

LA MÉTÉORITE D'EL IDRISIA (ALGÉRIE).

Mounia MESSAOUDI-BELABBES*, Djelloul BELHAI*, Michèle BOUROT-DENISE**
et Bertrand DEVOUARD***

RÉSUMÉ

La chute de la météorite d'El Idrissia a été observée en mars 1989 dans la commune d'El Idrissia 34°25'N, 2°75'E (Djelfa, Atlas saharien, Algérie). Trois fragments ont été récoltés pour un poids total d'environ 10kg. C'est la plus récente des sept chutes de météorites répertoriées en Algérie. L'étude pétrographique montre qu'il s'agit d'une chondrite ordinaire traversée par un réseau de veines de choc. La texture chondritique est relativement bien préservée, montrant des chondres aux contours diffus, une matrice recristallisée, des grains de métal et de sulfure. Les analyses à la microsonde électronique donnent des compositions $Fa_{24,8}$ pour les olivines et $Fs_{21,7}$ pour les pyroxènes pauvres en Ca. Elle a été classifiée et déclarée comme chondrite ordinaire de type L6, avec un degré d'altération terrestre faible W1 et un degré de choc S3-4.

Mots clés - Météorite - Chute - Chondrite ordinaire

EL IDRISIA METEORITE (ALGERIA)

ABSTRACT

El Idrissia meteorite fall was observed in Mars 1989 in the locality of El Idrissia 34°25'N, 2°75'E (Djelfa, Saharian Atlas, Algeria). Three fragments have been collected for a total weight of about 10kg. It is the most recent of the 7 observed falls in Algeria. The petrographic study shows that this meteorite is an ordinary chondrite, crossed by a network of shock veins. The chondritic texture is globally well preserved, displaying chondrules with blurred margins, a recrystallized matrix, and iron and sulfides grains. The microprobe analyses indicate compositions of $Fa_{24,8}$ for the olivines and $Fs_{21,7}$ for the low-Ca pyroxenes. This meteorite has been classified and declared as an L6 ordinary chondrite, with a low degree of alteration W1 and a shock degree S3-4.

Keywords - Meteorite - fall - Ordinary chondrite

* Laboratoire de Géodynamique, Géologie de l'Ingénieur et Planétologie, FSTGAT/USTHB, BP. 32 El-Alia, Alger, Algérie

** Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, CNRS, 61 rue Buffon, 75005 Paris, France.

*** Laboratoire Magmas et Volcans, UMR-6524 Université Blaise Pascal - CNRS - OPGC, 5 rue Kessler, 63000 Clermont Ferrand, France

- *Manuscrit déposé le 12 Janvier 2008, accepté après révision le 24 Mai 2008.*

I- INTRODUCTION

Les météorites sont des roches célestes qui croisent l'orbite de notre planète et tombent sur terre. Ce sont des fragments de corps du système solaire tels que les astéroïdes, la lune, Mars ou même des comètes. La plus grande partie des météorites sont des chondrites ordinaires, provenant de la ceinture d'astéroïdes. Les chondrites, constituées de matière primitive n'ayant pas subi de différenciation sur un corps planétaire, et donc peu ou pas modifiée depuis la formation du système solaire, sont la principale source de renseignement sur les processus physico-chimiques ayant eu lieu dans la nébuleuse solaire, à l'origine de la formation du soleil, des planètes et par conséquent, de la terre. Les chondrites les plus primitives ont permis de dater la formation du système solaire. D'autres types de météorites (env. 15% des chutes) proviennent d'astéroïdes différenciés, de la planète Mars ou de la lune.

Le Meteoritical Bulletin, publication internationale de la Meteoritical Society, catalogue l'ensemble des météorites déclarées dans le monde. 665 météorites trouvées sur le territoire

algérien y figurent (données d'avril 2008) avec la date et la description précise des lieux et des circonstances de leurs collectes suite à une trouvaille ou une chute. D'autres météorites sont déclarées sous le nom générique de Sahara et NWA (North-West Africa) suivi d'un nombre, lorsque l'endroit exact de la collecte dans la zone saharienne n'est pas précisé. Le tableau I présente toutes les météorites répertoriées en Algérie ainsi que les NWA et les Sahara. La figure 1 montre la localisation des météorites algériennes répertoriées dans le Meteoritical Bulletin.

Parmi toutes ces météorites, seulement sept chutes ont été observées en Algérie, dont El Idrissia. Les chutes observées sont particulièrement importantes, car, récoltées rapidement après leur chute, elles n'ont subi aucune altération terrestre, donc aucune transformation chimique ou minéralogique depuis leur formation dans le système solaire primitif. La plus grosse météorite trouvée en Algérie pèse 630 kg. Appelée Zerhamra, elle a été trouvée par Arbey en 1967 (Arbey, 1972) à 22 km au SE de l'oasis Zerhamra, au SW de Beni Abbès (Béchar). Une autre météorite remarquable, pesant 510 kg, a

Tableau I - Statistiques des différents types de météorites en Algérie et dans la région saharienne d'Afrique du Nord-Est (dénominations NWA et Sahara). Sources: d'après MetBase (2005) complétées par la base de données de la Meteoritical Society database (2008). Valeurs relevées en avril 2008.

Statistics of the different types of meteorites in Algeria and Sahara (SAHARA and Northwest Africa = NWA denominations). Sources : MetBase (2005) and the Meteoritical Society database (2008). Values as of April 2008.

	Total de météorites		Chondrites ordinaires	Chondrites carbonatées	Achondrites à enstatites	Achondrites non classifiées	Fer	Météorites non classifiées	
	Chutes	Trouvailles							
Algérie (globale)	7	662	616	572	37	7	27	7	3
Reg El Açfer	-	389	373	343	27	2	3	1	-
Tanezrouft	-	89	88	85	2	1	-	-	-
NWA	-	4589	1979	1828	127	24	367	9	2148
Sahara	-	286	262	201	8	53	11	1	5

LA MÉTÉORITE D'EL IDRISIA (ALGÉRIE)

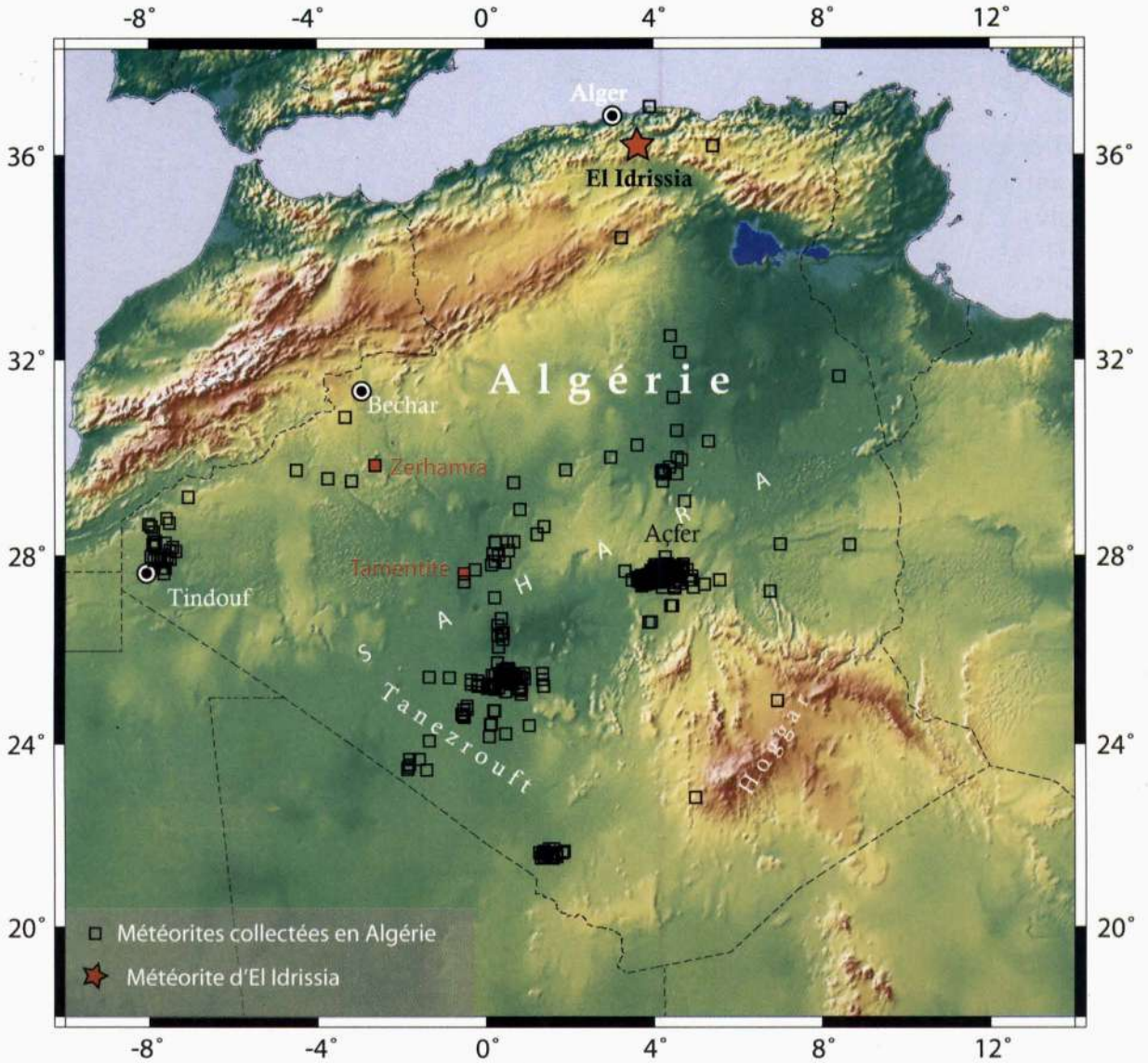


Fig. 1 - Localisation des météorites collectées en Algérie (trouvailles) et situation d'El Idrissia, Zerhama et Tamentit

Localization of the meteorites collected in Algeria (foundings) and of El Idrissia meteorite. Zerhama et Tamentit (mentioned in the text) are also reported.

été trouvée au lieu dit Tamentit, près de Béchar en 1864. Il s'agit dans les deux cas de sidérites (météorites de fer). Ces deux météorites sont conservées au Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris.

La majorité des autres météorites ont été collectées principalement lors de campagnes de collectes systématiques dans les régions désertiques, plus particulièrement dans des hamadas et des regs, qui sont les endroits les plus favorables pour trouver des météorites. Les endroits de collecte les plus favorables ont un sol de couleur clair sur lequel tranchent les couleurs sombres des météorites. Les conditions désertiques et les faibles taux de sédimentation y ont permis l'accumulation et la préservation des météorites depuis plusieurs milliers ou dizaines de milliers d'années. Les principales zones de collecte sont le reg Açfer, le reg Aguemour, le désert du Tanezrouft et plus récemment la région de Tindouf et la hamada du Draa. La plupart de ces échantillons collectés ont subi des modifications dues à une altération terrestre qui progresse de l'extérieur de l'échantillon vers l'intérieur (Stelzner et al., 1999).

Ce travail présente l'étude minéralogique, pétrologique et la classification de la météorite d'El Idrissia.

II - LA MÉTÉORITE D'EL IDRISSIA

La météorite d'El Idrissia est la plus récente des chutes observées en Algérie. Sa chute a été observée par de nombreux témoins et a fait l'objet d'un article dans le quotidien «Horizon» du 10 mars 1989. La chute s'est produite à Aïn Lahdjar à 5km de la commune d'El Idrissia, wilaya de Djelfa, coordonnées 34°25'N, 2°75'E (Messaoudi, 2002). La date exacte n'est pas précisée, et il est donc probable qu'elle précède d'au moins quelques jours le 10 mars 1989. D'après le témoignage des habitants de la région, reportés



Fig.2 - Photographie du fragment de 150g de la météorite d'El Idrissia utilisé pour cette étude.

Photography of the 150g fragment of El Idrissia meteorite, used for this study.

dans l'article du quotidien «Horizon», la chute a été accompagnée d'un phénomène lumineux puis d'un bruit assourdissant. D'après un témoin, le bruit était si assourdissant qu'il a cru qu'un avion s'était écrasé dans le désert. La population était effrayée mais a vu la « baraka » dans ce caillou qui vient du ciel. Les autorités ont été très vite alertées. Une équipe du Club Astronomique de Aïn Benian ainsi qu'une équipe du CRAAG (Centre de Recherche en Astronomie, Astrophysique et Géophysique) se sont très vite rendues sur les lieux.

Trois fragments ont été collectés, représentant une masse totale d'environ 10 kg. Un microcratère d'une quinzaine de centimètres de diamètre a été engendré par la chute de cette météorite d'après l'un des témoins. Un fragment de 3kg a été déposé au CRAAG.

En 2000, un fragment de 150g nous a été remis par Bounatiro (CRAAG). C'est à partir de cet échantillon que nous avons réalisé cette étude. Nous avons déclaré la météorite d'El Idrissia auprès de la Meteoritical Society en 2002 (Russel et *al.*, 2002).

Les fragments d'El Idrissia ont une forme extérieure polyédrique aux arêtes émoussées (fig. 2); ils sont recouverts d'une croûte de fusion noire, épaisse de 200 mm environ, formée par l'échauffement de la surface lors de l'entrée dans l'atmosphère terrestre; sous la croûte la météorite est de couleur gris clair. La surface sciée montre des grains et des veines à éclat métallique ainsi que quelques objets arrondis millimétriques. Ces objets sphériques sont des chondres, sphérules de silicates ferromagnésiens formées dans la nébuleuse solaire et caractéristiques des chondrites.

Méthodologie

L'étude pétrographique et minéralogique d'El Idrissia a été effectuée au Laboratoire Magmas et Volcans (LMV) de l'université Blaise Pascal à Clermont-Ferrand, sur deux lames minces. L'étude en microscopie optique a été complétée par une étude en microscopie électronique à balayage (MEB) avec un MEB Jeol JSM-5910-LV équipé d'un microanalyseur EDS de marque PGT. Les images ont été réalisées en mode électrons rétrodiffusés (BSE) avec une tension d'accélération de 15 kV et des courants de 1 à 2 nA.

Des analyses chimiques quantitatives des minéraux ont été réalisées par microsonde électronique Cameca SX100, avec une tension d'accélération de 15kV et un courant de 15nA pour les silicates et de 20nA pour le métal.

Les critères de classification ainsi que la terminologie spécifique à l'étude des chondrites sont décrits dans de nombreux ouvrages, par

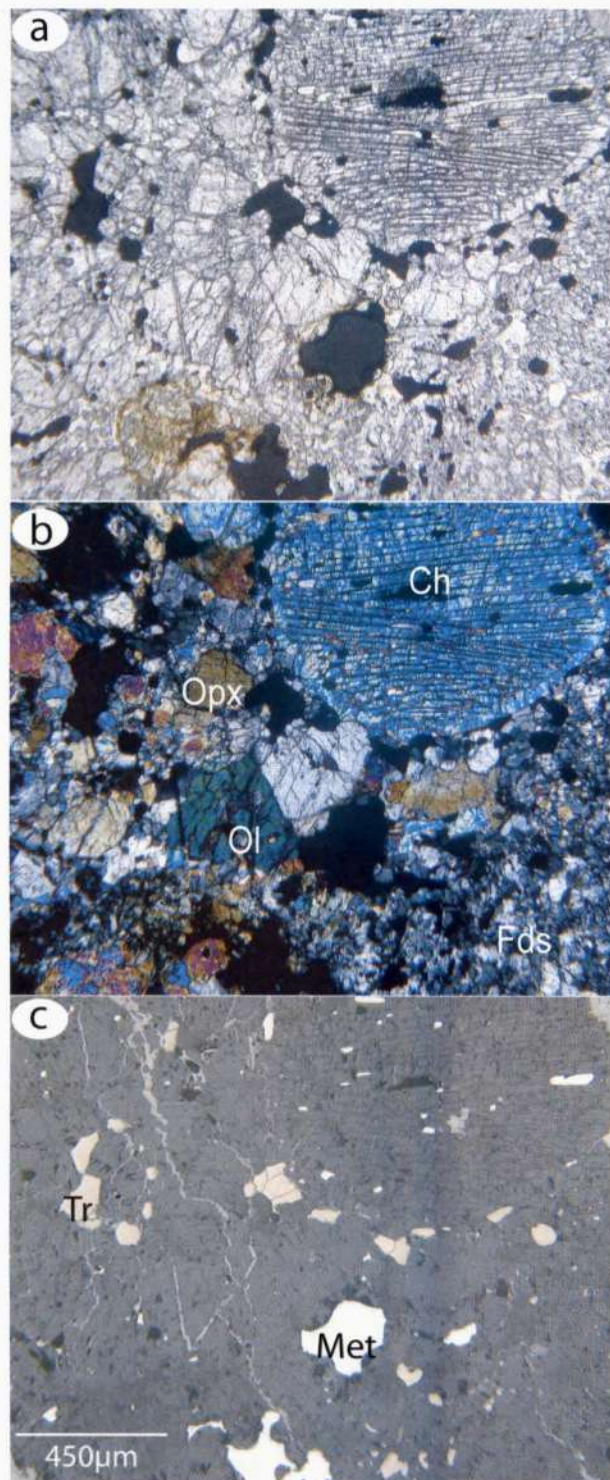
exemple Norton (2002), Sears et Dodd (1988) ou Brearley et Jones (1998).

Résultats

La météorite d'El Idrissia est constituée de chondres entourés d'une matrice cristalline. Les principaux minéraux sont l'olivine, les pyroxènes, le feldspath, le fer métal (Ni-Fe) et la troïlite (FeS). Les compositions de ces minéraux sont équilibrées, c'est-à-dire que les différents grains d'un même minéral (en particulier les solutions solides des minéraux ferro-magnésiens, olivines et pyroxènes) présentent des compositions chimiques homogènes et comparables dans tout l'échantillon. Ceci est caractérisé en imagerie BSE par des plages de gris homogènes, et peut être vérifié par les analyses microsonde.

Les chondres sont relativement abondants et représentent environ la moitié de la météorite. Leur forme est arrondie mais leurs contours sont diffus. Leur taille est comprise entre 750 et 2000µm. Ils sont principalement de trois types : chondres porphyriques à olivine, chondres fibroradiés à pyroxène et chondres barrés à olivine (fig. 3a,b). Ils sont formés de cristaux automorphes d'olivine et de pyroxène à l'intérieur d'une mésostase recristallisée en clinopyroxène et feldspath (fig. 3b).

Les minéraux ferromagnésiens dans la matrice sont des olivines polyédriques et des pyroxènes de 100 à 300µm. Les olivines sont les plus fréquentes et sont souvent craquelées. Elles présentent une extinction roulante. Les analyses ponctuelles par microsonde électronique montrent que les compositions de ces olivines sont homogènes dans tout l'échantillon (tabl. II), avec une teneur moyenne en fayalite de 25% (Fa₂₅, % molaire du pôle Fa; fig. 6). L'écart type de 0,35 sur ces valeurs confirme la faible variabilité de composition de ces olivines et donc l'homogénéité de celles-ci.



Les pyroxènes sont majoritairement pauvres en Ca, à l'exception de quelques baguettes de clinopyroxènes dans la mésostase des chondres. Les orthopyroxènes ont une composition homogène (tabl. II, fig. 5 et 6) avec 22% de ferrosillite (Fs_{22} , écart type de 0,20) et les clinopyroxènes ont des teneurs de 12% en ferrosillite et 32% en wollastonite ($En_{66}, Fs_{12}, Wo_{32}$; tabl. II).

Les feldspaths sont situés entre les grains des minéraux ferromagnésiens, et leur taille est le plus souvent supérieure à $50\mu m$ (fig. 3b et fig. 4).

Les principaux minéraux opaques sont le sulfure de fer qui est la troïlite (FeS) et le métal de type kamacite et taénite (fig. 3c et fig. 4). Ils représentent environ 5% de la météorite. La troïlite est le plus souvent en grains isolés et parfois elle est associée aux grains de métal. Le métal est soit en grains isolés, soit en veines discontinues.

Le métal est un alliage de fer et de nickel avec des proportions variables de nickel (fig. 7). Un début d'oxydation est visible à la périphérie des grains. La phase la plus abondante est la kamacite, $\alpha-(Fe,Ni)$, plus pauvre en Ni que la taénite, $\gamma-(Fe,Ni)$. Les compositions mesurées dans la kamacite varient de 5 à 7 pds% (pourcentages pondéraux) en Ni. La teneur moyenne

Fig. 3 - Photographies en microscopie photonique d'un chondre barré à olivine (Ch), de matrice et de chondres recristallisés, montrant de l'olivine (Ol), du pyroxène (Px) et du feldspath (Fds). Largeur du champ de vue : 2,0 mm. **a)** lumière polarisée non analysée. **b)** lumière polarisée-analysée. **c)** lumière réfléchie, montrant les grains de métal (Met) et troïlite (Tr).

Optical microscopy photographs of a well preserved barred olivine chondrule (Ch) and recrystallized matrix and chondrules, showing olivine (Ol), pyroxene (Px) and feldspar (Fds). Field of view : 2.0 mm wide. a) plane polarized light. b) crossed polarizers. c) reflected light, showing metal (Met) and troilite (Tr)

LA MÉTÉORITE D'EL IDRISIA (ALGÉRIE)

Tableau II - Compositions moyennes mesurées à la microsonde électronique des pyroxènes et des olivines d'El Idrissia.

Mean pyroxene and olivine compositions of El Idrissia meteorite, measured by electron microprobe.

	opx (17 analyses)	cpx (4 analyses)	olivine (13 analyses)
% pondéraux d'oxydes			
SiO ₂	55,38	55,22	39,48
Al ₂ O ₃	0,16	0,41	0,02
TiO ₂	0,19	0,45	0,02
FeO	13,87	7,43	22,19
MnO	0,48	0,34	0,47
MgO	28,52	19,90	37,55
CaO	0,83	15,85	0,03
Cr ₂ O ₃	0,12	0,66	0,01
NiO	0,01	0,02	0,05
Na ₂ O	0,03	0,44	0,01
K ₂ O	0,01	0,01	0,00
Total	99,62	100,72	99,86
Cations sur la base de :			
O	6	6	4
Si	1,99	1,99	1,02
Al	0,00	0,02	0,00
Mg	1,53	1,07	1,46
Fe	0,41	0,22	0,48
Ti	0,01	0,01	0,00
Cr	0,00	0,02	0,00
Mn	0,01	0,01	0,01
Ca	0,03	0,62	0,00
Na	0,00	0,03	0,00
% En	76,73	55,45	% Fo 74,97
% Fs	21,67	12,06	% Fa 24,76
% Wo	1,60	32,49	

en Co y est de 6600 ppm. Les taénites quant à elles, contiennent de 26 et 55 pds% de Ni et de 500 à 3500 ppm de Co. Certains grains de métal sont déformés et montrent des textures plessitiques ainsi que des poches fondues avec des billes où métal et sulfures sont en mélange eutectique.

Les minéraux accessoires sont des apatites (fig. 4) et des chromites (57 pds% de Cr₂O₃).

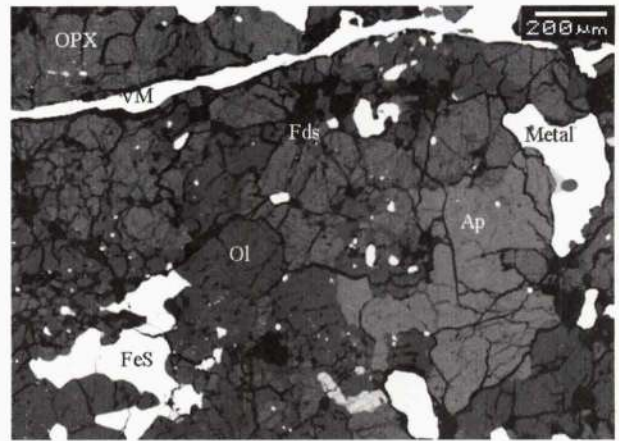


Fig. 4 - Photographie en microscopie électronique à balayage (électrons rétrodiffusés) montrant une veine de métal (VM), olivine (Ol), orthopyroxène (Opx), feldspaths (Fds), apatite (Ap), sulfure (FeS) et métal.

Scanning electron microscope (back scattered electrons) image showing a metal vein (VM), olivine (Ol), orthopyroxene (Opx), feldspars (Fds), apatite (Ap), sulfide (FeS), and metal.

Discussion et classification :

Les chondrites sont réparties en classes et sous-classes : chondrites ordinaires (H, L, LL), chondrites à enstatite (EL, EH) et chondrites carbonées (CV, CM, etc...) en fonction de leur composition chimique, de leur degré d'oxydation, de leur composition isotopique en oxygène, de l'abondance et de la taille des chondres et de l'abondance du métal qu'elles contiennent. Tous ces paramètres reflètent vraisemblablement soit leur formation dans des régions différentes de la nébuleuse solaire (Sears et Dodd, 1988), soit une formation à des moments sensiblement différents lors de la formation du système solaire. S'ajoute à cette classification un type pétrologique de 1 à 6 (Van Schmus et Wood, 1967), qui traduit les évolutions subies par la météorite après l'accrétion de son corps parent, métamorphisme thermique (croissant de 3 à 6) ou altération aqueuse (croissante de 3 à 1). Enfin, on indique généralement les modifications dues à la bréchification et au métamorphisme de choc (lors de l'impact qui provoque l'éjection de

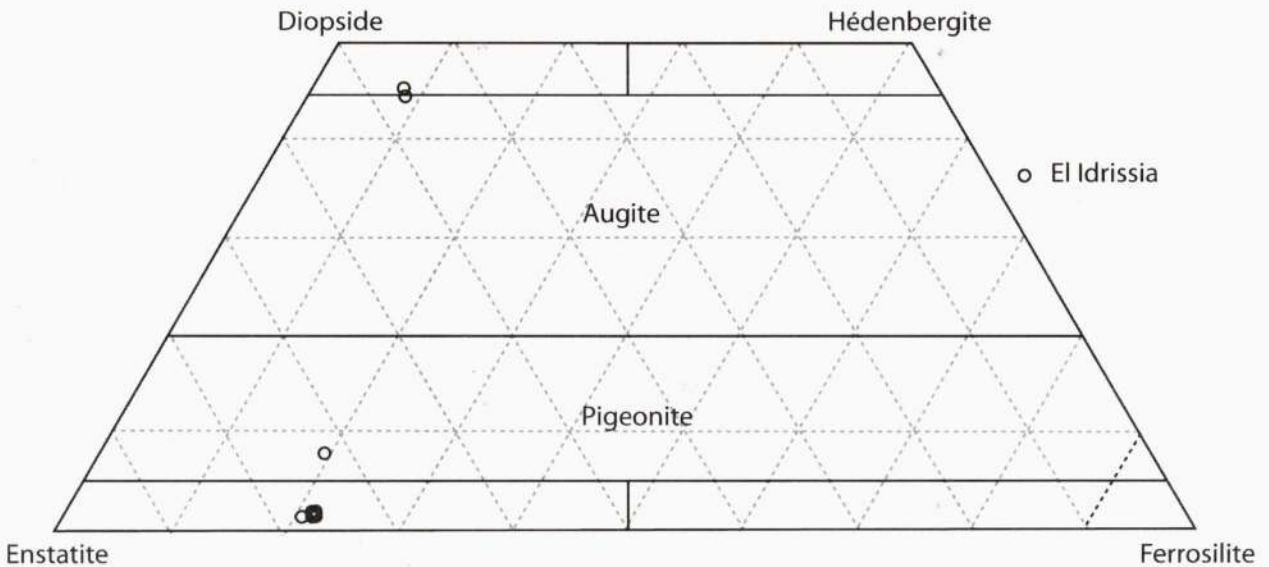


Fig. 5 - Compositions des pyroxènes dans la météorite d'El Idrissia, en pourcentage molaire des principaux pôles purs.

El Idrissia pyroxene compositions, expressed as molar percentage of endmembers.

la météorite de son corps parent) par un degré de choc de S1 à S6 (Stöffler et al., 1991), et un degré d'altération terrestre de W0 à W6 (Wlotzka, 1993).

Les variations de composition des olivines et des pyroxènes sont très faibles, et proches de l'erreur instrumentale. Ceci est caractéristique d'une météorite équilibrée chimiquement par un métamorphisme thermique sur son corps parent, c'est à dire de type pétrologique supérieur ou égal à 4. La matrice recristallisée, montrant une texture quasiment équilibrée et des feldspaths de taille supérieure à 50 μm , ainsi que la recristallisation partielle des chondres effaçant partiellement leurs contours, caractérisent un type pétrologique 6, indicatif d'un métamorphisme thermique à des températures de l'ordre de 900°C environ.

L'abondance de métal et de sulfure, ainsi que la taille des chondres, permet de classer El Idrissia parmi les chondrites ordinaires. La météorite étant équilibrée chimiquement, la

détermination du groupe peut être réalisée à partir des analyses chimiques ponctuelles par microsonde des olivines et des pyroxènes pauvres en Ca, dont les teneurs en Fa et Fs reflètent l'état d'oxydation de la météorite. Fredriksson and Keil (1964) ont défini trois champs permettant de distinguer les chondrites ordinaires H, L et LL dans un diagramme %Fs en fonction de %Fa. Le report dans ce diagramme des compositions trouvées (fig. 6) place El Idrissia parmi les chondrites ordinaires de type L.

Les trois groupes de chondrites ordinaires se distinguent également par la taille moyenne de leurs chondres. Dans le cas de la météorite d'El Idrissia, ce critère est difficilement utilisable, car dans les chondrites très métamorphosées seuls les plus gros chondres subsistent, les petits étant intégrés dans la matrice recristallisée.

La teneur moyenne en Co dans la kamacite varie également entre les groupes L, LL et H. La valeur trouvée de 6600 ppm est proche de la fourchette de variation donnée par Sears et

LA MÉTÉORITE D'EL IDRISIA (ALGÉRIE)

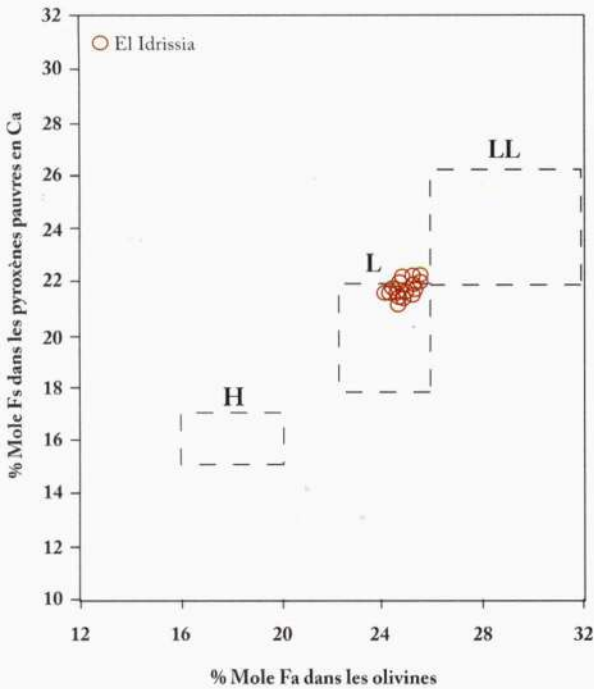


Fig. 6 - Place de la météorite d'El Idrissia dans le diagramme de classification des chondrites ordinaires équilibrées de Fredriksson et Keil (1964) et Fredriksson *et al.*, (1968).

Olivine and opx compositions in El Idrissia meteorite, reported in the classification diagram of Fredriksson and Keil (1964) and Fredriksson and *al.*, (1968) for equilibrated ordinary chondrites.

Dodd (1988) pour les chondrites ordinaires de type L (0.7 à 0.95 pds% Co). Reportées dans le diagramme Co vs. Ni (mg/g) proposé par Sears et Axon (1976) et Afiattalab et Wasson (1980), les analyses montrent une variation importante des teneurs en Co qui semble a priori peu compatible avec un degré élevé de métamorphisme (fig. 7). Une telle variabilité des teneurs en Co dans la kamacite des chondrites équilibrées de type L et LL a toutefois été reportée par plusieurs auteurs (voir Bearley et Jones, 1998).

La météorite d'El Idrissia montre un faible degré d'altération terrestre vu qu'il s'agit d'une chute observée qui a été ramassée juste après

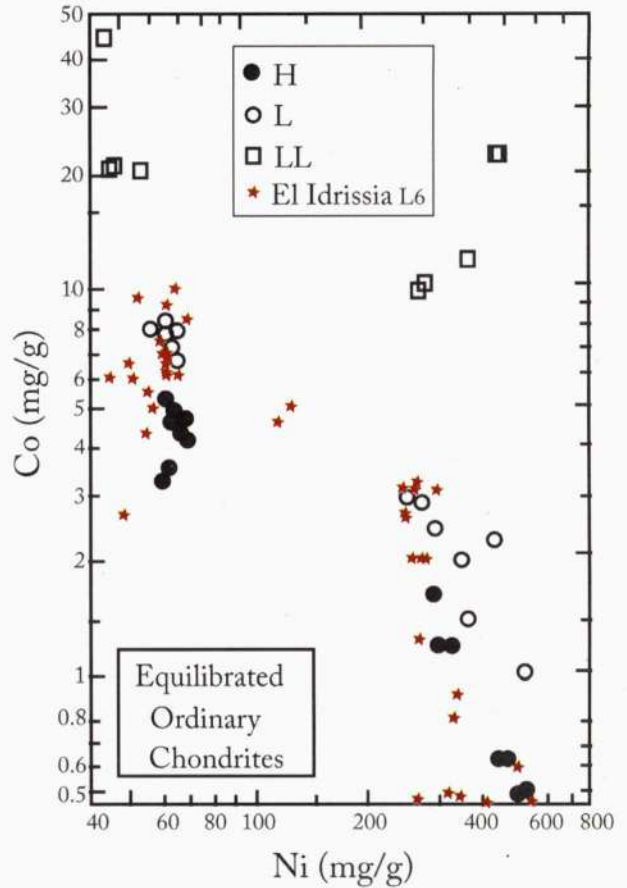


Fig. 7 - Teneurs en Co et Ni dans la kamacite (points à gauche) et dans la taénite (points à droite) de la météorite d'El Idrissia, reportées dans le diagramme de Sears et Axon (1976) et Afiattalab et Wasson (1980).

Co and Ni contents in kamacite (left) and in taenite (right) in El Idrissia meteorite, plotted in a trace vs. Ni diagram from Sears and Axon (1976) and Afiattalab and Wasson (1980).

qu'elle soit tombée. Elle n'a donc pas eu le temps de s'altérer. On a toutefois observé le développement d'auréoles rougeâtres de limonite autour des grains de métal, ainsi qu'un début d'altération à la bordure des grains de métal et de sulfures, affectant moins de 5% du métal. Le degré d'altération est faible et estimé à W1 (Wlotzka, 1993). Cette altération terrestre peut être expliquée par de mauvaises conditions de conservation.

Le degré de choc a été initialement estimé à S2 (Stöffler et al., 1991), les olivines présentant des fractures irrégulières ainsi qu'une extinction roulante. On note également la présence de quelques veines de choc remplies de métal. Les grains de métal déformés et présentant des poches, fondues de mélange eutectique métal-sulfure suggèrent toutefois un degré de choc plus élevé, S3 voire S4. Ces dernières observations ont été effectuées dans une nouvelle section réalisée après 2002, ce qui laisse penser que le choc pourrait être hétérogène à l'échelle de l'échantillon.

Remerciements : Les auteurs remercient Jean-Luc Devidal pour son assistance dans l'utilisation de la microsonde électronique, ainsi que Hassna Chennaoui-Aoudjehane et Jean Fabre pour leurs commentaires constructifs lors de la revue de cet article.

BIBLIOGRAPHIE

- AFFIATTALEB, F. AND WASSON, J.T. 1980.** Composition of the metal phases in ordinary chondrites : Implications regarding classification and metamorphism. *Geochim. Cosmochim. Acta* 44, 431-446.
- ARBEY, F. 1972.** Précisions sur la découverte de la météorite de Zerhamara; principaux résultats. *C.Acad. Sc. Paris*, t. 275, série D 2587-2590.
- BREARLEY AND JONES, 1998.** Chondritic meteorites. In: Planetary Materials. J. J. Papike Editor. Reviews in mineralogy and geochemistry vol. 36. *Mineralogical Society of America*.
- FREDRIKSSON, K. AND KEIL, K. 1964.** The iron, magnesium, calcium and nickel distribution in the Murray carbonaceous chondrite. *Meteoritics*, vol.2, issue 3, 201-217.
- FREDRIKSSON, K., NELEN, J. AND FREDRIKSON, B. 1968.** The LL group meteorites. In Ahrens, L. H. (Ed): *Origine and Distribution Elements*, London-New York: Pergamon, pp. 457-466.
- INTERNATIONAL SOCIETY FOR METEORITICS AND PLANETARY SCIENCE. 2008.** Meteorical Bulletin Database. Site web: <http://tin.er.usgs.gov/meteor/metbull.php>.
- MESSAOUDI, M. 2002.** Etude pétrographique, minéralogique et classification de quelques météorites trouvées en Algérie. *Thèse de Magister, FSTGAT/USTHB*.
- METBASE, 2005. (MetBase Information Database)** Base de données informatique sur les météorites. *Jörn Koblite, Editor, Germany*.
- NORTON, O. R. 2002.** The Cambridge encyclopedia of meteorites. *Cambridge University Press*. pp. 354.
- RUSSELL, S. S., ZIPFEL, J., GROSSMAN, J. N. AND GRADY, M. M. 2002.** The Meteoritical Bulletin, N° 86, 2002 July. *Meteorit. Planet. Sci.* 37 (Suppl.), A157-A184.
- SEARS, D. AND AXON, H.J. 1976.** Ni and Co content of chondritic metal. *Nature*: 260, 34-35.
- SEARS, D. AND DODD, R. 1988.** Overview and classification of meteorites, pages 3-31. In: Meteorites and the early solar system, Kerridge J. F. and Matthews, M. S., Eds. *The University of Arizona Press*.
- STELZNER, T., HEIDE, K., BISCHOFF, A., WEBER, D., SCHERER, P., SCHULTZ, L., HAPPEL, M., SCHROEN, W., NEUPERT, U., MICHEL, R., CLAYTON, R. N., MAYEDA, T. K., BONANI, G., HAIDAS, I., IVY OCHS SUSAN DENISE AND SUTER, M. 1999.** An interdisciplinary study of weathering effects in ordinary chondrites from the Acfer region, Algeria. *Met. Planet. Sci.*, 34, 787-794.
- STÖFFLER, D., KEIL, K. AND SCOTT, E.R.D. 1991.** Shock metamorphism of ordinary chondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta*; 55, 3845-3867.
- VAN SCHMUS, W. R. AND WOOD, J. A. 1967.** A chemical-petrological classification for the chondritic meteorites. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 31, 747-765.
- WLOTZKA, F. 1993.** A weathering scale for the ordinary chondrites. *Meteoritics*, 28, 460.