

ENSEIGNEMENT DE SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE (SVT)
°° **SCIENCES DE LA TERRE** °°
>> Travaux pratiques <<

TP ST E1

Transferts de surface et paysages

SUPPORT ÉTUDIANT

Objectifs du TP (programme)

Capacités exigibles

- Exploiter des données montrant le lien entre le contexte géodynamique et le type de bassin.
- Exploiter des données issues de documents complémentaires (cartes, données géophysiques et sédimentologiques) permettant de comprendre l'origine et l'histoire géodynamique (subsidence) d'un bassin sédimentaire intracratonique (le Bassin parisien).
- Exploiter une carte montrant des formations superficielles (moraines, formations fluviatiles, ...).
- Analyser des structures (ou figures) sédimentaires à partir de données expérimentales (diagramme d'Allen) et d'observations actuelles pour en identifier l'origine et la dynamique de mise en place
- Repérer cartographiquement des discordances.
- À partir de données cartographiques, relier la distribution de dépôts détritiques, au niveau d'un delta et d'un estuaire, et la dynamique de l'hydrosphère.

Activités et recherches de terrain

- S'orienter sur le terrain et se localiser sur une carte (topographique, géologique, de végétation, pédologique).
- Analyser un paysage : identifier et caractériser des unités dans le paysage, incluant la description des groupements végétaux, du substratum géologique, de la topographie et des usages par l'être humain ; déterminer les liens de causalité qui unissent ces différentes composantes ; expliquer la dynamique des unités paysagères, souvent liée à leur usage présent ou passé
- Observer, décrire, identifier des objets géologiques à différentes échelles (roche, affleurement et paysage) lors d'une étude de terrain.
- Proposer des hypothèses expliquant la mise en place de structures géologiques observées sur le terrain en mobilisant des concepts et des principes géologiques (actualisme, principes de la stratigraphie, tectonique).
- Observer, décrire, identifier des objets géologiques à différentes échelles (roche, affleurement et paysage) lors d'une étude de terrain.

- Reconstituer, analyser et représenter les objets dans les trois dimensions de l'espace lors d'une étude de terrain.
- Intégrer des données de terrain dans un système d'information géographique (SIG).
- Passer de la réalité complexe du terrain à des représentations simplifiées correspondant à des hypothèses explicatives.
- Mettre en relation des données de terrain avec un modèle pour l'infirmier, le conforter ou en dégager les limites.

Méthodes et techniques mises en œuvre

- Utiliser une carte géologique :
 - identification des principales structures tectoniques et des ensembles pétrologiques ;
 - reconstitution d'une histoire géologique régionale ;
 - reconstitution d'un paléoenvironnement ;
 - estimation de la vitesse d'ouverture d'un océan ;
 - identification des risques ou des ressources géologiques.
- Traduire l'exploitation d'une carte géologique sous la forme d'une coupe géologique (le profil topographique étant fourni) ou d'un schéma structural :
 - fidélité, mise en évidence pertinente des objets et structures géologiques et des roches, légendes, titre, échelle.
- Présenter de manière pertinente un objet géologique à toutes les échelles (dessin, schéma, description, identification, présentation comparative, ellipsoïde des déformations, échelle...).

Liens importants

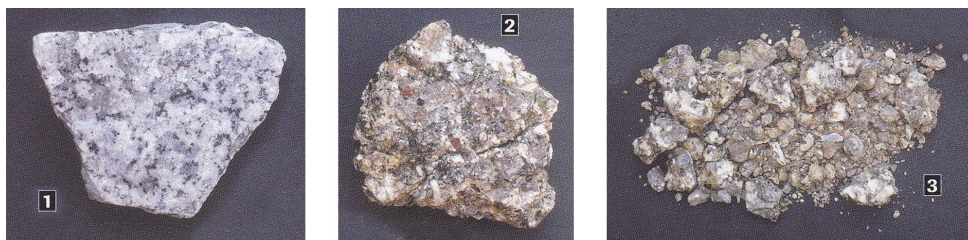
- BCPST1. ST A. La carte géologique
- BCPST1. ST C. La dynamique des enveloppes internes
- BCPST1. ST E. Le phénomène sédimentaire
- BCPST1. TP ST A1. Carte géologique de la France au millionième
- BCPST1. TP ST A2. Roches (en lien avec la cartographie)
- BCPST1. TP ST E1. Transferts de surface et paysages
- BCPST1. TP ST E2. Roches sédimentaires
- BCPST1. BG-A-1. Le cycle du carbone
- BCPST1. BG-C. Le climat de la Terre
- BCPST1. BG-B. Les sols
- BCPST2. ST I-2. Les ressources géologiques
- BCPST2. ST J. Les grands ensembles géologiques
- BCPST2. TP SV J. Les grands ensembles géologiques français
- Activités de terrain

Activité 1. Modalités d'altération du granite en climat tempéré

D'après O. CHASSAING (BCPST2, Clermont-Ferrand)

À partir des échantillons et des documents (figure 1 + tableau I) à votre disposition :

- identifiez les minéraux qui subissent l'altération lors de l'altération du granite.
- proposez un lien entre composition chimique et altérabilité.



▲ FIGURE 1. **Altération d'un granite du Massif central.**
Document O. CHASSAING, source inconnue.

- 1) Granite sain, tel que celui que vous avez sur votre paillasse
- 2) Granite en cours d'altération, qui prend une couleur rouille et devient friable
- 3) Granite altéré, devenu un sable granitique ou arène granitique.

▼ TABLEAU I. **Analyses chimiques relativement à l'altération d'un granite du Massif central.**
Document O. CHASSAING, source des données inconnue.

Pour comprendre le processus d'altération du granite (qui conduit du granite sain à l'arène granitique), on décide d'analyser la composition chimique du granite sain et de l'arène granitique, ainsi que celle de l'eau de pluie et de l'eau du ruisseau qui passe à proximité d'un affleurement en cours d'altération.

	Masse (en g) dans 100 cm ³								
	Si	Al	Fe	Mg	Ca	Na	K	H	O
Granite sain	85,0	21,0	5,2	1,8	2,9	7,5	10,6	0,3	125,6
Arène granitique	84,9	21,0	traces	traces	0,1	0,8	5,2	1,2	126,9

	Concentration (en mg/L)				
	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻
Eau de pluie	1,9	0,3	1,4	0,3	traces
Eau du ruisseau	7,1	1,9	5,9	0,8	21,3

Données sur la composition des minéraux :

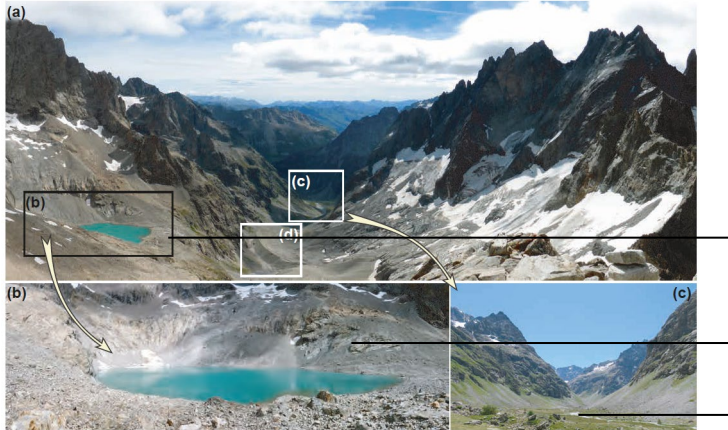
- Quartz : SiO₂
- Feldspath plagioclase : (Ba,Ca,Na,K,NH₄)(Al,B,Si)₄O₈
- Mica noir (biotite) : K(Mg,Fe)₃(OH,F)₂(Si₃AlO₁₀)

Activité 2. Modelé d'altération glaciaire : la vallée du Clot des Cavales (Isère)

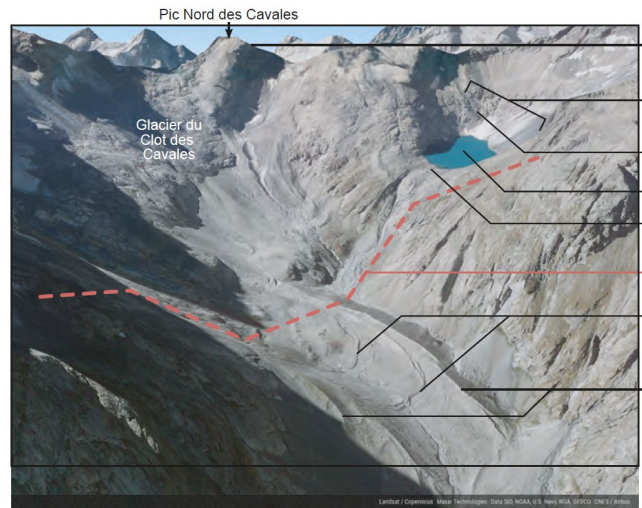
D'après PERRIER, BEAUX et al. (2021)

Sur les clichés proposés (figure 2), légendez / annotez les indices témoignant de la présence d'un ancien glacier dans cette vallée.

(!) On ira aussi voir sur Google Earth la vallée du Clot des Cavales en 3D.



(a) Vue sur la vallée du Torrent du Clos des Cavales, depuis le Pic Nord des Cavales (Hautes-Alpes) ; (b) zoom sur le Lac du Pavé ; (c) zoom sur le plan de Valfourche ; (d) moraine.



Vue 3D © Google Earth, permettant d'apprécier les caractéristiques du modelé glaciaire visibles au niveau de la vallée du Clot des Cavales.

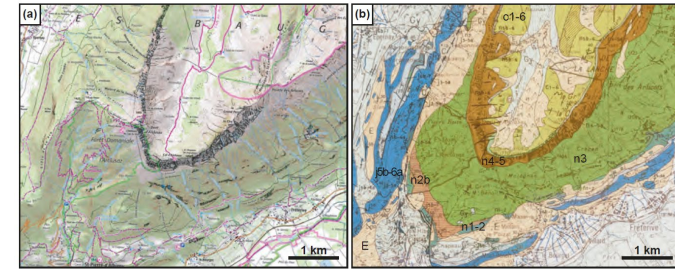
▲ FIGURE 2. Vallée du Clot des Cavales. D'après PERRIER, BEAUX et al. (2021)

Activité 3. Modelé d'altération d'un paysage plissé (subalpin) : le synclinal perché de l'Arclusaz (Savoie)

D'après PERRIER, BEAUX et al. (2021)

On cherche à comprendre l'influence des facteurs structuraux et lithologiques dans l'établissement de la morphologie du synclinal perché de l'Arclusaz (Savoie) typique des massifs subalpins.

Commentez les documents.



Synclinal perché de l'Arclusaz.

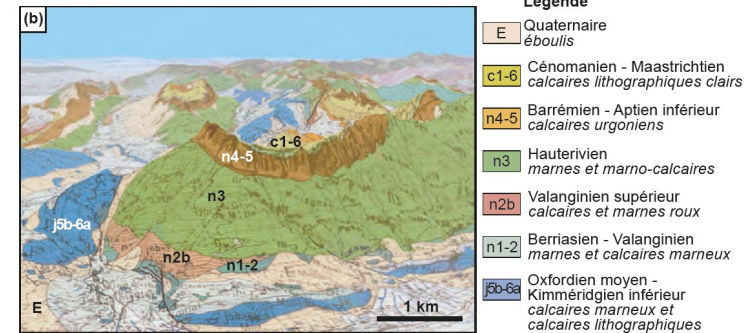
(a) Extrait de la carte topographique IGN au 1/25 000 (source : geoportail.gouv.fr) ; (b) extrait de la carte géologique du BRGM au 1/50 000 (source : infoterre.brgm.fr). La légende des couches géologiques est donnée figure TP20.6.



pente abrupte
(roches faisant saillie dans le paysage) témoignant de la présence de roches résistantes à l'érosion et l'altération

pente plus douce
témoignant de roches peu résistantes à l'érosion et l'altération

Légende



Synclinal perché de l'Arclusaz.

(a) Vue aérienne de la Dent d'Arclusaz (crédit photo : B. Journaux) ; (b) vue 3D de la carte géologique du BRGM (source : geoportail.gouv.fr).

▲ FIGURE 3. Synclinal perché de l'Arclusaz. D'après PERRIER, BEAUX et al. (2021)

Activité 4. Étude cartographique de formations superficielles (moraines et terrasses) à Lourdes (Hautes-Pyrénées)

D'après PERRIER, BEAUX et al. (2021)

Sur la carte géologique de Lourdes au 1/50000 (figure 4), on trouve des dépôts morainiques et alluviaux quaternaires mis en place au cours des cinq dernières glaciations : Donau, gūnz, Mindel, Riss et Würm.

Proposez une coupe géologique en c (figure 3), en exagérant l'échelle verticale.

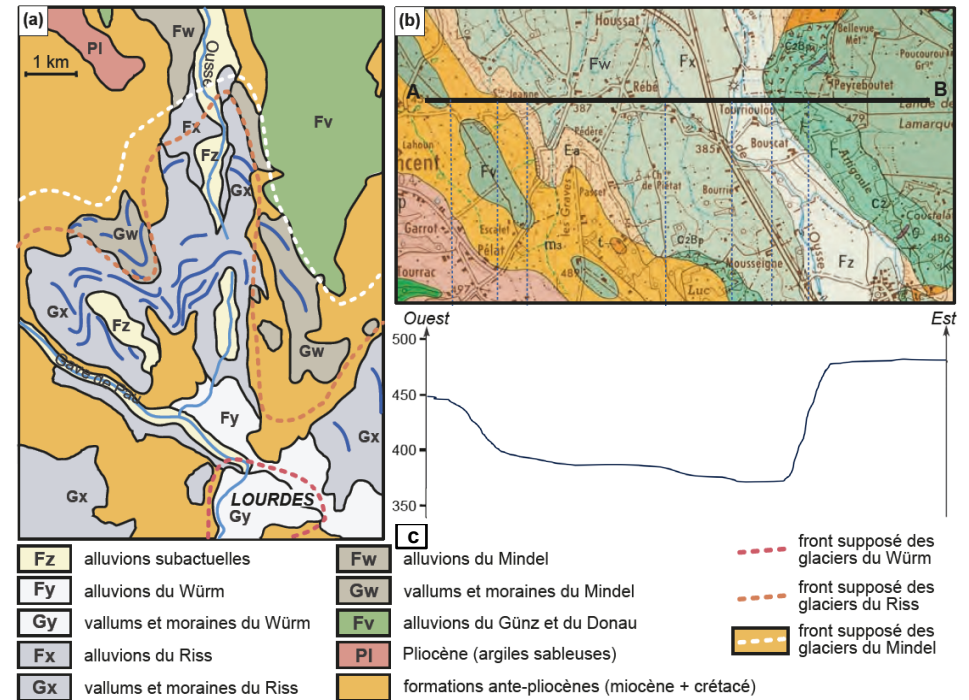


Figure 3. (a) Schéma structural de la carte de Lourdes indiquant la distribution des dépôts quaternaires et les limites supposées de l'extension des glaciers pour les 3 derniers stades glaciaires d'après la carte ; (b) extrait de la carte au 1/50 000 de Lourdes ; (c) coupe interprétative du système de terrasses selon le trait de coupe AB.

▲ FIGURE 3. Schéma structural et coupe géologique de la zone d'étude.
D'après PERRIER, BEAUX et al. (2021)

FORMATIONS SUPERFICIELLES
PLIO-QUATERNAIRES

	E
Éboulis, dépôts de remaniement	Ea
Dépôts superficiels, souvent soliflués, limons et limons lessivés	Fz FzT
Alluvions subactuelles et holocènes FzT - Tourbières	Fya
Alluvions du Würm I	Fx
Alluvions anciennes du Riss	Fw
Alluvions anciennes du Mindel	Fv
Alluvions anciennes du Günz et du Donau	Gya /
Vallum et moraines du Würm	Gx /
Vallum et moraines du Riss	Gw /
Vallum et moraines du Mindel	p
Pliocène. Argiles à galets	
FORMATION DU SUBSTRAT ANTÉ-PLIOCÈNE AFFLEURANT	
	m
Pontien. Argiles sableuses	e
Yprésien. Marnes et calcaires	c1 c2
Cénomannien. Flysch et brèches	c1
Albien/Aptien. Marnes et calcaires	t
Marnes bariolées du Keuper	



Extrait de la carte géologique au 1/50 000 de Lourdes (© BRGM, 1970).

▲ FIGURE 4. Extrait de la carte de Lourdes (65). D'après PERRIER, BEAUX *et al.* (2021)

D'après PERRIER, BEAUX *et al.* (2023) :

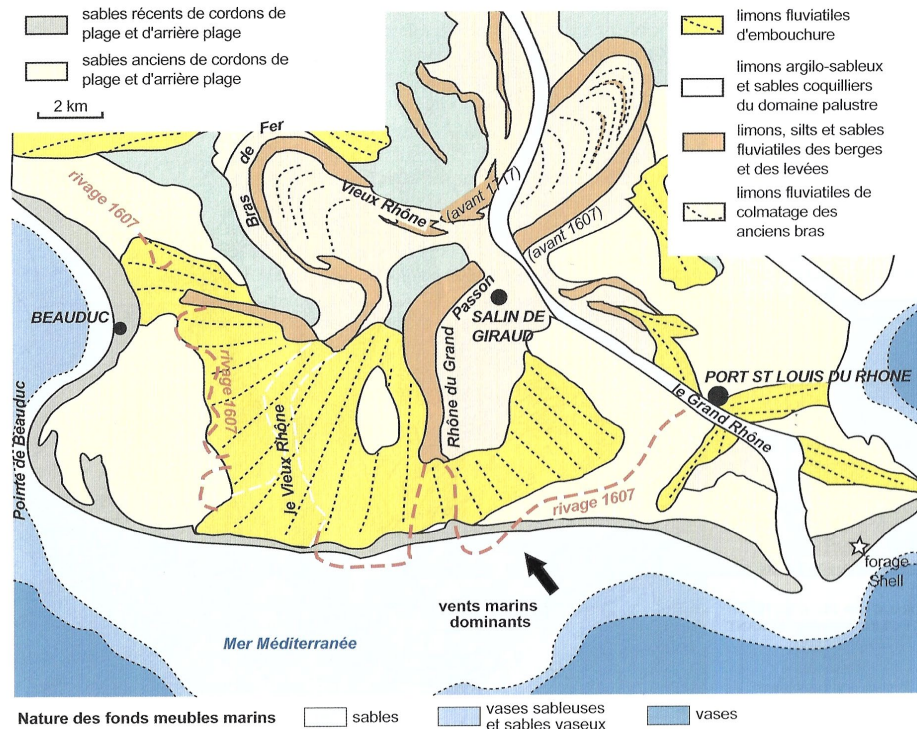
Dans cette activité on s'intéresse à la répartition cartographique de formations superficielles alluviales. Par leur étude, on cherche à reconstituer les variations climatiques ayant affecté la région des Pyrénées centrales.

- Compte tenu de la topographie, les glaciers s'écoulaient vers le nord. Les **moraines frontales** se déposent en aval des glaciers lors de leur fluage. La répartition de ces moraines nous permet de déduire l'extension maximale approximative des glaciers aux différentes périodes (figure a). L'**extension des glaciers** au stade Mindel a été plus importante que celle des glaciers du stade Riss, elle-même plus marquée que celle des glaciers du stade Würm. Ceci témoigne d'une **intensité décroissante des glaciations** du stade Mindel au stade Würm. Lors des stades Donau et Günz, l'absence de dépôts morainiques laisse à penser que ces 2 stades glaciaires ont été moins intenses que la glaciation Mindel et que leurs moraines frontales ont été totalement remaniées et intégrées aux moraines du stade Mindel.
- Une coupe à travers la vallée de l'Ousse permet d'observer la distribution des diverses **terrasses alluviales** (figure b et c). Le substratum anté-pliocène affleure largement entre les formations Fv et Fw. Les alluvions Fv (Donau-Günz) sont ainsi **étagées** par rapport aux alluvions Fw (Mindel) signifiant que l'intensité du stade Mindel a été plus grande que celle des stades Donau-Günz, confirmant notre hypothèse précédente. Les terrasses des stades Mindel (Fw), Riss (Fx) et subactuelles (Fz) sont **emboîtées** (pas d'affleurement du substratum entre elles), confirmant le fait qu'après le stade Mindel l'intensité des glaciations a été décroissante.

Activité 6. Analyse des sédiments détritiques et de la géométrie des dépôts du delta du Rhône

D'après PERRIER, BEAUX et al. (2021)

La figure 5 montre la répartition des dépôts actuels de la portion orientale du delta du Rhône. Caractérisez la morphologie du delta et proposez des hypothèses expliquant sa géométrie.



Répartition des sédiments anciens à actuels de la portion orientale du delta du Rhône (d'après les cartes géologiques au 1/50 000 d'Istres et des Saintes-Maries-de-la-Mer - © BRGM - simplifié).

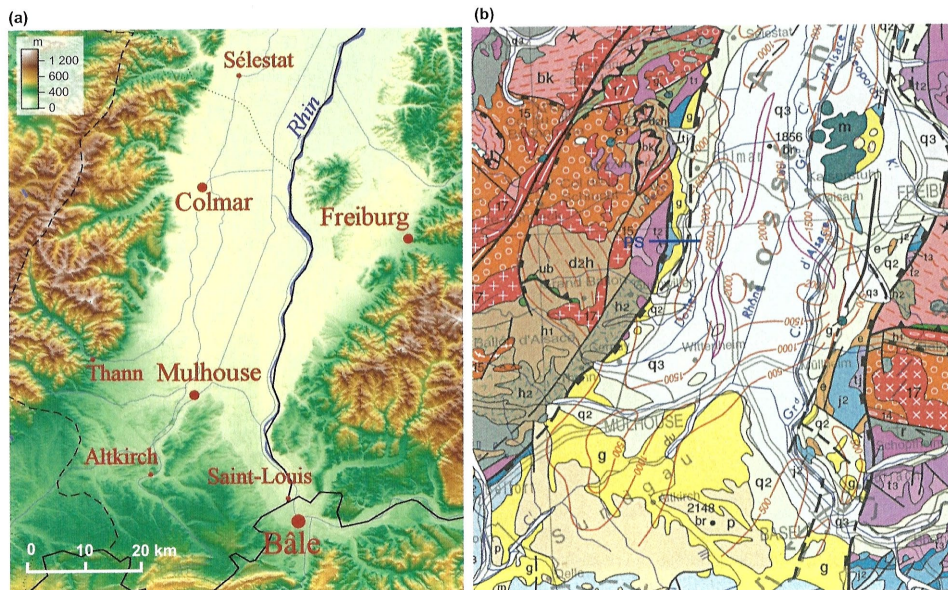
La position du rivage en 1607 ainsi que les anciennes positions du Rhône établies à partir de données historiques et d'analyses de sondages sont indiquées.

Activité 7. Étude d'un bassin sédimentaire : le fossé rhénan

D'après PEYCRU et al. (2015)

Le Fossé rhénan est un graben ou fossé d'effondrement d'orientation globalement NNE / SSW qui s'étend de la Suisse à l'Allemagne et où s'écoule le fleuve Rhin. Plus précisément, il est localisé sur une bande de 300 km pour une largeur maximale de 40 km, allant de Bâle (Suisse) à Francfort-sur-le-Main (Allemagne). Il appartient au système de grabens du rift ouest-européen, daté de l'Oligocène et est délimité par la Forêt-Noire et l'Odenwald à l'est, les Vosges et le Pfälzerwald à l'ouest, le massif du Jura au sud, et le Taunus au nord.

A. Identification des caractéristiques du bassin à partir de la carte au millionième



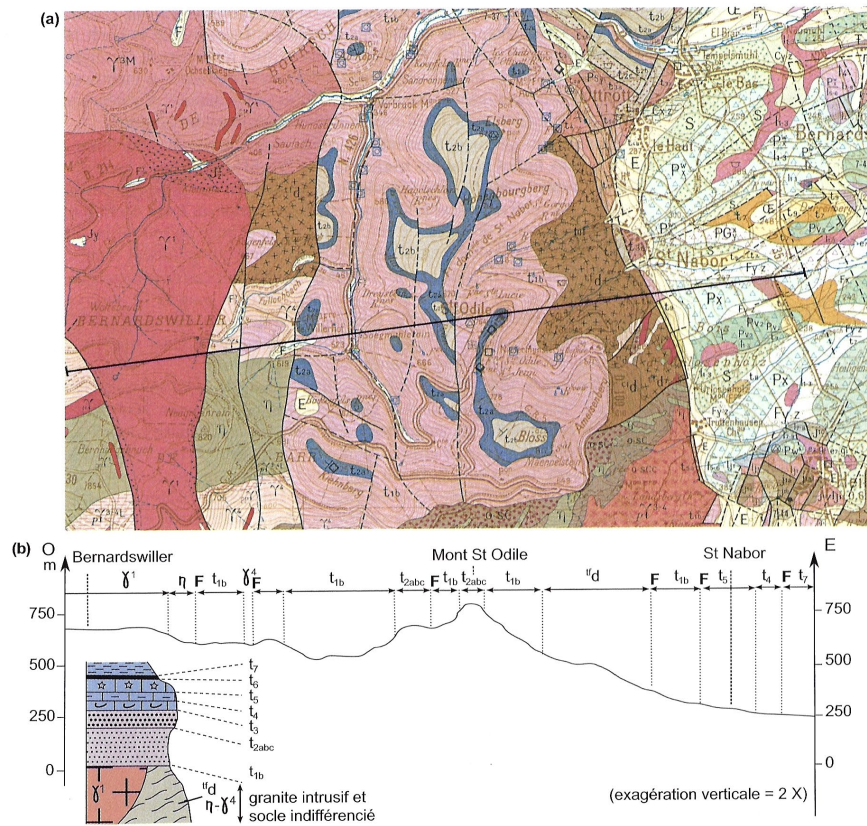
(a) Morphologie de la plaine d'Alsace et des massifs bordiers (source : « Alsace topo » par Generated by GMT; Uploaded by: Neuceu — Self-published work by Neuceu Générée avec GMT et des données issues du SRTM (précision de 90m). Sous licence CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons) ; (b) extrait de la carte géologique au 1/1 M (© BRGM, 2004), PS : position du profil sismique (en bleu foncé).

1. Identifiez les massifs montagneux représentés sur la carte de la figure TP9.1a. En vous basant sur les données topographiques, justifiez l'expression fossé rhénan et dégagez les caractéristiques d'un bassin illustrées par ce document.
2. À partir de la figure TP9.1b, dégagez les caractéristiques géologiques de ce bassin sédimentaire en vous basant sur les diverses données de la carte (stratigraphiques, sédimentologiques, tectoniques, volcaniques...). Déterminez le type de bassin en vous référant au § 11.3.1 du chapitre 11.
3. Dater le processus majeur à l'origine du fossé rhénan en portant votre analyse sur la partie Sud du fossé, dans la région de Mulhouse. Concluez.

D'après PEYCRU et al. (2015) :

B. Structure du rebord occidental du bassin

L'extrait de la carte de Molsheim au 1/50 000 (figure TP9.2a) constitue le support de notre analyse. Elle se situe dans la partie septentrionale du fossé, sur sa bordure occidentale, au contact du massif vosgien.



Log lithostratigraphique à l'échelle

FIGURE TP9.2 (a) Extrait de la carte géologique au 1/50 000 de Molsheim (© BRGM, 1975) ;

(b) profil topographique de la coupe demandée (située sur la carte a) et log stratigraphique.

Terrains du socle paléozoïque : γ^d : Dévonien (tufs volcaniques) ; osc : schistes et cornéennes du Silurien ; γ^1 - γ^7 : granites ; η : diorite.

Terrains du Quaternaire : E : éboulis ; Fy-z : alluvions ; P_x, P_y, P_z, P_w, P_v, P_u, P_t, P_s, P_r, P_q, P_p, P_o, P_n, P_m, P_l, P_k, P_j, P_i, P_h, P_g, P_f, P_e, P_d, P_c, P_b, P_a : formations détritiques de piedmont ; S : coulées de solifluxion.

1. Décrivez les formations de ce secteur et analysez les failles qui les affectent.
2. Analysez les affleurements du secteur S-E pour dater la distension vue auparavant.
3. Effectuez la coupe selon le tracé figurant sur la carte ; le profil topographique avec la distribution des divers affleurements ainsi qu'un log sont fournis (figure TP9.2b).

C. Structure profonde du bassin : données géophysiques

Il a été possible dans le fossé rhénan de déterminer différentes profondeurs du MOHO suite à un séisme dont le foyer, proche de la surface, s'est produit au point S (figure TP9.4). Le tableau TP9.1 consigne les temps t d'arrivée des ondes P réfléchies par le MOHO, au niveau de 9 stations notées de A à I. La vitesse moyenne V des ondes P est de l'ordre de $5,9 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$.

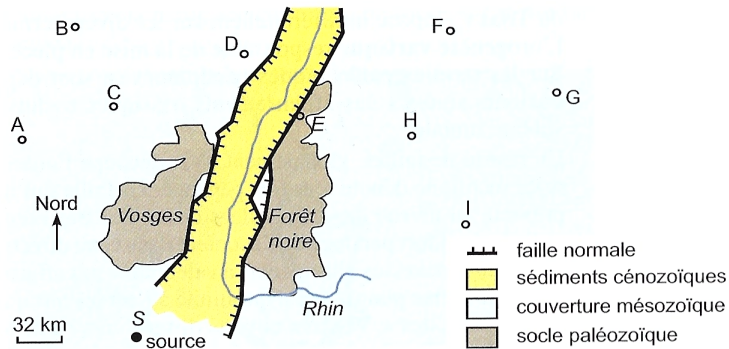


FIGURE TP9.4 Localisation du foyer du séisme et des stations d'enregistrement.

TABLEAU TP9.1 Temps d'arrivée aux différentes stations des ondes P réfléchies.

Stations	Temps d'arrivée des ondes P réfléchies en s	Distance d de la station à l'épicentre en km
A	29,9	81,7
B	41,0	112,9
C	30,3	81,8
D	38,3	106,7
E	34,2	97,8
F	54,8	156,4
G	60,7	174,2
H	42,4	121,8
I	43,3	124,4

1. Pour chaque station, reportez sur la carte de la figure TP9.4 le point R_s situé en surface à la verticale du point de réflexion R sur le MOHO.
2. Calculez la profondeur du MOHO à la verticale du point R_s soit au point de réflexion R pour chacune des stations. Reportez ces données sur la carte de la figure TP9.4. Vous utiliserez les symboles suivants : d pour la distance entre l'épicentre du séisme et le point R_s , x pour la distance SR et h pour la profondeur du MOHO.
3. Analysez de manière critique les valeurs obtenues en les comparant notamment à celles de la figure TP9.5a.

On dispose par ailleurs d'une cartographie des anomalies gravimétriques de Bouguer sur cette même région (figure TP9.5b).

4. Dans un cas général, quels enseignements est-il possible de déduire des anomalies positives et négatives de Bouguer ?
5. Dans le cas présent, quelles hypothèses pouvez-vous avancer pour interpréter les anomalies observées ?

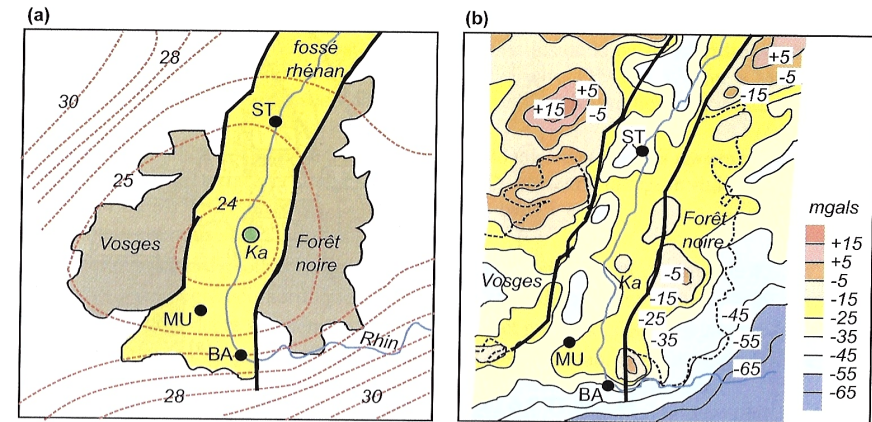


FIGURE TP9.5 (a) Carte de la profondeur du MOHO en km ; (b) distribution des anomalies gravimétriques de Bouguer dans la région du fossé rhénan.

BA : Bâle (Basel) ; Ka : Kayserstuhl ; MU : Mulhouse ; ST : Strasbourg.

Le tableau TP9.2 consigne les températures moyennes relevées au fond de divers puits de mines du bassin potassique au N-O de Mulhouse, puits aujourd'hui abandonnés.

TABLEAU TP9.2 Températures relevées au fond de puits de mines du fossé rhénan (d'après Lagneau-Hérengrer l., 1961).

Puits	Joseph Else			Amélie			Bollwiller			
Profondeur en m	466	535	576	643	675	707	917	926	959	986
Température en °C	33,8	37,5	38,5	40,7	42,1	43,2	50,3	50,8	52	53,6

6. Calculez pour chacun d'eux les paramètres suivants : degré géothermique (distance en m à parcourir vers le bas pour obtenir une augmentation de 1 °C) et le gradient géothermique. Commentez ces résultats sachant que les valeurs de référence relatives aux premiers kilomètres d'une croûte continentale sont en moyenne de 33 m et de 30 °C.km⁻¹ pour le degré géothermique et le gradient géothermique.
7. Depuis l'abandon de l'extraction de la potasse dans ces mines, quelle autre ressource serait susceptible d'être exploitée dans cette région ?

D. Étude sédimentaire du bassin

De nombreux forages ont été réalisés dans le fossé rhénan, notamment pour déterminer l'extension des niveaux de potasse présents au sein de la série évaporitique cénozoïque. La figure TP9.7 est une version simplifiée de l'un d'entre eux.

1. À partir de l'analyse de la colonne stratigraphique, reconstituez les grandes étapes de la sédimentation dans la région Alsace. En prenant en compte les données paléontologiques, soulignez en particulier les conditions environnementales singulières à l'origine du dépôt des évaporites. Quelle hypothèse sur l'origine des sels êtes-vous amenés à formuler ?

Les prospections sismiques ont permis par ailleurs d'analyser la géométrie des sédiments sur la bordure du fossé et leurs relations avec le système de failles. Un de ces profils est porté sur la figure TP9.8 ; il a été réalisé au nord-ouest de Mulhouse, selon un transect ouest-est (position reportée sur la figure TP9.1b) ; certains réflecteurs majeurs comme la position du toit du socle cristallin et les principaux niveaux stratigraphiques sont signalés sur les bords gauche et droit du profil.

2. Réalisez un schéma interprétatif de la structure de ce secteur en reportant sur calque la position de la (des) faille(s) et la géométrie des divers horizons stratigraphiques. Identifiez par flèches le jeu de la faille majeure et soulignez son rejet vertical minimum. Quantifiez ce dernier en tenant compte de l'échelle verticale « temps double » en s et de la vitesse des ondes P dans les sédiments, estimée à 3 km/s.

3. À partir du profil interprété et des enseignements de la colonne stratigraphique, déterminez la chronologie des événements sédimentaires et tectoniques de manière à retracer l'histoire de ce bassin sédimentaire.

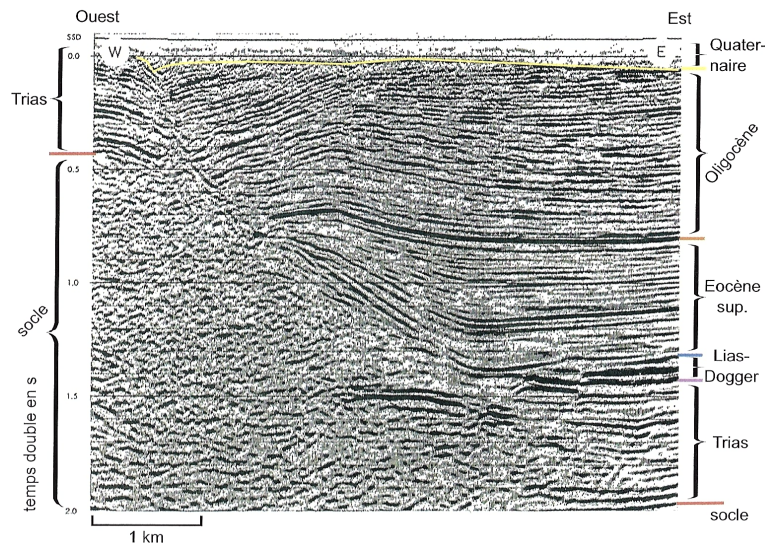


FIGURE TP9.8 Profil sismique de la bordure occidentale du fossé rhénan (d'après Nivière et al. – 1998 – d'après sujet G2E 2014 ; société Vermilion Energy).

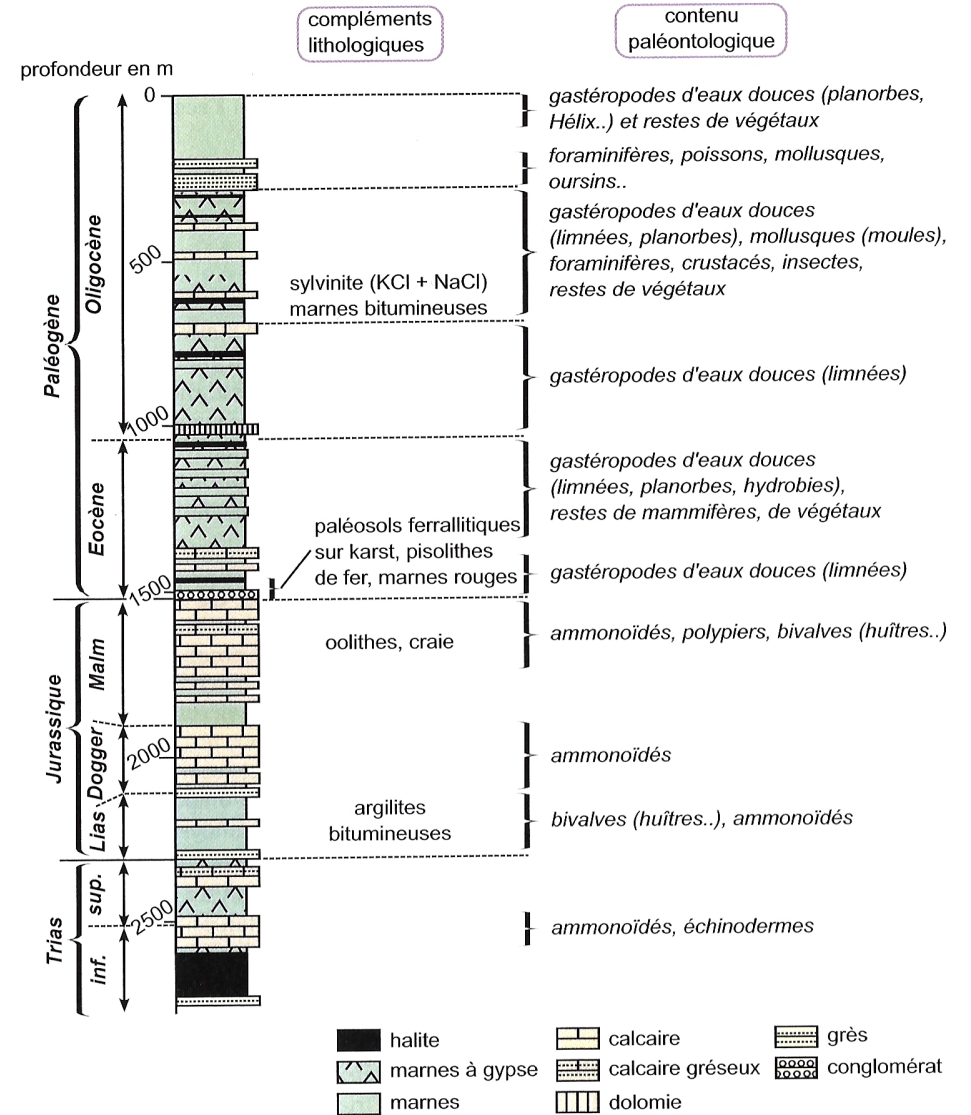
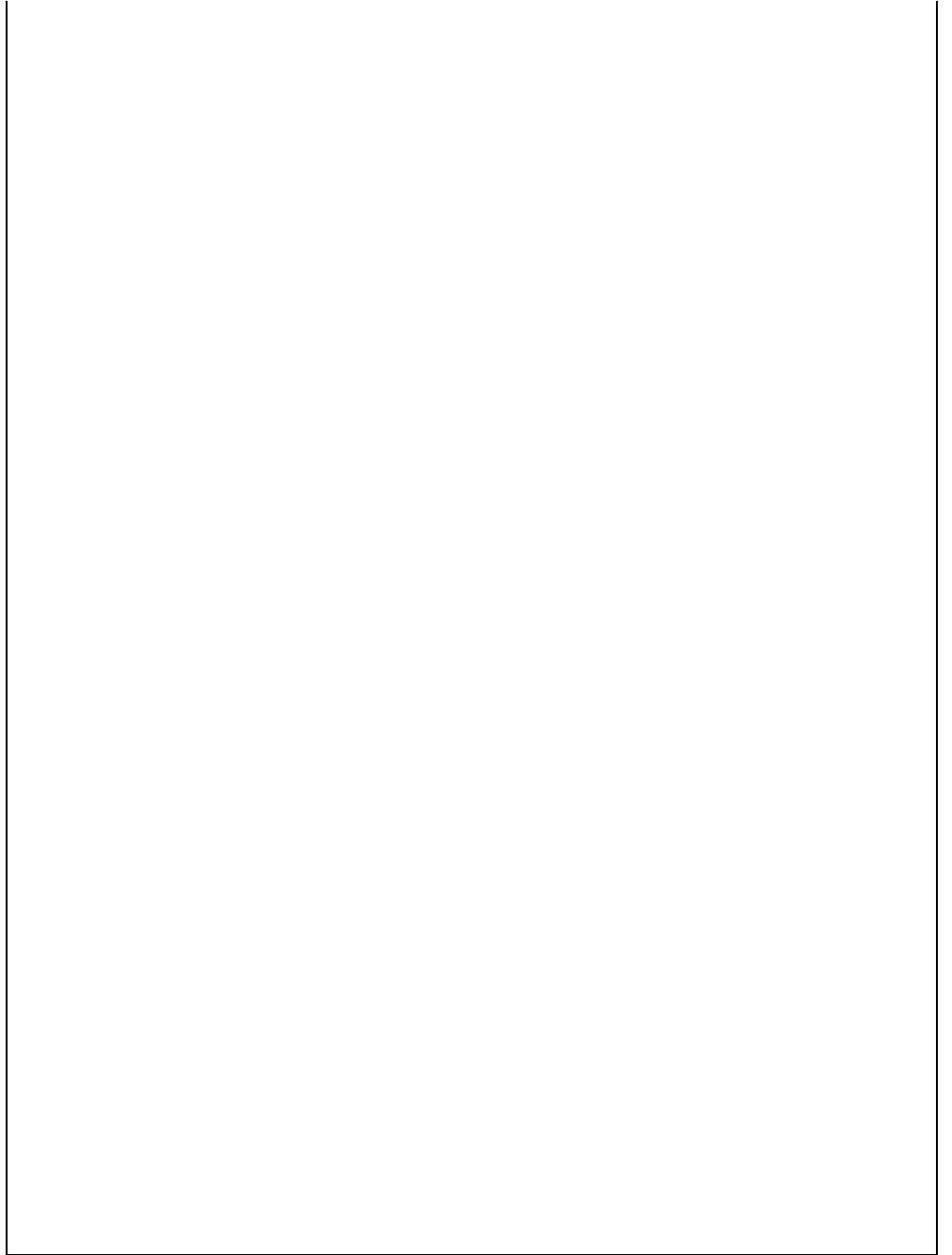
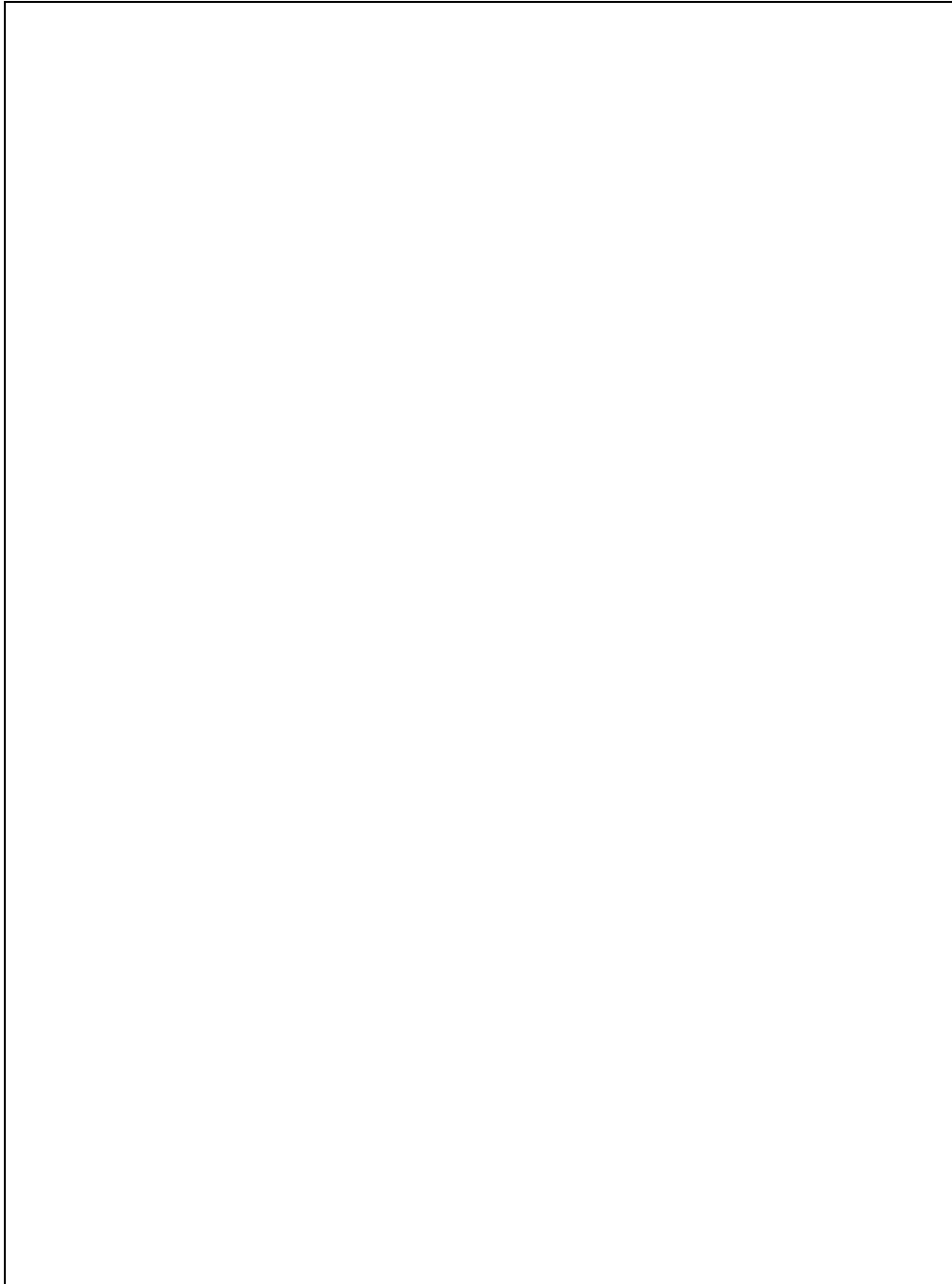


FIGURE TP9.7 Exemple de série sédimentaire au niveau du fossé rhénan (modifié et complété d'après sujet G2E 2014).



Références

- ARNDT, N., C. GANINO & S. KESLER (2015). *Ressources minérales. Origine, nature et exploitation*. 2^e édition (1^{er} édition 2010), Dunod, Paris.
- AUBOIN, J., J. DERCOURT & B. LABESSE (1970). *Manuel de travaux pratiques de cartographie. 1^{er} cycle et maîtrise*. Dunod, Paris.
- AUBOIN, J., R. BROUSSE & J.-P. LEHMAN (1978). *Précis de géologie. 2. Paléontologie, stratigraphie*. Dunod (Bordas), Paris, 3^e édition (1^{er} édition 1967).
- BABIN, C. (1991). *Principes de paléontologie*. Armand Colin, Paris.
- BARD, J.-P. (1990). *Microtextures des roches magmatiques et métamorphiques*. Masson, Paris, 2^e édition (1^{er} édition 1980).
- BARBEY, P. & G. LIBOUREL (2003). *Les relations de phases et leurs applications. Des sciences de la Terre aux matériaux*. Gordon and Breach (Archives contemporaines), Paris.
- BARDINTZEFF, J.-M. (2006). *Volcanologie*. « Sciences Sup », Dunod, Paris, 3^e édition (1^{er} édition 1991).
- BAROIS, P. (2004). *Guide encyclopédique des volcans*. Delachaux et Niestlé, Paris.
- BEAUDOIN, G. (2006). *Géologie et métallogénie. Manuel de cours*. Géologie et génie géologique, Faculté des sciences et de génie, Université Laval, Québec, Canada.
- BEAUX, J.-F. & A. MAMECIER (2012). *Les sciences de la Terre*. Nathan, Paris, 2^e édition (1^{er} édition 2010).
- BEAUX, J.-F., J.-F. FOGELGESANG, P. AGARD & V. BOUTIN, 2011. *Atlas de Géologie Pétrologie. BCPST 1^{er} et 2^e années*. Dunod, Paris.
- BERNARD, J.-J., D. CONTINI, G. GODET & G. GOHAU (1995). *Le Temps en géologie. Sciences de la Terre*. Hachette, Paris.
- BIJU-DUVAL, B. (1999). *Géologie sédimentaire. Bassins. Environnements de dépôts. Formation du pétrole*. Technip, Paris, Institut français du pétrole (École du Pétrole et des Moteurs), Rueil-Malmaison (92).
- BISHOP, A. C., W. R. HAMILTON, A. R. WOOLEY (2001). *Guide des minéraux, roches et fossiles*. « Les Guides du naturalistes », Delachaux et Niestlé, Paris, 336 pages.
- BORDI, C., F. SAINTPIERRE (dir.), M. ALGRAIN, R. BOUDJEMAI, H. CLAUCE, O. GUIPPONI & Y. KRAUSS (2018). *Mémento Géologie BCPST 1^{er} et 2^e années*. Vuibert, Paris.
- BOTTINELLI, L., A. BRAHIC, L. GOUGUENHEIN, J. RIPERT & J. SERT (1993). *La Terre et l'Univers. Sciences de l'Univers*. Hachette, Paris.
- BOULVAIN, F. (2014), en ligne. Diagenèse carbonatée. *Pétrologie sédimentaire*. Département de Géologie, Université de Liège (B).
URL : <http://www.geolsed.ulq.ac.be/sedim/diagenese.htm> (consultation août 2018)
- BOULVAIN, F. (2017a), en ligne. Éléments de sédimentologie et pétrologie sédimentaire. *Pétrologie sédimentaire*. Département de Géologie, Université de Liège (B).
URL : <http://www.geolsed.ulq.ac.be/sedim/sedimentologie.htm> (consultation août 2018)
- BOULVAIN, F. (2017b), en ligne. Identification microscopique des principaux constituants des roches sédimentaires (notes de travaux pratiques). *Pétrologie sédimentaire*. Département de Géologie, Université de Liège (B).
URL : <http://www.geolsed.ulq.ac.be/TP/TP.htm> (consultation août 2018)
- BOULVAIN, F. (2017c), en ligne. Dynamique des bassins sédimentaires. *Pétrologie sédimentaire*. Département de Géologie, Université de Liège (B).
URL : http://www.geolsed.ulq.ac.be/sedim/dyn_bassins.htm (consultation août 2018)
- BOULVAIN, F. (2018), en ligne. Une introduction aux processus sédimentaires. *Pétrologie sédimentaire*. Département de Géologie, Université de Liège (B).
URL : <http://www.geolsed.ulq.ac.be/processus/processus.htm> (consultation août 2018)
- BOULVAIN, F. & P. DUMONT (non daté), en ligne. Lexique de géologie sédimentaire. *Pétrologie sédimentaire*. Département de Géologie, Université de Liège (B).
URL : <http://www.geolsed.ulq.ac.be/sedim/lexique.htm> (consultation août 2018)
- BRUNET, F., D. ANDRAULT & G. CHAZOT (2007). *La Terre interne. Roches et matériaux en conditions extrêmes*. Vuibert, Paris.
- BUCHER, K. & M. FREY (2002). *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*. Springer, Berlin – Heidelberg (D), 7^e édition.
- CARON, J.-M., A. GAUTHIER, J.-M. LARDEAUX, A. SCHAAF, J. ULYSSE & J. WOZNIAK (2003) (2^e édition, 1989). *Comprendre et enseigner la planète Terre*. Ophrys, Gap – Paris, 303 pages.
- CHAMLEY, H. (2000). *Bases de sédimentologie*. Dunod, Paris, 2^e édition (1^{er} édition 1987).
- CAMPY, M. & J.-J. MACAIRE (2003). *Géologie de la surface*. Dunod, Paris, 2^e édition (1^{er} édition 1989).
- CHANTRAINE, J., A. AUTRAN, C. CAVELIER (dir.) et collaborateurs (2003). *Carte géologique de la France à l'échelle du millionième*. Service géologique national, Bureau de Recherches géologiques et minières, Orléans, 6^e édition.
- CHAPUS, J.-L. (2006) (2^e). *Initiation à la géomorphologie*. « Universités Géographie », Ellipses, Paris, 172 pages.
- COJAN, I. & M. RENARD (2006). *Sédimentologie*. Dunod, Paris, 2^e édition (1^{er} édition 1999).
- COLLECTIF (1996). *Les Fossiles, témoins de l'Évolution*. Belin – Pour la Science, Paris.
- COMINS, N. F. (2011). *À la découverte de l'Univers. Introduction à l'astronomie et à l'astrophysique*. Traduction R. TAILLET et L. VILLAIN. De Boeck, Bruxelles (B).
- CORDIER, P. & H. LEROUX (2008). *Ce que disent les minéraux*. Belin, Paris.
- DANIEL, J.-Y., C. AUBOURG & P. DE WEVER (dir.) (2000). *Problèmes résolus de Sciences de la Terre et de l'Univers*. Vuibert, Paris.
- DANIEL, J.-Y. (dir.), A. BRAHIC, M. HOFFERT, R. MAURY, A. SCHAAF & M. TARDY (2006). *Sciences de la Terre et de l'Univers*. Vuibert, Paris, 2^e édition (1^{er} édition 1999).
- DE WEVER, P., L. LABROUSSE, D. RAYMOND & A. SCHAAF (2005). *La mesure du temps dans l'histoire de la Terre*. Vuibert, Paris.
- DE WEVER, P., B. DAVID & D. NÉRAUDEAU (Coll. J. BROUTIN) (2010). *Paléobiosphère. Regards croisés des Sciences de la Vie et de la Terre*. Vuibert, Paris.
- DEBELMAS, J., G. MASCLE & C. BASILE (2008). *Les grandes structures géologiques*. Dunod, Paris, 5^e édition (1^{er} édition 1991).
- DECONINCK, J.-F. (2006). *Paléoclimats. L'enregistrement des variations climatiques*. Société géologique de France – Vuibert, Paris.
- DELMAS, R., S. CHAUZY, J.-M. VERSTRAETE & H. FERRÉ (2007). *Atmosphère, océan et climat*. Belin, Paris.
- DAUTEL, O. (dir.), A. PROUST, M. ALGRAIN, C. BORDI, A. HELME-GUIZON, F. SAINTPIERRE, M. VABRE & C. BOGGIO (2017). *Biologie Géologie BCPST 1^{er} année*. Vuibert, Paris.
- DAUTEL, O. (dir.), C. BORDI, F. SAINTPIERRE, M. ALGRAIN-PITAVY, M. QUERTINIEZ, A. PROUST, M. VABRE A. HELME-GUIZON & B. MOLLIER (2019). *Biologie Géologie BCPST 2^e année*. Vuibert, Paris.
- DAUTEL, O. (dir.), M. ALGRAIN-PITAVY, C. BORDI, A. HELME-GUIZON, B. MOLLIER, A. PROUST, M. QUERTINIEZ, F. SAINTPIERRE & M. VABRE (2021). *Prépas scientifiques BCPST 1^{er} année. Biologie Géologie. Tout-en-un*. Vuibert, Paris.
- DENÈUD, J., T. FERROIR, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON, M.-L. PONS & F. TEJEDOR (2011). *Biologie-Géologie BCPST-véto 2^e année*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- DENÈUD, J., C. GODINOT, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON & F. TEJEDOR (2013). *Biologie-Géologie BCPST-véto 1^{er} année*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- DENÈUD, J., C. GODINOT, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON, M.-L. PONS & F. TEJEDOR (2014). *Biologie-Géologie BCPST-véto 2^e année*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- DERCOURT, J. (2002). *Géologie et géodynamique de la France. Outre-mer et européenne*. « Sciences Sup », Dunod, Paris, 3^e édition (1^{er} édition 1997), 330 pages.
- DERCOURT, J., J. PAQUET, P. THOMAS & C. LANGLOIS (2006). *Géologie. Objets, méthodes et modèles*. Dunod, Paris, 12^e édition (1^{er} édition 1974).
- DUBOIS, J. & M. DIAMENT (2005). *Géophysique*. « Sciences Sup », Dunod, Paris, 3^e édition (1^{er} édition 1997), x + 227 pages.
- DUCHAUFOUR, P. (2001). *Introduction à la science du sol. Sol, végétation, environnement*. Dunod, Paris, 6^e édition (1^{er} édition 1984, *Abrégé de pédologie*).
- EMMANUEL, L., M. DE RAFÉLIS & A. PASCO (2007). *Maxi fiches Géologie*. Dunod, Paris, 228 pages + VIII.
- FOUCAULT, A. & J.-F. RAOULT (2005). *Dictionnaire de Géologie*. Dunod, Paris, 6^e édition (1^{er} édition 1980).
- FOUCAULT, A., J.-F. RAOULT, F. CECCA & B. PLATEVOET (2014). *Dictionnaire de Géologie*. Dunod, Paris, 8^e édition (1^{er} édition 1980).
- GODINOT, C., H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON & F. TEJEDOR (2010). *Biologie-Géologie 1^{er} année BCPST-véto*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- JAUJARD, D. (2015). *Géologie. Géodynamique. Pétrologie. Études de terrain*. Maloine, Paris.
- JOLIVET, L. & H.-C. NATAF (1998). *Géodynamique*. Dunod, Paris.
- JUNG, J. (1958). *Précis de pétrographie. Roches sédimentaires, métamorphiques et éruptives*. Masson et Cie, Paris.
- JUPIN, H. (1996). *Le Cycle du carbone*. Hachette supérieur, Paris.
- JUTEAU, T. & R. MAURY (2008). *La croûte océanique. Pétrologie et dynamique endogènes*. Vuibert, Paris.
- KORNPROBST, J. (2001). *Métamorphisme et roches métamorphiques. Signification géodynamique*. Dunod, Paris, 3^e édition (1^{er} édition 1994).
- LAGABRIELLE, Y., S. LEROY (dir.), S. LALLEMAND, P. GENTE, J.-Y. COLLOT et collaborateurs (2005). *Le Visage sous-marin de la Terre*. Commission de la Carte géologique du Monde, Paris, 49 pages + 1 CD-Rom.
- LAGABRIELLE, Y., R. MAURY & M. RENARD (2013). *Mémo visuel de Géologie. L'essentiel en fiches. Licence. Prépas. CAPES*. Dunod, Paris.
- LALLEMAND, S. (1999). *La subduction océanique*. Overseas Publishers Association, Amsterdam (NL). Diffusion Gordon and Breach (Archives contemporaines), Paris.
- LALLEMAND, S., P. HUCHON, L. JOLIVET & G. PROUTEAU (2005). *Convergence lithosphérique*. Vuibert – Société géologique de France, Paris.
- LANGLOIS, C. (2011). *Mini manuel de Géologie – Géophysique*. Dunod, Paris.
- LARROQUE, C. & J. VIRIEUX (2001). *Physique de la Terre solide. Observations et théories*. Gordon and Breach – Archives contemporaines, Paris.

- LEMOINE, M., P.-C. DE GRACIANSKY & P. TRICART (2000). *De l'océan à la chaîne de montagnes. Tectonique des plaques dans les Alpes*. Overseas Publishers Association, Amsterdam (NL). Diffusion Gordon and Breach (Archives contemporaines), Paris.
- MACHETEL, P. (2008). *Les Pulsations de la Terre. Dynamique du manteau*. Vuibert, Paris.
- MACKENZIE, W. S. & A. E. ADAMS (2005). *Initiation à la pétrographie*. Dunod, Paris, 3^e édition (1^{er} édition 1992), 192 pages.
- MARSHAK, S. (2010). *Terre, portrait d'une planète*. Traduction O. ÉVRAD. De Boeck, Bruxelles (3^e édition américaine 2008).
- MASCLE, G. (2008). *Les roches, mémoire du temps*. EDP Sciences, Les Ulis (91).
- MATTAUER, M. (1998). *Ce que disent les pierres*. Belin – Pour la Science, Paris.
- MEHIER, B. (1995). *Magmatisme et tectonique des plaques*. « Sciences de la Vie et de la Terre », Ellipses, Paris, 256 pages.
- NOUGIER, P. (2000a). *Déformation des roches et transformation de leurs minéraux. Initiation à la tectonique*. Ellipses, Paris.
- NOUGIER, P. (2000b). *Structure et évolution du globe terrestre*. Ellipses, Paris, 2^e édition (1^{er} édition 1993).
- PERRIER, C. & J.-F. BEAUX (dir.), A. BOUFFIER, L. BOUGEOIS, P. CARRÈRE, T. DARRIBÈRE, J. DÉMARET-NICOLAS, A. EMOND, S. MAURY, O. MONNIER, T. SOUBAYA, A. VERGNAUD & A. WOEHRLÉ (2021). *Biologie-Géologie BCPST 1. Tout-en-un*. Dunod, Malakoff (F).
- PEYCRU, P. (dir.), J.-M. DUPIN, J.-F. FOGELGESANG, D. GRANDPERRIN, C. VAN DER REST, F. CARIOU, C. PERRIER & B. AUGÈRE (2008). *Géologie tout-en-un 1^{er} et 2^e années BCPST*. Dunod, Paris.
- PEYCRU, P., J.-F. FOGELGESANG, D. GRANDPERRIN, C. PERRIER (dir.), B. AUGÈRE, J.-F. BEAUX, C. BECK, F. CARIOU, J.-M. DUPIN, J.-L. SCHNEIDER, M. TARDY & C. VAN DER REST (2015). *Géologie tout-en-un BCPST 1^{er} et 2^e années*. Dunod, Paris.
- POMEROL, C., Y. LAGABRIELLE & M. RENARD (2003) (12^e édition, 1965). *Éléments de géologie*. « Masson Sciences », Dunod, Paris, 746 pages.
- POMEROL, C., Y. LAGABRIELLE, M. RENARD & S. GUILLOT (2011). *Éléments de géologie*. Dunod, Paris, 14^e édition (1^{er} édition 1965).
- PROVOST, A. & C. LANGLOIS (2011). *Mini manuel de Géologie – Roches et géochimie*. Dunod, Paris.
- REY, J. (dir.) (1997). *Stratigraphie. Terminologie française. Bulletin du Centre de Recherches Elf Exploration-Production*, mémoire 19, Elf Aquitaine, Pau, 164 pages.
- RENARD, M., Y. LAGABRIELLE, E. MARTIN & M. DE RAFÉLIS (2018). *Éléments de géologie. 16^e édition du « Pomerol »*. 1^{er} édition 1965 (Armand Colin), Dunod, Paris.
- ROBERT, C. & R. BOUSQUET (2013). *Géosciences. La dynamique du système Terre*. Belin, Paris.
- ROTARU, M., J. GAILLARDET, M. STEINBERG & J. TRICHET (2006). *Les climats passés de la Terre*. Société géologique de France – Vuibert, Paris.
- SOREL, D. & P. VERGELY (1999). *Initiation aux cartes et aux coupes géologiques*. Dunod, Paris, 96 pages.
- SOREL, D. & P. VERGELY (2010). *Atlas. Initiation aux cartes et aux coupes géologiques*. Dunod, Paris, 2^e édition (1^{er} édition 1999).
- TROMPETTE, R. (2003). *La Terre. Une planète singulière*. Belin, Paris.
- VIDAL, P. (1994). *Géochimie*. Dunod, Paris.
- VRIELYNCK, B. & P. BOUYSSÉ (2003). *Le visage changeant de la Terre*. « Sciences de la Terre », UNESCO & Commission de la Carte géologique du Monde, Paris, 33 pages + 1 CD-Rom.
- WESTPHAL, M., H. WHITECHURCH & M. MUNSCHY (2002). *La tectonique des plaques*. Gordon and Breach (Archives contemporaines), Paris.

Plan du TP

Objectifs du TP (programme)	1
Activité 1. Modalités d'altération du granite en climat tempéré	2
Activité 2. Modelé d'altération glaciaire : la vallée du Clot des Cavales (Isère)	3
Activité 3. Modelé d'altération d'un paysage plissé (subalpin) : le synclinal perché de l'Arclusaz (Savoie)	3
Activité 4. Étude cartographique de formations superficielles (moraines et terrasses) à Lourdes (Hautes-Pyrénées)	4
Activité 6. Analyse des sédiments détritiques et de la géométrie des dépôts du delta du Rhône	6
Activité 7. Étude d'un bassin sédimentaire : le fossé rhénan	7
A. Identification des caractéristiques du bassin à partir de la carte au millionième	7
B. Structure du rebord occidental du bassin	8
C. Structure profonde du bassin : données géophysiques	9
D. Étude sédimentaire du bassin	11
Références	13
Plan du TP	14

© Tanguy JEAN. Les textes et les figures originales sont la propriété de l'auteur. Les figures extraites d'autres sources restent évidemment la propriété des auteurs ou éditeurs originaux.
Document produit en juin 2023 en l'état • Dernière actualisation : *idem*.
Contact : Tanguy.Jean4@gmail.com
Adresse de téléchargement : <https://www.svt-tanguy-jean.com/>



Ces données sont placées sous licence *Creative Commons Attribution – Pas d'Utilisation commerciale 4.0 CC BY NC* qui autorise la reproduction et la diffusion du document, à condition d'en citer explicitement la source et de ne pas en faire d'utilisation commerciale.