

## GENERALITES SUR LE GRAPHITE

### I.1 Historique



**Figure 1 : Graphite naturel**

A sa découverte on avait confondu le graphite avec le plomb, d'où sa dénomination plombagine au départ, ce n'est qu'au XVIII<sup>e</sup> siècle que le suédois Carl Wilhelm Scheele a identifié que le graphite est une forme cristalline du carbone.

Le nom de graphite lui a été donné en 1789 par le minéralogiste allemand Abraham Gottlieb Werner. C'est le mot grec *graphein*, qui est à l'origine du nom et qui signifie écrire, à raison de son utilisation à l'époque comme mine de crayon.

Le graphite est l'une des formes allotropiques naturelle du carbone, un élément chimique non-métallique, le sixième élément du tableau de Mendeleïev. En effet le graphite et le diamant sont les deux minéraux naturels constitués uniquement de l'élément du carbone (C); mais seul leur composition chimique qui se ressemble, la différence réside dans la disposition interne de leurs atomes de carbone.

### Propriétés

Le graphite est un minéral dont la formule chimique est « C ». Il est donc constitué essentiellement du carbone., mais dans sa forme native on peut y rencontrer d'autres éléments en traces comme .l'hydrogène (« H »), l'azote (« N »), l'oxygène (« O »), le silicium (« Si »), l'aluminium (« Al »), le fer (« Fe »), on peut même retrouver de l'argile.

Le graphite est opaque, noir à éclat submétallique. Il est tendre, sa dureté est anisotrope (différente parallèlement et perpendiculairement aux feuillets), elle est comprise entre 1 et 2 sur l'échelle de Mohs. Il est assez fréquent dans la croûte terrestre supérieure

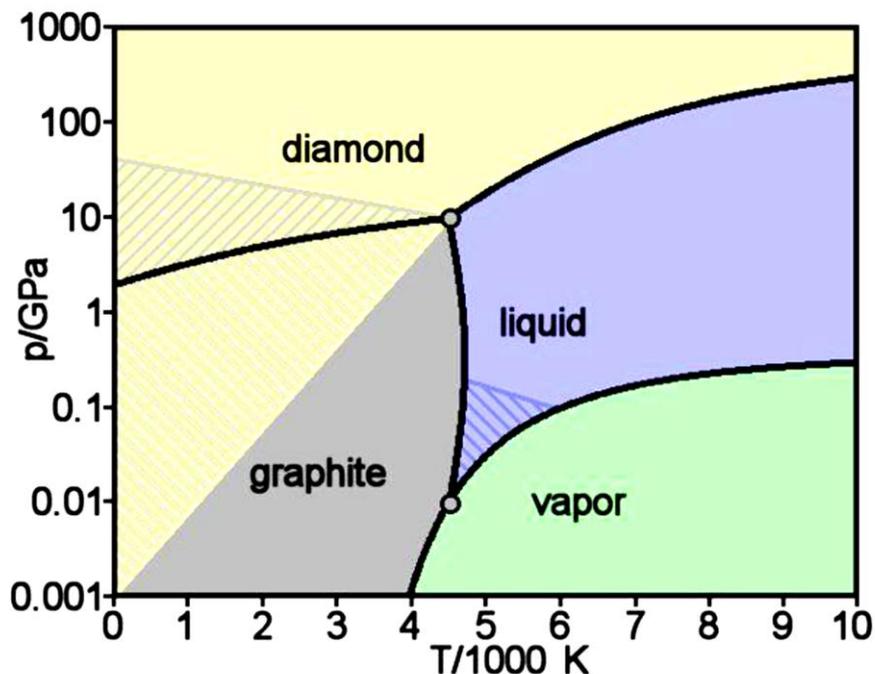


Figure 2: Diagramme de phase du carbone (source : Panorama 2011 du marché du graphite 2011)

### 1.3.1 Métallogénies

Le graphite est un carbone cristallisé dans le système hexagonal. Il est formé de feuillets hexagonaux où chaque atome de carbone est fortement lié à trois autres atomes par covalence sur un même plan et faiblement avec les feuillets adjacents. Ces feuillets sont appelés graphènes. et distant d'environ 0,336 nm.

A partir de ces arrangements on distingue alors deux polytypes de graphite :

#### *Le graphite-2H ou graphite hexagonal*

C'est la forme cristalline stable du carbone à température et pression ordinaires. Les graphènes sont empilés selon une séquence ABAB, les atomes de la couche B étant décalés par rapport aux atomes de la couche A, de sorte que le centre de chaque hexagone de A soit au-dessus d'un atome de B. La liaison interfeuille est de type Van der Waals et se traduit par une distance interplanaire élevée de 0,3354 nm. La maille cristalline correspondante est de symétrie hexagonale et est décrite à partir du groupe d'espace  $P6_3/mmc$ , le nombre d'atomes par maille étant de 4.

Grace cette structure quasi-bidimensionnelle le graphite entraîne une anisotropie de la plupart de ces propriétés électriques, magnétiques et mécaniques

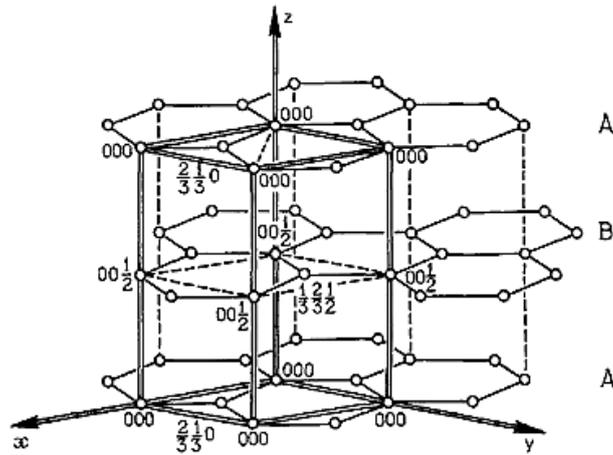


Figure 3 :Graphite hexagonal

▪ *Le graphite-3R ou graphite rhomboédrique*

Dans le graphite 3 R les plans de graphènes sont empilés selon une séquence ABCABC, les atomes de carbone de la couche C étant déplacés par rapport aux atomes de la couche B de manière similaire aux atomes de la couche B par rapport aux atomes de la couche A. Les liaisons interfeuillettes et intrafeuillettes sont identiques à celles du graphite hexagonal. La maille cristalline est de type rhomboédrique et est décrite à partir du groupe d'espace  $R3m$ , le nombre d'atomes de carbone par maille étant de 2.

La teneur en phase rhomboédrique d'un graphite peut être augmentée par broyage mécanique. Après traitement thermique à des températures voisines de 2000 °C, la structure rhomboédrique disparaît progressivement au profit de la structure hexagonale. La structure rhomboédrique est alors instable thermodynamiquement.

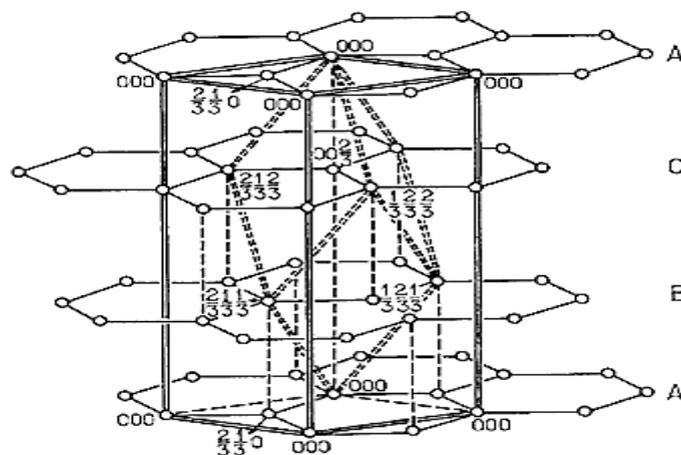


Figure 4:Graphite rhomboédrique

### ***1.3.2 Propriétés physiques***

Le graphite est un bon conducteur de la chaleur et de l'électricité. C'est le seul non-métal à avoir cette propriété. Il est très réfractaire. À la pression atmosphérique, il sublime à 3 825 °C. Il est chimiquement inerte. Il résiste aux chocs thermiques avec notamment un faible coefficient d'expansion thermique. Il a également un bas coefficient d'absorption des rayons X et un très bas coefficient de friction. Enfin, il est non toxique et non « mouillable » par les métaux. Il est relativement léger, sa densité est entre 2,1 et 2,3

### **Classification du graphite**

On distingue trois formes distinctes du graphite à l'état naturel: le graphite amorphe, le graphite en paillettes et le graphite filonien. Ces types de graphite ont chacun ses propres environnements géologiques spécifiques différents les uns des autres.

#### ***1.4.1 Graphite amorphe***

Comme tous les graphites possèdent une structure cristalline, on a ainsi nommé ce type de graphite par abus de langage. En effet, cette structure cristalline n'est visible ni à l'œil nu ni en microscopie optique standard. On a ainsi donc nommé ce graphite microcristallin ou cryptocristallin.

Macroscopiquement, ce type de graphite est de couleur noir et a une forme massive. Ce qui indique que sa structure microcristalline est non stratifiée. Le graphite amorphe est issu de la transformation d'une couche d'anthracite (charbon) à la suite d'un métamorphisme de contact. Entre autres, on peut citer les dépôts de graphite de Sonora au Mexique qui est issu d'un métamorphisme de contact; un dyke.

Le graphite amorphe est donc formé de carbone d'origine organique. De tous les graphites, le graphite amorphe est celui qui présente le plus d'impureté : 40 à 60 % alors que les autres n'en contiennent que 10% ou moins. Ceci est probablement dû au fait que les proto-carbones ont été déposés temporairement et associés avec des impuretés de quartz ou d'argiles.

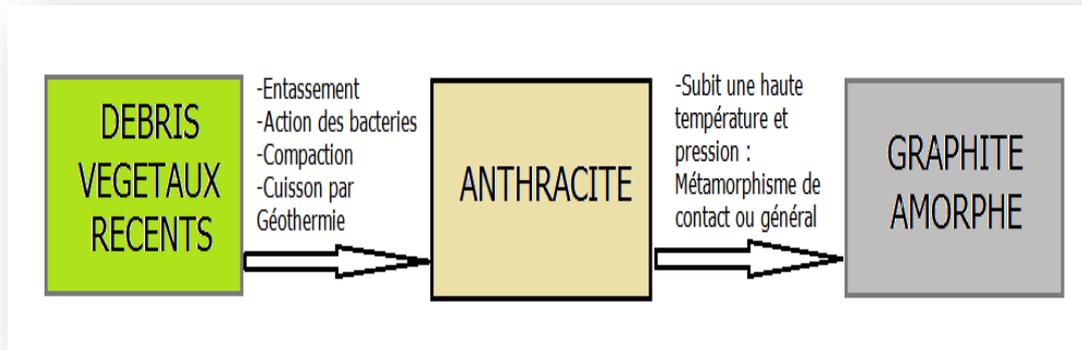


Figure 5: Formation du graphite amorphe (source : [www.asbury.com](http://www.asbury.com))

#### 1.4.2 Le graphite en paillette

Le graphite en paillette est le graphite la plus courante dans la vie quotidienne, on l'utilise habituellement comme mines de crayons. Du point de vue de sa structure, le graphite en paillette se présente macroscopiquement sous forme de lamelles aplatis. En microcristalline il présente un arrangement bien défini.

Le graphite en paillette se trouve surtout dans les roches métamorphiques. Ils s'observent rarement dans les roches ignées. Les pétrologues pensent que les graphites en paillettes se sont formés sous faciès granulite (à une pression d'environ 10 bars et une température avoisinant les 750°C). Sur le marché, le graphite en paillette est considéré comme un graphite de haute qualité puisqu'il renferme généralement une teneur en carbone supérieur à 90%.

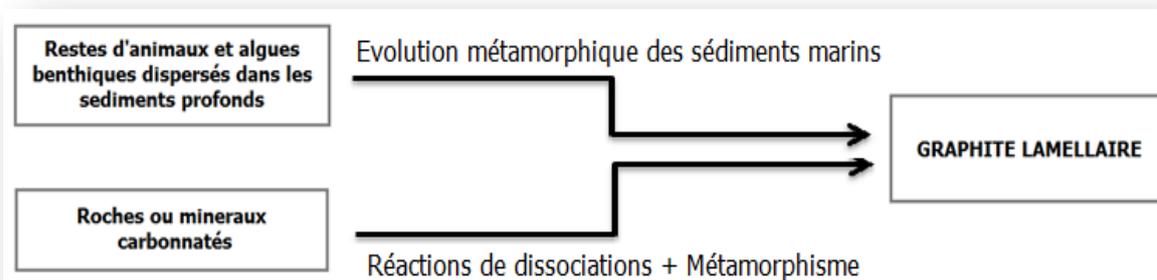


Figure 6: Formation du graphite lamellaire (source : [www.asbury.com](http://www.asbury.com))

### 1.4.3 Le graphite filonien

On rencontre ce type de graphite dans les fissures ou filon de l'écorce terrestre. Le graphite filonien est aussi nommé graphite de Ceylan, la raison est que c'est le seul pays qui le commercialise. Avec ce graphite on trouve souvent d'autres minéraux hydrothermaux comblant les fissures. Le graphite filonien a également une teneur en carbone élevée qui est estimé entre 90 à 95 %. La provenance du carbone reste encore ambiguë. Cependant, certains scientifiques pensent que lors des intrusions, des fluides pegmatitiques ont entraînés des graphites en paillettes. Ainsi, des graphites filoniens se sont déposés plus loin.

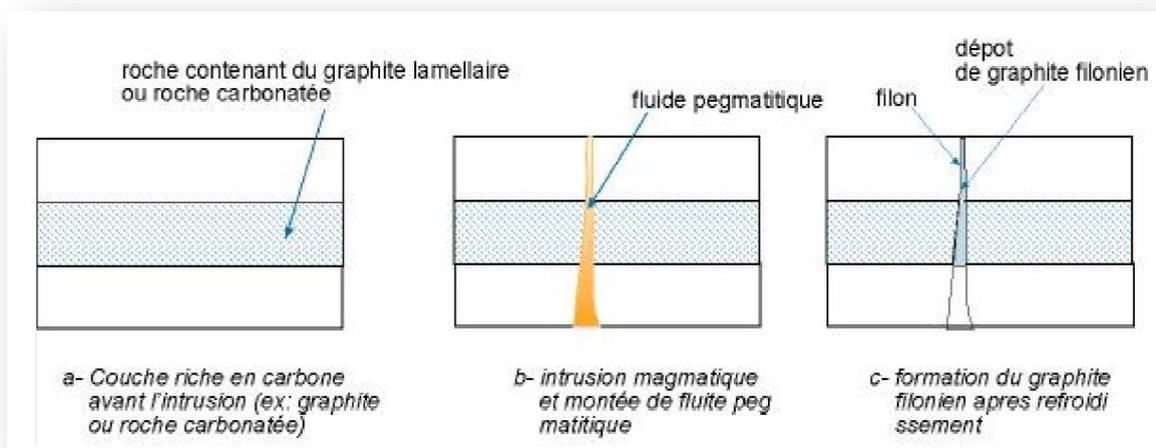


Figure 7: Formation du graphite filonien (source : [www.asbury.com](http://www.asbury.com))

### 1.5 Principales utilisations

Le graphite a de nombreuses applications industrielles, sous diverses formes naturelles ou synthétiques :

-dans les arts plastiques, il est utilisé pour le dessin. Il sert en particulier à fabriquer des crayons, souvent sous l'appellation incorrecte de « mine de plomb ». L'utilisation domestique la plus courante est le crayon



Photo 1: Crayon

-il entre dans la fabrication des piles alcalines.



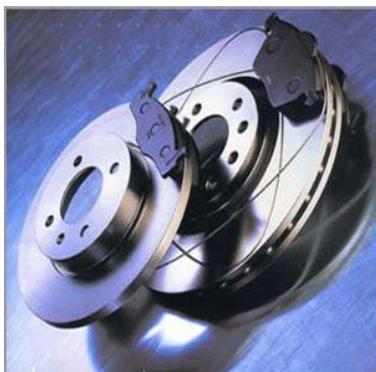
**Photo 2 :Pile**

-dans l'industrie métallurgique pour la fabrication de l'acier et dans le revêtement de moules de fonderies



**Photo 3: Moule de fonderie**

-dans l'industrie automobile, les garnitures de freins et d'embrayages sont composées de graphite ainsi que les pièces moteurs, les pièces de frottement et les joints étanches mécaniques.



**Photo 4: Garnitures de freins**



**Photo 5: Garniture d'embrayage**

-dans l'industrie de la peinture, le graphite permet à la fabrication de peintures anticorrosives.

-dans les produits de hautes technologies, dont les applications portent sur les batteries au lithium, les piles à combustible et les produits chimiques



**Photo 6: Batterie de lithium**



**Photo 7: Pile à combustible**

-le graphite est aussi employé dans plusieurs autres produits, tels les lubrifiants industriels, les poudres métalliques, les composants de polymère et de caoutchouc.

-il est également utilisé en médecine comme absorbant en cas d'intoxication par voie orale et à un usage militaire pour endommager les centrales électriques comme bombe au graphite.

-aussi il peut- être utilisé comme composite d'alliage (Titane, Fibre de verre, Aluminium) dans la fabrication des cadres de raquettes de tennis.



**Photo 8: Raquette de tennis**

## CHAPITRE II LE GRAPHITE AU NIVEAU MONDIAL

### II.1 La production

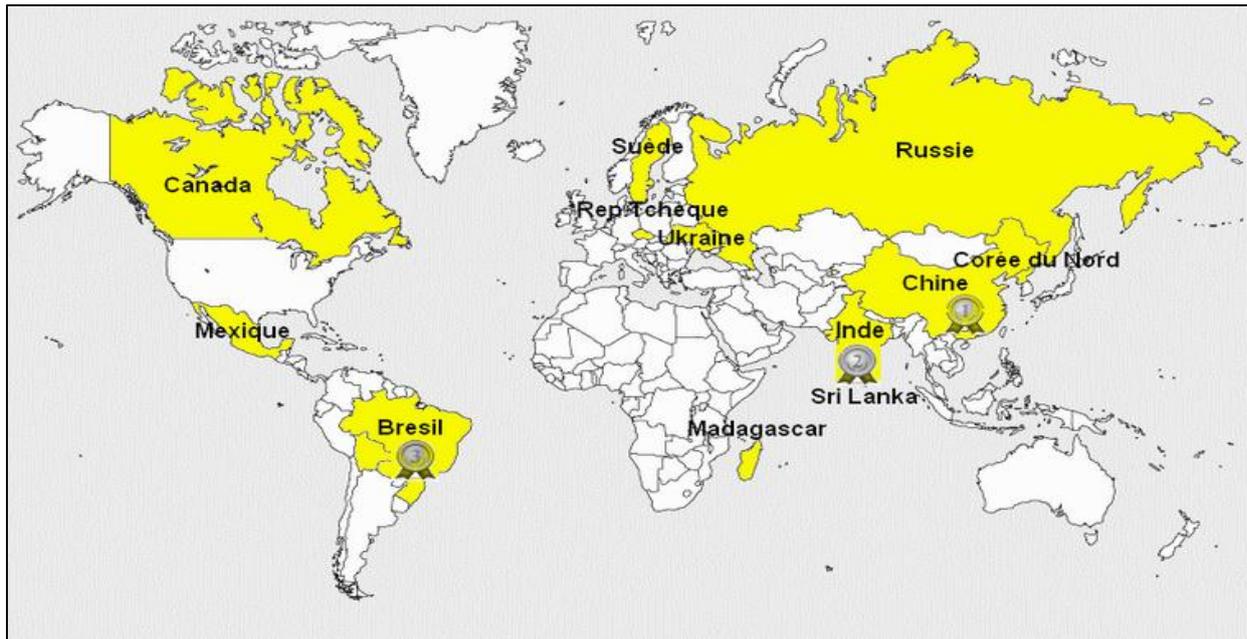
On découvre des gisements de graphite naturel partout dans le monde, néanmoins on peut retenir certains pays qui exploitent ces gisements :

- **Graphite amorphe** : Mexique, Chine, Italie et Autriche...
- **Graphite cristallin** : Sri Lanka...
- **Graphite en paillettes** : Chine, Brésil, Madagascar et Russie...,

**Tableau 1: Production mondiale de graphite (source:www.usgs.com)**

Année Pays	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Chine	720 000,00	720 000,00	800 000	810 000	800 000,00	800 000,00
Inde	130 000,00	120 000,00	130 000,00	140 000,00	130 000,00	130 000,00
Brésil	77 494,00	76 194,00	77 163,00	76 200,00	76 200,00	76 000,00
Corée du Nord	32 000,00	30 000,00	30 000,00	30 000,00	30 000,00	30 000,00
Canada	28 000,00	28 000,00	28 000,00	27 000,00	25 000,00	25 000,00
Sri Lanka	3 000,00	5 756,00	9 593,00	10 000,00	11 000,00	11 000,00
Ukraine	10 400,00	5 800,00	5 800,00	5 800,00	5 800,00	6 000,00
Madagascar	6 400,00	4 857,00	5 000,00	5 000,00	5 000,00	5 000,00
Mexique	12 357,00	12 500,00	12 500,00	7 229,00	5 011,00	5 000,00
Norvège	2 300,00	2 300,00	2 000,00	2 000,00	2 000,00	2 000,00

## II.2 Les principaux pays producteurs de graphite dans le monde sont :



Premier producteur mondial



Second producteur mondial



Troisième producteur mondial

Figure 8: Les principaux pays producteurs de graphite (source : [www.planetoscope.com](http://www.planetoscope.com))

### ❖ Chine

La production chinoise provient, principalement, des provinces de Shandong et Heilongjiang. En effet dans ces gisements, le graphite se présente sous forme de paillettes de 2 à 3 mm disséminées dans des roches métamorphiques comme le gneiss, micaschistes.

Mais il y a aussi qui est sous forme "amorphe" dans ces gisements, découvert plus récemment que les précédents c'est-à-dire les lamellaires. La teneur en graphite est de 10 à 50 %.

Les compagnies qui exploitent le graphite sont :

Asian Minerals Co. Ltd basées dans Qingdao, dans Shandong la province a une mine dans Pingdu et une usine voisine dans Jiaozhou. La compagnie a une production de 5.000 t/an de graphite.



Dans Laixi, province de Shandong, Qingdao Hellong Graphite Co a exploité la mine de Shandong Nanshu. Il actionne aujourd'hui quatre mines à ciel ouvert et 13 usines.

La compagnie produit 6.000 t/an du graphite lamellaire, de graphite haute teneur en carbone (8.000 t/an); graphite extensible (1.000t/an), émulsion de graphite (600 t/an); et de poudre de graphite (500 t/an).

#### ❖ Inde

En Inde le graphite se présente sous forme de graphite cristallin avec le contenu de carbone se situe entre 45 et 97%. La production du graphite est détenue d'une part par GR Graphite Industries qui possède une mine dans Dudukamal, Balangir, et dont la production est de 18.000 t/an et par Lakshminarayan Makhanlal Co. Ces deux compagnies possèdent deux mines de graphite dans Balangir. La mine plus grande de Tureikela a une production de 12.000 t/an; la mine de Gargarbahal a un résultat de 8.000 t/an

Mais il y a aussi le Minerais Ltd (TAMIN) de Tamilnadu qui a une exploitation de plus 2.4km<sup>2</sup> de terre de graphite- dans la zone de Sivaganga de Tamilnadu,

#### ❖ Brésil

La production brésilienne provient de l'état du Minas Gerais. Les mines sont exploitées principalement par la société Nacional de Grafite, avec une production de 70 000 t/an, dans les usines de Pedra Azul, Salto da Divisa et Itapecerica.

#### ❖ Madagascar

Madagascar produit, depuis 1907, du graphite de qualité exceptionnelle. En 1925, Madagascar était premier exportateur mondial. Le graphite est exploité à ciel ouvert et concentrée, par flottation. La teneur en graphite est élevée, elle varie entre 85-90%. Les principaux producteurs sont les Etablissements Gallois avec 10 000 t/an dans 3 mines situées sur la côte Est, dans la région de Toamasina.

Tableau 2: Les principales mines de graphite en exploitation (source : Panorama 2011 du marché du graphite 2011)

Gisement	Pays	Province / Région	Société	Nature	tonnage minéral et teneur	graphite contenu (Mt)	capacité annuelle minéral	capacité annuelle graphite	statut
Kaisersberg (réouverte en 2008)	Autriche	Styrie	Grafitbergbau Kaisersberg	amorphe, paillettes	n.d.			10 000 t	
Serra Azul Mateus Leme	Brésil	Minas Gerais	Grafito MG	amorphe, paillettes	n.d.		20 000 t	7 000 t	
Malquinique	Brésil	Bahia (Mocal Mt)	Extrativa Metalquimica	amorphe, paillettes	25 Mt amor. 13 Mt paill.		20 000 t	12 000 t	
Itapeçerica, Pedra Azul, Salto da divisa	Brésil	Minas Gerais	Nacional de Grafit	paillettes				70 000 t	
Lac des Îles	Canada	Québec	Timcal	paillettes	25 Mt @ 7%			15 000 t	
Black cristal	Canada	British Columbia	Eagle Graphite		5,7 Mt @ 4%			3 600 t	
Liugeshuang	Chine	Shandong	Hellongjiang Luobel Halda Graphite Co	paillettes	612 Mt			80 000 t	
Jixi city	Chine	Heilongjiang	Jixi Liuniao Graphite Resource Co	amorphe, paillettes	360 Mt @ 15%	54 Mt		100 000 t	
Pingdu district	Chine	Shandong	Qingdao Hellong Graphite Co	paillettes	90 Mt			30 000 t	
Pingdu Liugezhuang	Chine	Shandong	Qingdao Halda Graphite Co	paillettes	100 Mt			26 000 t	
Panshi	Chine	Jilin	Jiling Graphite Industry	amorphe	n.d.			30 000 t	
Yeonchong (et divers)	Corée du Nord	Hwanghae Sud	Korea Resources (Kores) Samcheolri	amorphe	n.d.	6.25		30 000 t	
Chung Nam, Kang Won, Kyong Gi, Lyung Pak.	Corée du Sud		n.d. (production anecdotique)	amorphe	n.d.	2,5-3 Mt am. 1,5 Mt		55 t	
Madaguda (ciel ouvert)	Inde	Orissa (Sambalpur)	TP Mineral Industries (TPMI)	paillettes	n.d.		23 000 t		
Sargipali (souterrain)	Inde	Orissa (Sambalpur)	TP Mineral Industries (TPMI)	paillettes	n.d.				
Bolangir	Inde	Orissa (Sambalpur)	GR Graphite Industries	paillettes, amorphe	n.d.		18 000 t		
Tureikela (Bolangir)	Inde	Orissa (Sambalpur)	Lakshminarayan Makhanlal (LMCO)	paillettes, amorphe	n.d.		12 000 t		
Gargabahal (Bolangir)	Inde	Orissa (Sambalpur)	Lakshminarayan Makhanlal (LMCO)	paillettes, amorphe	n.d.		8 000 t		
Antsirakambo, Marovintsy, Ambalafotaka	Madagascar	Toamasina Vatomandry	Etablissements Gallois	paillettes	n.d.			5 000 t	3 sites d'exploitation
Hermosilla	Mexique	Sonora	Grafitos Mexicanos (Ashbury Carbons USA)	amorphe	n.d.	3.1	n.d.		
Traelen Skaland Mts	Norvège	Ile de Senja	Skaland Graphite Norway	paillettes	n.d.	2.0	12 000 t	8 000 t	
Kurelskoe	Russie	Krasnoyarsk	Krasnoyarskgraphit	amorphe	n.d.		8 000 t		
Talginsky (Kyshtym)	Russie	Krasnoyarsk	Ouralgraphit	n.d.	n.d.	14	7 000 t		
Bogala	Sri Lanka		Bogala Graphite Lanka (Grafit Kropfmühl) AG	veines	n.d.			8 000 t	
Velké Vrbno-Konstantin	Tchéquie	Staré Mesto	Grafitove doly Staré Mesto	paillettes	n.d.			7 000 t	
n.d.	Turquie	Izmir	Karaback Metal & Mining		n.d.			50 000 t	
Zavalye district	Ukraine	Kutahya	Zavalyevsky graphite complex	paillettes	n.d.			40 000 t	
Lynx mine	Zimbabwe	Karoi	Zimbabwe German Graphites Mines (ZGGM) (Grafit Kropfmühl AG)	paillettes, amorphe	n.d.		10 000 t	7 000 t	

## II.3 Le commerce international

### II.3.1 La consommation

Les principaux importateurs sont, en 2005, la France (34,4 %), la Chine (23,3 %), l'Allemagne (19,1%) et les États Unis (10 %). En 2009, les États-Unis ont importé 33 100 t.

Actuellement, c'est le graphite lamellaire qui est très prisée. Reconnue pour ses applications à forte valeur ajoutée, il est limité à la Chine, au Brésil et au Canada. Ce qui fait que juste 40% de la production mondiale est constituée de graphite lamellaire. En fait, il n'en est produit annuellement que 400 000 tonnes alors que la demande mondiale y afférente devrait croître de 30% par an de 2011 à 2016 et au-delà après 2016. Cette demande croissante est surtout due à celle des fabricants de batteries au lithium-ion.

### II.3.2 Prix

Les prix du graphite dépendent de sa nature (paillette ou « amorphe ») et de sa teneur en carbone. Ils ont augmenté entre 2007 et 2008, en raison de l'augmentation de la demande et du relèvement par la Chine de ses taxes à l'export. Ils ont baissé début 2009 avec la crise financière, puis ont ensuite fortement augmenté jusqu'à fin 2011, où les prix s'échelonnaient entre 850 US\$/t pour le graphite microcristallin à faible teneur en carbone et 2 500 US\$/t pour la meilleure qualité de paillettes à forte teneur en carbone. La poudre de graphite microcristallin de très haute pureté (99,9 % de carbone) atteignait 35000 US\$/t en 2010.

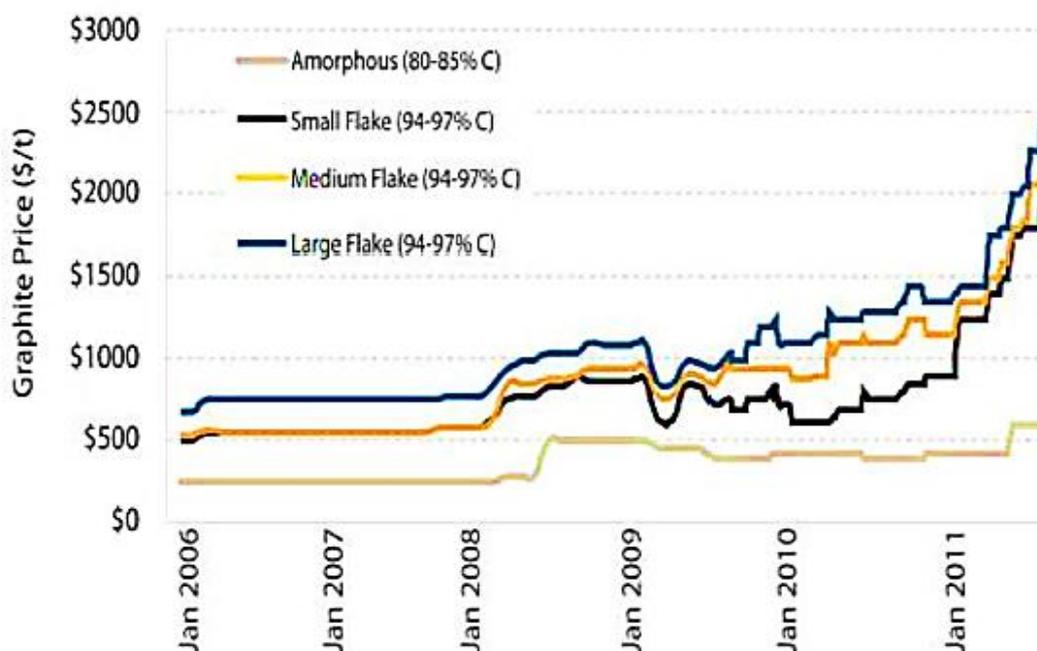


Figure 9: Evolution du prix du graphite (source: Industrial Minerals)

### II.3.3 Demande sur le marché mondiale

Les États-Unis ont l'intention de mettre sur route 250 000 voitures électriques par an à partir de 2015 et la Chine 1.300.000. Avec 50 kg de graphites nécessaires pour la batterie de chaque voiture électrique, le marché du graphite aura besoin de trouver 250 000 tonnes supplémentaires de graphite lamellaire pour répondre à cette seule demande.

Par ailleurs, la batterie des téléphones mobiles en contient aussi. Bien que plus petite que celle d'une voiture électrique, cette batterie devrait être produite en de très grande quantité puisque selon l'Union internationale des télécommunications, 5,9 milliards de personnes sur une population mondiale de 7 milliards utilisent un téléphone mobile. C'est ainsi que d'ici 2015, il est estimé qu'il y aura plus de téléphones mobiles que d'habitants sur terre

Enfin, un dernier facteur à ne pas négliger et qui pèse également sur l'accroissement de la demande en graphite lamellaire est l'émergence des « petits réacteurs nucléaires, les Pebble Bed Nuclear Reactor (PBNR) ». Le PBNR, technologie du futur liée au développement du nucléaire, consomme 300 tonnes de graphite lamellaire au démarrage et 60 à 100 tonnes par an par réacteur. Le premier prototype de PBNR est en Chine et ce pays prévoit d'en construire 30 d'ici 2020 alors que les États-Unis en prévoient la construction de 500 d'ici 2020. Cela consommerait 400 000 tonnes de graphite lamellaire, juste ce que l'on produit actuellement

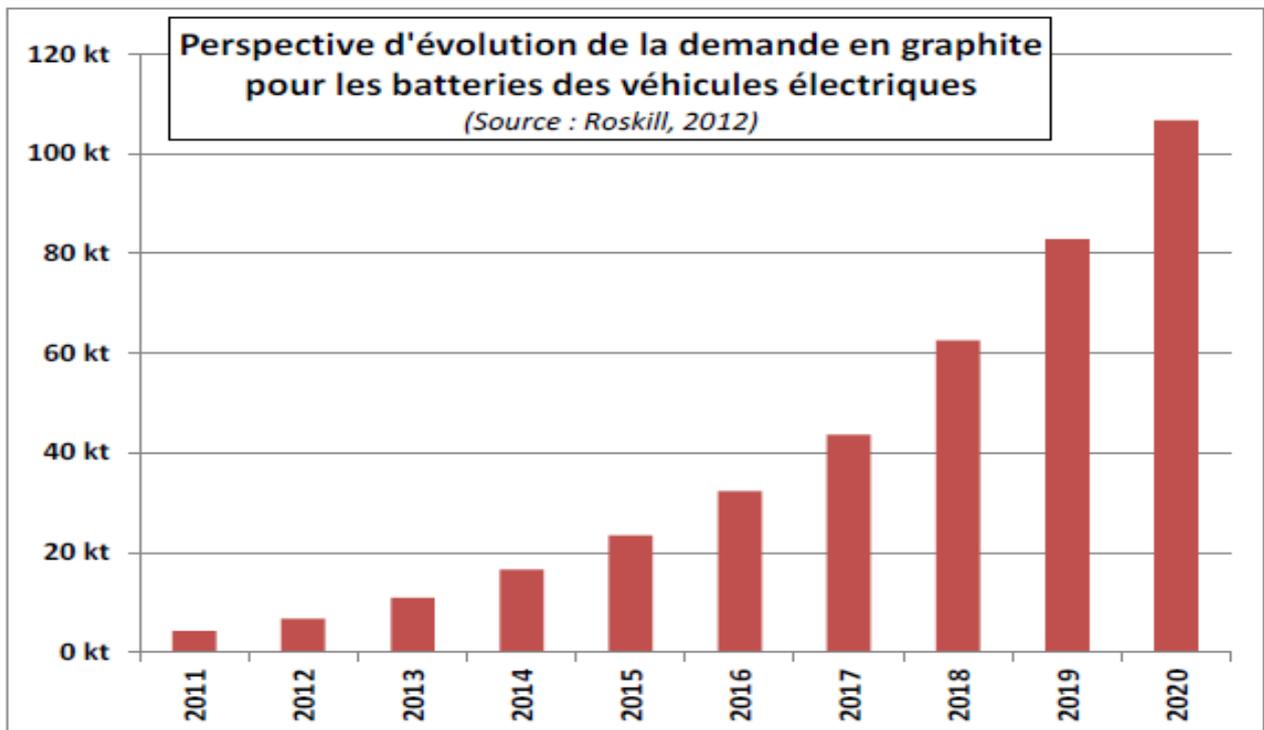


Figure 10: Perspective d'évolution de la demande en graphite pour les batteries des véhicules électriques (source: Industrial Minerals)

## CHAPITRE III LE GRAPHITE A MADAGASCAR

### III.1 Généralités

A Madagascar, le graphite est surtout rencontré dans les couches de gneiss et micaschistes silicoalumineux du groupe du Manampotsy et de ses équivalents dans deux autres formations c'est-à-dire du groupe d'Ambatolampy et groupe de Tolongoïna.(figure 11)°

Les réserves en graphite de Madagascar sont considérables Ainsi, les travaux de prospections de plusieurs auteurs tels que ceux de H.Besairie, J.A. Rasoamahenina ou encore Noizet ainsi que des informations concernant le volet exploitation et commercialisation recueillis auprès des exploitants de l'époque ont été synthétisés afin d'établir les critères pour choisir un gisement. Le choix d'un gisement se fait donc selon les différents critères ci-après :

#### ✦ **La puissance du banc graphiteux :**

Cette puissance doit être au moins de 5m ; sinon, il est très difficile d'atteindre les 100 000t de réserves en minerai tout venant qui pourrait justifier l'implantation d'une installation de pré concentration. En effet, de telles réserves à une teneur relativement de 5% qui représentent une production de 5000t en graphite, d'où cinq à dix années de durées de vie pour une cadence minimum de 500 à 1000t/an.

#### ✦ **la qualité du graphite :**

Cette critère est très importante car l'objectif sera de donnée à un banc une forte proportion de grandes paillettes, d'une part plus facile à enrichir, d'autre part pouvant atteindre des teneurs très élevées : 95%C.Avec un produit dont la dimension des paillettes et la teneur en carbone est de bonne qualité, le prix de vente et la facilité de commercialisation vont croître.

#### ✦ **l'accessibilité et la proximité d'un port :**

En effet l'évacuation et l'accessibilité est importante .Les gisements placés près d'une voie ferrée, d'une route bitumée ou d'un port ont plus d'avantage

#### ✦ **le pendage de l'horizon graphite :**

Le but est de réduire au maximum le coût de production donc de l'extraction. Cela consiste alors à extraire le minimum de stérile. Il est donc plus favorable de faire l'extraction sur une couche horizontale sur le plateau ou faiblement pente, parallèle au versant. Il est mieux d'éviter un pendage vertical.



✦ **la profondeur d'altération :**

L'objectif est d'éviter l'abattage à l'explosif et un broyage du minerai, qui est généralement trop coûteux. De plus les paillettes vont être brisées.

L'altération d'un horizon de gneiss graphiteux feldspathique se fait beaucoup plus en profondeur qu'un horizon quartzitique.

✦ **la présence d'eau :**

L'exploitation du graphite nécessite une grande quantité d'eau. En effet, la carrière et l'unité de débouillage consomment 80 m<sup>3</sup> d'eau par heure pour produire l'équivalent de 1,5t de graphite raffiné par poste. Les exploitants travaillent généralement en eau perdue mais il est certain qu'en cas de pénurie, cette eau peut être décantée et recyclée.

✦ **présence d'une source d'énergie :**

Dans toute exploitation minière une source d'énergie est assez importante, il peut s'agir d'une ligne électrique appartenant au réseau nationale, ou mieux d'un torrent offrant la possibilité d'un équipement de microcentrale électrique. Mais la facilité d'approvisionnement en bois ou charbon est aussi utile à ne serait-ce que pour le séchage des concentrés

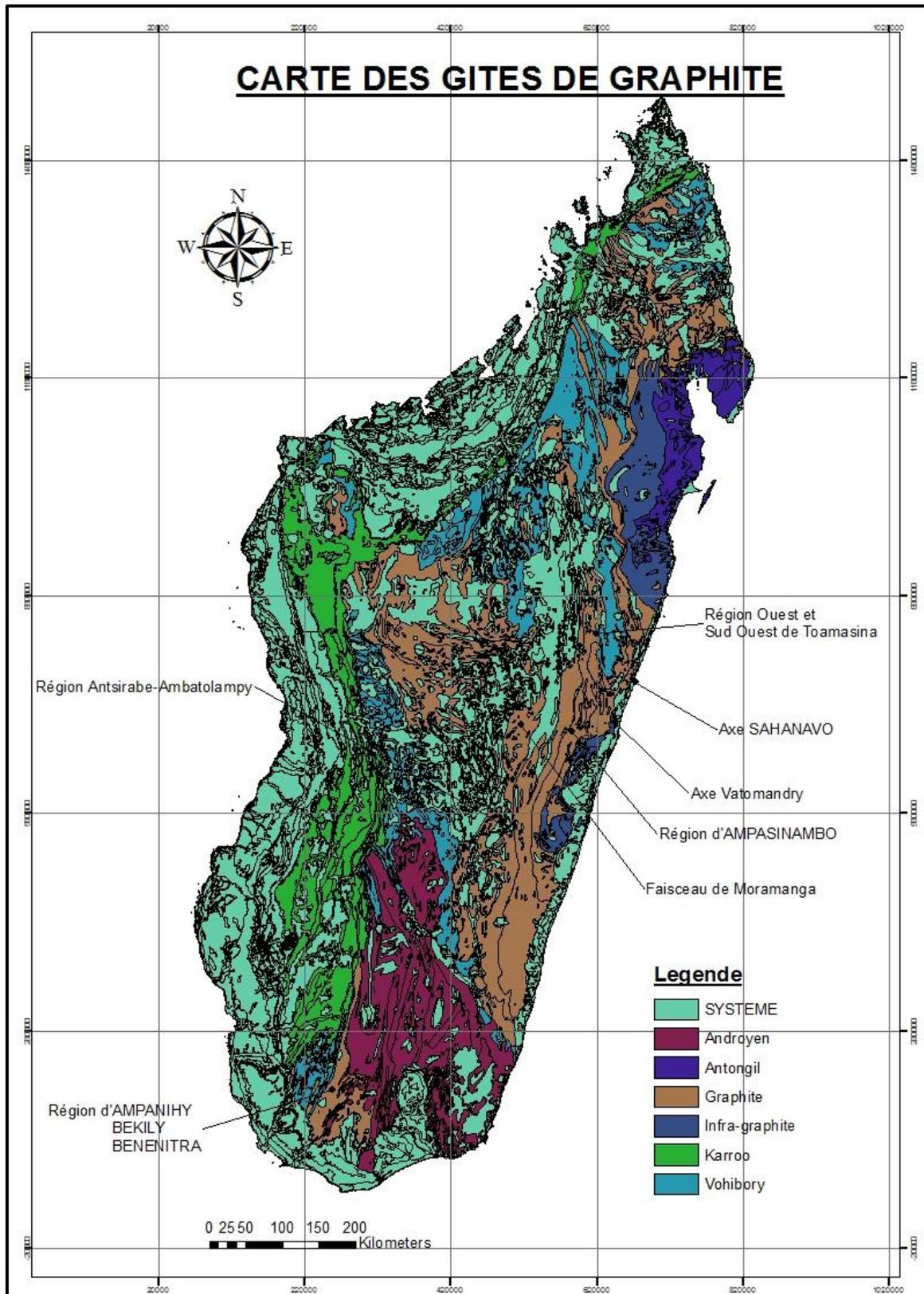


Figure 11: Carte de gîte de graphite à Madagascar (source : BD 500)

### III.2 Les principaux gisements de graphite à Madagascar

Les gisements de graphite à Madagascar se rencontrent principalement dans les régions citées ci-après: la région orientale, région Antsirabe-Ambatolampy et la région d'Ampanihy.

#### III.2.1 Région orientale

Dans cette région les indices de graphite se trouvent principalement au niveau de la région d'Ampasinambo, la région ouest et sud-ouest de Toamasina, l'axe Vatohandry, l'axe Sahanavo-Sahamamy et le faisceau Moramanga.

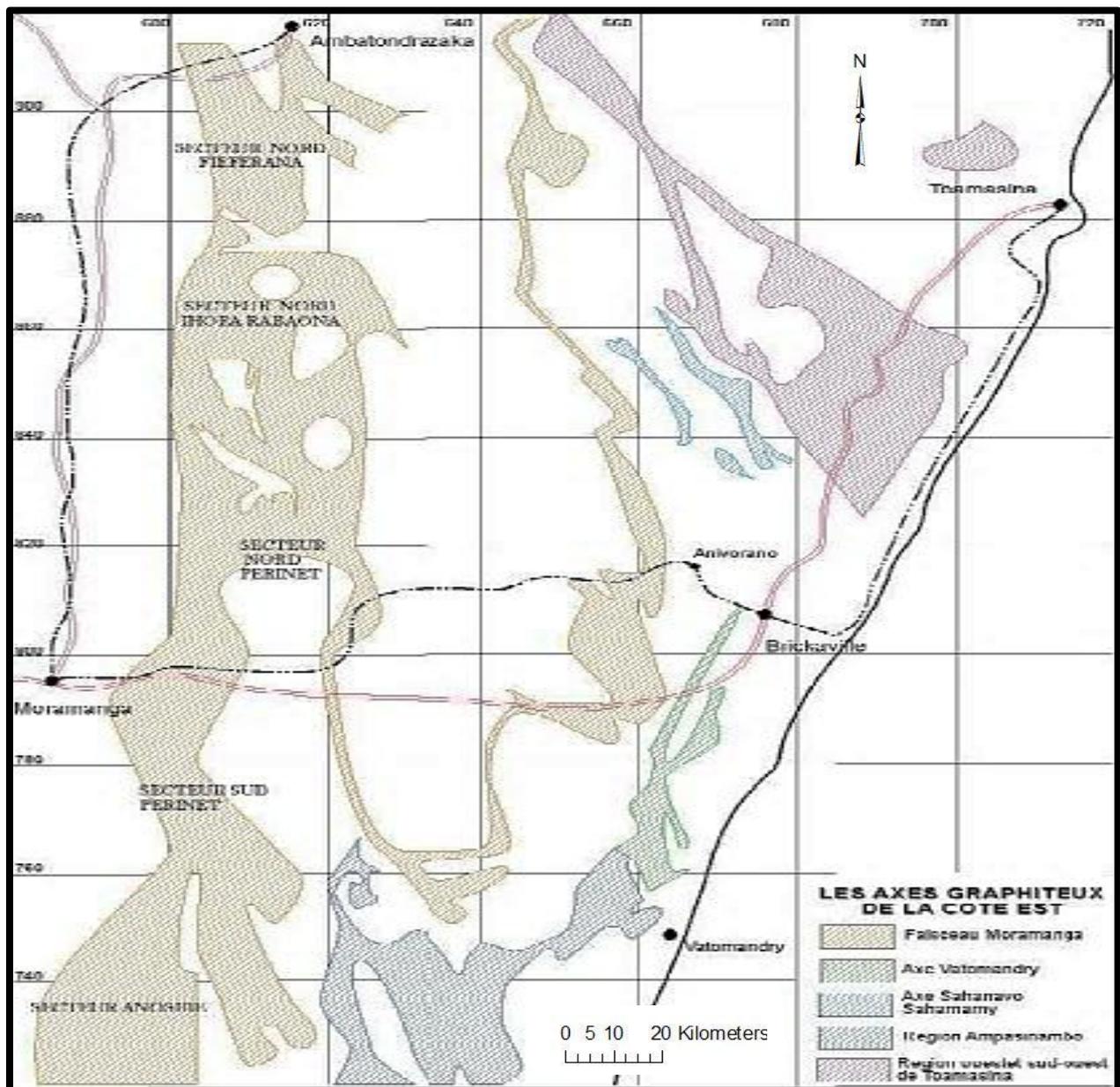


Figure 12: Carte de la région orientale (source : Ministère des Mines)

### **III.2.1.1 Faisceau Moramanga**

#### **Localisation :**

Le faisceau de Moramanga est formé d'un ensemble de faisceau de direction sensiblement Nord Sud partant d'Ambatondrazaka et prend fin à Anosibe.

Ce faisceau est subdivisé en secteur :

- Secteur Nord Fieferana,
- Secteur Nord Ihofa Rabaona,
- Secteur Nord Andasibe(Perinet),
- Secteur Sud Andasibe (Perinet) et
- Secteur Anosibe.

Cette partie de la grande a les caractéristiques d'être humide et boisée, donc présentant à la fois des avantages et des inconvénients pour une éventuelle exploitation.

#### **Géologie et topographie:**

Dans cette région, on peut retrouver une formation à migmatites appelée migmatite granitoïde de Brickaville à la base. Suivie après par des formations à gneiss graphiteux latéralisés qui reposent en concordance sur le socle. La plupart des gisements en exploitations et exploitables ont un pendage favorable (subhorizontal)

#### **Type de graphite :**

On trouve d'une part les graphite de grosses paillettes dans la partie' Andasifahatelo qui est déjà en exploitation et d'autres parts les gisements importants de petites et moyennes paillettes

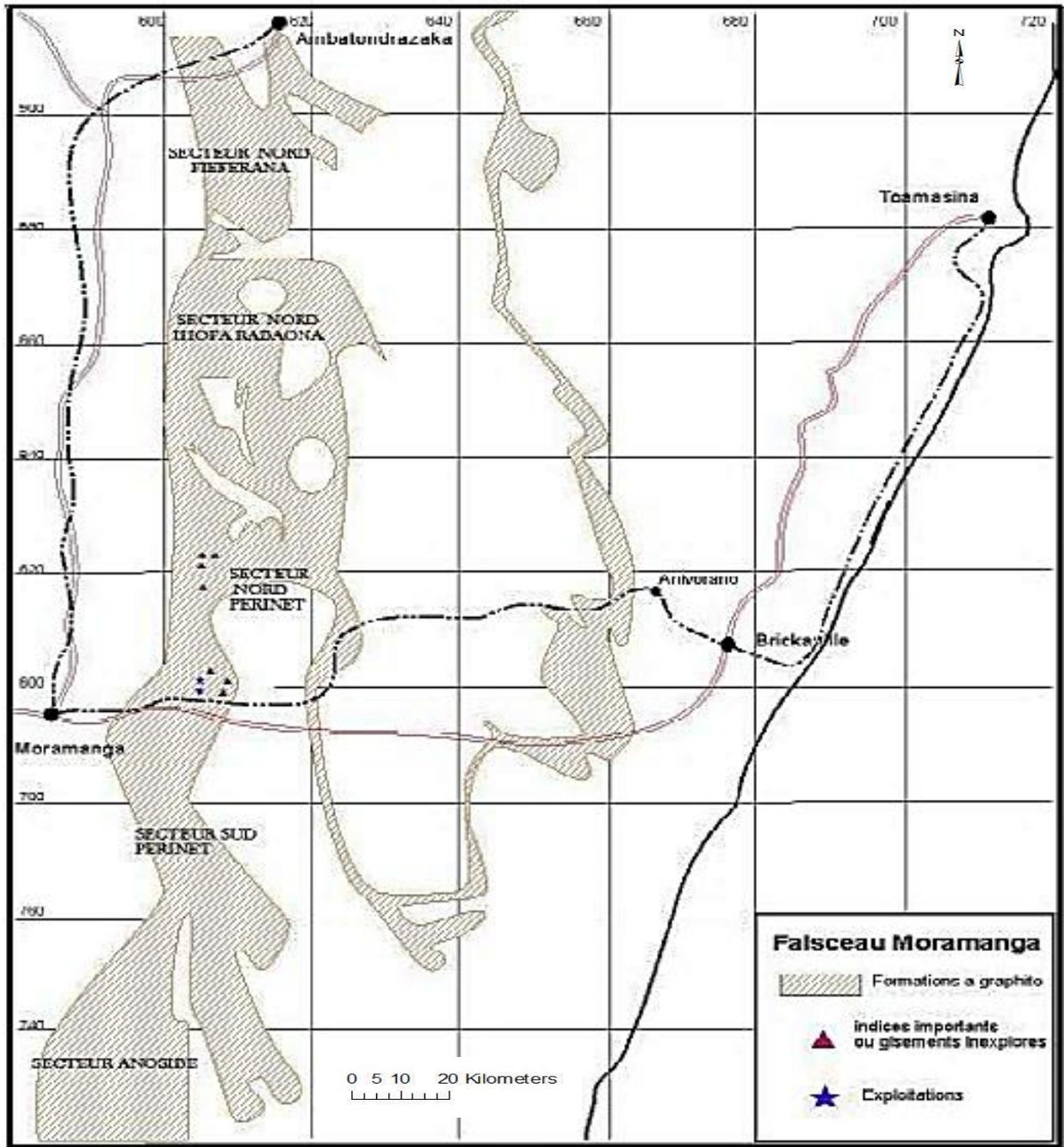


Figure 13: Carte du faisceau Moramanga (source : Ministère des Mines)

### **III.2.1.2 Axe vatomandry**

#### **Localisation**

:

Les exploitations se trouvaient au environ de 23km au nord de Vatomandry. De plus les réserves de graphite se trouvent dans un rayon de 2,5 km du mont AMBOHITRANALA.

On peut accéder à ce mont à partir de Vatomandry en prenant le chemin menant vers Ambila lemaitso jusqu'à Vohitrampasina elle est au environ de 25km au nord, puis en coupant par le canal des pangalanes et le lac d'Ankaraina d'est en ouest d'une distance de 2km.

#### **Géologie et topographie:**

Cette formation est de direction générale sensiblement égale à celle de la côte est malgache. La couche de gneiss migmatisée à graphite se trouve sous une autre couche de gneiss stérile. Dans cette axe a couche minéralisée est assez épaisse car sa puissance peut atteindre 50m. Dans l'exploitation qui se trouve plus au nord c'est-à-dire à Marivolanitra la couche graphiteuse est très plissée et dessinant une boutonnière anticlinale complexe. En effet des migmatites à graphite abondant apparaissent au cœur des plis anticlinaux.

#### **Type de graphite**

:

Dans cette région le graphite se présente sous forme de paillettes avec une forte teneur de carbone car la concentration moyenne est de 85 %.

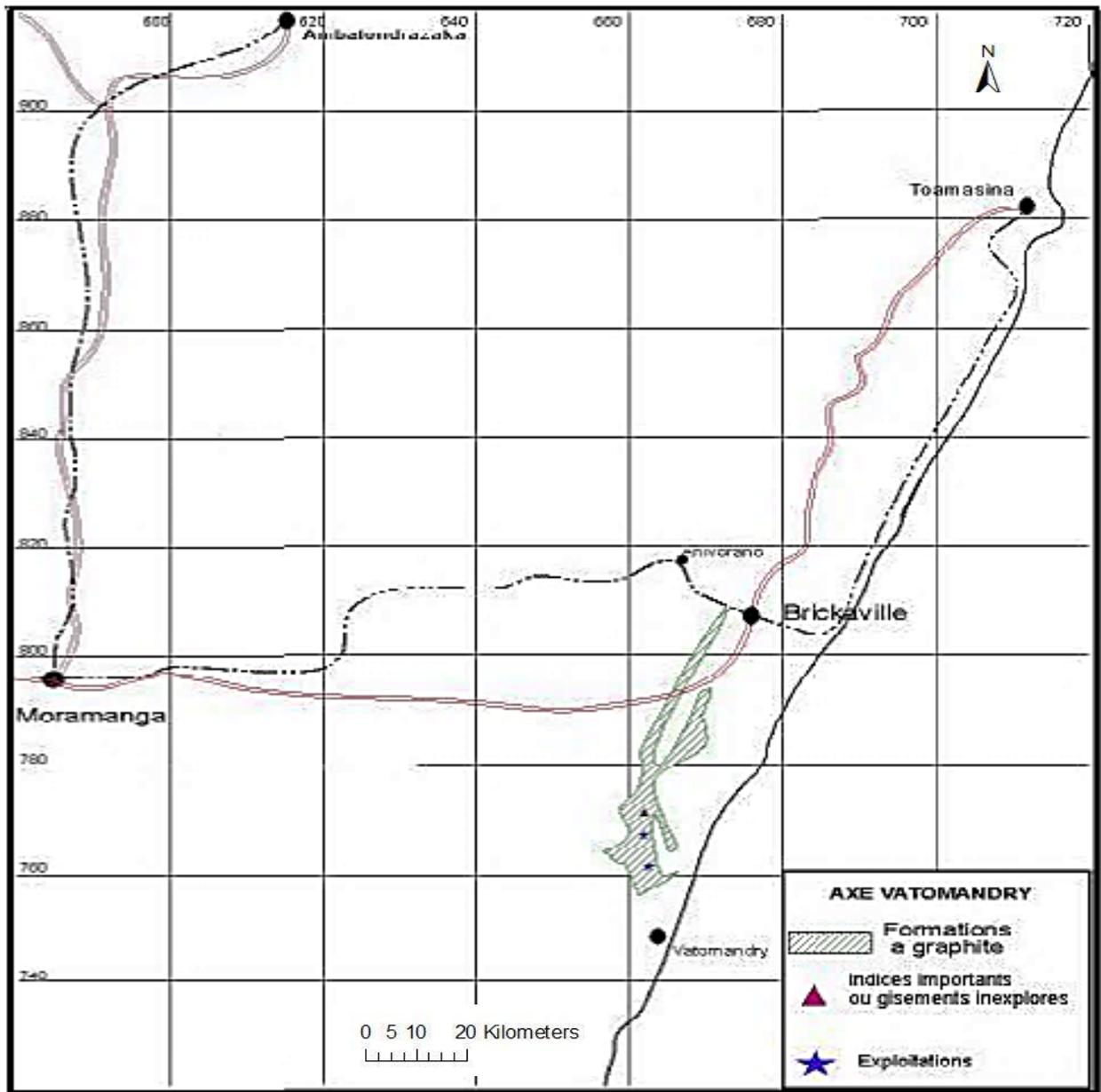


Figure 14:carte région Vatovavy(source : Ministère des Mines)

### III.2.1.3 Région d'Ampasinambo

Actuellement on n'a pas plus d'information et de données sur cette région à cause de la difficulté d'accès qui mène vers cette zone. De plus, la région est parfois submergée par la mer et les couches ont un pendage sub-vertical.

Mais malgré tout cette région a une assez forte potentialité en ce qui concerne le graphite car de là des petites exploitations ont vu le jour et ont grattés des grands gisements qui pouvaient s'étendre jusqu'à des centaines de mètres mais qui s'est malheureusement arrêté à partir de 1952.

**III.2.1.4 Axe sahanavo-sahamamy :**

**Localisation :**

Les gisements de Sahamamy se trouvent à 20 km au nord d'Anivorano et celle de Sahanavo se trouvent au nord de Brickaville et peut être accéder par voie routière en empruntant le chemin d'Ambinaninony sur la route de Brickaville. Ces deux axes sont généralement de petites dimensions.

**Géologie et topographie :**

Ces deux gisements c'est à dire celle de SAHANAVO et de SAHAMAMY se trouvent sur une même formation qui est les migmatites granitoïdes de Brickaville. La topographie dans la vallée de SAHANAVO est relativement plate. Les couches graphiteuses plongent en sens inverse de la pente topographique, ce qui engendre une difficulté lors de l'exploitation mais par contre la couche de graphite a une puissance atteignant souvent 100 m

La région de SAHAMAMY a une structure de détail relativement complexe avec plis, assez serrés et plongement généralement faibles de 20 à 40 °.

On observe aussi dans cette zone une charnière renfermant un banc graphiteux d'une puissance d'environ vingt mètres. Mais par contre la plupart des autres indices recensés renferment des bancs de puissances inférieures à 10 m

**Type de graphite :**

Dans l'axe de Sahanavo-Sahamamy le graphite se présente sous forme de moyennes et grosses paillettes avec forte teneur en carbone entre 88 à 95%. Mais le filon de graphite est contenu dans un minerai de gneiss à sillimanite, parfois à passage quartzeux

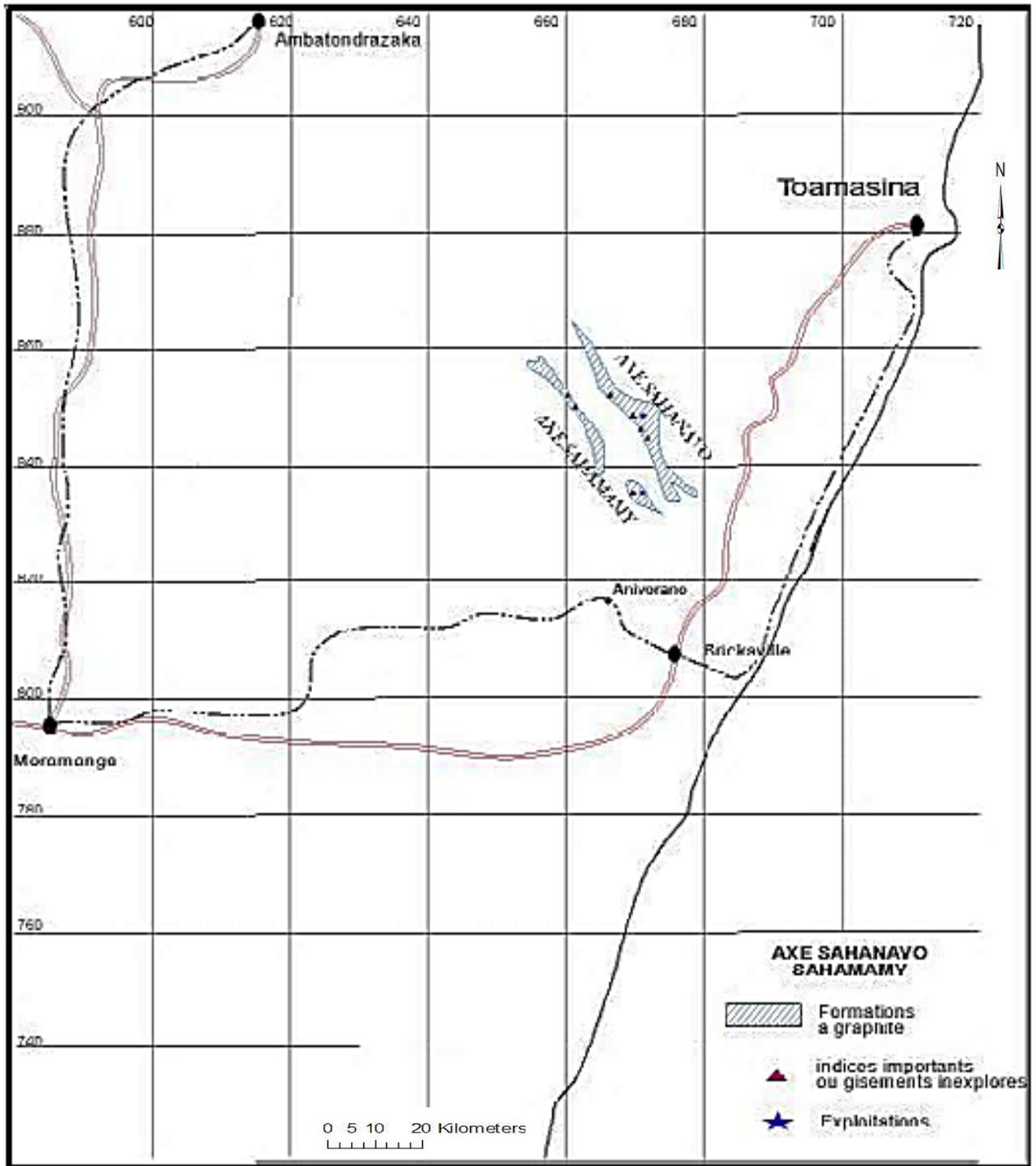


Figure 15: Carte Sahamavo-Sahamamy (source : Ministère des Mines)