

Cours des subsatances utiles

Partie I: généralités



Pré requis :

- Notions de géologie générale
- Pétrographie des roches
- Exigences industrielles et techniques.
- Cartographie géologique et géologie algérienne

Objectif :

- Connaître les notions de base de la géologie des substances utiles
- Faire le lien entre les notions géologiques et les exigences industrielles.
- Savoir gérer une campagne d'exploration des substances utiles sur un territoire géographique selon

- les besoins des investisseurs dans le domaine des carrières.

Programme du Module :

- 1. Définition et caractérisation des substances utiles (substances non métalliques)**
- 2. Catégorisation et classification des substances utiles :**
 - **Les roches carbonatées (utilisées dans l'agrégat, l'industrie chimique et la cimenterie).**
 - **La pierre décorative (Granite, marbre, serpentine, travertin...)**
 - **Les roches siliceuses (Sable siliceux, Grés, diatomites, radiolarites...)**
 - **Les argiles (produits rouges, céramique, cimenterie, médicale...).**
 - **Les sulfates (Barytine, Célestine).**
 - **Les évaporites (gypse)**
 - **Les sels**
- 3. Valorisation et méthodes d'analyses.**

I. INTRODUCTION GENERALE :

Le globe terrestre est un réservoir gigantesque de ressources, de métaux, substances utiles appelées aussi des minéraux industriels) -**raw mineral**- encaissés dans les différents types de roches sous forme de gites, gisements, qui permet leurs exploitation et valorisations.

On recense plus de 80 substances (**Jebrack M 2008**) parmi lesquels : le sel, le soufre, , les différentes argiles (montmorillonite, kaolin...), la barytine, l'andalousite, le graphite, etc...

II- Definition des substances utiles:

On entend par le terme substances utiles tous les produits minéraux, autres que les produits énergétiques (Pétrole - Gaz -gaz de schiste) et les minéraux métalliques (Pb-Zn-Cu-Fe.....). On les classe comme produit de carrière et non pas comme produit de mines. De point de vu juridique la loi minière algérienne n° 2014-05 du 24-02-2014 a regroupé sous le terme substances minérales (les minéraux métalliques et les substances utiles) selon l'article n° 2 **Conformément aux dispositions de l'article 17 de la Constitution, sont propriété publique, bien de la collectivité nationale, les substances minérales ou fossiles découvertes ou non découvertes, situées dans l'espace terrestre national du sol et du sous-sol ou dans les espaces maritimes relevant de la souveraineté de l'Etat algérien ou du droit algérien, tels que définis par la législation en vigueur.**

Selon BRGM (Bureau de recherche géologiques et minières Français) ce sont des matériaux non métalliques, destinés aux domaines suivants :

- Les matériaux de construction – pierres décoratives – enrochement et de viabilité
- Matériaux à usage industriel (briqueterie –cimenterie –verrerie –sidérurgie).
- Matériaux utilisés comme amendement agricole.
- **Les matériaux destinés à la construction:**

Ils sont issus directement de différents types de roches existantes (granites, basaltes, calcaire- grés - alluvions, etc.) et ne **nécessitant aucun processus** de concentration Particulier Depuis la lumière des temps l'être humain utilisait les pierres de construction qui renfaient la géologie régionale de son territoire, on note comme exemple les calcaires de Gizeh utilisés pour la construction de pyramides en égypt., les grés du Numidiens dans l'édification du tombeau de la chrétienne à Tipaza, les calcaires et les grés pour les pyramides de Ladjdar (Tiaret) Algérie.

Les ardoises dans la construction des anciennes décheras en Algérie, les tuiles (argiles cuites) dans les Casbah d' Alger et de dellys (Wilaya de Boumerdes) issues des bassins sédimentaires d'âge Miocène.

Actuellement cette tradition est toujours conservée pour des raisons de cout, le transport qui augmente lourdement le prix de ces substances.



Tombeau de la chrétienne (Tipaza Algérie)
construit par des grés du Numidien



Pyramide de Ladjdar édifice funéraire (Tiaret
Algérie) construit par des calcaires et des grés

- **les granulats** sont des fragments de roche d'une taille variant de 0 a 125 mm, comprenant sables, graves, graviers et petits blocs, provenant de l'exploitation d'alluvions ou de concassage de roches massives. Il nécessitent juste un lavage et un criblage, les granulats sont essentiels au bâtiment et les travaux publiques

(autoroute- travaux hydrauliques et réalisation des voies ferroviaires on note 1,9 et 1,7 tonne de granulats par m³. En France, La consommation mondiale en terme de granulat tourne aux alentours de 18 Gt en 2007 (dont 2,95 Gt pour les Etats-Unis).

- Les matériaux peuvent aussi être employés comme produits transformés, ou manufactures Les plus communs sont le ciment, obtenu par calcination vers 1450 °C de calcaire (75 %), des argiles (20 %) et de gypse (5 %).
- les tuiles et les briques issues d'argiles durcies à la cuisson,
- le plâtre issu par la déshydratation partielle de gypse entre 120 et 160 °C;

- **Les minéraux industriels**, ou **substances utiles**, sont **des roches ou des minéraux** munis de propriétés physiques et rarement chimiques remarquables qui imposent leur utilisation dans le domaine industriel. La substance peut être dotée d'une forte dureté qui permet sa utilisation dans les industries de coupe et d'abrasion (diamant, corindon et la silice, etc.), d'une densité élevée (élaboration de boues de forage avec la barytine et la bentonite), d'une texture spécifique de charges minérales (kaolinite, talc ou calcite en papeterie).

D'une formule chimique qui sert dans la diminution de la température de fusion au sein des fours industriels (teneur MgO dans la dolomie).

. Ces propriétés permettent aux minéraux industriels d'alimenter de très nombreuses

Filières industrielles et artisanales : papeteries, céramiques (réfractaires, poterie, sanitaires, faïences, tuiles, briques, etc.), verreries, chimie, pharmacie, automobiles, etc.

la **différence** des minerais, les minéraux industriels sont employés soit bruts, après un traitement mécanique (physique) qui consiste souvent en une simple concentration et purification hors des procédés chimiques et thermiques, soit élaborés afin d'obtenir un produit final de transformation, comme la céramiques ou les composites.

Les minéraux industriels sont donc utilisés pour eux-mêmes en **conservant leur structure naturelle**, au besoin approprié, alors que les **minerais sont détruits** lors de traitement **afin de libérer** des éléments chimiques métalliques (Cu-Fe-Pb-Zn-Ag..).

Cette distinction entre ces deux catégories n'est pas aussi claire et plusieurs minéraux jouent un double rôle. On note comme ex la halite et la barytine peuvent ainsi subir des traitements chimiques afin d'extraire respectivement le sodium, le chlore (NaCl), et le baryum (Ba) les transformant alors en minerais.

Minéral industriel	Usages bruts	Usages élaborés
andalousite, disthène	aucun notable	matériaux réfractaires (sidérurgie, chimie)
amiante (serpentine, amphibole)	exceptionnellement pierre fine (« œil-de-tigre »)	matériel d'isolation et de construction (fibrociments), matériaux composites
argiles nobles (attapulgite, sépiolite, etc.)	barrières de confinement, géotextiles, matériaux isolants, filtres	chamottes, carrelages et autres céramiques
argiles communes (montmorillonite, beidellite, etc.)	barrières de confinement, géosynthétiques, forages pétroliers, matériaux absorbants	briques, tuiles, boisseaux de cheminée, composites, etc.
barytine	boues denses (industrie pétrolière), charges minérales (moquettes), équipements automobiles (plaquettes de freins, disque d'embrayage), bétons denses	minerai de baryum
borates	fondants métallurgiques, détergents	minerai de bore, fibres et laine de verre
calcite	charges minérales (papeterie, plastiques, etc.)	charges minérales PCC et GCC (surtout pharmacie)
chromite	matériaux réfractaires (chromite riche en aluminium)	minerai de chrome (chromite riche en chrome)
corindon	abrasifs	joaillerie (variétés rubis et saphir)
diamant	outils de coupe	joaillerie
diatomite	absorbants, filtration et abrasifs industriels	
feldspath	exceptionnellement pierre fine (« pierre de lune »)	porcelaines, céramiques, émail des pièces sanitaires

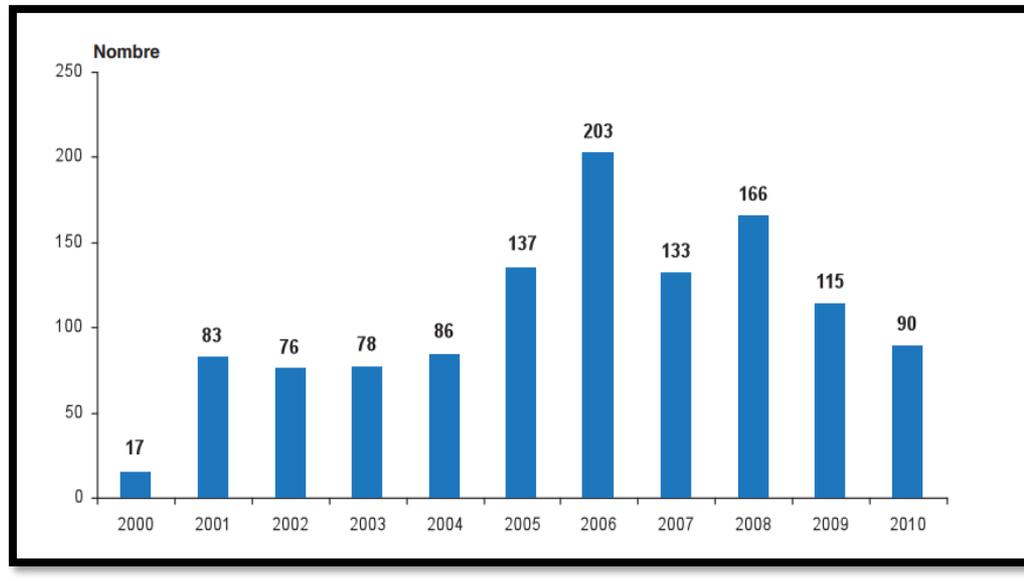
fluorine	fondant industriel (acier, aluminium)	minerai de fluor
graphite	creusets et ustensiles réfractaires, lubrifiants	
grenat	abrasifs, exceptionnellement pierre fine	
kaolin	charges minérales (papeterie, plastiques, caoutchouc, etc.)	faïence, porcelaine, peintures, dégraissants
magnésite	ciments à prise rapide	minerai de magnésium et source de magnésie (produits réfractaires)
muscovite	papiers peints, matériaux isolants électriques	
phosphates	aucun notable	source de phosphore, engrais
sel (halite)	industrie alimentaire, déneigement, engrais	source de chlore et de sodium
soufre	aucun notable à l'heure actuelle	dérivés soufrés (acide sulfurique, sulfates, sulfonates, etc.), explosifs, etc.
sylvite (potasse)	aucun notable	engrais, source de potassium, brome et iode
quartz	verres, moules de fonderie, fabrication d'aciers (ferro-silicium), abrasif (carborundum)	fibres optiques, quartz de synthèse, quartz piézoélectrique (industries électronique et informatique)
talc	charges minérales (papeterie, plastiques, caoutchoucs, peintures, etc.), céramiques, isolation, aliments animaliers, etc.	charges minérales (savons, poudres cosmétiques, etc.)
vermiculite	matériaux d'isolation thermique et phonique, emballages, bétons spéciaux	matières échangeuses d'ions
wollastonite	papeterie (usage mineur)	tuiles, céramiques, matériaux électriques isolants
gypse	exceptionnellement pierre de décoration (albâtre)	fabrication du plâtre (bâtiment)

Principaux minéraux industriels avec leurs usages essentiels (Jebrack 2008.).

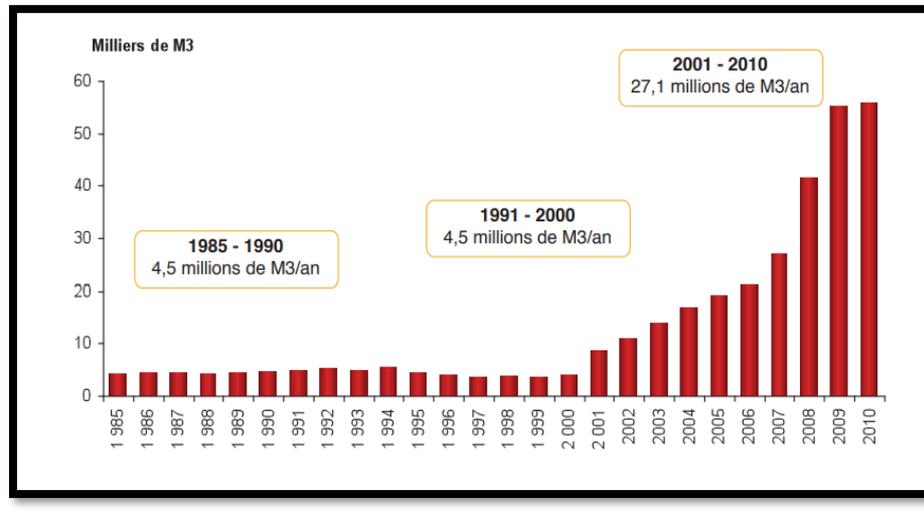
IV- Relation substances utiles et secteur économique :

La relation de secteur de carrière et des mines comme étant le premier secteur dans le cycle économique qui fournit la quasi majorité de la matière première pour les autres secteurs économiques, notamment l'industrie qui joue un rôle primordial dans la vie moderne , en général l'expansion économique impacte directement sur le développement de la production, la transformation et la valorisation des substances utiles.

En fait les plans de relancement économique quinquennaux (étalés sur 5 ans) en Algérie entre 2000 et 2010 comme exemple ont favorisé les investisseurs algériens soit dans le secteur publique ou privé a créer des entreprises d'exploitation des carrières de substances utiles qui représente l'essentiel de l'industrie minière en Algérie par rapport à la production de minerais métalliques qui occupe une seconde place (fig.... et...).

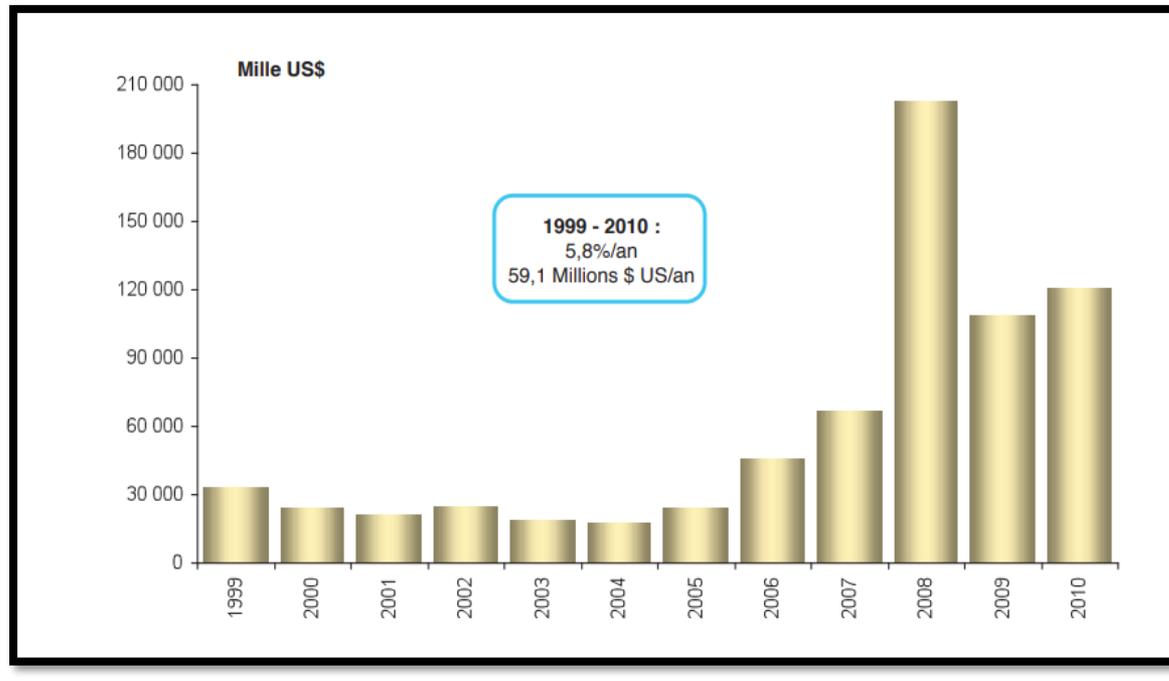


Nombre de titre minier octroyés entre 2000 et 2010 par l'Agence Nationale de Patrimoine minier. ANAM (actuellement) et qui montre une moyenne de 108 concessions crée par an.(Source Ministère de l'Energie et des mines).



Evolution des quantités produites des agrégats en Algérie entre 1995 et 2010

(Source Ministère de l'Énergie et des mines).



Evolution des exportations de secteur minier Algérien entre 1999 – et 2010
(source ministère de l'enrgie et des mines).

En effet le prix de la plupart des substances est géré par leur domaine d'utilisation, si ce domaine connaît un développement important et une forte demande, cela impacte directement le prix de la substance utiles qui sert comme étant une matière première nécessaire à la production de ce produit fini,

on note un autre exemple, celui de la barytine , ce sulfate de barium ($BaSO_4$) fréquemment utilisé comme la boue de forage dans la recherche et la prospection des hydrocarbures, donc l'évolution des prix des hydrocarbure

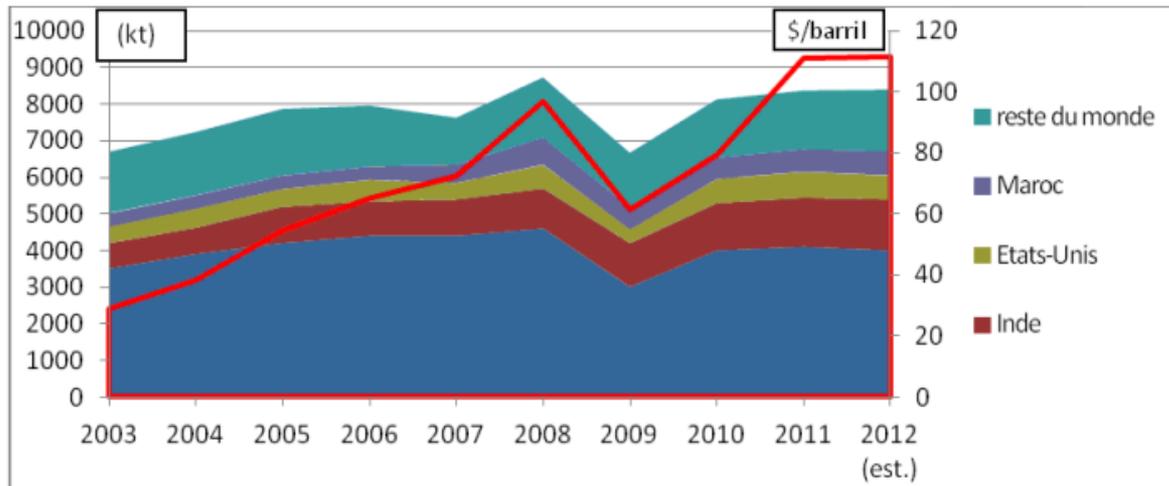


Figure 2 : Évolution et répartition de la production mondiale de barytine (en kt) depuis 2003 en fonction du prix du pétrole brut (en US \$/baril, source USGS).

V- Définition d'exigence industrielle :

Une exigence dans le domaine de industriel est définie comme étant, **un besoin, une nécessité**, une attente auquel un produit de matière première , issus d'une carrière doit répondre ou une contrainte qu'il

doit satisfaire. L'exigence peut être exprimée par une unité de mesure intrinsèque du produit lui-même , (issue généralement de ces caractéristiques physiques et mécaniques et exceptionnellement de ces propriétés chimiques .

Dans notre cas la majorité des substances utiles sont des roches ou bien des minéraux , donc les caractéristiques physiques sont l'exigence ou l'attente industrielle. Cela peut être attribué à

- La dureté dans les produit d'abrasion (sable siliceux-corindon...).
- La densité pour la boue de forages (barytine).
- La transparence dans l'optique
- La teneur chimique en MgO en ce qui concerne l'utilisation de la dolomie dans les fours de sidérurgie, la teneur en CaCO₃ dans l'introduction de la calcite comme charge pour le papier ou bien pour la fabrication du ciment.

VI- **La prospection des substances utiles** : comme chaque campagne de prospection dans la géologie minière, les substances utiles peuvent être le sujet de prospection et de recherche approfondie ; cela est introduit (entrepris) généralement par les gouvernements et les administrations publiques dans le cadre des plans de développement, chez nous en Algérie , l'organisme tutelle de ces activités est le ministère de l'Energie et des mines .

Il lance les projet de prospection et charge l'office de la recherche géologique et minière l'ORGM et l'Agence de service géologique algérienne ASGA pour accomplir ces missions, donc ces institutions créeront des équipes de recherches pluridisciplinaires formées par des géologues miniers – structuralistes- des cartographes ingénieurs en Sig et télédétection –géophysiciens...) pour réaliser les différents étapes de prospection de ces substances dans un territoire bien précis (wilaya- ensemble géologique)

Cette démarche peut être subdivisé en deux type

- **Prospection stratégique** : elle se déroule a échelle large et vise a délimiter des zones pour élargir le champs d'investigation

-La prospection au marteau

-La prospection géophysique aéroportéeet de surface

-La prospection géochimique à large maille (irrégulière: stratégique)

-La prospection alluvionnaireà large maille(irrégulière: stratégique).

- **Prospection tactique** :

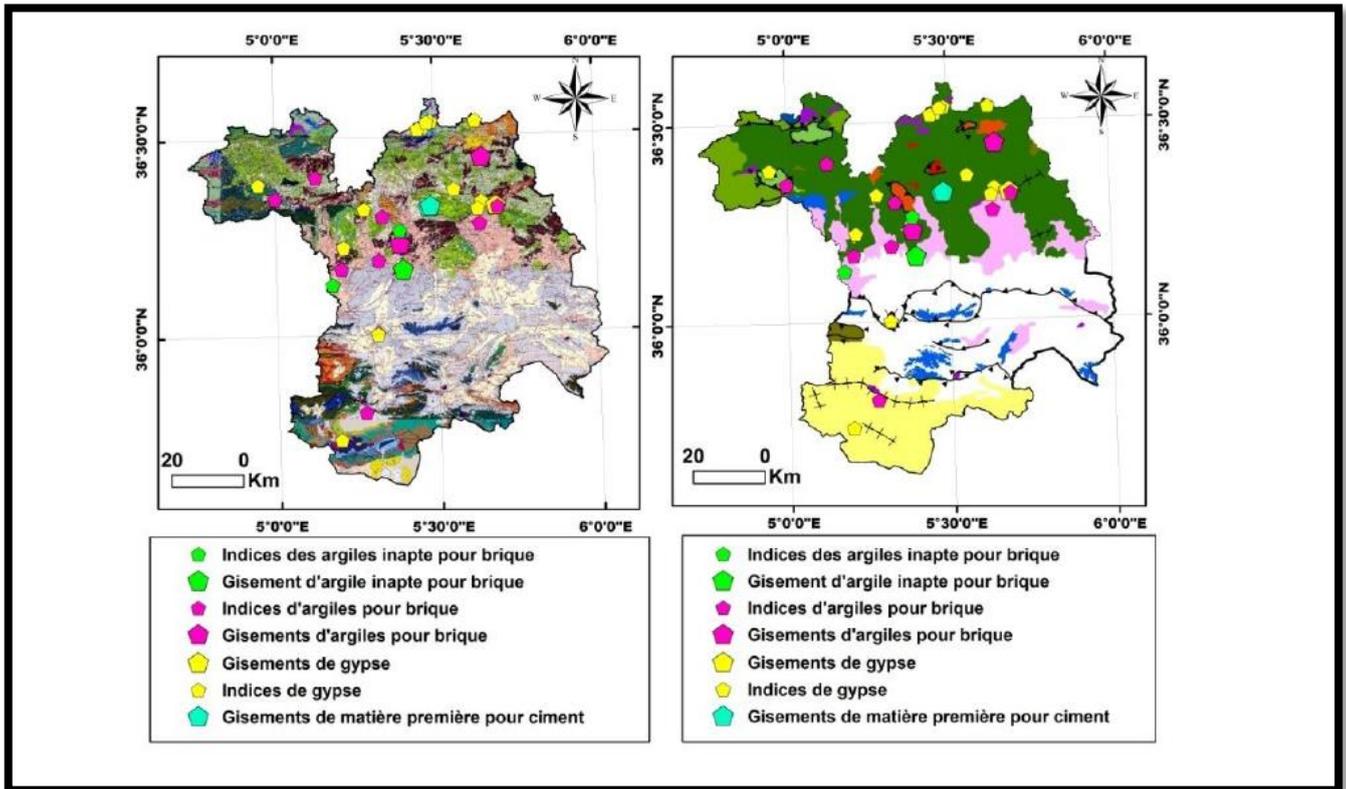
Consiste à l'exploration détaillée d'une surface réduite, sélectionné d'après la phase précédente, par les outils et méthodes adéquats en fonction du minerai

-La prospection au marteau

-La prospection géophysique à haute résolution (ex sismique 3D)

- La prospection géochimique à petite maille équidistante
- La prospection alluvionnaire à petite maille équidistante
- Tranchées, sondages, carottages et forages sont possibles.

Ces étapes vont nous aider à la fin d'élaborer des cartes de distribution des indices de substances utiles sur un territoire donné, qui vont servir comme étant un guide de recherche pour les entreprises minières



Carte géologique (à gauche) et structurale (à droite) de la wilaya de Sétif avec la répartition des gisements et indices des matériaux de construction. (Mahdadi , Chabou 2016).

VII- Classification des substances utiles

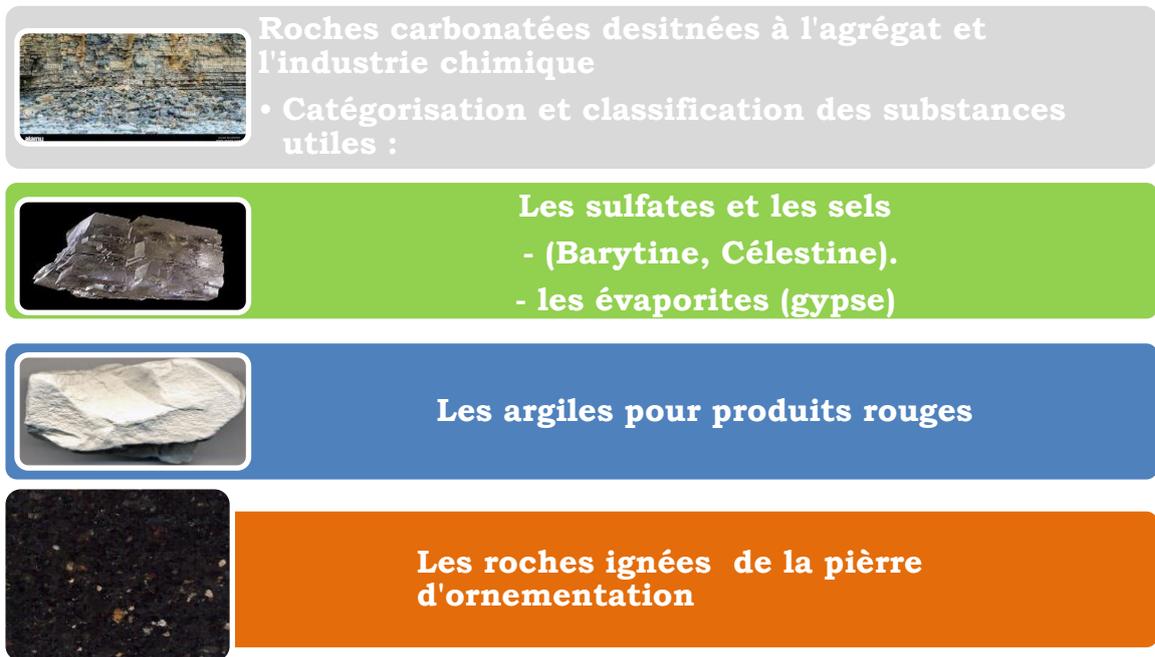
Plusieurs classifications des substances utiles ont été élaborées par les spécialistes dans ce domaine , cela est régie par la spécialité des personnes habilitées à faire ces type de travaux

En fait il existe deux types de classification une première la plus utilisée et pratiquée par les professionnels du domaine des substances et minéraux industriels, basés sur la où les destinations finales d'utilisation de la substance, il s'agit d'une classification pratique et professionnelle.

- Le deuxième type de classification est basée sur des notions scientifiques et plus précisément géologiques, qui tiennent en compte la genèse et l'origine, caractéristiques physiques et chimiques (durteté- densité-nature lithologique) des roches ou des minéraux industriels



Classification professionnelles des substances utiles



Classification scientifique (géologique) des substances utiles