifications qui sont toutes tellement petites et si intimement englobées dans la roche, qu'elles ne sont nullement discernables dans les cassures fraîches, où l'on n'aperçoit qu'un petit nombre de fragmens de *peignes*, de *bélemnites*, de *térébratules* et de *gryphées*.

Calcaire
oolithique.

Le calcaire oolithique est grisâtre, jaunâtre ou blanchâtre ; il est formé de sphéroïdes, dont la grosseur varie depuis celle de la graine du pavot jusqu'à celle d'un pois. Ces sphéroïdes, qui sont, en général, de la même grosseur dans une même couche, sont plus ou moins nombreux, de sorte qu'ils sont tantôt juxta-posés et tantôt espacés de plusieurs millimètres dans une pâte sublamel-

laire, compacte ou crayeuse. Leur cassure, examinée à la loupe, offre des couches concentriques enveloppant un noyau cristallin, qui n'est autre probablement que la pétrification d'un petit corps organisé. Cette pétrification n'ayant dû s'opérer que pendant que la matière calcaire de la roche se déposait et enveloppait chacun des petits corps organisés, en vertu d'une force attractive quelconque, il me paraît probable, et M. Charbaut a déjà émis cette opinion, que les oolithes doivent leur forme, non à une cause mécanique qui les aurait granulées comme de la poudre à canon avant la formation de la pâte, mais bien à une force attractive qui a agi sur les molécules calcaires pendant que la pâte se déposait et se solidifiait.

Souvent le calcaire oolithique a une texture tellement schisteuse, qu'il se divise en dalles aussi minces que des feuilles de carton ; ces dalles, auxquelles on donne le nom de *laves*, sont employées dans le pays pour carrellemens et pour toitures.

Le calcaire oolithique des assises inférieures a une pâte sublamellaire de couleur rougeâtre ou grisâtre, et des grains pisolithiques généralement très-petits, tandis que le calcaire oolithique des assises supérieures a une pâte crayeuse de couleur blanchâtre et des grains pisolithiques, dont la grosseur atteint quelquefois celle d'un gros pois.

Le calcaire oolithique et le calcaire grenu alternent ensemble sur des hauteurs considérables, mais toujours dans la partie inférieure de la formation ; ils y sont liés entre eux par des passages sensibles, et se fondent souvent l'un dans l'autre d'une manière évidente.

J'ai remarqué en plusieurs points, aux environs de Saulnot, des calcaires oolithiques à pâte un peu grenue, de couleur rougeâtre, jaunâtre ou bleuâtre, qui seraient, je crois, susceptibles d'être polis et de donner des marbres d'un aspect plus agréable que ceux de Fouvent (Haute-Saône), qui proviennent aussi de la formation du calcaire oolithique.

Minerai de fer en roche.

Il existe, à Gourchaton, dans le calcaire oolithique grenu une couche de minerai de fer oolithique d'environ 1^m,25 de puissance, qui est exploitée pour les fourneaux du Magny et de Saint-George. Ce minerai se compose de grains pisolithiques de fer oxidé hydraté, de la grosseur de la cendrée, qui sont agglutinés par un ciment argilo-calcaire; il rend environ 20 pour 100 de fonte. On y trouve un grand nombre de pétrifications, notamment des *huitres*, des *bélemnites*, des *nautilus*, des *ammonites*, des *peignes*, des *arches*, des *cardites*, des *trochites*, des *entroques* et des *pentacrinites*. Ces différens fossiles ont, en général, le fer oxidé oolithique pour matière lapidifique, à l'exception des *bélemnites*, qui sont toujours calcaires.

Calcaire compacte.

Le calcaire compacte est de couleur grisâtre ou jaunâtre, d'un grain fin et homogène, d'un tissu serré, d'une cassure conchoïde, et quelquefois d'une structure schisteuse; ses bancs, qui sont peu puissans, alternent avec les assises supérieures du calcaire oolithique; il ne contient aucune pétrification. Ce calcaire est le même que celui qu'on voit aux environs de Montbelliard et de Béfort, en couches puissantes, subordonnées au calcaire oolithique à pâte crayeuse, et dont les

vastes fentes recèlent (Chatenois, Roppe, Chevremont) les riches dépôts de minerais de fer en grains exploités pour les fourneaux de Béfort, de Chatenois et de Massevaux, dépôts qui sont évidemment à-peu-près contemporains de ce calcaire compacte, puisqu'il empâte, dans leur voisinage, un assez grand nombre de grains de fer oxidé hydraté.

Marnes schisteuses.

Les marnes schisteuses de la formation du calcaire oolithique ont de l'analogie avec celles de l'étage inférieur; elles en diffèrent cependant en ce qu'elles sont moins feuilletées, moins bitumineuses, pas coquillières, non pyriteuses et souvent tellement endurcies, qu'elles passent au calcaire marneux. Elles alternent avec les calcaires oolithique et grenu dans la partie inférieure de la formation, mais ne se montrent pas dans les assises supérieures, où règnent exclusivement le calcaire oolithique à pâte crayeuse et le calcaire compacte.

Le troisième étage du terrain jurassique est très-distinctement stratifié; ses bancs, qui ont de 16 à 64 centimètres d'épaisseur, inclinent, en général, au sud-est, sous un angle de 10 degrés. Les fossiles que j'y ai observés se rapportent aux genres *bélemnite*, *ammonite*, *huitre*, *trochite*, *turbo*, *turritelle*, *peigne*, *arche*, *isocarde*, *solen*, *bucarde*, *cythérée*, *cardite*, *moule*, *vénus*, *oursin*, *entroque*, *pentacrinite*, *madrépore*, *tubipore*, *explanaire*, *alvéolite*, *millépore* et *astroïte*.

Formation des minerais de fer en grains.

Quoique la formation de l'argile avec minerais de fer en grains ne se développe qu'à quelques myriamètres de Saulnot, j'en dirai quelques mots pour compléter ce qui précède, en prévenant toutefois que c'est plutôt par induction géologique

que d'après l'observation d'une superposition immédiate, que je regarde comme inférieure à la craie une formation qui, dans tout le département de la Haute-Saône, se trouve entièrement à découvert.

Les minerais sont composés de grains de fer oxidé hydraté, dont la grosseur varie depuis celle du millet jusqu'à celle d'un gros pois. Ces grains sont ou parfaitement sphériques, et offrent alors, dans leurs cassures, des couches concentriques bien distinctes, dont la dureté va en diminuant de l'extérieur au centre, ou bien ils sont d'une forme irrégulière plus ou moins arrondie, et se composent de zones peu distinctes, qui sont tournées parallèlement à leur surface extérieure. On les trouve disséminés dans une argile ocreuse qui happe à la langue et se divise dans l'eau sans y faire pâte. Ils sont souvent accompagnés de quelques fragmens de quartz, de quelques masses géodiques de fer hydraté et de morceaux, de la grosseur d'une noix, de calcaire marneux à surface corrodée et à cassure raboteuse ou imparfaitement conchoïde, lesquels empâtent presque toujours des grains de minerai.

Ces minerais et l'argile ocreuse qui les accompagne forment des amas plus ou moins étendus dans de l'argile figuline, ou bien ils remplissent les fentes du calcaire oolithique supérieur. L'argile figuline est douce au toucher et de couleur grisâtre ou verdâtre; elle sert, en plusieurs localités, pour la fabrication de la poterie.

Les gîtes de minerais sont recouverts soit par un banc de marne, soit par une couche de sable argilo-calcaire, soit encore par un ensemble de masses calcaires aplaties, de la grosseur du poing,

qui sont superposées les unes aux autres, comme dans le *crapaud* de Vic, et entremêlées d'argile marneuse.

Les minerais en grains du département de la Haute-Saône sont exploités à ciel ouvert ou par puits peu profonds et galeries irrégulières. Ils alimentent 40 hauts-fourneaux, et rendent, en général, 50 à 56 pour 100 de fonte. On les rend propres à la fusion, en les *débouant* dans des lavoirs à bras, puis en les lavant au clair dans des patouillets, préparation qui fait perdre aux mines en terre $\frac{2}{3}$ à $\frac{9}{10}$ de leur volume, suivant la proportion d'argile ocreuse qui leur est mélangée.

Les fossiles sont assez rares dans cette formation; je n'en ai trouvé que dans les minerais dont les grains sont très-petits, tels que ceux qui proviennent des minières de Fallon, d'Uzelle, de Pussans, d'Autrey et de Maikeroucourt. Ces fossiles appartiennent aux genres *bélemnite*, *amonite*, *térébratule*, *nautile*, *peigne*, *entroque* et *pentacrinite*; ils ont, pour la plupart, le fer oxidé hydraté pour matière lapidifique, ce qui porte à présumer qu'ils ont été lapidifiés pendant la formation des grains mêmes de minerai. D'ailleurs, comme les fossiles des minerais de fer en roche du calcaire oolithique paraissent aussi avoir été lapidifiés pendant la formation du dépôt ferrugineux, ainsi que nous l'avons remarqué ci-dessus; que les fossiles qui accompagnent les minerais en grains se trouvent tous dans les minerais en roche situés inférieurement; que l'association de ces fossiles est absolument la même que celle existante dans les assises supérieures du calcaire jurassique, et essentiellement différente des types organiques qui caractérisent les for-

mations supérieures; que les minerais de fer en grains ont une structure pisolithique tout-à-fait semblable à celle des minerais oolithiques en roche; enfin que les calcaires supérieurs du terrain jurassique empâtent fréquemment des grains de fer oxidé hydraté, il paraît naturel de conclure que les deux formations des minerais en roche et en grains ont eu lieu, à des époques très-rapprochées, dans des circonstances à-peu-près semblables et par suite de causes analogues, et qu'en conséquence elles appartiennent à un seul et même terrain. Telles sont les considérations qui me portent à regarder comme formant le quatrième étage du calcaire jurassique, le dépôt des minerais de fer en grains de la Franche-Comté, qui a été considéré jusqu'ici comme étant une formation tertiaire ou d'alluvion.

RECHERCHES

Sur le mouvement de l'eau, en ayant égard à la contraction qui a lieu au passage par divers orifices, et à la résistance qui retarde le mouvement le long des parois des vases;

PAR M. EYTELWEIN.

Mémoires lus, le 8 novembre 1810 et le 17 octobre 1811, à l'Académie de Berlin, et imprimés dans le Recueil de cette Académie, années 1814 et 1815, p. 137 et 178;

Traduit de l'allemand (1) par M. LEJEUNE DIRICHLET, en avril 1823.

(Premier Mémoire.)

§ 1^{er}.

Nous ne manquons pas de recherches générales faites sur le mouvement de l'eau d'après certaines suppositions; nous manquons beaucoup plus d'expériences qui soient assez exactes et assez complètes pour qu'on puisse conclure, par l'accord de l'expérience avec les résultats déduits des principes reconnus, que dans ces recherches on n'a négligé aucune des circonstances nécessaires pour établir une formule généralement applicable. Dans les recherches qui suivent, on considérera un fluide le moins idéal possible, jouissant des propriétés de l'eau, qui ont le plus d'influence sur le mouvement de ce liquide. Nous aurons égard à l'adhérence des molécules de l'eau, tant entre elles qu'avec les parois du vase dans lequel le mouvement a lieu, et, de plus, à la contraction qui se fait au pas-

(1) Ce mémoire a été indiqué par M. Lacroix au traducteur, qui suivait alors les cours de la faculté des sciences, et la traduction a été faite sous les yeux de M. Hachette.