Zeitschrift: Cahiers d'archéologie romande
Herausgeber: Bibliothèque Historique Vaudoise
Band: 61 (1993)

Artikel: Archéométrie des scories de fer : recherches sur la sidérurgie ancienne en Suisse occidentale
Autor: Serneels, Vincent
Anhang: Annexes
Autor: [s.n.]
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-836182

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 06.03.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Annexes

Annexe 1: chimie et minéralogie

NOM	SYMBOLE	N°	MASSE	VALENCES	NOM	SYMBOLE	N°	MASSE	VALENCES	NOM	SYMBOLE	N°	MASSE	VALENCES
Actinium	Ac	89	227	+3	Hafnium	Hf	72	178.49	+4	Radium	Ra	88	226	+2
Aluminium	Al	13	26.981	+3	Hélium	He	2	4.002	0	Radon	Rn	86	222	0
Antimoine	Sb	51	121.75	-3,+3,+5	Holmium	Ho	67	164.930	+3	Rhénium	Re	75	186.2	+2,+3,+4,+5,+7
Argent	Ag	47	107.87	+1,+2	Hydrogène	H	1	1.007	-1,+1	Rhodium	Rh	45	102.905	+3
Argon	Ar	18	39.948	0	Indium	In	49	114.82	+1,+2,+3	Rubidium	Rb	37	85.47	+1
Arsenic	As	33	74.921	-3,+2,+3,+5	Iode	I	53	126.904	-1,+1,+3,+5,+7	Ruthénium	Ru	44	101.07	+3,+4,+6,+7,+8
Azote	N	7	14.006	-2,-3,+2,+3,+5	Iridium	Ir	77	192.2	+3,+4	SamariumS	m	62	150.35	+2,+3
Barium	Ba	56	137.34	+2	Krypton	Kr	36	83.80	0	Scandium	Sc	21	44.956	+3
Béryllium	Be	4	9.012	+2	Lanthane	La	57	138.91	+3	Sélénium	Se	34	78.96	-2,+2,+4,+6
Bismuth	Bi	83	208.980	+3,+5	Lithium	Li	3	6.939	+1	Silicium	Si	14	28.08	-4,+4
Bore	B	5	10.81	+3	Lutécium	Lu	71	174.97	+3	Sodium	Na	11	22.898	+1
Brome	Br	35	79.90	-1,+1,+3,+5	Magnésium	Mg	12	24.312	+2	Soufre	S	16	32.06	-2,+2,+4,+6
Cadmium	Cd	48	112.40	+2	Manganèse	Mn	25	54.938	+2,+3,+4,+6,+7	Strontium	Sr	38	87.62	+2
Calcium	Ca	20	40.08	+2	Mercure	Hg	80	200.59	+1,+2	Tantale	Ta	73	180.948	+5
Carbone	C	6	12.011	-4,+4	Molybdène	Mo	42	95.94	+2,+3,+4,+5,+6	Tellure	Te	52	127.60	-2,+2,+4,+6
Cérium	Ce	58	140.12	+3,+4	Néodyme	Nd	60	144.24	+3,+4	Terbium	Tb	65	158.924	+3,+4
Césium	Cs	55	132.905	+1	Néon	Ne	10	20.183	0	Thallium	Tl	81	204.37	+1,+3
Chlore	Cl	17	35.45	-1,+1,+3,+5,+7	Nickel	Ni	28	58.71	+2,+3	Thorium	Th	90	232.038	+4
Chrome	Cr	24	51.99	+2,+3,+6	Niobium	Nb	41	92.906	+3,+5	Thulium	Tm	69	168.934	+3
Cobalt	Co	27	58.933	+2,+3	Or	Au	79	196.967	+1,+3	Titane	Ti	22	47.90	+3,+4
Cuivre	Cu	29	63.54	+1,+2	Osmium	Os	76	190.2	+2,+3,+4,+6,+8	Tungstène	W	74	183.85	+2,+4,+5,+6
Dysprosium	Dy	66	162.50	+3	Oxygène	O	8	15.999	-2	Uranium	U	92	238.03	+3,+4,+6
Erbium	Er	68	167.26	+3	Palladium	Pa	46	106.4	+2,+4	Vanadium	V	23	50.942	+2,+3,+4,+5
Etain	Sn	50	118.69	+2,+4	Phosphore	P	15	30.973	-3,+3,+5	Xénon	Xe	54	131.30	0
Europium	Eu	63	151.96	+2,+3	Platine	Pt	78	195.09	+2,+3,+4	Ytterbium	Yb	70	173.04	+2,+5
Fer	Fe	26	55.84	+2,+3	Plomb	Pb	82	207.19	+2,+4	Yttrium	Y	39	88.905	+2,+3
Fluor	F	9	18.9984	-1,+1	Polonium	Po	84	210	+2,+4	Zinc	Zn	30	65.37	+2
Gadolinium	Gd	64	157.25	+3	Potassium	K	19	39.102	+1	Zirconium	Zr	40	91.22	+2,+3,+4
Galium	Ga	31	69.72	+1,+2,+3	Praséodyme	Pr	59	140.907	+3,+4					
Germanium	Ge	32	72.59	-4,+1,+2,+4	Protactinium	Pa	91	231	+4					

Fig. 204. Liste alphabétique des éléments chimiques naturels. Nom, symbole, numéro atomique, masse atomique et principaux états de valence possibles.

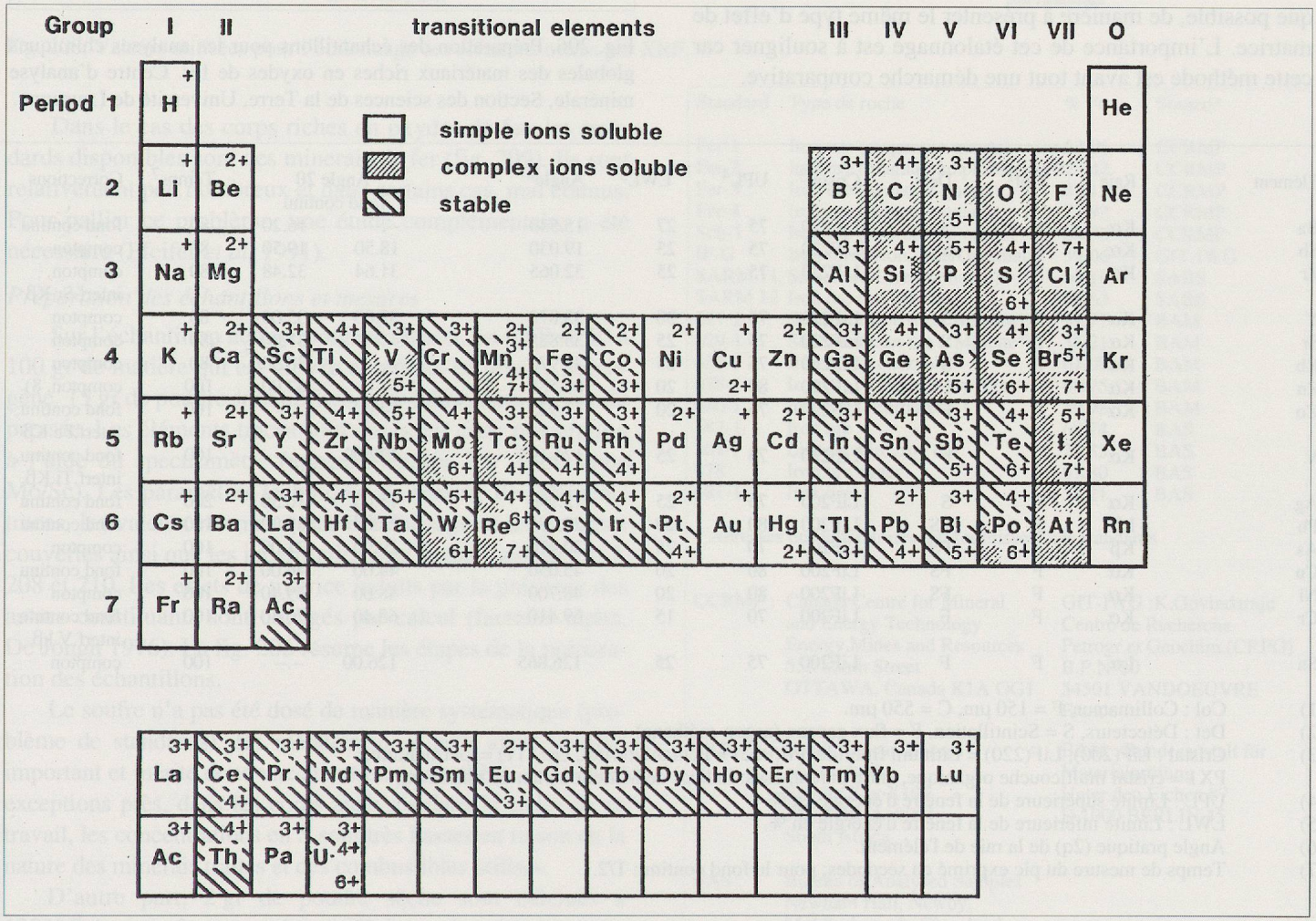

Fig. 205. Tableau périodique des éléments chimiques.

Méthode d'analyse chimique par la fluorescence des rayons x et son application aux corps riches en fer

Les analyses chimiques globales ont été réalisées au Centre d'analyse minérale (CAM) de la Section des sciences de la Terre de l'Université de Lausanne (chef du centre, H.-R. Pfeifer, 1er laborantin, J.-C. Lavanchy).

Principes de la méthode XRF et problèmes spécifiques

La méthode d'analyse qui a été utilisée est celle de la spectrométrie de fluorescence des rayons x (XRF; Jenkins 1976). Lorsqu'un atome est bombardé avec des rayons x, il capte de l'énergie. Celle-ci permet à certains électrons gravitant autour du noyau de quitter leur orbitale pour en gagner une autre, de plus haute énergie. Dans cette configuration, l'atome est instable et lorsque les électrons reviennent à leur orbitale d'origine, ils émettent des rayons x secondaires, dits de fluorescence, qui sont caractéristiques de l'élément. C'est l'intensité de ce signal, le pic, qui est utilisée pour mesurer la concentration de l'élément.

Pour obtenir une analyse quantitative, l'intensité du pic mesuré doit être comparée à celles de pics correspondant à des substances dont les compositions sont connues. Ces standards doivent non seulement contenir l'élément chimique analysé en concentrations comparables à celles des échantillons inconnus, mais aussi être d'une nature aussi proche que possible, de manière à présenter le même type d'effet de matrice. L'importance de cet étalonnage est à souligner car cette méthode est avant tout une démarche comparative.

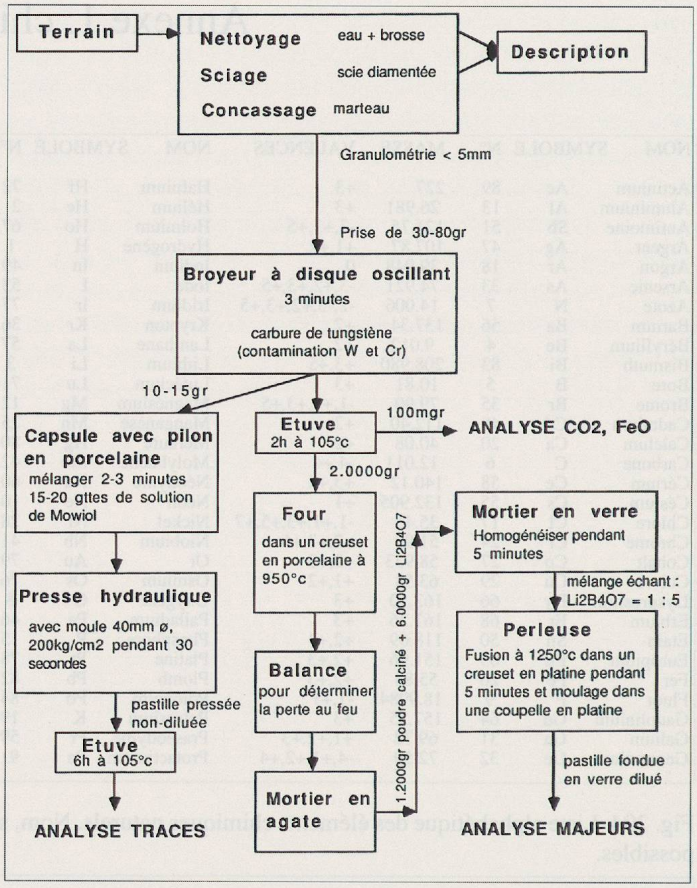

Fig. 206. Préparation des échantillons pour les analyses chimiques globales des matériaux riches en oxydes de fer. Centre d'analyse minérale, Section des sciences de la Terre, Université de Lausanne.

Elément	Raie	Col[1]	Det[2]	Cristal[3]	UPL[4]	LWL[5]	Angle[6]	Angle 2θ fond continu		Temps[7]	Corrections
Ba	Kα	F	S	LiF220	75	27	15.540	--.--	16.20	80	fond continu
Sb	Kα	F	S	LiF220	75	25	19.030	18.50	19.50	80	compton
Zr	Kα	F	S	LiF220	75	25	32.065	31.64	32.48	80	compton, interf.Sr Kβ
Y	Kα	F	S	LiF220	75	30	33.870	33.00	35.00	80	compton
Sr	Kα	F	S	LiF220	75	25	35.825	--.--	37.00	80	compton
Rb	Kα	F	S	LiF220	75	25	37.970	--.--	38.50	80	compton
Zn	Kα	F	F	LiF220	80	20	60.585	--.--	62.00	100	compton, 8)
Co	Kα	F	F	LiF220	75	20	77.925	74.00	--.--	100	fond continu, interf.Fe Kβ
V	Kα	F	F	LiF220	75	25	123.195	122.00	--.--	100	fond continu, interf.Ti Kβ
Ag	Kα	F	S	LiF200	75	25	15.990	15.00	16.50	200	fond continu
Pb	Lβ	F	FS	LiF200	80	20	28.285	27.00	30.00	100	fond continu
As	Kβ	F	FS	LiF200	70	25	30.470	29.90	31.00	100	compton
Cu	Kα	F	FS	LiF200	80	20	45.050	44.00	46.00	100	fond continu
Ni	Kα	F	FS	LiF200	80	20	48.700	48.00	49.40	100	compton
Cr	Kα	F	F	LiF200	70	15	69.410	68.40	70.40	100	fond continu, interf.V kβ
Sn	Lα	F	F	LiF200	75	25	126.865	126.00	--.--	100	compton

1) Col : Collimateur, F = 150 µm, C = 550 µm.
2) Det : Détecteurs, S = Scintillation, F = flux gazeux (argon-méthane)
3) Cristal : LiF(200), LiF(220) = Lithium fluoride, PE(002) = Pentaerythritol, Ge(111) = Germanium, PX1 = cristal multicouche organique, entre parenthèses: indices de Miller du plan de réflexion.
4) UPL : Limite supérieure de la fenêtre d'énergie en %.
5) LWL : Limite inférieure de la fenêtre d'énergie en %.
6) Angle pratique (2q) de la raie de l'élément.
7) Temps de mesure du pic exprimé en secondes; pour le fond continu: T/2.

Fig. 207. Paramètres techniques de mesure des éléments traces par XRF.

Standards	Zr	Y	Sr	Rb	Ba	V	Sn	Sb	Ag	As	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	Co
IF-G	<5	8	4	<2	<7	<5	<5	<5	3	<8	<6	34	17	25	8	36
	2.4	**9**	3	0.4	1.5	4	0.6	0.63		2	6.5	**27**	**13**	22.5	10	**29**
Fer-1	17	13	97	6	1008	82	32	<5	4	<8	5169	2751	105	8	6	14
	13		**90**		**1000**	100		5		6			**100**	**8**	**7**	**12**
Fer-2	33	15	56	67	243	35	<5	<5	<2	<8	14	42	39	26	40	8
	39	15	**58**	66	**240**	37	2.6	0.7		2	11	**43**	**45**		**47**	**7**
Fer-3	<5	6	30	<2	10	6	<5	<5	<2	<8	12	33	7	11	5	<6
	2	6	**31**		**11**	8		1		1	9	**36**	6	**10**	**6**	2
Fer-4	18	9	56	15	42	13	<5	<5	<2	<8	7	29	11	6	10	<6
	18	8	**62**	16	**43**	11		3		3.6	8	**27**	**13**	6	**9**	2
SARM12	44	6	132	<2	17	519	6	<5	3	16	15	133	487	279	27	213
	61		111			**520**	7				19	**140**	**502**	**281**	**21**	**223**
SARM11	17	8	198	4	82	52	<5	<5	2	23	12	32	14	25	43	16
						40				**19**	**18**	**23**	**11**	**30**	**41**	27
627-2	73	29	202	8	118	401	<5	<5	3	196	65	147	20	100	134	35
										200			20			
629-1	89	27	153	7	116	731	<5	<5	<2	236	50	163	12	110	129	57
	86		158				4	≤8		**230**	38	175	10			55
680-1	30	7	47	5	3391	50	117	181	4	782	3387	1026	654	66	47	130
	26		26				123						**630**	**70**	**50**	**130**
681-1	161	43	743	23	172	761	<5	<5	2	112	75	216	<3	163	439	85
	160		745			**772**				109	72	205		**159**	**413**	80
301/1	61	25	203	14	81	421	<5	<5	<2	191	66	97	6	105	65	46
	62		200							190	58	101		88		43
628-1	17	73	11	162	<7	1191	52	9	<2	31	<6	105	5	75	<4	24
	28		12				47				≤10	100				

15 analyse XRF CAM
14 valeur proposée dans la bibliographie

15 XRF (ppm)
14 valeur certifiée

15 XRF (ppm)
14 valeur ICP

valeur utilisée pour l'étalonnage

Fig. 208. Valeurs utilisées pour l'étalonnage des éléments traces par XRF.

Dans le cas des corps riches en oxydes de fer, les standards disponibles sont des minerais de fer (fig. 209). Ils sont relativement peu nombreux et dans certains cas, mal connus. Pour pallier ce problème, une étude complémentaire a été nécessaire (Pfeifer *et al.* 1991).

Préparation des échantillons et mesures

Sur l'échantillon nettoyé soigneusement, on prélève 50 à 100 gr de matière qui est broyée et réduite en poudre homogène. 15 gr de poudre sont utilisés pour fabriquer une pastille pressée. Les éléments traces sont dosés sur cette préparation à l'aide du spectromètre (appareil Philips PW 1400, tube Mo/Sc). Les paramètres techniques de mesure des éléments traces, les valeurs retenues pour l'étalonnage et les gammes couvertes ainsi que les incertitudes sont donnés aux fig. 207, 208 et 210. Les effets de matrice induits par la présence des autres constituants sont corrigés par calcul (facteurs alpha, De Jongh 1976). La fig. 206 résume les étapes de la préparation des échantillons.

Le soufre n'a pas été dosé de manière systématique (problème de standards). En métallurgie, il peut avoir un rôle important et mérite donc une attention particulière. A de rares exceptions près, dans les corps analysés dans le cadre de ce travail, les concentrations en S sont très basses en raison de la nature des minerais traités et des combustibles utilisés.

D'autre part, 2 gr de poudre sèche sont calcinés à 1000°C dans un four en présence d'air pendant 1 h. La perte au feu est déterminée par pesée de l'échantillon avant et

Standard	Type de roche	% Fe	Source*
Fer-1	Iron ore (magnetite-quartz)	53.05	CCRMP
Fer-2	Iron ore (magnet.-amphibole-qtz)	27.42	CCRMP
Fer-3	Iron ore (hematite-quartz)	31.12	CCRMP
Fer-4	Iron ore (hematite-quartz)	27.92	CCRMP
Sch-1	Iron ore (hydrous Fe-oxide)	60.73	CCRMP
IF-G	Iron formation, Isua/Greenland	39.06	GIT-IWG
SARM 11	Sishen iron ore (hematite)	66.16	SABS
SARM 12	Iron ore (magnetite)	66.63	SABS
627-2	Sediment.iron ore ("Minette")	31.77	BAM
629-1	Sediment.iron ore ("Minette")	36.21	BAM
631-1	Iron ore, Venezuela	61.09	BAM
678-1	Iron ore, Kiruna D, Sweden	60.75	BAM
680-1	Iron ore ("Purpurerz")	59.98	BAM
682-1	Iron ore	68.74	BAS
301/1	Lincolnshire iron ore	23.85	BAS
378	Iron ore sinter	61.80	BAS
681-1	Iron ore	33.21	BAS

* Adresses des laboratoires qui fournissent ces standards

CCRMP : Canada Centre for Mineral and Energy Technology
Energy,Mines and Resources
555 booth Street
OTTAWA, Canada K1A OG1

GIT-IWG :K.Govindaraju
Centre de Recherche Petrogr.et Geochim.(CRPG)
B.P.N°20
54501 VANDOEUVRE
France

SABS : South African Bureau of Standards
Private Bag X191
PRETORIA 0001
South Africa

BAM : Bundesanstalt für Materialprüfung
Unter den Eichen 87
D 1000 BERLIN 45

BAS : Bureau of Analysed Samples
Newham Hall, Newby,
Middlesbrough, Cleveland,
England,TS8 9EA

Oxyde	Gamme couverte par l'étalonnage (% poids)	Nombre de standards	incertitude 2 dev. std. (% poids)
SiO2	0 --> 50 %	15	0.20
TiO2	0 --> 1 %	17	0.02
Al2O3	0 --> 12 %	15	0.10
Fe2O3	40 --> 90 %	14	0.50
MnO	0 --> 2 %	17	0.02
MgO	0 --> 3 %	14	0.07
CaO	0 --> 20 %	15	0.15
Na2O	0 --> 1 %	10	0.04
K2O	0 --> 2 %	15	0.04
P2O5	0 --> 4 %	17	0.04

Fig. 210. Gammes de concentration couvertes par les étalonnages et incertitudes de mesure pour les éléments traces.

Elément	Gamme couverte par l'étalonnage ppm	incertitude 2 std. dév. (ppm)	Limite de détection (ppm)
Ba	0 --> 1000	3	7
Sb	0 --> 100	3	5
Zr	0 --> 200	4	5
Y	0 --> 20	1	2
Sr	0 --> 800	4	2
Rb	0 --> 100	1	2
Zn	0 --> 200	8	5
Co	0 --> 250	7	6
V	0 --> 800	10	5
Ag	0 --> 100	2	2
Pb	0 --> 100	3	6
As	0 --> 250	9	8
Cu	0 --> 100	4	3
Ni	0 --> 300	4	4
Cr	0 --> 400	16	4
Sn	0 --> 150	3	5

Fig. 211. Gammes couvertes par l'étalonnage et incertitudes de mesure pour les éléments majeurs.

après calcination. Au cours de celle-ci, certains éléments volatils sont perdus (H_2O et CO_2) entraînant une perte de poids (PAF négative). En même temps, les éléments se trouvant à l'état réduit (Fe, FeO, etc) passe à l'état oxydé en captant des atomes d'oxygène de l'air. Il s'en suit un gain de poids de l'échantillon (PAF positive).

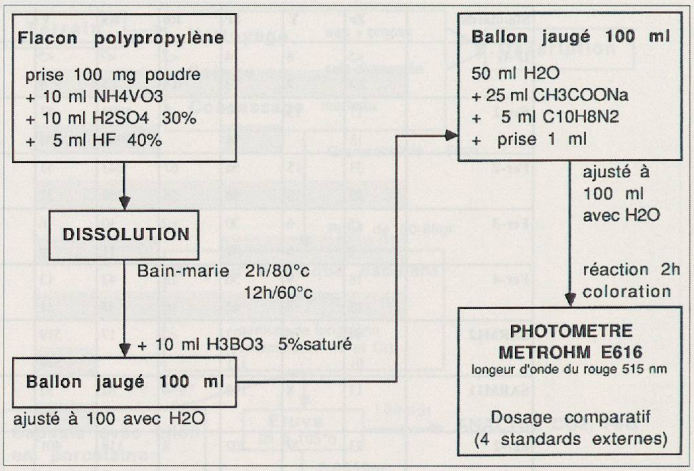

Fig. 213. Méthode de dosage du Fe^{2+} par colorimétrie, modifié d'après Wilson 1960.

Un prélèvement de 1,2 gr de poudre calcinée est ensuite mélangé avec 6gr de $Li_2B_4O_7$ (rapport 1:5). Cette mixture est ensuite fondue dans un creuset en platine à la température de 1250°C (cycle de 3 minutes). Le liquide est moulé en forme de disque. On obtient une pastille de verre homogène dans laquelle l'échantillon est dilué. Cette préparation est analysée au spectromètre. Les paramètres techniques de mesure, les gammes couvertes et les incertitudes sont donnés aux fig. 211 et 212.

Pour les échantillons sortant de la gamme d'étalonnage spécifique aux matériaux riches en oxydes de fer, les analyses ont été faites à l'aide des standards utilisés au CAM pour les roches silicatées (parois de fourneau, certains minerais) ou carbonatées (certains minerais). Les intensités mesurées à l'aide du spectromètre sont ensuite corrigées et comparées avec l'étalonnage. On en déduit des valeurs de concentration en élément. Par la suite, on calcule les éléments majeurs sous forme d'oxydes en utilisant les facteurs stoechiométriques (fig. 214).

Oxyde	Raie	Col[1]	Det[2]	Cristal[3]	UPL[4]	LWL[5]	Angle[6]	Angle 2θ fond continu		Temps[7]	Commentaires
SiO2	Kα	C	F	PE	80	20	109.095	--.--	--.--	50	Corr.par facteurs α
TiO2	Kα	F	F	LiF200	80	30	86.180	--.--	--.--	100	"
Al2O3	Kα	C	F	PE	80	20	145.020	--.--	--.--	50	"
Fe2O3	Kα	F	F	LiF200	80	15	57.565	--.--	--.--	10	"
MnO	Kα	F	F	LiF220	80	15	95.265	--.--	97.26	50	"
MgO	Kα	C	F	PX1	70	20	23.580	22.00	25.00	40	"
CaO	Kα	F	F	LiF200	80	25	113.200	--.--	--.--	20	"
Na2O	Kα	C	F	PX1	70	20	28.510	27.00	30.00	100	"
K2O	Kα	F	F	LiF200	80	25	136.780	--.--	--.--	10	"
P2O5	Kα	C	F	Ge	80	20	141.060	--.--	143.06	40	"

1) Col : Collimateur, F = 150 µm, C = 550 µm.
2) Det : Détecteurs, S = Scintillation, F = flux gazeux (argon-méthane)
3) Cristal : LiF(200), LiF(220) = Lithium fluoride, PE(002) = Pentaerythritol, Ge(111) = Germanium, PX1 = cristal multicouche organique, entre parenthèses: indices de Miller du plan de réflexion.
4) UPL : Limite supérieure de la fenêtre d'énergie en %.
5) LWL : Limite inférieure de la fenêtre d'énergie en %.
6) Angle pratique (2θ) de la raie de l'élément.
7) Temps de mesure du pic exprimé en secondes; pour le fond continu: T/2.

Fig. 212. Paramètres techniques de mesure des éléments majeurs.

Mesures et calculs complémentaires

La XRF permet de connaître la concentration du fer sous forme d'élément. Par contre, il faut doser séparément le Fe^{2+} afin de connaître le degré d'oxydation du fer. Cette mesure est faite par colorimétrie après mise en solution aqueuse de l'échantillon (Wilson 1960). Cette méthode a été modifiée de manière à éviter l'oxydation du Fe^{2+} pendant la dissolution (fig. 213). L'incertitude sur cette mesure est de 10% relatifs environ.

Le carbone n'est pas dosable par XRF. Il fait également l'objet d'une analyse séparée, par coulométrie (appareil Coulomat 702, Ströhlein). On mesure séparément C (organique) et CO_2 (minéral). L'incertitude est de 1% relatif.

Ces deux mesures ainsi que la PAF à 1000°C permettent de déterminer la présence d'eau (H_2O) ou de fer à l'état métallique (Fe). Si

$$PAF\% + C\% + CO_2\% - (0{,}1113\ FeO\%)$$

est négative, on considère que cette différence est due à la présence d'eau.

On néglige les autres éléments chimiques pouvant intervenir; S, Cl, F, etc., se trouvent en général en très faibles proportions dans les échantillons. Les matériaux étudiés dans ce travail sont pauvres en soufre, mais ce n'est pas le cas de toutes les scories. Le cas échéant, cet élément doit être pris en compte.

Dans le cas contraire, le gain de poids est attribué à l'oxydation de fer à l'état métallique. On calcule alors la quantité de fer métallique nécessaire pour provoquer ce gain de poids:

$$PAF\% + C\% + CO_2\% - (0{,}1113\ FeO\%) = 2.3267\ FeM\%$$

Ce Fe métallique (FeM) est déduit de la concentration en Fe_2O_3 calculée par soustraction du FeO dosé. On néglige les autres éléments qui peuvent fausser le calcul (Mn, V et traces métalliques). Dans quelques cas, des échantillons de scories, très riches en manganèse ont été analysés et il est clair que ce calcul ne reflète pas la réalité. Dans d'autres scories, certains métaux (Cu, Pb, etc) peuvent être présents en quantités non négligeables (> 1000 ppm).

Nom de l'élément			facteur		Nom de l'oxyde			facteur	
Silicium	Si	x	2.1390	SiO2	Silice	SiO2	x	0.4675	Si
Titane	Ti	x	1.6681	TiO2		TiO2	x	0.5995	Ti
Aluminium	Al	x	1.8896	Al2O3	Alumine	Al2O3	x	0.5292	Al
Fer	Fe	x	1.2865	FeO	Fer ferreux	FeO	x	0.7773	Fe
		x	1.4298	Fe2O3	Fer ferrique	Fe2O3	x	0.6994	Fe
	FeO	x	1.1113	Fe2O3		Fe2O3	x	0.8998	FeO
Manganèse	Mn	x	1.2913	MnO		MnO	x	0.7744	Mn
Magnésium	Mg	x	1.6581	MgO	Magnésie	MgO	x	0.6031	Mg
Calcium	Ca	x	1.3992	CaO	Chaux	CaO	x	0.7147	Ca
Sodium	Na	x	1.3481	Na2O	Soude	Na2O	x	0.7418	Na
Potassium	K	x	1.2045	K2O	Potasse	K2O	x	0.8302	K
Phosphore	P	x	2.2915	P2O5		P2O5	x	0.4364	P
Carbone	C	x	3.6666	CO2	dioxyde de C	CO2	x	0.2727	C

Fig. 214. Liste des éléments majeurs mesurés par XRF et des facteurs de conversion éléments / oxydes.

Exemple de calcul :
poids atomique de Fe = 55.84
poids atomique de O = 15.999
poids moléculaire de FeO = 55.84 + 15.999 = 71.839
Fe x 71.839 / 55.84 = Fe x 1.2865 = FeO

Si l'échantillon contient à la fois H_2O et FeM, le calcul est faussé. Cela peut se produire dans les scories par oxydation secondaire partielle. Généralement, la conséquence est une surévaluation du Fe métallique. Le cas échéant, il faudra recourir à d'autres méthodes de mesure (chromatographie en phase gazeuse, spectrométrie de masse), ce qui n'a pas été fait dans le cadre de ce travail.

Compte tenu des limitations qui ont été exposées, cette procédure de calcul doit donc être appliquée avec quelque discernement.

Représentativité des analyses

L'analyse chimique porte toujours sur un volume restreint de matériel et n'est, à proprement parler, représentative que de celui-ci. Il est donc essentiel de choisir cet échantillon selon une procédure qui permette de connaître sa représentativité à une plus grande échelle.

Dans la plupart des cas, les scories sont relativement homogènes (scories de réduction). Ce fait a pu être vérifié maintes fois par l'analyse de plusieurs prélèvements sur la même pièce. Mais ce n'est pas toujours le cas et certaines scories sont constituées de zones chimiquement très différentes (en particulier les scories en forme de calotte du travail post-réduction). L'interprétation des analyses s'en trouve grandement compliquée. Les minerais de fer sont également complexes à analyser. Il est souvent très difficile de définir ce qui a réellement été utilisé. Dans la mesure du possible, le minerai naturel et le minerai enrichi par des méthodes simples (concassage + lavage) ont été étudiés.

Présentation des analyses

Les analyses sont présentées sous forme de tableaux (Annexe 3 à 7). Les descriptions sommaires des échantillons sont placées en regard. La partie de l'échantillon qui a été analysée est indiquée.

Pour la plupart des calculs (production, contamination, etc.), les données initiales ont été recalculées en «norme anhydre». Cette procédure consiste à soustraire de la somme totale les composés volatils (C, CO_2 et H_2O) et à additionner les teneurs des éléments traces. Ce nouveau total est normé à 100.

Ensuite, on exprime les concentrations en % poids de cations ou en milliatomes pour 100 gr d'échantillon. Cette procédure permet de comparer plus judicieusement les minerais, hydratés, avec les scories, généralement anhydres. On s'affranchit ainsi des difficultés liées aux différents états de valence du fer.

Diverses méthodes de présentation des résultats sont utilisées dans le texte (histogrammes, diagrammes bivariants X-Y et projections triangulaires X-Y-Z). Des diagrammes de phases sont également présentés (VDE 1981, 12-25, fig. 215). Leur utilisation est avant tout régie par la règle des phases de Gibbs :

$$F = K + T + p - P$$

F = nombre de degrés de liberté
T = température
p = pression
P = nombre de phases

En métallurgie, la pression peut être considérée comme constante (1 atm). Dans un système à n composants, seules n-1 concentrations sont variables.

Dans les cas étudiés, les variables sont donc les n-1 compositions et la température. Dans les systèmes binaires tels que Fe-O ou Fe-C, on peut utiliser un diagramme à deux dimensions compositions / températures. Pour un système à trois composants tels que SiO_2-Al_2O_3-FeOn, il faudrait travailler à trois dimensions (fig. 215). Généralement, on simplifie la représentation en projetant sur le plan des compositions chimiques les isothermes du liquidus (température à laquelle la solidification débute). Les courbes cotectiques indiquent la cristallisation simultanée de deux phases. Au point eutectique, on atteint la température de cristallisation la plus basse du système. Le problème de la représentation devient extrêmement complexe pour les systèmes qui ont plus de 3 constituants.

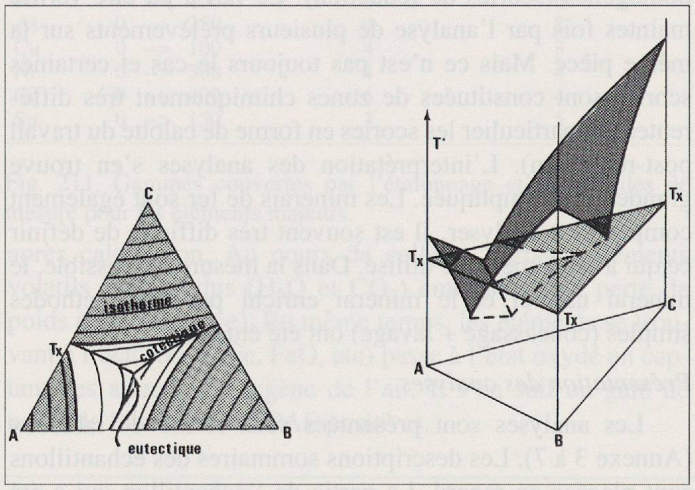

Fig. 215. Diagramme de phase d'un système à 3 constituants et projection sur le plan des compositions chimiques.

Méthode de détermination des minéraux par diffraction des rayons x

Les scories sont des corps solides contenant une phase vitreuse et/ou des minéraux. Les méthodes optiques permettent l'observation d'un grand nombre de propriétés qui aident à identifier les minéraux. En lame mince, on étudie les interactions entre la lumière polarisée dans un plan et les structures cristallines (Tröger 1967 et 1979). Elles ont l'avantage d'être couplées avec l'observation directe de la position des grains les uns par rapport aux autres. Cependant, elles ont aussi de nombreuses limitations (confusions entre des minéraux proches, minéraux opaques difficilement identifiables, etc).

Les mesures de l'interaction entre les rayons x et la structure cristalline permettent souvent une bonne identification des minéraux présents (Hutchinson 1974).

Principes de la méthode de diffraction des rayons x

Les rayons x sont caractérisés par des longueurs d'onde du même ordre de grandeur que les distances entre les plans réticulaires des cristaux (plans de densité atomique élevée). Ils seront réfléchis sur ces plans selon la loi de Bragg :

$$n\,\lambda = 2d \sin\theta$$

λ = longueur d'onde du rayonnement
d = distance interréticulaire
θ = angle d'incidence du rayonnement

La méthode de la diffraction des rayons x utilise cette propriété. Une poudre très fine est irradiée par un faisceau de rayons x incidents, ceux-ci sont réfractés dans certaines directions de l'espace. On mesure, sous différents angles, l'intensité des ces rayons déviés. Les angles mesurés sont caractéristiques des minéraux présents et l'intensité du rayonnement dans une direction donnée est fonction de la densité du plan réticulaire ainsi que de l'abondance du minéral.

Paramètres techniques de mesure

Les mesures ont été faites au moyen du diffractomètre automatique Philips du Laboratoire de rayons x de la Section des sciences de la Terre de l'Université de Lausanne (générateur PW 1730; microprocesseur PW 1710, goniomètre vertical 1771). Le responsable, Ph. Thélin et de L. Dufresne, 1re laborantine, ont apportés leur concours. Les mesures ont été faites en balayage continu entre 5 et 70° 2q (CuKα1, 40kV, 30 mA). Le Si métallique, incorporé dans chaque échantillon joue le rôle de standard interne.

Telle qu'elle a été utilisée, cette méthode reste essentiellement qualitative. Au mieux, il est possible de distinguer les minéraux abondants de ceux qui ne le sont pas. La limite de détection est assez haute car le bruit de fond pour les scories est élevé. En effet, le fer est un élément qui absorbe assez fortement les rayons x du cuivre et il est toujours très abondant. On peut estimer qu'un minéral doit former au moins 5 ou 10% de l'échantillon pour pouvoir être détecté. Par ailleurs, l'interprétation des spectres complexes reste toujours délicate. Il arrive assez souvent que certains pics ne puissent pas être attribués de manière satisfaisante.

Méthode d'analyse chimique des minéraux à la microsonde

La microsonde électronique (SEM) présente le gros avantage de mesurer la composition chimique de volumes de matière extrêmement faibles, d'un diamètre de l'ordre de quelques microns. C'est donc un outil précieux pour l'analyse des minéraux.

Principes de la méthode

L'échantillon est bombardé à l'aide d'un faisceau d'électrons de diamètre très réduit (3-10 µm). Dans la zone excitée, différentes interactions se produisent. En particulier, les éléments émettent des rayons x secondaires caractéristiques. Ceux-ci sont mesurés à l'aide de spectromètres (Potts 1992, 326-382). Les intensités sont ensuite comparées à celles des rayonnements émis par des standards de composition connue.

Paramètres techniques de mesure

Les analyses ont été réalisées à l'aide de la microsonde Cameca SX 50, munie de 5 spectromètres, du Laboratoire de microanalyse de la Section des sciences de la Terre de l'Université de Lausanne, avec l'aide des responsables, F. Bussy, 1er assistant et J. Hernandez, professeur. Les analyses ont été faites en mode ponctuel (tension d'accélération 15 kV, courant 10 mA). Les paramètres techniques sont résumés à la fig. 216. Les programmes de calcul des corrections sont ceux fournis par Cameca (Pouchou et Pichoir 1984). Le principal problème limitant les applications de cette méthode aux résidus métallurgiques anciens est l'établissement d'une gamme d'étalonnage appropriée. Les standards disponibles au moment de la réalisation des analyses ne possédaient pas toutes les qualités requises. Les résultats présentés dans ce travail ne sont donc pas très satisfaisants.

Un autre problème se pose, celui de l'analyse des minéraux contenant simultanément du Fe^{2+} et du Fe^{3+}. Dans l'état actuel, il n'est pas possible de les mesurer séparément; le rapport s'établit par calcul. Or ce calcul n'est valable que si les analyses sont de première qualité.

Incontestablement, à condition de développer des procédures de mesure spécifiques, la microsonde est un outil qui peut apporter énormément à l'étude des résidus sidérurgiques.

Elément		Standard		Cristal	Durée de l'analyse sec.	Bruit de fond
Si	Silicium	Fayalite, synthétique	Fe2SiO4	TAP	20	± 750
Fe	Fer	Fayalite, synthétique	Fe2SiO4	LiF	20	± 900
Mn	Manganèse	Rhodonite, Broken Hill	MnSiO3	LiF	20	± 800
Mg	Magnésium	Geikiélite, synthétique	MgTiO3	TAP	20	± 1100
Al	Aluminium	Andalousite, Minas Gerais	Al2SiO6	TAP	20	± 800
Ca	Calcium	Hedenbergite, Broken Hill	CaFeSi2O6	PET	20	± 700
Ti	Titane	Geikiélite, synthétique	MgTiO3	LiF	20	± 700
V	Vanadium	oxyde de vanadium, synth.	V2O5	LiF	20	± 700

Fig. 216. Paramètres techniques de mesure pour la microsonde. Laboratoire de microanalyse, Section des sciences de la Terre, Université de Lausanne.

Annexe 2: chronologie

Les nomenclatures chronologiques utilisées dans ce travail sont résumées aux fig. 217 et 218. La chronostratigraphie géologique est celle consacrée par l'usage. Les âges absolus sont basés sur les résultats des méthodes de radiochronologie (Caron *et al.* 1992, p.250-251).

L'échelle archéologique est inspirée des recommandations de la Société suisse de Préhistoire et d'Archéologie (SSPA 1986). Les datations absolues se fondent essentiellement sur les données fournies par la dendrochronologie et l'histoire.

Date années	AGES	Périodes	Remarques
av. JC			
	PALEOLITHIQUE		
8000			
	MESOLITHIQUE		
5500			
	NEOLITHIQUE		
2300			
	AGE DU BRONZE		
800			
		ancien	800-675
	Hallstatt		
450		final	675-450
	AGE DU FER		
		ancien	450-250
	La Tène	moyen	250-150 60-50 Guerre des Gaules
15		final	150- 15
	EPOQUE ROMAINE	Epoque augustéenne	15-0
0		Haut Empire	0-300
			254-260 incursions alamanes
		Bas Empire	300-450
			350-370 incursions barbares
			406- invasions barbares
450			
	HAUT MOYEN AGE	Mérovingien ancien	450-600 443- Royaume burgonde
			534-536 Royaume franc
		Mérovingien récent	600-750
		Carolingien	750-1000
1000			
	MOYEN AGE		
ap. J.-C.			

Fig. 217. Tableau chronologique synthétique pour les périodes protohistoriques et historiques.

Age m.a.	ERES	Systèmes	Sous-systèmes	Etages	autres noms
	QUATERNAIRE			Holocène	
1.8				Pléistocène	
8	TERTIAIRE	Néogène	Pliocène	Plaisancien	
				Zancléen	
			Miocène supérieur	Pontien	
11				Tortonien	
			moyen	Serravallien	
15				Langhien	
			inférieur	Burdigalien	
23				Aquitanien	
		Paléogène	Oligocène	Chattien	
				Stampien s.s.	
34				Sannoisien	
			Eocène supérieur	Ludien	
				Bartonien s.s.	
			moyen	Lutétien	
52			inférieur	Yprésien	
			Paléocène	Thanéien	
				Montien	
65				Danien	
	SECONDAIRE	Crétacé	supérieur	Maestrichtien	
				Campanien	
				Santonien	
				Coniacien	
				Turonien	
95				Cénomanien	
			inférieur	Albien	Gault
				Aptien	
				Barrémien	Urgonien
				Hauterivien	
				Valanginien	
130				Berriasien	
		Jurassique	supérieur = Malm	Portlandien	
				Kimméridgien	
150				Oxfordien	
			moyen = Dogger	Callovien	
				Bathonien	
				Bajocien	
178				Aalénien	
			inférieur = Lias	Toarcien	
				Domérien	
				Carixien	
				Sinémurien	
204				Hettangien	
		Trias	supérieur		
			moyen		
245			inférieur		
	PRIMAIRE	Permien			
		Carbonifère			
		Devonien			
		Silurien			
		Ordovicien			
630		Cambrien			
	PRECAMBRIEN	Protérozooïque			
3800		Archéen			

Fig. 218. Tableau chronologique synthétique pour les périodes géologiques. m.a.: million d'années.

Annexe 3-7: analyses chimiques

Nomenclature des scories et matériaux associés

Au cours de ce travail, de très nombreux échantillons de scories et matériaux associés provenant de Suisse occidentale, ont été étudiés et décrits. Nous avons été amené à définir un certain nombre de catégories et à introduire une nomenclature correspondante (voir tableau). C'est, à l'échelle régionale, un outil utile. Certaines grandes distinctions pourront être employées par des chercheurs travaillant dans d'autres zones. Mais en aucun cas, il ne s'agit d'une typologie générale des scories de fer. Bien d'autres formes et bien d'autres aspects sont connus par ailleurs et non discutés dans le cadre de ce travail.

Enfin, par commodité, nous avons préféré ne pas multiplier les catégories. Pour cette raison, on retrouvera les mêmes appellations d'une région à l'autre, alors qu'en fait il existe toujours de subtiles différences, non seulement entre les zones, mais d'un site à l'autre.

CATEGORIES			N ° FIGURES					
MINERAI : substance naturelle riche en fer, potentiellement exploitable								
Minerai «géologique» :		idem, récolté en place à l'affleurement.	31	142				
Minerai «archéologique» :		idem, récolté sur un site archéologique.						
Minerai «grillé» :		idem, modifié par un chauffage mais sans fusion.						
Minerai fondu : idem, modifié par un début de fusion (= scorie interne rouillée)								
PAROI : matériaux constitutif des parois du fourneau								
Paroi non modifiée :		idem, cuit mais non fondu						
Paroi scorifiée : idem, scorifié sur une seule face			67	107	108	109		
Scorie de paroi : idem, complètement scorifié			110					
SCORIES DE REDUCTION : résidu de la réduction du minerai par la méthode directe								
SGD	Scorie grise, dense, cristallisée							
	coulées :	en cordon (= petite coulure) ø 1-2cm	70	115				
		en amas de cordons (= en canal)	71	113	150			
		en cuvette	72					
		en plaque	114					
	non coulées :	en bloc suspendu (= scories internes massives)	75					
		en rognons						
Scorie coulée, grise, vaccuolaire			73					
SVN	Scorie noire, vitreuses, fortement vacuolaire :							
	coulées :	en cordon (= petite coulure) ø 1-2cm	115					
		en tuyau (= cordon large) ø 5-10cm	68	69	111	112		
SIJ	Scorie intermédiaire jaunâtre, partiellement cristallisée, fortement vacuolaire							
	coulées :	en cordon (= petite coulure) ø 1-2cm						
		en tuyau (=cordon large) ø 5-10 cm	148					
SBD	Scorie à reflets bleus, denses, surface vitreuse, masse cristallisée:							
	coulées :	en plaque ?	155					
Scorie coulée, composite			159					
SCORIES POST-REDUCTION : résidu du travail d'élaboration du métal (forge et raffinage)								
Calotte : Scorie non coulée hémisphérique								
	calotte SGD :	idem, gris sombre, dense, homogène	126	173	175	176	196	
	calotte SGC :	idem, gris sombre, dense, charbonneuse						
	calotte SJD :	idem, gris-jaunâtre, dense, souvent hétérogène	135	181	183	184	197	198
	calotte SJC :	idem, gris-jaunâtre, charbonneuse, vacuolaire						
Informe : Scorie non coulée informe, masse d'aspect très variable								
Petite coulure SGD ou SVN ø 1-2cm			134	177				
SAS	Scorie argilo-sableuse : matériaux argilo-sableux scorifiés sur toutes les faces							
	non coulées :	en rognon	194					
		en goutte ou en agglomérat de gouttes	134	174				
DIVERS								
Laitier :	résidu de la réduction par la méthode indirecte (haut fourneau)							
Mâchefer :	résidu de la forge moderne		127	128				
Battiture :	résidu du martelage (sphérique ou lamellaire)							

Annexe 3.1

Ech n°	DIA 101	DIA 102	MOL 101	SLV 501	SLV 502	SLV 503	SLV 504	SLV 505	SLV6011	SLV6012	SLV6021	SLV6022	SLV6031	SLV6032
Eléments majeurs % poids														
SiO2	61.40	85.68	80.59	73.30	66.36	41.83	63.05	80.31	65.29	64.83	72.87	68.79	63.48	60.23
TiO2	0.14	0.19	0.15	0.50	0.47	0.52	0.50	0.16	0.41	0.40	0.54	0.51	0.47	0.44
Al2O3	3.57	0.66	3.32	6.74	5.36	5.86	3.59	4.64	5.74	5.50	6.73	6.43	6.09	6.35
Fe2O3	29.00	11.02	12.91	13.70	21.04	40.77	26.30	9.74	22.58	23.28	14.98	18.23	22.84	25.47
FeO	0.41	0.69	0.55	0.86	0.69	0.78	0.26	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02
MgO	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.13	0.03	0.10	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.00	0.02	0.04
Na2O	0.00	0.05	0.01	0.09	0.03	0.07	0.09	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.89	0.00
K2O	0.05	0.02	0.13	0.25	0.18	0.33	0.18	0.06	0.12	0.12	0.17	0.15	0.24	0.16
P2O5	0.39	0.09	0.15	0.02	0.17	1.60	0.73	0.22	0.30	0.39	0.05	0.06	0.37	0.56
H2O	3.53	1.21	1.25	4.06	4.86	7.28	4.54	3.02	5.18	5.17	4.47	4.90	5.44	5.85
CO2	0.47	0.63	0.32	0.38	0.42	0.67	0.38	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	99.11	100.28	99.49	99.99	99.61	99.77	99.64	99.74	99.66	99.73	99.84	99.09	99.85	99.12
Eléments traces ppm														
Zr	165	75	52	239	445	188	428	64	205	192	286	274	230	204
Y	12	7	7	9	10	15	13	10	12	12	10	10	13	14
Sr	62	10	14	11	82	83	43	191	136	220	28	21	216	347
Rb	2	<2	5	10	8	16	7	3	6	7	8	8	10	8
Ba	142	17	55	78	201	206	168	253	212	374	64	49	413	744
V	185	57	96	107	113	285	100	77	95	92	71	80	110	127
Sn	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Sb	5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Ag	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
As	152	53	25	18	21	27	20	28	<8	10	8	<8	13	<8
Pb	16	<6	13	7	20	25	10	11	16	16	14	11	21	26
Zn	77	17	29	12	17	48	17	13	30	29	19	19	36	36
Cu	<3	17	<3	<3	<3	10	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Ni	38	8	4	6	15	32	8	10	17	18	10	10	27	33
Cr	101	40	15	77	70	124	42	60	36	36	22	24	50	51
Co	114	121	77	112	91	47	83	181	30	35	6	<6	23	27

3.1	**Sidérolithique du Salève 1**		
N° échan.	Localisation	catégorie	remarque
"minerais géologiques"			
DIA 101	Grotte du Diable, 8, amas 8.1	grès ferrugineux	jaune
DIA 102	Grotte du Diable, 8, minière	grès ferrugineux	orange
MOL 101	Les Molliets, 18, amas 18.3	grès ferrugineux	rouge violacé, probablement chauffé
SLV 501	Carrière de Vovray	croûte ferrugineuse	tout venant
SLV 502	Carrière de Vovray	croûte ferrugineuse	tout venant
SLV 503	Carrière de Vovray	croûte ferrugineuse	tout venant
SLV 504	Carrière de Vovray	croûte ferrugineuse	tout venant
SLV 505	Carrière de Vovray	croûte ferrugineuse	tout venant
SLV 6011	Carrière de Vovray	croûte ferrugineuse	concassé et lavé
SLV 6012	Carrière de Vovray	croûte ferrugineuse	concassé et lavé
SLV 6021	Carrière de Vovray	croûte ferrugineuse	concassé
SLV 6022	Carrière de Vovray	croûte ferrugineuse	concassé et lavé
SLV 6031	Carrière de Vovray	croûte ferrugineuse	concassé
SLV 6032	Carrière de Vovray	croûte ferrugineuse	concassé et lavé

Annexe 3.2

Ech n°	SLC 351	SLC 352	THU 101	DIA 201	DIA 202	SLP 151	MOL 171
Eléments majeurs % poids							
SiO2	16.38	7.76	15.68	5.28	2.79	56.16	5.34
TiO2	0.09	0.08	0.18	0.06	0.04	0.33	0.09
Al2O3	5.68	3.96	2.64	1.31	0.88	5.55	1.73
Fe2O3	65.13	74.85	72.21	80.88	81.76	28.67	78.06
FeO	0.11	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.24	0.35	0.13	0.36	0.20	0.47	1.43
MgO	0.30	0.16	0.02	0.02	0.04	0.48	0.09
CaO	0.17	0.13	0.07	0.10	0.06	0.18	0.13
Na2O	0.03	0.16	0.00	0.00	0.12	0.03	0.00
K2O	0.66	0.31	0.16	0.11	0.08	1.15	0.19
P2O5	0.12	0.18	0.11	0.07	0.07	0.20	0.20
H2O	9.88	9.99	8.01	11.04	13.00	5.34	11.84
CO2	1.13	1.97	0.00	0.00	0.00	0.52	0.00
Total	99.92	99.96	99.21	99.23	99.04	99.08	99.10
Eléments traces ppm							
Zr	31	21	70	25	14	158	23
Y	34	29	23	11	24	23	28
Sr	9	7	10	15	6	85	12
Rb	26	12	10	8	7	49	11
Ba	29	17	49	37	24	102	50
V	85	87	110	50	92	172	47
Sn	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Sb	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Ag	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
As	21	29	21	25	31	25	13
Pb	15	<6	7	12	9	51	<6
Zn	219	218	118	79	126	94	508
Cu	<3	4	<3	<3	<3	<3	<3
Ni	55	88	40	31	45	63	284
Cr	60	65	53	46	45	94	40
Co	83	59	60	47	71	112	197

3.2	**Sidérolithique du Salève 2**		
N° échan.	Localisation	catégorie	remarque
"minerais archéologiques"			
SLC 351	Les Convers, 5, ruisseau	concrétion FeOOH	
SLC 352	Les Convers, 5, ruisseau	concrétion FeOOH	
THU 101	La Thuile, 7, minière	concrétion FeOOH	
DIA 201	Grotte du Diable, 8, minière	concrétion FeOOH	
DIA 202	Grotte du Diable, 8, minière	concrétion FeOOH	
SLP 151	Le Pommier, 12, amas 12.2	concrétion FeOOH	
MOL 171	Les Molliets, 18, chemin	concrétion FeOOH	

Annexe 3.3

Ech n°	SLC 201	SLC 202	SLC 301	SLC 302	SLC 601	SLC 602	THU 1	THU 2	THU 3	THU 4	THU 5	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	SLP 101	SLP 102	MOL 1	MOL 2
Eléments majeurs % poids																				
SiO2	42.54	42.26	41.29	33.82	33.12	30.32	22.17	19.00	30.80	27.15	28.79	16.69	23.50	15.96	37.92	35.92	26.17	23.00	24.87	26.18
TiO2	0.19	0.25	0.26	0.18	0.19	0.20	0.13	0.14	0.17	0.19	0.18	0.19	0.23	0.18	0.21	0.21	0.19	0.16	0.19	0.10
Al2O3	20.29	14.27	11.24	17.62	6.95	9.34	4.26	6.65	9.87	8.10	9.19	3.28	4.71	3.30	5.76	5.32	11.49	8.26	8.46	3.85
Fe2O3	12.88	10.93	13.82	11.86	17.43	16.02	26.73	33.24	18.33	28.41	26.20	34.47	31.51	33.96	21.60	21.13	23.97	22.35	25.53	45.87
FeO	13.89	24.60	21.01	24.97	33.91	35.99	37.80	29.19	32.73	23.33	24.98	35.02	24.48	35.57	24.54	29.17	27.16	35.97	29.78	8.08
MnO	0.37	0.50	0.42	0.27	0.46	0.48	0.28	0.40	0.32	0.47	0.43	1.31	1.82	1.27	0.67	0.69	0.45	0.46	0.22	0.34
MgO	0.49	0.45	0.68	0.53	0.43	0.41	0.37	0.21	0.43	0.36	0.56	0.35	0.57	0.32	0.38	0.42	0.28	0.38	0.50	0.33
CaO	2.75	1.75	2.99	3.33	1.01	1.22	1.37	1.53	1.68	2.41	1.44	1.41	4.23	1.41	1.87	2.23	2.63	2.80	4.70	0.96
Na2O	0.03	0.06	0.05	0.05	0.09	0.17	0.00	0.01	0.00	0.37	0.03	0.00	0.04	0.00	0.01	0.05	0.09	0.06	0.03	0.02
K2O	1.30	1.37	1.72	1.25	0.92	0.97	0.54	0.43	0.69	0.80	1.00	0.42	1.21	0.45	0.94	1.12	0.70	0.75	0.70	0.65
P2O5	0.29	0.34	0.30	0.56	0.62	0.48	0.22	0.27	0.29	0.37	0.20	0.21	0.30	0.20	0.25	0.25	0.37	0.33	0.38	0.31
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO2	0.39	0.26	0.89	1.22	0.30	0.22	0.19	0.12	0.18	0.18	0.11	0.22	0.16	0.33	0.21	0.24	0.27	0.16	0.19	0.45
FeM	4.48	2.84	4.89	4.30	4.66	4.10	5.38	8.12	4.46	7.87	6.58	6.14	7.06	7.05	5.76	3.15	6.55	5.27	3.52	13.17
Total	99.89	99.88	99.56	99.96	100.09	99.92	99.44	99.31	99.95	100.01	99.69	99.71	99.82	100.00	100.12	99.90	100.32	99.95	99.07	100.31
Eléments traces ppm																				
Zr	87	128	117	84	105	235	57	46	75	75	70	59	76	58	86	89	97	82	72	44
Y	37	38	43	32	27	65	26	96	36	113	52	23	32	23	36	34	41	46	20	37
Sr	62	135	62	75	58	42	24	31	46	45	43	26	55	28	40	41	78	58	45	24
Rb	37	41	48	35	29	17	18	14	21	27	33	13	27	17	29	29	23	23	24	21
Ba	122	147	144	107	81	209	24	66	53	122	52	66	161	61	98	103	94	94	286	45
V	152	251	126	191	226	1325	103	84	176	123	130	84	97	82	127	104	179	160	540	112
Sn	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Sb	<5	<5	<5	<5	<5	5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	6	<5	<5	<5	<5	5
Ag	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	3	<2	<2	<2	2	2	2	<2	<2	<2	<2	3
As	<8	8	9	<8	<8	28	13	<8	<8	12	8	11	<8	<8	9	<8	19	18	9	<8
Pb	<6	<6	<6	<6	<6	6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6
Zn	39	37	38	49	38	47	37	103	48	43	35	38	35	31	27	26	38	42	32	46
Cu	<3	3	<3	3	4	13	<3	<3	<3	<3	<3	7	<3	<3	<3	<3	5	6	3	3
Ni	14	14	12	13	11	38	8	52	11	44	21	9	14	7	14	14	5	7	8	14
Cr	102	141	99	135	131	501	63	45	92	52	87	49	53	41	62	59	81	70	63	61
Co	51	87	46	40	31	92	24	62	9	20	11	14	8	8	22	<6	41	18	15	22

3.3	Scories du Salève			
N° échan.	Localisation	catégorie description	analyse minéralogique (diffraction RX)	remarque
SLC 201	Les Convers, 5, amas 5.2	SVN, tuyau	Her, Qz, (Fe), verre	
SLC 202	Les Convers, 5, amas 5.2	SVN, tuyau	verre	
SLC 301	Les Convers, 5, amas 5.3	SVN, tuyau		partie inf. jaunâtre
SLC 302	Les Convers, 5, amas 5.3	SVN, tuyau		partie inf. jaunâtre
SLC 601	Les Convers, 5, amas 5.6	SGD, amas de cordons	Fay, Her	
SLC 602	Les Convers, 5, amas 5.6	SGD, cuvette	Fay, Her, (Qz)	
THU 1	La Thuile, 7, amas 7.1	SGD, amas de cordons		
THU 2	La Thuile, 7, amas 7.1	SGD, amas de cordons		
THU 3	La Thuile, 7, amas 7.1	SGD, amas de cordons		
THU 4	La Thuile, 7, amas 7.1	SGD, amas de cordons		inclusions silicates
THU 5	La Thuile, 7, amas 7.1	SGD, amas de cordons		
DIA 1	Grotte du Diable, 8, amas 8.1	SGD, cuvette		Fe abondant, charbon
DIA 2	Grotte du Diable, 8, amas 8.1	SGD, amas de cordons	Fay, Wü	
DIA 3	Grotte du Diable, 8, amas 8.1	SGD, cuvette	Fay, Wü, (Her), (Qz)	Fe abondant
DIA 4	Grotte du Diable, 8, amas 8.1	SGD, cuvette		Fe
DIA 5	Grotte du Diable, 8, amas 8.1	SGD, amas de cordons		
SLP 101	Le Pommier, 12, amas 12.2	SGD, amas de cordons	Fay, Her	
SLP 102	Le Pommier, 12, amas 12.2	SGD, amas de cordons		
MOL 1	Les Molliets, 18, amas 18.3	SGD, amas de cordons		
MOL 2	Les Molliets, 18, amas 18.3	SGD, cuvette/plaque		

SGD : Scorie grise dense
SVN : Scorie vitreuse noire

Fay : Fayalite
Her : Hercynithe
Wü : Wüstite
Qz : Quartz

Fe: fer métal visible

Annexe 4.1

Ech n°	FER 151	FER 171	GOU 14	GAR 102	GOU 3	GAR 101	ALV 101	GOU 1	GOU 2	GOU 11	GOU 12	GOU 13	GOU 15	PRI 251	PRI 252
Eléments majeurs % poids															
SiO2	20.70	23.85	16.33	48.87	30.57	48.74	53.75	53.09	52.00	52.24	50.01	60.27	53.81	8.19	6.36
TiO2	0.25	0.28		1.23	0.78	1.17	1.27	1.23	1.18					0.24	0.19
Al2O3	4.84	6.25	9.90	20.49	14.29	18.93	20.23	19.98	20.53	22.60	18.73	23.04	21.85	4.97	3.94
Fe2O3	59.52	44.31	60.22	18.97	39.33	10.46	11.53	11.32	13.87	10.40	18.30	15.83	15.79	18.88	10.19
FeO	0.12	11.49		0.00	1.56	0.36	0.21	2.70	0.89					0.03	0.07
MnO	0.26	0.78	0.39	0.05	0.10	0.04	0.02	0.06	0.06	0.15	0.37	0.23		5.97	0.55
MgO	0.19	0.20	0.11	0.08	0.17	0.38	0.50	0.17	0.27	0.10	0.06	0.20		0.36	0.14
CaO	2.09	4.10	0.29	0.22	0.55	6.43	2.26	0.23	0.27	0.30	0.36	0.33	0.09	34.23	43.63
Na2O	0.01			0.00	0.02	0.05	0.01	0.29	0.13					0.08	0.05
K2O	0.02			0.30	0.17	0.21	0.27	0.44	0.53					0.06	0.02
P2O5	0.19	0.87	0.25	0.07	0.20	0.06	0.14	0.07	0.12	0.07	0.08	0.08		0.08	0.05
H2O	9.15		11.54	8.79	9.64	7.14	8.59	8.26	8.14	12.94	11.42			2.78	3.71
CO2	2.46		0.54	0.00	1.04	5.13	1.35	0.16	0.24	0.42	0.32			24.13	31.00
Total	99.80	92.06	99.57	99.08	98.42	99.10	100.13	98.00	98.23	99.22	99.65	99.98	91.54	100.00	99.90
Eléments traces ppm															
Zr	100			274	273	321	314	388	357					47	46
Y	21			20	28	20	16	22	52					39	21
Sr	29			57	54	129	45	48	63					80	42
Rb	3			43	20	28	27	58	82					4	3
Ba	56			61	68	54	54	152	129					187	85
V	508			303	726	141	156	200	272					143	68
Sn	<5			<5	<5	<5	<5	<5	<5					<5	<5
Sb	<5			<5	8	<5	<5	<5	<5					6	<5
Ag	<2			<2	<2	<2	<2	<2	<2					2	3
As	480			70	216	50	70	53	81					405	128
Pb	108			61	90	66	64	67	74					29	9
Zn	148			77	144	129	92	70	77					75	38
Cu	15			<3	11	<3	11	<3	3					32	4
Ni	98			67	113	44	50	75	97					99	40
Cr	108			118	511	110	111	180	164					9	5
Co	123			31	71	15	12	31	45					42	14

4.1	Sidérolithique du Mormont 1			
N° échan.	Localisation	catégorie description	remarque	référence
Minerais "géologiques"				
FER 151	Haut de Champs, M10	Pisolithe		
FER 171	Haut de Champs, M10	Pisolithe		Pelet 1973
GOU 14	Goumoens-J., M11	Pisolithes lavés		Schardt 1923, n°45
GAR 102	Gare d'Eclépens, M4	Bolus rouge	env.30% pisolithes	
GOU 3	Goumoens-J., M11	Bolus rouge	env.30% pisolithes	
GAR 101	Gare d'Eclépens, M4	Bolus rouge		
ALV 101	Les Alleveys, M8	Bolus rouge		
GOU 1	Goumoens-J., M11	Bolus rouge	env.5% pisolithes	
GOU 2	Goumoens-J., M11	Bolus rouge	env.5% pisolithes	
GOU 11	Goumoens-J., M11	Bolus jaune		Schardt 1923, n°42
GOU 12	Goumoens-J., M11	Bolus rouge		Schardt 1923, n°43
GOU 13	Goumoens-J., M11	Bolus rouge		Schardt 1923, n°44
GOU 15	Goumoens-J., M11	Bolus rouge		Schardt 1923
Minerais "archéologiques" : calcaires				
PRI 251	Prins-Bois 2, 5.2	calcaire ferrugineux		
PRI 252	Prins-Bois 2, 5.2	calcaire ferrugineux	env.10% bolus rouge	

Annexe 4.2

Echn°	BEL 131	BEL 171	BEL 172	BEL 173	BEL 174	BEL 251	BEL 252	BEL 253	BEL 261	BEL 271	BEL 351	BEL 361	BOS 151	BOS 152	CAR 151	CAR 16J	LAC 26J	LAC 36J	PRI 171	PRI 261
Eléments majeurs % poids																				
SiO2	31.86	15.28	20.58	11.53	28.42	14.80	26.81	21.16		15.17	21.62		23.44	26.00	25.21				25.60	
TiO2	0.83	0.27	0.28	0.26	0.62	0.48	0.65	0.52		0.26	0.77		0.51	0.64	0.69				0.55	
Al2O3	14.45	8.72	11.79	5.72	9.78	8.85	10.96	8.95		8.38	12.48		8.64	11.26	12.92				11.50	
Fe2O3	19.00	66.28	54.78	23.20	50.83	70.63	55.29	62.54		64.88	58.34		61.48	54.79	52.05				45.09	
FeO	21.92	0.26	0.26	0.26	4.92	0.00	0.00	0.25		0.22	0.13		0.53	0.06	0.35				2.16	
MnO	0.30	0.32	0.71	26.27	0.49	0.40	0.19	0.16		0.28	0.27		0.27	0.16	0.66				0.54	
MgO	0.32					0.11	0.13	0.13			0.12		0.10	0.11	0.30				0.06	
CaO	2.03	3.51	2.70	5.36	3.10	0.93	0.79	0.89		3.20	0.60		0.30	0.71	0.95				0.80	
Na2O	0.10					0.00	0.04	0.02			0.02		0.08	0.01	0.04					
K2O	0.37					0.04	0.06	0.03			0.04		0.03	0.06	0.23					
P2O5	0.33	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.20	0.37			0.31		0.28	0.34	0.24				0.57	
H2O	0.00			7.20		2.27	4.19	3.35			3.84		3.00	4.78	4.12					
CO2	0.89			8.40		0.34	0.48	0.98			1.09		0.71	0.91	2.15					
Total	99.19	95.12	91.60	89.00	98.66	99.15	99.79	99.35		92.39	99.63		99.37	99.83	99.91				86.87	
Eléments traces ppm																				
Zr	278					144	186	193	164	189	172	181	230	247	307	174	195		243	
Y	39					28	29	41	30	45	29	28	30	44	21	44	29		30	
Sr	50					31	39	34	34	21	48	14	30	25	17	59	54		31	
Rb	12					4	10	4	5	4	7	4	8	22	7	12	4		13	
Ba	196					142	163	151	170	214	136	128	115	170	68	120	31		78	
V	1704					953	1543	1893	1116	1611	1188	1276	2675	1647	338	692	633		626	
Sn	<5					<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5		<5	
Sb	<5					6	<5	8	<5	12	10	5	12	12	<5	6	10		<5	
Ag	<2					<2	<2	2	<2	<2	<2	2	<2	<2	<2	<2	<2		<2	
As	33					408	216	459	358	520	403	316	436	601	135	1122	176		315	
Pb	47					69	75	85	49	85	58	56	89	126	37	<6	27		49	
Zn	229					204	201	294	235	335	219	176	292	334	126	51	194		220	
Cu	31					19	21	96	16	27	19	10	153	86	17	46	11		10	
Ni	33					298	234	254	281	222	269	185	234	348	155	265	232		219	
Cr	126					75	99	70	146	109	148	66	79	112	223	141	312		198	
Co	58					158	123	126	144	206	144	113	77	246	72	147	122		118	

4.2	**Sidérolithique du Mormont 2**			
N° échan.	Localisation	catégorie description	remarque	référence
Minerais "archéologiques" : bolus				
BEL 131	Bellaires 1, 25.1	Bolus rouge	env.5% pisolithes	grillé
BEL 171	Bellaires 1, 25.1	Minerai brun-rouge		Pelet 1973
BEL 172	Bellaires 1, 25.1	Minerai brun		Pelet 1973
BEL 173	Bellaires 1, 25.1	Minerai bleuâtre		Pelet 1973
BEL 174	Bellaires 1, 25.1	Minerai grillé		Pelet 1973
BEL 251	Bellaires 2, 25.2	Bolus rouge	env.5% pisolithes	
BEL 252	Bellaires 2, 25.2	Bolus rouge	env.5% pisolithes	
BEL 253	Bellaires 2, 25.2	Bolus rouge	env.5% pisolihtes	
BEL 261	Bellaires 2, 25.2	Minerai		
BEL 271	Bellaires 2, 25.2	Minerai rougeâtre		Pelet 1973
BEL 351	Bellaires 3, 25.3	Bolus rouge	env.5% pisolithes	
BEL 361	Bellaires 3, 25.3	Minerai		
BOS 151	Bossena 1, 18	Bolus rouge	env.5% pisolithes	
BOS 152	Bossena 1, 18	Bolus rouge	env.5% pisolithes	
CAR 151	Carolines, 16	Bolus rouge	env.5% pisolihtes	
CAR 161	Carolines, 16	Minerai		
LAC 261	Petits Lacs 2, 21	Minerai		
LAC 361	Petits Lacs 3, 19	Minerai		
PRI 171	Prins Bois 1, 5.2	Minerai		Pelet 1960a
PRI 261	Prins Bois 2, 5.2	Bolus rouge	env.5% pisolihtes	

Annexe 4.3

Ech n°	PRP 1	PRP 2	PRP 3	PRP 4	PRP 5	COS 1	COS 2	COS 3	COS 4	COS 5
Eléments majeurs % poids										
SiO2	26.08	22.14	9.11	24.28	6.76	37.05	45.61	40.88	59.59	46.77
TiO2	0.19	0.19	0.18	0.26	0.09	0.74	0.80	1.12	1.01	1.00
Al2O3	3.50	5.59	4.49	7.38	2.23	23.32	26.75	33.36	27.26	29.94
Fe2O3	34.07	31.35	34.34	18.30	43.08	2.11	4.85	3.47	1.06	2.24
FeO	19.20	18.40	18.26	24.53	23.15	7.31	5.33	9.54	2.30	2.00
MnO	0.54	0.09	0.23	0.21	0.39	0.16	0.24	0.12	0.08	0.16
MgO	0.70	0.54	0.59	0.83	0.18	2.03	3.26	2.61	1.20	3.15
CaO	7.90	6.47	2.00	3.61	0.83	3.25	4.22	3.17	0.45	5.44
Na2O	0.20	0.24	0.03	0.17	0.11	0.46	0.38	0.24	0.72	0.46
K2O	2.46	0.65	0.58	0.86	0.19	2.98	3.26	2.26	5.13	3.17
P2O5	0.45	0.35	0.26	0.22	0.21	0.29	0.21	0.20	0.15	0.23
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.29	0.00	0.00	0.00	0.00
CO2	0.69	1.90	8.28	5.06	4.06	13.60	1.49	2.32	0.67	1.89
FeM	3.80	11.71	21.05	14.21	18.25	0.00	3.20	0.79	0.40	3.60
Total	99.78	99.62	99.40	99.92	99.53	99.59	99.60	100.08	100.02	100.05
Eléments traces ppm										
Zr	65	72	24	72	20	110	145	178	120	138
Y	17	14	13	19	8	44	54	44	38	45
Sr	79	173	43	193	45	567	578	507	185	584
Rb	73	32	38	59	14	161	185	111	230	164
Ba	190	176	126	259	60	1729	2064	1648	1068	1857
V	28	48	67	57	47	172	155	173	129	139
Sn	<5	17	<5	<5	394	<5	<5	<5	<5	<5
Sb	7	<5	8	7	10	5	<5	<5	<5	<5
Ag	2	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	2
As	12	55	364	24	85	51	35	23	<8	<8
Pb	<6	6	<6	<6	45	13	<6	<6	<6	<6
Zn	25	24	25	25	31	33	24	13	26	22
Cu	136	148	216	234	760	175	58	60	55	45
Ni	19	64	130	60	148	94	122	123	56	117
Cr	26	50	62	37	67	98	75	98	100	73
Co	12	45	67	49	96	87	80	105	23	74

4.3	**Produits scorifiés modernes de la région du Mormont**			
N° échan.	Localisation	catégorie description	analyse minéralogique RX, lames minces	remarque référence
Secteur Cuarnens				
PRP 1	Pré Penard 2, 2	mâchefer hétérogène		
PRP 2	Pré Penard 2, 2	mâchefer homogène		
PRP 3	Pré Penard 2, 2	mâchefer hétérogène		Fe abondant, houille
PRP 4	Pré Penard 2, 2	mâchefer hétérogène		
PRP 5	Pré Penard 2, 2	mâchefer homogène		
Secteur de Cossonay				
COS 1	sans précision	mâchefer, ± calotte		Fe, houille
COS 2	sans précision	mâchefer, ± calotte		Fe, houille
COS 3	sans précision	mâchefer, ± calotte		
COS 4	sans précision	matière vitrifiée blanche		
COS 5	sans précision	mâchefer		charbon

Fe: fer métal visible

Annexe 4.4

Ech n°	PRI 181	PRI 182	PRI 1	PRI 2	PRI 3	PRI 4	PRI 5	BAR 1	BAR 2	BAR 3	BAR 4	ROS 201	ROS 202	ROS 203	ROS 204	ROS 101	ROS 102	ROS 181
Eléments majeurs % poids																		
SiO2	29.06	41.24	24.23	39.58	38.84	37.46	40.46	35.62	36.55	47.12	52.87	28.10	26.85	43.88	44.01	33.67	47.31	38.24
TiO2	0.42	0.55	0.75	1.05	0.98	1.08	1.04	0.67	0.74	1.09	1.04	0.73	0.77	0.99	1.02	0.83	0.99	1.00
Al2O3	20.10	5.30	14.00	18.53	17.33	19.39	19.07	11.19	13.38	19.53	17.88	12.77	13.35	17.74	17.23	14.34	16.83	14.40
Fe2O3	26.35	24.86	14.54	0.00	-1.30	3.13	4.42	12.89	8.25	3.90	1.78	14.41	15.58	8.53	7.46	15.86	3.21	8.14
FeO	9.77	6.18	28.48	18.91	28.50	21.98	20.83	29.68	28.70	16.18	20.99	33.61	35.78	21.10	20.58	20.70	20.10	30.32
MnO	0.49	0.78	2.87	4.54	1.09	4.93	1.94	0.57	2.67	1.86	0.37	0.29	0.35	0.39	0.62	0.30	0.38	0.44
MgO	0.13	0.19	0.94	1.19	0.74	1.43	0.95	0.42	0.60	0.56	0.50	0.45	0.35	0.63	0.62	0.44	0.61	0.35
CaO	1.50	0.70	4.38	6.76	4.88	5.52	7.01	3.63	4.90	3.79	2.46	4.33	2.04	3.29	2.80	5.88	4.20	4.30
Na2O	0.47	0.18	0.11	0.03	0.09	0.17	0.11	0.14	0.11	0.15	0.10	0.00	0.01	0.09	0.10	0.02	0.10	0.35
K2O	0.38	0.32	0.98	0.76	0.81	1.02	0.80	0.52	0.61	0.91	0.72	0.48	0.36	0.86	0.77	0.51	1.15	0.57
P2O5	0.43	0.52	0.41	0.20	0.28	0.22	0.18	0.26	0.29	0.08	0.08	0.41	0.36	0.19	0.12	0.23	0.14	0.48
H2O			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
CO2			0.27	1.38	0.76	0.94	1.74	0.50	0.65	0.39	0.35	0.14	0.29	0.55	0.46	0.23	0.51	
FeM			5.07	4.94	7.04	2.80	1.26	2.97	2.15	2.42	0.54	3.25	3.57	1.91	2.46	3.94	2.98	
Total	89.10	80.82	97.03	97.87	100.04	100.07	99.81	99.06	99.60	97.98	99.68	98.97	99.66	100.15	98.25	96.95	98.51	98.59
Eléments traces ppm																		
Zr			196	304	290	272	273	253	209	353	394	231	229	325	333	290	356	
Y			38	49	45	56	46	39	41	49	36	44	44	43	45	45	45	
Sr			156	159	164	255	171	54	88	86	114	63	52	93	64	72	72	
Rb			18	19	22	30	22	16	29	26	17	13	13	26	18	13	21	
Ba			163	248	167	342	229	230	580	561	129	131	194	148	314	170	270	
V			828	859	776	839	785	1197	1199	1686	1019	1393	1849	1251	1747	1608	1634	
Sn			<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	
Sb			6	<5	<5	5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	6	<5	<5	
Ag			2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	2	<2	<2	<2	<2	
As			848	64	127	38	40	15	31	15	22	13	26	28	24	9	17	
Pb			<6	<6	<6	<6	7	24	15	<6	<6	<6	16	7	6	6	<6	
Zn			58	27	40	33	46	157	158	39	29	122	196	62	55	122	41	
Cu			63	28	15	11	14	15	27	4	4	15	21	11	9	18	6	
Ni			260	34	66	36	37	26	36	15	17	26	26	19	20	22	20	
Cr			96	88	99	97	100	87	84	145	121	96	100	127	155	113	147	
Co			142	7	44	49	57	21	20	13	60	28	22	56	19	51	13	

4.4	**Scories de la région du Mormont 1**			
N° échan.	Localisation	catégorie description	analyse minéralogique RX, lames minces	remarque référence
Secteur La Praz - Juriens				
PRI 181	Prins Bois 1, 5.1	scorie		Pelet 1960a
PRI 182	Prins Bois 1, 5.1, four 19,	scorie		Pelet 1960a
PRI 1	Prins Bois 2, 5.2	SGD, non coulée		Fe abondant
PRI 2	Prins Bois 2, 5.2	interm., gris/jaunâtre, bulleux, bloc		Fe, hétérogène
PRI 3	Prins Bois 2, 5.2	SVN, tuyau		Fe, hétérogène
PRI 4	Prins Bois 2, 5.2	SVN, tuyau ?		
PRI 5	Prins Bois 2, 5.2	SVN, tuyau		Fe
BAR 1	Barnel 1, 7	SGD, amas de cordons		
BAR 2	Barnel 1, 7	interm., gris clair, bulleux, tuyau ?		hétérogène
BAR 3	Barnel 1, 7	SVN, tuyau		
BAR 4	Barnel 1, 7	SVN, tuyau		
ROS 201	Rosset 2, 8	SGD, amas de cordons		
ROS 202	Rosset 2, 8	SGD, amas de cordons	Fay, Her	
ROS 203	Rosset 2, 8	SVN, tuyau		
ROS 204	Rosset 2, 8	SVN, tuyau		
ROS 101	Rosset 1, 9	SGD, amas de cordons		
ROS 102	Rosset 1, 9	SVN, tuyau ?		inclusions silicates
ROS 181	Rosset 1, 9	scorie		Pelet 1960a

SGD : Scorie grise dense
SVN : Scorie vitreuse noire
interm. : Scorie intermédiaire entre SVN et SGD

Fay : Fayalite
Her : Hercynite

Fe: fer métal visible

Annexe 4.5

Ech n°	FDF 1	FDF 2	FDF 3	FDF 4	FDF 181	FDF 182	VOU 1	VOU 2	VOU 3	VOU 4	VOU 5	BOS 1	BOS 2	BOS 3	BOS 4	BOS 13	BOS 14	BOS 15	BOS 181
Eléments majeurs % poids																			
SiO2	47.67	35.65	48.57	43.28	42.06	48.48	77.23	37.70	42.52	48.34	42.00	36.89	45.28	37.23	53.04	46.33	48.50	39.41	43.37
TiO2	0.72	0.86	1.02	1.06	0.54	1.00	0.43	0.99	1.20	1.29	0.88	0.86	0.84	1.02	0.98	1.17	1.20	0.92	0.67
Al2O3	12.61	16.82	17.82	17.88	17.75	20.95	10.61	17.24	21.64	22.28	16.61	14.87	14.26	17.96	16.07	20.01	20.72	15.93	17.30
Fe2O3	0.29	3.84	12.09	14.51	17.40	18.36	0.00	2.27	7.75	2.90	8.77	16.53	2.19	12.37	1.00	0.77	3.13	10.71	8.86
FeO	18.78	18.85	7.45	8.46	13.79	5.03	3.09	21.45	8.57	17.30	11.60	18.52	23.53	24.96	19.77	22.20	17.73	23.04	22.56
MnO	0.53	2.89	0.39	0.86	0.75	1.01	0.11	5.52	3.30	1.03	3.49	0.37	0.66	0.38	0.58	0.47	0.46	0.34	0.45
MgO	0.37	0.71	0.35	0.79	0.24	0.05	1.05	1.10	1.23	0.85	1.57	0.33	0.27	0.32	0.33	0.36	0.54	0.33	0.70
CaO	3.13	8.39	2.62	4.53	5.00	3.05	1.10	6.68	5.67	4.40	7.06	3.43	1.87	2.00	2.51	3.12	5.11	2.74	3.15
Na2O	0.03	0.10	0.07	0.14	0.61	0.89	1.32	0.09	0.01	0.08	0.24	0.01	0.01	0.10	0.08	0.25	0.12	0.13	0.01
K2O	0.74	1.23	0.67	0.56	0.22	0.12	2.46	0.63	1.15	0.81	0.90	0.36	0.48	0.52	0.51	0.72	0.83	0.44	0.53
P2O5	0.30	0.30	0.12	0.19	0.39	0.21	0.10	0.21	0.08	0.07	0.24	0.20	0.19	0.16	0.09	0.08	0.08	0.17	0.36
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00			0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
CO2	1.25	2.85	0.80	0.55			0.66	1.63	0.58	0.36	1.13	1.15	0.80	1.79	1.13	0.75	0.82	1.24	
FeM	12.79	6.89	7.07	6.72			1.02	2.75	3.29	0.40	4.14	6.16	9.24	1.24	3.67	1.88	0.64	3.01	
Total	99.21	99.38	99.04	99.53	98.75	100.05	99.50	98.26	96.99	100.11	98.63	99.68	99.62	100.05	99.76	98.11	99.88	98.41	97.96
Eléments traces ppm																			
Zr	249	226	334	289			127	247	346	372	269	300	318	339	411	385	386	339	
Y	38	48	48	47			24	50	60	46	43	45	49	47	48	53	54	46	
Sr	61	100	60	203			71	140	253	169	222	50	58	59	61	66	81	49	
Rb	34	33	24	23			93	29	31	30	40	16	24	22	28	22	30	23	
Ba	155	542	304	183			327	317	357	198	271	246	340	258	239	334	347	274	
V	828	1215	1707	850			51	925	1006	954	610	2013	1585	1659	1475	1967	1455	2261	
Sn	<5	<5	<5	<5			<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	
Sb	<5	<5	<5	<5			<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	
Ag	<2	2	<2	<2			<2	<2	<2	<2	<2	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	
As	50	35	32	68			41	<8	28	16	45	15	51	25	33	23	17	43	
Pb	7	7	<6	<6			<6	<6	<6	<6	<6	15	7	<6	10	<6	<6	8	
Zn	66	41	45	52			14	48	26	28	30	142	82	75	41	49	26	174	
Cu	15	36	11	<3			10	22	<3	<3	5	30	19	44	24	8	<3	17	
Ni	45	33	44	36			36	28	16	13	29	31	46	27	19	22	21	27	
Cr	100	99	122	104			67	91	146	144	90	121	106	135	100	157	160	136	
Co	56	9	34	43			15	13	12	14	64	21	40	20	50	13	9	121	

4.5	**Scories de la région du Mormont 2**			
N° échan.	Localisation	catégorie description	analyse minéralogique RX, lames minces	remarque référence
Secteur Moiry - Bellaires				
FDF 1	Fontaine des Forges, 14	SVN, tuyau		Fe abondant, hétéro.
FDF 2	Fontaine des Forges, 14	interm., gris clair, bulleux, bloc		inclusions silicates
FDF 3	Fontaine des Forges, 14	SVN, tuyau		Fe, hétérogène
FDF 4	Fontaine des Forges, 14	SVN, tuyau		Fe, hétérogène
FDF 181	Fontaine des Forges, 14,	scorie		Pelet 1960a
FDF 182	Fontaine des Forges, 14,	scorie		Pelet 1960a
VOU 1	Voualève 1, 15	scorie de paroi		Fe, incl.gneiss
VOU 2	Voualève 1, 15	interm., gris clair, bulleux, tuyau ?		hétérogène
VOU 3	Voualève 1, 15	SVN, tuyau		Fe
VOU 4	Voualève 1, 15	SVN, tuyau		Fe
VOU 5	Voualève 1, 15	SVN, tuyau		Fe
BOS 1	Bossena 1, 18	interm., gris jaunâtre, bulleux, tuyau		Fe, hétérogène
BOS 2	Bossena 1, 18	SVN, tuyau	verre, (Qz)	Fe,incl.gneiss, hét.
BOS 3	Bossena 1, 18	SVN, tuyau		hétérogène
BOS 4	Bossena 1, 18	SVN, cordon plat		hétérogène
BOS 13	Bossena 1, 18	SVN, tuyau		
BOS 14	Bossena 1, 18	SVN, tuyau		
BOS 15	Bossena 1, 18	SVN, tuyau		
BOS 181	Bossena 1, 18	scorie		Pelet 1960a

SGD : Scorie grise dense
SVN : Scorie vitreuse noire
interm. : Scorie intermédiaire entre SVN et SGD

Qz : Quartz

Fe: fer métal visible

Annexe 4.6

Ech n°	BEL 101	BEL 102	BEL 181	BEL 182	BEL 183	BEL 184	BEL 185	BEL 186	BEL 187	BEL 188	BEL 189	BEL 190	BEL 191	BEL 302	BEL 304	BEL 305	BEL 281	BEL 282
Eléments majeurs % poids																		
SiO2	35.32	28.82	58.30	51.20	18.07	41.00	31.16	53.28	27.09	13.48	55.05	38.05	40.85	29.68	28.41	36.83	42.44	25.66
TiO2	0.90	0.74		0.62				0.58	0.49		0.39		0.44	0.78	0.65	0.88		
Al2O3	16.16	13.58	11.28	11.20	6.01	16.69	13.02	11.92	10.12	9.12	9.35	11.69	11.48	14.38	11.06	15.09	13.88	11.51
Fe2O3	24.09	24.50	24.75	27.65	63.48	7.63	9.82	25.90	44.72	72.26	10.38	37.53	40.85	31.13	19.42	25.52	4.06	11.32
FeO	9.68	17.85				31.93	39.10							7.86	30.73	11.46	35.35	47.28
MnO	0.33	1.68	0.12	0.05	0.39	0.32	0.32	0.11	0.12	0.19	0.12	0.39	0.09	0.30	0.26	0.25	0.39	0.36
MgO	0.37	0.80	0.20	0.66		0.20	1.21	1.31	2.62	0.60	0.71	0.71	0.40	0.41	0.38	0.41	0.40	0.40
CaO	3.63	3.79	0.28	0.70	2.66	2.24	3.93	2.94	2.80	0.56	5.89	5.89	1.54	5.20	2.78	1.89	3.65	3.08
Na2O	0.09	0.08												0.02	0.22	0.04		
K2O	0.55	0.48												0.41	0.32	0.36		
P2O5	0.25	0.45												0.28	0.41	0.21		
H2O	0.00	0.00												0.00	0.00	0.00		
CO2	1.33	0.17												0.35	0.16	0.67		
FeM	7.10	7.29												8.81	4.70	6.11		
Total	99.80	100.23	94.93	92.08	90.61	100.01	98.56	96.04	87.96	96.21	81.89	94.26	95.65	99.61	99.50	99.72	100.17	99.61
Eléments traces ppm																		
Zr	273	193												223	241	294		
Y	48	52												45	40	38		
Sr	53	98												54	50	70		
Rb	17	19												16	11	10		
Ba	240	116												186	137	223		
V	1624	809												1591	1454	1707		
Sn	<5	<5												<5	<5	<5		
Sb	<5	<5												<5	<5	<5		
Ag	<2	<2												<2	<2	<2		
As	34	65												29	62	19		
Pb	8	11												17	26	<6		
Zn	109	104												143	151	100		
Cu	19	10												32	68	18		
Ni	43	35												39	53	17		
Cr	123	78												125	87	124		
Co	32	39												39	82	55		

4.6	**Scories de la région du Mormont 3**			
N° échan.	Localisation	catégorie description	analyse minéralogique RX, lames minces	remarque référence
Secteur Moiry - Bellaires (suite)				
BEL 101	Bellaires 1, 25.1	SVN, tuyau		Fe, hétérogène
BEL 102	Bellaires 1, 25.1	SGD, amas de cordons		Pelet 1973
BEL 181	Bellaires 1, 25.1, four 9	paroi		Pelet 1973
BEL 182	Bellaires 1, 25.1, four 5	paroi		Pelet 1973
BEL 183	Bellaires 1, 25.1, four 4/5	scorie		Pelet 1973
BEL 184	Bellaires 1, 25.1, four 7	paroi		Pelet 1973
BEL 185	Bellaires 1, 25.1, four 15	scorie		Pelet 1973
BEL 186	Bellaires 1, 25.1, four 12	paroi		Pelet 1973
BEL 187	Bellaires 1, 25.1, four 12	fond		Pelet 1973
BEL 188	Bellaires 1, 25.1, four 14	scorie		Pelet 1973
BEL 189	Bellaires 1, 25.1, four 2	paroi		Pelet 1973
BEL 190	Bellaires 1, 25.1, four 3	paroi		Pelet 1973
BEL 191	Bellaires 1, 25.1, four 4	paroi		Pelet 1973
BEL 302	Bellaires 3, 25.3	interm., gris clair, bulleux, tuyau ?		
BEL 304	Bellaires 3, 25.3	interm., jaunâtre	Fay, Her, (Qz)	
BEL 305	Bellaires 3, 25.3	SVN, tuyau		
BEL 281	Bellaires 2, 25.2, four 17	scorie		Pelet 1973
BEL 282	Bellaires 2, 25.2, four 17	scorie		Pelet 1973

SGD : Scorie grise dense
SVN : Scorie vitreuse noire
interm. : Scorie intermédiaire entre SVN et SGD

Fay : Fayalite
Her : Hercynite
Qz : Quartz

Fe: fer métal visible

Ech n°	CAR 1	CAR 2	CAR 3	CAR 4	CAR 5	CAR 6	CAR 7	CAR 8	CAR 9	CAR 10	LAC 301	LAC 302	MLF 181	MLF 182	MLF 183	LOU 181	ORN 201
Eléments majeurs % poids																	
SiO2	46.80	35.43	64.21	34.20	38.20	45.90	40.78	46.77	41.90	47.13	37.88	46.76	41.78	39.35	41.38	40.30	52.69
TiO2	1.18	0.76	0.62	0.94	0.87	0.98	0.88	1.00	1.07	1.30	0.90	0.91	0.92	0.87	0.87	0.75	0.89
Al2O3	21.23	13.51	12.38	17.45	15.08	16.65	15.58	17.36	18.92	22.27	16.00	16.36	27.50	27.50	32.01	32.80	16.05
Fe2O3	0.00	13.98	4.26	25.41	24.96	9.59	15.49	5.76	14.42	9.56	21.13	0.70	14.92	15.88	14.58	10.78	0.42
FeO	10.07	23.30	4.97	8.44	4.23	15.68	19.33	21.40	10.40	8.89	10.54	20.91	4.18	2.59	2.59	3.59	20.73
MnO	0.38	0.28	0.11	0.37	0.61	0.72	0.67	0.73	0.40	0.61	0.28	1.19	0.18	0.15	0.23	0.16	0.97
MgO	0.55	0.48	1.28	0.50	0.63	0.53	0.35	0.53	0.66	0.59	0.53	0.52	3.60	1.83	0.05	0.16	0.55
CaO	4.88	5.84	6.52	2.74	3.81	3.68	2.18	3.13	3.84	2.96	4.39	4.18	3.45	4.15	3.80	5.50	4.43
Na2O	0.00	0.05	0.83	0.06	0.17	0.08	0.07	0.05	0.06	0.23	0.29	0.03	0.51	0.50	0.47	1.13	0.13
K2O	0.81	0.53	2.58	0.68	0.62	0.45	0.55	0.56	0.93	0.60	0.61	0.76	1.05	0.83	0.51	0.96	0.78
P2O5	0.07	0.28	0.16	0.21	0.22	0.14	0.14	0.13	0.14	0.05	0.25	0.18	0.78	0.53	0.89	0.50	0.11
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					0.00
CO2	3.47	0.35	0.28	0.54	0.38	0.70	1.17	0.25	1.07	0.22	0.33	0.89					0.46
FeM	9.47	4.53	1.13	7.98	8.56	4.27	2.02	2.62	5.68	5.40	6.90	5.61					0.94
Total	98.91	99.32	99.33	99.52	98.34	99.37	99.21	100.29	99.49	99.81	100.03	99.00	98.87	94.18	97.38	96.63	99.15
Eléments traces ppm																	
Zr	342	221	181	247	247	332	261	336	295	360	267	323					303
Y	45	39	25	46	42	44	41	45	55	58	45	46					36
Sr	121	91	129	70	80	114	58	112	93	96	93	87					99
Rb	27	23	84	18	27	19	27	22	17	17	18	25					37
Ba	153	113	489	95	151	119	93	132	128	162	101	251					208
V	1026	965	113	1296	790	961	1448	1031	1558	1711	1296	1078					870
Sn	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5					<5
Sb	<5	10	<5	5	5	<5	<5	<5	<5	<5	5	<5					<5
Ag	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2					<2
As	22	88	56	15	40	52	83	56	26	23	22	60					33
Pb	<6	21	8	<6	12	<6	12	<6	<6	<6	18	8					<6
Zn	27	117	38	98	103	37	133	36	24	23	148	44					20
Cu	<3	30	14	31	17	6	29	9	<3	<3	27	8					<3
Ni	34	100	45	28	40	40	60	41	33	28	44	44					16
Cr	132	90	47	126	89	105	111	107	128	131	115	106					101
Co	45	82	88	41	79	35	24	38	29	66	46	39					81

4.7	**Scories de la région du Mormont 4**			
N° échan.	Localisation	catégorie description	analyse minéralogique RX, lames minces	remarque référence
Secteur Moiry - Bellaires (suite)				
CAR 1	Carolines, 16	SVN, tuyau	verre, (Qz)	Fe, hétérogène
CAR 2	Carolines, 16	SGD, plaque	Fay, Her, (Qz)	Fe
CAR 3	Carolines, 16	scorie de paroi		Fe abondant, gneiss
CAR 4	Carolines, 16	interm., gris jaunâtre, tuyau		Fe, hétérogène
CAR 5	Carolines, 16	scorie de paroi		Fe, gneiss, argile
CAR 6	Carolines, 16	SVN, tuyau ?		Fe, hétérogène
CAR 7	Carolines, 16	SVN, tuyau		Fe
CAR 8	Carolines, 16	SVN, tuyau		Fe, hétérogène
CAR 9	Carolines, 16	SVN, tuyau ?		Fe, hétérogène
CAR 10	Carolines, 16	SVN, tuyau		Fe, hétérogène
LAC 301	Petits Lacs 3, 19	interm., gris jaunâtre		hétérogène
LAC 302	Petits Lacs 3, 19	interm., gris jaunâtre, bulleux		Fe abondant
Secteur Pompaples - La Sarraz - Mormont				
MLF 181	Maillefer 1, 38	scorie		Pelet 1960a
MLF 182	Maillefer 2, 38	scorie		Pelet 1960a
MLF 183	Maillefer 3, 38	scorie		Pelet 1960a
LOU 181	Saint Loup, 39	scorie		Pelet 1960a
Secteur Orny				
ORN 201	Vignes d'Orny, 45	SVN, tuyau ?		

SGD : Scorie grise dense
SVN : Scorie vitreuse noire
interm. : Scorie intermédiaire entre SVN et SGD

Fay : Fayalite
Her : Hercynite
Qz : Quartz

Fe: fer métal visible

Annexe 4.8

Ech n°	AFF 1	AFF 2	AFF 3	AFF 9	AFF 10	TIG 1	TIG 2	MRD 1	MRD 2	DON 1	DON 2	DON 3	COM 1	COM 2
Eléments majeurs % poids														
SiO2	38.62	35.15	39.09	45.54	44.50	34.94	68.80	39.29	41.58	43.55	45.32	12.51	35.47	43.29
TiO2	0.90	0.96	0.86	1.08	1.21	0.86	0.66	0.80	1.07	1.14	1.15	0.12	0.88	1.13
Al2O3	15.49	17.09	15.09	18.48	21.29	15.48	9.75	14.88	19.08	20.04	19.85	1.82	15.06	19.05
Fe2O3	11.36	26.73	21.57	2.87	9.17	6.27	0.46	12.70	6.54	-1.40	4.93	46.38	13.34	5.40
FeO	22.06	5.41	9.21	20.16	10.30	13.35	14.64	21.67	20.59	8.67	20.42	32.06	17.73	23.46
MnO	0.63	0.39	0.73	0.81	0.47	16.33	0.42	2.30	0.77	16.51	1.53	0.09	2.11	0.40
MgO	0.46	0.46	0.52	0.54	0.61	0.66	0.39	0.52	0.59	0.78	0.57	0.46	0.47	0.41
CaO	4.05	2.62	3.02	3.34	3.78	6.89	2.72	2.19	3.04	5.49	3.49	3.41	4.06	1.93
Na2O	0.06	0.05	0.10	0.11	0.01	0.02	0.03	0.40	0.22	0.08	0.08	0.08	0.43	0.12
K2O	0.77	0.95	0.84	1.03	1.13	0.80	0.74	0.68	0.82	1.12	0.60	0.48	0.52	0.47
P2O5	0.24	0.40	0.28	0.12	0.09	0.25	0.23	0.28	0.21	0.04	0.10	1.39	0.41	0.13
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO2	1.09	0.66	0.33	0.64	0.76	1.03	0.36	0.67	2.33	0.29	0.74	0.40	4.18	0.38
FeM	4.24	8.23	7.43	3.15	3.92	0.68	0.00	3.55	2.83	1.22	1.25	0.72	5.41	1.16
Total	99.97	99.10	99.07	97.87	97.24	97.56	99.55	99.93	99.67	97.53	100.03	99.92	100.07	97.33
Eléments traces ppm														
Zr	278	275	268	358	353	207	293	207	321	259	301	53	248	328
Y	44	46	43	46	50	50	22	37	50	59	40	9	34	34
Sr	65	61	68	68	77	225	67	95	75	232	110	62	79	75
Rb	31	23	29	37	29	46	17	32	24	48	23	6	25	20
Ba	333	205	299	366	261	6851	277	1071	340	8681	469	41	1031	149
V	1509	1460	1480	1703	1601	794	338	860	1696	765	952	126	883	1053
Sn	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Sb	<5	<5	<5	<5	5	<5	<5	<5	<5	6	<5	8	<5	<5
Ag	<2	<2	2	<2	<2	<2	2	<2	<2	2	<2	<2	<2	<2
As	23	40	28	15	23	213	23	15	73	28	30	177	50	33
Pb	9	10	<6	<6	<6	<6	12	9	<6	<6	<6	<6	42	9
Zn	96	125	116	34	51	50	198	68	51	24	47	29	131	64
Cu	13	45	41	5	7	17	<3	31	24	<3	<3	47	16	5
Ni	26	30	20	15	18	59	41	22	56	31	24	104	37	19
Cr	118	132	124	152	165	80	66	88	142	82	122	50	140	141
Co	38	46	32	11	17	34	67	30	103	18	38	98	32	71

4.8	**Scories de la région du Mormont 5**			
N° échan.	Localisation	catégorie description	analyse minéralogique X, lames minces	remarque référence
Secteur Ferreyres				
AFF 1	Maison Favre, 28	SVN, tuyau		Fe
AFF 2	Maison Favre, 28	interm., gris clair	Fay, Her, (Qz)	Fe,incl.sil.,hétéro.
AFF 3	Maison Favre, 28	interm., gris jaunâtre, informe		Fe,incl.silicates
AFF 9	Maison Favre, 28	interm., gris jaunâtre, bulleux, tuyau		Fe,incl.sil.,hétéro.
AFF 10	Maison Favre, 28	SVN, tuyau aplati		Fe, hétérogène
TIG 1	Le Tignon, 30	interm., gris jaunâtre, bloc		Fe, hétérogène
TIG 2	Le Tignon, 30	scorie de paroi		Fe, hétérogène
MRD 1	Morandin 1, 31	interm., gris clair, bulleux, bloc ?		
MRD 2	Morandin 1, 31	SVN, tuyau ?		Fe, hétérogène
DON 1	Donchires 1, 34	interm., gris clair, bloc ?		Fe, hétérogène
DON 2	Donchires 1, 34	SVN, tuyau		hétérogène
DON 3	Donchires 1, 34	SGD, calotte ?		Fe abondant structure ± radiaire
COM 1	En Combattions, 35	SVN, tuyau		hétérogène
COM 2	En Combattions, 35	SVN, tuyau		

SGD : Scorie grise dense
SVN : Scorie vitreuse noire
interm. : Scorie intermédiaire entre SVN et SGD

Fay : Fayalite
Her : Hercynite
Qz : Quartz

Fe: fer métal visible

Annexe 4.9

Ech.N°	ETO 1	ETO 2	VID 1	VID 2	VID 3	VID 4	VID 5	VID 6	VID 7	VID 8	VID 9	VID 10	VID 12	VID 27	VID 28	VID 29	VID 30	VID 102
Eléments majeurs % poids																		
SiO2	52.21	41.13	37.26	30.86	24.17	36.39	15.48	36.51	29.62	22.89	18.26	42.60	57.47	47.87	36.21	25.80	17.72	23.68
TiO2	1.03	0.85	0.22	0.23	0.19	0.22	0.13	0.34	0.23	0.17	0.17	0.39	0.44	0.32	0.23	0.14	0.13	0.15
Al2O3	29.00	24.57	5.13	4.97	4.01	5.42	2.74	6.93	4.93	3.59	3.31	7.79	9.54	6.64	5.29	3.47	2.63	2.87
Fe2O3	6.35	5.58	25.82	20.73	60.28	25.74	67.26	7.82	52.37	39.01	40.63	7.07	10.81	11.20	23.33	37.60	26.08	32.88
FeO	0.46	10.39	22.10	31.70	0.00	22.20	0.00	28.25	0.00	22.80	25.30	18.65	4.00	21.11	19.65	16.39	28.71	28.05
MnO	0.10	0.17	0.06	0.11	0.08	0.09	0.10	0.08	0.13	0.09	0.07	0.12	0.10	0.14	0.09	0.06	0.15	0.06
MgO	1.42	3.58	0.56	0.79	0.84	0.99	0.29	0.97	0.64	0.47	0.67	2.24	1.26	1.07	0.82	0.35	1.29	0.54
CaO	4.17	7.98	2.37	3.61	5.39	4.33	2.89	13.15	4.62	3.52	2.94	12.38	9.04	9.58	9.16	2.86	10.77	7.93
Na2O	1.17	0.94	0.42	0.40	0.57	0.49	0.12	0.50	0.29	0.33	0.23	0.72	1.04	0.59	0.57	0.39	0.04	0.33
K2O	3.45	2.97	1.49	1.37	1.73	1.96	0.49	2.15	1.40	1.15	0.79	4.19	3.52	2.96	2.20	1.18	1.34	2.28
P2O5	0.33	0.59	0.42	0.69	0.85	0.47	1.36	0.55	1.36	0.47	0.61	0.67	0.39	0.76	0.52	0.58	1.01	0.36
H2O	0.32	1.28	2.34	2.62	0.00	1.14	3.90	1.17	1.14	3.52	3.10	1.69	0.00	0.00	0.81	7.78	6.06	0.00
CO2			1.91	1.43	1.47	1.28	5.04	0.62	2.78	2.45	1.90	0.33	0.92					0.20
FeM	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53
Total	100.01	100.03	100.10	99.51	100.46	100.72	99.80	99.04	99.51	100.46	97.98	98.84	99.17	102.25	98.49	96.61	95.95	99.86
Eléments traces ppm																		
Zr			74	74	53	68	36	101	70	50	47	104	126					53
Y			14	14	13	15	9	18	12	11	9	23	21					15
Sr			57	97	116	99	98	97	128	64	79	137	222					92
Rb			57	53	40	64	17	83	49	44	21	137	109					86
Ba			253	368	209	241	285	341	489	199	183	333	498					258
V			40	28	27	26	58	35	51	46	40	34	38					15
Sn			<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	11	<5					<5
Sb			<5	<5	<5	<5	8	<5	<5	7	<5	<5	<5					<5
Ag			<2	<2	<2	<2	2	2	2	<2	3	<2	2					2
As			40	<8	521	95	336	<8	44	102	51	<8	14					73
Pb			22	<6	29	<6	<6	7	<6	14	<6	308	<6					<6
Zn			26	27	30	35	37	23	33	35	30	25	20					19
Cu			70	38	221	69	326	26	80	135	62	116	32					79
Ni			96	17	395	258	925	21	64	229	142	122	45					141
Cr			32	34	26	31	32	38	33	25	27	54	38					16
Co			146	28	373	186	999	27	83	262	160	98	44					145

4.9	**Scories de la région lémanique**			
N° échan.	Localisation	catégorie description	analyse minéralogique X, lames minces	remarque référence
Etoy, La Romanèche				
ETO 1	Etoy, La Romanèche, surface	mâchefer		
ETO 2	Etoy, La Romanèche, surface	mâchefer		
Lausanne, Vidy				
VID 1	Vidy, Chavannes 26 1984 1573	paroi fondue		
VID 2	Vidy, Chavannes 26 1984 1587	frgt calotte (ø 6 cm)		charbonneux
VID 3	Vidy, Chavannes 26 1984 2635	calotte SGD ø 10 cm, h 5 cm, 700 gr	lm : Fay, Wü, verre	homogène
VID 4	Vidy, Chavannes 26 1984 2637	sc informe SGD		gros nodule Fe
VID 5	Vidy, Chavannes 26 1984 2822b	sc informe		
VID 6	Vidy, Chavannes 26 1984 2958a	paroi fondue		
VID 7	Vidy, Chavannes 26 1984 2958b	sc informe		
VID 8	Vidy, Chavannes 26 1984 2958c	frgt calotte		charbonneux
VID 9	Vidy, Chavannes 26 1984 2958d	frgt calotte SGD		
VID 10	Vidy, Chavannes 26 1984 2958f	sc informe		
VID 12	Vidy, Chavannes 26 1984 3007	verre bleu informe		
VID 27	Vidy, mosaïque 1973	frgt calotte		hétérogène
VID 28	Vidy, mosaïque 1973	frgt calotte SGJ		hétérogène, charbon.
VID 29	Vidy, mosaïque 1973	frgt calotte SGJ ø 8 cm, h 4 cm, ±200 gr		charbonneux
VID 30	Vidy, mosaïque 1973	frgt calotte SGD ø 6 cm, h 3 cm, 300 gr		homogène
VID 102	Vidy, mosaïque 1973	calotte SGD ø 10x8 cm, h 3 cm, ±500 gr		homogène

SGD : scorie grise dense
SGJ : scorie grise jaunâtre

ø : diamètre
h : épaisseur

lm : lame mince
Fay : Fayalite
Wü : Wüstite

Fe: fer métal visible

Annexe 5.1

Ech n°	MON 1	MON 2	MON 54	MON 56	MON 57	MON 62	MON 63	MON 55	MON 55	MON 58	MON 59	MON 60	CLE 101
Eléments majeurs % poids													
SiO2	33.53	30.56	32.39	32.61	34.84	27.21	20.70	2.66	3.26	13.93	1.73	13.20	2.35
TiO2	0.40	0.36	0.39	0.36	0.42	0.37	0.26	0.10	0.13	0.18	0.05	0.13	0.02
Al2O3	6.48	6.44	6.40	6.04	7.00	7.01	5.02	1.57	1.87	3.37	1.00	2.01	0.18
Fe2O3	55.92	44.87	51.96	54.84	50.70	48.67	63.95	31.07	35.14	15.81	9.64	13.16	85.31
FeO	0.00	6.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41
MnO	0.91	4.62	2.13	0.44	1.61	4.19	1.19	0.37	0.46	2.13	5.04	0.15	0.02
MgO	0.49	0.94	0.26	0.41	0.75	0.97	0.63	0.25	0.20	0.24	0.30	0.21	0.14
CaO	1.16	3.18	1.18	0.86	1.74	2.02	2.06	35.34	32.47	35.88	43.99	36.30	0.10
Na2O	0.11	0.05	0.04	0.01	0.72	0.00	0.00	0.51	0.10	0.20	0.35	0.37	0.07
K2O	0.11	0.12	0.18	0.12	0.15	0.15	0.16	0.03	0.01	0.12	0.06	0.05	0.02
P2O5	0.65	0.81	0.67	0.50	0.84	0.71	1.02	0.32	0.42	0.11	0.13	0.15	0.13
H2O	1.17	1.88	3.27	1.56	0.58	7.36	3.68	1.52	0.26	0.00	0.00	0.00	10.71
CO2	0.62	1.28	0.44	0.55	0.42	0.62	0.51	26.30	25.32	27.90	36.86	34.33	0.49
Total	101.55	101.48	99.31	98.30	99.77	99.32	99.22	100.04	99.64	99.87	99.15	100.06	100.13
Eléments traces ppm													
Zr	156	142	179	154	163	138	136	39	49	45	16	52	11
Y	21	21	24	16	20	22	23	11	13	14	9	9	5
Sr	49	57	59	30	48	167	76	58	60	51	102	41	17
Rb	5	9	6	8	8	13	7	3	3	6	2	4	2
Ba	77	55	116	62	43	112	87	42	57	109	66	68	7
V	797	854	971	907	504	1002	1196	285	335	51	82	168	370
Sn	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Sb	<5	<5	7	<5	<5	<5	<5	<5	5	<5	<5	7	25
Ag	2	2	2	<2	2	<2	<2	2	3	3	5	5	<2
As	412	370	461	381	244	636	677	246	306	63	130	67	359
Pb	19	21	24	17	23	19	23	9	17	13	7	8	58
Zn	146	147	174	163	107	168	186	62	87	37	55	38	108
Cu	57	72	94	81	49	85	95	38	55	5	28	31	30
Ni	289	258	286	315	204	320	365	81	118	55	66	55	1262
Cr	65	53	74	77	87	59	48	5	5	9	<4	16	108
Co	210	161	135	218	154	320	213	23	28	27	89	18	211

5.1	**Minerais de Montcherand**			
N° échan.	Localisation	catégorie description	remarque	référence
Minerais "archéologiques" : Bolus				
MON 1	Montcherand	bolus rouge	incl.Qz	Abetel 1992, fig.20
MON 2	Montcherand	bolus, aspect fritté	grillé	Abetel 1992, fig.21
MON 54	Montcherand	bolus rouge	incl.Qz	
MON 56	Montcherand	bolus rouge	env.10% piso.,incl.Qz	
MON 57	Montcherand	bolus, aspect fritté	grillé	
MON 62	Montcherand	bolus, aspect fritté	grillé	
MON 63	Montcherand	bolus, aspect fritté	grillé, noirâtre (Mn)	
Minerais "archéologiques" : Calcaires ferrugineux				
MON 551	Montcherand	calcaire ferrugineux	env.10% bolus	double de 552
MON 552	Montcherand	calcaire ferrugineux	env.10% bolus	double de 551
MON 58	Montcherand	calcaire ferrugineux		
MON 59	Montcherand	calcaire ferrugineux	env. 5% bolus, trace Mn	
MON 60	Montcherand	calcaire ferrugineux	trace Mn	
Les Clées : rognon de limonite				
CLE 101	Les Clées, lit de l'Orbe	rognon de limonite à structure fibro-radiée marcassite oxydée ?		

Qz : quartz visible

Annexe 5.2

Ech n°	MON 3C	MON 6	MON 7	MON 9	MON 24	MON 31	MON 31.	MON 35	MON 42	MON 44	MON 44	MON 45	MON 47	MON 52	MON 78	MON 79	MON 89	MON 96
Eléments majeurs % poids																		
SiO2	27.71	28.57	27.81	27.24	30.45	33.33	45.34	28.72	31.65	28.64	27.25	26.74	33.54	21.30	26.08	27.22	31.08	34.92
TiO2	0.39	0.41	0.42	0.30	0.37	0.42	0.55	0.32	0.43	0.35	0.34	0.36	0.40	0.33	0.41	0.42	0.37	0.40
Al2O3	7.68	8.28	8.78	6.05	6.88	8.50	10.20	6.43	8.59	6.92	6.67	6.89	7.70	6.71	8.20	8.57	6.99	7.32
Fe2O3	5.66	3.42	0.19	6.73	13.04	16.26	4.92	36.64	17.74	19.27	15.81	26.51	17.28	41.08	9.25	10.19	18.57	15.41
FeO	52.58	50.88	48.34	49.85	35.80	27.20	25.95	8.88	25.40	33.75	36.55	25.85	27.15	12.35	36.45	34.65	31.98	31.31
MnO	1.26	1.16	6.77	1.16	3.87	2.64	2.26	1.25	2.00	1.84	1.82	1.93	1.21	5.53	6.64	6.65	1.48	1.34
MgO	0.77	0.79	1.08	0.68	1.14	0.94	1.17	0.75	0.94	0.76	0.76	0.87	0.81	0.82	1.02	1.12	0.73	0.74
CaO	3.81	5.37	5.32	4.90	4.52	7.07	5.50	5.58	4.50	4.65	4.61	4.89	5.45	4.15	5.26	5.18	2.91	2.40
Na2O	0.11	0.06	0.06	0.22	0.12	0.29	0.25	0.20	1.44	0.07	0.25	0.05	0.49	0.02	0.08	0.27	0.03	0.08
K2O	0.51	0.43	0.54	0.72	0.33	0.46	0.77	0.74	0.44	0.24	0.25	0.34	0.40	0.34	0.55	0.54	0.34	0.33
P2O5	1.25	1.07	1.37	0.85	0.90	0.95	0.44	0.87	1.05	0.99	0.97	1.14	0.94	1.18	1.28	1.33	0.96	1.03
H2O	0.00	0.51	0.00	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO2	0.68	0.93	0.21	0.17	0.42	0.26	0.51	0.16	0.62	0.22	0.29	0.11	0.30	0.08	0.18	0.15	0.15	0.10
FeM	0.00	0.00	0.30	0.00	2.06	1.91	1.77	9.26	4.87	2.52	2.10	4.68	4.23	5.60	1.42	2.75	4.56	3.62
Total	102.41	101.88	101.19	99.42	99.90	100.23	99.63	99.80	99.67	100.22	97.67	100.36	99.90	99.49	96.82	99.04	100.15	99.00
Eléments traces ppm																		
Zr	155	165	166	133	237	208	207	156	203	163	157	161	179	174	166	171	188	204
Y	34	36	48	20	29	28	28	21	38	26	25	26	22	24	48	49	23	26
Sr	106	101	132	74	98	87	88	83	84	79	78	86	84	103	134	135	75	71
Rb	31	22	20	31	23	17	20	33	20	13	12	15	14	17	21	19	16	18
Ba	164	141	128	120	173	93	83	125	107	66	48	65	91	115	124	132	54	81
V	846	931	1676	825	737	1562	1506	864	1314	1104	1104	1283	1045	737	1745	1742	1103	906
Sn	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Sb	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	5	<5	8	5	<5	6	5	<5	<5	<5
Ag	5	5	3	5	<2	2	2	<2	<2	2	2	2	<2	2	2	4	<2	<2
As	16	66	35	9	32	30	24	<8	31	111	120	19	51	77	41	35	98	47
Pb	9	11	<6	6	<6	<6	<6	<6	8	11	16	<6	12	<6	<6	<6	<6	14
Zn	143	136	67	44	30	63	79	46	119	147	150	88	97	66	70	67	86	139
Cu	87	83	30	70	23	37	49	64	41	80	74	50	59	62	40	29	60	59
Ni	16	79	34	5	31	32	32	<4	33	88	92	19	53	66	31	31	70	58
Cr	43	56	63	50	80	71	67	51	85	59	58	58	64	41	64	62	61	66
Co	59	71	21	27	18	34	34	21	17	80	89	42	48	68	31	20	78	65

5.2	**Scories de Montcherand 1**			
N° échan.	Localisation	catégorie description	analyse minéralogique RX, lames minces (lm)	remarque référence
MON 3c	Montcherand, four 2b	SGD, plaque mince		incl. surf.inf. Abetel 1992, fig.29
MON 6	Montcherand, four 2b	SGD, cuvette	Fay, Her, verre lm	incl. surf.inf. Abetel 1992, fig.30
MON 7	Montcherand, four 2b	SGD, plaque mince		Abetel 1992, fig.31
MON 9	Montcherand, four 5	SGD, amas de cordons		Abetel 1992, fig.32
MON 241	Montcherand, four 2b	SGD, amas de cordons	Fay, (Her), (Qz) lm	Fe
MON 311inf MON 312sup	Montcherand, four 5	SGD, amas de cordons		
MON 35	Montcherand, four 5	SGD, cordon large	Fay	Fe Abetel 1992, fig. 39,40
MON 42	Montcherand, site	SGD, amas de cordons		
MON 441 MON 444	Montcherand, site	SGD, bloc, stratifié		Fe
MON 45	Montcherand, site	SGD, amas de cordons	Fay, Her lm	
MON 47	Montcherand, site	SGD, informe	Fay, (Qz) lm	
MON 52	Montcherand, four 2	SGD, plaque épaisse	Fay, Rhö	Fe
MON 78	Montcherand, four 2b	SGD, amas de cordons		
MON 79	Montcherand, four 2b	SGD, plaque mince		
MON 89	Montcherand, four 5	SGD, plaque+cordons		
MON 96	Montcherand, four 5	SGD, informe		jaunâtre

SGD : Scorie grise dense

lm : lame mince
voir ann. 5.6
Rhö : Rhoenite

Fay : Fayalite
Her : Hercynite
Qz : Quartz

Fe: fer métal visible

Annexe 5.3

Ech n°	MON 8	MON 9C	MON 26	MON 26	MON 28	MON 30	MON 32	MON 32	MON 32	MON 33	MON 36	MON 38	MON 38	MON 39	MON 41	MON 46	MON 90	MON 95
Eléments majeurs % poids																		
SiO2	46.26	37.36	44.98	38.70	44.64	34.18	42.90	38.79	38.96	39.05	37.29	37.35	34.38	34.73	48.12	37.57	36.18	47.66
TiO2	0.48	0.42	0.54	0.48	0.55	0.43	0.52	0.46	0.47	0.48	0.45	0.44	0.41	0.42	0.54	0.48	0.44	0.48
Al2O3	8.91	8.03	10.12	9.08	10.02	8.40	9.94	8.83	8.94	8.88	8.50	7.99	7.24	7.59	9.50	9.16	8.30	9.06
Fe2O3	1.35	5.16	8.31	14.67	9.12	16.01	12.21	11.58	20.28	3.09	19.46	6.93	20.52	12.95	5.02	14.03	20.37	3.26
FeO	31.34	43.18	24.15	22.75	18.10	27.45	23.80	29.70	21.55	37.80	21.60	35.75	28.65	31.55	26.25	26.10	22.27	30.45
MnO	1.47	1.27	2.21	2.06	3.82	3.27	2.44	2.18	2.16	2.33	1.99	1.46	1.64	1.81	1.53	2.25	1.72	0.72
MgO	0.89	0.77	1.08	0.93	1.19	0.98	0.98	0.93	0.87	0.90	1.10	0.86	0.91	0.78	0.95	0.95	0.82	0.76
CaO	5.56	4.49	5.49	4.89	6.89	4.87	3.50	3.53	3.36	3.15	3.99	5.67	4.64	3.50	2.68	4.49	3.38	4.97
Na2O	0.19	0.11	0.32	0.44	0.21	0.17	0.56	0.41	0.69	0.40	0.78	0.69	0.24	0.11	0.28	0.28	0.03	0.40
K2O	0.99	0.41	0.76	0.69	0.68	0.36	0.55	0.50	0.48	0.47	0.52	0.45	0.48	0.32	0.58	0.75	0.33	0.66
P2O5	0.62	0.80	0.42	0.67	0.40	0.86	0.49	0.67	0.70	0.68	0.84	0.90	0.93	0.96	0.44	0.67	0.81	0.64
H2O	0.64	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.00	0.94	0.00	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
CO2	0.64	0.70	0.29	0.29	0.50	0.33	0.55	0.84	0.70	0.47	0.15	0.22	0.26	0.15	0.30	0.20	0.20	0.18
FeM	0.00	0.00	0.49	3.34	2.11	2.36	1.42	0.00	1.23	0.00	3.32	0.00	0.05	3.83	3.18	2.50	5.31	0.00
Total	99.34	102.76	99.16	98.99	98.23	99.67	99.86	98.78	100.39	98.64	99.99	99.69	100.35	98.70	99.37	99.43	100.16	99.32
Eléments traces ppm																		
Zr	198	189	230	212	250	223	229	202	201	215	200	192	192	190	240	205	218	188
Y	30	24	38	37	42	30	37	35	34	35	25	31	27	24	32	39	26	24
Sr	94	86	98	88	121	94	93	83	83	87	97	102	87	78	84	84	87	89
Rb	41	17	25	22	29	18	22	20	23	20	18	20	19	14	27	24	17	29
Ba	183	98	152	141	261	92	111	120	105	109	94	92	74	72	109	127	104	140
V	644	1103	1187	1100	1324	1796	1205	1075	1087	1138	1132	1459	1016	925	1090	1168	1236	422
Sn	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Sb	<5	<5	<5	<5	<5	<5	5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	6	<5	<5	<5
Ag	5	2	<2	<2	<2	<2	2	<2	<2	2	<2	<2	2	<2	<2	2	<2	<2
As	78	73	18	26	42	16	11	17	58	25	18	18	50	109	28	13	20	92
Pb	7	<6	<6	7	<6	<6	<6	10	9	8	<6	<6	9	15	<6	7	6	14
Zn	61	79	43	50	20	73	80	117	117	116	64	56	85	84	56	41	77	67
Cu	30	44	24	36	50	49	48	35	65	39	92	17	30	39	16	20	40	36
Ni	69	56	29	27	32	17	18	27	35	16	17	18	34	84	24	29	5	94
Cr	63	63	70	65	62	70	80	76	72	77	65	66	68	64	85	63	72	67
Co	41	42	22	25	20	9	<6	35	53	14	26	41	59	87	18	26	17	62

5.3	**Scories de Montcherand 2**			
N° échan.	Localisation	catégorie description	analyse minéralogique RX, lames minces (lm)	remarque référence
MON 8	Montcherand, four 5	SVN, coulure large		surf.sup. ridée Abetel 1992, fig.35
MON 9c	Montcherand	SVJ, plaque		Abetel 1992
MON 261sup	Montcherand, four 5	SVN, tuyau		
MON 262inf		SVJ, tuyau		
MON 28	Montcherand, four 5	SVN, tuyau	verre, (Qz) lm	
MON 30	Montcherand, four 5	SGD, amas de cordons		
MON 321sup	Montcherand, four 5	SVN		
MON 322inf		SVJ		
MON 323com		SVJ		
MON 33	Montcherand, four 5	SVJ		
MON 36	Montcherand, four 5	SVJ, tuyau	Fay, (Qz) lm	
MON 381inf	Montcherand, four 5	SVJ, tuyau	Fay	
MON 382sup		SGD, cordons	Fay, (Qz)	
MON 39	Montcherand, four 5	SGD, amas de cordons	variations de structures, polygones	incl.surf.inf.
MON 411	Montcherand, site	SVJ	Fay, (Qz)	
MON 46	Montcherand	scorie hétérogène	Fay, (Qz) lm	
MON 90	Montcherand, four 5	SVN	Fay	Fe, hétérogène Abetel 1992, fig.39c
MON 95	Montcherand, four 5	SVN tuyau		

SGD : Scorie grise dense
SVN : Scorie vitreuse noire
SVJ : scorie vitreuse jaunâtre

lm : lame mince
voir ann. 5.6

Fay : Fayalite
Her : Hercynite
Qz : Quartz

Fe: fer métal visible

Annexe 5.4

Ech n°	MON 5	MON 13	MON 48	MON 49	MON 50	MON 51	MON 76	MON 92	MON 93	MON 53	MON 53:	MON 533
Elémenst majeurs % poids												
SiO2	37.01	36.86	37.42	35.75	32.94	36.73	33.78	33.38	33.68	36.38	36.48	37.01
TiO2	0.43	0.42	0.44	0.42	0.37	0.43	0.38	0.36	0.37	0.58	0.58	0.58
Al2O3	7.64	7.68	7.86	7.50	6.54	7.64	6.59	6.52	6.55	11.42	11.35	11.58
Fe2O3	1.62	3.22	8.43	11.13	14.99	5.63	0.00	14.79	12.04	0.00	0.00	0.37
FeO	36.56	34.83	25.15	25.90	25.45	29.85	38.33	25.09	27.07	0.08	3.03	0.00
MnO	1.50	1.43	1.50	1.53	1.60	1.44	1.59	1.56	1.57	23.01	21.99	22.94
MgO	0.96	0.94	0.96	0.84	0.87	0.90	0.87	0.90	0.89	1.65	1.62	1.67
CaO	14.31	13.91	14.22	13.47	12.79	14.03	13.08	12.95	13.01	15.35	14.93	15.46
Na2O	0.04	0.05	0.07	0.16	0.13	0.07	0.28	0.05	0.07	1.80	0.30	0.12
K2O	0.50	0.49	0.53	0.45	0.49	0.50	0.51	0.49	0.50	1.42	1.30	1.33
P2O5	0.92	0.93	0.87	0.97	0.86	0.88	0.88	0.85	0.86	0.69	0.59	0.58
H2O	0.36	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO2	0.23	0.23	0.15	0.14	0.13	0.18	0.11	0.12	0.13	0.23	0.52	0.17
FeM	0.00	0.00	1.74	1.27	1.99	0.69	3.24	2.90	3.34	4.07	3.40	3.82
Total	102.08	101.32	99.34	99.53	99.15	98.97	99.64	99.96	100.08	96.68	96.09	95.63
Elémenst traces ppm												
Zr	200	201	203	197	169	196	135	185	186	198	195	198
Y	25	26	27	26	23	25	43	22	23	42	40	42
Sr	105	108	111	104	104	105	115	106	106	294	287	297
Rb	18	21	21	18	19	20	15	21	19	42	42	42
Ba	133	119	136	105	115	121	86	113	116	524	502	525
V	939	991	976	994	755	967	1364	736	758	990	934	965
Sn	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Sb	<5	<5	5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Ag	7	5	<2	2	<2	3	<2	<2	<2	5	2	2
As	14	14	<8	19	75	9	204	79	78	15	<8	<8
Pb	10	<6	<6	<6	<6	<6	13	<6	6	<6	<6	<6
Zn	76	88	74	95	71	83	103	72	70	27	19	16
Cu	28	27	20	30	68	30	90	62	61	34	3	5
Ni	24	17	18	15	65	20	135	61	64	15	18	16
Cr	44	45	49	46	41	47	57	41	43	42	42	40
Co	27	9	9	14	66	11	107	64	74	7	14	<6

5.4	**Scories de Montcherand 3**			
N° échan.	Localisation	catégorie description	analyse minéralogique RX, lm	remarque référence
MON 5	Montcherand, four 1	SBD, plaque épaisse		Abetel 1992, fig.33
MON 13	Montcherand, four 2b	SBD, plaque épaisse		Abetel 1992, fig.34
MON 48	Montcherand, four 2	SBD, plaque épaisse		
MON 491	Montcherand, four 2	SBD, plaque épaisse		
MON 50	Montcherand, four 2	SBD, plaque épaisse	Fay, Rhö lm	
MON 51	Montcherand, four 2	SBD, plaque épaisse	Fay, (Rhö), (Qz) lm	
MON 76	Montcherand, four 2b	SBD, plaque épaisse		
MON 92	Montcherand, four 1	SBD, plaque épaisse		
MON 93	Montcherand, four 1	SBD, plaque épaisse		
Scorie très riche en Mn				
MON 531com	Montcherand, four 2	SVN + SVJ, tuyau	lm	composite, polygones
MON 532sup		SVN	verre	
MON 533inf		SVJ	verre, (FayMn?)	

SBD : Scorie dense à reflets bleus
SVN : Scorie vitreuse noire
SVJ : Scorie vitreuse jaunâtre

lm : lame mince
voir ann. 5.6

Fay : Fayalite
Rhö : Rhoenite
Qz : Quartz
FayMn : Fayalite manganésifère

Fe: fer métal visible

Annexe 5.5

Ech n°	MON 3	MON 211	MON 212	MON 22	MON 23	MON 11	MON 12	MON 4	MON 43	MON 29	MON 72
Eléments majeurs % poids											
SiO2	23.21	24.06	27.47	15.66	19.18	21.84	20.08	32.37	56.14	58.78	53.50
TiO2	0.30	0.34	0.35	0.24	0.29	0.39	0.29	0.47	0.66	0.62	0.51
Al2O3	6.03	6.58	6.89	4.93	5.72	7.14	5.29	9.78	23.86	10.86	11.09
Fe2O3	46.64	47.76	48.65	62.96	58.26	37.20	29.37	15.62	7.14	0.00	0.00
FeO	10.58	8.45	4.40	1.19	3.65	10.67	30.79	26.65	5.00	18.09	6.57
MnO	1.63	1.32	1.27	3.80	1.96	2.05	1.82	3.33	0.25	0.95	0.75
MgO	0.50	0.55	0.56	0.58	0.53	0.59	0.59	1.02	0.35	0.82	2.05
CaO	3.17	2.16	2.33	4.07	2.01	5.56	3.19	5.21	4.21	5.34	10.83
Na2O	0.09	0.24	0.40	0.54	0.44	0.06	0.08	0.02	0.21	0.30	0.77
K2O	0.38	0.42	0.58	0.18	0.26	0.41	0.38	0.65	0.36	0.75	1.10
P2O5	0.98	0.98	0.95	1.05	1.08	0.78	1.00	1.21	0.21	0.20	0.23
H2O	4.64	3.76	3.54	1.35	3.77	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00
CO2	3.06	2.41	1.86	2.38	2.38	9.35	6.30	0.50	0.48	0.37	3.48
FeM	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.71	3.03	4.78	0.00	1.15	6.91
Total	101.21	99.03	99.25	98.93	99.53	101.75	102.21	101.61	98.96	98.23	97.79
Eléments traces ppm											
Zr	118	124	125	96	113	123	126	190	207	253	186
Y	21	23	24	24	23	26	23	35	25	28	23
Sr	70	65	71	93	64	92	69	100	122	102	162
Rb	16	17	21	7	13	23	23	28	24	25	44
Ba	107	102	117	77	92	247	141	121	102	148	203
V	1141	1190	1180	1363	1345	845	885	1534	210	555	335
Sn	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Sb	6	<5	6	<5	13	6	8	<5	<5	<5	<5
Ag	<2	<2	2	<2	<2	<2	2	5	<2	2	<2
As	452	426	477	890	487	336	427	13	54	20	21
Pb	11	8	<6	56	45	56	20	11	143	<6	<6
Zn	720	1319	1220	748	2248	342	237	127	104	23	24
Cu	88	87	88	105	99	69	96	18	20	<3	15
Ni	271	238	214	350	293	227	268	16	120	18	31
Cr	59	68	69	44	60	61	65	75	83	77	93
Co	159	154	140	218	182	141	148	15	52	25	38

5.5	**Produits scoriacés divers de Montcherand**			
N° échan.	Localisation	catégorie description	analyse minéralogique RX, lames minces	remarque référence
Fond de Fourneau				
MON 3	Montcherand, site	FDF, bloc, ± calotte		Abetel 1992, fig.37
MON 211	Montcherand, four 2b	FDF, bloc, ± cuvette		double de 212
MON 212				double de 212
MON 22	Montcherand, four 2b	FDF, bloc, ± cuvette		
MON 23	Montcherand, four 2b	FDF, bloc, ± calotte		
Grenaille				
MON 11	Montcherand	grenaille		Abetel 1992
MON 12	Montcherand	grenaille		Abetel 1992
Divers				
MON 4	Moncherand , four 2b	SGD, interne	lm	analyse composite
				Abetel 1992, fig.38
		scorie collée à la paroi		Fe
MON 43	Montcherand, site	paroi scorifiée		argileuse
MON 29	Montcherand, four 5	SVJ, tuyau	verre, Qz, (Kal?)	très riche en grains
		scorie de paroi ?		silicatés non fondus
MON 72	Montcherand, site	SVN, bloc informe		très riche en grains
		scorie de paroi ?		silicatés non fondus

SGD : Scorie grise dense
SVJ : Scorie vitreuse jaunâtre
SVN : Scorie vitreuse noire
FDF : Fond de fourneau

lm : lame mince
voir ann. 5.6

Qz : Quartz
Kal : Kalsilite

Fe: fer métal visible

Annexe 5.6

5.6	**Scories de Montcherand : Etude des lames minces**

N° éch.	Catégorie Descript.	estimation modale en %					remarques
		porosité	verre	Fayalite	Opaque*	autre	
MON 4	SGD interne+ paroi	40	15	35 B+C+T	10	Quartz Feldspaths Micas	contact avec la paroi. au moins 2 couches de scorie adhérantes.
MON 6	SGD cuvette	5	7 recrist.	65 B+C+(H) plume	20	Rhönite 3 (tardive)	grains très grossiers -> 2.5 cm. fayalites orientées parallèlement par zone. voir fig. 154
MON 24	SGD cordons	40 variable	20	30 B+C+P B+H	10	Rhönite ? (tardive) hydroxydes Quartz	les habitus et orientations des cristaux de fayalite sont répartis par zones (structure de refroidissement des cordons).
MON 28	SVN tuyau	60	35			métal 5 hydroxydes	voir fig. 147
MON 36	SVJ tuyau	80 - 40 variable	0 - 20	20 - 40 B+C+P T (tardive)		métal 3	voir fig. 149
MON 45	SGD cordons	20	15	55 B+C+P B+H P+C	10		les habitus et orientations des cristaux de fayalite sont répartis par zones (structure de refroidissement des cordons).
MON 46	SVJ tuyau	60 - 20 variable	20 - 60	10 - 30 P+T P		métal 1	
MON 47	SGD informe	20	20	50 C+P+T B+H	10	métal ? Quartz	texture de mélange de 2 liquides ?
MON 50	SBD plaque	5	10	60 C T (tardive)	?	Rhönite 20 tardive	voir fig. 157 aiguilles de fayalite très longues -> 2 cm.
MON 51	SBD plaque	10	60	20 sphérules	?	Rhönite ? métal ? Quartz 10	
MON 53	SVJ+SVN Mn riche	5	0 - 90	0 -90 B+T plume			
MON 71	SBD informe	10	70	20 plume		métal 1	voir fig. 158

SGD : Scorie grise dens
SVN : Scorie vitreuse noire
SVJ : Scorie vitreuse jaune
SBD : Scorie dense à reflets bleus

habitus de la fayalite
H : forme de Hopper
B : en branche
C : en chaîne
P : en plaque
T : en treillis

Opaque* : probablement spinelle proche de la ferri-hercynite

5.7	**ANALYSES MICROSONDES : ECH. MON 52 : SBD bloc informe** Laboratoire de Microanalyse de la Section des Sciences de la Terre Université de Lausanne, F. Bussy et J. Hernandez (dir.)

% poids	Fayalite coeur	bord	bord clair	Fayalite coeur	bord	bord clair	Fayalite coeur	bord	Fayalite coeur	bord	Fayalite coeur	bord
SiO2	29.707	29.833	33.612	29.370	29.635	31.875	29.757	31.571	29.312	30.303	29.587	30.006
Al2O3	0.299	0.116	2.750	0.176	0.125	3.047	0.121	0.351	0.147	3.041	0.143	0.223
FeO	60.388	60.397	53.947	60.060	60.546	53.673	61.195	59.536	61.591	56.349	60.987	60.016
MnO	3.169	2.906	2.882	3.087	3.013	2.578	3.163	2.800	2.983	3.114	3.136	2.908
MgO	1.898	1.403	1.253	1.855	1.062	0.657	1.827	0.992	1.756	0.710	2.008	0.762
CaO	4.590	5.293	7.165	4.406	5.441	8.538	4.121	6.330	3.952	6.872	3.701	5.784
TiO2	0.044	0.057	0.063	0.053	0.066	0.154	0.097	0.076	0.124	0.027	0.115	0.062
V2O5	0.189	0.081	0.079	0.112	0.089	0.095	0.000	0.058	0.100	0.086	0.127	0.000
total	100.279	100.087	101.551	99.218	99.977	100.617	100.281	101.714	99.963	100.503	99.812	99.763

% poids	Fe-rhönite coeur		bord	Fe-rhönite coeur	bord	Fe-rhönite coeur	bord	Fe-rhö coeur	Fe-rhö coeur	Fe-rhö incl fay	Fe-rhö incl fay	Fe-rhö coeur
SiO2	26.388	27.004	30.367	25.913	27.807	26.069	27.008	25.625	25.858	25.464	24.949	25.761
Al2O3	12.071	11.717	11.180	12.219	11.643	12.523	12.281	11.247	11.165	14.962	14.281	12.513
FeO	44.042	43.138	38.840	44.585	43.584	43.256	43.946	43.854	44.925	41.954	42.359	44.489
MnO	0.729	0.702	0.759	0.686	0.708	0.734	0.722	0.721	0.760	0.836	0.736	0.618
MgO	0.387	0.382	0.427	0.481	0.411	0.372	0.366	0.405	0.469	0.644	0.592	0.316
CaO	12.482	12.53	15.492	12.484	12.854	12.537	12.759	12.422	12.237	12.757	12.081	12.493
TiO2	1.659	1.538	1.157	1.664	1.322	1.731	1.231	1.592	1.435	1.593	1.616	2.041
V2O5	1.146	0.792	0.656	1.293	0.829	1.294	0.638	1.110	1.400	1.028	1.522	1.471
total	98.904	97.801	98.878	99.326	99.157	98.516	98.852	98.483	98.248	99.236	98.136	99.703

Le déficit des sommes est du à l'oxydation d'une partie du FeO en Fe2O3

% poids	Verre	Verre	Verre	Verre	Verre	Verre	Verre	Verre	Verre	Verre	Verre incl fay	Verre incl fay
SiO2	38.163	38.297	38.218	38.796	38.538	39.702	39.463	40.074	39.618	37.884	38.152	38.361
Al2O3	10.670	10.523	10.354	10.818	9.900	9.760	12.774	13.170	11.708	12.764	9.496	10.505
FeO	25.819	25.765	26.278	25.359	25.583	26.025	21.684	19.711	23.347	25.601	31.984	27.974
MnO	1.071	1.199	1.166	1.183	0.852	0.958	1.016	0.780	0.920	1.321	1.483	1.281
MgO	0.137	0.087	0.155	0.065	0.508	0.243	0.094	0.089	0.830	0.179	0.461	0.352
CaO	20.278	19.691	19.623	19.582	21.644	20.796	20.458	20.774	20.580	16.594	15.363	16.849
TiO2	0.464	0.312	0.317	0.381	0.328	0.293	0.414	0.327	0.363	0.324	0.125	0.145
V2O5	0.148	0.035	0.117	0.165	0.196	0.178	0.162	0.049	0.240	0.129	0.026	0.073
total	96.749	97.801	96.228	99.326	97.548	97.956	96.065	94.973	96.859	94.796	97.089	95.541

Le déficit des sommes est probablement lié à la présence d'alcalins non dosés et à l'oxydation du FeO en Fe2O3

5.8	**ANALYSES MICROSONDES : ECH. MON 67 : SGD en amas de cordons** Laboratoire de Microanalyse de la Section des Sciences de la Terre Université de Lausanne, F. Bussy et J. Hernandez (dir.)

% poids	Fayalite coeur	Fayalite coeur	bord	Fayalite coeur	bord	Spinelle coeur	bord	Spinelle coeur	bord	FeOxydes ligne Wü	Verre	Verre
SiO2	30.064	29.416	30.783	30.038	29.090	2.089	5.372	1.514	3.055	3.852	46.997	45.695
Al2O3	0.262	0.232	0.281	0.278	0.498	24.930	11.322	25.391	8.347	1.262	8.186	8.338
FeO	64.415	65.185	63.042	64.818	63.035	64.134	75.506	62.858	81.790	84.498	27.540	29.210
MnO	3.335	2.718	2.795	2.867	2.944	0.914	0.724	0.714	0.674	3.102	1.059	1.155
MgO	2.317	1.471	0.924	1.909	1.343	0.302	0.194	0.269	0.112	0.644	0.269	0.251
CaO	0.765	0.756	0.828	1.018	1.320	0.202	1.046	0.113	0.420	1.102	9.736	11.259
TiO2	0.058	0.012	0.053	0.074	0.054	1.338	0.853	1.659	0.939	0.050	0.159	0.032
total	101.216	99.790	98.730	101.002	98.283	93.939	95.017	92.519	95.338	94.510	93.945	95.940

Annexe 6.1

Ech.N°	PRO 1	BAU 1	BAU 2	BAU 3	BAU 4	BAU 5	BAU 6	ORG 1	ORG 2	YVE 1	YVE 2	YVE 3	YVE 4	YVE 5	YVE 6	YVE 7	YVE 8	YVE 9	YVE 10
Eléments majeurs % poids																			
SiO2	17.12	27.07	19.58	24.45	16.97	25.37	23.05	28.46	23.96	16.24	9.48	14.77	14.27	16.11	37.52	18.64	50.67	16.11	11.77
TiO2	0.11	0.22	0.16	0.20	0.17	0.20	0.20	0.21	0.18	0.12	0.09	0.17	0.12	0.15	0.37	0.15	0.75	0.13	0.13
Al2O3	2.01	3.50	3.06	3.76	3.01	3.79	3.00	4.18	3.68	2.54	1.69	5.07	2.49	3.01	8.53	2.94	17.26	2.98	1.94
Fe2O3	44.10	24.65	45.88	42.46	38.16	40.01	27.50	39.81	29.12	50.16	57.36	49.61	52.54	69.38	20.80	39.94	3.47	54.20	63.19
FeO	20.60	24.98	7.77	6.79	28.33	10.18	33.51	18.52	25.36	22.45	21.40	18.65	21.05	0.00	0.00	20.25	3.25	7.20	11.47
MnO	0.11	0.09	0.10	0.08	0.05	0.09	0.06	0.07	0.07	0.05	0.58	0.44	0.11	0.13	0.17	0.08	0.15	0.80	0.06
MgO	0.86	0.85	0.78	0.83	0.64	0.81	0.80	0.69	0.74	0.45	0.53	0.35	0.63	0.71	2.71	1.05	5.18	1.16	0.53
CaO	7.90	12.17	10.09	10.36	4.61	7.79	6.60	2.74	9.93	3.08	3.41	1.74	4.35	2.91	20.44	6.81	14.20	7.23	3.26
Na2O	0.15	0.07	0.11	0.36	0.13	0.16	0.06	0.28	0.24	0.15	0.04	0.03	0.16	0.22	0.54	0.20	0.75	0.19	0.13
K2O	1.07	0.93	1.10	1.04	0.73	0.78	0.80	1.83	1.56	0.84	0.34	0.56	0.78	1.26	2.81	2.61	3.12	1.77	0.66
P2O5	0.73	0.49	0.51	0.41	0.28	0.82	0.24	0.22	0.39	0.89	2.02	1.78	1.48	2.00	2.91	0.81	0.14	1.55	0.64
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	1.13	0.00	0.68	2.57	0.13	0.00	0.22	0.00	1.74
CO2	0.93	0.11	0.27	0.23	0.24	0.21	0.34	1.51	0.36	1.68	1.97	1.29	1.14	1.07	2.38	0.40	0.34	2.63	4.41
FeM	4.16	4.16	10.46	8.83	5.74	9.67	3.53	1.23	3.76	0.00	0.00	5.62	0.00	0.00	0.00	5.74	0.00	3.14	0.00
Total	99.85	99.29	99.87	99.80	99.06	99.88	99.69	99.75	99.35	99.95	100.04	100.08	99.80	99.52	99.31	99.62	99.50	99.09	99.93
Eléments traces ppm																			
Zr	46	96	60	71	50	68	79	73	58	40	29	41	37	41	76	38	100	38	47
Y	11	12	13	12	11	12	10	12	12	10	7	28	9	10	19	11	28	11	8
Sr	78	108	79	82	48	78	69	65	92	90	223	109	226	228	305	143	242	297	50
Rb	41	24	29	29	20	22	20	45	46	21	11	23	19	30	82	37	153	29	15
Ba	110	87	105	108	70	103	98	201	206	125	139	173	120	168	549	177	484	184	91
V	14	138	107	128	84	69	37	29	21	21	32	181	21	51	36	17	72	29	23
Sn	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Sb	19	<5	<5	<5	6	<5	7	<5	<5	6	<5	8	<5	8	<5	<5	<5	<5	11
Ag	<2	2	2	2	<2	2	2	<2	<2	<2	<2	2	<2	2	3	<2	3	<2	<2
As	16	17	36	14	108	38	38	109	9	86	<8	16	80	52	30	15	14	32	193
Pb	8	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	10	25	<6	<6	6	8	<6	9	33	<6
Zn	37	21	25	31	33	24	26	20	22	22	33	33	29	35	48	29	36	28	26
Cu	154	19	38	45	82	56	18	82	28	54	57	24	41	42	31	41	44	78	289
Ni	302	6	19	32	207	28	26	511	39	74	53	14	35	47	34	167	170	37	206
Cr	14	68	42	47	88	42	43	43	25	18	19	83	16	31	20	38	124	18	51
Co	40	<6	<6	9	43	11	11	381	71	65	28	<6	46	45	16	205	90	13	72

6.1	**Scories de la région d'Yverdon**			
N° échan.	Localisation	catégorie description	analyse minéralogique (diffraction RX)	remarque
Provence VD : Les Rochats				
PRO 1	Les Rochats, potager	coulure SGD ?		
Baulmes VD : Saint André-Forel				
BAU 1	Saint André-Forel	calotte ø 17 cm, h 4.5 cm, 735 gr	Fay, Wü	Fe
BAU 2	Saint André-Forel	calotte double ø 14 cm, h 7.5 cm, 770 gr		Fe trace d'outil
BAU 3	Saint André-Forel	calotte double ? ø 17 cm, h 6 cm, 875 gr		Fe
BAU 4	Saint André-Forel	calotte ø 15 cm, h 7 cm, 1150 gr		Fe trace d'outil
BAU 5	Saint André-Forel	calotte ø 12 cm, h 4 cm, 1000 gr	Fay, Wü	Fe
BAU 6	Saint André-Forel	calotte double ? ø 11 cm, h 3 cm, 490 gr		Fe
Orges VD : villa romaine				
ORG 1	Borbolion, surface	calotte elliptique ø 10.5 cm, h 5.5 cm, 400 gr		
ORG 2	Borbolion, surface	calotte, fragment ø 9.5 cm, h 3.5 cm, 300 gr		
Yverdon VD				
YVE 1		calotte ø 10 cm, h 7 cm, 780 gr	Fay, Wü.(Lep),(Goe)	
YVE 2	Castrum porte de l'Est, 4e s.	SGD informe		charbonneux
YVE 3	Castrum porte de l'Est, 4e s.	SGD informe		Fe, charbonneux
YVE 4	Castrum porte de l'Est, 4e s.	calotte ? ø 7 cm, h 2 cm, 100 gr		charbonneux
YVE 5	Castrum porte de l'Est, 4e s.	SGD informe		charbonneux, oxydé
YVE 6	Castrum porte de l'Est, 1e s.	SVN informe		
YVE 7	Castrum porte de l'Est, 1e s.	calotte ?, frgt.		
YVE 8	Castrum porte de l'Est, 2-3e s.	paroi ? ou non-métallurgique		
YVE 9	Castrum porte de l'Est, 2-4e s.	SGD informe		charbonneux
YVE 10	chantier du Technicum	calotte ø 13 cm, h 5 cm, 700 gr		

SGD : scorie grise dense — ø diamètre — Fay : Fayalite — Fe: fer métal visible
SVN : scorie noire vitreuse — h épaisseur — Wü : Wüstite

Annexe 6.2

Ech.N°	AVE 1	AVE 2	AVE 3	AVE 4	AVE 5	AVE 6	AVE 7	AVE 8	AVE 9	AVE 10	AVE 11	AVE 12	AVE 13	AVE 14	AVE 15	AVE 16
Eléments majeurs % poids																
SiO2	46.00	29.92	23.68	42.08	27.98	34.82	47.91	36.00	34.95	14.77	28.40	22.39	52.71	37.28		
TiO2	0.22	0.16	0.13	0.19	0.14	0.18	0.17	0.19	0.18	0.13	0.15	0.13	0.30	0.23		
Al2O3	5.91	4.06	3.21	5.10	3.65	4.64	4.53	4.99	4.74	3.17	3.62	3.26	7.81	5.97		
Fe2O3	11.35	19.42	37.13	11.06	24.47	22.25	30.05	22.26	22.29	44.76	54.72	56.62	21.73	30.56		
FeO	22.00	31.85	21.65	25.65	32.00	28.35	3.45	19.45	20.75	27.05	0.00	2.70	6.90	0.00		
MnO	0.08	0.10	0.09	0.17	0.08	0.08	0.10	0.08	0.16	0.06	0.16	0.04	0.11	0.25		
MgO	0.80	0.80	0.40	0.81	0.64	0.60	0.82	0.67	0.77	0.51	0.71	0.40	0.83	1.39		
CaO	6.77	5.79	3.16	7.06	4.46	3.36	6.37	6.48	8.94	5.04	4.80	1.89	3.01	10.88		
Na2O	0.67	0.58	0.36	0.51	0.81	0.45	0.49	0.62	0.51	0.33	0.37	0.45	1.00	0.66		
K2O	2.62	1.93	0.80	3.60	1.68	2.06	1.29	2.61	2.60	1.47	1.71	0.79	2.97	3.18		
P2O5	0.76	0.74	1.13	1.19	0.54	0.58	0.66	0.70	0.87	0.77	1.19	0.87	0.49	1.41		
H2O	1.42	1.61	5.05	1.09	2.68	1.25	0.00	3.96	1.43	0.04	0.42	3.89	0.00	2.05		
CO2	0.55	1.39	3.66	0.88	1.12	0.92	0.70	1.73	1.21	0.97	1.90	6.78	0.81	4.29		
FeM	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00		
Total	99.15	98.35	100.45	99.39	100.25	99.54	100.04	99.74	99.40	99.07	98.15	100.21	98.98	98.15		
Eléments traces ppm																
Zr	87	58	41	79	57	67	57	66	73	40	51	32	88	76	295	93
Y	15	13	13	18	12	15	13	14	15	12	14	10	18	18	23	19
Sr	117	115	80	137	109	98	114	109	161	101	86	38	87	106	214	125
Rb	65	52	23	115	41	63	36	67	76	23	53	33	89	102	133	86
Ba	358	332	283	515	294	302	310	362	473	152	490	139	464	616	347	575
V	21	27	38	19	28	28	26	32	19	129	27	36	33	22	19	35
Sn	<5	<5	<5	<5	126	21	<5	28	90	138	<5	<5	<5	<5	15754	31
Sb	<5	<5	5	<5	5	<5	<5	<5	<5	157	<5	8	<5	<5	<5	<5
Ag	2	3	<2	<2	<2	2	4	3	2	4	<2	<2	<2	2	<2	3
As	27	21	92	11	75	30	20	36	22	156	25	94	19	31	<8	49
Pb	6	24	18	<6	401	69	49	119	433	203	24	11	10	<6	68803	267
Zn	21	24	34	21	39	37	30	41	31	37	27	32	20	23	4805	28
Cu	62	189	250	78	727	174	109	1277	301	12938	46	45	42	63	46448	808
Ni	74	107	209	63	154	113	77	118	107	123	49	317	71	120	66	79
Cr	27	25	21	23	22	25	41	27	23	87	23	20	43	22	26	37
Co	104	138	210	74	171	139	112	146	133	46	47	271	65	115	24	65

6.2	Scories d'Avenches			
N° échan.	Localisation	catégorie description	analyse minéralogique (diffraction RX)	remarque
AVE 1	Insula 8, 3426/1	frgt calotte		hétérogène
AVE 2	Insula 8, 3426/2	frgt calotte ø 10 cm, h 1 cm, 260 gr		hétérogène
AVE 3	Insula 8, 3426/3	informe		hétérogène, charbon.
AVE 4	Insula 8, 3426/4	frgt calotte		
AVE 5	Insula 23, 2475/1	calotte ø 7 cm, h 2 cm, 200 gr		
AVE 6	Insula 23, 2475/2	calotte ø 10 cm, h 7 cm, 270 gr		
AVE 7	Insula 23, 2475/3	calotte ø 8 cm, h 4 cm, 100 gr		
AVE 8	Insula 23, 2475/4	frgt calotte		
AVE 9	Insula 23, 2475/5	calotte ø 7 cm, h 6 cm, 380 gr	lm: Fay, Wü?, Leu, verre	
AVE 10	Insula 4, 4351	calotte ø 15 cm, h 6 cm, 1000 gr	lm: Wü?, verre, Fay?	trace carbonate Cu
AVE 11	St Martin, 3596/1	informe		très charbonneux
AVE 12	St Martin, 3596/2	informe		charbonneux, oxydé
AVE 13	St Martin, 3596/3	paroi de foyer		
AVE 14	St Martin, 3596/4	calotte ø 10 cm, h 7 cm, 600 gr	lm: ?	hétérogène
AVE 15	Insula 12, Delacretaz	scorie de cuivre		
AVE 16	Insula 12, Delacretaz	calotte ? ø 7 cm, h 3 cm, 100 gr		Fe

ø diamètre
h épaisseur

lm : lame mince
Fay : fayalite
Wü : Wüstite
Leu : Leucite

Fe: fer métal visible

Annexe 6.3

Ech.N°	VUL 1	VUL 2	VUL 3	VUL 4	VUL 5	VUL 21	MOR 1	MOR 21	MOR 22	MOR 3	MOR 4	MOR 5
Eléments majeurs % poids												
SiO2	26.98	13.03	31.11	28.30	26.02	19.70	63.67	21.49	43.07	24.67	63.42	18.32
TiO2	0.17	0.09	0.21	0.19	0.21	0.13	0.41	0.15	0.30	0.17	0.39	0.11
Al2O3	3.98	2.20	5.01	4.51	4.42	3.06	8.91	3.24	6.64	3.06	9.44	2.50
Fe2O3	33.40	45.90	26.44	37.04	38.81	4.62	9.64	40.99	13.73	43.33	3.55	50.40
FeO	22.20	21.45	22.95	17.40	18.80	68.61	1.60	22.75	19.55	23.45	8.85	15.50
MnO	0.08	0.05	0.13	0.10	0.06	0.03	0.18	0.08	0.13	0.09	0.15	0.05
MgO	0.60	0.51	0.98	0.84	0.59	0.42	1.21	0.52	0.82	0.55	1.09	0.33
CaO	2.41	5.19	5.57	4.81	1.90	0.80	7.15	6.07	7.12	2.13	6.11	2.97
Na2O	0.29	0.22	0.55	0.45	0.42	0.68	1.54	0.32	0.90	0.17	1.30	0.39
K2O	2.73	1.44	2.28	1.86	1.63	0.93	3.12	1.13	2.20	1.18	3.01	1.02
P2O5	0.43	0.53	0.66	0.54	0.47	0.38	0.65	0.85	1.07	0.38	0.60	0.49
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.19	0.19	0.00	1.27	0.11	0.55	6.51
CO2	0.88	0.46	0.42	0.43	1.18	0.00	0.62	0.48	0.99	0.37	0.59	1.14
FeM	5.70	8.92	3.13	3.19	5.23	0.00	0.00	2.04	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	99.85	99.99	99.44	99.66	99.74	100.55	98.89	100.11	97.79	99.66	99.05	99.73
Eléments traces ppm												
Zr	65	34	78	71	88	38	141	59	114	87	140	49
Y	13	8	13	12	12	9	19	12	18	15	23	9
Sr	64	121	104	92	49	31	151	140	186	189	160	93
Rb	51	22	45	40	45	28	83	36	81	66	98	25
Ba	273	178	304	239	153	93	588	313	601	362	685	172
V	18	14	24	19	30	13	35	22	32	16	37	14
Sn	<5	<5	<5	<5	<5	243	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Sb	<5	5	<5	<5	<5	6	<5	5	<5	<5	<5	<5
Ag	2	2	2	2	2	2	<2	3	<2	2	2	3
As	33	47	19	13	46	335	<8	49	27	10	15	392
Pb	<6	<6	<6	<6	<6	41	7	<6	7	<6	9	<6
Zn	27	36	24	27	25	20	27	29	34	21	24	22
Cu	85	73	105	95	44	144	15	45	48	33	14	147
Ni	256	80	118	155	229	263	43	148	92	43	50	633
Cr	27	15	39	41	67	25	47	22	34	21	46	12
Co	263	139	105	128	174	261	14	142	85	81	37	534

6.3	**Scories du Mont Vully et de Morens**			
N° échan.	Localisation	catégorie description	analyse minéralogique (diffraction RX)	remarque
Mont Vully FR : oppidum du Plan Châtel				
VUL 1	Vully, sondage 32	informe SGD		
VUL 2	Vully, sondage 32	informe SGD		
VUL 3	Vully, sondage 5	informe SGD		Fe
VUL 4	Vully, sondage 5	informe		hétérogène
VUL 5	Vully, sondage 5	informe SGD		
VUL 21	Vully	calotte ø 7 cm, h 5 cm, 300 gr		
Morens FR : Derrière la Cure				
MOR 1	Morens, Derrière la Cure	paroi de foyer		
MOR 21	Morens, Derrière la Cure	frgt calotte ?		partie inférieure
MOR 22	Morens, Derrière la Cure	frgt calotte ?		partie supérieure
MOR 3	Morens, Derrière la Cure	paroi et scorie		
MOR 4	Morens, Derrière la Cure	paroi de foyer		
MOR 5	Morens, Derrière la Cure	calotte ø 10 cm, h 5 cm, 340 gr		charbonneux

SGD : scorie grise dense

ø diamètre
h épaisseur

Fe : Fer métal visible

Annexe 7.1

Ech.N°	MRS 20	MRS 40	MRS 61	MRS 62	MRS 70	MRS 81	MRS 82	MRS 120	MRS 140	MRS 200	MRS 260	MRS 350	MRS 370	MRS 421	MRS 422	MRS 440
Eléments majeurs % poids																
SiO2	71.78	62.95	53.65	31.81	20.66	58.02	27.96	29.92	15.08	10.76	70.90	15.85	38.76	31.39	23.40	21.70
TiO2	0.51	0.48	0.33	0.20	0.14	0.34	0.20	0.18	0.12	0.09	0.41	0.10	0.23	0.19	0.20	0.16
Al2O3	9.64	9.62	6.91	3.41	2.24	8.38	3.71	3.34	2.12	1.29	7.88	1.64	4.89	4.24	3.59	2.56
Fe2O3	0.00	0.00	3.43	19.96	42.78	11.78	16.31	19.55	44.13	33.89	0.00	44.26	7.04	12.93	28.58	35.27
FeO	4.37	17.54	24.25	35.20	26.90	9.30	41.90	38.15	23.35	49.90	6.23	28.30	25.15	33.80	36.05	32.80
MnO	0.15	0.12	0.19	0.24	0.04	0.16	0.10	0.09	0.07	0.04	0.28	0.05	0.15	0.08	0.09	0.15
MgO	1.19	1.13	1.06	0.88	0.22	1.05	0.77	0.57	0.32	0.20	1.16	0.33	1.21	0.78	0.48	0.51
CaO	4.79	2.35	3.96	4.35	0.81	4.54	3.19	3.21	1.75	1.24	6.72	5.98	14.57	8.41	2.79	2.91
Na2O	0.98	0.78	0.82	0.28	0.08	0.99	0.31	0.88	0.10	0.03	0.85	0.09	0.32	0.56	0.36	0.15
K2O	3.52	2.24	2.25	1.86	0.59	2.73	1.08	1.59	0.65	0.31	2.24	0.58	3.31	2.49	1.34	0.97
P2O5	0.40	0.26	0.58	0.56	0.37	0.62	0.51	0.36	0.34	0.28	0.44	0.44	0.62	0.66	0.55	0.38
H2O	0.54	0.68	1.62	0.00	3.27	0.81	1.65	0.51	3.96	0.67	0.32	0.00	1.18	0.93	3.07	0.35
CO2	0.59	0.62	0.92	0.48	1.25	0.73	1.72	0.70	8.13	0.22	1.13	1.57	0.62	4.03	0.15	1.28
FeM	0.86	0.09	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	99.32	98.86	99.97	99.30	99.35	99.45	99.41	99.05	100.12	98.92	99.36	100.56	98.05	100.49	100.65	99.19
Eléments traces ppm																
Zr	163	142	123	84	52	129	67	72	39	31	141	37	83	66	59	50
Y	22	22	17	12	8	19	12	15	8	7	18	8	18	12	11	10
Sr	115	84	81	79	25	103	78	89	39	30	115	99	228	62	54	54
Rb	87	93	74	51	23	82	37	62	17	7	73	16	93	36	32	28
Ba	565	533	455	308	108	477	222	280	133	58	432	92	560	250	172	192
V	37	46	28	20	12	37	31	18	16	10	33	7	21	25	23	19
Sn	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Sb	<5	<5	<5	<5	5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	7	<5	<5	<5	<5
Ag	<2	<2	2	<2	2	<2	3	2	2	2	<2	<2	2	2	<2	<2
As	11	14	18	45	475	24	48	32	87	55	10	88	21	<8	50	10
Pb	<6	10	15	<6	<6	10	<6	<6	<6	<6	<6	<6	26	<6	<6	<6
Zn	16	29	28	25	20	28	25	23	32	26	18	26	23	22	25	19
Cu	15	46	76	87	165	39	119	90	252	77	15	100	38	62	130	42
Ni	43	62	88	118	169	96	233	122	682	125	43	393	83	56	315	35
Cr	69	67	56	34	29	56	40	40	32	22	70	26	36	43	56	31
Co	63	91	104	213	176	84	210	165	746	159	66	251	71	78	270	67

7.1	Scories de Marsens 1						
N° échan.	Secteur	catégorie description	dimensions ø cm	dimensions h cm	poids gr	analyse minéralogique RX ou optique	remarque
MRS 20	258	SAS ± calotte	6	3	100		hétérogène
MRS 40	258	SAS globulaire	5		100		hétérogène
MRS 61	258	SAS calotte	15	7	700	Fay, Qz	partie sup.
MRS 62		SJD calotte				Fay,Wü,Qz,Leu	partie inf.
MRS 70	360	SGD calotte	8	7	550	Fay, Wü?, Hyd, Qz Leu, verre, Fe	petit morceau SAS collé
MRS 81	258	SAS calotte	8	7	350		partie sup.
MRS 82		± SJD calotte					partie inf.; hétérogène
MRS 120	258	SAS+SJD calotte	7	4	250	Fay, Wü?, verre, Leu, Hyd, Qz	composite globules à Wü
MRS 140	257	SJC ± calotte	7	3	300	Wü?, Fay?, verre Qz, Hyd	60% charbon, Fe
MRS 200	257	SGD calotte	11	3	520	Fay, Wü sup : Qz, Hyd	homogène
MRS 260	259	SAS informe	6		100		hétérogène, Fe
MRS 350	356	SGD calotte	7	2.5	320	Fay, Wü, verre Qz, Hyd	Fe > 1%
MRS 370	356	SJD informe	10	2	170	Fay, Leu, Wü? Hedenbergite?	texture polygonale battiture
MRS 421	258	SJC calotte double	7	8	300		calotte sup.
MRS 422		SGD calotte double					calotte inf.; Fe
MRS 440	258	SJC+SGD calotte	12	4	350		composite

SAS scorie argilo-sableuse
SJC scorie jaunâtre charbonneuse
SJD scorie jaunâtre dense
SGC scorie grise charbonneuse
SGD scorie grise dense

ø diamètre
h épaisseur

Fay : Fayalite
Qz : Quartz
Leu : Leucite
Wü : Wüstite
Wü? : opaque prob. Wüstite (l.m.)
Hyd : Hydroxydes de fer

Fe : fer métallique visible

Annexe 7.2

Ech.N°	MRS 500	MRS 520	MRS 540	MRS 551	MRS 552	MRS 560	MRS 611	MRS 612	MRS 651	MRS 652	MRS 800	MRS 950	MRS 960	MRS 119	MRS 120	MRS 121	MRS 122
Eléments majeurs % poids																	
SiO2	22.48	24.13	11.87	26.77	25.77	67.95	30.43	21.36	25.54	21.36	75.02	25.38	22.79	27.31	33.71	13.59	16.61
TiO2	0.16	0.15	0.09	0.21	0.19	0.34	0.19	0.15	0.19	0.19	0.49	0.19	0.16	0.19	0.25	0.11	0.10
Al2O3	2.69	2.45	1.47	3.76	3.37	8.21	3.75	2.52	3.24	3.26	9.29	3.33	2.61	3.39	4.34	1.63	1.70
Fe2O3	28.53	39.27	46.05	29.89	32.04	2.65	26.10	28.87	34.59	31.54	1.12	31.08	35.21	17.27	17.13	43.61	37.39
FeO	37.30	23.25	27.80	27.60	31.60	12.80	27.55	39.50	23.10	34.00	4.00	33.95	32.10	45.30	32.35	31.00	34.70
MnO	0.16	0.08	0.05	0.16	0.14	0.13	0.10	0.11	0.14	0.15	0.15	0.06	0.12	0.09	0.10	0.06	0.07
MgO	0.59	0.54	0.14	0.50	0.58	0.83	0.58	0.59	0.69	0.59	1.12	0.56	0.56	0.56	0.71	0.26	0.46
CaO	2.83	2.83	0.71	2.75	3.48	1.30	3.39	2.76	3.93	2.90	2.99	1.60	1.64	3.06	4.69	1.25	1.39
Na2O	0.20	0.21	0.17	0.31	0.29	0.91	0.19	0.09	0.18	0.12	0.99	0.15	0.08	0.16	0.35	0.01	0.40
K2O	1.24	0.75	0.26	1.47	1.43	2.47	1.33	0.88	1.07	0.74	2.37	1.39	0.62	1.39	2.66	0.43	0.82
P2O5	0.34	0.44	0.42	0.66	0.48	0.31	0.45	0.47	0.39	0.85	0.41	0.42	0.45	0.39	0.52	0.31	0.37
H2O	0.33	1.58	0.00	4.95	0.18	0.72	4.19	1.69	2.23	1.41	0.87	1.08	2.29	0.00	1.99	2.63	0.00
CO2	3.81	4.58	8.35	0.33	0.51	0.48	1.03	0.51	3.30	1.50	0.59	0.40	1.90	0.18	1.03	5.39	4.25
FeM	0.00	0.00	3.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.62	0.00	0.00	1.53
Total	100.66	100.26	100.39	100.39	100.06	99.10	99.28	99.50	98.59	98.61	99.41	99.59	100.53	99.91	99.83	100.28	99.79
Eléments traces ppm																	
Zr	56	52	30	80	71	109	74	48	67	64	166	64	48	69	82	36	40
Y	10	9	7	13	12	21	11	9	11	12	23	10	9	11	13	7	9
Sr	63	71	16	81	75	73	98	61	86	81	94	44	43	81	94	20	22
Rb	31	24	9	48	44	84	36	24	29	26	78	37	18	40	52	13	23
Ba	180	165	39	357	303	414	339	241	220	238	493	211	179	199	359	54	84
V	16	16	10	24	22	36	20	21	21	33	39	24	27	19	21	13	21
Sn	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Sb	<5	<5	<5	<5	7	<5	5	7	<5	<5	<5	<5	<5	9	<5	<5	<5
Ag	<2	2	<2	<2	<2	2	<2	2	2	<2	2	3	<2	<2	<2	<2	<2
As	86	103	264	169	<8	11	166	10	60	12	<8	72	37	<8	35	84	65
Pb	<6	<6	<6	<6	<6	6	<6	<6	<6	<6	15	<6	<6	<6	<6	<6	<6
Zn	23	28	27	23	18	18	26	24	21	23	35	26	26	20	21	19	27
Cu	168	133	177	358	60	43	157	83	216	100	25	73	129	57	78	95	99
Ni	275	210	726	184	9	55	159	41	347	96	63	154	154	65	130	307	272
Cr	43	38	23	42	40	56	46	34	48	50	87	56	51	43	42	34	60
Co	276	259	669	172	33	79	151	56	309	119	52	130	171	61	137	645	339

7.2 Scories de Marsens 2

N° échan.	secteur	catégorie description	dimensions ø cm	dimensions h cm	poids gr	analyse minéralogique (diffraction RX)	remarque
MRS 500	257	SAS+SJC+SGD calotte	10	7	430		composite; Fe
MRS 520	258	SGD+SJC calotte	10	7	650	Fay, Wü, verre Hyd	composite; oxydé
MRS 540	258	SAS+SGD informe	7	5	700	Fay, Qz, Wü?, Hyd	composite; Fe 5%; oxydé
MRS 551	258	SJD calotte	15	7	600	Fay, Wü?, Leu, verre, Hyd	partie sup.
MRS 552		SGD calotte				Fay, Wü?, Hyd	partie inf.
MRS 560	258	SAS informe	5		250		hétérogène
MRS 611	360	SIJ ± calotte	7	7	370	Qz, Hyd, verre	partie sup.; Fe 0.1%
MRS 612		SGD+SJC calotte				Fay, Wü?	partie inf.
MRS 651	360	SJD calotte double ?	13	5	500		partie sup.; Fe 0.1%
MRS 652		SGD calotte double ?					partie inf.
MRS 800	360	SAS calotte	5	1	40		grains non fondus
MRS 950	357	SJD calotte	15	5	700	Fay, Wü?, Leu, verre, Hyd	
MRS 960	357	SGC ± calotte	7	3	180		Fe 0.1%; sup. lie de vin
MRS 1190	360	SJD calotte	11	4	500	Fay, Wü?, verre	homogène
MRS 1200	360	SJD calotte	15	6	1400	sup : Qz, Hyd inf : Fay, Wü?, Leu, verre	bord de foyer
MRS 1210	360	SGC ± calotte	12	5	890	Fay, Wü?, Hyd	Fe 5%
MRS 1220	360	SGC calotte	15	5	1325		Fe 25%

SAS scorie argilo-sableuse
SJC scorie jaunâtre charbonneuse
SJD scorie jaunâtre dense
SGC scorie grise charbonneuse
SGD scorie grise dense

ø diamètre
h épaisseur

Fay : Fayalite
Qz : Quartz
Leu : Leucite
Wü : Wüstite (RX)
Wü? : opaque prob. Wüstite (l.m.)
Hyd : Hydroxydes de fer

Fe : fer métallique visible