

SVT	Thème 1B : A la recherche du passé géologique de notre planète	Term Spé SVT
Cours	Chapitre 2 : Les traces du passé mouvementé de la Terre	ESTHER

Introduction : En plus des données de datation relative et absolue obtenues à l'échelle locale, de nouvelles études à l'échelle régionale vont permettre de reconstituer la géographie du passé (paléogéographie) et ses évolutions.

Problème général : Comment les traces de mobilités tectoniques passées permettent-elles de reconstituer des histoires géologiques à grande échelle ?

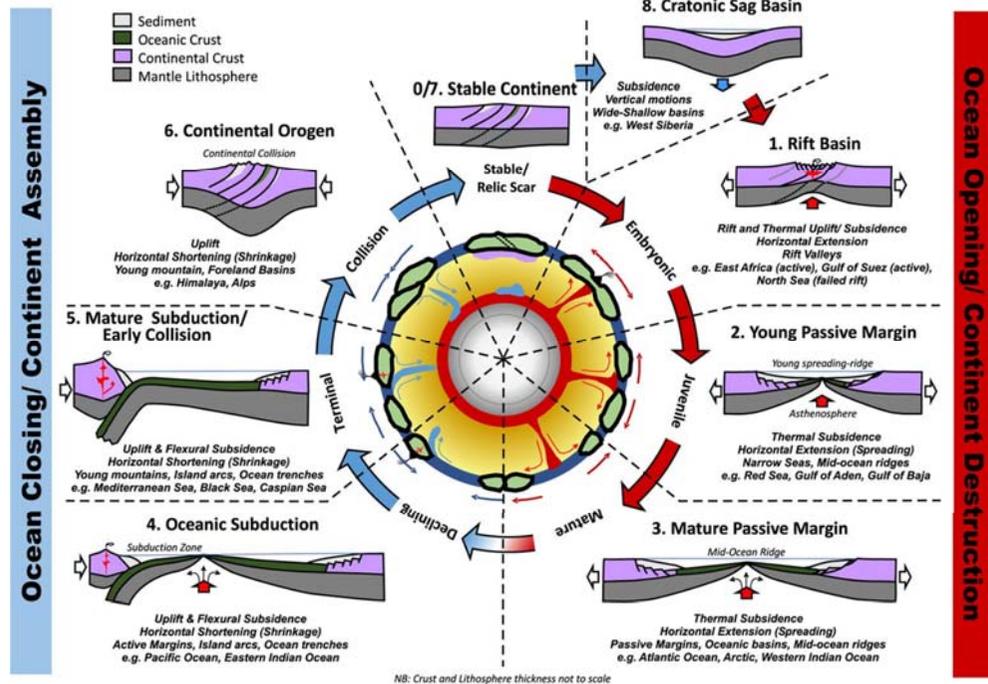
Méthodologie : Après avoir montré les grandes étapes du cycle géologique de Wilson, nous montrerons que la France porte les traces, les indices, de plusieurs étapes de ce cycle.

I - Le(s) cycle(s) de Wilson

Durant la deuxième partie du 20^{ème} siècle, l'accumulation de connaissances sur la tectonique des plaques et les mouvements mantelliques sous-jacent vont conduire un géologue canadien, Tuzo WILSON, à résumer le mouvement des plaques sous la forme d'un schéma nommé "**cycle de Wilson**".

Ce cycle montre que les continents subissent une **alternance de phases** :

- de fracturation des continents et d'ouvertures océaniques (étapes 0 à 3 sur le schéma) ;
- de rapprochement des continents et de fermetures océaniques (étapes 4 à 7 sur le schéma);



Quels sont les indices qui permettent de vérifier ce cycle de Wilson ?

Dans la suite du chapitre, nous montrerons que les continents portent les traces/indices de ces différents cycles. Nous montrerons notamment que la géologie de la France témoigne de plusieurs cycles.

II - Les indices du rifting continental : exemples de la marge Atlantique et du fossé Rhénan

1 - Les marges de l'océan Atlantique

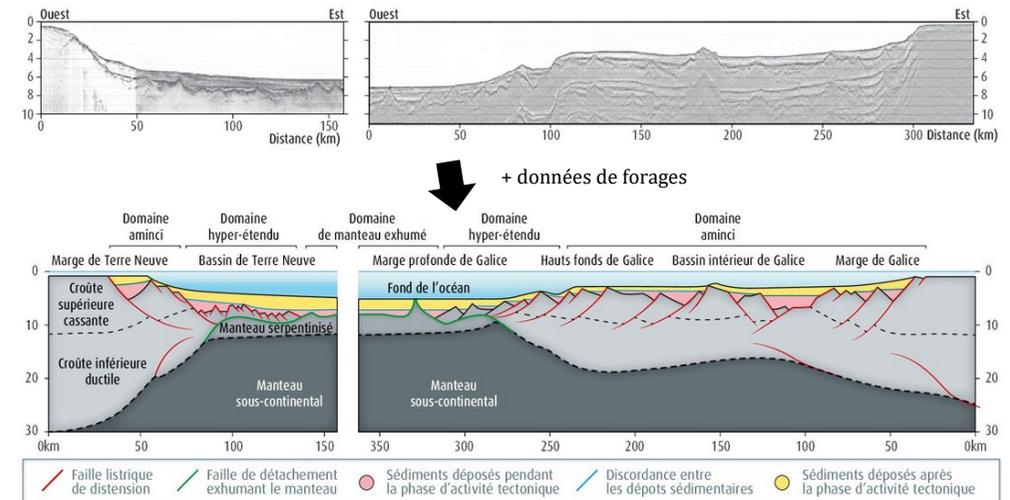
L'océan Atlantique s'étend entre l'Europe et l'Amérique du Nord. Des forages montrent que le plancher océanique est composé d'une succession de roches caractéristiques d'une croûte océanique : sédiments marins / basaltes en coussin / gabbros / péridotites.

Il s'agit d'un stade 3 du cycle de Wilson avec des marges passives, une dorsale active et une expansion océanique en cours.

Les marges de l'océan atlantique, en Aquitaine (France), en Galice (Portugal) ou à Terre-Neuve (Canada), portent les traces de la phase de **rifting** (stade 1-2). On observe la présence de **failles normales** qui témoignent d'une extension. Ces failles normales entraînent la formation de **blocs basculés** qui se remplissent de sédiments. L'âge de ces sédiments nous donne l'âge du rifting.

L'étude des profils ECORS (voir encart) associée à des forages permet d'étudier les marges de l'océan Atlantique.

Document - Profil ECORS des marges Atlantique (Terre-Neuve et Galice) et interprétation géologique



© Belin Éducation/Humensis, 2020 Manuel SVT Terminale spécialité
© Thomas HAESSIG

Encart - Profil sismique, exemple des profil ECORS

La réalisation d'un profil sismique peut se faire en mer ou sur terre. Cette technique requiert un dispositif qui va provoquer un petit séisme (camions vibreurs, bateaux équipés de canons à air) et de systèmes d'enregistrements (hydrophones ou géophones).

Les ondes se propagent dans les roches et vont se réfléchir ou se réfracter au niveau de discontinuités : failles, changement de strate sédimentaire, Moho. On obtient une image montrant donc les discontinuités de la croûte. On peut ensuite interpréter cette image.

A partir des années 1980, une série de profils sismiques (ECORS) a été réalisée à travers la France pour mieux comprendre la structure profonde de la croûte continentale.

Remarque : ces méthodes sismiques sont également utilisées dans la prospection de ressources énergétiques (pétrole, gaz).

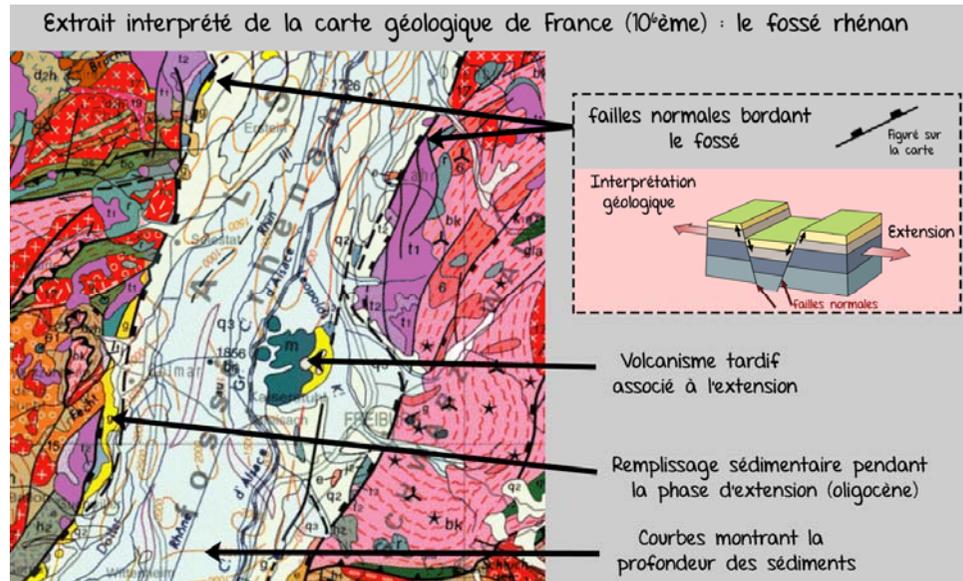
Voir les outils de réalisation de profils sismique en mer : <http://www.ipgp.fr/fr/fonds-marins-vendredi-24-juin>

2 - Le fossé rhénan, un rift avorté

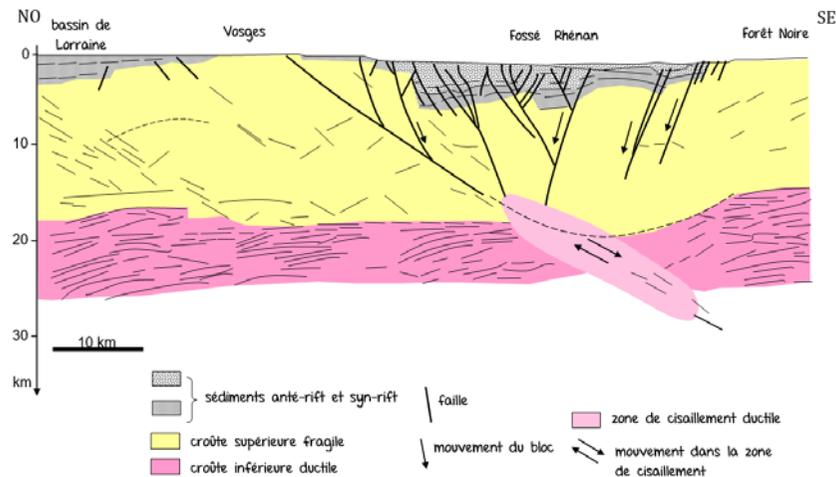
Dans l'est de la France, on observe l'existence d'un **rift** au stade 1 du cycle de Wilson : il s'agit du Fossé Rhénan. Il est bordé par des **failles normales** et un **remplissage sédimentaire** pendant la phase d'extension.

Dans le cas du fossé rhénan, le rifting s'est accompagné de quelques **épisodes volcaniques** mais l'extension s'est rapidement arrêtée. On parle parfois de « rift *avorté* ».

Pour mieux comprendre, voici quelques documents : extrait de la carte géologique de France, interprétation du profil ECORS du fossé rhénan.



Interprétation du profil sismique ECORS du Fossé Rhénan montrant les relations entre les failles dans la croûte supérieure et le cisaillement dans la croûte inférieure. (modifié d'après C. Brunet)



Remarque : dans d'autres exemples, le rifting se poursuit jusqu'à la formation d'une dorsale et d'une croûte océanique. On est alors au stade 2 du cycle de Wilson, c'est l'exemple de la Mer Rouge.

III - Les ophiolites, reliques d'océans disparus : exemples des ophiolites alpines et hercyniennes

1 - Les ophiolites : reliques d'océans disparus

Lors de la phase de fermeture océanique (stades 4 à 7 du cycle de Wilson), les roches de la lithosphère océaniques vont soit passer en **subduction** soit subir une **obduction**.

L'obduction est un le fait que certaines roches de la lithosphère océaniques passent « par-dessus » la marge (voir Activité 1 sur l'exemple de l'Ophiolite de l'Oman). On appelle ces roches des **ophiolites**.

La subduction, étudiée en première, est le plongement de la lithosphère océanique dans le manteau. Dans ce deuxième cas, certaines roches de la lithosphère océanique vont se retrouver « pincées » entre les deux plaques entrées en subduction/collision. Ces roches, également nommée **ophiolites**, forment une « suture ophiolitique ».

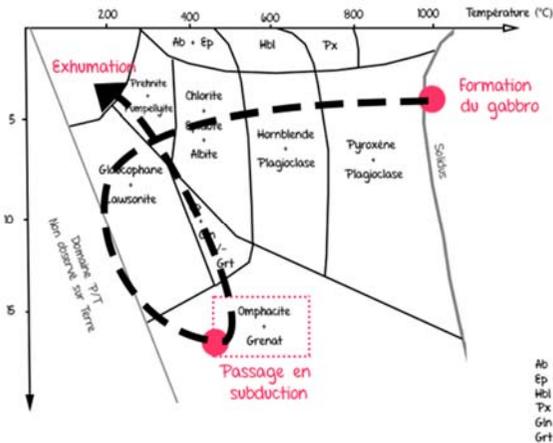
Définition d'un **ophiolite** : ensemble de roches ayant appartenues à une lithosphère océanique et se retrouvant en domaine continental.

La présence d'ophiolite dans une région est donc le **témoin d'un océan disparu** passé en subduction (ou plus rarement ayant subi une obduction).

Encart - Les minéraux métamorphiques : témoins des conditions PT subies par les roches

Les roches subissent des transformations minéralogiques lorsque les conditions de pression et température changent. C'est le cas par exemple pour :

- des roches qui vont passer en **subduction** : métamorphisme HP-BP (haute pression, basse température)
- des roches qui vont se retrouver dans une zone de **collision** : métamorphisme MP-MP (moyenne pression-moyenne température)
- des roches dans une zone en cours **d'extension** (rifting, dorsale océanique) : métamorphisme HT-BP (haute température, basse pression)



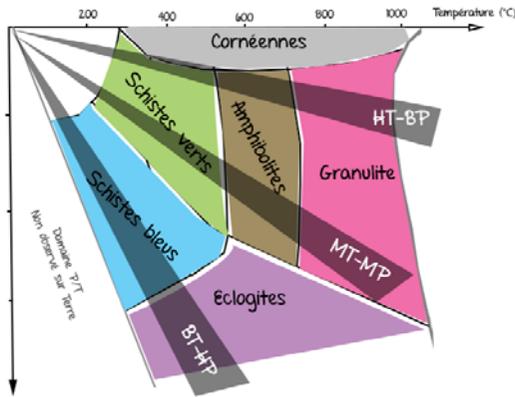
Exemple d'une roche des Alpes, anciennement un gabbro, présentant des minéraux rouges (grenats) et verts (omphacites)



Selon la composition chimique de la roche, on va constater la formation de différents minéraux métamorphiques (voir activité 2).

Le diagramme P/T montre ici les différents minéraux qui apparaissent pour un **gabbro** qui subirait différents changements de pression/température. On peut à partir des minéraux observés dans la roche et du diagramme reconstituer une partie de l'histoire de la roche.

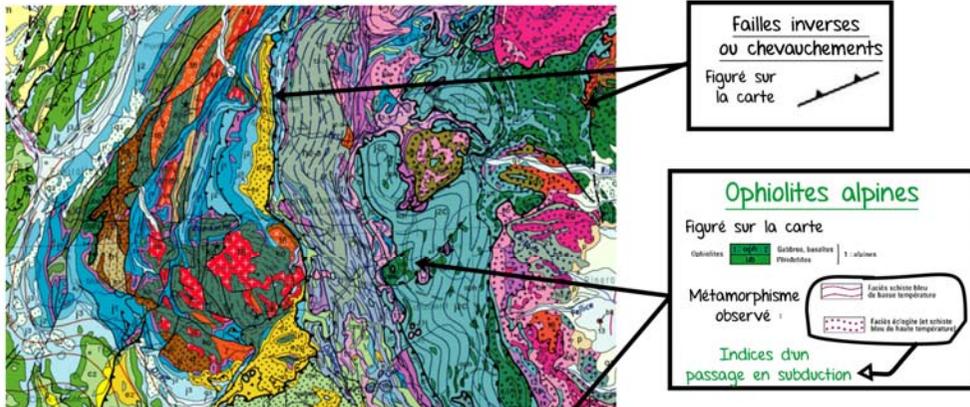
On définit différents faciès métamorphiques selon les conditions PT enregistrées par les roches.



2 - Les ophiolites dans les Alpes : l'océan Téthys et l'orogénèse Alpine

Dans les Alpes, on observe sur le terrain et donc sur la carte, une suture ophiolitique entre deux zones correspondants aux deux continents (Eurasie et Apulie/Afrique).

Extrait interprété de la carte géologique de France (10^{ème}) : les Alpes Françaises

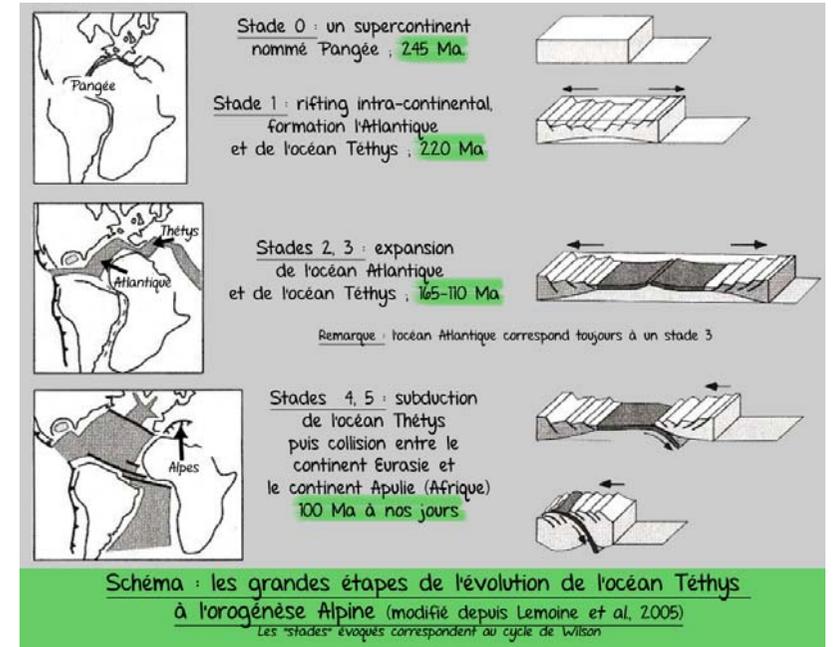


Remarque : les « zones internes » et les « zones externes » correspondent aux deux continents rentrés en subduction/collision, les ophiolites alpines sont tout ce qui reste de l'océan Téthys qui séparaient ces continents.

Les ophiolites alpines comprennent des sédiments océaniques mais aussi des basaltes en coussins, des gabbros et de la périodite. Cela témoigne de la présence d'un océan, les géologues l'ont nommé Téthys.

Les minéraux métamorphiques présents dans les roches des ophiolites correspondent aux faciès « Schistes Bleus » et « Eclogites ». Ils témoignent d'un passage des roches à haute-pression et basse-température, ce qui indique qu'elles sont passées en subduction avant d'être exhumées (remises en surface par différents processus

comme l'érosion). Après une phase d'expansion, l'océan Téthys s'est donc refermé et est entré en subduction/collision.



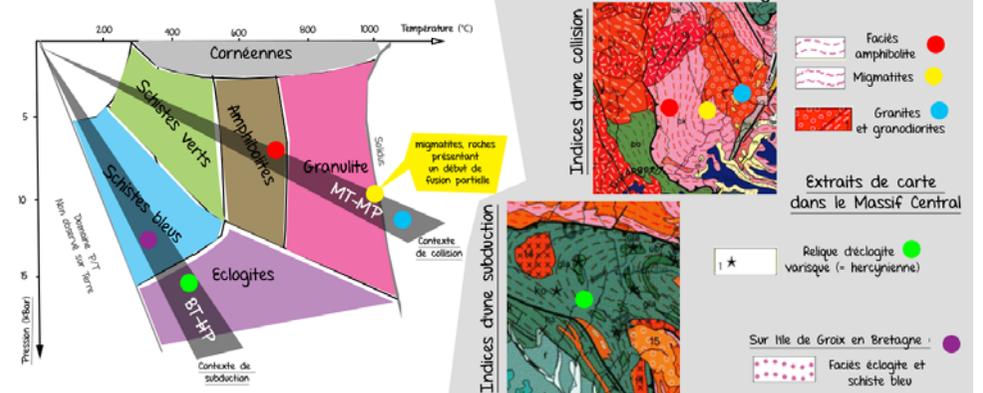
A partir de l'étude des ophiolites alpines et des autres roches impliquées dans la chaîne Alpine, on peut reconstituer les événements tectoniques qui ont conduit à la formation des Alpes et qui correspondent à un cycle de Wilson presque complet.

Par ailleurs, grâce à la datation absolue de certaines roches et à la datation relative, on peut dater ces différentes phases.

3 - Les puzzles du Massif Armoricain et du Massif Central

L'étude géologique du Massif Armoricain (Bretagne/Normandie) et du Massif Central révèle des roches anciennes (entre 570 et 250 Ma) et une histoire géologique complexe. On appelle cette période géologique en France : l'hercynien.

Les indices métamorphiques de la subduction et de la collision dans le Massif Central et le Massif Armoricain (Hercynien)

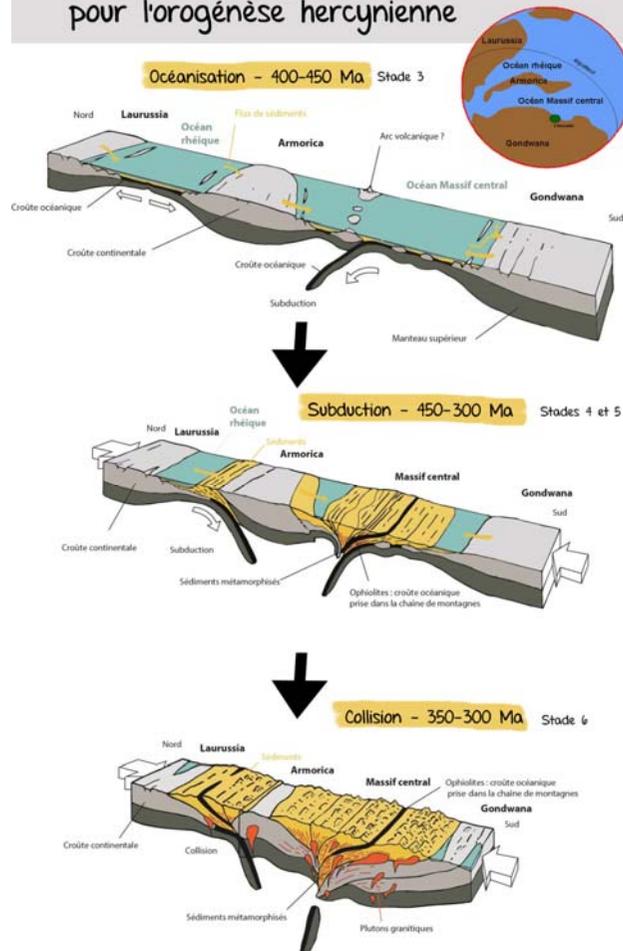


Voici quelques observations faites à partir de la carte au 10⁶ème :

- il y a présence de lambeaux **d'ophiolites** datées d'environ 500 à 450 Ma indiquant la présence d'un océan à cette époque ;
- on observe par endroit (ex : île de Groix) un métamorphisme HP-BT avec des minéraux dans le faciès schistes bleus et éclogite ; cela indique une période de **subduction** entre 450 et 400 Ma ;
- on note la présence de nombreuses failles inverses et décrochantes, qui sont des indices d'un raccourcissement, d'une convergence ; c'est cohérent avec le contexte de subduction/collision
- on observe par endroit un métamorphisme MP-MT avec des minéraux dans le faciès amphibolite et granulite ; on observe également de nombreux granites attestant d'une fusion des roches de la croûte ; cela indique une période de **collision** entre 400 et 300 Ma

Du fait de l'histoire très ancienne de ces événements géologiques, les indices sont plus éparpillés et plus difficiles à mettre en cohérence : un vrai puzzle !

Reconstitution du cycle de Wilson pour l'orogénèse hercynienne



Remarque : **aujourd'hui** les roches hercyniennes constituent le socle des principales formations géologiques en France. On est donc au stade 7 du cycle de Wilson pour cette orogénèse.

Conclusion

L'ensemble des données, de datation relative et absolue, mais aussi des interprétations des structures et des roches (notamment métamorphiques) permettent de reconstituer les histoires géologiques ayant affecté les continents comme les océans du passé. Ces différents indices ont permis de comprendre le fonctionnement cyclique de la tectonique globale. A partir de ces informations, certains géologues établissent des modèles de projection de la tectonique des plaques du futur en s'appuyant sur nos connaissances actuelles en géologie.

Les points clés du chapitre à maîtriser



- Observer la **carte géologique mondiale** afin d'identifier quelques ceintures orogéniques
- Recenser et organiser les informations chronologiques sur les formations magmatiques et métamorphiques, figurant sur une **carte de France au 10⁻⁶**
- Recenser, extraire et organiser des données de terrain ou cartographiques pour argumenter sur l'origine océanique d'un complexe ophiolitique ; sur l'idée de suture
- Établir des corrélations entre la **composition minéralogique** d'une roche et les différentes **conditions de pression et de température**, déterminées par les contextes de subduction

Compétences travaillées à maîtriser

- Utiliser un **microscope polarisant** et réaliser une photographie légendée au microscope
- Recenser et organiser les informations chronologiques sur les formations magmatiques et métamorphiques, figurant sur une **carte de France au 10⁻⁶**

Source :
http://www.unilim.fr/musee_geologique_d_e_plein_air/geologie-du-limousin/le-socle-ere-primaire/