

D.	. . . D. Houille lamellaire (ou feuilletée).	81
	§. 25-29. Ses caractères extérieurs, caractères chimiques, gisement, usage, recherche.	P. 81 et suiv.
E.	. . . E. Houille limoneuse.	86
	§. 30-34. Ses caract. ext., caract. chim., son gisement, usage, sa recherche.	86 et suiv.
SECONDE PARTIE. Du Bois bitumineux. 93		
	§. 35. Des couches de bois bituminisé en général.	id.
	36. Gisement du bois bituminisé.	94
	37. Son usage en général.	105
	38. Sa recherche en général.	106
	39. Classification de ses différentes sortes.	110
A.	. . . A. Bois bituminisé, proprement dit.	111
	§. 40-43. Ses caract. ext.; ses caract. chim., son gisement et sa recherche.	111 et suiv.
B.	. . . B. Du Jayet.	114
	§. 44-48. Ses caract. ext., ses caract. chim., son gisement, son usage, sa recherche.	114 et suiv.
C.	. 49. Du Kennel-coal des Anglais.	120
D.	. . . D. Du Braunkohle.	123
	§. 50-51. Ses caract. ext., ses caract. chim.	123 et suiv.
E.	. 52. Du Moorkohle (charbon des marécages).	125
F.	. . . F. De la Terre végétale bitumineuse brune.	126
	§. 53-56. Ses caract. ext., ses caract. chim., son gisement et son usage.	126 et suiv.
G.	. 57. De la Terre végétale bitumineuse grise.	132
H.	. 58. Du Charbon bacillaire (stangen kohle).	133
I.	. 59-60. Caractères du glantz kohle (charbon brillant).	135
	61. Sur le gisement du glantz kohle et du stangen kohle.	136

ANALYSE

DE l'Eau minérale de Chaudesaygues,
département du Cantal.

Par M. P. BERTHIER, Ingénieur des Mines.

CHAUDESAYGUES est une petite ville située à quelques myriamètres, au Midi de Saint-Flour, dans une gorge étroite qui communique avec celle de la Truyère. Elle est dans l'enceinte de ce vaste cirque circonscrit à l'Ouest et au Nord par la longue crête granitique appelée la *Margéride*, à l'Ouest et au Nord par le groupe volcanique du Cantal, et au Midi par les montagnes d'Aubrac, aussi d'origine volcanique. Les laves qui s'écoulèrent des foyers d'Aubrac et du Cantal, ont dû envahir autrefois presque toute la contrée, et s'étendre jusqu'au pied de la Margéride. En effet, on en voit encore des restes à peu de distance de cette chaîne et des lambeaux d'autant plus vastes, qu'on s'approche davantage des deux centres d'éruption. Elles forment une croûte continue à l'Ouest d'une ligne courbe qui passe par Saint-Flour, Saint-Vast, Neuve-Eglise, le Trinitat, Saint-Urcize etc.; partout ailleurs le terrain primitif qui forme le plateau de l'Auvergne, est çà et là à découvert. Il existe ainsi sur un grand espace, particulièrement autour de Chaudesaygues; il se compose auprès de cette ville de

gneiss feldspathiques jaunâtres, de schistes micacés et de schistes argileux grisâtres qui contiennent quelquefois des pyrites, et sont souvent recouverts de sulfates effleuris. C'est au milieu de ces rochers que gissent les sources minérales.

Il y en a plusieurs : elles sont toutes de même nature et chaudes, mais à des degrés différents. Elles ont cela de commun avec la plupart des sources minérales, qu'elles sont constamment limpides, quelque temps qu'il fasse et que leur voluë ne varie jamais, non plus que leur température. La plus considérable et la plus chaude paraît au jour au-dessus de la place publique, et fournit 200 mètres cubes (20,000 myriag.) par 24 heures. L'eau marque 88° au thermomètre centigrade, elle est reçue dans un petit bassin en pierre grossièrement construit, et de là distribuée dans la ville par un grand nombre de tuyaux en bois. L'aubergiste Felgère possède la seconde source dans sa maison, elle donne par 24 heures 15 mètres cubes d'eau (1500 myriag.) à 67° $\frac{2}{3}$ centigrades. Il l'a disposée de manière à pouvoir alimenter des baignoires, une douche et une étuve pour le service des malades. Il y a une troisième source peu considérable dans une maison voisine de celle de Felgère. Enfin on en voit plusieurs autres très-chaudes, sourdre en différens endroits dans le lit du ruisseau ; elles se répandent dans le gravier, et le maintiennent à une température brûlante, malgré le contact du cours d'eau froide : on peut évaluer à 300 mètres cubes (30,000 myriag.) au moins la

masse totale d'eau minérale que fournissent toutes les sources.

Cette eau est limpide et sans couleur ; elle n'abandonne aucun gaz à l'air ou en se refroidissant ; elle n'a aucune odeur ni de saveur bien sensible ; elle ne diffère de l'eau commune que par sa température et par une qualité savonneuse qu'il est aisé de remarquer. Les personnes qui prennent les bains trouvent qu'elle rend la peau lisse et douce ; les blanchisseuses disent qu'elle dégraisse très-bien, les foulonniers s'en servent pour décrasser les étoffes etc. Dès sa sortie du rocher, elle forme un léger dépôt ochracé, et elle encroûte les tuyaux qu'elle parcourt de concrétions calcaires déposées en couches minces à petites lames et souillées d'oxyde de fer.

J'ai choisi de préférence pour l'analyse l'eau de la grande source. J'ai pensé que puisqu'elle est la plus chaude elle est la plus pure. Je présume qu'il y a dans les autres un mélange d'eau ordinaire qui les refroidit.

J'ai fait évaporer sur les lieux, avec toutes les précautions convenables, 5 litres ou 5000 grammes, de manière à les réduire à un très-petit volume. J'ai recueilli avec soin le résidu, et je l'ai analysé à Paris au laboratoire du Conseil des Mines.

L'eau ainsi rapprochée avait une saveur fortement alcaline et rougissait le curcuma. Ayant été évaporée à siccité, la masse saline a été tenue en dégestion pendant quelque temps dans l'alkool tiède. Ce que cette liqueur n'a pas dissout a été traité par une grande quantité

d'eau chaude. Enfin le résidu de ces opérations, très-peu considérable, s'est dissout avec effervescence dans l'acide nitro-muriatique.

La dissolution alcoolique a été distillée. Il est resté $0^s,15$ d'un sel cristallisé en cubes, ayant la saveur du muriate de soude pur. On l'a essayé, et on a reconnu qu'il ne contenait en effet ni chaux, ni magnésie, ni acide sulfurique.

On a partagé en deux parties égales la dissolution aqueuse. On a ajouté successivement à la première partie de l'oxalate d'ammoniaque et de la potasse caustique qui n'ont formé aucun précipité. L'excès d'alkali ayant été saturé par l'acide acéteux, on a mis un léger excès d'ammoniaque, puis on a versé dans la liqueur du nitrate de baryte qui ne l'a point troublée. Ces expériences ont prouvé qu'il n'y avait ni terre, ni acide sulfurique. Le nitrate d'argent employé ensuite a occasionné un dépôt de muriate d'argent qui pesait, sec, $0^s,65$.

La seconde partie a été divisée de nouveau en deux portions égales. On a fait cristalliser l'une d'elles en l'abandonnant à une évaporation très-lente: il s'est formé quelques cubes et des prismes striés, semblables au sous-carbonate de soude. Ayant tout redissout dans l'acide acéteux et évaporé à siccité, on a versé de l'alkool sur les sels, dans l'espoir de séparer ainsi le muriate de soude de l'acétite; mais presque tout a été dissout; il a fallu renoncer à ce moyen de doser le carbonate de soude. Pour y parvenir, on a traité la seconde portion par l'acide muriatique pure; il y a eu dissolution

tion avec une vive effervescence; on a expulsé l'excès d'acide en évaporant à siccité, et ayant redissout dans l'eau distillée, on a fait cristalliser à une température modérée; on a eu $0^s,98$ d'un sel cubique ayant une saveur sallée agréable comme le muriate de soude pur. On ne pouvait y soupçonner que la potasse. Pour lever tous les doutes, on en a fait une dissolution concentrée dans laquelle on a versé du muriate de platine; il n'y a pas eu le moindre précipité, tandis que l'addition d'une goutte de sulfate de potasse a suffi pour troubler la liqueur: la dissolution aqueuse ne contenait donc que du sous-carbonate et du muriate de soude.

On a versé un excès d'ammoniaque dans la dissolution muriatique; il y a eu un dépôt floconneux rouge d'oxyde de fer trop peu considérable pour être pesé; on l'estime à $0^s,01$: l'oxalate d'ammoniaque a donné ensuite un précipité d'oxalate de chaux qui, fortement calciné, a fourni $0,13$ de chaux correspondant à $0,25$ de carbonate.

L'acide muriatique avait laissé un résidu grisâtre du poids de quelques centigrammes, qu'il avait refusé de dissoudre. On soupçonnait que ce résidu contenait de la silice tenue en dissolution dans l'eau minérale; mais il était évidemment sali par la poussière charbonneuse qui s'était mêlée à l'eau pendant l'évaporation; on ne pouvait rien conclure de positif. Pour lever ce doute, j'ai soumis à l'analyse un dépôt calcaire de l'eau, recueilli dans un tuyau de conduite qui en était encombré.

10^s . de ce dépôt, fortement calcinés, ont

perdu 4^{es},23. Les 5^{es},77 restant ayant été traités par l'acide muriatique, il y a eu une substance légère et en partie gélatineuse, qui n'a pu se dissoudre; elle pesait, calcinée, 0,19, c'était de la silice. Si cette terre provenait en totalité de particules quartzeuses suspendues dans l'eau, elle aurait formé un dépôt pulvérulent au fond de la liqueur. L'apparence gélatineuse prouve qu'il y avait combinaison et autorise à admettre la présence de la silice en très-petite quantité dans les substances que contient l'eau minérale. L'ammoniaque versée dans la dissolution muriatique a donné un précipité d'oxyde rouge de fer pesant 0^{es},35. Celle-ci ne contenait plus alors que de la chaux. On s'est assuré qu'il n'y avait pas un atôme de magnésie.

Il résulte des données précédentes, que la dissolution aqueuse contient une quantité de muriate de soude telle, qu'elle fournit 1^{es},3 de muriate d'argent et de soude, combinée tant à l'acide muriatique qu'à l'acide carbonique, telle, qu'elle fournit 3^{es},92 de muriate de soude cristallisé, ou 5^{es},80 du même sel calciné. Or, comme 245 de muriate d'argent correspondent à 100 de muriate de soude calciné, les 1^{es},3 de muriate d'argent indiquent 0^{es},53 de sel de soude, et par conséquent, le carbonate de soude a donné lieu à la formation de 2^{es},27 de muriate seulement. Le muriate de soude, contenant 45 d'acide et 55 de base, et le carbonate de soude 37,5 d'acide et 72,5 de base, les 2^{es},27 de muriate contiennent 1^{es},25 de soude, et indiquent 2^{es},0 de carbonate de soude sans eau, ou 5^{es},35 de carbonate cristallisé, en admettant que celui-ci renferme 626 d'eau sur 1000.

En rapprochant tous ces résultats, on trouvera que l'eau de la grande source de Chaudesaygues contient les proportions suivantes de :

	Sels calcinés.	Sels cristallisés.
Muriate de soude.	0,000134.	0,000143
Sous-carbonate de soude.	0,000400.	0,001070
Carbonate de chaux.	0,000048.	0,000048
Carbonate de fer.	0,000002.	0,000002
Silice.	trace.	trace.
Totaux.	0,000584	0,001263

Le dépôt que l'eau forme dans les tuyaux contient :

Acide carbonique.	0,423	ou carbonate de chaux.	0,940
Chaux.	0,530		
Ox. rouge de fer.	0,035	carbonate de fer.	0,048
Silice.	0,012	silice.	0,012
Totaux.	1,000		1,000

Quelle que faible que soit la salure des sources, la masse saline qu'elles ont entraînée en dissolution depuis qu'elles existent est assez considérable. On ne doit pas chercher l'origine des sels dans les roches qui composent la surface du sol. Celles-ci sont toutes primitives et parfaitement connues; elles forment un plateau sillonné en tous sens par des ravins et des gorges profondes, comme celles de Chaudesaygues, de plus de 300 mètres. On observe partout aisément les bancs qui sont presque toujours à peu-près verticaux; aucun n'est de nature à donner naissance au muriate et au carbonate de soude; quelques-uns se recouvrent, à la vérité,

d'efflorescences assez abondantes ; mais ces efflorescences ne contiennent que des sulfates de fer et d'alumine que les eaux pluviales entraînent. On remarque d'ailleurs , que l'eau des sources minérales de Chaudesaygues s'écoule avec une grande vitesse. La cause qui les fait naître, les sollicite avec force à s'épancher au dehors, et semble les soulever de bas en haut.

Quoi qu'il en soit, c'est un phénomène remarquable et intéressant que l'existence des sources de Chaudesaygues et de la plupart des sources minérales, et sur la nature duquel il faut avouer que l'on a bien peu de lumières. En effet, si on en excepte les eaux vitrioliques, séléniteuses et calcaires, et quelques sources salées proprement dites, la composition de la plupart n'a aucune relation avec la nature du sol ; et si, pour quelques-unes on a fait des rapprochemens heureux en apparence, on a été bientôt contraint d'y renoncer en observant que des sources absolument identiques se trouvent dans des terrains d'époques et de nature totalement différente. Les eaux gazeuses carboniques froides en sont un exemple : parce qu'il y en a dans le calcaire, on a attribué à cette roche la faculté de produire un abondant dégagement d'acide carbonique qui est, comme on sait, susceptible de dissoudre du carbonate de chaux, de fer, etc. Mais cette explication tombe d'elle-même, quand on considère qu'un plus grand nombre de sources carboniques calcaires gissent dans des terrains primitifs dans lesquels il n'y a pas de traces de roches calcaires.

Le département du Cantal est riche en ce

genre ; il y a des sources minérales gazeuses dans presque toutes les communes, et cependant l'on sait qu'il est peu de contrées où la chaux carbonatée soit aussi rare.

La théorie des sources minérales est donc bien peu avancée encore ; cependant elle est digne de fixer l'attention des naturalistes, et promet des résultats aussi curieux et aussi importants que ceux qu'on cherche avec tant de persévérance et d'efforts dans les phénomènes des volcans.

Les observations faites jusqu'ici portent à admettre pour caractères essentiels des sources minérales proprement dites, ceux-ci : invariabilité de volume, de composition, de température et de limpidité au milieu même des orages qui troublent toutes les eaux. On peut ajouter qu'il est probable que leur origine est étrangère au sol supérieur à leur embouchure.

Les sources thermales avaient un grand prix aux yeux des Romains ; ils ne pouvaient pas négliger celle de Chaudesaygues, une des plus remarquables des Gaules par sa température. (Il y en a peu d'aussi chaudes. Le nombre 88° qu'elles marquent au thermomètre centigrade, s'approche beaucoup du degré de l'ébullition dans cette région élevée.) Ils les fréquentèrent, et bâtirent auprès un bourg qu'ils appelèrent *Calentes aquae*. La petite ville qui subsiste aujourd'hui n'a pas changé de nom.

Les habitans de Chaudesaygues aiment le travail et sont industrieux ; ils tirent tout le parti possible de leurs eaux. Il les employent à tous les usages domestiques, à la préparation des viandes et des alimens, etc. Les malheureux

viennent apprêter leur repas à la source même : il n'en résulte aucun inconvénient pour la santé ; au contraire, il paraît que les eaux lui sont favorables, car il y a très-peu de maladies dans le pays, le sang est beau, les jeunes filles ont une fraîcheur et un éclat peu communs.

La ville de Chaudesaygues s'adonne depuis long-tems à la fabrication d'étoffes et de bas de laine qui ont de la réputation dans le commerce. On lave la laine, avant de la filer, dans l'eau minérale, et au lieu de foulonner les objets fabriqués avec des argiles, comme on le pratique partout, on se sert d'un courant de cette eau. Sans connaître sa composition, les hommes ont deviné sa nature alcaline, et l'ont employée très-heureusement.

De petites machines mues par le cours d'eau, servent à-la-fois à faire agir les marteaux à foulon, et à élever sur l'étoffe l'eau chaude qu'on est parvenu à recueillir au milieu même du ruisseau.

Les habitans de toutes les parties de la ville inférieure à la grande source, trouvent un avantage encore plus immédiat dans l'eau minérale ; ils s'en servent pour échauffer leurs maisons. Toutes les pièces de rez-de-chaussée sont pavées en dales schisteuses minces qui recouvrent des bassins dans lesquels on fait circuler l'eau. En faisant varier à volonté la quantité qui arrive et celle qui sort, on se procure la température que l'on désire. Il serait possible de perfectionner beaucoup cette disposition ; mais on ne pouvait guère attendre mieux dans un pays reculé des grandes villes, où l'industrie n'est point secondée par l'instruction.

Il est curieux de calculer la quantité de calorique que charient les sources. J'admettrai pour cela, que l'eau de la grande source ne conserve que 12° quand on l'abandonne, et je négligerai en compensation toutes les autres. Cela posé : 100 parties de l'eau fondraient 100 parties de glace ; la combustion de 100 parties de bois en fait fondre 3000. Il faudrait donc 6666 kilogrammes de ce combustible, pour équivaloir aux 200,000 kilogrammes d'eau que la source produit en 24 heures. Le stère de bois de chêne pèse ordinairement 375 kilogrammes : ainsi les 6666 représentent 18 stères. On peut supposer que l'eau sert au chauffage pendant huit mois ou 240 jours de l'année, sans avoir égard à ce qu'on en consomme durant l'été pour le même objet. Elle ne pourrait donc être remplacée que par 4320 stères qui seraient le produit de 18 hectares de taillis de chêne de 30 ans. Il suit de là que la grande source, sous le rapport seulement du calorique qu'elle fournit, vaut autant pour la commune de Chaudesaygues, qu'une forêt de chêne de 540 hectares au moins.

Enfin, sous le rapport de la médecine, les sources de Chaudesaygues sont encore fort précieuses ; l'expérience a prouvé qu'elles agissent très-énergiquement contre plusieurs maladies, et il est probable que lorsqu'elles seront plus connues et plus étudiées, on leur découvrira de nouvelles propriétés. Prises à l'intérieur, elles chassent les humeurs et font expectorer ; prises en bain et en douches, elles sont puissantes contre toutes les affections rhumatismales, les paralysies, etc. ; elles affaiblissent les attaques de gouttes, guérissent les douleurs, et redon-

nent aux membres blessés leur première vigueur ; leur effet se termine toujours par une forte éruption cutanée.

Ces sources sont en grande réputation dans le pays, mais elles n'ont attiré jusqu'ici qu'un petit nombre d'étrangers. L'isolement de Chaudesaygues, sa situation éloignée des grandes villes et des lignes de poste, au milieu de montagnes peu fertiles et assez sauvages, sont cause que ses eaux n'ont jamais été très-fréquentées. Mais les choses vont bientôt changer de face, la route nouvelle de Paris en Espagne, par Perpignan, traverse Chaudesaygues, et va ouvrir à cette ville de faciles communications. Elle est déjà tracée dans toute sa longueur, et l'on pousse les travaux sans relâche ; les relais de poste seront incessamment établis, M. le Préfet du Cantal protège l'industrie des habitans de Chaudesaygues ; il désire rendre l'usage des eaux commode et salubre aux étrangers : on doit tout espérer de son administration paternelle et éclairée. C'est sur son invitation que j'ai entrepris l'analyse que j'ai décrite : il fera recueillir des observations exactes par des médecins instruits, et appellera sur cet objet l'attention des hommes habiles.

Depuis peu, le sieur Felgères, propriétaire d'une excellente auberge, a fait construire dans sa maison une chambre de bains, une douche à pompe et une étuve tenue avec la plus grande propreté. La source coule dans l'étuve même ; elle est à 68° centigrades, et peut remplir 100 baignoires en 24 heures. On a l'avantage de pouvoir se baigner si l'on veut dans son appartement, et à quelque température que ce soit.

On est loin d'être aussi commodément au Mont-d'Or ; il n'y a pas d'eaux plus salement tenues ; la maison des bains est un véritable cloaque où l'on respire à peine, et où les malades sont continuellement froissés par les curieux qu'attire ce singulier spectacle. Si l'on compare le village du Mont-d'Or, où la malpropreté paraît être une habitude, et son climat variable et froid avec le ciel tempéré de Chaudesaygues, l'avantage sera certainement encore pour ce dernier.