

De la roche au sédiment

Les inégalités et les variations de température et les mouvements atmosphériques sont à l'origine de la dégradation des roches. L'eau est le principal agent d'altération des roches. Le basalte, roche mère du substrat réunionnais va montrer comme le granite ou le calcaire des **altérations de ses constituants**. Les produits de l'altération peuvent être transportés sous forme de fragments et d'ions en solutions. Ces éléments vont être transportés et se déposés dans certaines conditions, c'est l'**érosion** et la **sédimentation**.

1° L'altération de la roche:

Comment se déroule l'altération des roches?

Quels sont les produits issus de ces altérations et quel est le devenir de ces produits?

Les roches et leurs altérations seront étudiées et comparées

Des études d'altération sur d'autres roches peuvent servir de base à ce travail sur les roches volcaniques réunionnaises. La première partie concerne les aspects macroscopiques et microscopiques de ces phénomènes ensuite les aspects chimiques (relation roches-eau) seront abordés avec leurs conséquences éventuelles en milieu tropical.

Une étude comparative peut être réalisée avec le granite ou les roches calcaires.

Doc 1: Compléter le tableau ci-dessous en indiquant dans les cadres appropriés le nom ainsi que les principales caractéristiques (proposées dans la colonne de gauche) des roches.

A l'échelle du paysage

Quel facteur semble être impliqué dans cette altération (dégradation de la roche) ?

Identifier les zones saines et altérées, où et comment progresse l'altération?



Échelle macroscopique

Nom de la roche

Échelle microscopique (microscope polarisant)

La structure est : entièrement cristallisée ou en partie cristallisée ou non cristallisée

Comparer et Identifier les différents minéraux présents et noter ceux qui sont transformés ou ont disparu

Origine: volcanique ou plutonique ou sédimentaire

Observation d'une lame mince de basalte sain et d'un basalte altéré



Représenter à l'aide d'un croquis les observations microscopiques ou macroscopiques des roches altérées

Doc 2 - Modalités d'action de l'eau: Comparer les compositions des eaux* drainant les formations décrites avec le témoin eau de pluie (EP) Valeurs moyennes

A partir des données fournies sur la composition chimiques des minéraux, indiquez quelle est l'action de l'eau sur la roche et ses différents minéraux ?

	EP	Granite	Basalte	Calcaire
pH	7	6,4	7,6	7,6
Conductivité	20	79	230	450
Na+	1,9	7,1	3,9	2
K+	0,3	1,9	6,4	12
Ca+	1,4	5,9	56	100
Mg+	0,3	0,8	15,7	16
HCO3-	-	21,3	177	215

* valeurs moyennes (les unités ne sont pas mentionnées)

Remarque

Caractéristiques des transformations que provoque l'eau: les résidus ou sols d'altération avec les éléments figurés et néoformés les argiles : $\text{K}_n\text{Al}_n\text{Si}_{4-n}\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ les sables : Quartz (SiO_2), fragments (Olivine, pyroxène)

Quelles sont les éléments résiduels ou nouvellement formés (néoformation)?

Document complémentaire sur les minéraux

Olivine fraîche ou saine: $(MgFeSiO_4)$ les cristaux d'olivine apparaissent sous leur aspect caractéristique :

- couleur naturelle discrète, relief marqué, nombreuses craquelures, teintes de polarisation vives.

Olivine altérée: les limites entre les divers cristaux sont floues. Les craquelures qui découpent les cristaux sont très larges et de structure complexe : on reconnaît les anciennes traces des craquelures doublées sur chaque côté par un liseré d'altération. La lumière polarisée montre que l'olivine, minéral anhydre, a été transformée au niveau de ces craquelures, en serpentine, minéral hydraté :



Le mécanisme en jeu est de nature chimique : c'est l'hydrolyse qui progresse le long des zones vulnérables du minéral, celles où l'eau peut circuler et l'hydrolyse des ferromagnésiens comme l'olivine va s'amplifier et laisser des traces d'oxyde de fer.

Pyroxène : Primes trapus , de couleur brun noir à brun foncé, teintes vives en lumière polarisée de formule $(SiAl_2O_3)_2Ca(Mg,Fe,Al)$

Les Feldspath: En plus des deux types de micas (mica noir ou biotite plus ou moins altérée, mica blanc ou muscovite non atteinte) il est possible de reconnaître de grands plagioclases, à macles multiples et un petit cristal d'orthose.

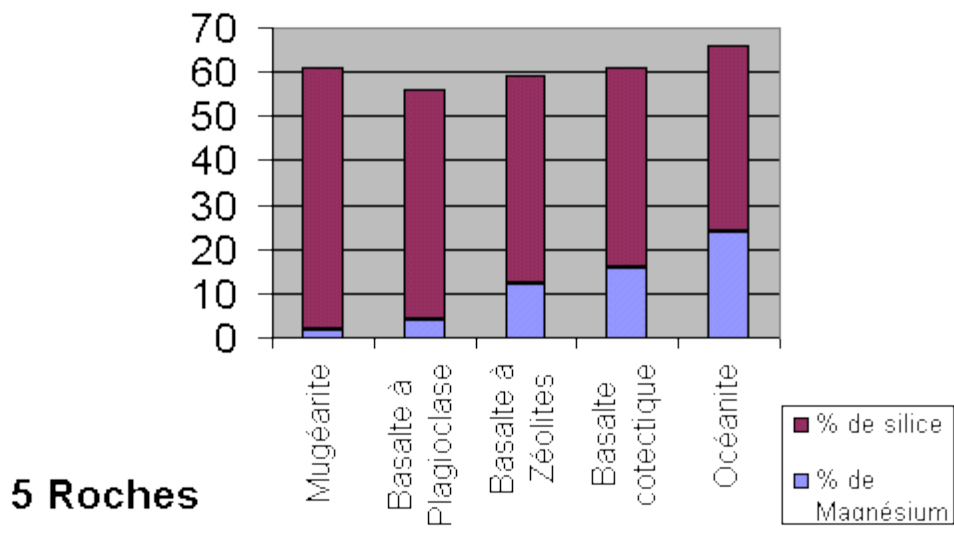
L'orthose ($KAlSi_3O_8$) est intacte alors qu'au sein des plagioclases apparaissent des structures de très petite taille montrant la désagrégation et la transformation du minéral.

Doc 3: *Altération des basaltes réunionnais suite à lixivation (lessivage) : Relation roche/eau*

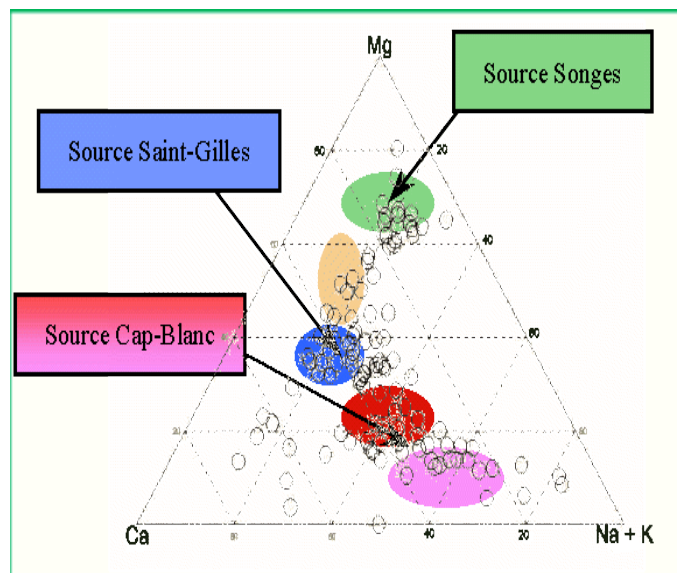
Ces données sont extraites d'une Publication de Jean Luc Hoareau du Laboratoire des Sciences de la Terre. Université de la Réunion. B.P. 7151. 97715 Saint-Denis Messag Cedex 9

Les formations rencontrées sur les deux massifs nous permettent d'échantillonner tous les stades de différenciation de la série basaltique alcaline, de la dunité (péridotite constituée quasi exclusivement d'olivines, pôle basique de la série échantillonnée sur le Piton de la Fournaise) à la syénite (roche magmatique contenant essentiellement du feldspath plagioclase, pôle le plus différencié, le plus acide de la série lithologique locale rencontré sur le Piton des Neiges). En terme de volume et de représentativité des aquifères, ces deux pôles extrêmes sont marginaux.

Relation Mg/SiO₂ des roches volcaniques réunionnaises



- Mugéarite
- Basalte à plagioclases
- Basalte à zéolites
- Basalte cotectique
- Océanite



On constate ainsi que la position des roches et des lixiviats dans un diagramme triangulaire ayant pour pôles les cations majeurs (Mg, Ca, Na+K) sont différentes. Cependant, les évolutions roche – eau sont sensiblement différentes d'un échantillon à l'autre.

Après étude de lame mince au microscope polarisant, on peut établir une "cartographie" de la répartition des éléments et définir alors une "sensibilité" de ceux-ci vis-à-vis de l'altération :

Le sodium et le potassium sont plus facilement libérés lorsqu'ils sont inclus dans les cristaux. Par exemple, le basalte plagioclasiq ue ne présente que des phénocristaux sodi-potassiques (feldspaths) et ses eaux de lixiviations sont fortement enrichies en ces deux éléments.

Le calcium et le magnésium sont plus largement emportés s'ils sont inclus dans la mésostase (absence d'olivines et de pyroxènes par exemple). Par exemple la mugéarite contient très peu de magnésium total (moins de 5 %) mais il est contenu dans la mésostase (absence d'olivine). Les eaux ayant altérées cette roche se retrouve être fortement enrichies en magnésium.

Doc 4 - Hydrolyse des ferromagnésien: sous climat pluvieux et assez chaud (2 à 4 m d'eau par eau et température supérieure à 20°C)

Hydrolyse: $\text{MgFeSiO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \text{-----> Mg}^+ + \text{Fe}^{2+} + \text{H}_4\text{SiO}_4$ (lessivés) + O_2

Oxydation: $2\text{Fe}^{2+} + 1,5\text{O}_2 \text{-----> FeO}_3$

Hydratation: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \text{-----> } 2\text{FeO(OH)}$ hydroxyde de fer peu soluble

Doc 5: Le comportement des ions dans l'eau: données extraites de l'ouvrage "Enseigner la planète terre"

Un ion peut être caractérisé par son potentiel ionique qui est le quotient de sa charge (Z) sur le rayon ionique (r): $Q = Z/r$. Sur un graphique, appelé "tableau de Goldschmidt", les rayons ioniques des principaux ions trouvés dans les roches sont représentés en [fonction](#) de leur charge.

On peut y distinguer trois groupes d'éléments :

- les ions à faible potentiel ionique (charge faible et rayon important) qui restent en solution vraie jusqu'à des fortes valeurs de pH (ex : Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} ...),
- les ions à potentiel ionique moyen qui précipitent par hydrolyse à l'état d'hydroxyde (ex : Al sous forme d' Al(OH)_3),
- les ions à potentiel ionique fort (charge élevée et faible rayon) qui forment des anions complexes avec l'oxygène (ex : P^{5+} qui donne naissance à PO_4^{3-}).

Dans l'eau dissociée, et plus particulièrement au niveau de l'ion hydroxyle (OH^-), l'hydrogène lié à l'oxygène occupe peu d'espace : l'ion OH^- possède une symétrie cylindrique et se comporte comme un dipôle simple.

Si l'on applique un champ électrique à un tel ion, celui-ci va passer par trois états :

- le premier, où la polarisation et le moment du dipôle restent faibles,
- le second, où la polarisation augmente et où l'atome d'hydrogène se trouve davantage écarté de l'oxygène,
- le troisième, où la polarisation est intense et où l'ion H^+ est libéré.

Ainsi, les ions de fort rayon, ne comportant qu'une ou deux charges (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , ...), les répartissent sur une grande surface : le champ exercé est faible et ces ions donnent des solutions à caractère alcalin (NaOH , Ca(OH)_2 ...). Les ions de plus faible rayon et dont la charge est de 2 ou 3 (Al^3+ , Fe^{3+} , ...) n'exercent sur les hydroxydes qu'un champ moyen et donnent naissance aux

hydroxydes qui fonctionnent comme acides ou comme bases suivant les milieux et dont la stabilité est faible.

Doc 6: Chromatographie des éléments résultant d'une ségrégation chimique : Extrait de l'ouvrage Nathan Première S

Dans les régions intertropicales, la pluviosité est considérable, la température élevée et le couvert végétal dense. L'hydrolyse y est très vigoureuse. Les silicates sont totalement hydrolysés et même le quartz finit par être dissous. Les ions cardinaux (Si^{4+} , Al^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^{+} , Na^{+}) du réseau des silicates sont libérés et évacués par les solutions qui percolent à travers le profil et gagnent les nappes souterraines, les rivières et la mer. Seuls restent sur place trois éléments, le fer, l'aluminium et un peu de silicium qui s'organisent en trois constituants :

- hydroxyde de fer (goethite),
- hydroxyde d'aluminium (gibbsite),
- silicate d'alumine (kaolinite).

Les ions évacués migrent avec la nappe vers l'aval et se "fixent" différenciellement dans le paysage en raison inverse de leur solubilité (Na^{+} ----- Ca^{2+} ----- K^{+} ----- Mg^{2+} ----- Mn^{+}) et en fonction du climat. On voit ainsi apparaître, des reliefs tropicaux lessivés aux cuvettes désertiques confinées :

- des cuirasses manganésifères,
- des concrétions et des croûtes calcaires,
- des sulfates et des chlorures.

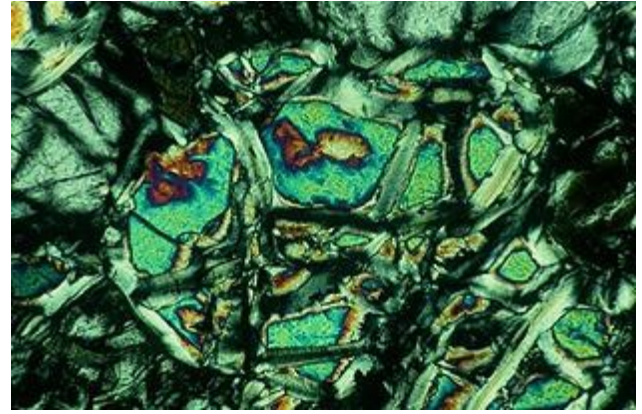
Lorsque le couvert végétal disparaît, le fer immobilisé sous forme de chélates (complexes stables incluant un ion métallique, est remobilisé et évacué vers l'aval : le profil s'enrichit relativement en aluminium et donne naissance aux bauxites.

Activités et questionnaire

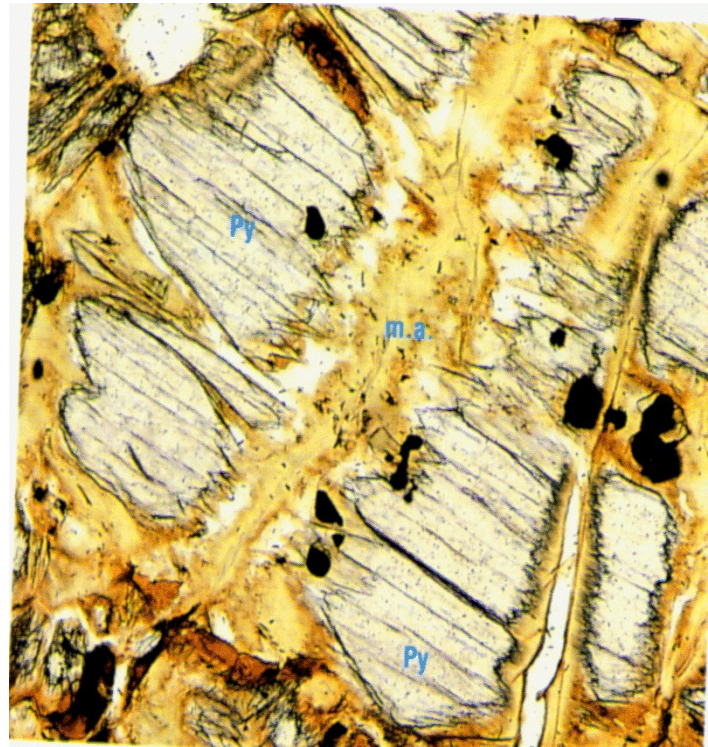
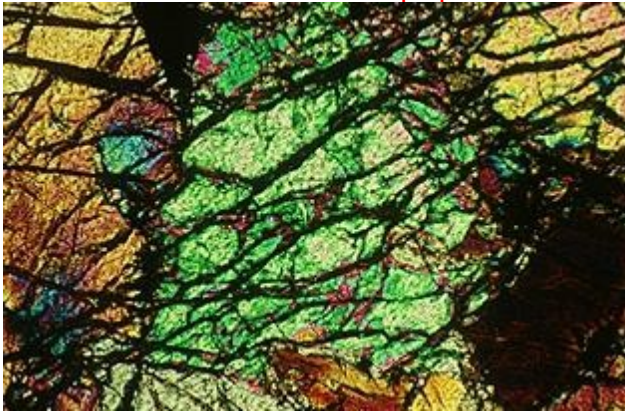
Photos extraites du site [Jeulin](#)

Olivine altérée

Olivine altérée au microscope polarisant

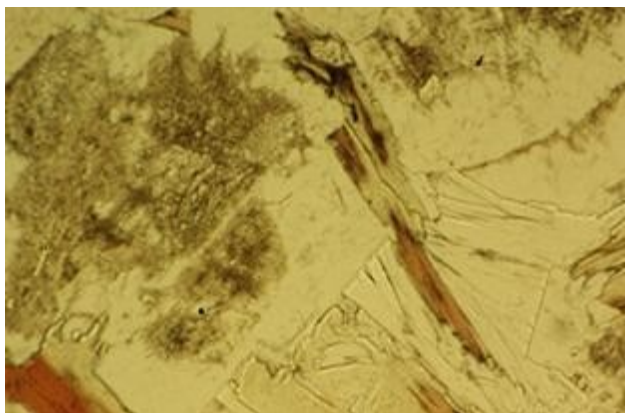


Olivine saine au microscope polarisant



Pyroxène altéré

Feldspath altéré



Feldspath altéré (MP)

