

## En quoi les Alpes sont-elles une chaîne de collision ?

### 1. Cadre général

**Niveau :** Terminale S

**Durée prévue :** 2 séances de TP de 2h, 2 jours de travail sur le terrain

#### Objectif général

Réaliser un travail d'investigation scientifique permettant de confronter des données de terrain à un modèle explicatif de la formation d'une chaîne de collision.

Scénario de type S2 (Annexe 1)

#### Situation dans la progression :

Au début du chapitre «convergence et collision »

#### Prérequis :

- Programme de 1S (révisions) :
  - accréation océanique
  - expansion océanique et phénomènes associés (hydrothermalisme, métamorphisme BP/BT)
- Programme de TS :
  - convergence et subduction (caractéristiques, moteur, magmatisme associé)

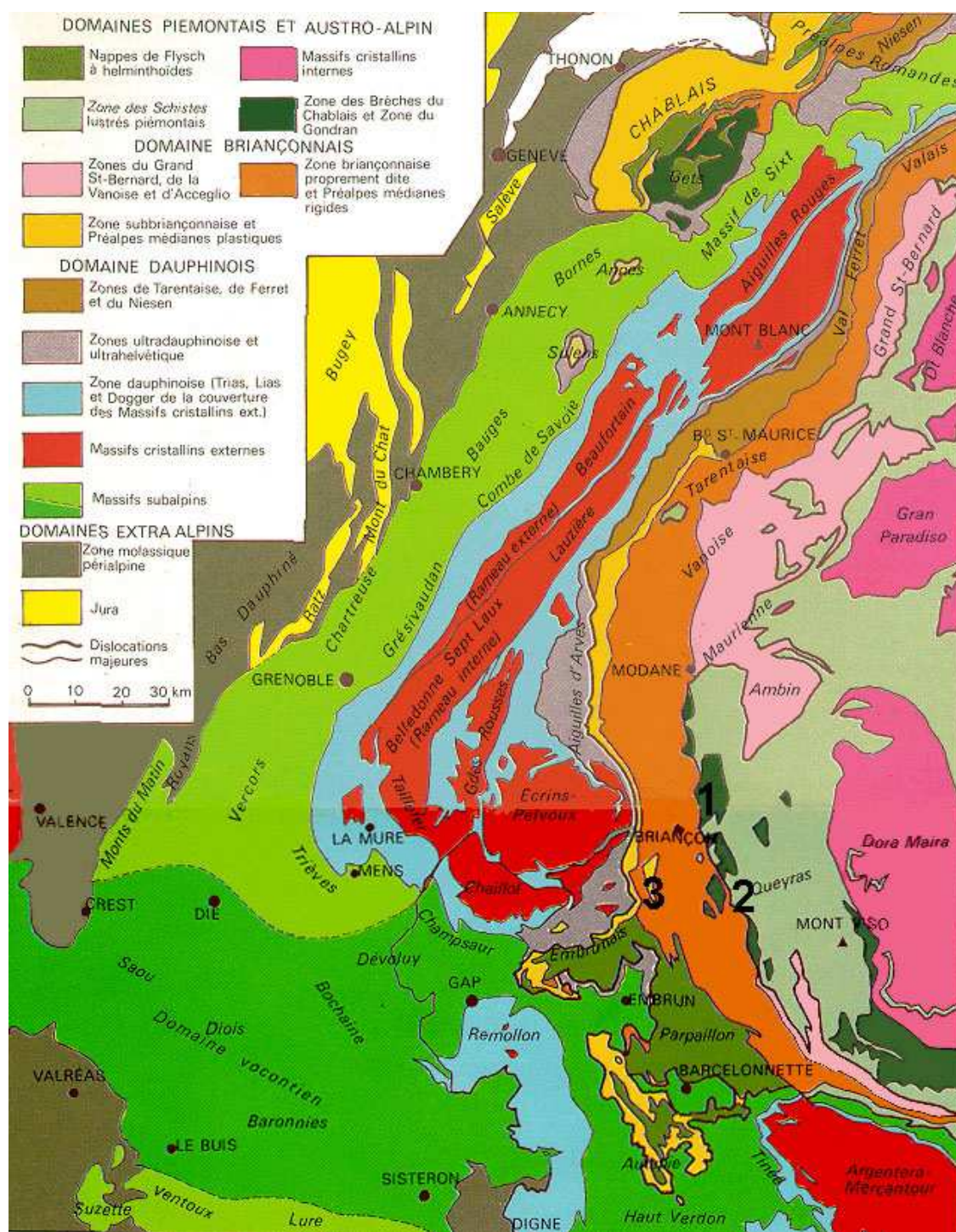
#### Contexte géologique :

Les Alpes sont une chaîne de collision, elles correspondent à un ancien domaine océanique dont la fermeture par subduction a conduit à la collision des deux domaines continentaux.

Dans les Alpes, près de Briançon on distingue 3 secteurs possédant un intérêt géologique (fig.1) :

- (1) Le Chenaillet : massif ophiolotique situé à 2500m d'altitude possédant des basaltes, des gabbros et des péridotites à faciès schistes verts, roches témoins de l'accréation et de l'expansion océanique.
- (2) Le Queyras présentant des sédiments fortement plissés du prisme d'accréation (schistes lustrés) et des métagabbros à faciès schistes bleus témoins d'une subduction.
- (3) Le pli couché de Saint-Clément témoin d'une collision

Fig. 1 : Situation des secteurs visités



1. Chenaillet
2. Queyras
3. Saint-Clément

[http://www.geol-alp.com/alpes\\_francaises/alpes\\_fr\\_apercu.html](http://www.geol-alp.com/alpes_francaises/alpes_fr_apercu.html)  
M. Gidon

## 2. Description des séances

Les différentes séances s'articulent autour d'un modèle scientifique d'un scénario de la mise en place d'une chaîne de collision (fig.2). Ce modèle a pour objet de constituer un appui à la démarche d'investigation conduite par les élèves. L'identification des différentes caractéristiques et implications du modèle permet de formuler des conséquences vérifiables et de construire le protocole d'observation. Les données recueillies sont sélectionnées en fonction de leur pertinence par rapport au modèle proposé qui constitue donc un cadre qui guide les observations réalisées. Le traitement que ces données subissent pour analyse tient compte du modèle que l'élève évalue. Ces données sont confrontées au modèle qui peut ainsi être validé par une argumentation scientifique, son domaine de validité peut être borné.

Ainsi des schémas commentés d'un modèle de scénario de la mise en place d'une chaîne de collision (accrétion, subduction, collision) (fig.2) sont donnés aux élèves dès le début de la première séance, ils servent d'appui aux différentes tâches proposées, à tout moment l'élève peut s'y référer.

Les première et troisième séance permettent de préparer et d'exploiter la classe de terrain. Lors de ces séances, le travail des élèves est guidé et accompagné par :

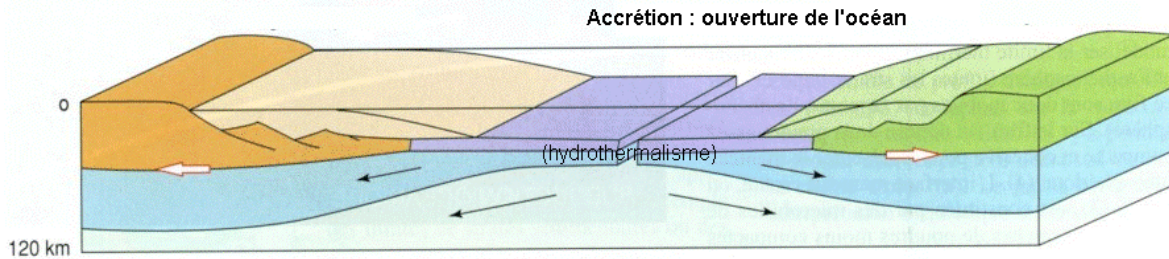
- un formulaire de consignes en ligne :  
[http://lvstrevoux.homelinux.org/lvdsclaroline/TERRAIN/document/activite\\_terrain\\_geonote/index.htm](http://lvstrevoux.homelinux.org/lvdsclaroline/TERRAIN/document/activite_terrain_geonote/index.htm)
- Géonote, un logiciel de consultation et d'édition de données géologiques géoréférencées.

Lors de la classe de terrain les élèves sont en possession de documents de terrain (annexe 3).

**Fig. 2 : scénario de la mise en place d'une chaîne de collision proposé par les scientifiques**

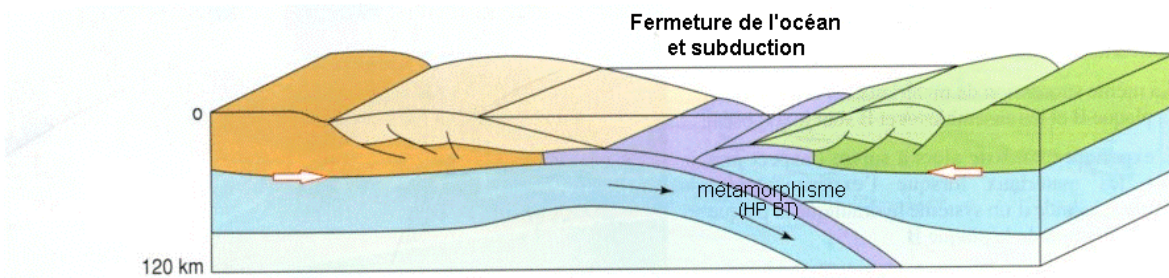
**Etape 1 : accrétion, ouverture de l'océan**

L'accrétion résulte de l'effet de courants de convection du manteau, la lithosphère s'amincit localement et se déchire : une zone de rift s'établit et fonctionne pendant plusieurs dizaines de millions d'années. L'activité hydrothermale du rift provoque le métamorphisme des roches de la jeune lithosphère océanique. L'accrétion aboutit à l'ouverture d'un domaine océanique qui, en s'agrandissant, sépare peu à peu deux continents.



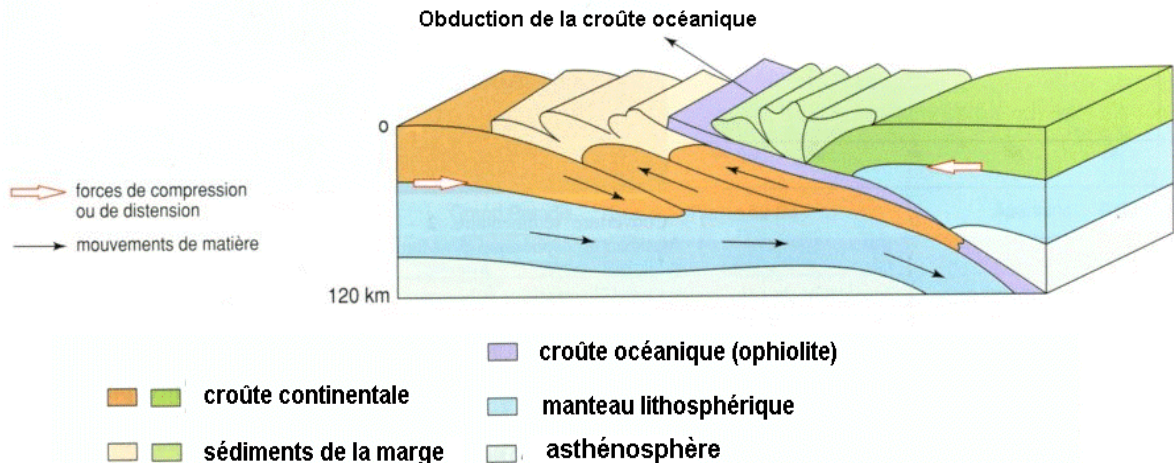
**Etape 2 : subduction, fermeture de l'océan**

L'océan ainsi formé est victime du mouvement des plaques tectoniques. Sous l'effet de contraintes compressives, les deux continents amorcent un mouvement de rapprochement. La lithosphère océanique alourdie en vieillissant se brise et s'enfonce dans le manteau. C'est la **subduction** qui se traduit par un métamorphisme HP-BT des roches de la lithosphère océanique plongeante et l'accumulation de roches sédimentaires très déformées à l'avant de la plaque plongeante : le prisme d'accrétion (non représenté sur le schéma).



**Etape 3 : collision**

La collision des deux continents s'accompagne de chevauchements, de failles et de plissement responsable de l'épaississement et du raccourcissement de la lithosphère. Lors de la fermeture de l'océan, quelques lambeaux de son plancher sont charriés sur les continents : c'est le phénomène d'**obduction**.



La colonne de droite se réfère à la typologie des tâches d'investigation scientifique (annexe 2)

<b>Première séance : préparation de l'école de terrain (2h)</b>		
L'objectif de la préparation de la classe de terrain est que chacun se rende sur les différents sites en les ayant localisés géographiquement et en sachant précisément quels seront les observations pertinentes à réaliser, les informations à recueillir et les mesures à effectuer..		
<i>Ce dont disposent les élèves...</i> <i>(outre le formulaire de consignes et les schémas commentés du modèle)</i>	<i>Ce que font les élèves...</i>	<b>type</b>
- tableau 1 vierge	- Ils identifient les phénomènes géologiques se déroulant pour chacune de trois étapes de la formation d'une chaîne de collision.	<b>M1</b>
- tableau 1 colonne 1 complété	- Ils traduisent les phénomènes géologiques à l'origine de la formation d'une chaîne de collision en traces encore aujourd'hui observables sur le terrain.	<b>M2</b> <b>M3</b>
- Site d'itinéraire routier	- Ils localisent les sites géologiques à étudier et l'itinéraire à parcourir en car.	<b>RE1</b>
- Géonote : carte topographique et géologique simplifiée du Chenaillet (1/25 000). Données géoréférencées.	- Ils choisissent un parcours à réaliser à pied sur le massif du Chenaillet répondant aux deux critères suivants : réalisable d'un point de vue pratique et permettant l'observation des traces d'une accréation.	<b>EM1</b> <b>EM2</b> <b>RE1</b>
- Géonote : carte géologique du Briançonnais (1/250 000). Données géoréférencées.	- Ils identifient les traces de la subduction à rechercher à Château Queyras	<b>EM1</b> <b>EM2</b>
- Géonote : carte géologique du Briançonnais (1/250 000). Documentation sur les plis	- Ils déterminent les mesures à effectuer pour évaluer le raccourcissement et l'épaississement lié au plissement des terrains.	<b>EM1</b>
<b>Seconde séance : classe de terrain (2 jours)</b>		
L'objectif de cette école de terrain est la collecte des données qui permettront de reconstituer une histoire argumentée des Alpes avec <b>Géonote</b> .		
<i>Ce dont disposent les élèves...</i> <i>(outre les documents de terrain –annexe 3- et les schémas commentés du modèle)</i>	<i>Ce que font les élèves...</i>	<b>type</b>
- <u>Terrain</u> secteur Chenaillet : GPS, appareil photo numérique, carte topographique, panorama, loupe, photographie aérienne, boussole, crayons de couleur.	-Ils échantillonnent, ils recherchent, identifient, localisent et photographient les indices en faveur d'une accréation. Ils cartographient un secteur délimité.	<b>M3</b> <b>RE1, RE2,</b> <b>RE4, RE5</b> <b>EM2, EM3,</b>

<p>- <u>Terrain secteur Queyras</u> : GPS, appareil photo numérique, loupe, crayons de couleur, diagramme pression-température.</p>	<p>-Ils recherchent, identifient, localisent, schématisent et photographient les traces d'une subduction. Ils tracent le trajet PTt des roches observées.</p>	<p><b>M3</b> <b>EM2, EM3</b> <b>RE1 à RE5</b></p>
<p>- <u>Terrain secteur Saint-Clément</u> : GPS, appareil photo numérique, boussole, pâte à modeler, carte topographique. Documentation sur les plis</p>	<p>- Ils réalisent une maquette orientée qui raconte l'histoire du pli observé. Ils photographient les différentes étapes de formation. Ils localisent et orientent sur la carte topographique le pli modélisé en pâte à modeler. - Ils évaluent l'amplitude du raccourcissement et l'épaississement du pli observé.</p>	<p><b>M4</b> <b>RE1 à RE5</b> <b>EM3,</b></p>
<p><b>Troisième séance : exploitation de l'école de terrain (2h)</b> L'objectif de cette étape est la rédaction d'une histoire géologique argumentée des Alpes.</p>		
<p><i>Ce dont disposent les élèves...</i> <i>(outre le formulaire de consignes et les schémas commentés du modèle)</i></p>	<p><i>Ce que font les élèves...</i></p>	<p><i>type</i></p>
<p>Leurs photographies et autres documents de terrain. Géonote, logiciel de traitement d'images</p>	<p>- Ils créent un jeu de données pour Géonote permettant d'argumenter en faveur du modèle proposé : ils sélectionnent, mettent en forme, commentent leurs photographies et géoréférencent ces images sur une carte géologique. - Ils rédigent une histoire argumentée des Alpes dans le bloc-note de géonote: cette histoire s'appuie sur les traces observées sur le terrain.</p>	<p><b>RE1 à RE5</b> <b>EM2</b> <b>EM3</b> <b>EM5</b> <b>M3</b></p>

**Tableau 1 : Identification des observations à réaliser sur le terrain (réponses envisagées)**

<b>Etapes du scénario de la mise en place d'une chaîne de collision</b>	<b>Phénomènes géologiques</b>	<b>Traces observables aujourd'hui sur le terrain à différentes échelles (structures, roches, minéraux)</b>
<b>Accrétion</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- formation de croûte océanique et expansion océanique</li> <li>- extension</li> <li>- hydrothermalisme</li> <li>- sédimentation océanique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sédiments océaniques : disposition en strates, présence de fossiles marins</li> <li>- basalte en coussins</li> <li>- gabbro (plagioclase et pyroxène)</li> <li>- métagabbro faciès schistes verts (actinote, chlorite)</li> <li>- métagabbro à hornblende</li> <li>- péridotite (olivine, pyroxène)</li> <li>- péridotite serpentinisée</li> <li>- auréoles réactionnelles montrant une diminution de température (ex : pyroxène résiduel – auréole de hornblende)</li> <li>- superposition de bas en haut de la péridotite, gabbro, basalte, sédiments</li> <li>- failles normales (= failles d'extension)</li> </ul>
<b>Subduction</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-plongement de la lithosphère océanique</li> <li>-métamorphisme HP-BT</li> <li>-volcanisme et plutonisme</li> <li>-formation d'un prisme d'accrétion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- métagabbros à faciès schiste bleu (glaucophane) et éclogite (grenat)</li> <li>- auréoles réactionnelles montrant une augmentation de la pression au cours du temps : ex : pyroxène résiduel – auréole de glaucophane</li> <li>- sédiments océaniques fortement déformés</li> <li>- roches magmatiques de subduction</li> </ul>
<b>Collision</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-affrontement des deux marges continentales</li> <li>- épaisissement et raccourcissement de la lithosphère continentale</li> <li>- obduction</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- déformations : plis, failles inverses (=failles de compression), chevauchements</li> <li>- roches de la lithosphère océanique en altitude</li> </ul>

### 3. Annexes

#### Annexe 1 : Typologie des scénarios pour une démarche d'investigation dans l'enseignement des sciences de la Terre (S)

- S1 Choisir parmi plusieurs modèles, le modèle adapté au contexte géologique étudié
- S2 Valider un modèle par l'étude d'un contexte géologique donné
- S3 Compléter un modèle incomplet par rapport au contexte géologique étudié
- S4 Discuter un modèle ancien et inadapté par rapport à des données récentes

#### Annexe2 : Typologie des tâches d'investigation scientifique

##### **Tâches permettant de s'appropriier le modèle (M)**

- M1 Identifier les caractéristiques du modèle
- M2 Identifier les implications du modèle, « démonter » le modèle
- M3 Distinguer les données empiriques du modèle
- M4 Réaliser un modèle analogique ou numérique
- M5 Simuler pour représenter et visualiser

##### **Tâches permettant d'éprouver le modèle (EM)**

- EM1 Concevoir un protocole d'observation ou d'expérimentation
- EM2 Sélectionner des données empiriques pertinentes vis à vis du modèle
- EM3 Confronter les données empiriques aux caractéristiques ou aux implications du modèle
- EM4 Identifier les contraintes (ou nécessités) du modèle
- EM5 Instancier le modèle : le paramétrer, le contextualiser avec des données empiriques
- EM6 Compléter le modèle
- EM7 Simuler pour confronter les résultats de la simulation aux données empiriques
- EM8 Identifier le domaine de validité du modèle
- EM9 Simuler pour faire des prévisions

##### **Tâches en relation avec la maîtrise du registre empirique (RE)**

- RE1 Situer des données empiriques dans l'espace ou/et dans le temps
- RE2 Sélectionner des données empiriques pertinentes au regard de leur lisibilité
- RE3 Mettre en forme des données empiriques pour faciliter leur lecture
- RE4 Confronter des données empiriques avec un modèle connu et maîtrisé pour leur donner du sens
- RE5 Déterminer les caractéristiques des données empiriques à l'aide d'instruments de mesure, d'observation...





### Annexe 3 : Documents de terrain élèves

#### Document de terrain journée 1 : Recherche des traces d'une accréation (Chenaillet)

Arrêts ou secteurs étudiés	Activités	matériel
<b>Arrêt 1 : lac artificiel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tracer sur la carte topographique le trajet suivi à pied depuis le départ</li> <li>- Echantillonner les différentes roches de la lithosphère océanique présentes dans les éboulis.</li> <li>- Noter les coordonnées GPS de l'arrêt : .....</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- carte topographique trajet</li> <li>- photographie aérienne</li> <li>- boussole</li> <li>- loupe</li> <li>- GPS</li> <li>- Crayons de couleur</li> </ul>
<b>Arrêt 2 : sommet télécabine des Chalmettes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tracer sur la carte topographique le trajet suivi depuis l'arrêt précédent.</li> <li>- Repérer dans le paysage les cols légendés sur la photo du panorama et compléter la légende en indiquant :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- l'orientation du paysage,</li> <li>- le nom et l'altitude des sommets observés.</li> </ul> </li> <li>- Noter les coordonnées GPS de l'arrêt : .....</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- carte topographique</li> <li>- photo du panorama</li> <li>- photo aérienne</li> <li>- boussole</li> <li>- GPS</li> </ul>
<b>Col du Souréou</b>	<p>Sur cette zone, les 3 consignes suivantes sont à mener de front :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cartographier la zone définie sur la carte topographique :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- identifier les différentes roches visibles à l'affleurement ainsi que leurs limites.</li> <li>- Reporter les observations sur la carte topographique en utilisant des couleurs (jaune gabbro, bleu basalte, vert péridotite), les limites incertaines seront représentées par des pointillés.</li> </ul> </li> <li>- Préciser en quoi les observations réalisées dans cette zone témoignent d'une accréation (compléter tableau A)</li> <li>- Photographier et localiser (coordonnées GPS et situation sur la carte topographique) les traces d'une accréation. Réaliser des photographies à différentes échelles (affleurement, roche, minéral) en prenant soin d'intégrer un élément permettant d'en apprécier l'échelle.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- carte topographique du secteur</li> <li>- photographie aérienne</li> <li>- boussole</li> <li>- GPS</li> <li>- loupe</li> <li>- Appareil photo</li> <li>- Echantillons de l'arrêt 1</li> <li>- Crayons de couleurs</li> <li>- Tableau A à compléter</li> <li>- Tableau 1 : traces laissées par une accréation</li> </ul>
<b>Collet Vert</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A partir des observations réalisées, identifier différents arguments montrant que les basaltes observés sont issus d'un volcanisme sous-marin.</li> <li>- Photographier et localiser (coordonnées GPS et situation sur la carte topographique) ces traces d'un volcanisme sous-marin.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- carte topographique</li> <li>- photographie aérienne</li> <li>- boussole, GPS</li> <li>- loupe</li> <li>- Tableau B à compléter</li> <li>- Appareil photo</li> </ul>

**Tableau A : col du Souréou**

<b>numéro des photographies</b>	<b>Coordonnées GPS des photographies</b>	<b>Traces observées témoin d'une accréation</b>	<b>Argumentation en faveur de la présence d'une lithosphère océanique</b>

**Tableau B : collet vert**

<b>numéro des photographies</b>	<b>Coordonnées GPS des photographies</b>	<b>Particularités des basaltes</b>	<b>Argumentation en faveur d'un volcanisme sous-marin</b>

Document de terrain journée 2 matin : Recherche des traces d'une subduction (Queyras)

Arrêts	Activités	matériel
<b>Arrêt 1 : les métagabbros du torrent du Guil</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rechercher les roches témoins de la subduction en sélectionnant des échantillons qui permettent de déterminer la chronologie des transformations minéralogiques.</li> <li>- Photographier ces roches et faire un schéma légendé et annoté des photos réalisées.</li> <li>- Tracer sur un diagramme pression-température le trajet suivi par ces métagabbros depuis leur formation dans l'axe de la dorsale.</li> <li>- Noter les coordonnées GPS de l'arrêt : .....</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Appareil photo</b></li> <li>- <b>Crayons couleurs</b></li> <li>- Tableau 1 : traces laissées par une subduction</li> <li>- <b>loupe</b></li> <li>- <b>GPS</b></li> <li>- <b>Fig 1 : Diagramme pression-température</b></li> <li>- Tableau C et D à compléter</li> </ul>
<b>Arrêt 2 : affleurement des schistes lustrés</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Déterminer en quoi les roches de cet affleurement peuvent être le témoin d'un prisme d'accrétion ?</li> </ul>	

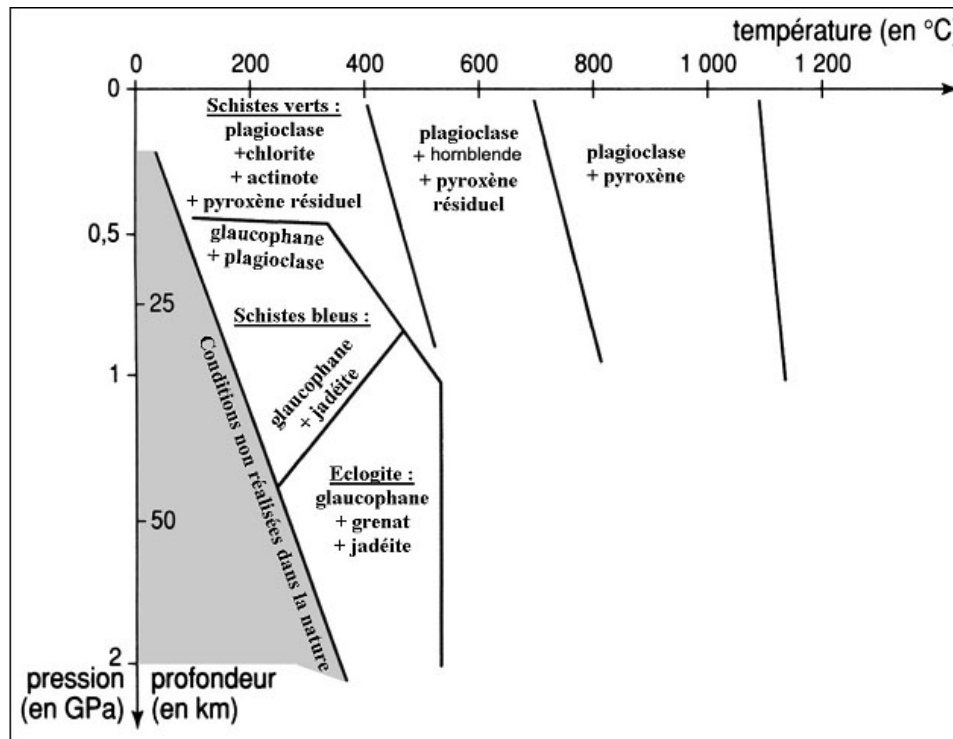


Figure 1 : diagramme pression-température : présentant les champs de stabilité de différents minéraux des métagabbros.

**Tableau C : torrent du Guil**

<b>numéro des photographies</b>	<b>Schémas légendés et annotés des photographies réalisées</b>

**Tableau D : affleurement des schistes lustrés**

<b>numéro des photographies</b>	<b>Argumentation en faveur de la présence d'un prisme d'accrétion</b>

**Document de terrain journée 2 après-midi : Recherche des traces d'une collision**  
**Le pli couché de Saint Clément**

Activités	matériel
<p><b>Reconstituer l'histoire du pli de saint-Clément :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Réaliser une maquette qui raconte l'histoire du pli observé sachant que les terrains situés au cœur du pli sont les plus récents.</li> <li>- Orienter la maquette sur la carte topographique du secteur sachant que l'axe du pli est Nord-Sud et en déduire l'orientation des contraintes.</li> <li>- Réaliser des photos des différentes étapes de l'histoire du pli.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Carte topographique du secteur de Saint-Clément</b></li> <li>- <b>Pâte à modeler</b></li> <li>- <b>Couteau</b></li> <li>- <b>Boussole</b></li> <li>- <b>Appareil photo</b></li> </ul>
<p><b>Evaluation du raccourcissement et de l'épaississement subis par les terrains du pli de Saint-Clément :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sur un schéma du pli couché de Saint-Clément, représenter les longueurs initiale et finale des terrains ainsi que leur épaisseur initiale et finale.</li> <li>- Par visée, estimer le pourcentage de raccourcissement et d'épaississement du pli de Saint-Clément.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- une règle permettant la visée</li> <li>- Figure 2</li> </ul>

