

premiers que l'on ait faits en grand dans le royaume, avec de semblables minerais, auront encore l'heureux résultat de déterminer les maîtres de forges à mettre à profit ceux que renferment toutes nos mines de houille, minerais dont quelques-uns s'obstinent encore à méconnaître la nature.

ESSAIS ET ANALYSES

D'UN

GRAND NOMBRE DE MINERAIS DE FER

PROVENANT

DES HOUILLÈRES DE FRANCE;

PAR M. P. BERTHIER, Ingénieur au Corps royal
des Mines.

Tous les terrains de grès houillers renferment des minerais de fer. Ces minerais sont de deux espèces : 1°. du fer carbonaté; 2°. du fer hydraté: les premiers sont très-communs, les seconds le sont beaucoup moins. J'observai, il y a dix ans, pour la première fois en France, le fer carbonaté dans les houillères, aux mines des Barthes, département de la Haute-Loire; les ouvriers le prenaient pour une lave; je constatai sa nature par l'analyse; bientôt après MM. Descostils et Le Boulanger en analysèrent de semblables provenant des départemens du Gard et de l'Orne, de Saarbruck et de l'Angleterre. Je le retrouvai ensuite en abondance dans les mines de Moriat (Cantal), de Montaigu (Puy-de-Dôme), de Fins, Noyant et Commentry (Allier), de Décize (Nièvre), de Blauzy, le Creusot, etc. (Saône - et - Loire). M. Ramus en trouva plusieurs couches à Beauchamp (Saône-et-Loire), en recherchant de la houille. M. l'ingénieur en chef de Gallois (1), placé en station dans le département de la Loire, en

(1) *Annales des Mines*, tome III, page 517.

1814, découvrit ce minerai dans presque toutes les mines de houille de ce département, et en envoya une collection nombreuse et très-variée au Laboratoire de l'École, pour y être essayée et analysée. M. l'ingénieur Clere fit un envoi semblable au commencement de 1817, provenant des mines du département du Nord (voy. l'article précédent). Enfin, plusieurs autres ingénieurs et minéralogistes ont constaté l'existence du même minerai dans une multitude d'autres endroits.

Je vais rapporter dans cet article les résultats de toutes les expériences qui ont été faites jusqu'à présent au Laboratoire de l'École des mines, sur les minerais de fer des houillères. La connaissance de ces résultats pourra intéresser MM. les maîtres de forges : pour la leur rendre aussi utile que possible, j'indiquerai la marche qui me paraît la meilleure à suivre pour essayer de semblables minerais, et pour en faire une analyse complète. M. l'ingénieur Le Boulianger est l'auteur de plusieurs des analyses des minerais de la Loire, que je citerai : MM. les élèves des mines ont participé à toutes les autres avec autant de zèle que de soin.

Le fer carbonaté des houillères est un mélange, en proportions très-variables, de fer carbonaté, de manganèse carbonaté, de magnésie carbonatée, de chaux carbonatée, d'argile ou de sable et de bitume, ou plutôt de houille. Quelquefois il contient aussi du phosphate de fer, qui lui donne le défaut de produire du fer cassant à froid; enfin, il est souvent associé avec des pyrites qu'on ne peut pas toujours en séparer par le triage.

Les quatre carbonates que j'ai cités sont mélangés intimement; c'est à dire qu'ils se sont séparés en même temps d'une même dissolution; mais l'argile, le sable, etc., ne sont mélangés que mécaniquement, et le mélange est même souvent visible à l'œil. C'est ce mélange qui donne au fer carbonaté des houillères l'aspect qu'on lui connaît, et c'est par-là que ce minéral diffère du fer carbonaté dit *fer spathique*, qui se trouve dans les terrains primitifs et intermédiaires. Je pense, d'après cela, que le meilleur nom minéralogique qu'on puisse lui donner, est celui de *fer carbonaté argileux*: ce nom exprime parfaitement sa nature chimique, il ne fait tomber dans aucune erreur, et il est conforme au système général de la nomenclature minéralogique; le fer carbonaté des houillères est au fer spathique ce qu'est la chaux carbonatée argileuse ou compacte, à la chaux carbonatée spathique et saccharoïde. Le nom de *fer carbonaté lithoïde*, proposé par M. de Gallois, me paraît impropre: on a appliqué avec justesse l'épithète *lithoïde* aux laves qui ont l'aspect pierreux, pour les distinguer des laves vitreuses et scoriformes; mais le fer spathique ressemble autant à une substance pierreuse que le fer carbonaté des houillères, et cette ressemblance est même plus habituelle: car lorsque le minerai des houillères est chargé d'une grande quantité de bitume, il perd l'apparence lithoïde pour prendre celle d'un combustible.

Pour tirer tout le fruit possible d'un essai de fer carbonaté argileux par la voie sèche, je conseille de procéder comme il suit:

On réduit le minerai en poudre, et on le passe

à travers le tamis de soie : on en met 5 grammes dans une fiole à médecine, on verse dessus de l'eau régale, et on fait bouillir pendant une demi-heure : au bout de ce temps on verse tout sur un filtre, on lave, on sèche le filtre, on le brûle, et on calcine au rouge la matière qu'il contient ; cette matière est l'argile, quelquefois mêlée de bitume, que l'acide n'a pu dissoudre : on la pèse exactement ; d'après cette donnée on détermine la proportion de chaux qu'il faut ajouter au minerai pour le faire fondre. Si le minerai est gris, et ne contient par conséquent que peu de bitume, on peut l'essayer sans le griller ; mais s'il est noir et très-mélangé de houille, le grillage est nécessaire pour brûler le charbon qui, sans nuire à la fusion, empêcherait la matière de se former en culot. On peut faire ce grillage dans un têt à rôtir à la chaleur rouge ; mais il est mieux de l'opérer dans un creuset de platine, et de calciner ensuite la matière à une forte chaleur blanche : on en sépare par-là l'acide carbonique et toutes les matières volatiles, et, en prenant le poids de la matière calcinée, on en déduit un moyen de vérifier l'exactitude de l'essai, ainsi que je le ferai voir par un exemple.

Comme la plupart des minerais de fer des houillères ne renferment pas sensiblement de chaux (je citerai une exception), il faut, pour en déterminer la fusion, ajouter une certaine quantité de cette terre. La quantité à ajouter est relative à la proportion de l'argile : elle peut varier, sans inconvéniens, entre des limites assez étendues : j'ai trouvé qu'elle doit être de au moins le quart du poids de l'argile, et qu'elle ne doit

guère dépasser la moitié ; la meilleure me paraît être des deux cinquièmes. Au lieu de chaux caustique, qu'il serait difficile de conserver exactement à cet état, il vaut mieux se servir de chaux carbonatée bien pure, telle que du marbre blanc, qui renferme 0,56 de chaux : alors on l'emploie dans la proportion moyenne des $\frac{3}{4}$ du poids de l'argile. Si l'on n'avait à sa disposition que du calcaire compacte argileux, il faudrait en augmenter d'autant plus la proportion qu'il serait plus impur. Le mélange du calcaire et du minerai étant fait, on le place dans un creuset brasqué de charbon, sans addition d'huile ni d'aucune autre substance propre à réduire, qui serait tout-à-fait superflue et qui au contraire pourrait nuire : la réduction de l'oxide métallique s'opère sans difficulté et par voie de cémentation, au moyen de la brasque. On remplit le creuset de poussière de charbon, on lute un couvercle, et l'on chauffe convenablement le creuset placé sur un morceau de brique réfractaire, dans un fourneau de 3 décimètres de côtés. On peut aisément faire trois essais à-la-fois dans un semblable fourneau, lorsqu'on n'opère que sur 10 ou 15 gram. au plus, quantité très-suffisante pour avoir un bon résultat.

Après la fusion on pèse le culot entier : la perte en poids est due au dégagement de l'acide carbonique et de l'oxigène, on a la proportion de celui-ci en retranchant de la perte à l'essai, la perte que le minerai a éprouvée par la calcination ; si l'essai est exact, la quantité d'oxigène doit correspondre, à très-peu près, à la quantité de fonte obtenue. La fonte forme un culot principal qui se détache aisément de la scorie ; mais, presque tou-

jours, celle-ci est recouverte, à sa surface, d'une multitude de petites grenailles : on les recueille aisément à l'aide du barreau aimanté, après avoir réduit la scorie en poussière. L'aspect de la scorie donne des indices précieux sur le degré de fusibilité du minerai : on peut aussi, jusqu'à un certain point, juger de la qualité de la fonte par le grain du culot et la facilité plus ou moins grande avec laquelle il se laisse briser ou aplatis.

Mais lorsqu'on peut faire une analyse complète du minerai par la voie humide, on a l'avantage de déterminer deux choses très-essentielles : 1°. la présence ou l'absence du phosphore, et sa proportion lorsque le minerai en contient ; 2°. la proportion relative de la silice et de l'alumine. Le phosphore rend le fer cassant à froid, et il en faut une très-petite quantité pour produire cet effet. La silice et l'alumine peuvent être, l'une par rapport à l'autre, dans des proportions telles que le minerai soit infusible ou très-difficilement fusible lorsqu'on n'y ajoute que de la chaux : cela arrive le plus souvent parce que l'alumine est en trop grande quantité. On en a vu un exemple à l'article relatif aux minerais d'Anzin, page 345. Les premières expériences faites à Saint-Étienne avaient fait penser, au contraire, que ces minerais étaient en général très-siliceux ; mais on s'est bientôt aperçu que la matière insoluble dans les acides, que l'on prenait pour de la silice, était une combinaison argileuse de silice et d'alumine, très-variable et fort souvent très-alumineuse.

On peut faire ces analyses de plusieurs manières, et il est même convenable de modifier les procédés selon les circonstances ; mais, en

général, elles réussissent bien en suivant la marche que voici.

On prend 10 grammes de minerai réduit en poudre impalpable, on les grille et on les calcine dans un creuset de platine ; le fer s'y trouve alors, presque en totalité, à l'état de peroxide, et le manganèse à l'état de deutoxide : on fait bouillir sur la matière grillée, de l'acide muriatique, auquel on ajoute une petite quantité d'acide nitrique ; on filtre et on recueille l'argile que l'on analyse séparément, par les moyens connus, en la fondant avec de la potasse au creuset d'argent. On rapproche la liqueur presque à siccité à une douce chaleur, pour en chasser le grand excès d'acide, on l'étend ensuite de beaucoup d'eau, et on y ajoute peu à peu un sous-carbonate alcalin ordinaire, jusqu'à ce qu'elle se trouve complètement décolorée ; on filtre le dépôt ferrugineux et on le traite encore humide par le vinaigre ; on évapore jusqu'à siccité à une douce chaleur, on reprend par beaucoup d'eau et on fait bouillir la liqueur : si elle conserve une légère couleur, on l'évapore de nouveau, mais ordinairement elle est parfaitement limpide ; on la réunit à celle de laquelle on a précipité le fer ; ces liqueurs contiennent de la chaux, de la magnésie et de l'oxide de manganèse, et quelquefois, mais très-rarement, un peu d'alumine. On en précipite le manganèse par l'hydro-sulfate de potasse ; la chaux, par l'oxalate de potasse ; et ensuite la magnésie par la potasse, en ayant l'attention de faire bouillir la liqueur. On calcine séparément et très-fortement l'hydro-sulfate de manganèse, l'oxalate de chaux et la magnésie, après les avoir bien lavés ; on calcine

aussi le dépôt ferrugineux, et on pèse toutes ces substances. C'est dans le dépôt ferrugineux que se trouve l'acide phosphorique, lorsque le minerai en contient : on le chauffe au rouge pendant une demi-heure, dans un creuset d'argent, avec son poids de potasse ou de soude caustique, on le délaye ensuite avec de l'eau dans laquelle on le fait bouillir, et on filtre ; on sature la liqueur avec de l'acide nitrique ou muriatique, on la fait bouillir pour en dégager le gaz acide carbonique, et on y ajoute ensuite un excès d'ammoniaque. Il arrive souvent que cet alcali en précipite un peu d'alumine ou de phosphate d'alumine ; mais la quantité en est toujours très-petite : enfin on y verse un sel de chaux (nitrate, muriate ou acétate), ou même de l'eau de chaux. Si le minerai ne contient pas d'acide phosphorique, il ne se forme pas de précipité ; dans le cas contraire, il se fait un dépôt volumineux de phosphate de chaux : on le recueille sur un filtre, on le lave, on le calcine et on le pèse ; 100 parties de ce phosphate représentent 0,4845 d'acide phosphorique et 0,213 de phosphore (1).

Pour avoir ensuite la véritable composition de minerai, il faut ramener par le calcul le fer et le manganèse à l'état de protoxide, et ajouter la quantité d'oxygène que l'on retranche des oxides obtenus par l'analyse à la perte par la calcination,

(1) Le docteur Wollaston a imaginé un moyen très-ingénieux pour faire la recherche de l'acide phosphorique ; mais ce moyen, qui consiste à précipiter l'acide phosphorique à l'état de combinaison insoluble avec l'ammoniaque et la magnésie, ne peut réussir qu'entre des mains très-exercées dans la pratique de la chimie.

pour avoir la proportion exacte de l'acide carbonique, etc.

La recherche du soufre dans les minerais des houillères est inutile, parce qu'ils en contiennent toujours une certaine quantité qui provient des pyrites mélangées, et que cette quantité dépend absolument du soin que l'on prend dans l'opération du triage.

MINES DE FER DES HOUILLÈRES DE BRASSAC (HAUTE-LOIRE).

Les couches de houille de ce canton sont très-puissantes. On y rencontre fréquemment, au milieu même du combustible, du fer carbonaté en rognons plus ou moins gros : ces rognons ont quelquefois un grand volume, et forment des barrages : les ouvriers les nomment *pierres d'enfer* à cause de leur dureté ; il y en a aussi dans les schistes qui accompagnent la houille : enfin on en connaît une couche qui suit la mine du Gros-Mesnil dans toute sa longueur, et qui paraît être fort riche : nul doute qu'il n'en existe d'autres dans le même terrain ; car on retrouve le minerai en rognons dans toutes les couches exploitées, aux Barthes, à Charbonnier, etc. Cette localité mérite d'attirer l'attention des métallurgistes, et je n'en connais pas qui présente de plus grandes chances de succès pour l'établissement d'une usine à traiter le minerai des houillères. En effet, le terrain houiller est vaste : on y connaît un grand nombre de couches très-épaisses qui fournissent du combustible de qualités variées, et dont une partie est très-recherchée pour le travail des forges ; il est bordé d'un côté par l'Allier, qui dans cette partie est navigable

à plusieurs époques de l'année, et de l'autre par la route de Clermont au Puy, dont un embranchement conduit dans la Haute-Auvergne : il est traversé par l'Allagnon, rivière encaissée dans des gorges profondes, et qui roule un volume d'eau capable de faire mouvoir des machines très-puissantes. Enfin il est situé au milieu d'un vaste pays absolument dépourvu de mines de fer, et qui pourrait absorber tous les produits d'une grande usine.

Minerai en rognons trouvé à Megescôte.

Compacte, grisâtre, avec une teinte de rouge produite par un commencement de décomposition. Pesanteur spécifique, 3,01.

Composition

Peroxyde de fer.....	0,350	ou	Carbonate de fer.....	0,520
Deutoxyde de mangan..	0,023		<i>id.</i> de manganèse..	0,004
Magnésie.....	0,016		<i>id.</i> de magnésie..	0,038
Perte par calcination...	0,255		Eau et bitume.....	0,062
Silice.....	0,265		Argile.....	0,383
Alumine.....	0,118			
	<hr/>			<hr/>
	1,007			1,007

Essai au creuset brasqué :

108. de minerai cru représentant....	Minerai grillé....	7,45
35. de carb. de chaux représentant..	Chaux.....	1,68
		<hr/>
		9,13

La fusion a été parfaite et on a eu :

Fonte et grenailles....	2,24	} TOTAL.....	8,25
Scorie.....	6,01		
			<hr/>
	Perte due à l'oxygène...	0,88	<hr/>

Cette quantité d'oxygène correspond presque exactement avec la quantité de fonte obtenue.

Cette fonte a paru de très-bonne qualité. La scorie était compacte, vitreuse, transparente sur les bords et grise; en retranchant de son poids la chaux ajoutée, il reste 4^s,33 qui excèdent de 0,50 la quantité d'argile obtenue par l'analyse; ces 0^s,50 représentent la magnésie, le manganèse et un peu d'oxyde de fer; ils indiquent en même temps que par l'action des acides ils s'est dissous une petite quantité d'alumine; d'où il suit que la proportion d'oxyde de fer trouvée par l'analyse est un peu exagérée, tandis que celle de l'argile se trouve un peu trop faible. On voit par l'exposé que nous venons de faire, seulement pour servir d'exemple, comment on peut vérifier l'exactitude d'un essai, et comment, en comparant les résultats obtenus par la voie sèche et par la voie humide, on parvient à les rectifier.

Minerai en rognons trouvé dans la mine des Barthes.

Peroxyde de fer.....	0,510	ou	Carbonate de fer....	0,748
Deutox. de manganèse..	0,015		<i>id.</i> de manganèse..	0,021
Magnésie.....	0,000		<i>id.</i> de chaux.....	0,018
Chaux.....	0,010		Eau et bitume.....	0,045
Perte par calcination...	0,295			
Silice.....	0,090		Argile.....	0,160
Alumine.....	0,070			
	<hr/>			<hr/>
	0,990			0,990

Minerais faisant partie d'une couche qui accompagne la mine de houille du Gros-Mesnil. Ils sont compactes, d'un gris brun et un peu micacé.

On en a essayé deux variétés :

L'une a perdu 0,242 par la calcination, et a donné 0,20 d'argile par l'action des acides.

Elle a parfaitement fondu avec 0,15 de car-

bonate de chaux, et a produit 0,375 de bonne fonte et une scorie vitreuse gris de silex.

L'autre a perdu 0,238 par la calcination, et a donné 0,25 d'argile par l'action des acides.

Elle a parfaitement fondu avec 0,20 de carbonate de chaux, et a produit 0,333 de bonne fonte et une scorie vitreuse gris de silex.

MINES DE FER DES HOUILLÈRES DES GABLIERS,
FINS ET NOYAUT (DÉPARTEMENT DE L'ALLIER).

Dans ces mines le minerai de fer a été observé :
1°. en rognons, tantôt dans la houille, tantôt dans les argiles-schisteuses grises et noires, connues dans le pays sous les noms de *baumes* ou *menus noirs*, qui servent de toit et de mur au combustible; et 2°. en couches minces alternant avec ces roches.

Dans la houille, les rognons sont ordinairement globuleux : lorsqu'on les brise, on trouve souvent dans leur intérieur de la chaux carbonatée blanche et laminaire, des pyrites et de la houille. Dans les *baumes*, les rognons sont presque toujours très-aplatis. Le minerai en couches est presque toujours moins riche que les rognons. Ces minerais pourraient être d'une grande ressource pour le haut-fourneau de Messargès, qui s'approvisionne difficilement sur des minières presque épuisées; mais l'exploitant n'a pas jugé à propos d'en faire l'essai.

1°. *Minerai en rognons dans la houille.* Il est compacte et gris. Sa pesanteur spécifique est de 3,26.

Il perd par la calcination 0,30, et donne par l'action des acides 0,43 d'argile.

On l'a essayé avec 0,15 de carbonate de chaux :

on en a obtenu 0,304 de bonne fonte; mais la fusion était imparfaite et la scorie était pierreuse et opaque.

Par l'analyse on a trouvé dans ce minerai :

Peroxide de fer.....	0,439	ou	Carbonate de fer.....	0,650
Oxide de manganèse..	0,002		<i>id.</i> de manganèse..	0,003
Magnésie.....	0,020		<i>id.</i> de magnésie..	0,043
Perte par calcination...	0,305		Eau et bitume.....	0,070
Silice.....	0,102	}	Argile.....	0,232
Alumine.....	0,130			
				<hr/>
				0,998
				<hr/>
				0,998

2°. *Minerai en rognons dans les BAUMES.*
Compacte, en partie gris et en partie rouge clair; sa pesanteur spécifique est de 3,52.

Il a perdu par la calcination 0,289, et il a donné par les acides 0,146 d'argile.

Il a parfaitement fondu avec 0,15 de carbonate de chaux, et a produit 0,396 de bonne fonte et une scorie vitreuse d'un gris foncé et transparente sur les bords.

Il a donné à l'analyse :

Peroxide de fer.....	0,542	ou	Carbonate de fer.....	0,800
Oxide de manganèse..	0,011		<i>id.</i> de manganèse..	0,016
Magnésie.....	0,009		<i>id.</i> de magnésie..	0,020
Chaux.....	0,003		<i>id.</i> de chaux.....	0,005
Perte par calcination...	0,289		Eau et bitume.....	0,013
Silice.....	0,128	}	Argile.....	0,146
Alumine.....	0,018			
				<hr/>
				1,000
				<hr/>
				1,000

3°. *Minerai de fer trouvé en couches auprès de la mine de houille de Fine.* Compacte et un peu schisteux, noir, tendre; poussière grise; pesanteur spécifique, 3,00. Il a perdu par la calcination 0,277, et il a donné par l'action des acides 0,26 d'argile.

Il a parfaitement fondu avec addition de 0,15 de carbonate de chaux, et il a produit 0,27 de bonne fonte et une scorie vitreuse d'un gris violet et transparente sur les bords.

Il a donné à l'analyse :

Peroxyde de fer.....	0,375	ou	Carbonate de fer.....	0,553
Oxyde de manganèse..	0,017		id. de manganèse..	0,022
Magnésie.....	0,019		id. de magnésie..	0,040
Chaux.....	0,060		id. de chaux.....	0,110
Perte par calcination..	0,277		Eau et bitume.....	0,021
Silice.....	0,250	}	Argile.....	0,259
Alumine.....	0,009			
	<hr/>		<hr/>	
	1,005		1,005	

MINES DE FER DES HOUILLÈRES DE COMMENTRY (DÉPARTEMENT DE L'ALLIER).

La couche de houille de Commentry n'a encore été exploitée qu'à une très-petite profondeur : c'est une des plus puissantes et des plus étendues que l'on connaisse. On trouve dans les déblais du minerai de fer en rognons, mais en petite quantité, et nous en avons observé, M. Puvis et moi, une couche épaisse seulement de quelques centimètres dans le toit de la mine. M. Raimbourg, propriétaire des belles usines de Tronçay, et un des plus habiles maîtres de forge du royaume, à qui cette mine appartient, se propose d'y rechercher le minerai de fer et de le traiter avec la houille : pour alimenter son établissement, il aura la ressource des mines de Moutaigu, qui ne sont qu'à trois lieues de Commentry, et dans lesquelles j'ai observé beaucoup de minerai de fer, et de celles de Bézenay, encore moins éloignées, et qui en renferment probablement aussi.

1°. *Minerai de fer en rognons recueilli dans les déblais.* Noir, compacte, avec indices de lamelles; pesant spécifique, 3,18 : il a perdu par la calcination 0,35 : il a été essayé avec le borax, et il a produit 0,38 de bonne fonte.

2°. *Minerai en couche mince.* Compacte ou un peu schisteux, gris.

Il a perdu par la calcination 0,30, et il a donné par l'action des acides 0,23 d'argile.

Il a parfaitement fondu avec addition de 0,25 de carbonate de chaux, et il a produit 0,32 de bonne fonte et une scorie vitreuse et d'un gris de silex.

MINES DE FER DES HOUILLÈRES DE DECIZE (NIÈVRE).

On n'a pas encore observé le minerai en couches, mais on le trouve abondamment en rognons dans le toit et dans le mur des veines de houille; j'en ai essayé plusieurs variétés, qui m'ont donné de 0,25 à 0,35 de fonte.

MINES DE FER DES HOUILLÈRES DE SAINT-ÉTIENNE ET DE RIVE-DE-GIER (DÉPARTEMENT DE LA LOIRE).

Le mémoire qu'a publié M. de Gallois (*Annales des Mines*, tom. III, pag. 517) me dispense d'entrer dans aucun détail à l'égard de ces minerais; je suivrai, pour les décrire, le catalogue de la collection qu'il a déposée à l'École des Mines, et j'emploierai les numéros de ce catalogue.

*Minerais de fer de Rive-de-Gier.***A. Minerais du Puits-de-l'Espérance, à la mine des Verchères.**

1. *Grès.* Gris clair, à grains très-fins, très-dur; pesanteur spécifique, 3,08.

Il a perdu par la calcination 0,297.

Il a parfaitement fondu avec 0,30 de carbonate de chaux, et a produit 0,26 de fonte et une scorie vitreuse, gris-verdâtre et translucide.

Il a donné à l'analyse :

Peroxide de fer.....	0,335	ou	Carbonate de fer....	0,492
Oxide de manganèse...	0,016		<i>id.</i> de manganèse.	0,024
Chaux.....	0,020		<i>id.</i> de chaux.....	0,037
Perte par calcination..	0,297		Eau et bitume.....	0,115
Silice.....	0,275	}	Argile.....	0,557
Alumine.....	0,062			
	<hr/>		<hr/>	
	1,005		1,005	

2. *Autre grès.* D'un gris plus clair, légèrement micacé; pesanteur spécifique, 2,75.

Il a perdu par la calcination 0,165.

Il a parfaitement fondu avec 0,40 de carbonate de chaux, et a produit 0,083 de fonte et une scorie vitreuse, grise et translucide.

Il a donné à l'analyse :

Peroxide de fer.....	0,135	ou	Carbonate de fer....	0,219
Oxide de manganèse...	0,005		<i>id.</i> de manganèse.	0,004
Magnésie.....	0,008		<i>id.</i> de magnésie...	0,018
Chaux.....	0,074		<i>id.</i> de chaux.....	0,153
Perte par calcination..	0,246		Eau et bitume.....	0,092
Silice.....	0,471	}	Argile.....	0,534
Alumine.....	0,063			
	<hr/>		<hr/>	
	1,000		1,000	

Ces grès forment des bancs de 4 à 6 pouces d'épaisseur; on en compte 6 à 7.

4. *Minerai formant des rognons isolés dans les schistes.* Compacte avec quelques veines spathiques, légèrement micacé, gris clair, peu dur; pesanteur spécifique, 3,27.

Il a perdu par la calcination 0,227.

Il a mal fondu sans addition: Il a parfaitement fondu avec addition de 0,16 de carbonate de chaux, et a produit 0,28 de fonte écaillée à sa surface, et une scorie vitreuse, grise et translucide.

B. Grès formant des rognons quelquefois contigus, immédiatement au-dessous de la couche de houille de Tartaras, près Rive-de-Gier.

6. *Grès.* Gris foncé à l'intérieur, blanchi à la surface par une légère couche d'apparence talqueuse, peu dur; pesanteur spécifique, 3,13.

Il a perdu par la calcination 0,215; il a parfaitement fondu avec addition de 0,30 de carbonate de chaux, et il a produit 0,22 de fonte et une scorie vitreuse, d'un gris verdâtre et translucide.

C. Minerais de la mine du Mouillon, près Rive-de-Gier.

7. *Grès.* D'un gris foncé, avec points blancs très-distincts; pesanteur spécifique, 2,96.

Il a perdu par la calcination 0,219.

Il a bien fondu avec 0,70 de carbonate de chaux, et a produit 0,13 de fonte et une scorie

demi-vitreuse, d'un vert olive et faiblement translucide.

Il a donné à l'analyse :

Peroxyde de fer.....	0,203	ou Carbonate de fer.....	0,300
Oxide de manganèse...	0,006	<i>id.</i> de manganèse...	0,009
Magnésie.....	0,003	<i>id.</i> de magnésie...	0,006
Chaux.....	0,042	<i>id.</i> de chaux.....	0,076
Perte par calcination..	0,219	Eau et bitume.....	0,082
Silice.....	0,474	Argile.....	0,507
Alumine.....	0,033		
	<hr/>		<hr/>
	0,980		0,980

8. *Grès à grains fins.* Gris foncé; pesanteur spécifique, 3,12.

Il a perdu par la calcination 0,21.

Il a bien fondu sans addition, et il a produit 0,198 de fonte et une scorie vitreuse, d'un gris foncé et opaque.

11. *Grès semblable au précédent.* Pesanteur spécifique, 3,03.

Il a perdu par la calcination 0,306.

Il a parfaitement fondu avec addition de 0,35 de carbonate de chaux, et il a produit 0,172 de fonte et une scorie vitreuse, grise et translucide.

Il a donné à l'analyse :

Peroxyde de fer.....	0,285	ou Carbonate de fer.....	0,423
Oxide de manganèse..	0,011	<i>id.</i> de manganèse.	0,015
Magnésie.....	0,050	<i>id.</i> de magnésie..	0,105
Chaux.....	0,030	<i>id.</i> de chaux.....	0,054
Perte par calcination..	0,210		
Silice.....	0,357	Argile.....	0,420
Alumine.....	0,063		
Acide phosphorique...	0,003	Acide phosphorique..	0,003
	<hr/>		<hr/>
	1,009		1,020

Les grès 7, 8 et 11 sont nommés *manifères*, dans le pays, et sont intercalés dans des schistes,

appelés *gores*, qui recouvrent la grande couche et la couche dite *bâtarde*.

L'épaisseur des bancs varie de 4 à 6 décimètres; quelquefois il y en a plusieurs de plus petites dimensions. Ils sont très-rapprochés les uns des autres et séparés par de très-petites couches d'argile schisteuse.

17. *Grès d'un gris foncé.* Cassure terreuse, avec trace d'une substance noire, qu'on présu- mait être de la blende, et qui est probablement du fer carbonate cristallisé; il se trouve en rognons isolés, principalement au *puits Bon- nant*.

Sa pesanteur spécifique est de 3,325; il a produit à l'essai 0,37 de fonte.

Il a donné à l'analyse :

Peroxyde de fer.....	0,450	ou Carbonate de fer.....	0,660
Oxide de manganèse...	0,029	<i>id.</i> de manganèse.	0,043
Magnésie.....	0,000	<i>id.</i> de chaux.....	0,005
Chaux.....	0,003	Eau et bitume.....	0,031
Perte par calcination..	0,257		
Silice.....	0,189	Argile.....	0,250
Alumine.....	0,061		
	<hr/>		<hr/>
	0,989		0,989

D. *Grès en décomposition, et prenant par suite des formes arrondies, mais se trouvant en bancs au Mouillon, sur le chemin de la Cape à Saint-Genis.*

22. *Noyau d'un grès décomposé.* Compacte et gris; pesanteur spécifique, 2,80.

Il a perdu par la calcination 0,46.

Il a très-bien fondu avec addition de 0,30 de carbonate de chaux, et il a produit 0,263 de

fonte à grains cristallins et une scorie vitreuse, gris verdâtre, translucide, et présentant à sa surface des indices de cristallisation en étoiles.

Il a donné à l'analyse :

Peroxide de fer	0,400
Oxide de manganèse	0,015
Magnésie	0,050
Perte par calcination	0,146
Silice	0,357
Alumine	0,055
	<hr/>
	1,005

23. *Croûtes qui enveloppaient le minerai précédent.* Jaunâtre; pesanteur spécifique, 2,65.

Elles ont perdu par la calcination 0,91.

Elles ont parfaitement fondu avec addition de 0,30 de carbonate de chaux, et ont produit 0,232 de fonte et une scorie vitreuse, d'un vert grisâtre et translucide.

Elles ont donné à l'analyse :

Peroxide de fer	0,380
Oxide de manganèse	0,014
Magnésie	0,026
Perte par calcination	0,091
Silice	0,444
Alumine	0,044
	<hr/>
	0,999

25. *Minerai compacte trouvé en couches continues épaisses de 15 à 20 centimètres.* Cassure terreuse, médiocrement dur, d'un gris foncé avec taches blanchâtres superficielles.

Sa pesanteur spécifique est de 3,40; il a perdu par la calcination 0,325.

Il a bien fondu sans addition, et il a produit

0,31 de fonte et une scorie vitreuse, brun jaunâtre et demi-transparente.

Avec addition de 0,11 de carbonate de chaux, il a produit la même proportion de fonte et une scorie vitreuse, grise, presque opaque.

Il a donné à l'analyse :

Peroxide de fer	0,467	ou	Carbonate de fer	0,686
Oxide de manganèse	0,028		id. de manganèse	0,042
Chaux	0,024		id. de chaux	0,043
Perte par calcination	0,525		Eau et bitume	0,073
Silice	0,114	}	Argile	0,145
Alumine	0,029			
	<hr/>			
	0,987			<hr/>
				0,987

27. *Minerai semblable au précédent, et mélangé de spath calcaire.* Pesanteur spécifique, 3,36.

Il a perdu par la calcination 0,29.

Il a parfaitement fondu sans addition, et il a produit 0,323 de fonte et une scorie vitreuse et transparente.

31. *Minerai en fragmens de forme arrondie.* Pénétré de fer carbonaté cristallisé, de spath calcaire, de quartz et de blende; trouvé sur le chemin de la Cape, à Saint-Genis; pesanteur spécifique, 3,64.

Il a perdu par la calcination 0,275.

Il a bien fondu sans addition, et il a produit 0,407 de fonte et une scorie vitreuse, grise et presque opaque.

A. *Minerais des environs de St.-Etienne.*

Mines du Soleil.

37. *Minerai très-chargé de bitume.* En rognons aplatis enveloppés de schistes bitumi-

neux ; il se trouve quelquefois fort abondamment au milieu même de la houille.

Il a donné à l'analyse :

Peroxide de fer.....	0,418	ou	Carbonate de fer.....	0,615
Oxide de manganèse..	0,041		<i>id.</i> de manganèse.	0,060
Chaux.....	0,002		<i>id.</i> de chaux.....	0,004
Perte par calcination...	0,384		Eau et houille.....	0,166
Silice.....	0,125	}	Argile.....	0,155
Alumine.....	0,032			
	<hr/>			
	1,000		1,000	
	<hr/>			<hr/>

41. *Minerai compacte.* A grains très-fins, à cassure conchoïde, gris bleuâtre, qui se trouve en rognons quelquefois très-gros, plus ou moins rapprochés les uns des autres, dans les schistes noirs qui recouvrent immédiatement la couche de houille du Soleil; sa pesanteur spécifique est de 3,14. Il a perdu par la calcination 0,316.

Il a donné à l'analyse :

Peroxide de fer.....	0,508	ou	Carbonate de fer.....	0,745
Oxide de manganèse..	0,010		<i>id.</i> de manganèse.	0,015
Chaux.....	0,035		<i>id.</i> de chaux.....	0,063
Perte par calcination..	0,316		Eau et.....	0,046
Silice.....	0,103	}	Argile.....	0,131
Alumine.....	0,028			
	<hr/>			
	1,000		1,000	
	<hr/>			<hr/>

51. *Minerai très-mélangé de houille, ayant pris la forme d'un gros végétal aplati.* Compacte, à grains fins, noir et souvent luisant comme la houille; pesanteur spécifique, 3,15.

Il a perdu à la calcination 0,422.

Essayé avec addition de chaux ou sans addition, après avoir été grillé, il n'a point fondu

et il a produit une masse grenue, noire, magnétique et de même volume que la poussière.

Sa composition explique cet effet. L'essai a parfaitement réussi en fondant le minerai, préalablement grillé, avec 0,20 de silice et 0,10 d'alumine, et il a produit 0,26 de fonte et une scorie vitreuse, grise et translucide.

L'analyse a donné :

Peroxide de fer.....	0,380	ou	Carbonate de fer.....	0,577
Oxide de manganèse..	0,025		<i>id.</i> de manganèse.	0,036
Chaux.....	0,130		<i>id.</i> de magnésie..	0,031
Magnésie.....	0,015		<i>id.</i> de chaux.....	0,232
Perte par calcination..	0,422		Houille.....	0,096
Argile.....	0,020		Argile.....	0,020
Acide phosphorique..	0,008		Acide phosphorique..	0,008
	<hr/>			
	1,000		1,000	
	<hr/>			<hr/>

Mines du Creil du Roc, près Saint-Etienne.

40. *Minerai en rognons très-aplati, qui se trouve abondamment dans les schistes qui accompagnent la houille.* Schisteux, gris foncé, recouvert d'empreintes végétales; pesanteur spécifique, 3,05 : il a perdu par la calcination 0,24 : il a parfaitement fondu avec addition de 0,25 de carbonate de chaux, et il a produit 0,186 de fonte et une scorie vitreuse, grise et faiblement translucide.

48. *Minerai qui se trouve en couches continues.* Compacte, à grains fins, gris noirâtre, avec empreintes végétales; pesanteur spécifique, 3,10.

Il a perdu par la calcination 0,266.

Il a parfaitement fondu avec addition de 0,23 de carbonate de chaux, et il a produit 0,27 de fonte et une scorie vitreuse, légèrement violacée, et remarquable par sa grande transparence.

Mine de la chaux.

43. *Minerai en rognons trouvé à la surface du sol.* Compacte, gris, micacé, en partie décomposé.

Pesanteur spécifique, 2,88. Il a perdu par la calcination 0,21.

Il a parfaitement fondu avec addition de 0,33 de carbonate de chaux, et il a produit 0,174 de fonte et une scorie vitreuse, grise et translucide.

Mine de la Ricamary.

45. *Minerai qui se trouve en rognons.* Ces rognons sont réunis en assez grande abondance, et forment des couches dans plusieurs localités de la Ricamary.

Compacte, très-dur, brun jaunâtre. Le minerai grillé, essayé avec addition de 0,40 de carbonate de chaux, a mal fondu; la fonte formait un culot géodique, poreux, irisé et enveloppé d'un laitier pierreux mal fondu.

Il est probable, d'après cela, qu'il est calcaire.

Avec le borax il a donné 0,37 de fonte.

Mine du Craut.

42. *Minerai qui se trouve en couches continues de plusieurs pieds d'épaisseur.* Compacte, dur, sec, cassure unie et un peu luisante dans quelques parties, d'un gris un peu rougeâtre; pesanteur spécifique, 5,4.

Il a perdu par la calcination 0,214.

Il a parfaitement fondu sans addition, et il

a produit 0,323 d'une fonte très-blanche, très-fragile, et se réduisant presque en poussière sous le pilon; et une scorie compacte, à cassure vitreuse, opaque, d'un blanc un peu bleuâtre et ayant l'aspect d'un émail.

Il a donné à l'analyse :

Peroxide de fer.....	0,412	ou Peroxide de fer.....	0,412
Oxide de manganèse...	0,010	Carbonate de mangan.	0,015
Magnésie.....	0,050	id. de magnésie...	0,053
Chaux.....	0,080	id. de chaux.....	0,145
Perte par calcination..	0,214	Acide carb., eau.....	0,115
Silice.....	0,132	} Argile.....	0,202
Alumine.....	0,020		
Acide phosphorique..	0,061	Acide phosphorique..	0,061
		<hr/>	<hr/>
		1,009	1,009

On n'a encore trouvé dans aucun minerai de fer une proportion aussi considérable d'acide phosphorique, et, en cela, cette variété est très-remarquable même pour les minéralogistes; la proportion de la perte par la calcination prouve qu'une grande partie de l'oxide de fer est combinée avec l'acide phosphorique.

On a cru intéressant d'analyser la fonte et la scorie produites par l'essai; on a trouvé dans la première :

Silice.....	0,002
Manganèse.....	0,002
Phosphore.....	0,073
Fer.....	0,920
	<hr/>
	0,997

Et dans la seconde 0,064 d'acide phosphorique; c'est sans doute la présence de cet acide combiné avec la chaux qui lui donne l'aspect d'un émail.

MINÉRAIS DE FER HYDRATÉ DES TERRAINS
HOUILLERS.

Le fer carbonaté passe quelquefois, en se décomposant, à l'état de fer hydraté. Les numéros 22 et 23 en fournissent un exemple; mais je suis convaincu que tout le fer hydraté qu'on trouve dans les grès houillers n'a pas cette origine, et qu'il en est beaucoup qui a été formé en même temps que ces roches. Ce qui me paraît le prouver jusqu'à l'évidence, c'est qu'on trouve dans le terrain houiller du fer hydraté qui a absolument la même manière d'être que celui qui existe dans les autres terrains. Il est cloisonné, géodique, pénétré d'argile ocreuse ou de sable, et les portions pures et compactes ont la même pesanteur spécifique que l'hématite pure; au contraire, l'hydrate qui provient de la décomposition du fer carbonaté, et tel qu'on l'observe à Alleverd, en Styrie, etc., et dans quelques houillères, conserve absolument le même volume et la même forme que le minéral qui lui a donné naissance, et est par conséquent spécifiquement beaucoup plus léger que l'hématite. D'après ces considérations, je regarde comme hydrate natif celui que M. de Gallois a recueilli dans des couches de schiste servant de toit à la houille sur le chemin de la Cape à St.-Genis, et conservé à la collection sous les numéros H 33 et 34; celui qu'il a trouvé aux environs de Rive-de-Gier, et enfin celui que M. Guenyveau et moi avons observé auprès de la couche de houille du Gros-Mesnil (département de la Haute-Loire).

Les numéros H 33 et 34 n'ont pas été essayés.

A. 53. *Fer hydraté de Saint-Martin-la-Plaine, près Rive-de-Gier (Loire.)*

En masses isolées dans une terre ocreuse micacée en couches, associées à d'autres couches micacées difficiles à déterminer (1).

Pesanteur spécifique, 3,20. Il a perdu par la calcination 0,137, et il a produit à l'essai 0,438 de fonte.

Par l'analyse on l'a trouvé composé de

Peroxyde de fer.....	0,602
Oxyde de manganèse.....	0,000
Chaux.....	0,022
Silice.....	0,192
Alumine.....	0,045
Eau et acide carbonique.....	0,137
Soufre.....	trace

0998

Fer hydraté du Gros-Mesnil (Haute-Loire).

Ce minerai est en morceaux globuleux formés de couches contournées irrégulièrement, souvent concentriques, et renfermant dans leur intérieur de l'argile sablonneuse: il est brun et sa poussière est jaune; son gisement est certainement dans le grès houiller; on en a essayé trois échantillons.

Le premier pesait spécifiquement 3,00. Il a perdu 0,141 par la calcination. Il a mal fondu

(1) Les hydrates des environs de Rive-de-Gier ont un gisement qui n'est pas assez exactement connu pour qu'on puisse affirmer qu'ils font partie du terrain houiller.

sans addition. Il a parfaitement fondu avec addition de 0,20 de carbonate de chaux, et a donné 0,446 de fonte et une scorie vitreuse, grise et transparente.

On l'a trouvé composé de :

Peroxyde de fer.....	0,613	
Oxyde de manganèse...	0,014	
Magnésic.....	0,007	
Silice.....	0,200	} ou Argile..... 0,252
Alumine.....	0,032	
Eau.....	0,141	
	<hr/>	
	1,007	

Des deux autres, l'un avait une pesanteur spécifique de 3,16; il a perdu 0,155 par la calcination, et a produit à l'essai avec addition de 0,15 de carbonate de chaux, 0,502 de fonte, et une scorie bien vitrifiée; et le second a produit à l'essai, avec addition de 0,20 de carbonate de chaux, 0,422 de fonte, et une scorie bien vitrifiée.

On voit que ces minerais sont fort riches. La fonte qu'ils produisent paraît être d'excellente qualité.

OBSERVATIONS.

Le minerai de fer des houillères dont l'existence est maintenant constatée dans la plupart de nos mines, sera d'une grande ressource pour l'industrie minérale, en permettant d'établir des usines dans des pays qui en ont été privés jusqu'à ce jour faute d'autres minerais, et en donnant lieu de fabriquer dans beaucoup d'endroits avec de la houille, et par conséquent à très-bas prix; de très-bonne fonte à moulerie, et du fer à la vérité

de qualité médiocre, mais propre à une infinité d'usages.

Mais il ne faut pas s'abuser sur la valeur de ce minerai, et il faudrait bien se garder surtout de l'employer de préférence à ceux que l'on traite actuellement dans nos fourneaux. La France possède en abondance des minerais dits *d'alluvion, des fers spathiques, des hématites et des fers oxydés en masse* qui sont infiniment plus précieux; et c'est probablement cette circonstance qui jusqu'ici a fait négliger chez nous le minerai des houillères, auquel les Anglais ont été depuis long-temps forcés d'avoir recours.

Les gîtes de minerai des houillères sont irréguliers et peu suivis, il serait rarement possible de les exploiter pour eux-mêmes avec profit: on ne peut presque jamais le faire qu'en exploitant simultanément la houille. Les minerais sont pauvres et ne rendent jamais l'un dans l'autre que 0,20 à 0,25, et très-rarement 0,30. Nos autres minerais produisent habituellement 0,30 à 0,40 et souvent plus, et leur exploitation est aussi facile que peu dispendieuse.

Les minerais des houillères choisis peuvent donner, à l'aide du charbon de bois, de très-bon fer; mais il est fort difficile de les bien choisir, parce qu'ils sont fréquemment très-mélangés de pyrites, et parce qu'ils renferment quelquefois une grande proportion d'acide phosphorique dont on ne peut jusqu'ici reconnaître la présence par aucun caractère extérieur. Les minerais de fer d'alluvion renferment souvent aussi de l'acide phosphorique en proportion notable, mais jamais aussi grande, à beaucoup près, que celle qui a été trouvée dans le minerai du Craut. Enfin

il n'y a sur-tout nulle comparaison à faire entre le fer carbonaté argileux des houillères et le fer carbonaté spathique; ces deux minerais diffèrent l'un de l'autre, en ce que le fer spathique ne contient jamais de phosphore comme le premier, et en ce qu'il renferme toujours une très-grande quantité de magnésie et de manganèse; tandis que dans le fer carbonaté argileux ces deux substances ne se trouvent qu'en très-petite proportion. La présence de la magnésie est assez indifférente; elle joue le même rôle que l'alumine qui est combinée à la silice dans l'argile dont est mélangé le fer carbonaté des houillères; mais l'oxide de manganèse paraît avoir une grande influence sur la nature de la fonte, et jouir de la propriété précieuse (sans qu'on en sache la cause), de rendre cette fonte très-propre à se transformer en acier naturel.

Quoi qu'il en soit, la découverte du minerai des houillères nous procure une richesse de plus. Sachons en tirer parti, mais gardons-nous d'en abuser.

APERÇU GÉOGNOSTIQUE DES TERRAINS;

PAR A.-H. DE BONNARD, ingénieur en chef au Corps
royal des Mines (1).

~~~~~  
EXTRAIT PAR L'AUTEUR.  
~~~~~

L'ÉTUDE des terrains, leur classification, la détermination de l'ancienneté relative des formations minérales, sont l'objet principal de la géognosie. Cet objet, et la science même à laquelle il appartient, ont été, jusqu'au siècle dernier, négligés ou même tout-à-fait inaperçus par les minéralogistes, qui ne s'occupaient que de l'examen des singularités présentées par des échantillons plus ou moins rares, ou tout au plus des caractères qu'on pouvait assigner aux diverses espèces minérales; mais ils l'ont été à peu près aussi complètement depuis, par les auteurs de systèmes géologiques et de théories de la terre, desquels on peut dire, en général, qu'en s'appuyant sur des suppositions plus ou moins gratuites, ils ont employé toutes les ressources de leur imagination pour rendre raison de faits qu'ils ne connaissaient pas. Ce n'est que depuis peu de temps, que la plus grande partie des géologues s'est réunie à penser qu'avant de vou-

(1) 1 vol. in-8 de 261 pages, extrait de la 2^e. édition du *Nouveau Dictionnaire d'Histoire naturelle*. A Paris, chez Deterville, libraire, rue Hautefeuille, n^o. 8.