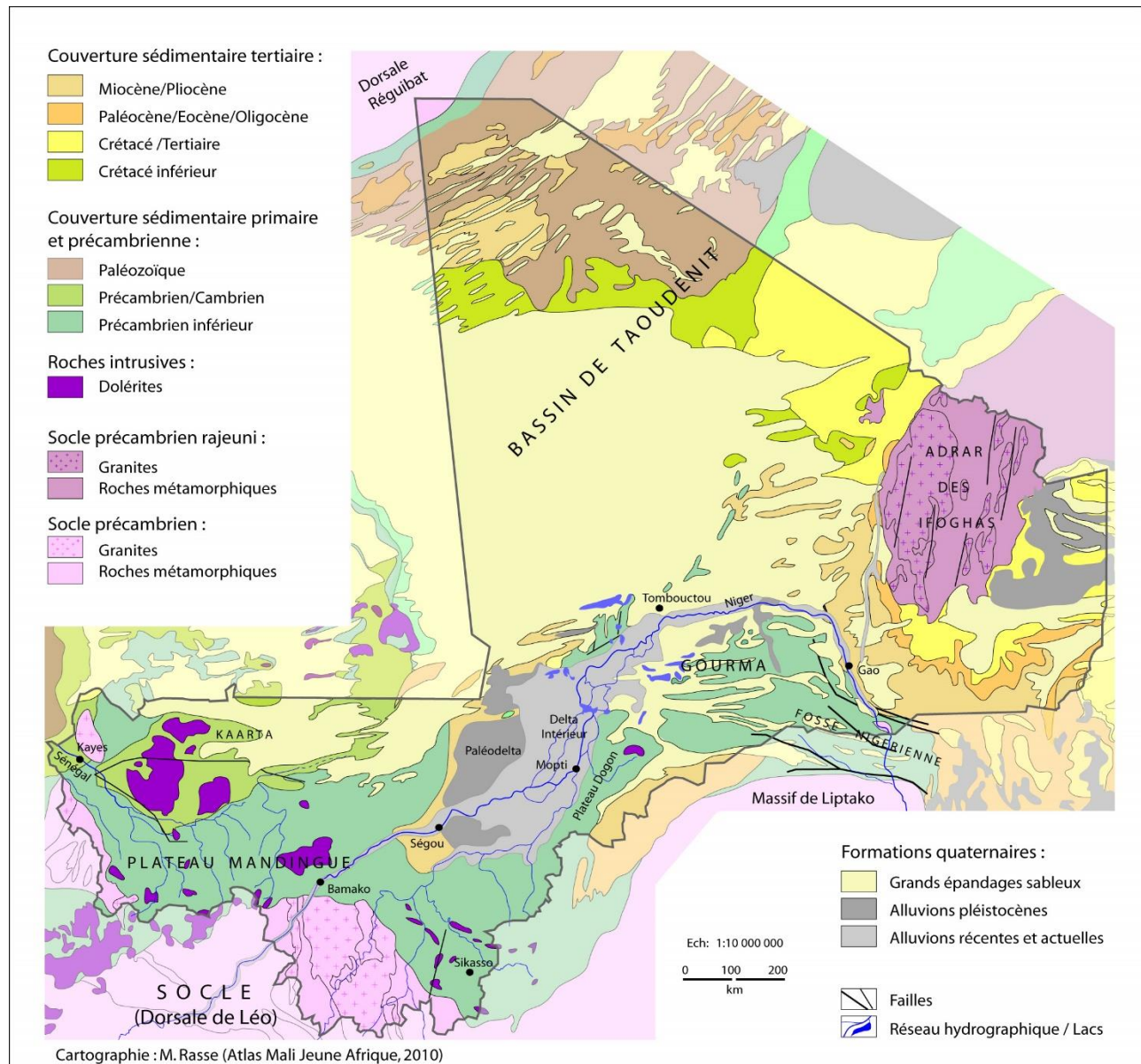


Sous-concept 4 : La géologie du Mali

Consigne :

- Définis : un craton, une province géologique.
- Cite les différents cratons qui forment l'Afrique.
- Dans quel craton se situe le Mali ?
- Le Mali partage-t-il sa province avec d'autres pays ? si oui lesquels, quelles conséquences ce partage peut-il engendrer ?

Activité 2 : Esquisse de la carte géologique du Mali

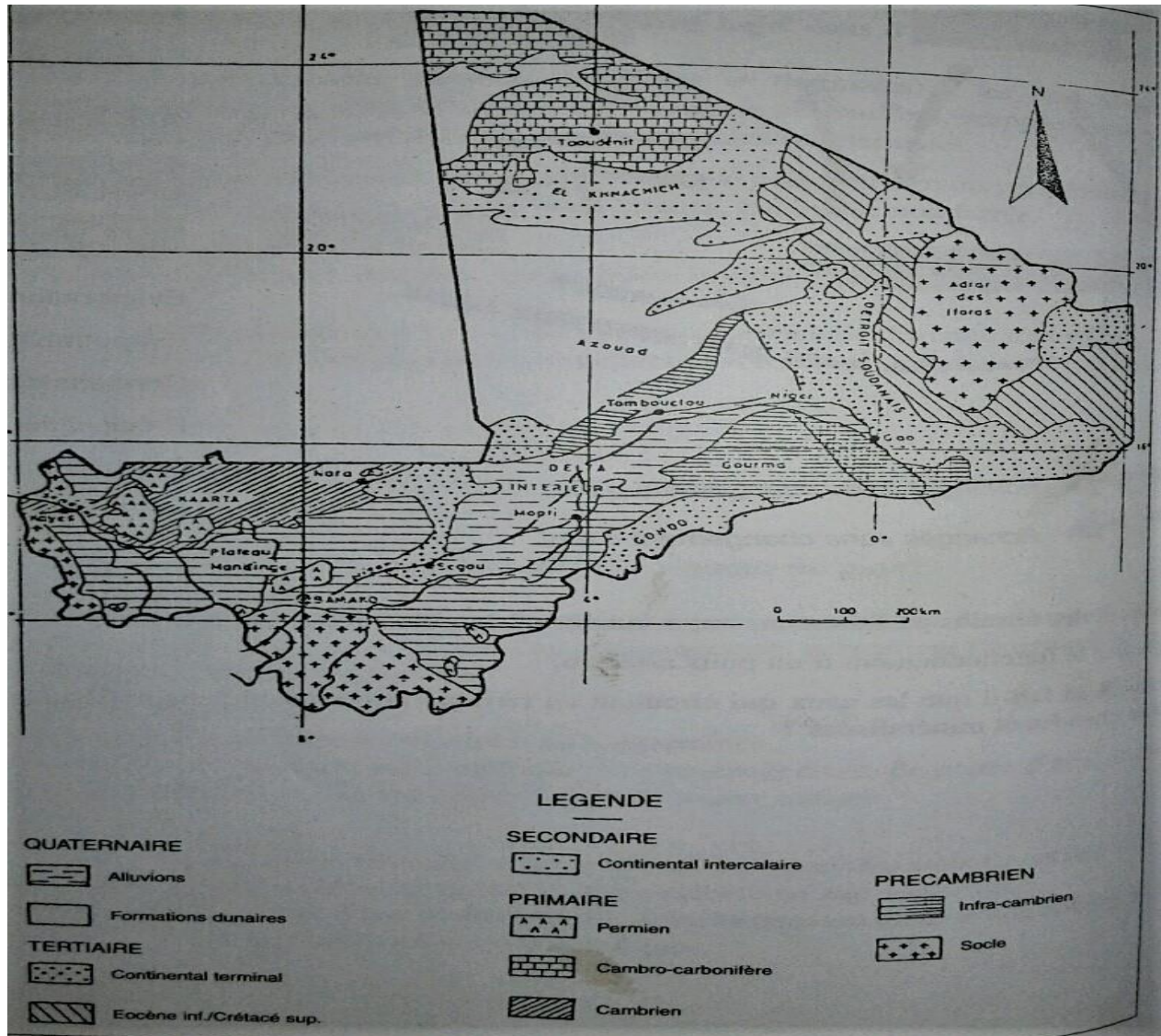


Consigne :

- Identifie les zones d'affleurement du granite et de la dolérite.
- Nomme les zones d'affleurement des formations du précambrien inférieur.
- Localise les grands épandages sableux et des alluvions récentes et actuelles.

Sous-concept 4 : La géologie du Mali

Activité 3 : Les grands ensembles : socle, la couverture sédimentaire, les formations récentes



Document 2 : carte géologique du Mali

Consigne : à partir de l'exploitation du document 2 ci-dessus ;

- Donne les caractéristiques du socle du Mali
- Détermine sa couverture sédimentaire et les formations récentes.

Sous-concept 4 : La géologie du Mali

I. La stratigraphie régionale

Activité 1 : Etude de la stratigraphie régionale du Mali

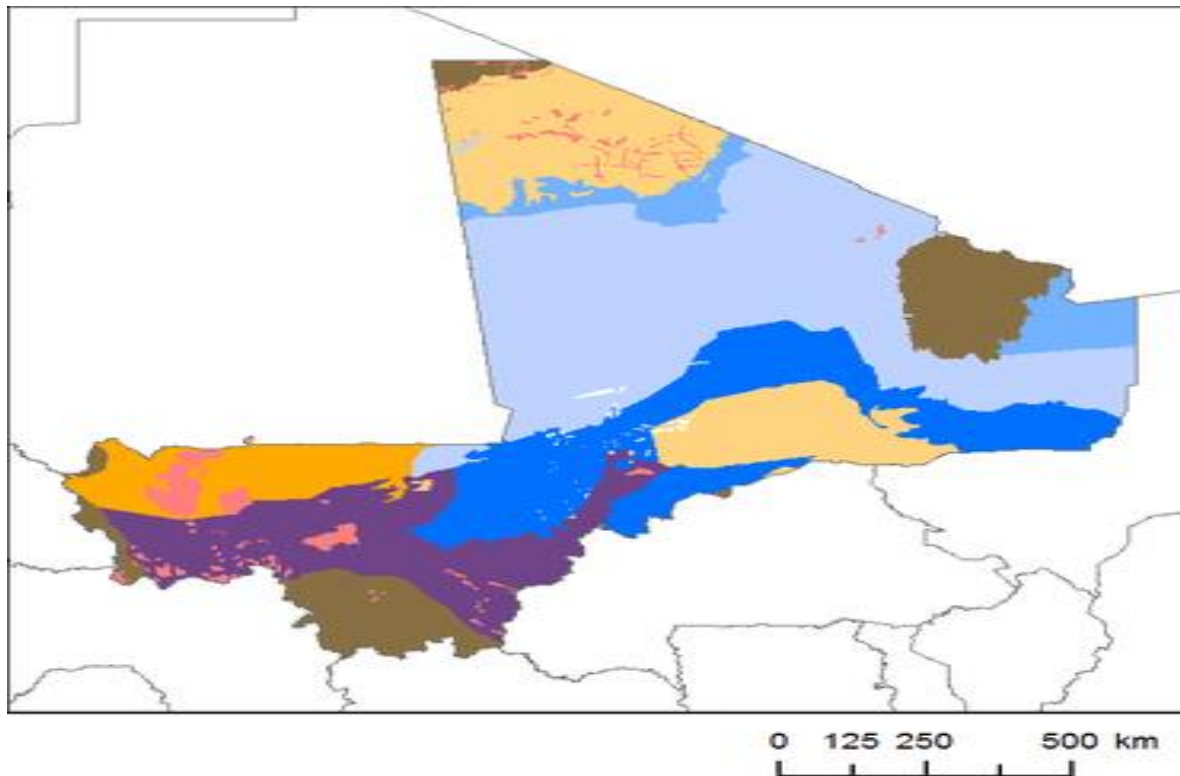
Consigne : à partir de l'exploitation du document 2 ; donne les caractéristiques stratigraphiques du :

- a. Mali occidental : régions de Kayes, Bamako, Nara et Ségou ;
- b. Mali méridional (sud) ;
- c. Mali oriental (Est) ;
- d. Du Mali septentrional (Nord).

II. Les perspectives hydrogéologiques et minières du Mali

Au Mali, pays essentiellement agro-pastoral, malgré les nombreux indices mis en évidence en maints endroits du territoire, les ressources exploitables du sous-sol sont encore mal définies.

Activité 1 : Perspectives hydrogéologiques



Mali - Type d'Aquifère et Productivité

	Non consolidé - Élevée
	Non consolidé - Élevée à Faible
	Non consolidé - Modéré à Faible
	Igné - Modéré à Faible
	Sédimentaire Fracturé - Élevée à Modéré
	Sédimentaire Fracturé - Modéré à Faible
	Sédimentaire Intergranulaire/Fracturé - Élevée
	Socle Précambrien - Modéré à Très Faible

Sous-concept 4 : La géologie du Mali

Les principaux aquifères du Mali peuvent être distingués par leur type d'écoulement dominant : ceux dans lesquels les écoulements se produisent principalement par des fractures et ceux qui présentent un flux intergranulaire significatif.

Les aquifères fracturés sont plus fréquents dans le sud du Mali, se produisant dans les roches cratoniques et les roches méta-sédimentaires du socle précambrien. Les propriétés de l'aquifère sont largement déterminées par la nature, l'étendue et l'interconnexion des fractures. Les taux de réussite de forage dans les aquifères du socle fracturé varient considérablement de 40 à 80%.

Les aquifères inter-granulaires sont généralement associés à des sédiments mal consolidés ou non consolidés dans les grands bassins sédimentaires de l'est et du nord du Mali. Ces systèmes d'aquifères profonds sont souvent superposés par des aquifères quaternaires superficiels peu profonds, qui sont dans certains cas en continuité hydraulique avec les dépôts ci-dessous ou peuvent être des systèmes perchés.

Les roches ignées intrusives (dolérite) peuvent servir de barrière à l'écoulement ou peuvent fournir des voies préférentielles pour l'écoulement des eaux souterraines. Dans certaines conditions, ils forment aussi des aquifères d'importance locale.

Les différents types d'aquifères du Mali et leur productivité :

❖ Aquifères sédiments non consolidés

Les aquifères désignés sont :

- Aquifère du Continental Intercalaire (Crétacé inférieur) **Aquifère non consolidé - Productivité élevée à faible**
- Crétacé Supérieur - Eocène (Tertiaire) **Aquifère non consolidé - Productivité modérée à faible**
- Aquifère quaternaire / Terminal continental **Aquifère non consolidé - Productivité élevée**

❖ Aquifères roches sédimentaires consolidées - Ecoulement de fracture

Les aquifères désignés sont :

- Roche méta sédimentaire d'Infracambrien **Aquifère fracturé sédimentaire - Productivité modérée à faible**
- Roche sédimentaire cambrien **Aquifère fracturé sédimentaire - Productivité élevée à modérée**
- Aquifère sédimentaire cambrien (Bassin de Taoudénit) **Aquifère fracturé sédimentaire - productivité probablement modérée à faible**

❖ Aquifères roches sédimentaires consolidées - Ecoulement intergranulaire et de fracture

Les aquifères désignés sont :

- Méta-sédimentaire d'Infracambrien **Aquifère intergranulaire/fracturé sédimentaire - Productivité élevée**

❖ Aquifères du Socle

Les aquifères désignés sont:

- **Les aquifères du Socle - Productivité modérée à très faible**

L'état des eaux souterraines

Quantité d'eau souterraine

La recharge moyenne est estimée à environ 5 mm par an, soit environ 16% des précipitations annuelles moyennes. Les processus de recharge varient considérablement selon le pays en

Sous-concept 4 : La géologie du Mali

fonction de la relation entre les eaux souterraines et les eaux de surface. Les aquifères peuvent être classés en conséquence dans les catégories de recharge suivantes :

- Les aquifères qui reçoivent en permanence des recharges des eaux de surface (principalement les aquifères non consolidés dans la région intérieure du delta du fleuve du Niger) ;
- Les aquifères qui se déversent en permanence dans les eaux de surface (aquifères dans le sud du Mali où les précipitations dépassent 1200 mm/an) ;
- Les aquifères qui sont à la fois rechargés et déchargés dans les eaux de surface en fonction des précipitations (aquifères dans la région de Soudano-Sahel où les précipitations sont de 800 à 1200 mm / an) ;
- Les aquifères qui reçoivent une recharge linéaire à partir des eaux de surface (aquifères dans la région du sud du Sahel où les précipitations sont de 600 à 800 mm/an) ;
- Les aquifères qui reçoivent une recharge variant dans le temps des eaux de surface (aquifères dans la région nord du Sahel où les précipitations sont inférieures à 600 mm/an) ;

Les ressources en eaux souterraines au Mali sont en général sous-exploitées et il n'y a pas de problèmes généraux importants avec la disponibilité des eaux souterraines.

Qualité des eaux souterraines

La qualité de l'eau souterraine au Mali peut être divisée en trois grandes régions :

- L'ouest et le sud, qui est dominé par des aquifères de zones fracturées ou altérées, se caractérisent par des eaux souterraines légèrement acides avec de faibles niveaux de minéralisation (<500 microSiemen / cm). La frontière occidentale du Mali et de la Mauritanie se caractérise par un nitrate élevé.
- La région centrale du Mali, dominée par les aquifères continentaux et continentaux intercalaires, où les eaux souterraines sont généralement plus minéralisées que le sud et l'ouest (300-1000 microSiemen / cm);
- Le nord et l'est du Mali, où les aquifères reçoivent nettement moins de recharge et les eaux souterraines sont plus minéralisées que dans le reste du pays, les conductivités électriques dépassant habituellement 1000 microS / cm dépassant localement 5000 microSiemen / cm et atteignant 50 000 microSiemen / cm dans certaines parties du Sahara.

Les eaux souterraines ne sont généralement pas affectées de manière significative par les activités humaines. Cependant, des problèmes localisés de pollution urbaine et agricole ont été rapportés, en particulier dans les aquifères peu profonds de zones alluvionnaires et altérées. Les aquifères plus profonds peuvent être vulnérables à la contamination s'il y a eu une connexion hydraulique entre les systèmes peu profonds et profonds.

Consigne : à partir de l'exploitation du document ci-dessus ;

- a. Cite les principaux aquifères du Mali, leurs composantes et leur productivité.
- b. Détermine l'état des eaux sous-terraines en terme de quantité et de qualité.

Activité 2 : Perspectives minières du Mali

Plusieurs siècles après, le Mali se classe parmi les plus grands producteurs d'or en Afrique et il n'est pas exagéré d'affirmer que toutes les réserves d'or ne sont pas encore localisées sur le territoire national.

Sous-concept 4 : La géologie du Mali

Le territoire Malien, n'est pas loin de constituer un scandale géologique, (au sens positif), lorsque l'on considère les multiples ressources minières que ce pays recèle dans son sous-sol.

En effet, il est établi selon les dernières cartes géologiques que le Mali a des réserves d'Uranium dans le bassin du **TEMESNA** dans la région de **KIDAL**, à **GAO** et à **FALEA** dans le sud-ouest en zone frontalière avec la **GUINEE**.

Par ailleurs, le Mali a du pétrole dans le bassin de Taoudéni, dans la région de **Gao**, (**GRADEN DE GAO**), et dans le Rift de **NARA**.

Concernant le Gaz, un gigantesque gisement a été découvert à **BOURAKEBOUGOU** dans le cercle de **KATI**. L'hydrogène qui sera extrait de ce gisement pourrait assurer l'électrification du pays et même l'exportation de l'électricité vers les pays voisins.

Certaines études ont également établi que le sous-sol Malien contient du **COLTAN** qui entre dans la fabrication des ordinateurs et du téléphone portable.

Quant à l'or, avec une production annuelle estimée à quelques 53 Tonnes d'or, le Mali fut longtemps considéré comme le troisième plus gros producteur d'or sur le continent noir, (après l'Afrique du Sud et le Ghana).

D'autres perspectives sont en cours dans le cadre d'une exploitation industrielle, notamment :

- Le fer : estimer à 1 milliards 360 millions de tonnes dans le secteur de Kita et Naréna.
- La bauxite sur le plateau manding
- La région de Bafoulabé recèle du marbre et du kaolin.
- Le manganèse : avec environ 20 millions de tonnes de ressources prouvées auxquelles est associé à l'or.
- Le Diamant : dont l'existence est avérée dans une vingtaine de pipes kimberlitiques dans la zone minière de Kéniéba (région de Kayes).
- Le Plomb dans le secteur de Tessalit ;
- Le cuivre, le gypse, le nickel, la platine dont les indices ont été trouvés, respectivement à Nioro, Kadiola et au Nord de Tessalit ;
- La bauxite à l'Est de Kayes et au Sud-Ouest de Bamako ;
- L'étain, le lithium, le kaolin, les grenats, les pierres ornementales, l'argile, les sables de verrerie dans le lac Faguibine et le bassin sédimentaires, favorable pour la recherche pétrolière et gazière, viennent s'ajouter à cette liste exhaustive. Ces ressources sont réparties sans exclusive entre les différentes régions du pays.

LE SECTEUR PÉTROLIER DU MALI

- Le potentiel du secteur pétrolier malien attire déjà l'intérêt des investisseurs. Ce potentiel a été documenté depuis les années 1970, période au cours de laquelle des secousses sismiques ainsi que des forages occasionnels révélèrent la présence éventuelle de pétrole.
- Ce potentiel n'ayant alors pas donné de résultats concluant, les troubles politiques passés, et le manque d'infrastructures, furent un obstacle pour les grandes sociétés d'exploration et aucune recherche poussée n'eut lieu jusqu'en 2004.
- Cependant, la hausse des prix et l'amélioration de la technologie ont incité l'industrie pétrolière à s'intéresser à nouveau aux hydrocarbures au Mali.
- Le Mali a également intensifié ses efforts de promotion et de recherche dans les domaines de l'exploration pétrolière, de la production et des opportunités à l'export.

Sous-concept 4 : La géologie du Mali

- Le vaste bassin de Taoudéni, dans la zone frontalière du Mali avec la Mauritanie et l'Algérie, affiche un excellent potentiel en matière de découvertes majeures dans les domaines pétrolier et gazier.
- Plusieurs entreprises sont actuellement actives sur le terrain et les résultats sont à ce jour encourageants.

Consigne : à partir de l'exploitation du document ci-dessus ;

- a. Dites quels sont les principales ressources minières que regorgent le sous-sol malien et leur localisation ?
- b. Quand est-il du secteur pétrolier Malien ?

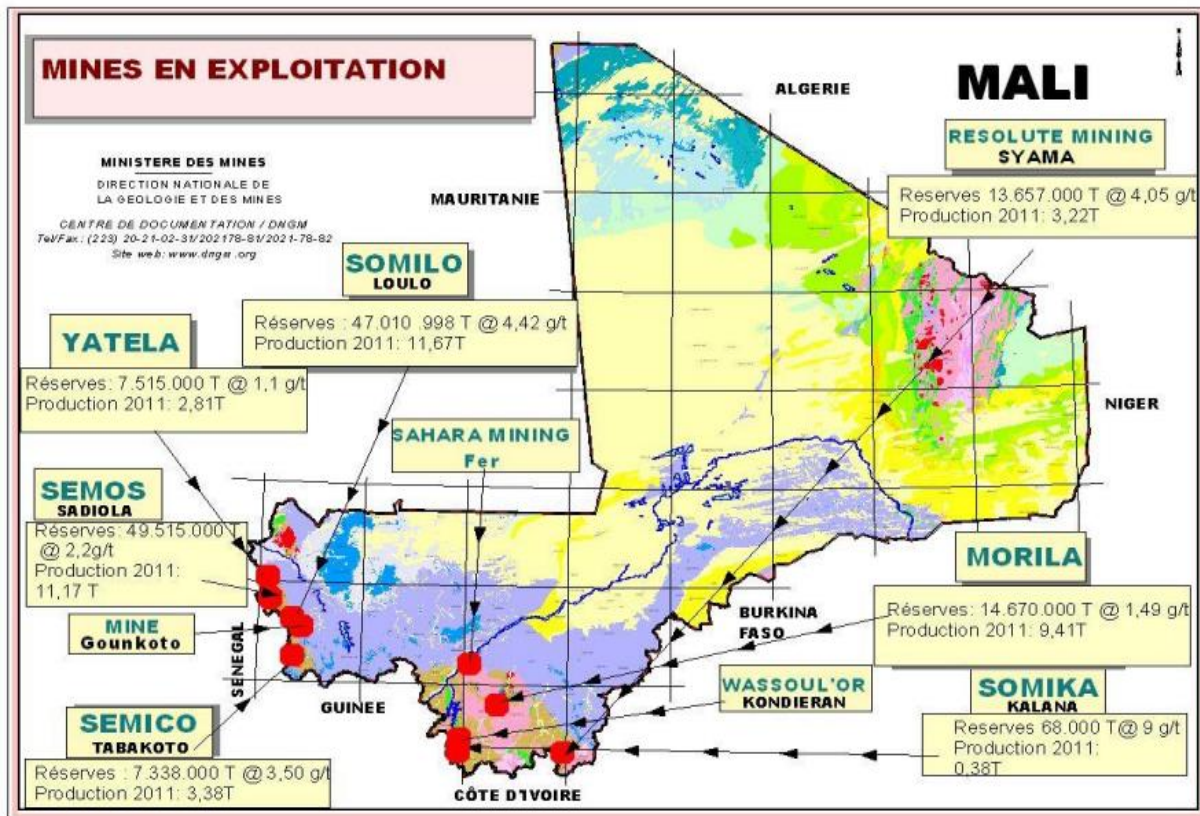
III. Les ressources géologique exploitées au Mali

Activité 1 : Cas de l'or

Pays des hauts fourneaux traditionnels et des fonderies d'or depuis Mansa Moussa (dixième "mansa" du Mali, "Roi des rois" qui régna sur l'Empire du Mali de 1312 à 1332 et qui est considéré comme l'un des hommes les plus riches de l'Histoire), le Mali est aujourd'hui le 3ème producteur d'or d'Afrique après l'Afrique du Sud et le Ghana, mais le pays ambitionne de faire encore mieux.

L'or est la plus importante source d'exportation au Mali et est encore exploité dans le Sud du pays.

Parmi les régions les plus aurifères au Mali, on retrouve la région de Kéniéba, à 400 kilomètres de Bamako, non loin de la frontière avec le Sénégal



Sous-concept 4 : La géologie du Mali

Les principales mines de production d'or au Mali sont :

- La mine d'or de Sadiola, dans le sud-ouest du pays, près de la frontière séparant le Sénégal du Mali, à environ 70 km au sud de Kayes.
- La mine d'or de Yatéla est située à 25 Km au nord de la mine de Sadiola, dans le sud-ouest du Mali, en Afrique de l'Ouest, près de la frontière entre le Sénégal et le Mali, à environ 50 Km au sud-sud-ouest de Kayes.
- La mine d'or Tabakoto est située à 360 km à l'Ouest de la capitale malienne Bamako. En 2017, elle a produit 144 000 onces à un coût global de 1 148 \$/oz. Au premier semestre 2018, elle a produit 53 000 onces d'or.
- Mine de Loulou dans le cercle Keniéba, région de Kayes.
- La mine de Morila est une mine d'or située au sud du Mali, et exploitée par AngloGold Ashanti et Randgold Resources.
- La Société Des Mines d'or de Kalana (SOMIKA SA) est une société minière dans le cercle de Yanfolila (Région de Sikasso). Est une mine à ciel ouvert.
- La mine souterraine Syama devrait avoir une durée de vie de 12 ans et produire 250 000 onces d'or par an. **Commune rurale de Syama, Cercle de Kadiolo, dans la Région de Sikasso.**
- Inauguré le lundi 6 août, la nouvelle mine d'or de Goukoto est située à 17 km au nord-ouest de Kéniéba, à 1 km à l'est de la frontière avec le Sénégal et à 27 km au sud de la mine d'or de Loulo. Les réserves de la mine sont évaluées à 51,44 tonnes d'or à la teneur moyenne de 5g/t. Sa durée de vie est estimée à 8 ans avec des possibilités d'extension suivant les réserves souterraines disponibles.
- La colline de Kodiéran est une mine à ciel ouvert, 1,27 km² avec un ratio stérile très faible. La récente Etude de Faisabilité et Rapport technique de Base a confirmé le potentiel historique de la zone. Il est relaté qu'au 14^{ème} siècle, Mansa Moussa, le roi de l'ancien Empire du Mali, a fait un voyage mémorial à la Mecque avec plus de 10 tonnes d'or produites à partir de la mine de Kodiéran. La mine d'or de Kodiéran est située à 300 kilomètre au Sud de Bamako, dans le village de Faboula à 52 kilomètres de la ville de Yanfolila (chef-lieu de cercle), dans la commune du Gwagnaka et à moins de quelques 15 kilomètres de la frontière avec la Guinée. La mine est sur un permis de 100 km² dont seulement 1,27 km² est aujourd'hui en exploitation (carrière ouverte).

La mine de Kodiéra est la seule mine industrielle dans laquelle la majorité du capital est détenue par le Mali. En effet, 75 % des parts sont strictement maliennes dont 20% pour l'Etat du Mali, 55% pour le promoteur, le président directeur général, monsieur Aliou Badara DIALLO.

- La mine de Nampala, Il est localisé à environ 57km à l'OSO de la ville de Sikasso et à 21km au Sud du village de Niéna, duquel il est accessible via la piste de la mine Nampala.

Consigne :

- a. Détermine les différentes mines d'or en exploitation au Mali, les sociétés qui les exploitent et leurs localités.

Activité 2 : Gisements de Calcaire :

Bafoulabé et Hombori totalisent environ 50 millions de tonnes de ressources très appropriées pour la fabrication du ciment, de la chaux vive et des carreaux. Les réserves sont évaluées à plus de 122 millions de tonnes réparties dans plusieurs zones. Les potentialités existent, dans :

Sous-concept 4 : La géologie du Mali

➤ Région minière Ouest du Mali :

Gisement de calcaire de Gangonterry : il est situé au Nord de Bafoulabé.

Gisement de calcaire d'Astro ;

Gisement de calcaire de Djinguira Logo.

➤ Région minière Nord du Mali :

Gisement de calcaire de Bah El Héri : situé à 20 Km au Nord de Goundam (Tombouctou); Gisement de calcaire de Dimamou : situé à 30 Km de la route Sévaré –Gao à Hombori;

Gisement de calcaire de Tchiroual : 12 Km au SE du village de Dimamou ;

Gisement de calcaire de Terrecht à l'Ouest de l'Adrar des Iforas.

Mais les obstacles sont liés au développement des infrastructures (routes, électricité, eau et autres) rendent l'exploitation de ces gisements difficiles, alors que le pays en besoins dans le secteur de BTP. Le calcaire est traditionnellement dans la région Tombouctou, Hombori et à Bafoulabé en république du Mali.

Dans la région de Kayes, à Diamou, sur les collines de Gangontérie dans la zone d'ASTRO, il existe 56 millions de tonnes de réserves de calcaire, selon l'étude de Wacem, une société indienne. A Hombori, il y a un site de gisement de calcaire très important dont les réserves sont estimées à 45 millions de tonnes, selon les études préliminaires de la direction nationale de la géologie et des mines (DNGM).

La première cimenterie du Mali, celle de Diamou, a été construite en 1969, avec une capacité théorique de 50.000 tonnes. Elle a été privatisée en 1991.

Fixée sur le site de l'extraction du calcaire, matière première pour la fabrication du ciment, l'unité d'Astro, sera la première étape dans la production du ciment, ce produit hautement consommé dans notre pays.

Dans cette usine, deux unités y seront construites : une unité de fabrication de klinker, du calcaire transformé après combustion, et une unité de fabrication du gypse qui occupe un pourcentage important selon la qualité du ciment. Une fois la première étape achevée, le klinker et le gypse seront envoyés à l'unité de broyage de Dio-Gare. Après cette phase, les unités de Dio-Gare et Astro entameront le processus de fabrication du ciment et l'ensachage.

Le Mali dispose depuis jeudi 15 décembre 2016 d'une nouvelle usine de ciment. L'ouvrage gigantesque qui a été inauguré par le président de la République, Ibrahim Boubacar Keïta, a une capacité de production de 500 000 tonnes de ciments par an.

Deux ans après le lancement de ses travaux par le Roi du Maroc, Mohamed VI, voilà la nouvelle cimenterie de Diago. Inauguré en grande pompe, Ciment de l'Afrique Mali (CIMAF), fruit du partenariat entre le Mali et le Maroc, va générer 200 emplois permanents, directs et indirects

Consigne :

- a. Quels sont les principaux gisements de calcaire au Mali ?
- b. Quelles sont les usines de fabrication du ciment au Mali ?