

Chapitre 3: La granitisation et sa relation avec le métamorphisme

Introduction:

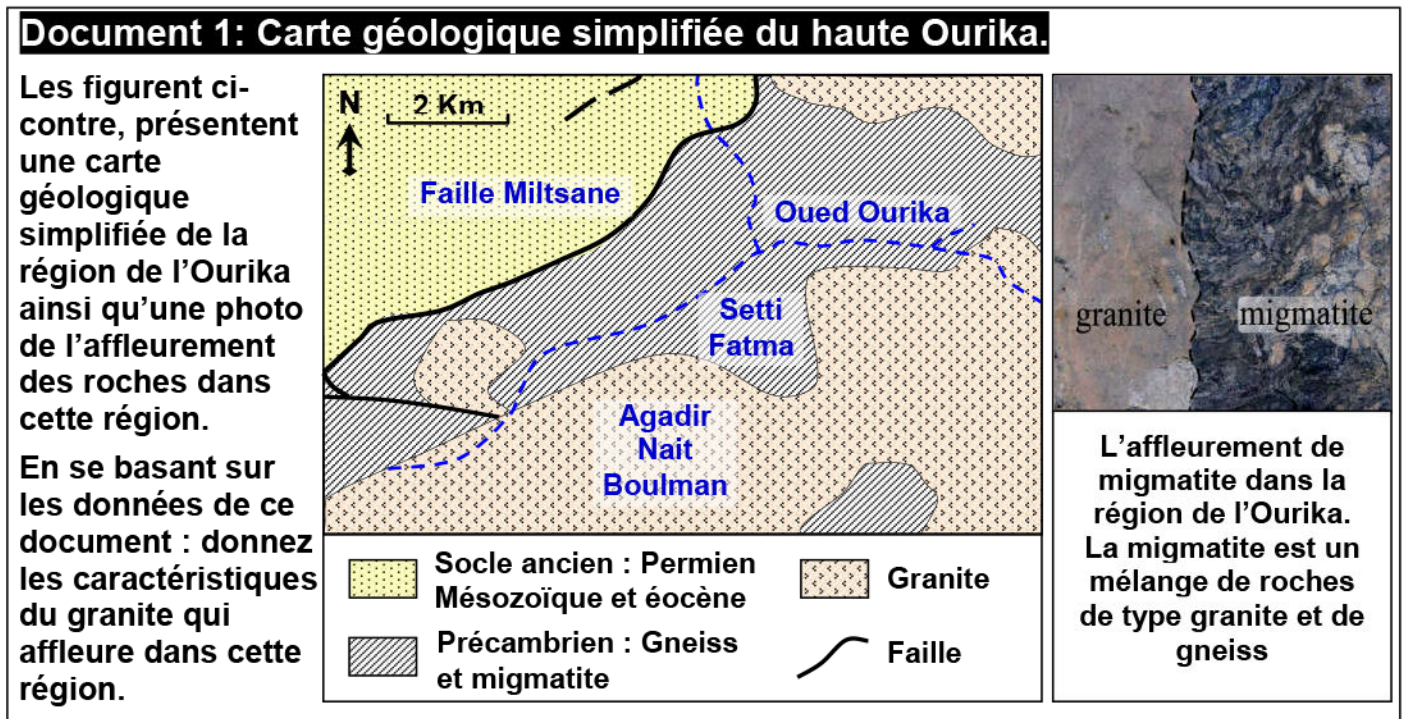
Les roches granitiques constituent la majeure partie de la croûte continentale. Le granite est une roche plutonique issue d'un refroidissement lent d'un magma en profondeur, ce qui lui confère sa texture grenue à grands cristaux. On distingue : Un granite d'anatexie et un granite intrusif.

- Quelles sont les conditions de formation des roches granitiques ?
- Quelles sont les caractéristiques des différents granites ?
- Quelle relation y-t-il entre les granites et les roches avoisinantes ?

I – Origine du granite d'anatexie :

① Les caractéristiques du granite d'anatexie:

a) Carte géologique simplifiée de la haute Ourika: (Document 1)



Le granite de l'Ourika est associé à des roches métamorphiques telles que le gneiss, et à plusieurs déformations sous forme de failles.




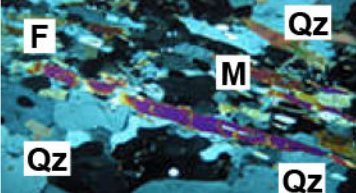
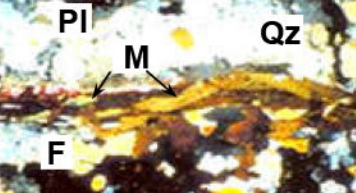

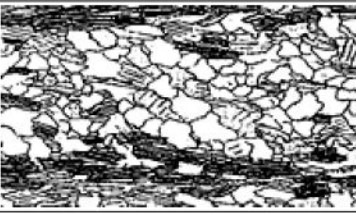

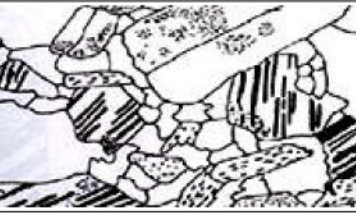
Le granite d'anatexie de l'Ourika est très étalé dans l'espace, couvrant de très grandes surfaces dépassant les dizaines de kilomètres. En s'éloignant du granite d'anatexie, on observe une succession de roches métamorphiques, avec une zone de transition, constituée de migmatite qui est une roche formée d'un mélange de granite et de gneiss.

b) Les caractéristiques du granite et des roches avoisinantes:

(Voir document 2)

Document 2: Etude pétrographique du granite et des roches avoisinantes.

Le tableau ci-dessous présente les résultats d'une étude pétrographique de quelques échantillons de roches de la région de la haute Ourika.

La roche	Gneiss	Migmatite	granite
Observation à l'œil nu			
Observation d'une lame mince			
Composition minéralogique	Qz = Quartz F = Felds. Potassique M = mica noir (Biotite)	Qz = Quartz F = Felds. Potassique Pl = Felds. plagioclase M = mica noir (Biotite)	Qz = Quartz F = Felds. Potassique Pl = Felds. plagioclase M = mica noir (Biotite)
Schéma d'interprétation de la lame mince			
Structure	Foliacé	Foliacé + Grenue	Grenue

Comparez les échantillons puis dégagez les caractéristiques de ces roches.
Proposez une hypothèse expliquant la relation entre les trois roches.

- 1) Le granite est une roche compacte très dure, ses minéraux sont vu à l'œil nu. IL se compose essentiellement de quartz, biotite et feldspath rose appelé orthose, feldspath blanc appelé plagioclase.
Au microscope polarisant la lame mince montre que les minéraux du granite sont tous cristallisés, ce qui lui donne une structure grenue.

Le gneiss contient du quartz, du mica, des feldspaths, suffisamment gros pour être identifiés à l'œil nu. IL présente une structure foliacée, marquée par l'alternance de petits lits clairs et de niveaux sombres.

La migmatite, présente un mélange de granite et de gneiss : On y trouve une partie gneissique avec une alternance de lits sombres riches en micas noirs et de lits clairs (foliation) mais aussi des parties claires à texture grenue formées de quartz et de feldspaths similaire à la composition granitique.

- 2) Le granite et le gneiss possèdent la même composition minéralogique avec des structures différentes, on peut donc supposer que ces roches ont la même origine ; et que le granite est formé alors, sous des conditions de pression et de température extrêmes.

Les minéraux non orientés du granite témoignent du passage par un état liquide en passant du granite au gneiss, c'est à dire que la roche métamorphique

(gneiss) subit une fusion partielle, sous des hautes pressions et températures, et donne après refroidissement le granite, on appelle ce type de granite: Granite d'anatexie.

② L'anatexie expérimentale: (Voir document 3)

Document 3: L'anatexie expérimentale.

★ Trois roches argileuses A, B et C sont soumises à une pression hydrostatique égale à 2 Kbar (7 à 8 Km de profondeur) et une température entre 700°C et 800°C. A partir d'une température voisine de 700°C, les roches, après le métamorphisme, subissent une fusion partielle : il se forme alors, à partir des roches solides, un liquide initial appelé liquide anatectique qui donne, après refroidissement, une roche granitique ; ce phénomène est appelé anatexie. Le tableau ci-dessous présente la composition minéralogique de la roche résultante du refroidissement du premier liquide obtenu :

		A	B	C
La composition minéralogique des roches argileuses	- Quartz	15	20	24
	- Illite	35	70	60
	- Kaolinite	50	10	10
	- Autres	0	0	6
Température anatectique		695 °C	725 °C	715 °C
Composition minéralogique de la roche d'anatexie		42 % de quartz 50 % d'orthose (Feldspath potassique) 8 % Plagioclases (Feldspath calcosodique)		

★ Afin de se rapprocher des conditions naturelles, l'expérience a été refaite en ajoutant aux mélanges 3 % de NaCl étant donné que les roches sédimentaires renferment du sodium issu des eaux qui les immergent. Le tableau ci-contre résume les résultats obtenus :

		A	B	C
Composition minéralogique	- Quartz	62	8	11
	- Illite	30	80	17
	- Orthose	8	12	72
Température du début de fusion		670 °C	670 °C	670 °C
Composition minéralogique du liquide obtenu après fusion		34 % de quartz 40 % Albite 26 % Orthose		

En exploitant les données de ce document :

Comparez la température du début de fusion des roches A, B et C puis résumez ce qu'on peut déduire de cette étude expérimentale.

On constate que le liquide primaire issu de la fusion de roche sédimentaire est caractérisé par une composition chimique stable, quelle que soit la roche mère d'origine. On parle de liquide anatectique.

La température qui correspond au début de fusion partielle de roche sédimentaire est d'environ 670 °C. C'est la température anatectique.

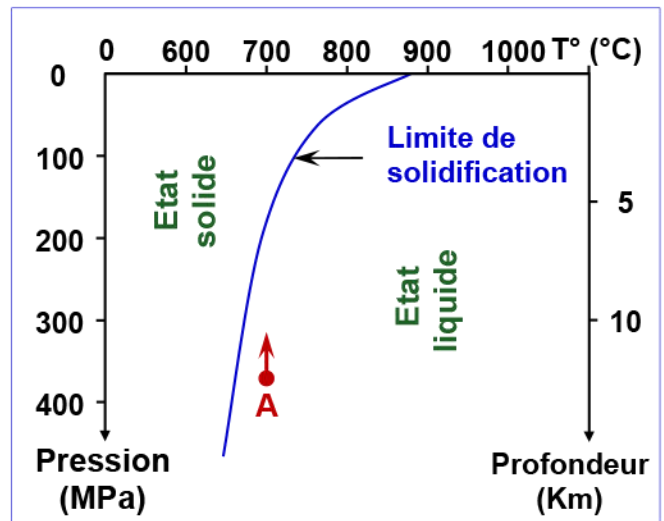
L'anatexie c'est le processus de la fusion totale des roche (source du granite d'anatexie) ou partielle (source de la migmatite), suite à l'élévation très importante de la température ou à un enfouissement profond.

II – L'anatexie et sa relation avec la formation des montagnes:

① Les conditions de cristallisation du magma granitique: (Voir document 4)

Document 4: Conditions de cristallisation du magma granitique.

La courbe de la figure ci-contre, représente la limite séparant l'état solide de l'état liquide du magma granitique. Elle correspond à la courbe de cristallisation (solidification) du magma granitique et qu'on appelle solidus. Le point A du graphe, représente un magma granitique, les points de contact du magma avec les limites de solidification correspondent à sa cristallisation.



- 1) Comment évolue la température de solidification du magma en fonction de la pression (profondeur) ?
- 2) Déterminer les conditions de formation du magma (A) ?

On suppose que le magma (A) migre vers la surface avec une température constante.

- 3) A quelle profondeur et sous quelle pression, le magma granitique (A) passerait de l'état liquide à l'état solide ?
- 4) Quel serait le résultat de l'intrusion du magma granitique dans les strates de la croûte terrestre ?

- 1) La température de solidification du magma granitique diminue avec l'augmentation de la pression (la profondeur). Par exemple un magma se solidifie à 760 °C, dans une profondeur de 2 Km et à 700°C, dans la profondeur de 6 Km.

Des magmas granitiques exceptionnellement chauds peuvent parvenir en surface et cristalliser à une température de 870°C pour former des rhyolites.

- 2) Le magma (A) s'est formé à une profondeur de 12.5 Km et sous une pression de 375 MPa.
- 3) Le magma (A) passerait de l'état liquide à l'état solide au point d'intersection entre l'axe de migration du magma et le solidus, qui se situe à une profondeur de 6 Km et sous une pression de 180 MPa.
- 4) L'intrusion du magma dans les strates anciennes provoquera une élévation de la température au tour du magma à une basse pression, ce qui entrainera un métamorphisme thermique ou de contact, il produit autour de la masse granitique des roches métamorphiques formant une auréole métamorphique.

Conclusion :

A des profondeurs de l'ordre de dizaines de kilomètres (50 à 70 Km), les roches subissent des conditions de pression et de température particulières et se transforment en roches métamorphiques comme les gneiss qui peuvent fondre partiellement et être à l'origine du granite d'anatexie.

Le granite reste généralement en profondeur, subit un refroidissement lent, pour donner une structure grenue, il affleure après érosion des couches sus-jacentes.

Rarement des magmas granitiques très chauds (960°C), peuvent parvenir en surface à l'état liquide pour subir un refroidissement rapide et donner des roches granitiques à structure microlitique : c'est la rhyolite.

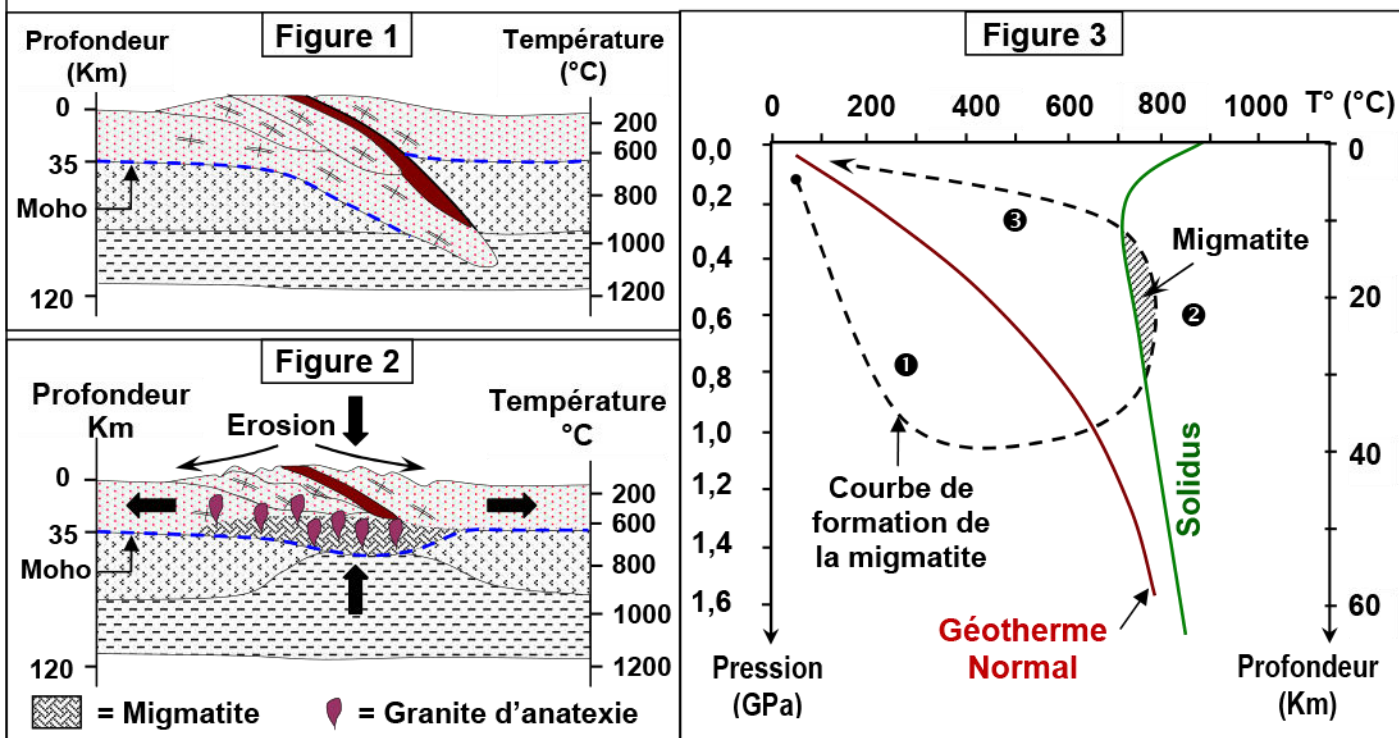
② Relation entre granitisation et formation des chaînes de montagnes:

Document 5: Relation du granite d'anatexie avec les chaînes de collision.

Dans les chaînes de collision, sous l'effet des contraintes tectoniques, les roches se métamorphisent et deviennent des gneiss qui peuvent fondre partiellement et être à l'origine de granites. L'enfouissement des roches est lié au raccourcissement et à l'épaississement de la croûte continentale qui forme une racine en profondeur avec des reliefs en surface. Dans une chaîne de collision, les granites sont donc des roches qui témoignent d'un épaississement lié au raccourcissement d'une croûte continentale et les migmatites sont les témoins de la formation de ces granites.

Les figures 1 et 2 présentent des coupes géologiques montrant l'origine du granite d'anatexie dans les chaînes de collision.

La figure 3 présente le trajet de la formation de la migmatite selon la variation de la pression et de la température dans les zones de collision.



En exploitant les informations apportées par ces documents, expliquez les conditions d'anatexie dans les chaînes de collision.

La collision entre deux plaques portant des continents amène des fragments de croûte continentale à des profondeurs de l'ordre de 50 à 70 km où elles subissent des conditions de pression et de température croissante (Figure 1).

Cet enfouissement est lié au raccourcissement et à l'épaississement de la croûte continentale qui forme une racine en profondeur avec des reliefs en surface. Les roches d'origine se transforment et deviennent des roches métamorphiques, aboutissant à la formation de gneiss (partie ① de la courbe, figure 3).

Sous l'effet de l'isostasie (Équilibre des différents segments de l'écorce terrestre) par poussée de l'asthénosphère, ces roches vont remonter vers la surface, la pression diminue mais la température reste élevée (partie ② de la courbe, figure 3). Ces conditions conduisent à la fusion partielle et à la formation du magma anatectique (Figure 2).

Progressivement le magma refroidit sur place, une partie du magma reste liée au gneiss pour former la migmatite, et une autre partie forme du granite (partie ③ de la courbe, figure 3).

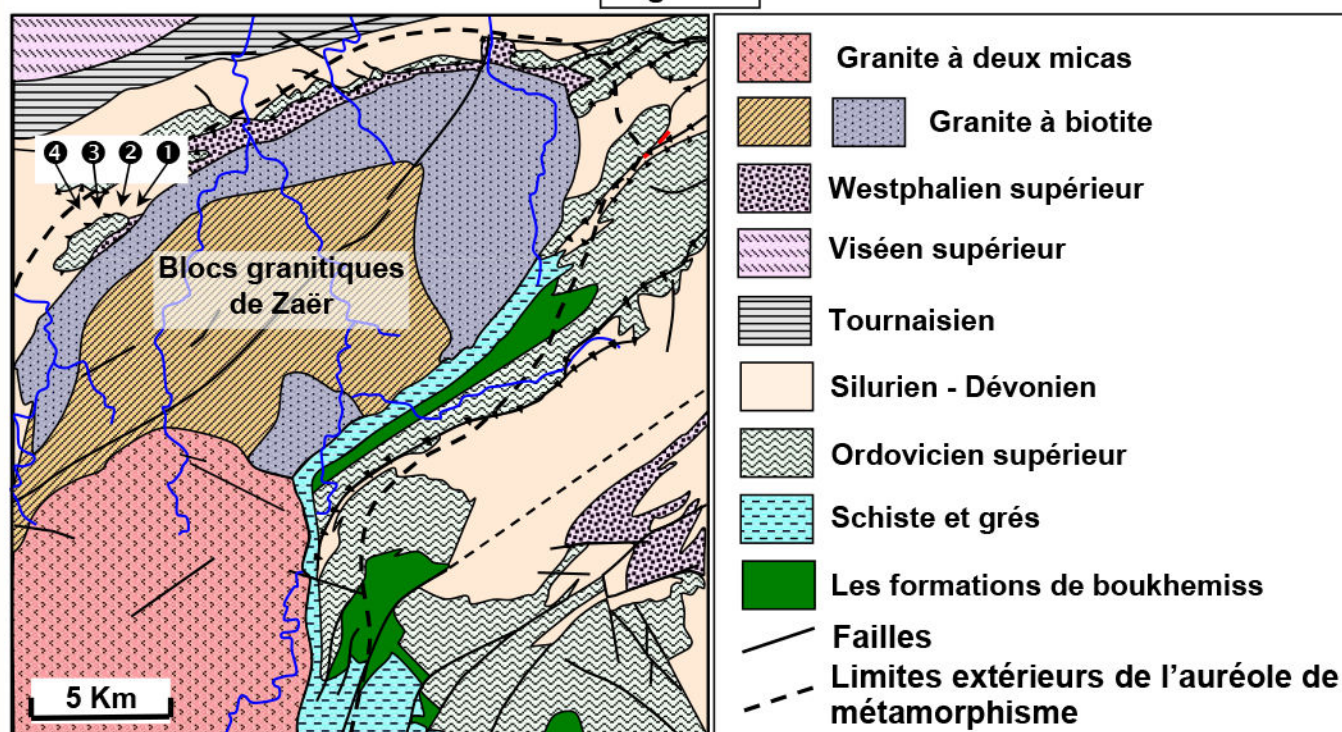
III – Origine et mise en place du granite intrusif:

① Etude des blocs granitiques de la région de Zaër: (Voir document 6)

Document 6: Relation entre les blocs granitiques de Zaër et les roches avoisinantes.

★ La figure 1 ci-dessous présente une carte géologique simplifiée montrant l'affleurement du massif granitique du Zaër ainsi que les lieux de récolte des échantillons de roches caractérisant l'auréole de métamorphisme.

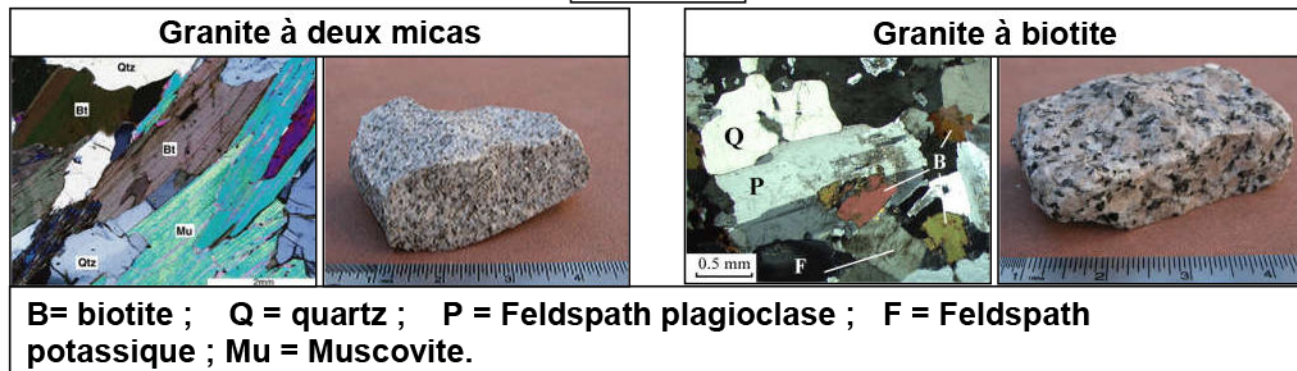
Figure 1



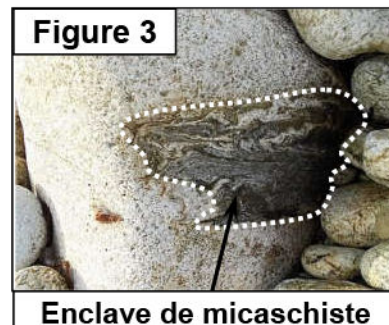
★ L'analyse des échantillons de roches voisines du granite de Zaër a donnée les résultats résumés dans le tableau suivant :

Les échantillons	①	Cornéenne contenant du feldspath potassique
	②	Schiste contenant la cordiérite et l'andalousite de grande taille.
	③	Schiste contenant la biotite et l'andalousite de petite taille.
	④	Schiste argileux contenant le chlorite et la séricite

★ La figure 2 présente des photos d'échantillons de roches de la région avec des observations au microscope polarisant de lames minces de ces échantillons.

Figure 2

★ A la limite du massif granitique de Zaër, on rencontre des enclaves de roches encaissantes dans la matière granitique (Figure 3). Ces enclaves peuvent disparaître et ne laisser que des zones d'ombre caractérisées par des minéraux sombres comme la biotite.

Figure 3

- 1) A partir de l'analyse de la carte géologique de la figure 1, déterminez les caractéristiques du massif granitique de Zaër.
- 2) Que peut-on conclure de l'analyse des résultats de l'étude des échantillons de roches voisines du massif granitique granite de Zaër?
- 3) Expliquez la présence d'enclaves de la cornéenne dans le granite.
- 4) Donner une définition au granite intrusif.

- 1) Le granite de Zaër apparaît sous forme d'une masse entourée de roches métamorphiques, qui se présente sous forme d'une auréole nommée auréole de métamorphisme.

Le granite de Zaër est un pluton intrusif dans les terrains sédimentaires qui l'entourent. On dit que c'est un granite intrusif.

- 2) En s'approchant du granite intrusif on observe :
 - ✓ L'absence de l'orientation des minéraux.
 - ✓ Augmentations de la taille des cristaux.
 - ✓ Disparition de certains minéraux caractéristiques de faible métamorphisme (comme la séricite) et apparition de minéraux caractéristiques de fort métamorphisme et haute température (comme l'andalousite).

On peut conclure que lors de l'intrusion des plutons granitiques, les roches encaissantes (sédimentaires) sont soumises à une élévation de température qui a affecté leur structure et leur composition minéralogique. Il s'agit donc d'un métamorphisme thermique ou de contact, dû à une haute température et basse pression.

- 3) On observe dans le granite intrusif des enclaves qui sont des zones hétérogènes par rapport au reste de la roche. Elles sont riches en informations sur l'origine et la mise en place du granite.

- 4) Le granite intrusif est relié à une montée de la profondeur d'un magma, formant des plutons qui recoupent les roches encaissantes. Il est généralement sous forme d'un massif en discordance avec de nettes limites. Autour de ce massif, se développe une auréole de métamorphisme de contact.

② Conclusion :

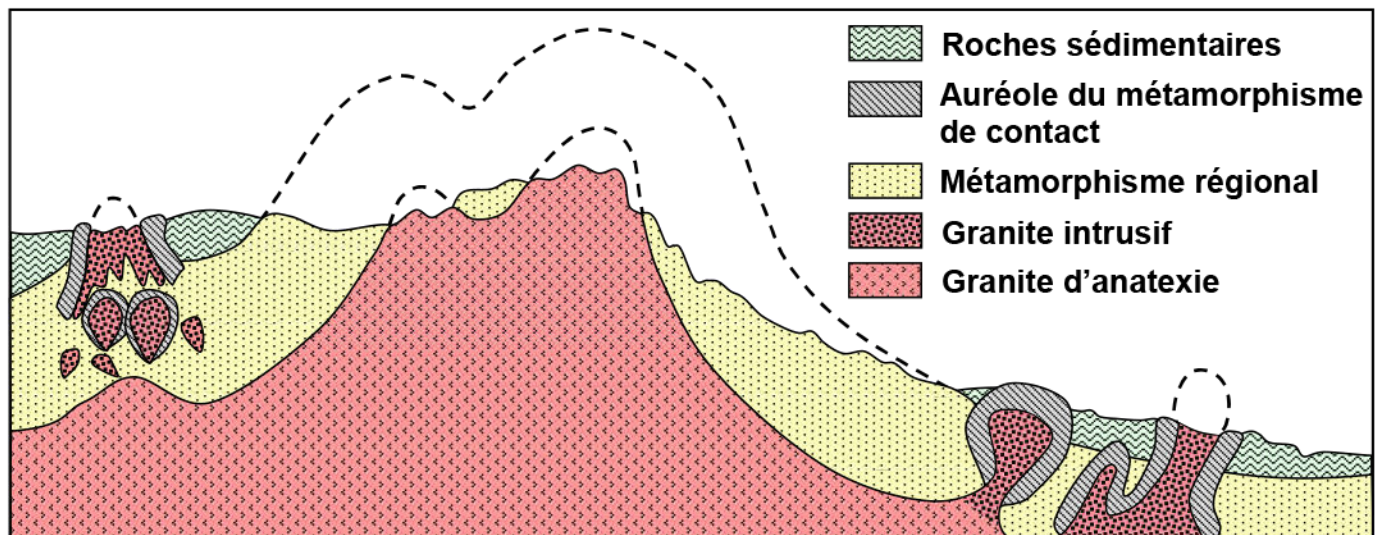
Le granite intrusif se met en place suite à la migration vers la surface d'un magma sous formes d'intrusions qui traversent les couches encaissantes (sédimentaires) et donnent, après refroidissement, le granite intrusif.

IV – Comparaison entre le granite d'anatexie et le granite intrusif:

(Voir document 7)

Document 7: Comparaison entre le granite d'anatexie et le granite intrusif.

La figure ci-dessous est une coupe géologique schématique montrant la relation entre le granite d'anatexie et le métamorphisme régional, d'une part, et entre le granite intrusif et le métamorphisme de contact d'autre part :



Pour mettre en évidence la relation qui lie le granite d'anatexie au métamorphisme régional, et le granite intrusif au métamorphisme de contact, complétez le tableau ci-dessous, en exploitant les données de la coupe géologique précédente.

	Granite d'anatexie	Granite intrusif
Origine du granite	Magma issue de l'anatexie et qui se refroidit sur place.	Magma issue de l'anatexie, qui monte à travers les roches encaissantes.
Surface du granite	Large	Limitée
Relation entre le granite et le métamorphisme	Constitue la phase extrême du métamorphisme régional (Thermodynamique)	Ce granite est responsable du métamorphisme de contact (Thermique)
Caractéristiques de la limite entre le granite et les roches métamorphiques avoisinantes	Passage progressif des roches métamorphiques au granite, (Zone de transition, constituée de migmatite)	zonation des transformations autour de l'intrusion magmatique. (Auréole de métamorphisme)