

Les bassins d'avant-pays des chaînes de collision

Professeur Olivier LACOMBE



Institut des Sciences de la Terre
de Paris

- *Rappels sur les interactions entre phénomènes externes et internes au front des orogènes
 - *Rappels sur la flexure lithosphérique
 - *Qu'est-ce qu'un bassin d'avant-pays ?
- *Quelques exemples « classiques » : Alpes, Zagros, Taiwan, Pyrénées, Himalaya
 - *Et dans l'ancien ? l'exemple de l'Hercynien
- *Éléments de modélisation des bassins d'avant-pays

**BASSIN
FLEXURAL**

PRISME

dépôt

érosion

Croûte continentale

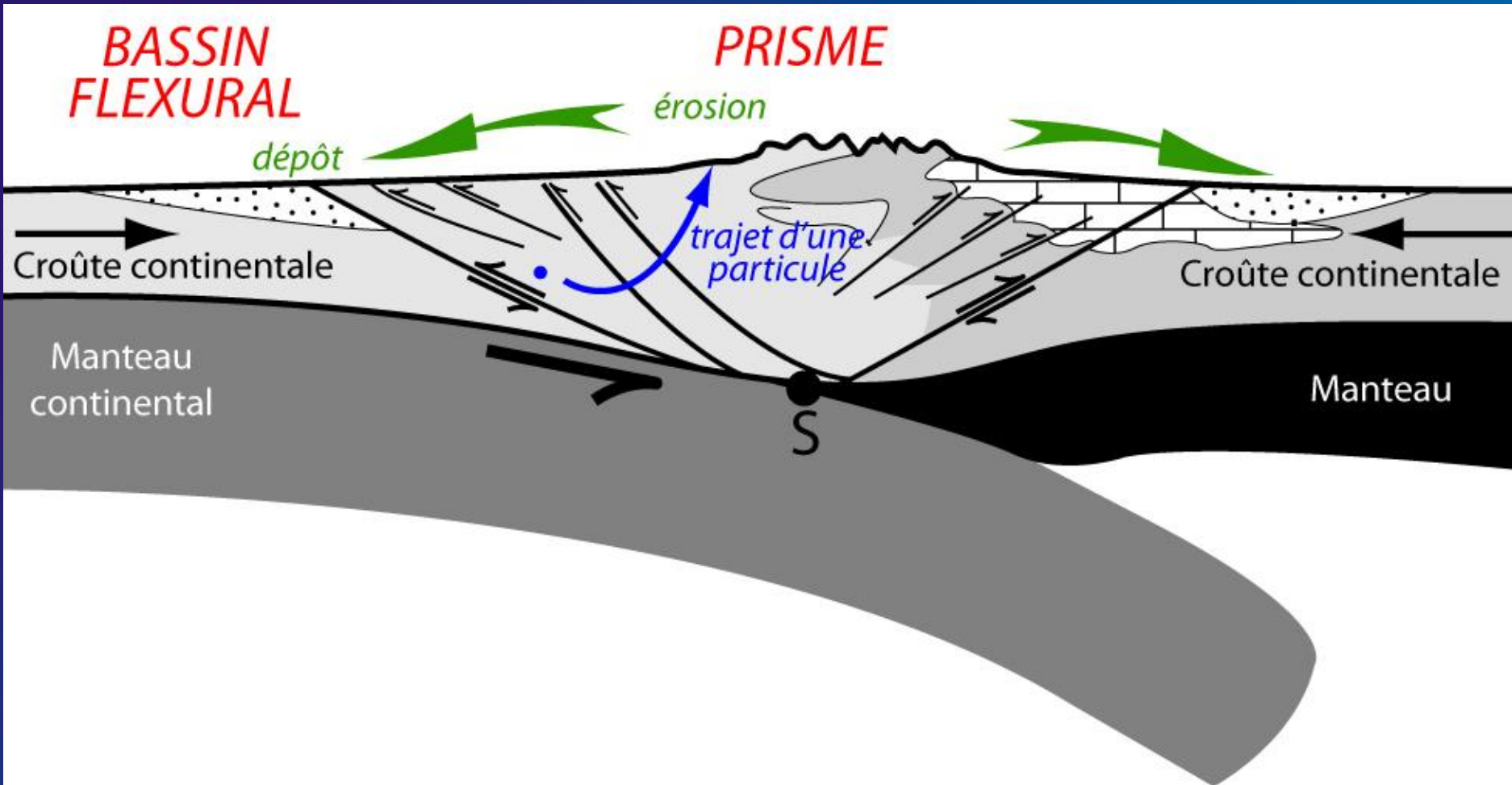
Croûte continentale

Manteau
continental

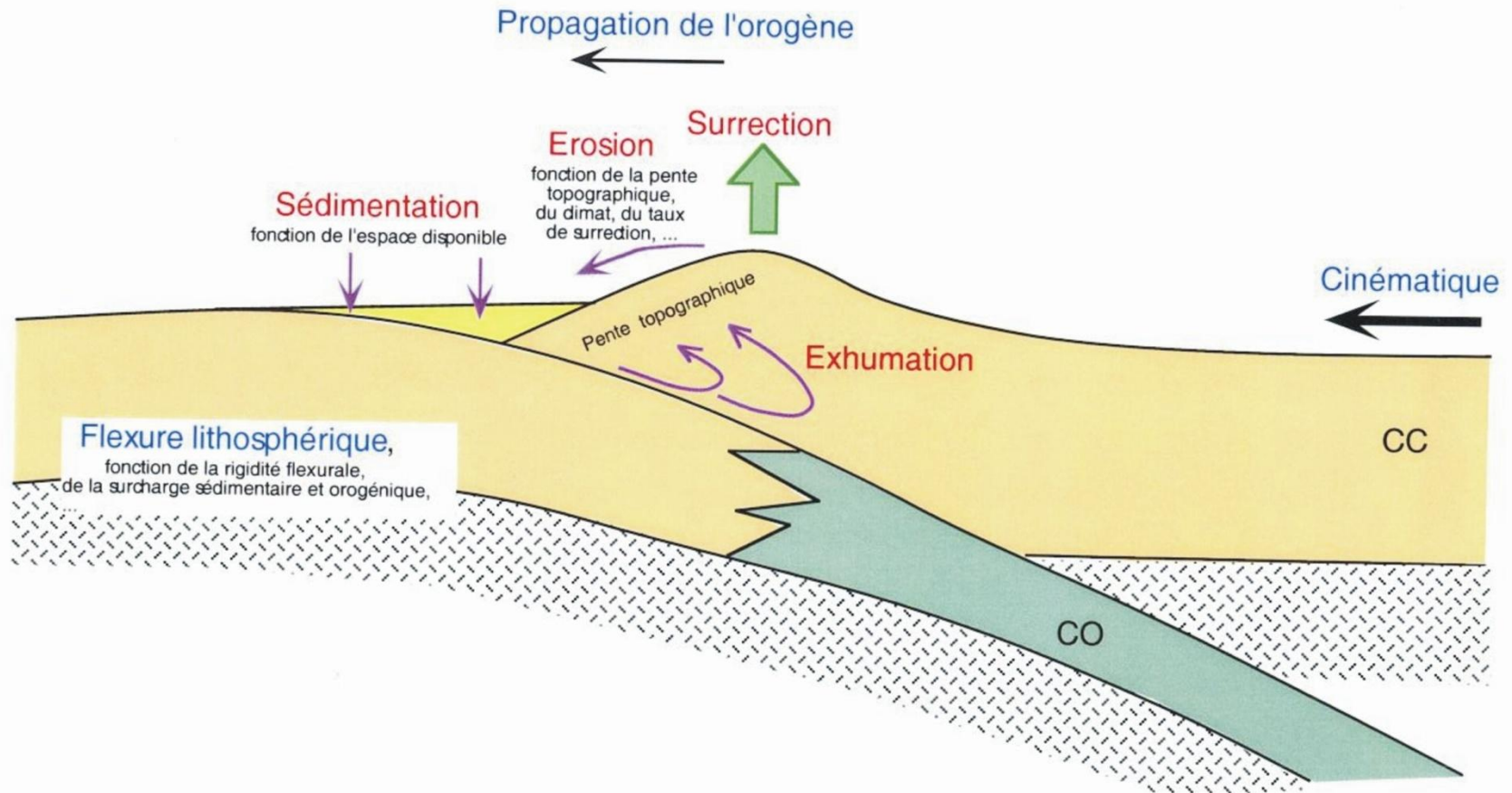
Manteau

trajet d'une
particule

S

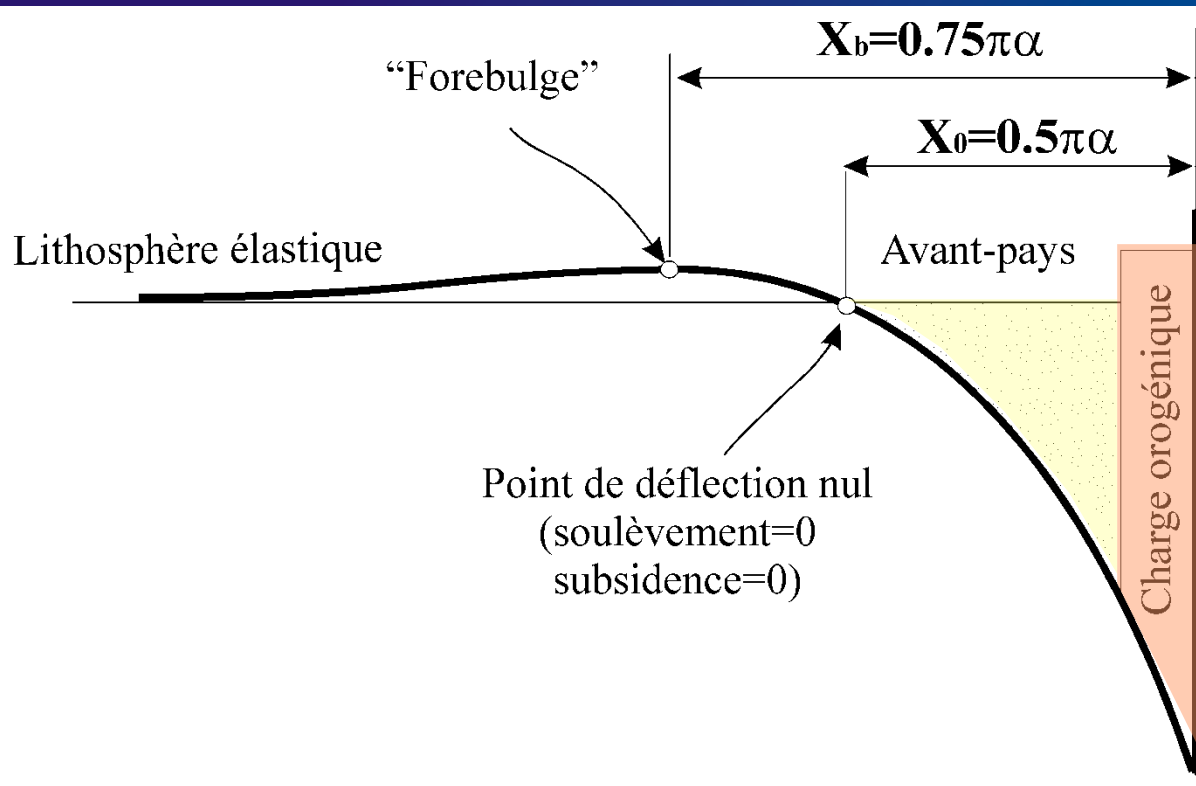


Les interactions au front des orogènes



Rappels sur la flexure lithosphérique

Déflexion d'une lithosphère élastique (continentale ou océanique)



Rigidité et épaisseur
élastique équivalente
d'une lithosphère

Paramètre flexural

$$\alpha = \left(\frac{4D}{g(\rho_m - \rho_{w/sed})} \right)^{1/4}$$

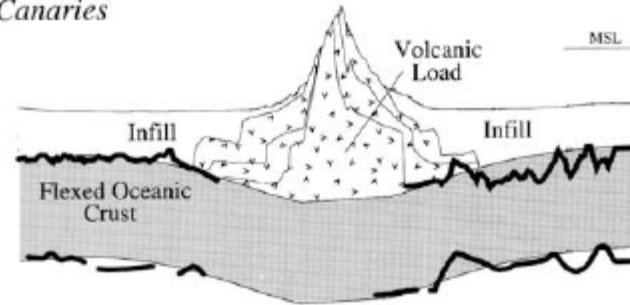
$$D = \frac{ET_e^3}{12(1-\nu^2)}$$

T_e (km)
 D (Nm)

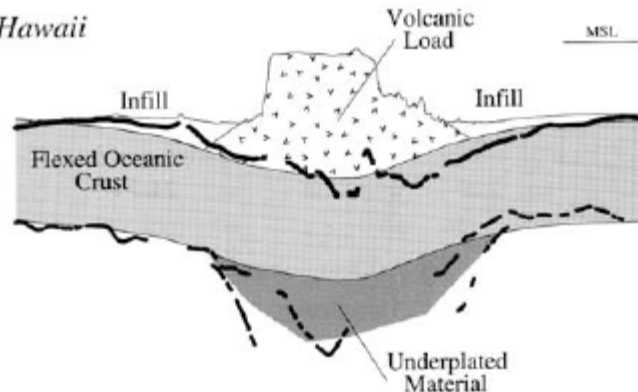
La subsidence est liée à la compensation isostatique régionale (flexurale) et non locale (Airy) de la surcharge tectonique et sédimentaire

4.3 Seamounts and Oceanic Islands

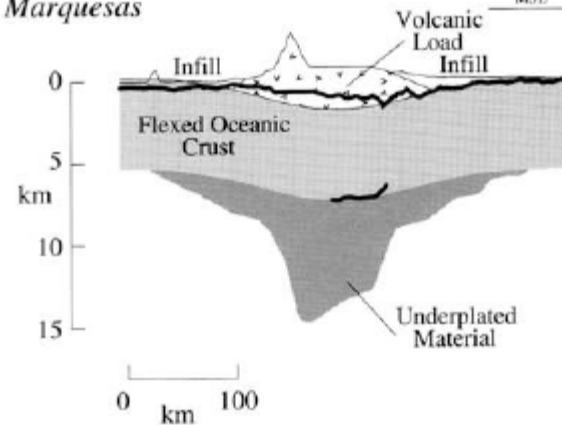
Canaries



Hawaii



Marquesas

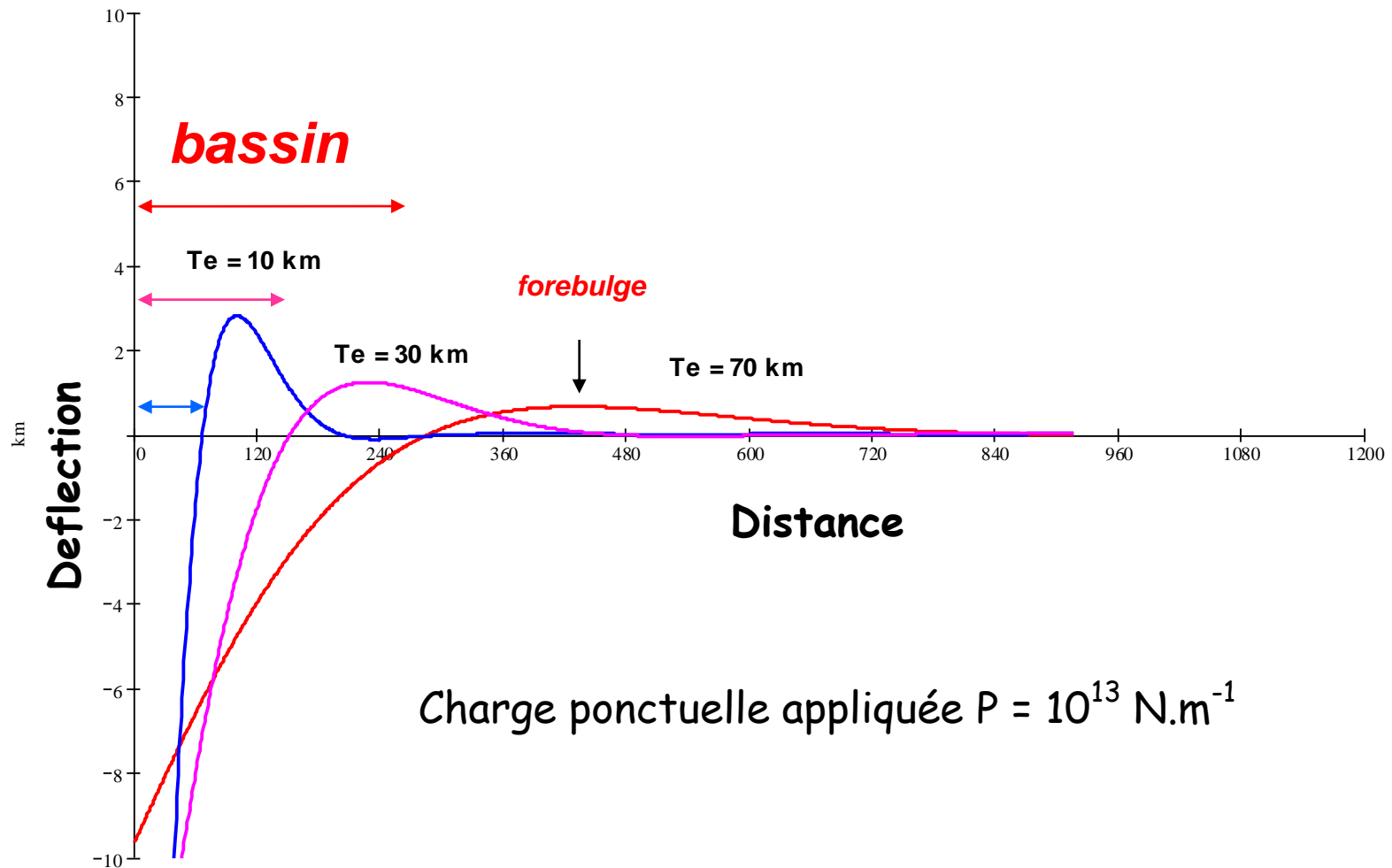


Plaque continue

Les « Seamounts »

(D'après Watts)

Plaque cassée

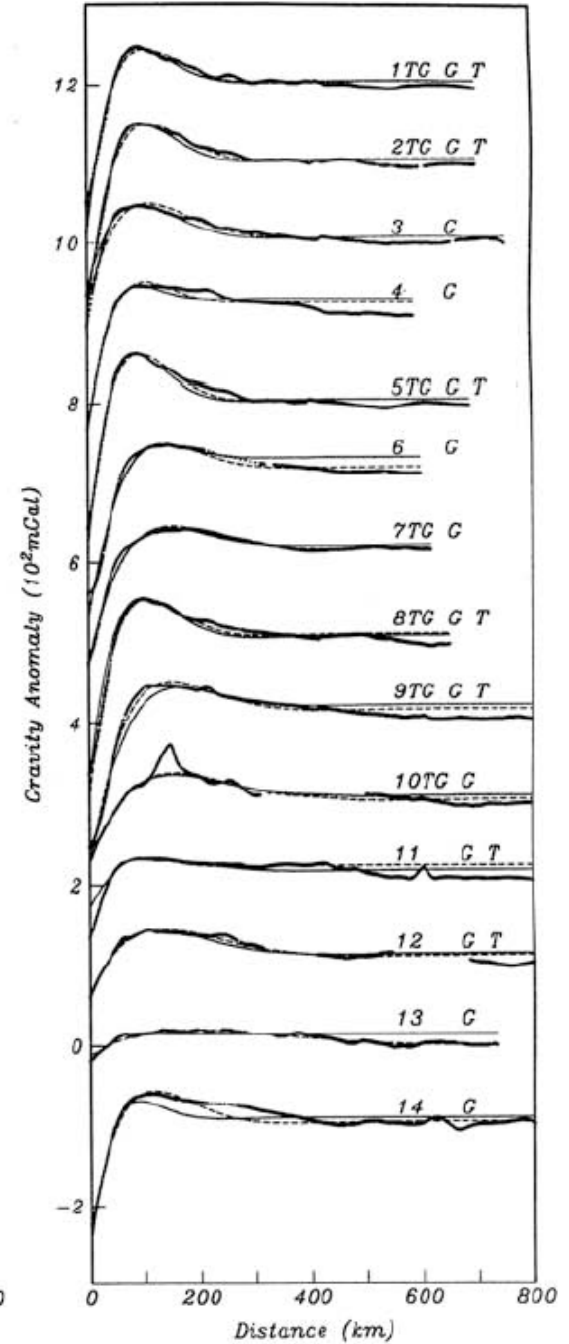
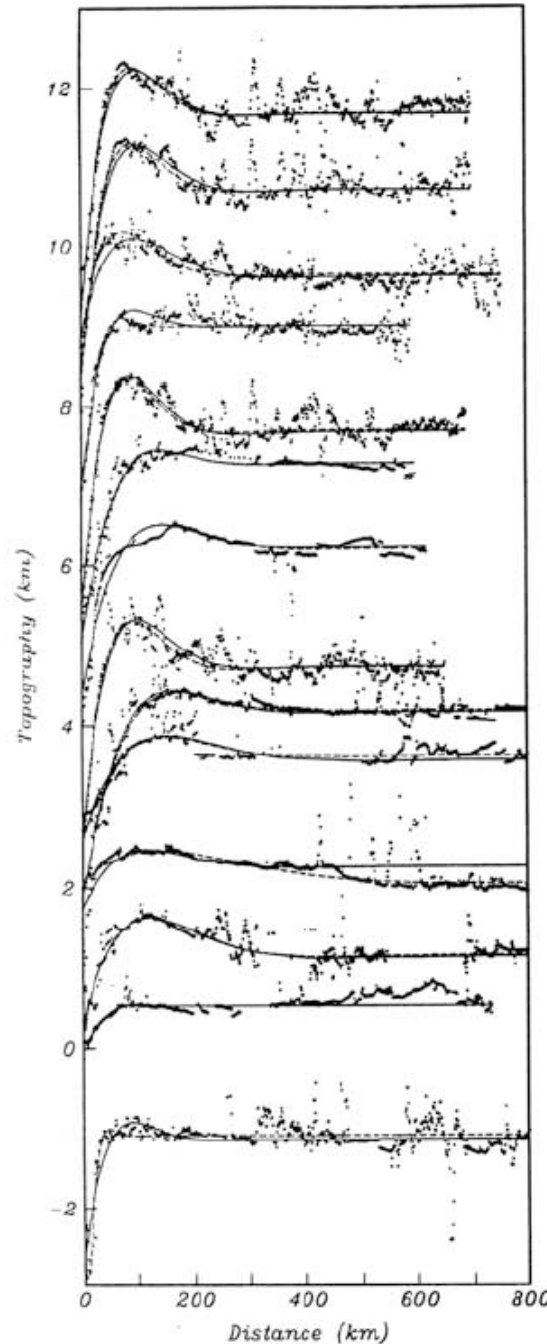


Plaque cassée

Les fosses
« foredeeps »
des zones
de subduction

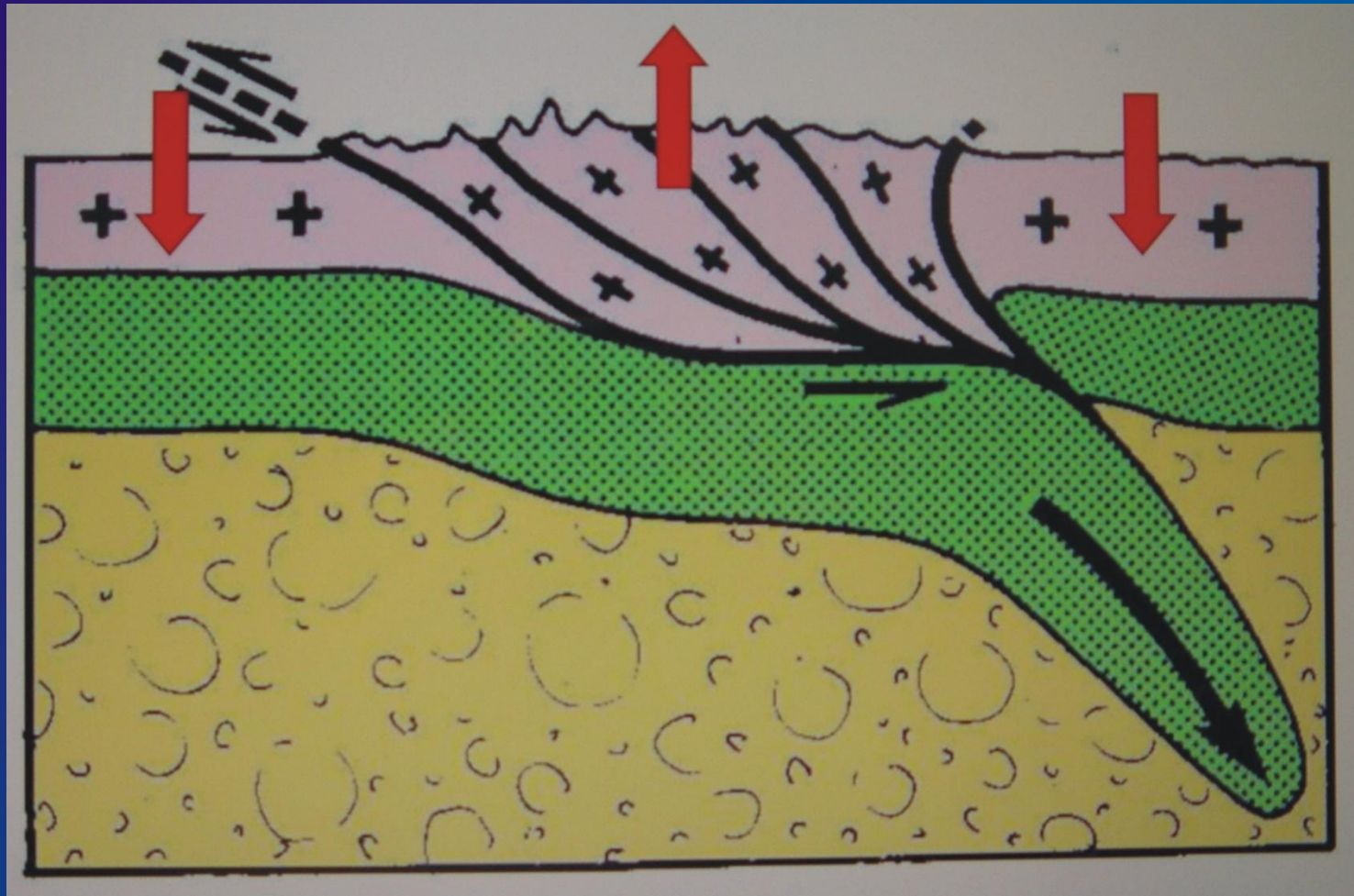
et les « forelands »
des zones
de collision

(D'après Watts)



Qu'est-ce qu'un bassin d'avant-pays ?

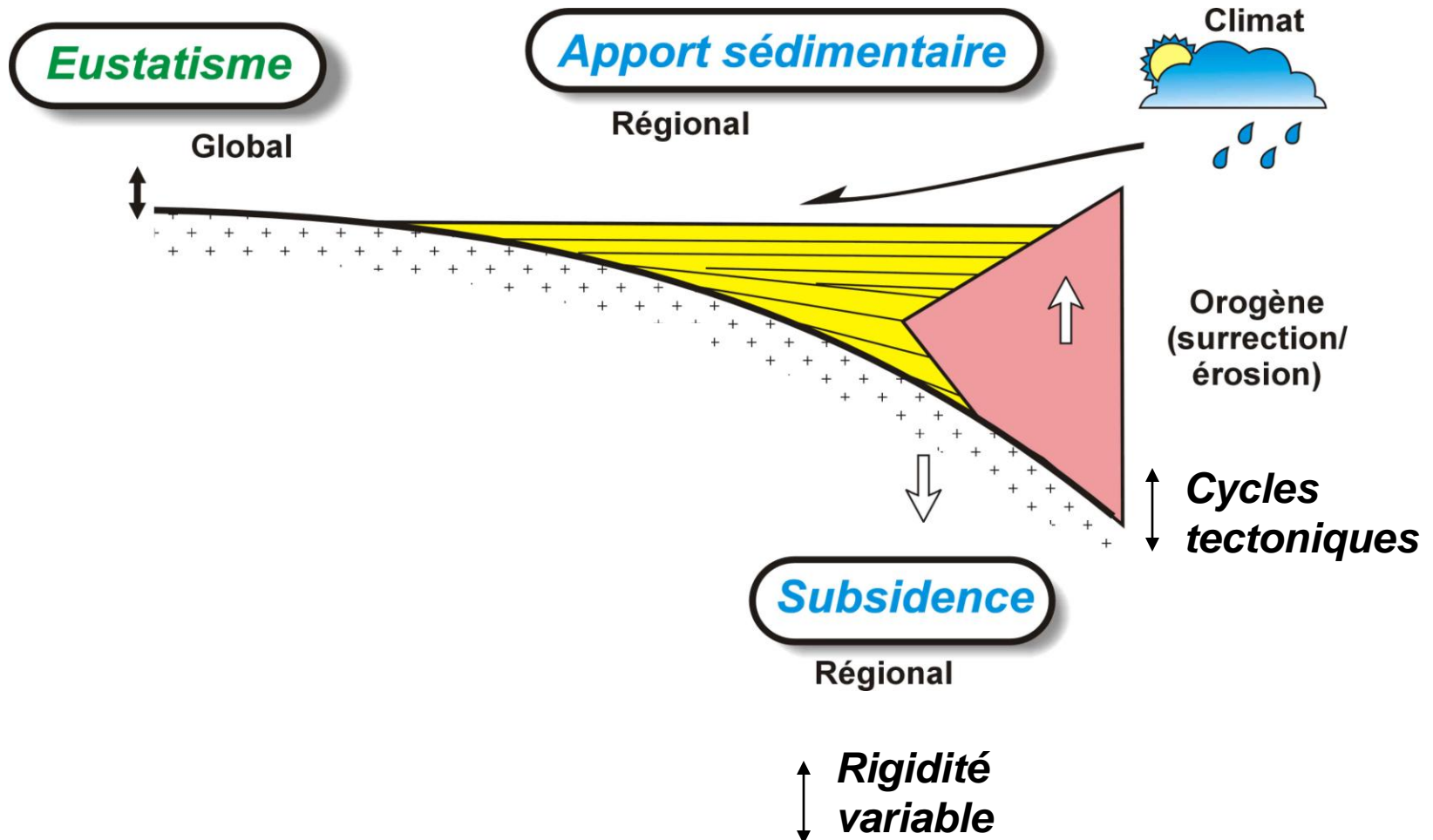
Mouvements verticaux associés aux chaînes de montagnes

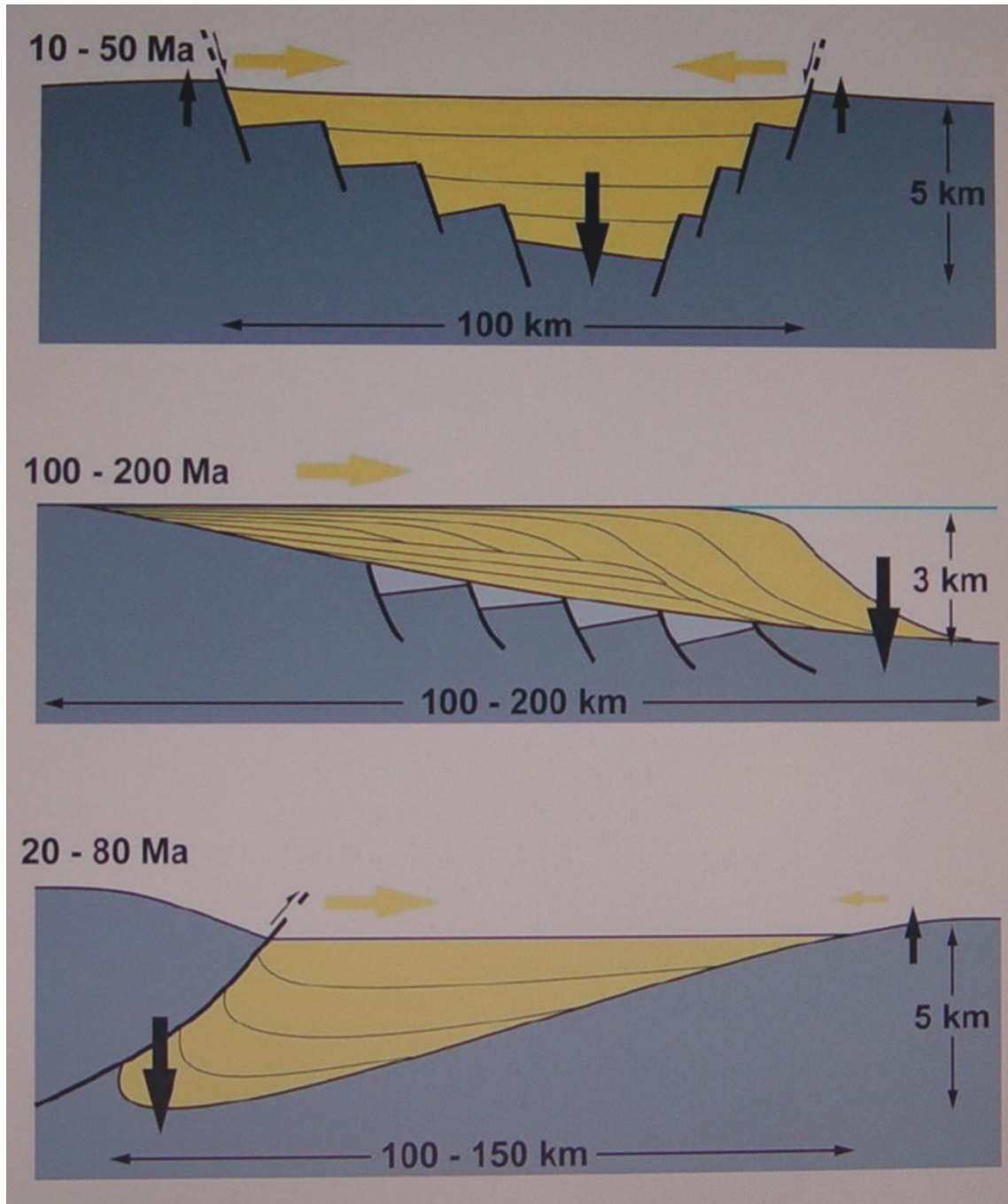


Moteur de la subsidence :

- Poids de la topographie/nappes orogéniques
- Mais pas seulement : « charges cachées » (hidden loads)
panneau océanique plongeant, ophiolites enfouies, ...

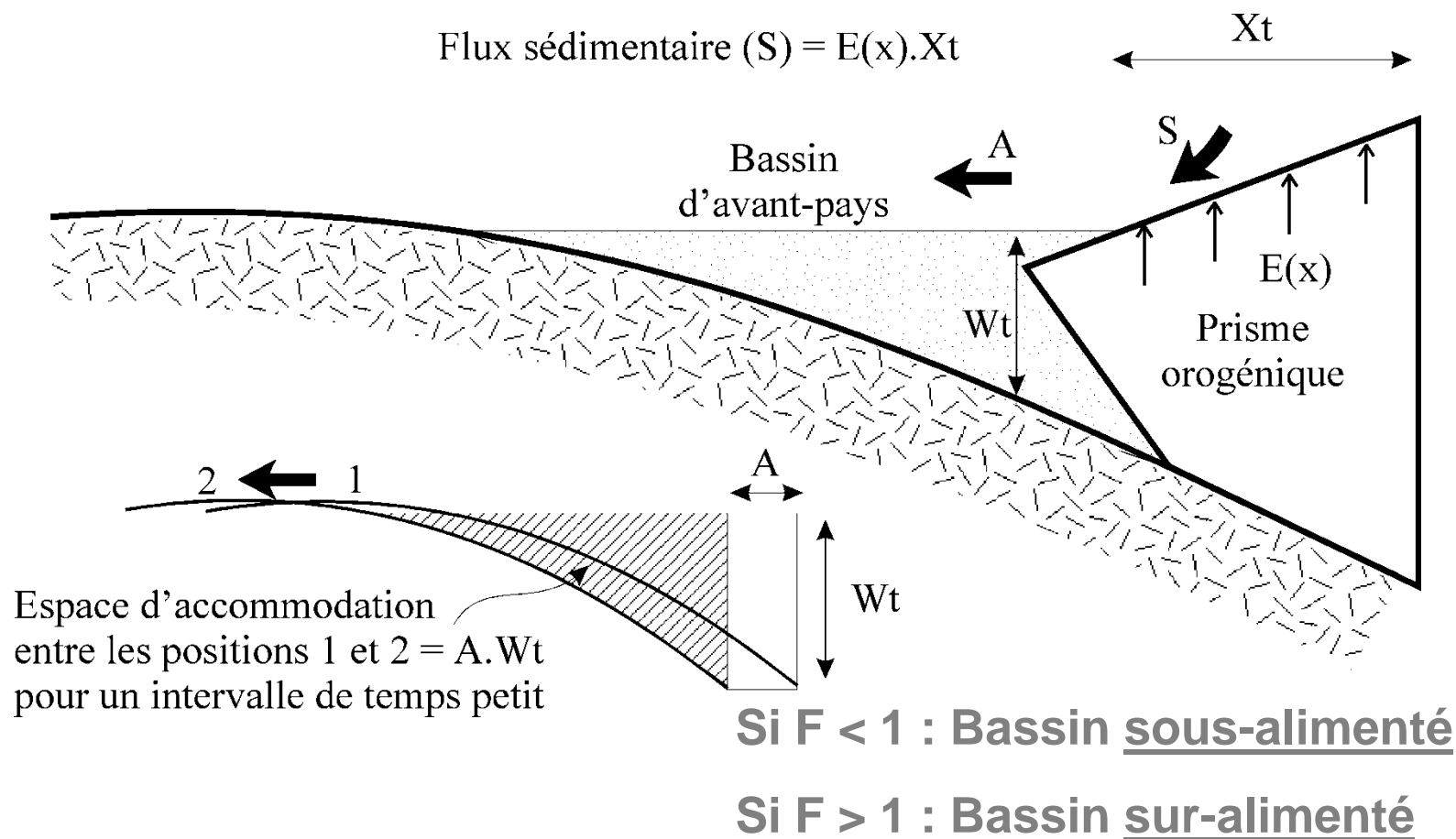
L'enregistrement sédimentaire est le résultat de l'interaction de facteurs tectoniques et eustatiques



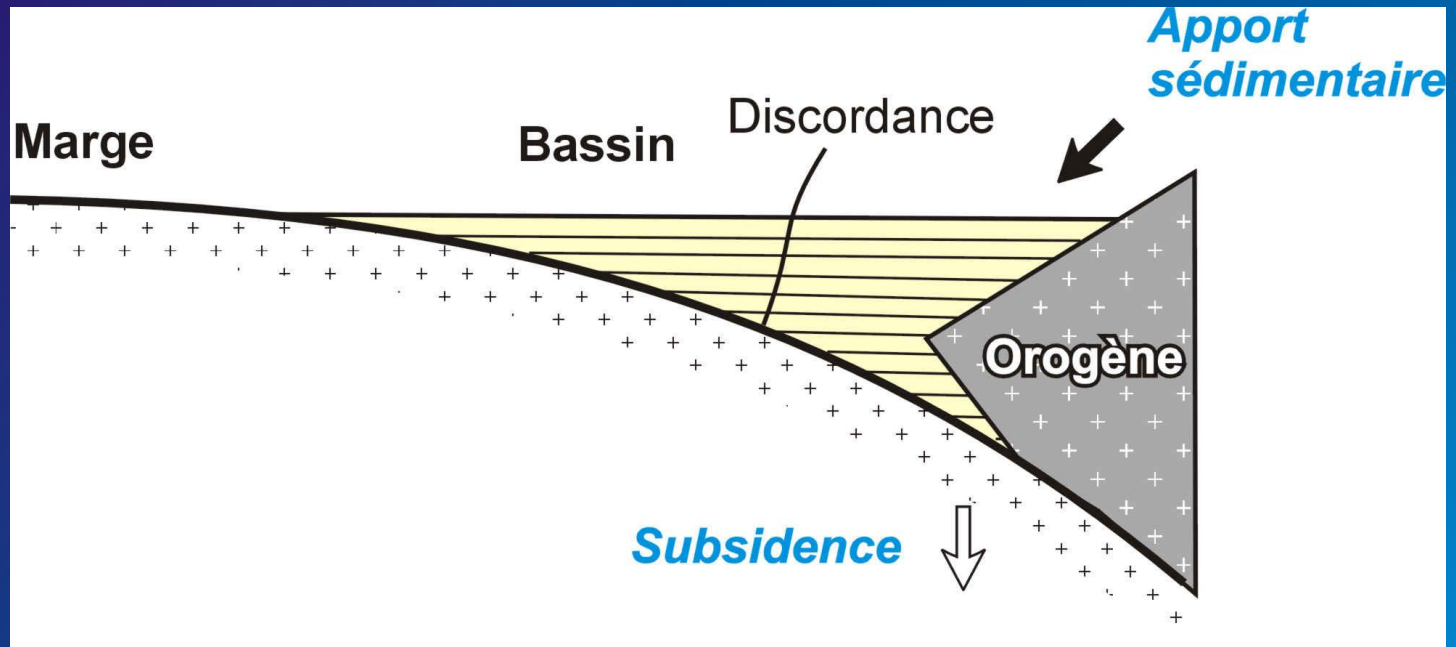


(d'après L. Barrier)

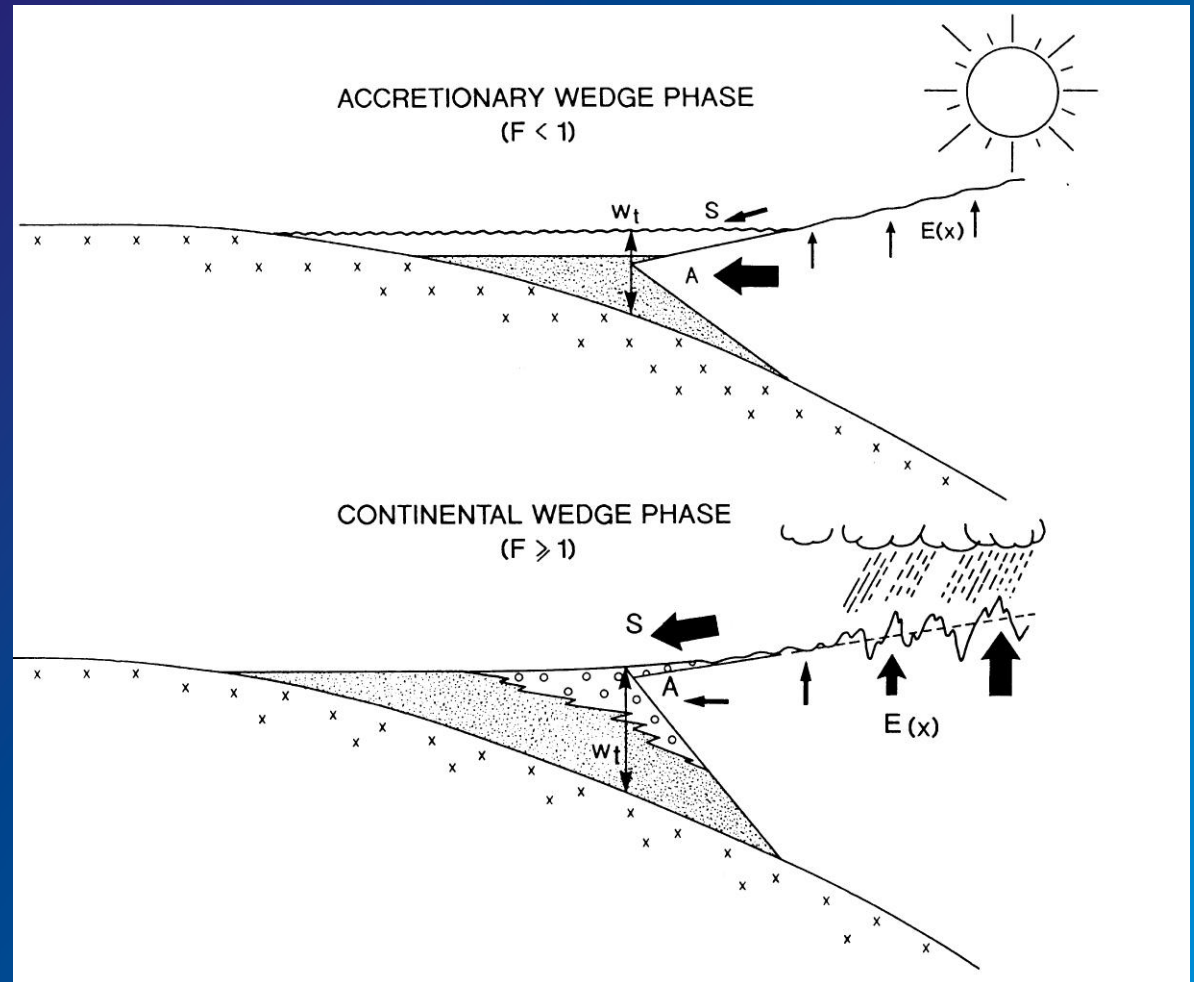
$F = \text{flux sédimentaire} / \text{espace disponible}$



Remplissage sédimentaire discordant en onlaps sur la marge

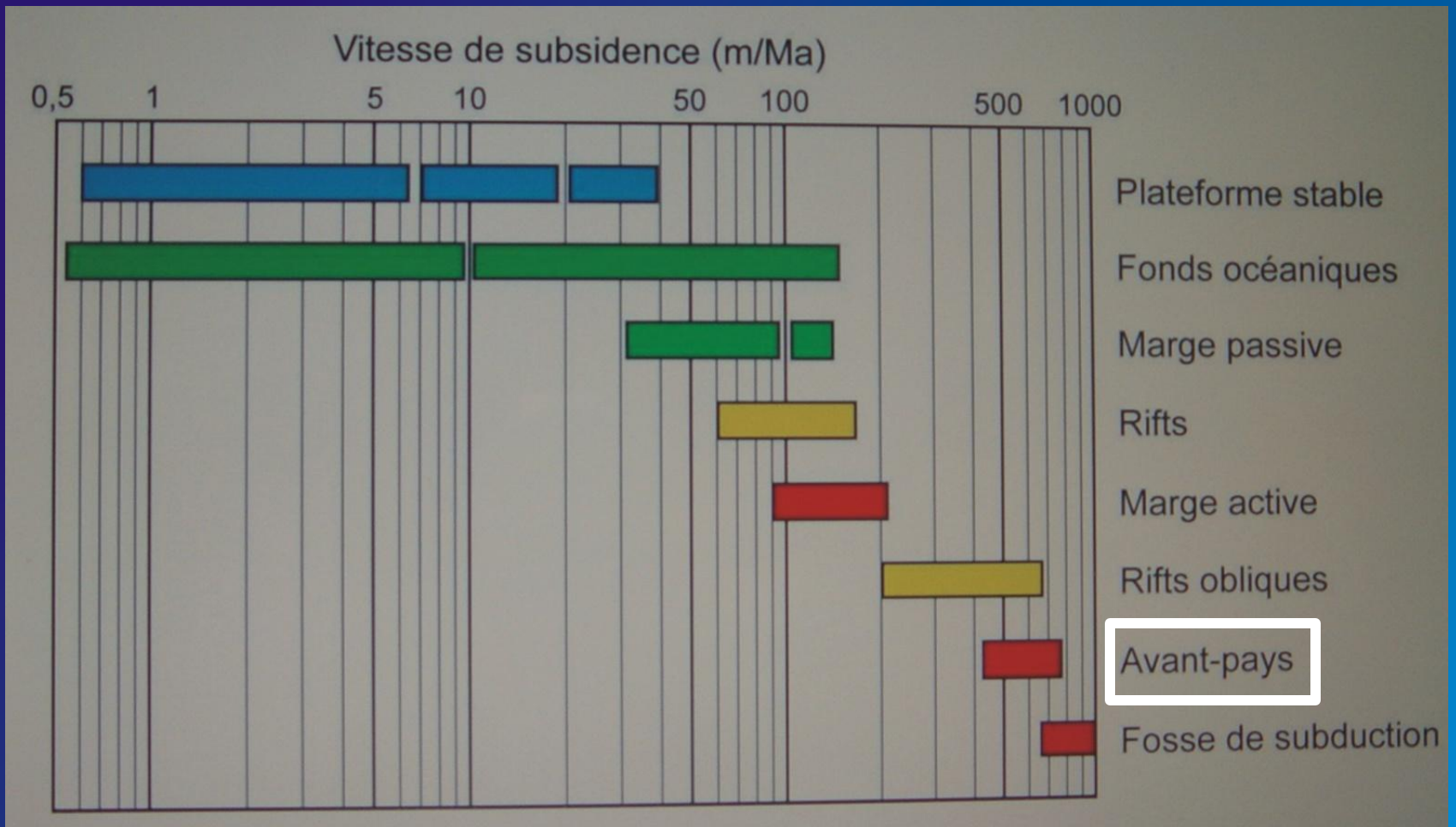


Bassin sous-alimenté
stade « océanique »
 $F < 1$



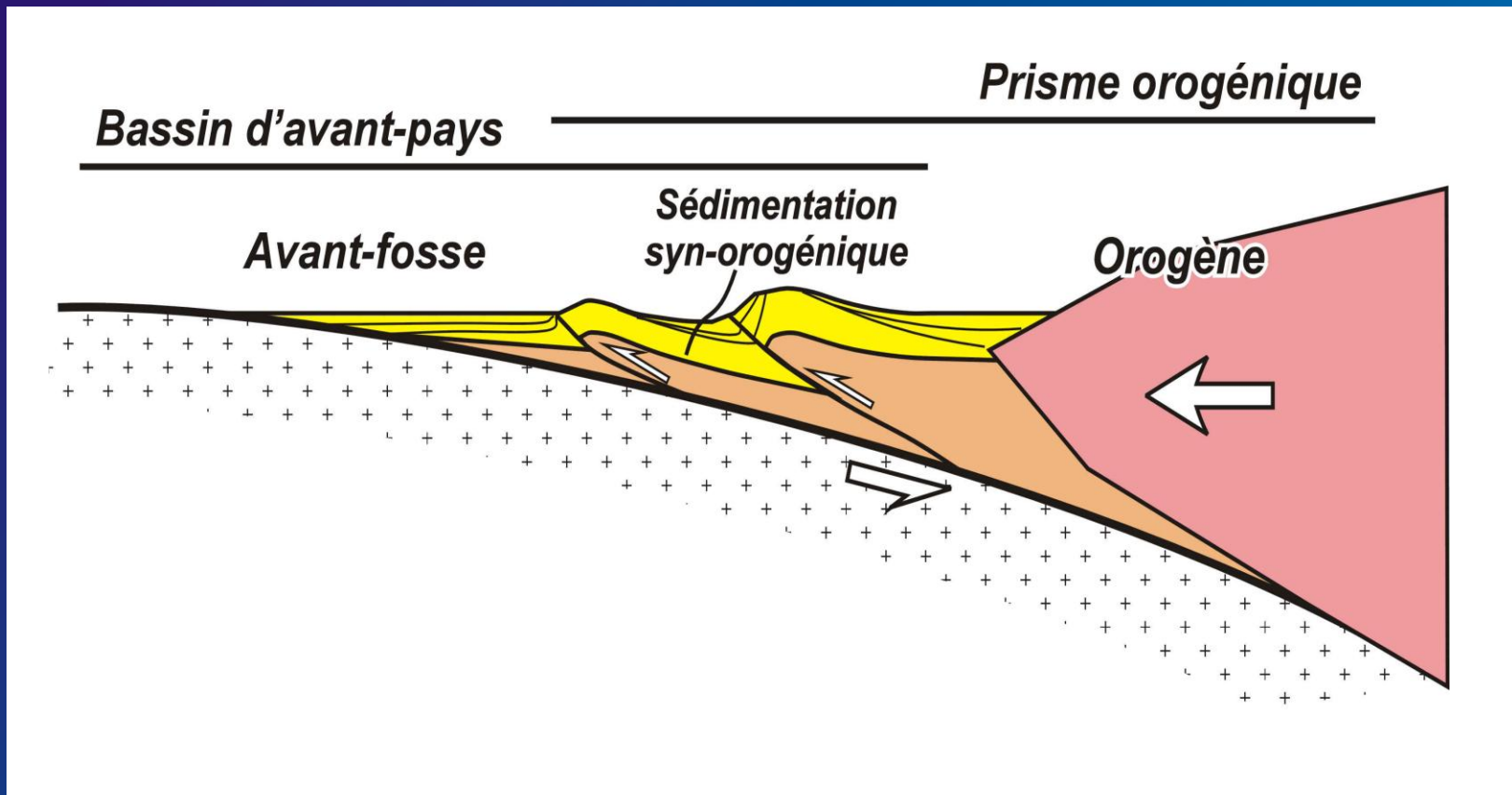
Bassin sur-alimenté
stade « continental »
 $F > 1$

(d'après Sinclair)



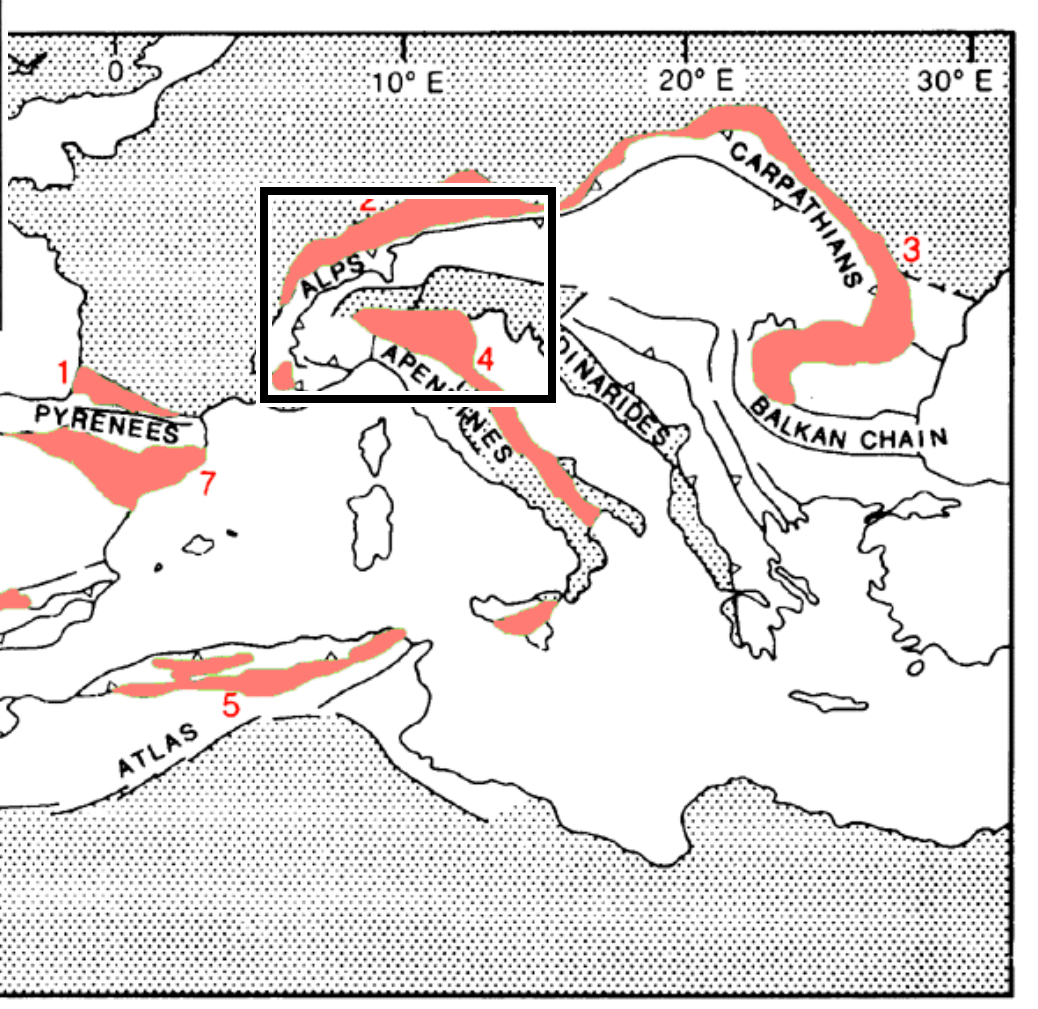
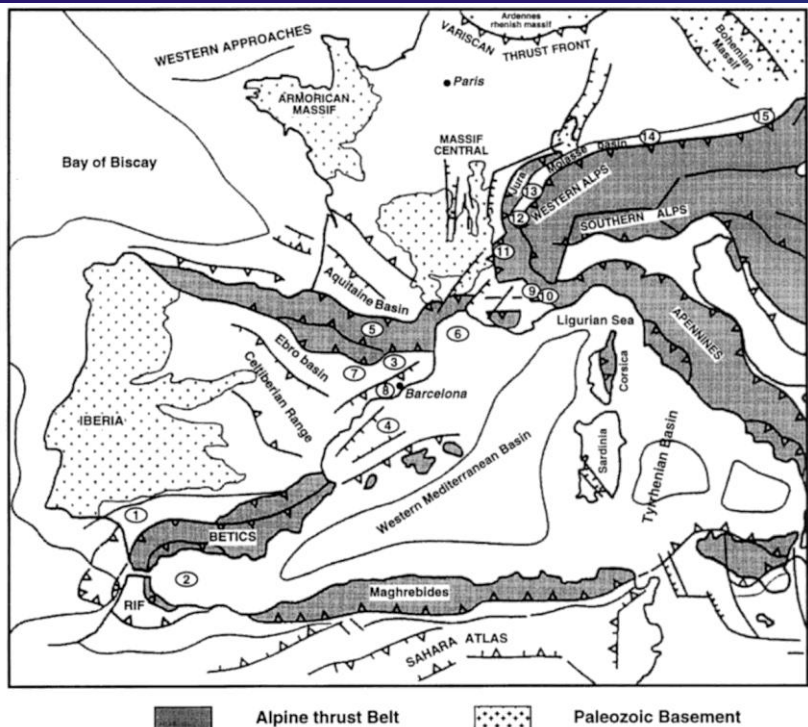
(d'après L. Barrier)

Le système chaîne plissée-bassin d'avant-pays des orogènes

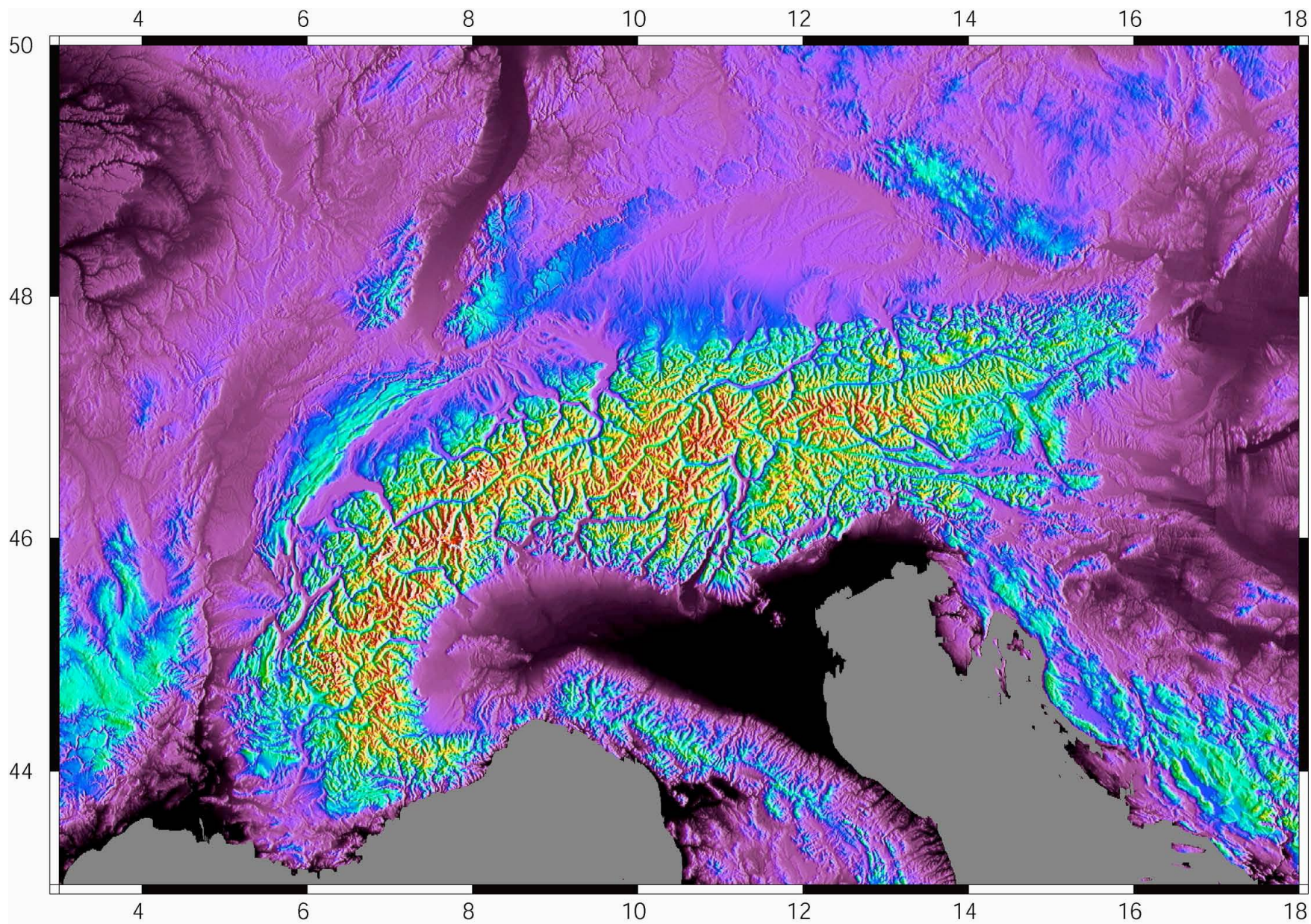


Le bassin d'avant-pays alpin

L'orogénèse alpine



Bassins d'avant-pays



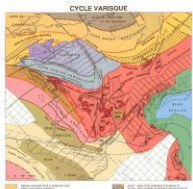
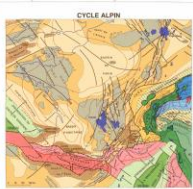
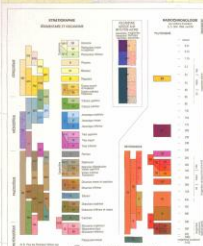
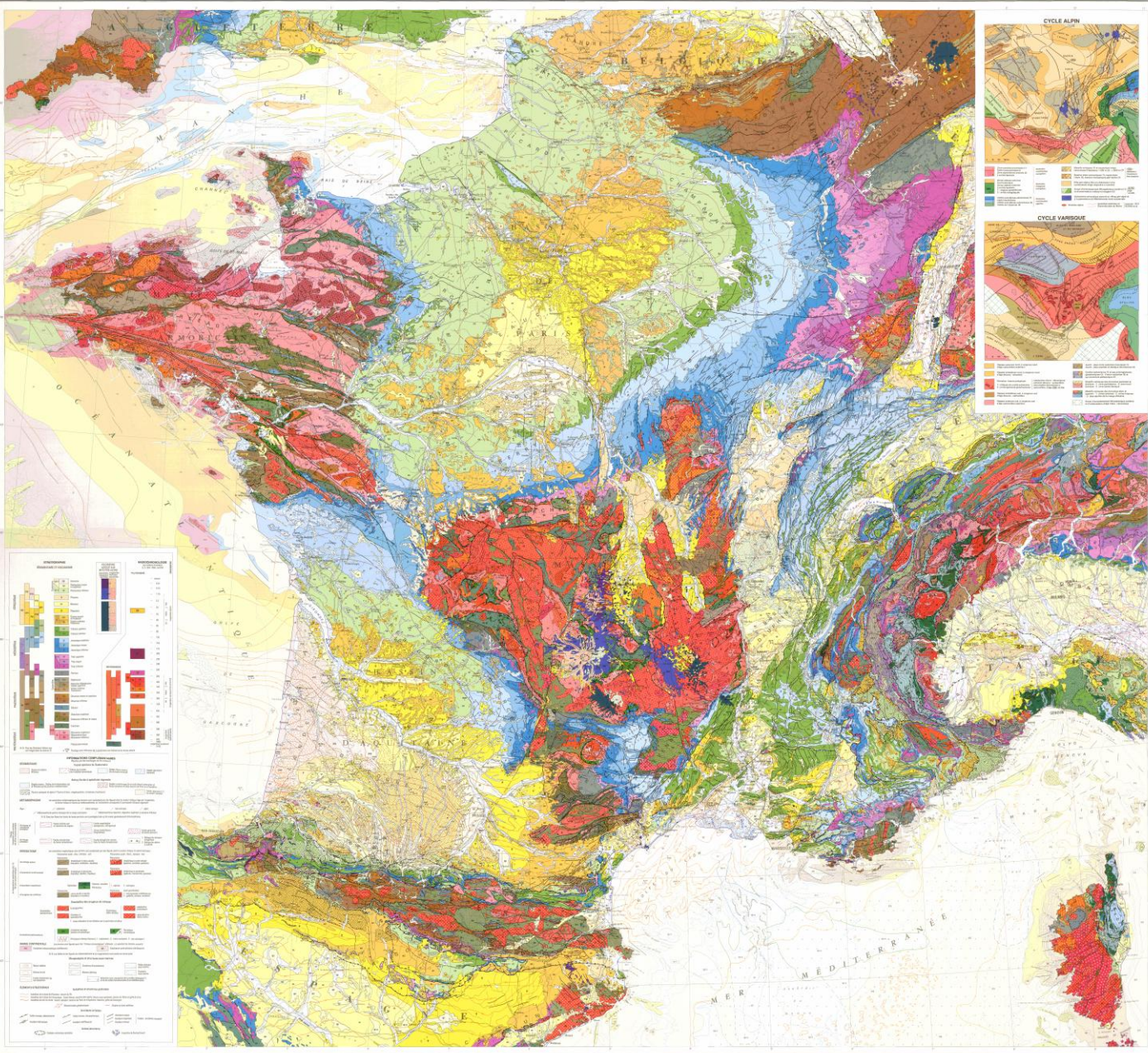


MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE
 BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
 BRGM

CARTE GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE

à l'échelle du millionième
 0° édition

UNION EUROPÉENNE
 COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES
 BRGM, 1994. Ce document est la propriété de BRGM. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de BRGM est formellement interdite. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de BRGM est formellement interdite.



CONVENTIONS GÉNÉRALES
 Les symboles utilisés sur la carte ont une signification précise. Ils sont définis dans les légendes ci-dessous. Les couleurs des unités géologiques sont indiquées dans le schéma stratigraphique.

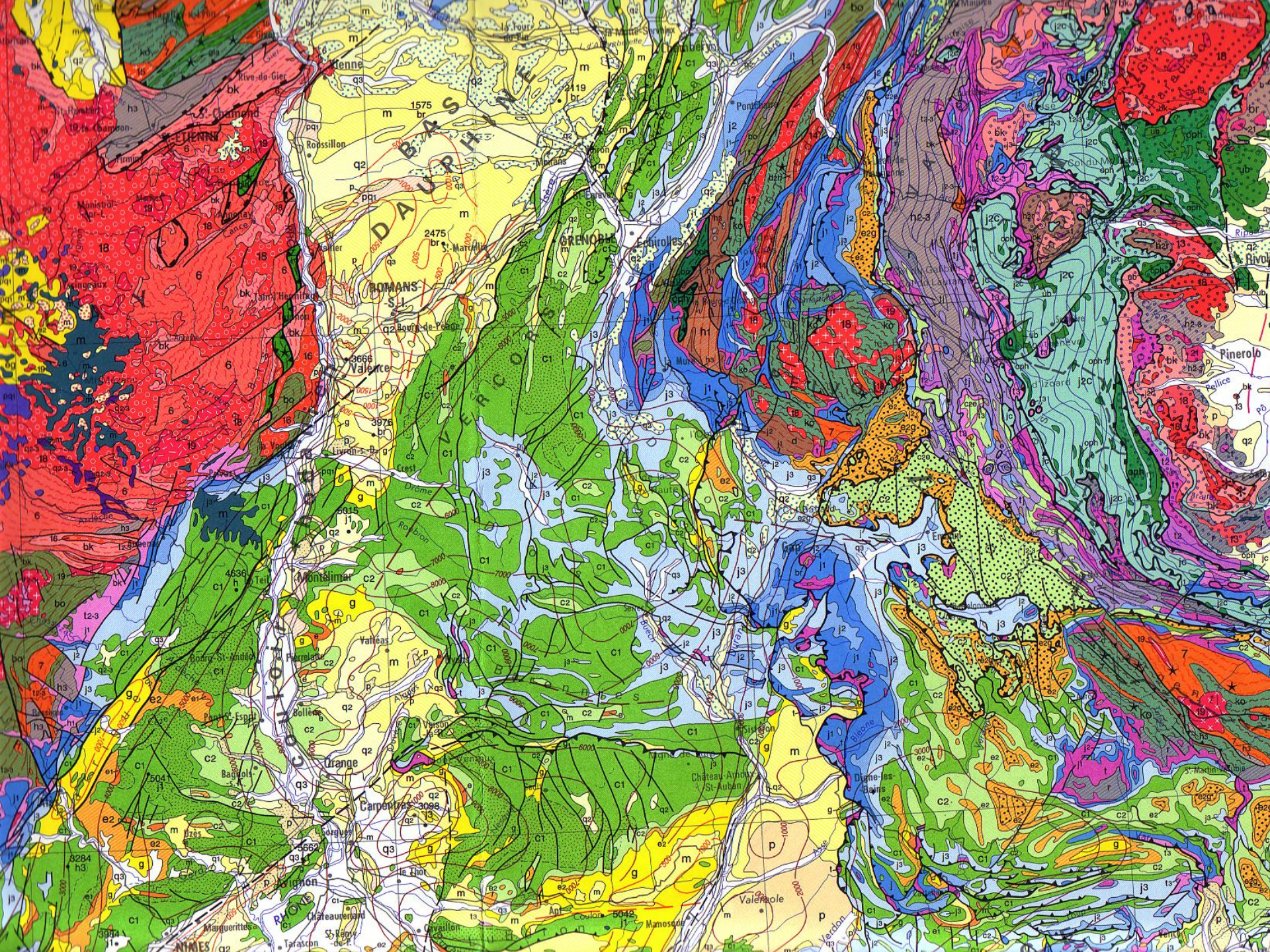
SYMBOLIQUE GÉNÉRALE
 Les symboles suivants sont utilisés pour représenter les infrastructures et les limites administratives.

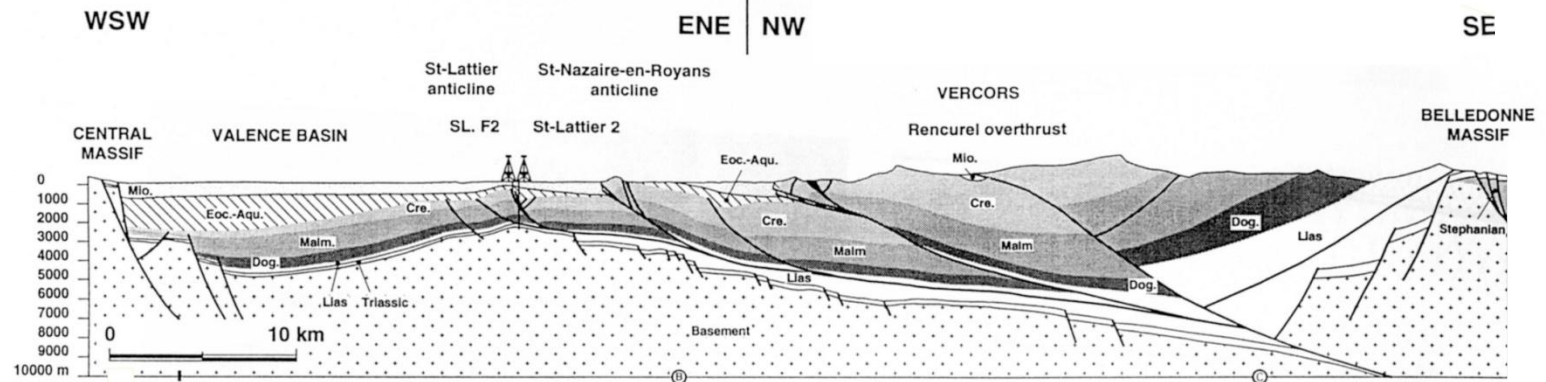
SYMBOLIQUE GÉOLOGIQUE
 Les symboles suivants sont utilisés pour représenter les unités géologiques et les structures tectoniques.

SYMBOLIQUE TOPOGRAPHIQUE
 Les symboles suivants sont utilisés pour représenter les reliefs et les formes du terrain.

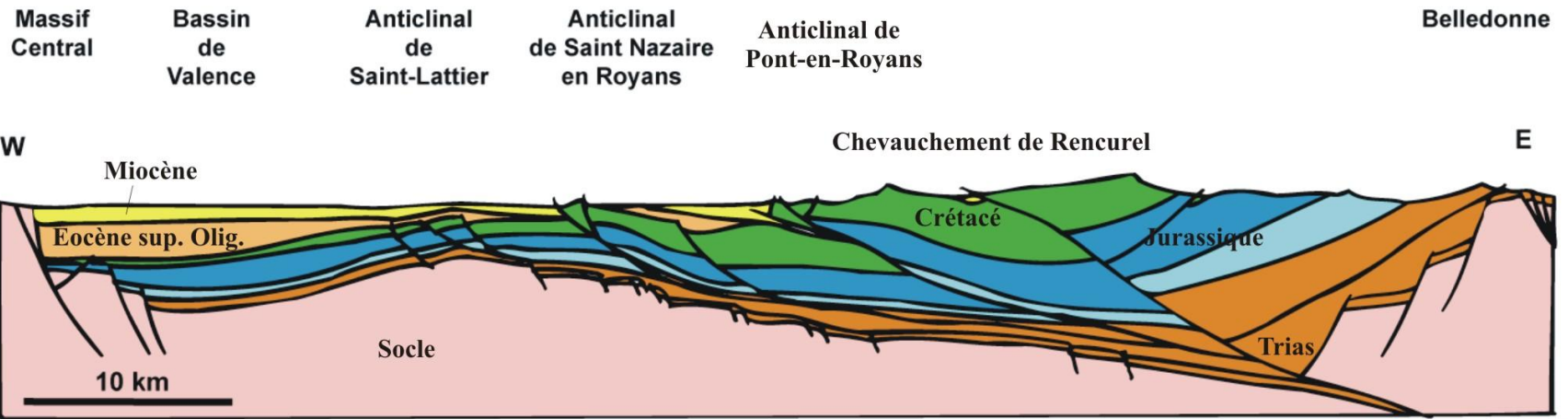
SYMBOLIQUE HYDROLOGIQUE
 Les symboles suivants sont utilisés pour représenter les cours d'eau et les zones humides.

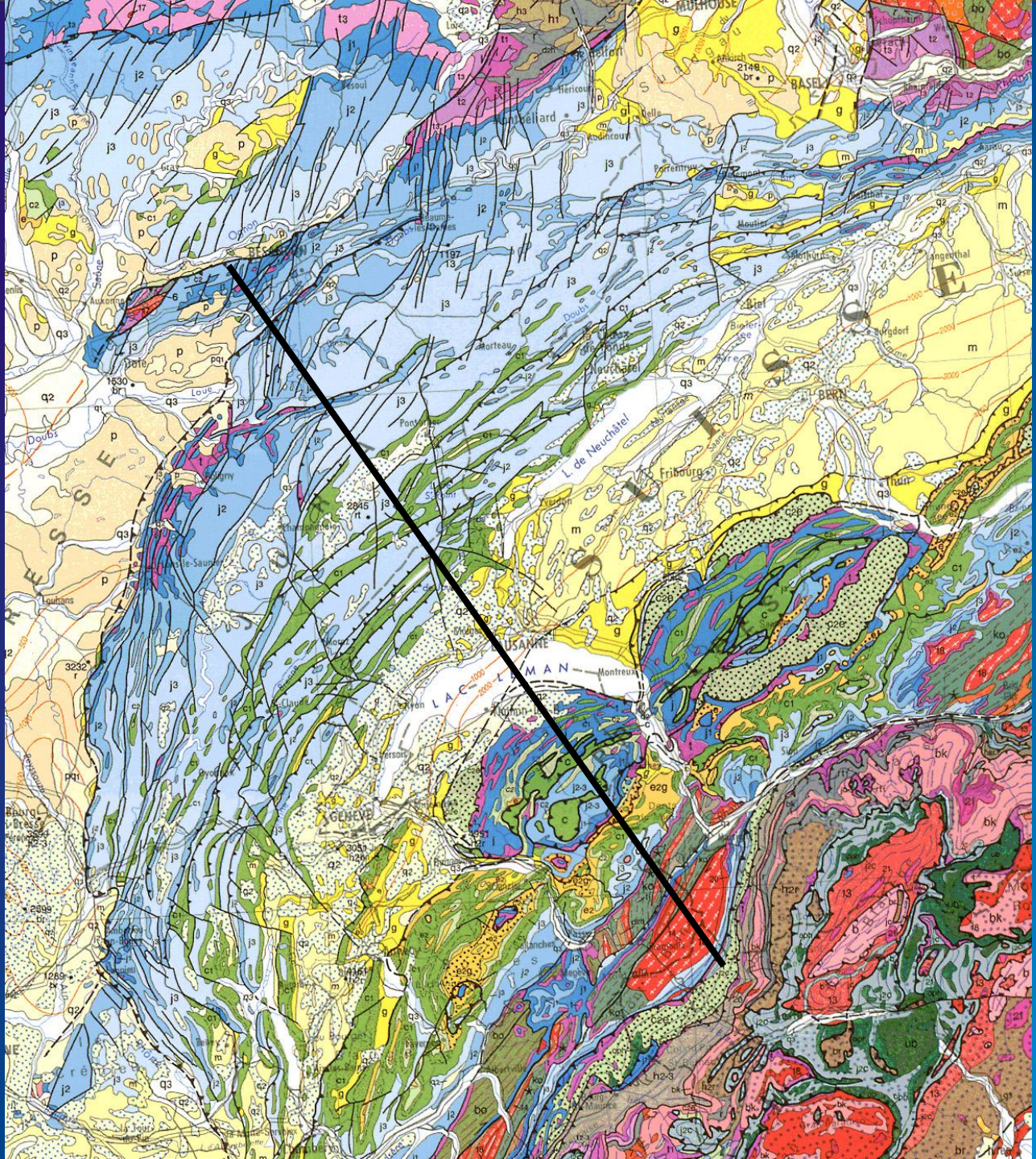
SYMBOLIQUE ÉCONOMIQUE
 Les symboles suivants sont utilisés pour représenter les sites industriels et les zones d'exploitation.



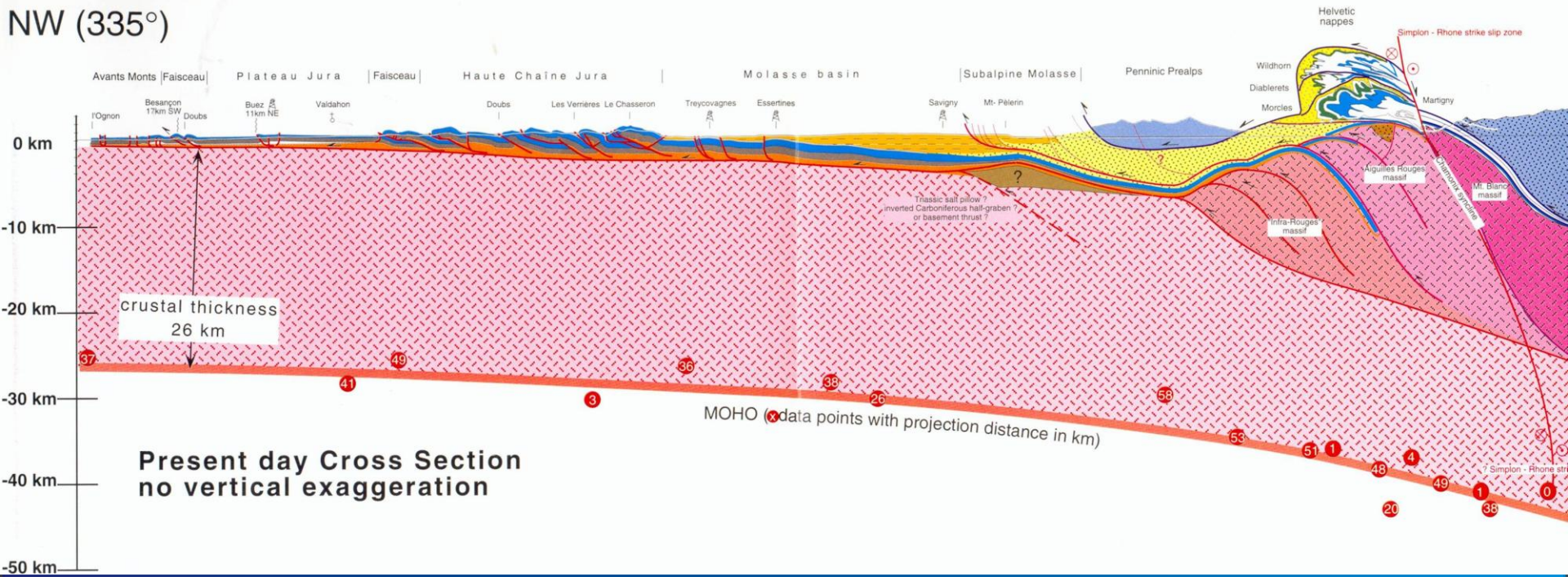


VERCORS





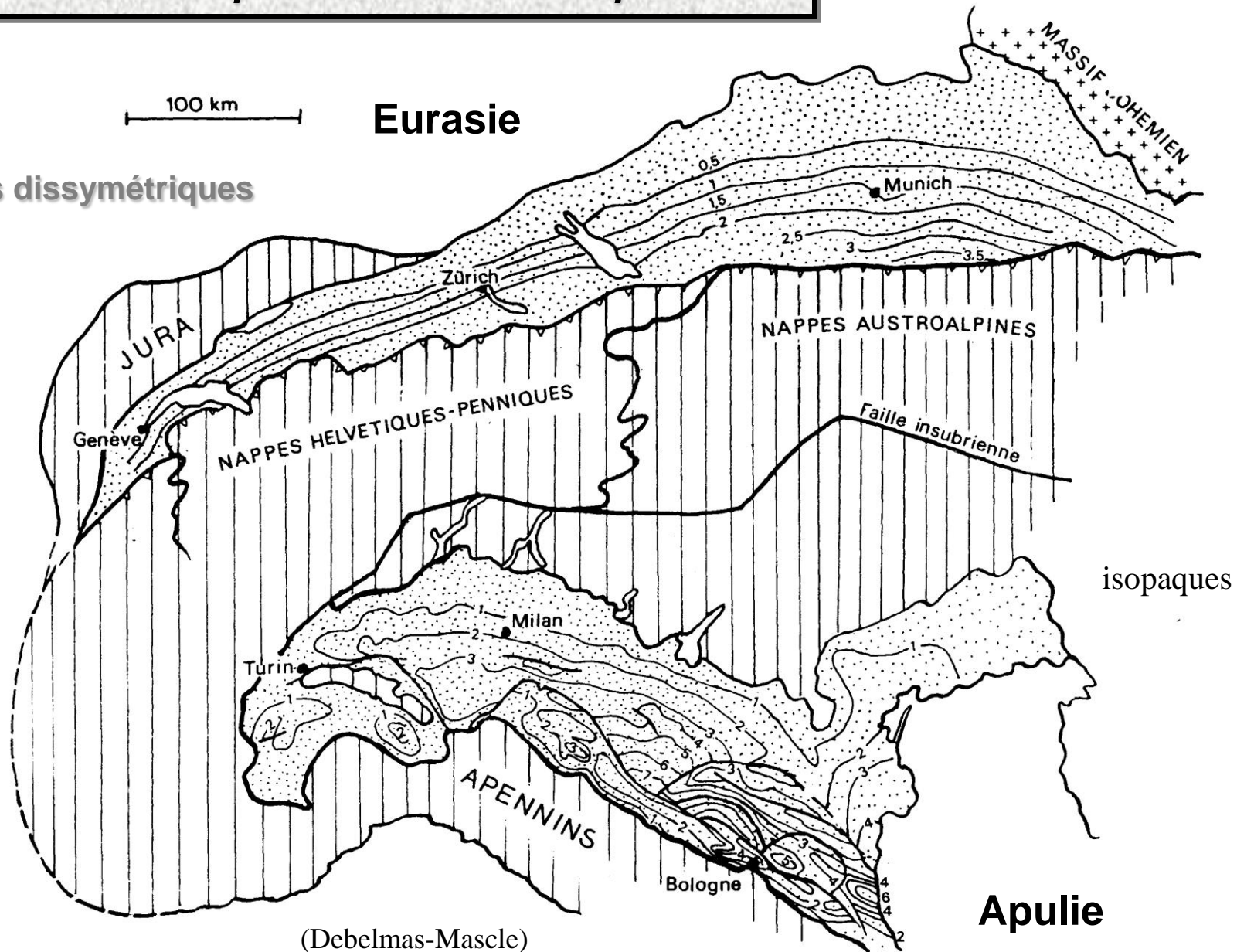
NW (335°)



(Burkhard et Sommaruga, 1998)

Bassin molassique suisse et bassin padan

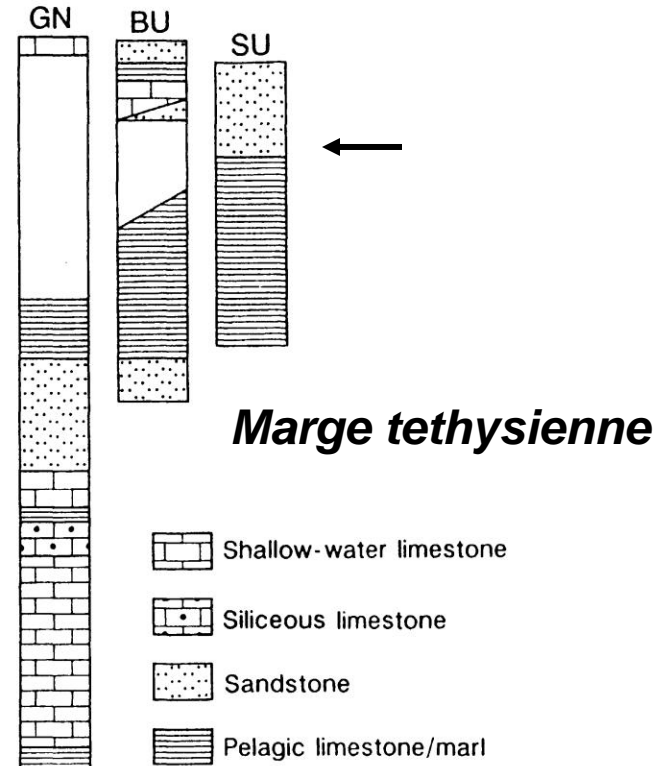
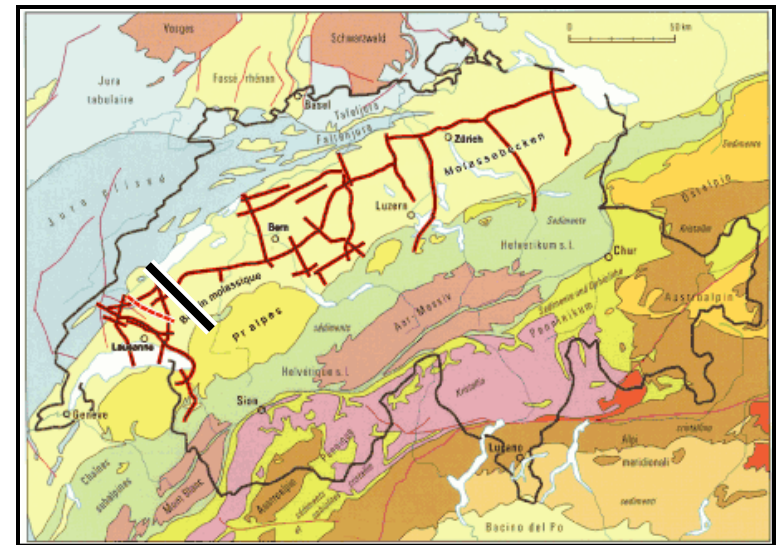
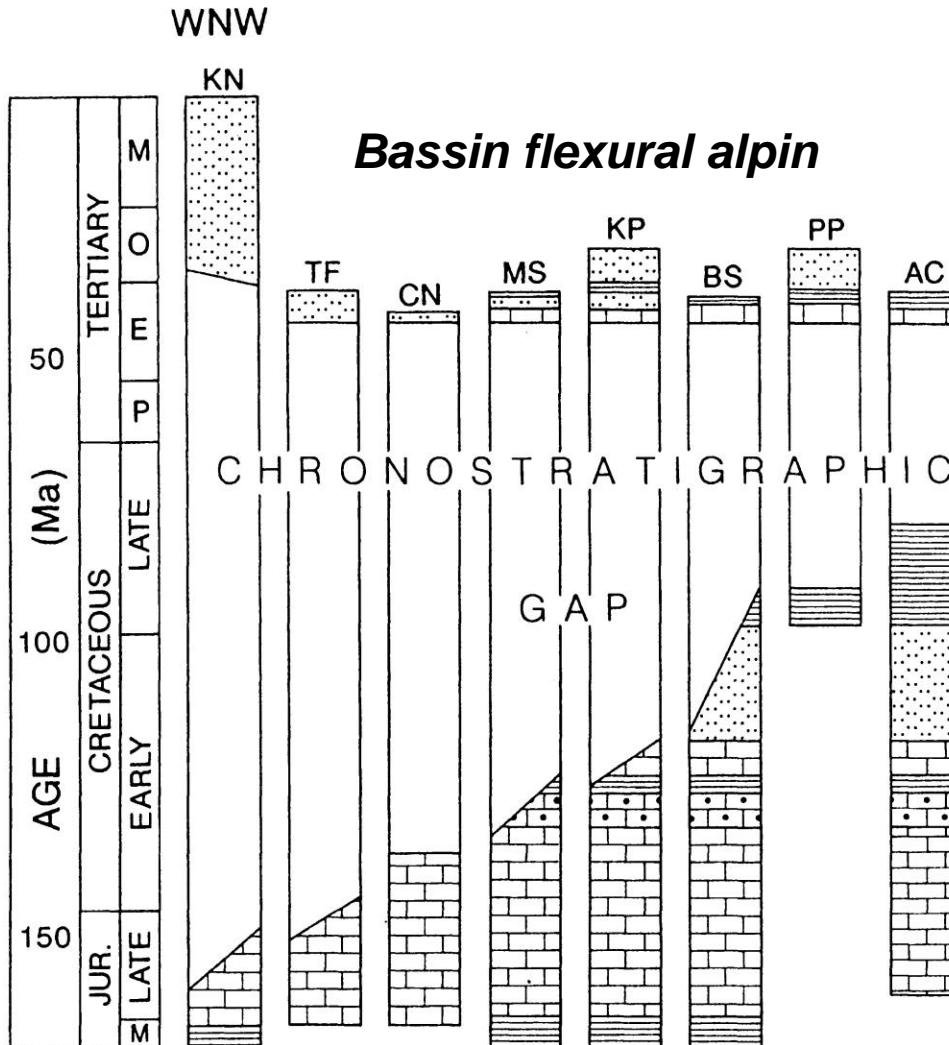
Bassins dissymétriques



(Debelmas-Masclé)

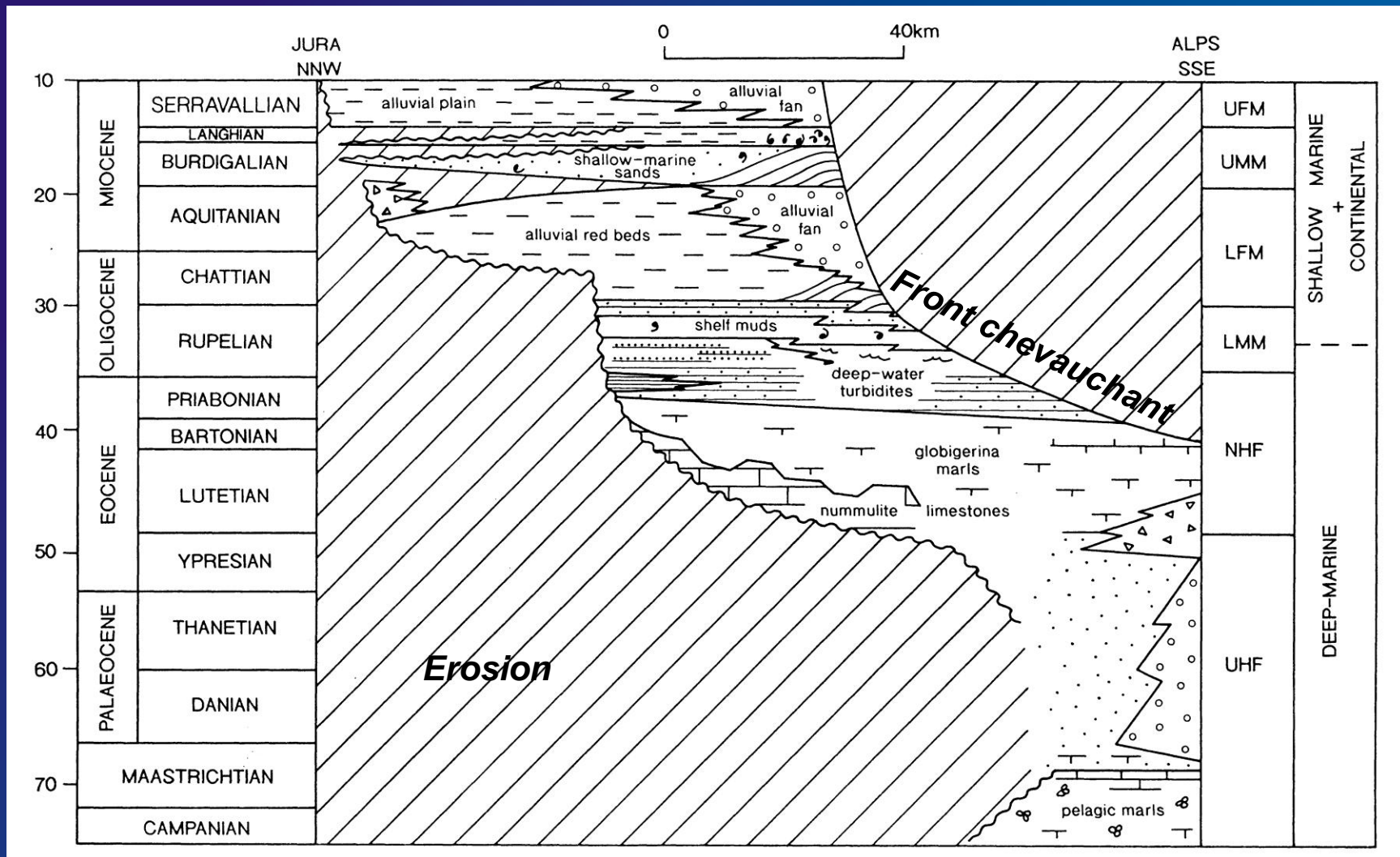
Apulie

Stratigraphie et géométrie du bassin molassique



Stratigraphie et milieux de dépôts tertiaires dans le bassin alpin

(d'après Sinclair)



« *Flyschs* » Eocène alpins : les grès d 'Annot



Dépôts marins profonds
turbiditiques éocènes
(Priabonien)

Soulignent l'initiation du
bassin flexural



Molasse Alpine

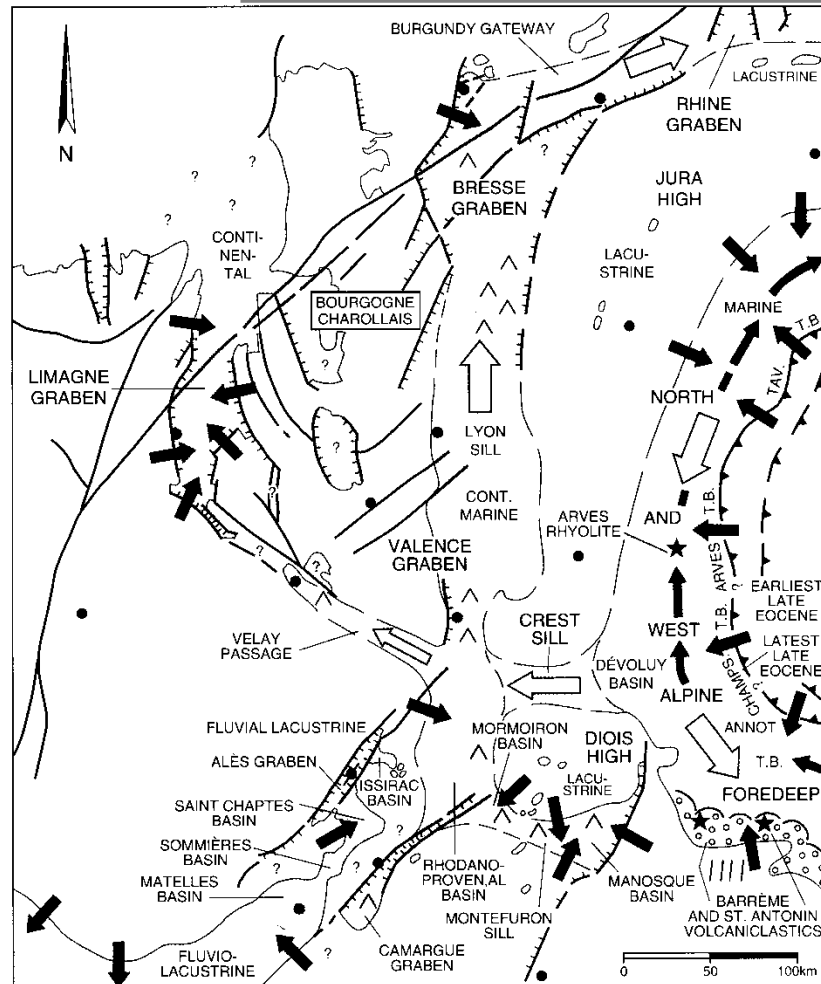
Dépôts fluvi-marins miocènes
contemporains de la croissance de la chaîne



Dépôts d'avant-pays proximaux

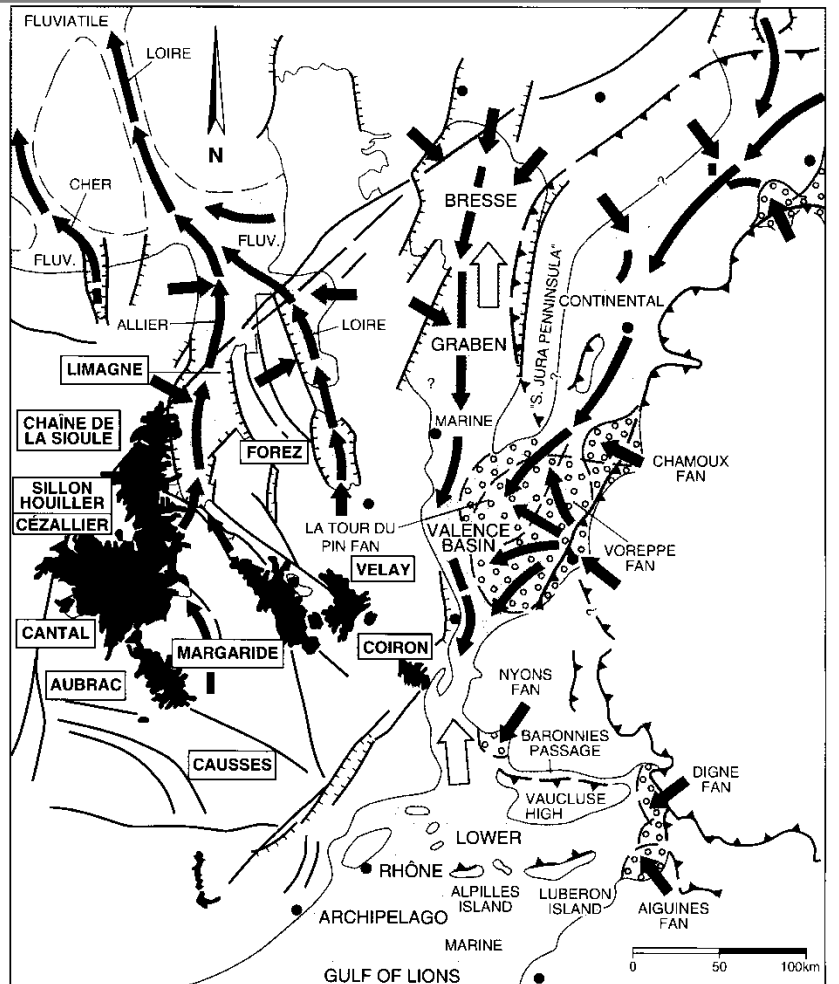
Paléogéographie de l'avant-pays alpin : des flyschs éocènes aux molasses oligo-miocènes

(Sissingh, 1996)



LATE EOCENE: PRIABONIAN

- | | | | |
|--|---|--|--|
| | GENERAL DIRECTION OF MARINE INCURSION | | EVAPORITES |
| | LOCAL DIRECTION OF CLASTIC SUPPLY | | ORGANIC (ANOXIC) |
| | REGIONAL DIRECTION OF CLASTIC TRANSPORT | | THRUST FRONT |
| | | | ACTIVE VOLCANIC AREA OF MASSIF CENTRAL |



MIDDLE-LATE MIOCENE P.P.: LANGHIAN-TORTONIAN

- | | | | |
|--|---|--|--|
| | GENERAL DIRECTION OF MARINE INCURSION | | (POSSIBLE) ISLAND AND / OR SHOAL |
| | LOCAL DIRECTION OF CLASTIC SUPPLY | | THRUST FRONT |
| | REGIONAL DIRECTION OF CLASTIC TRANSPORT | | LATE CENOZOIC VOLCANOES UNDIFF. |
| | | | ACTIVE VOLCANIC AREA OF MASSIF CENTRAL |

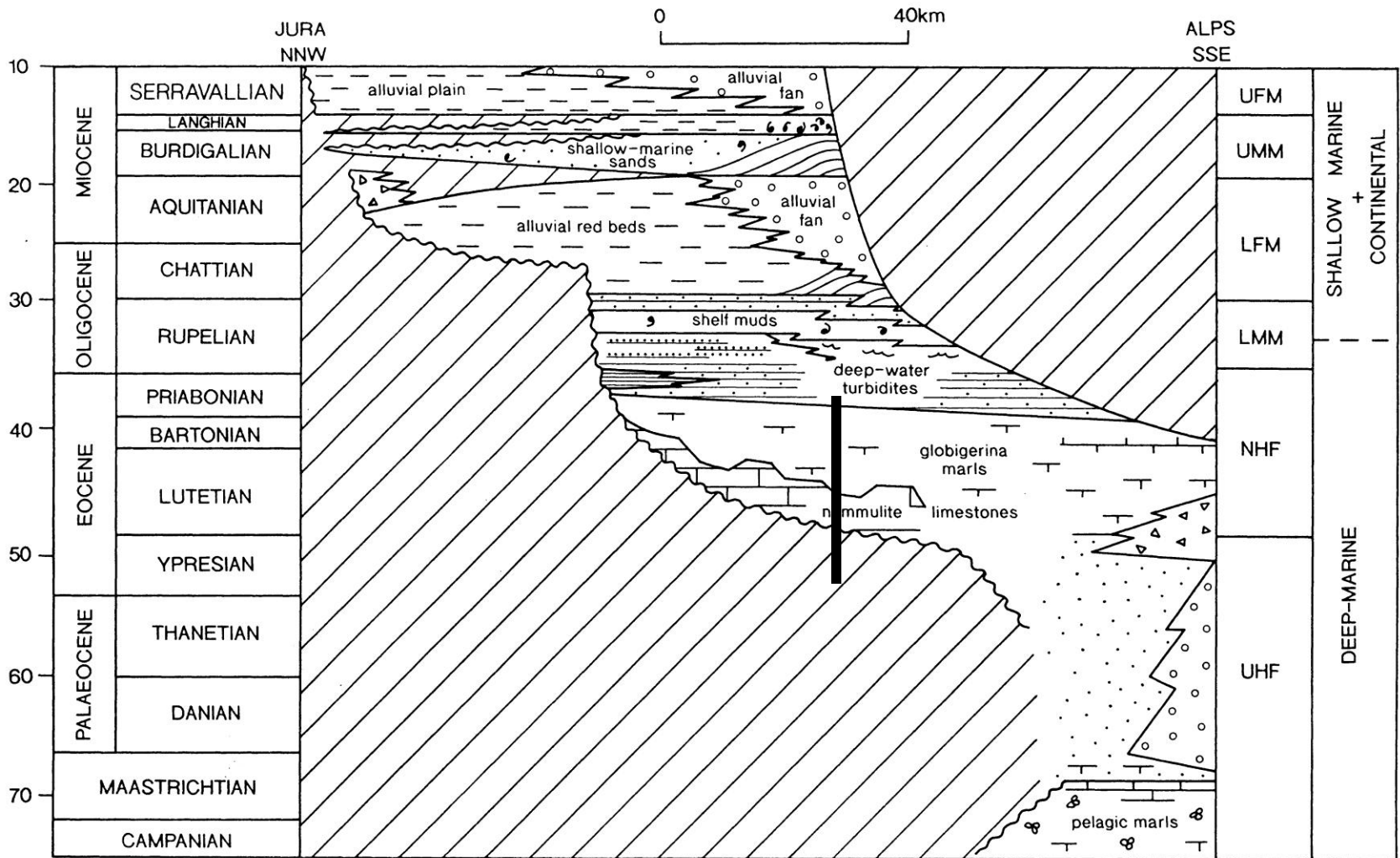






*Conglomérats du
Langhien,
Croix de Lichou*

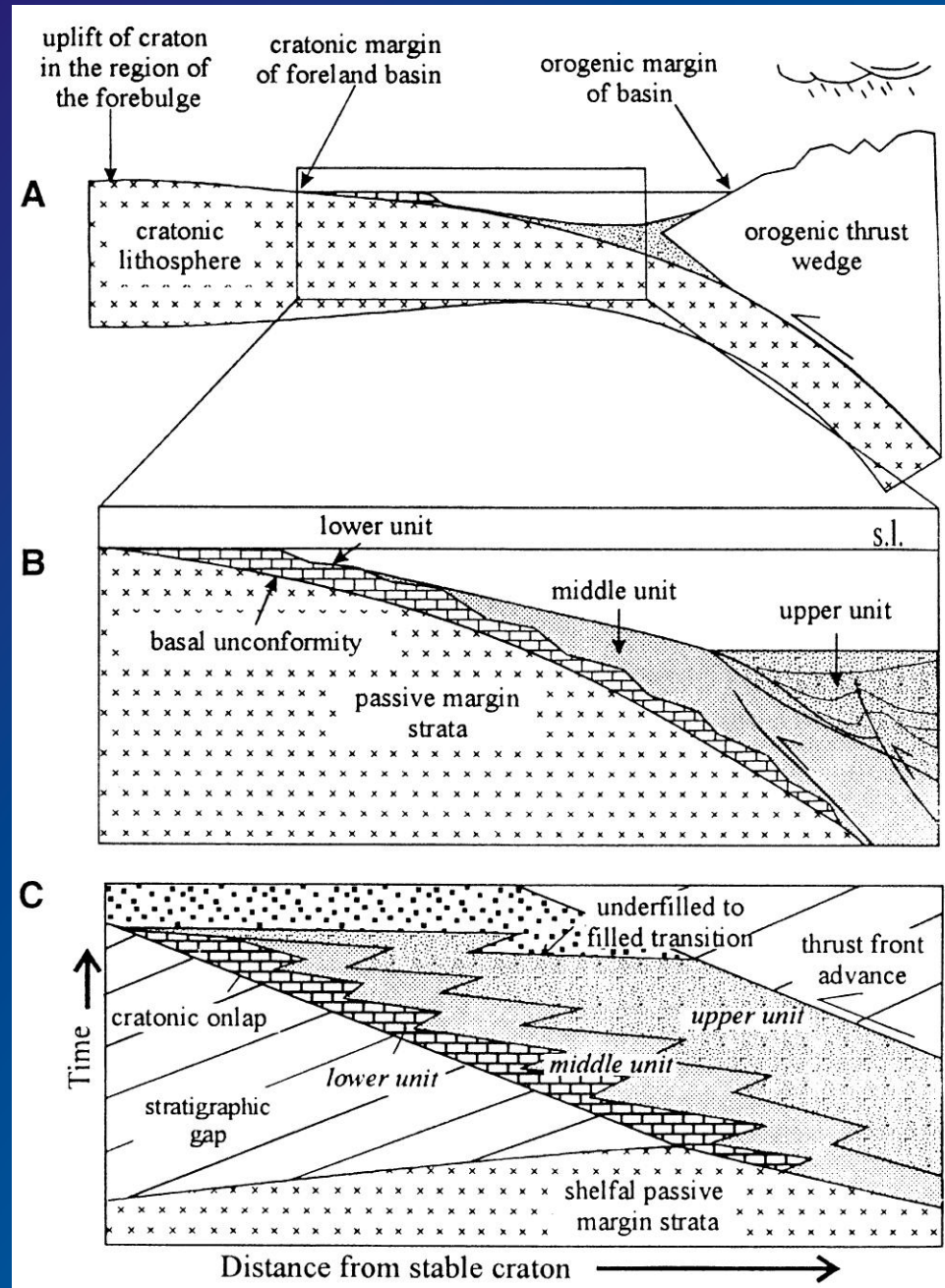
Coupe stratigraphique reconstituée du bassin flexural alpin



*Début du développement
du bassin et migration
sur la marge à l'Eocène*

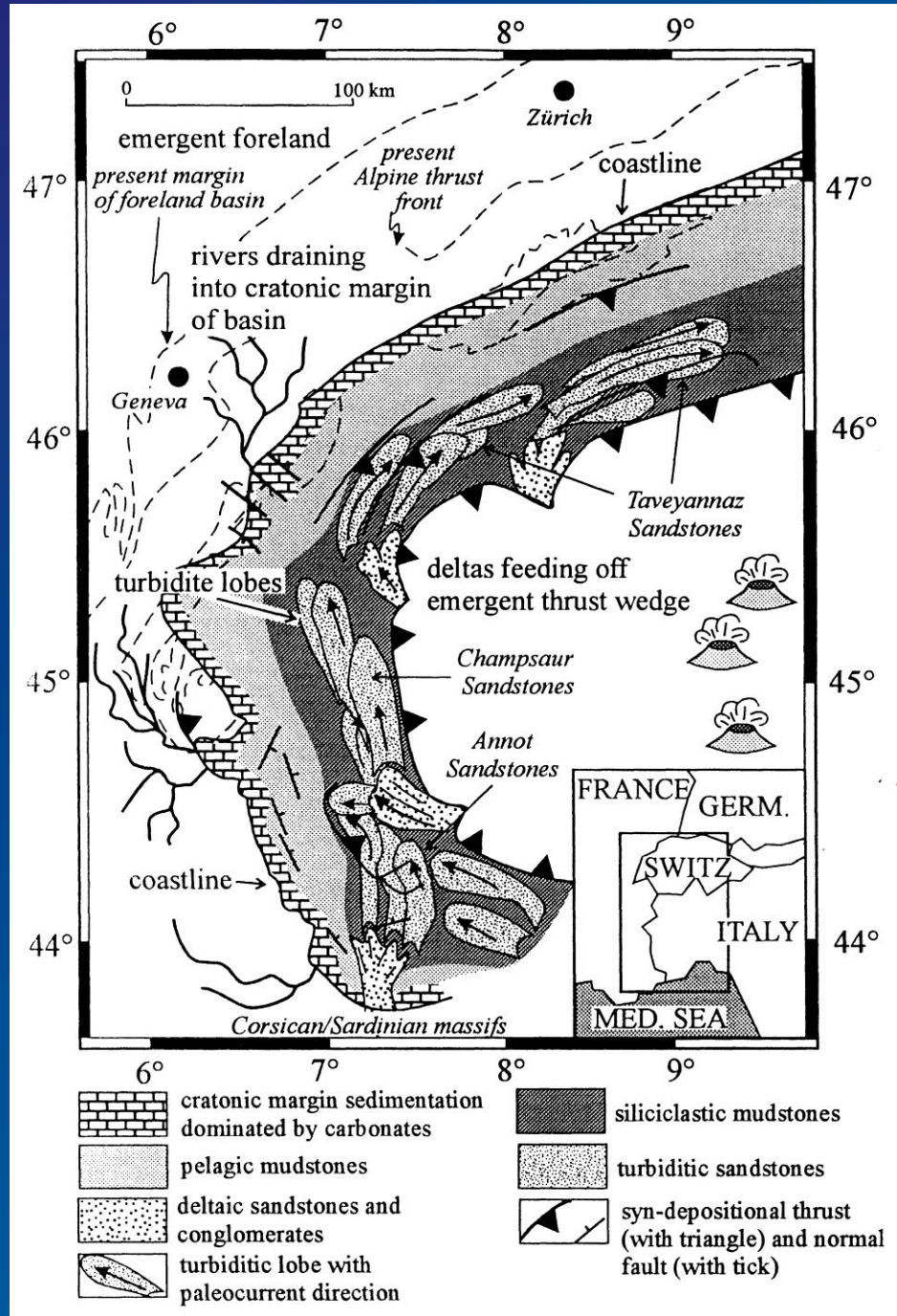
*Reconstitution
du bassin
au Priabonien*

Stratigraphie



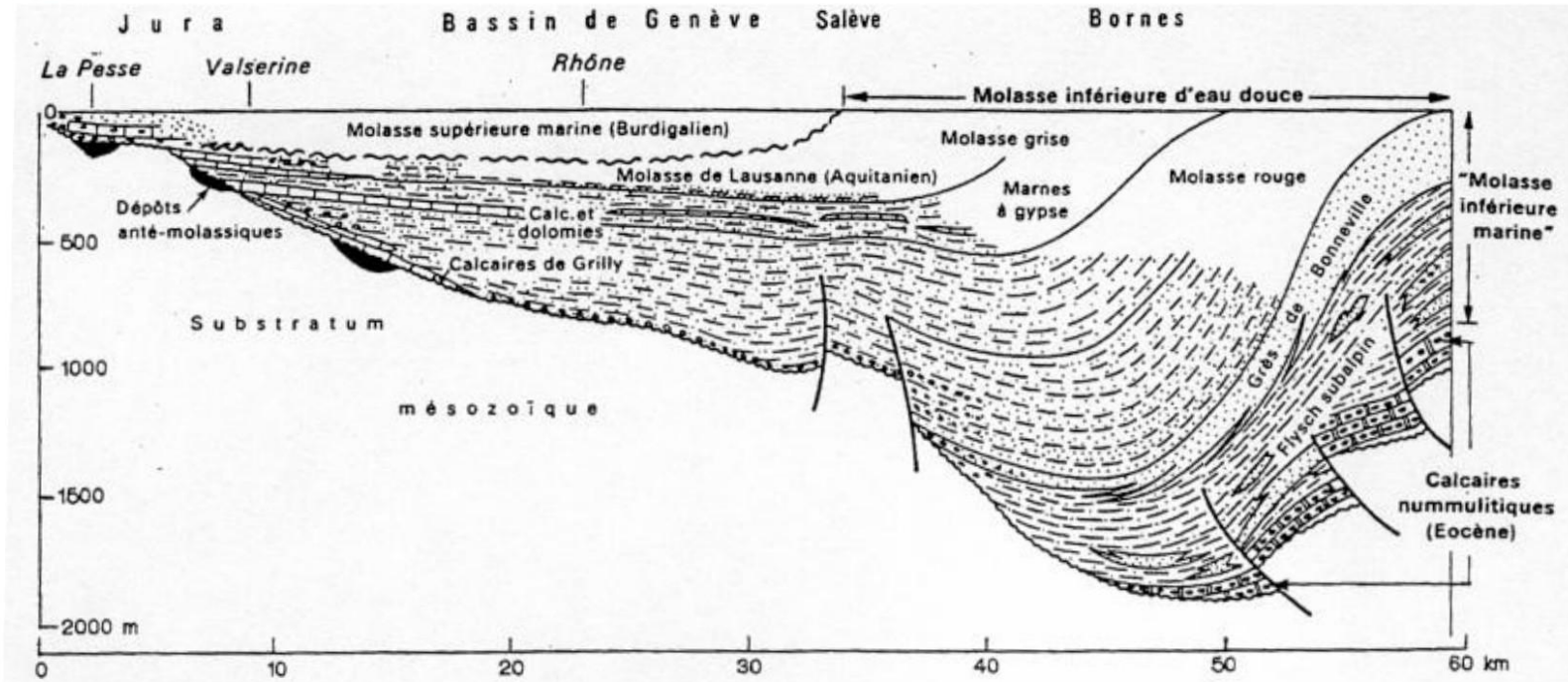
L'avant-pays alpin à l'Eocène

La trilogie calcaire/
marnes/flyschs
souligne la géométrie
initiale du bassin



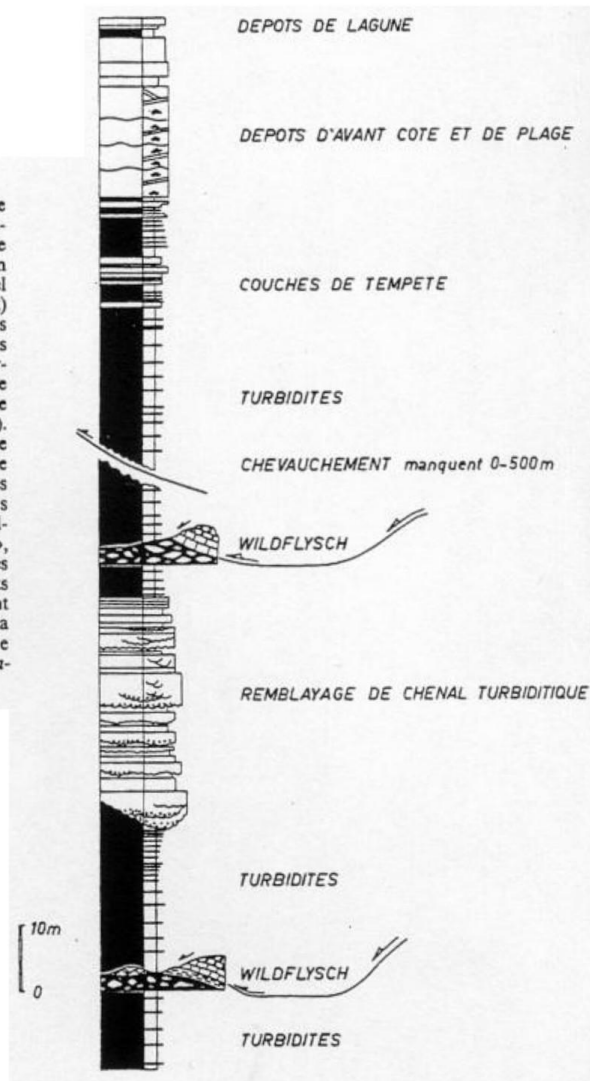
NW

SE

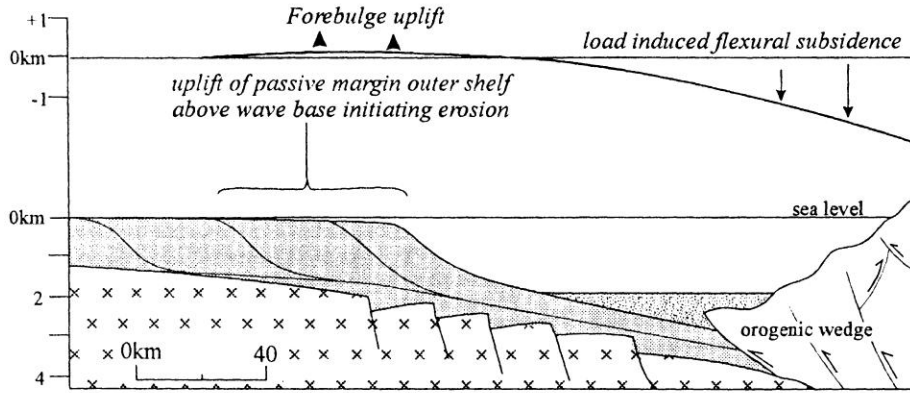


Les dépôts molassiques au front des chaînes subalpines au niveau du sillon savoyard. Reconstitution du bassin flexural avant la tectonisation miocène. D'après Debrand-Passard *et al.*, 1984.

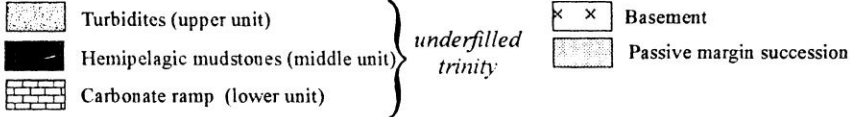
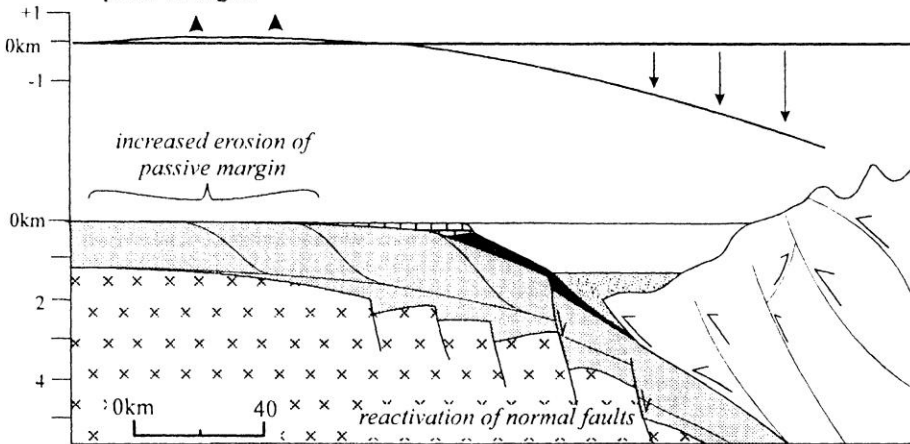
Profil schématique de la Molasse marine inférieure. La partie inférieure montre l'interstratification des olistostromes à matériel préalpin (dérivé du sud-est) avec les pélites et turbidites provenant du sud-est. Les corps gréseux plus importants de la série turbiditique sont des remplissages de chenaux (faciès « Cucloz »). La partie supérieure montre la série régressive terminale de ce groupe (faciès « grès de Bonneville », « grès des Carrières », « grès de Vaulruz », « Horwerplatten », « Baustein »). Les structures sédimentaires des dépôts d'avant-côte et de plage sont des rides de vagues, de la stratification oblique et le *hummocky cross-stratification*.



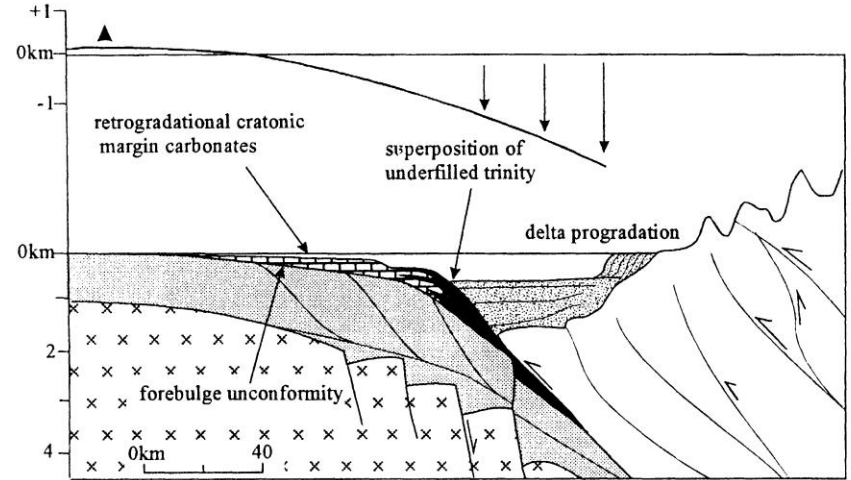
Stage 1. Initial loading of outer passive margin, eg., present day Taiwan, Timor and Papua New Guinea. Paleocene in the Alps.



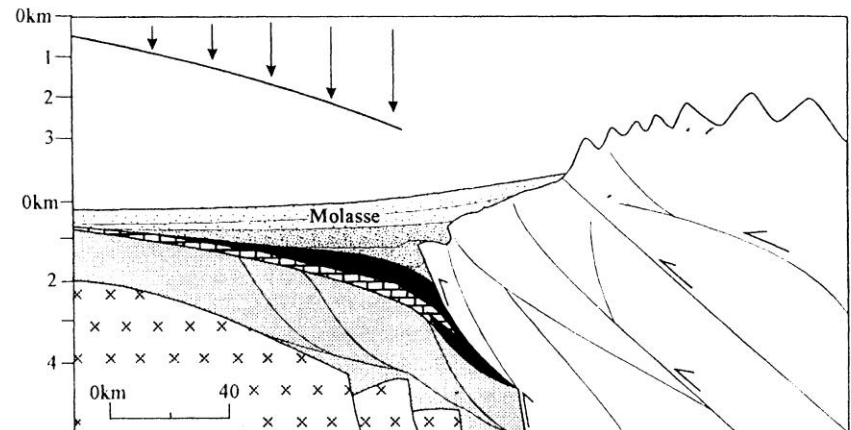
Stage 2. Development of underfilled trinity as flexural profile passes over passive margin.



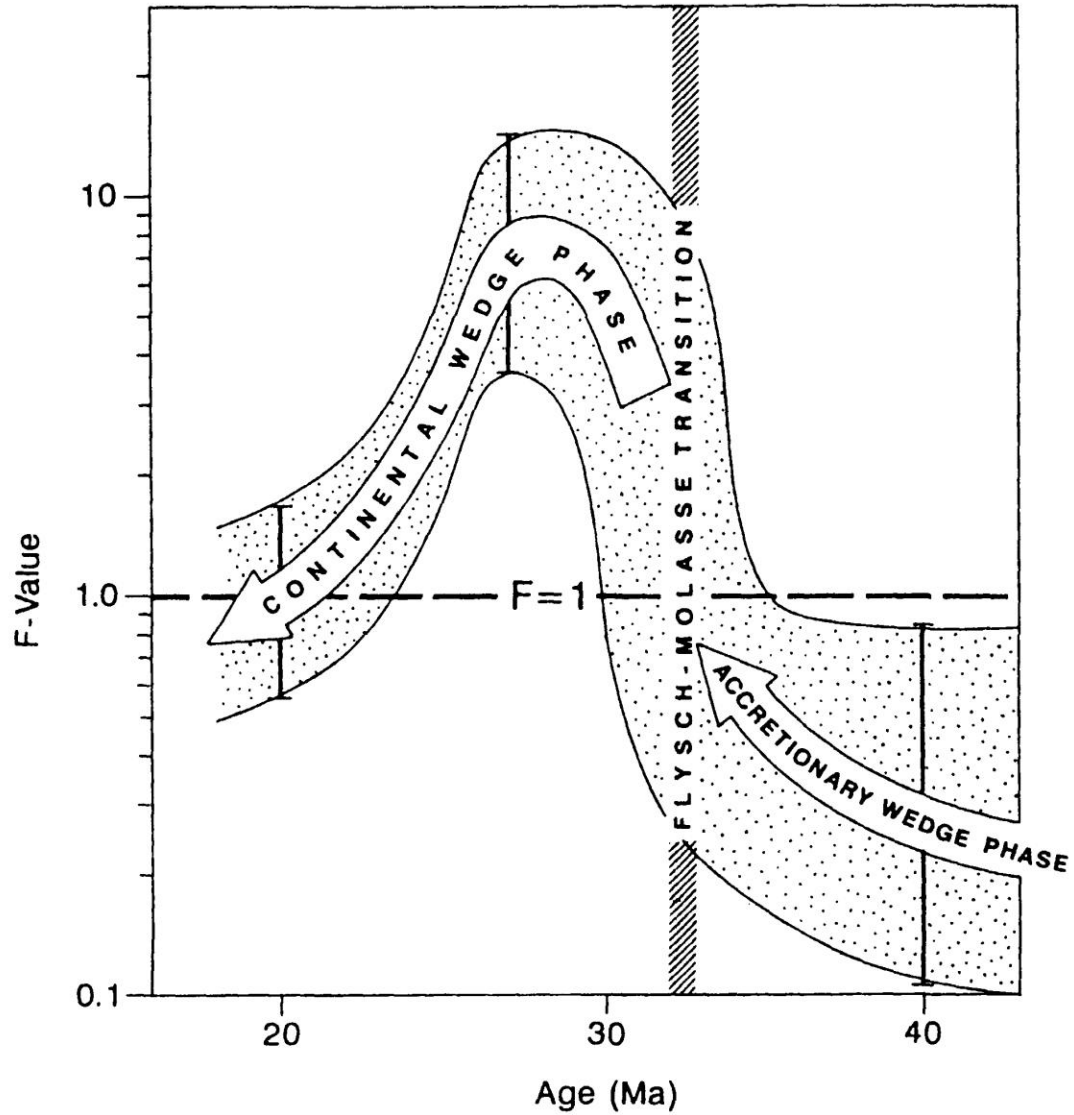
Stage 3. Steady state migration of the underfilled trinity over the craton i.e., rate of thrust front advance equals rate of cratonic onlap



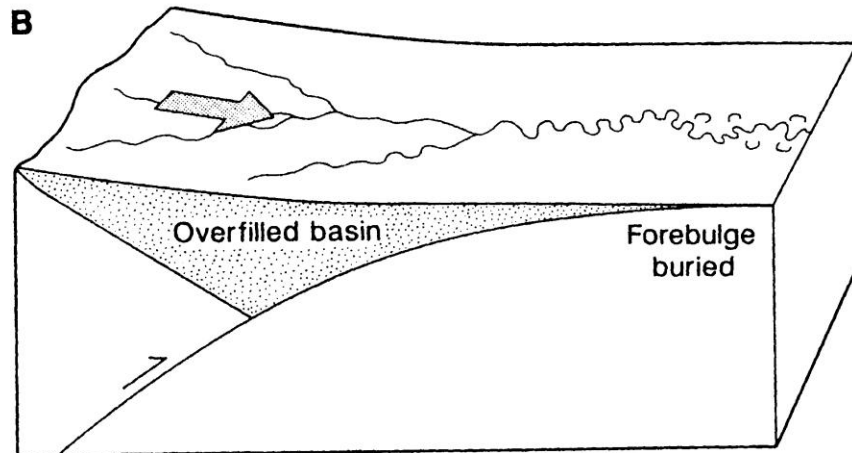
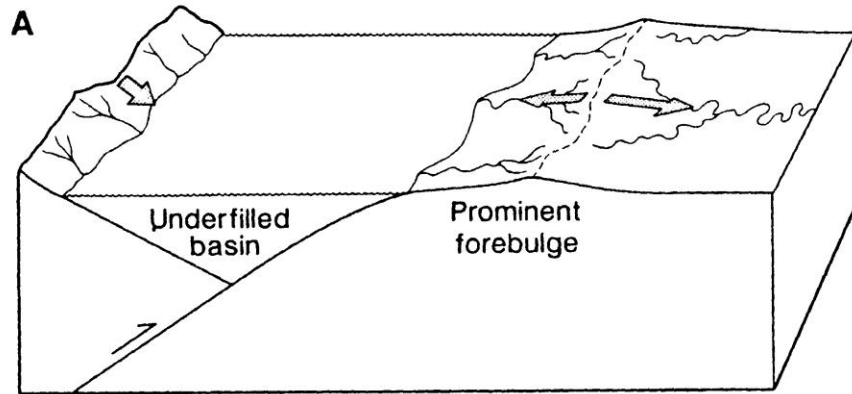
Stage 4. Transition of foreland basin from an underfilled to a filled depositional state. Siliciclastics from orogen fill the basin, smothering the underfilled stratigraphy.



Modèle d'accommodation

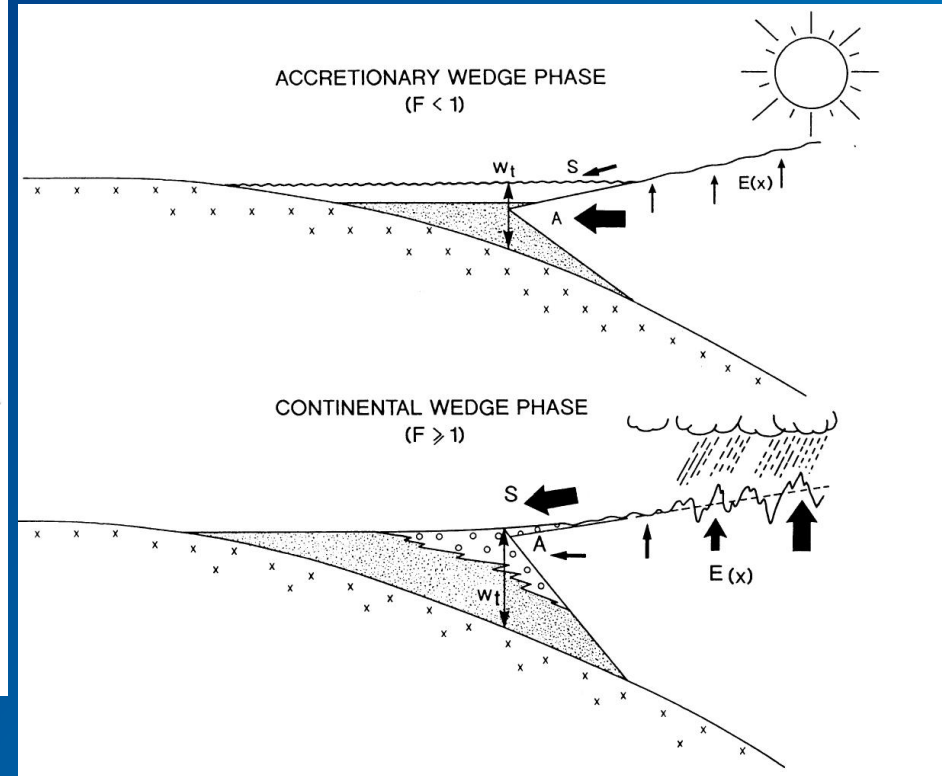


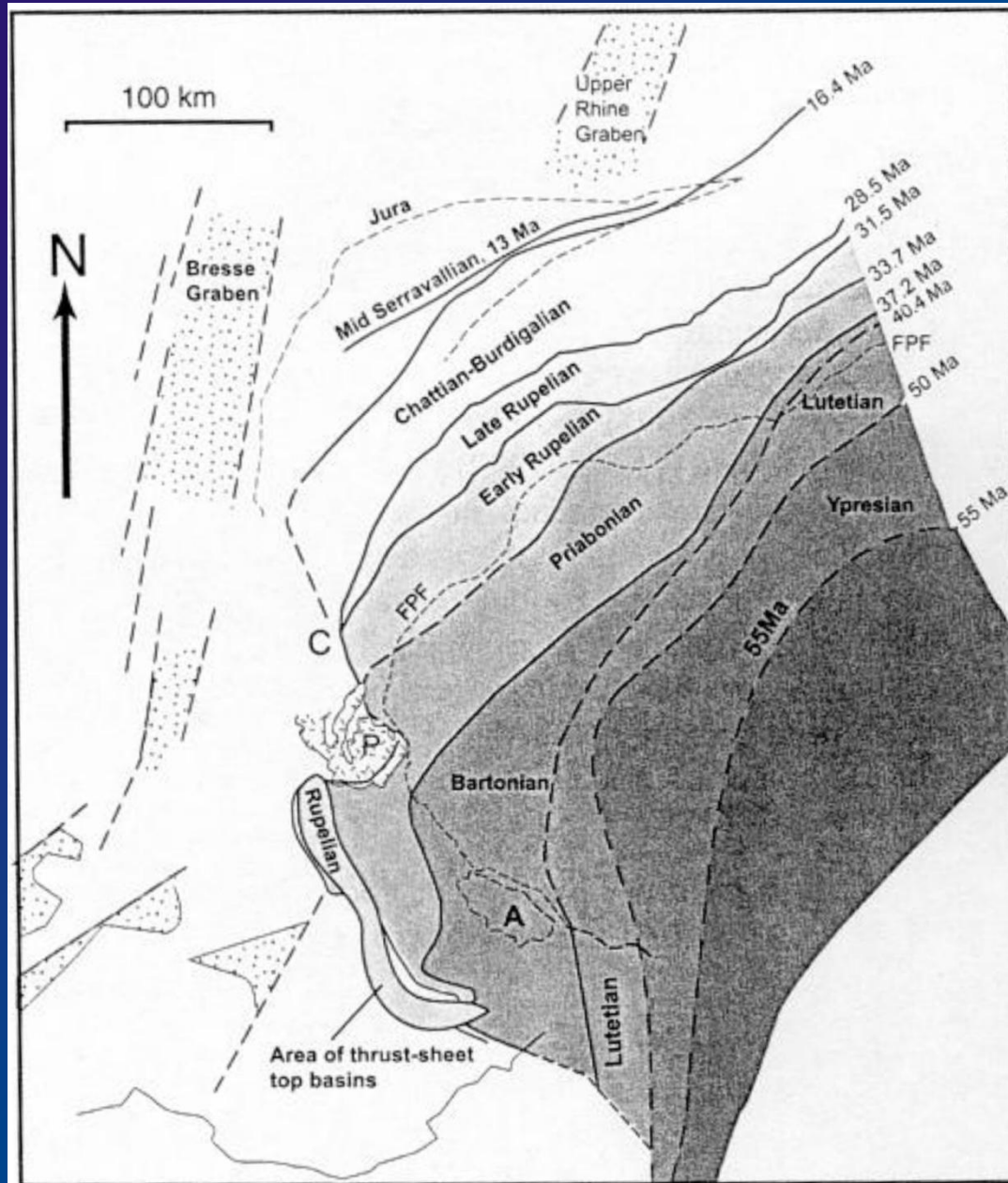
Evolution en 2 stades de l'avant-pays alpin



Stade 1:
Bassin sous-alimenté

Stade 2:
Bassin sur-alimenté



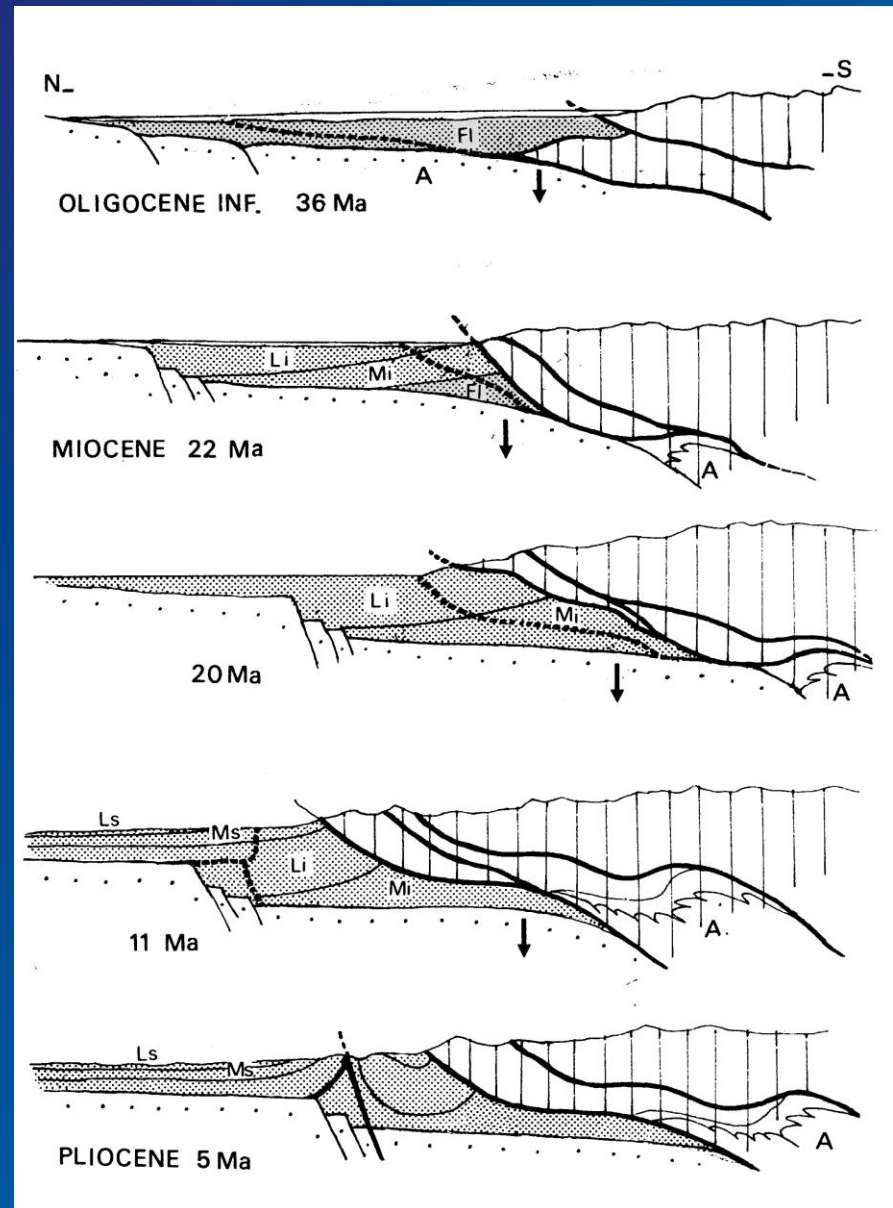


(d'après Ford et al., GSL)

L'ensemble orogène/bassin migre avec la propagation de la collision

Migration des dépocentres molassiques et du front de chevauchement vers les zones externes

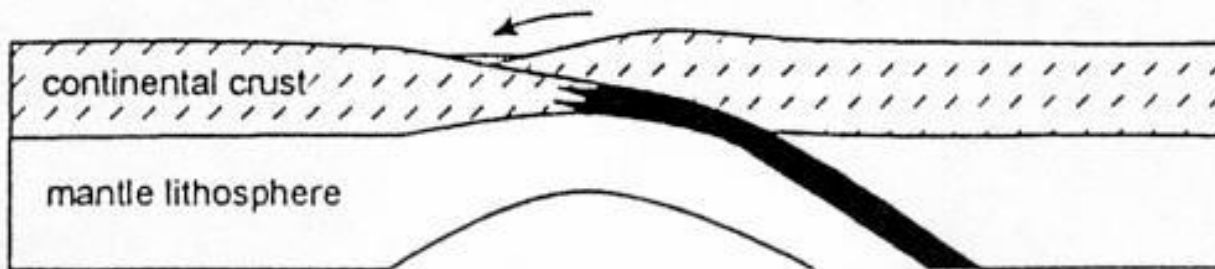
Fl = Flyschs
Mi = Molasse inf. Marine
Li = Molasse inf. Lacustre
Ms = Molasse sup. Marine
Ls = Molasse sup. Lacustre



(Debelmas-Masclé)

subduction

deep-water
flysch basin

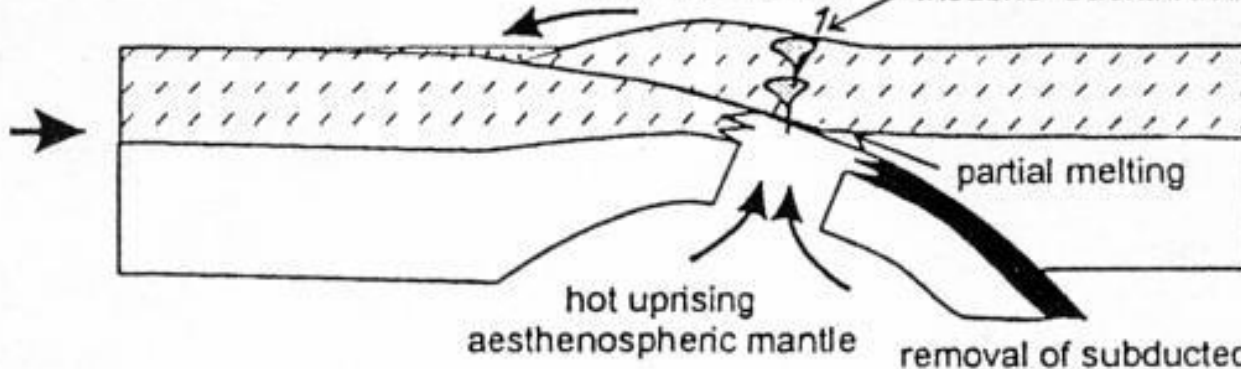


slab breakoff

molasse
basin

accelerated uplift
and exhumation

Insubric backthrusting



Conglomérats de Valensole

Molasse marine Aquitaniennne
Molasse continentale Oligocène

Grès d'Annot
Grès du Champsaur
Eo-Oligocène

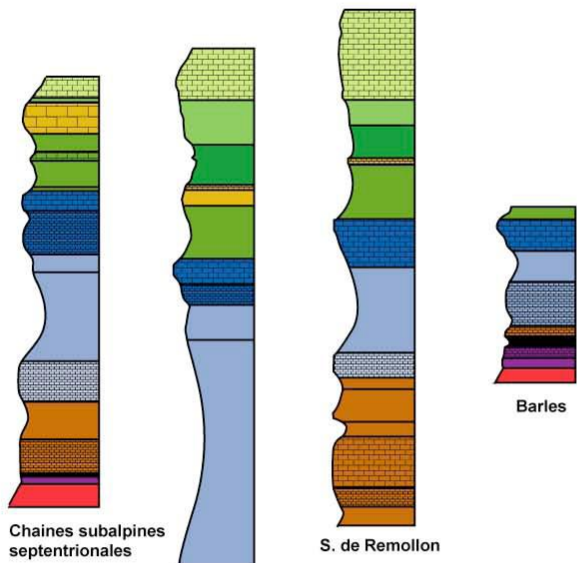
Flysch noir
Eocène

Schistes Lustrés

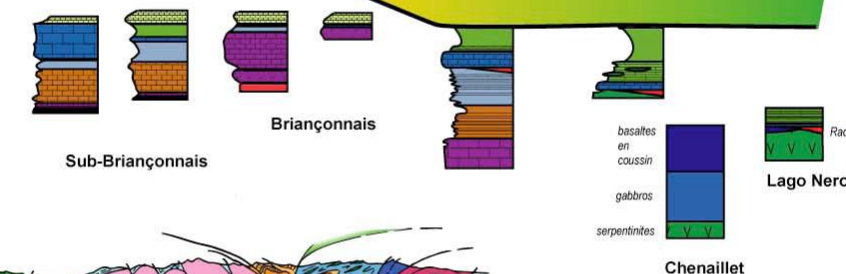
Flysch à helminthoïdes
Crétacé supérieur

M O L A S S E S

F L Y S C H



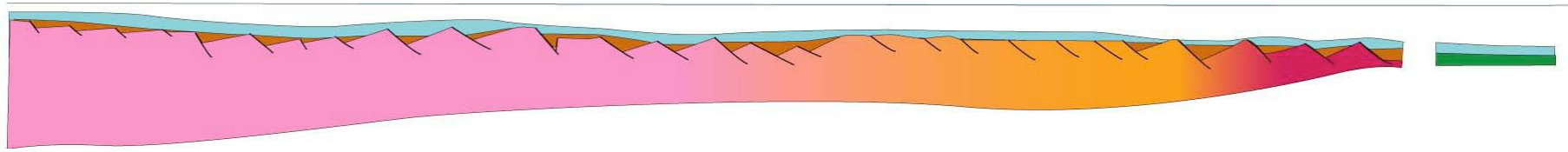
DAUPHINOIS

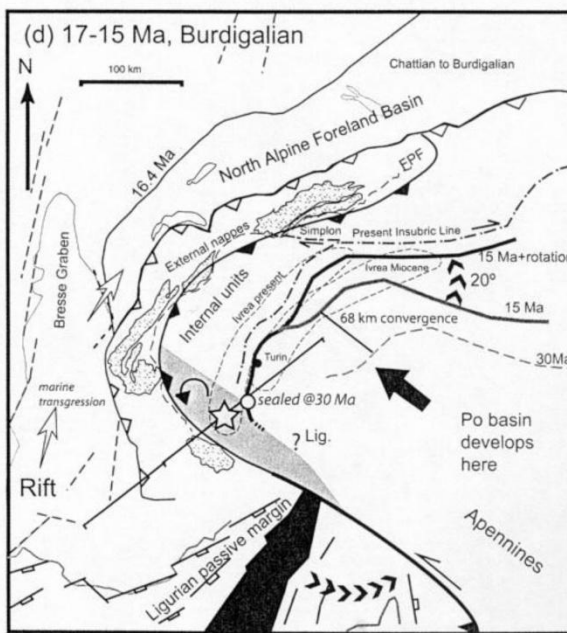
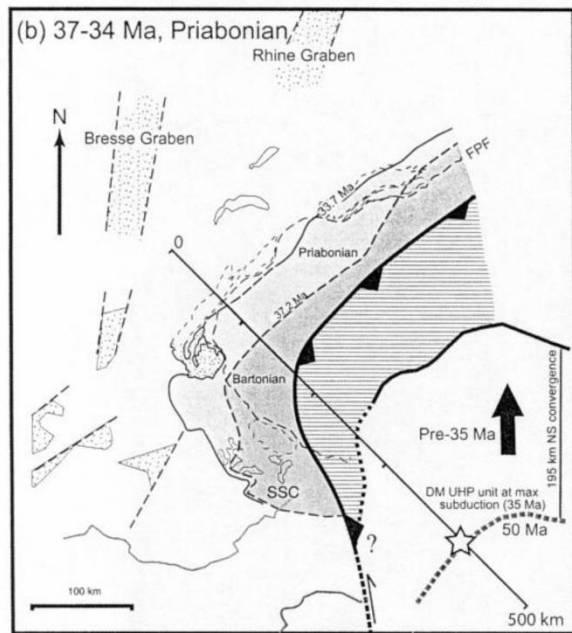
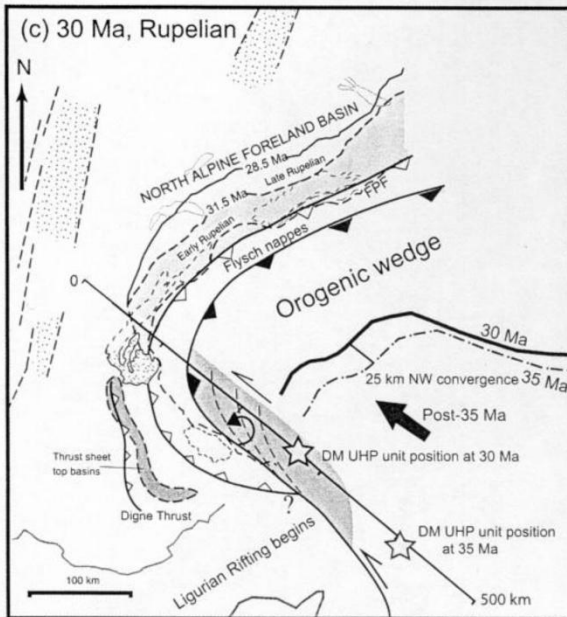
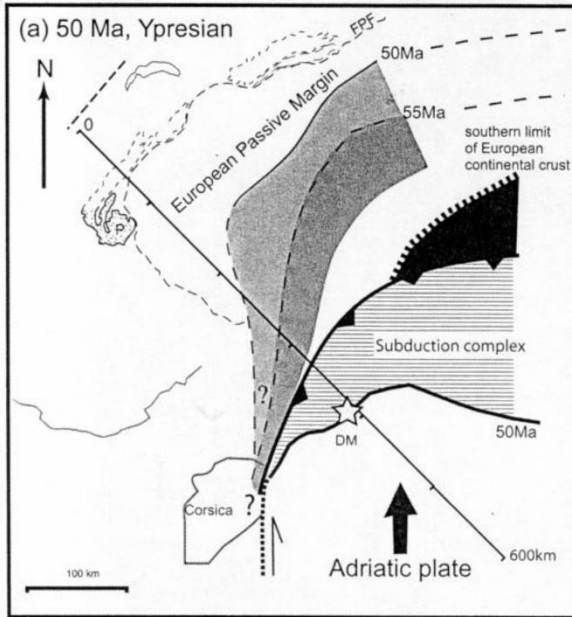


BRIANÇONNAIS

PIEMONTAIS

LIGURE





**Le bassin d'avant-pays
et la chaîne plissée du Zagros**



GEOLOGICAL MAP OF IRAN

Scale 1 : 2,500,000



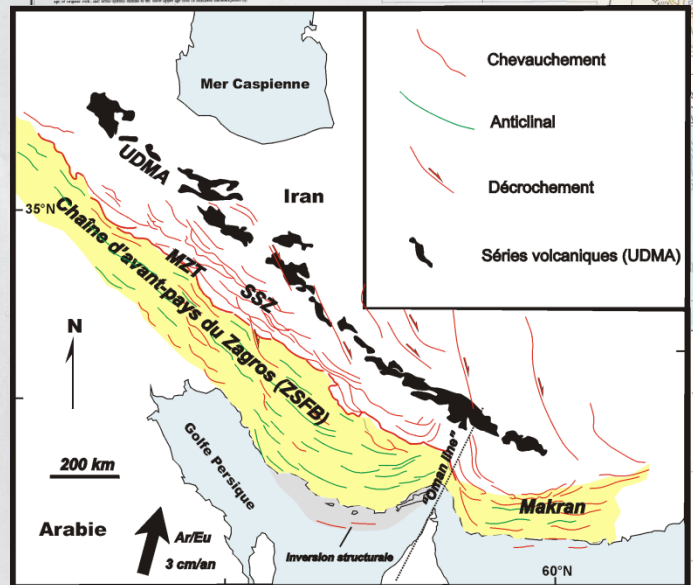
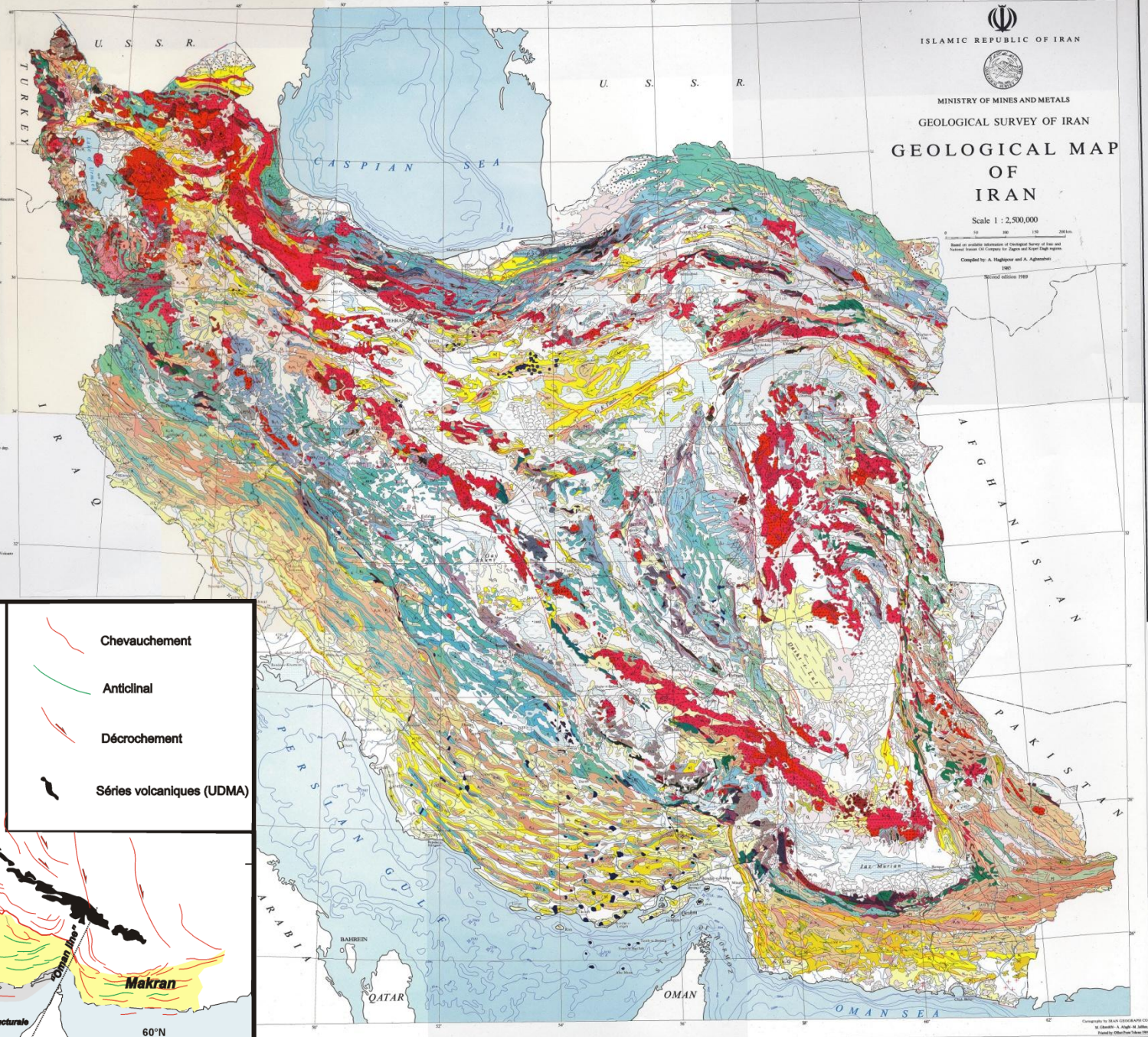
Based on available information of Geological Survey of Iran and National Institute of Cartography and Geomatics Engineering
Compiled by: A. Haghighi and A. Aghajani
1985
Second edition 1989

LEGEND

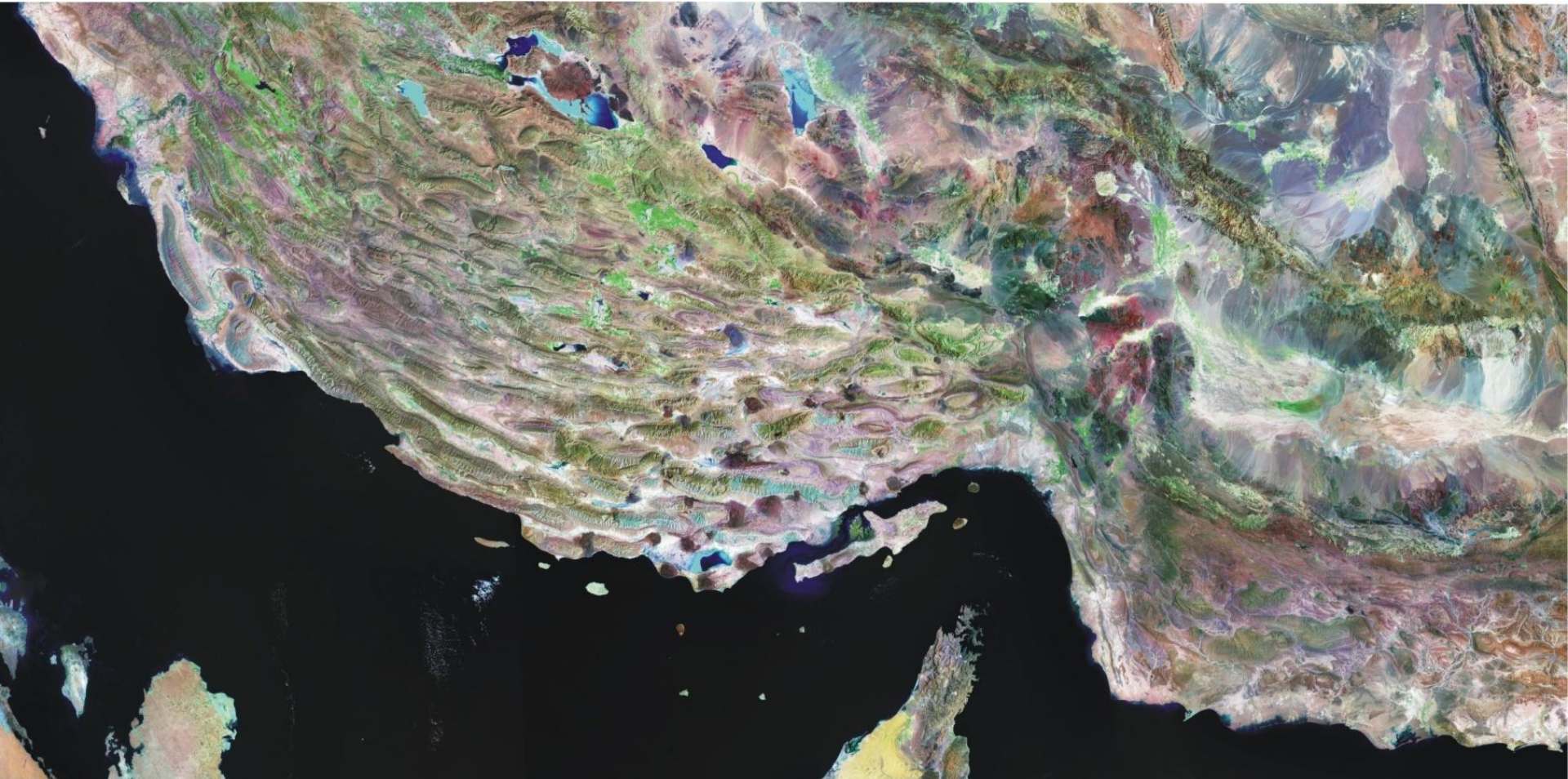
Quaternary - Recent	Neogene	Palaeogene	Triassic
Q1: Alluvium	N1: Upper Miocene	P1: Upper Paleocene	T1: Lower Triassic
Q2: Sand and gravel	N2: Middle Miocene	P2: Middle Paleocene	T2: Middle Triassic
Q3: Clay and silt	N3: Lower Miocene	P3: Lower Paleocene	T3: Upper Triassic
Q4: Sandstone	N4: Upper Oligocene	P4: Upper Paleocene	T4: Lower Triassic
Q5: Sandstone	N5: Lower Oligocene	P5: Lower Paleocene	T5: Middle Triassic
Q6: Sandstone	N6: Upper Eocene	P6: Upper Paleocene	T6: Upper Triassic
Q7: Sandstone	N7: Middle Eocene	P7: Middle Paleocene	T7: Middle Triassic
Q8: Sandstone	N8: Lower Eocene	P8: Lower Paleocene	T8: Lower Triassic
Q9: Sandstone	N9: Upper Paleocene	P9: Upper Paleocene	T9: Upper Triassic
Q10: Sandstone	N10: Middle Paleocene	P10: Middle Paleocene	T10: Middle Triassic
Q11: Sandstone	N11: Lower Paleocene	P11: Lower Paleocene	T11: Lower Triassic
Q12: Sandstone	N12: Upper Paleocene	P12: Upper Paleocene	T12: Upper Triassic
Q13: Sandstone	N13: Middle Paleocene	P13: Middle Paleocene	T13: Middle Triassic
Q14: Sandstone	N14: Lower Paleocene	P14: Lower Paleocene	T14: Lower Triassic
Q15: Sandstone	N15: Upper Paleocene	P15: Upper Paleocene	T15: Upper Triassic
Q16: Sandstone	N16: Middle Paleocene	P16: Middle Paleocene	T16: Middle Triassic
Q17: Sandstone	N17: Lower Paleocene	P17: Lower Paleocene	T17: Lower Triassic
Q18: Sandstone	N18: Upper Paleocene	P18: Upper Paleocene	T18: Upper Triassic
Q19: Sandstone	N19: Middle Paleocene	P19: Middle Paleocene	T19: Middle Triassic
Q20: Sandstone	N20: Lower Paleocene	P20: Lower Paleocene	T20: Lower Triassic
Q21: Sandstone	N21: Upper Paleocene	P21: Upper Paleocene	T21: Upper Triassic
Q22: Sandstone	N22: Middle Paleocene	P22: Middle Paleocene	T22: Middle Triassic
Q23: Sandstone	N23: Lower Paleocene	P23: Lower Paleocene	T23: Lower Triassic
Q24: Sandstone	N24: Upper Paleocene	P24: Upper Paleocene	T24: Upper Triassic
Q25: Sandstone	N25: Middle Paleocene	P25: Middle Paleocene	T25: Middle Triassic
Q26: Sandstone	N26: Lower Paleocene	P26: Lower Paleocene	T26: Lower Triassic
Q27: Sandstone	N27: Upper Paleocene	P27: Upper Paleocene	T27: Upper Triassic
Q28: Sandstone	N28: Middle Paleocene	P28: Middle Paleocene	T28: Middle Triassic
Q29: Sandstone	N29: Lower Paleocene	P29: Lower Paleocene	T29: Lower Triassic
Q30: Sandstone	N30: Upper Paleocene	P30: Upper Paleocene	T30: Upper Triassic
Q31: Sandstone	N31: Middle Paleocene	P31: Middle Paleocene	T31: Middle Triassic
Q32: Sandstone	N32: Lower Paleocene	P32: Lower Paleocene	T32: Lower Triassic
Q33: Sandstone	N33: Upper Paleocene	P33: Upper Paleocene	T33: Upper Triassic
Q34: Sandstone	N34: Middle Paleocene	P34: Middle Paleocene	T34: Middle Triassic
Q35: Sandstone	N35: Lower Paleocene	P35: Lower Paleocene	T35: Lower Triassic
Q36: Sandstone	N36: Upper Paleocene	P36: Upper Paleocene	T36: Upper Triassic
Q37: Sandstone	N37: Middle Paleocene	P37: Middle Paleocene	T37: Middle Triassic
Q38: Sandstone	N38: Lower Paleocene	P38: Lower Paleocene	T38: Lower Triassic
Q39: Sandstone	N39: Upper Paleocene	P39: Upper Paleocene	T39: Upper Triassic
Q40: Sandstone	N40: Middle Paleocene	P40: Middle Paleocene	T40: Middle Triassic
Q41: Sandstone	N41: Lower Paleocene	P41: Lower Paleocene	T41: Lower Triassic
Q42: Sandstone	N42: Upper Paleocene	P42: Upper Paleocene	T42: Upper Triassic
Q43: Sandstone	N43: Middle Paleocene	P43: Middle Paleocene	T43: Middle Triassic
Q44: Sandstone	N44: Lower Paleocene	P44: Lower Paleocene	T44: Lower Triassic
Q45: Sandstone	N45: Upper Paleocene	P45: Upper Paleocene	T45: Upper Triassic
Q46: Sandstone	N46: Middle Paleocene	P46: Middle Paleocene	T46: Middle Triassic
Q47: Sandstone	N47: Lower Paleocene	P47: Lower Paleocene	T47: Lower Triassic
Q48: Sandstone	N48: Upper Paleocene	P48: Upper Paleocene	T48: Upper Triassic
Q49: Sandstone	N49: Middle Paleocene	P49: Middle Paleocene	T49: Middle Triassic
Q50: Sandstone	N50: Lower Paleocene	P50: Lower Paleocene	T50: Lower Triassic

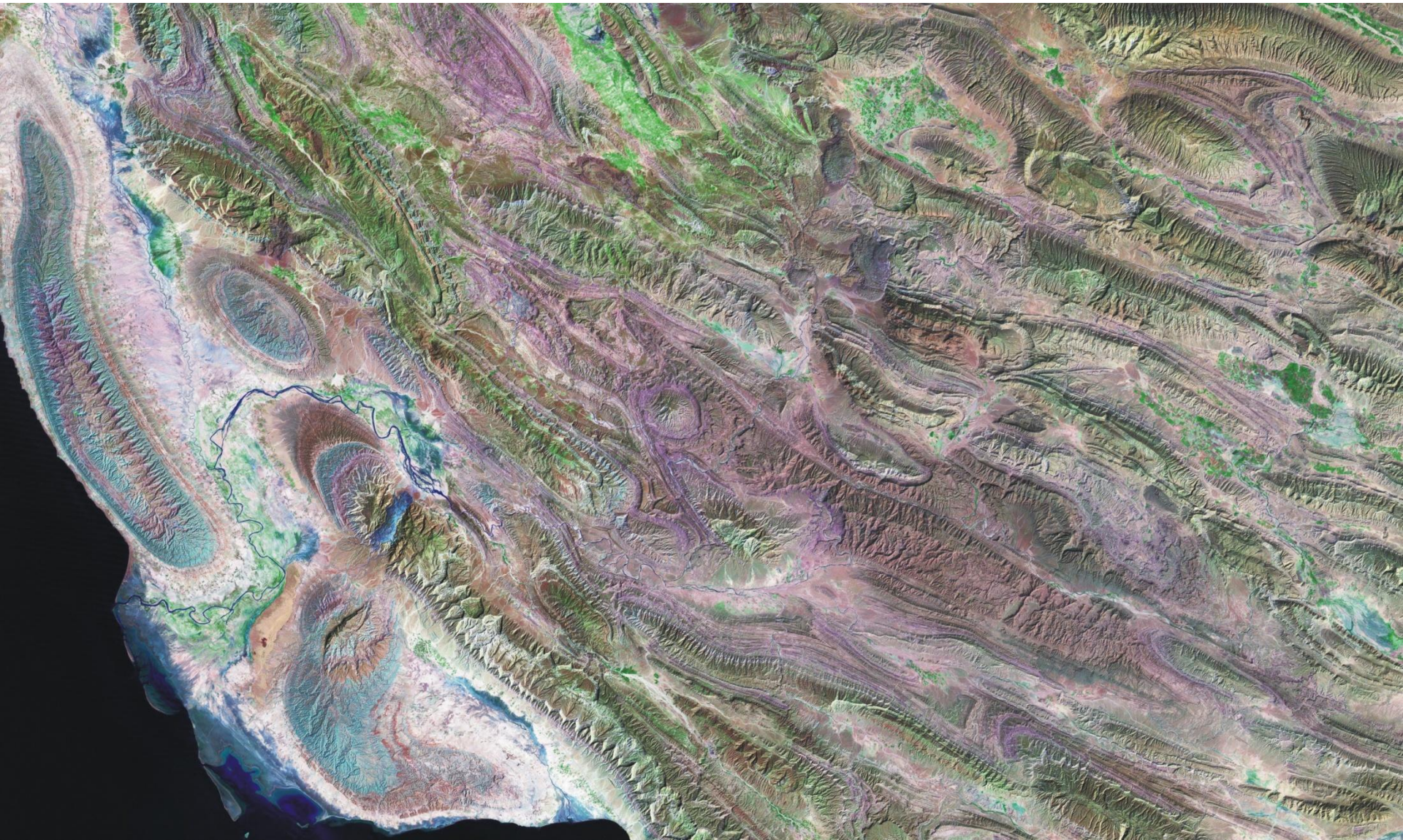
IGNEOUS ROCKS

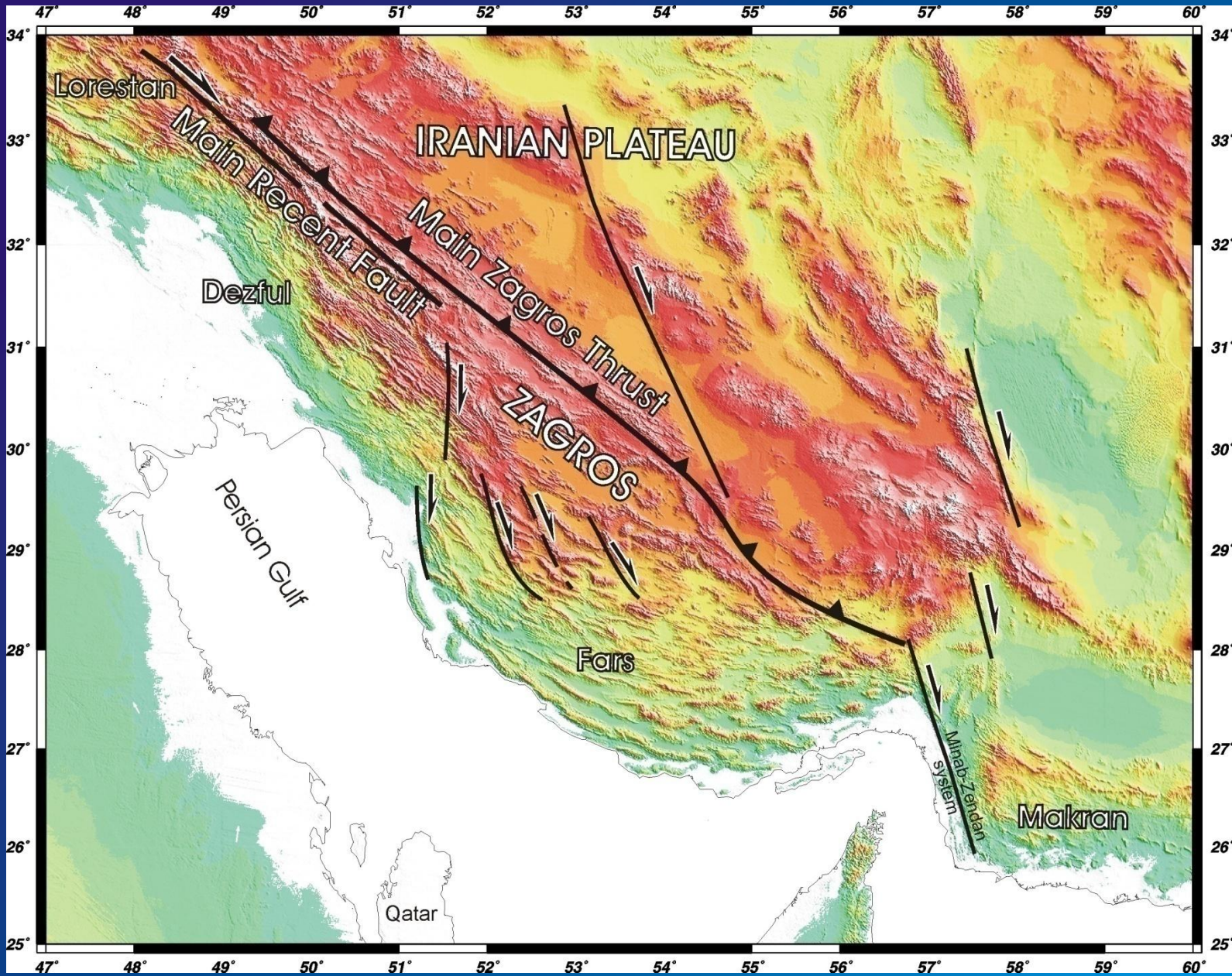
Color	Composition	Type
Green	Basalt	Basalt
Dark Green	Andesite	Andesite
Light Green	Diorite	Diorite
Yellow	Gabbro	Gabbro
Orange	Granite	Granite
Red	Diabase	Diabase
Purple	Chert	Chert
Black	Obsidian	Obsidian
Dark Blue	Basalt	Basalt
Light Blue	Andesite	Andesite
Dark Blue	Diorite	Diorite
Light Blue	Gabbro	Gabbro
Dark Blue	Granite	Granite
Light Blue	Diabase	Diabase
Dark Blue	Chert	Chert
Light Blue	Obsidian	Obsidian

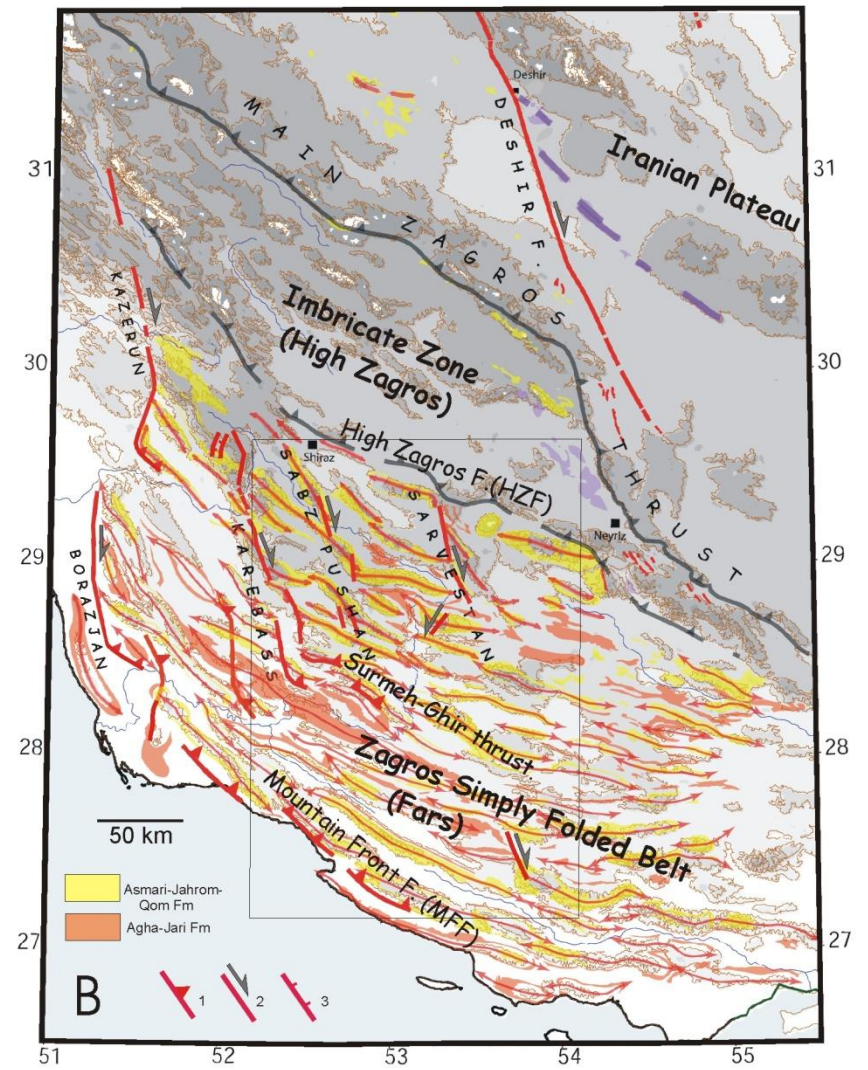
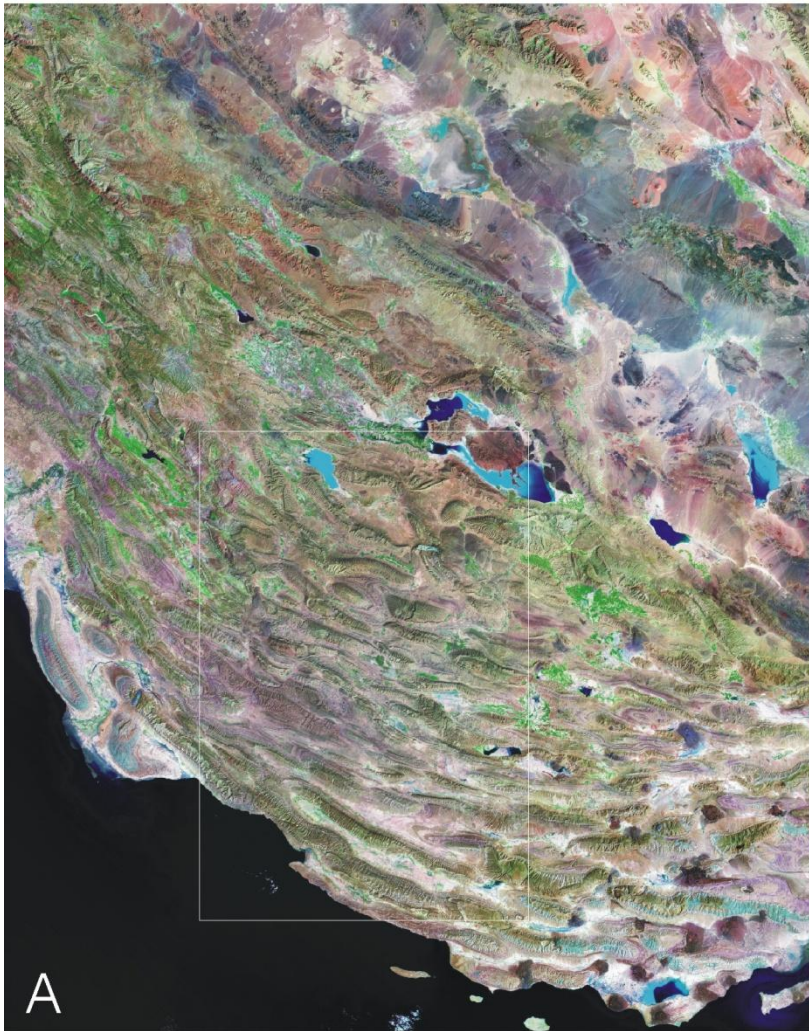


	Chevauchement
	Anticlinal
	Décrochement
	Séries volcaniques (UDMA)









Regressive sequence; progressive infilling of the flexural foredeep related to Arabia-Eurasia collision

Fluvial and lacustrine
Final stage of collision
Major unconformity

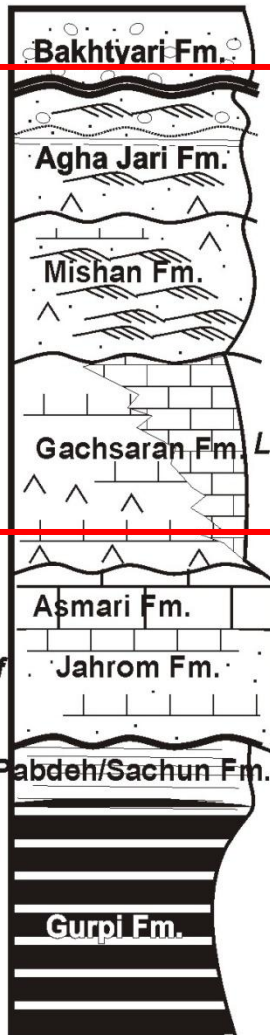
Deltaic and Estuarine

Detritic Shelf

Carbonaceous Shelf

Carbonaceous Shelf

External platform/Basin deposits
in foredeep related to flexure of Arabian plate following ophiolite emplacement



Conglomerates

**Sandstones-
Conglomerates. Alluvial fan**

**Sandy marls.
Alluvial fan**

**Limestones (Champeh Mb.)
Evaporites/Marls**

Limestones

Dolomites

**Shales
Marls/Continental**

Marls

**Pliocene
Pleistocene**

Miocene

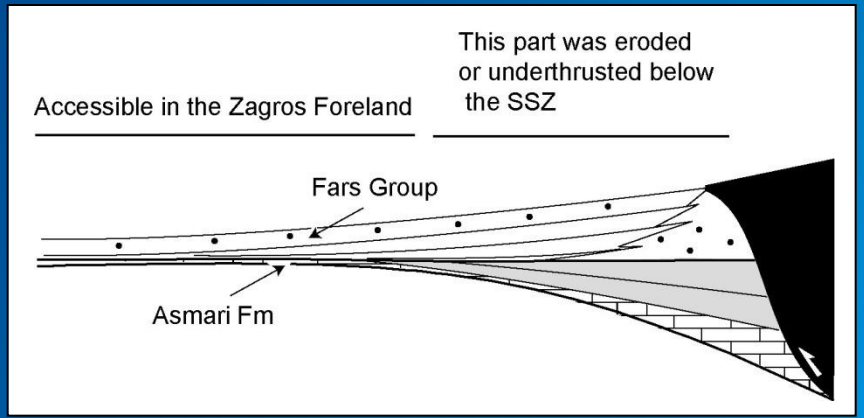
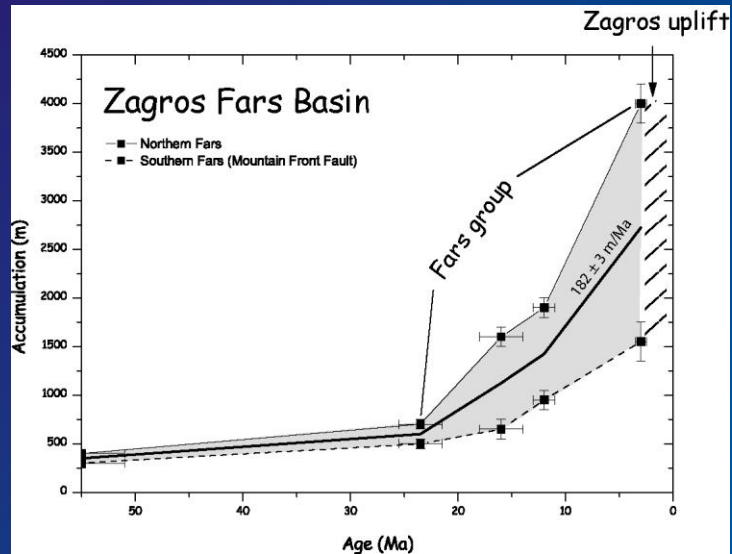
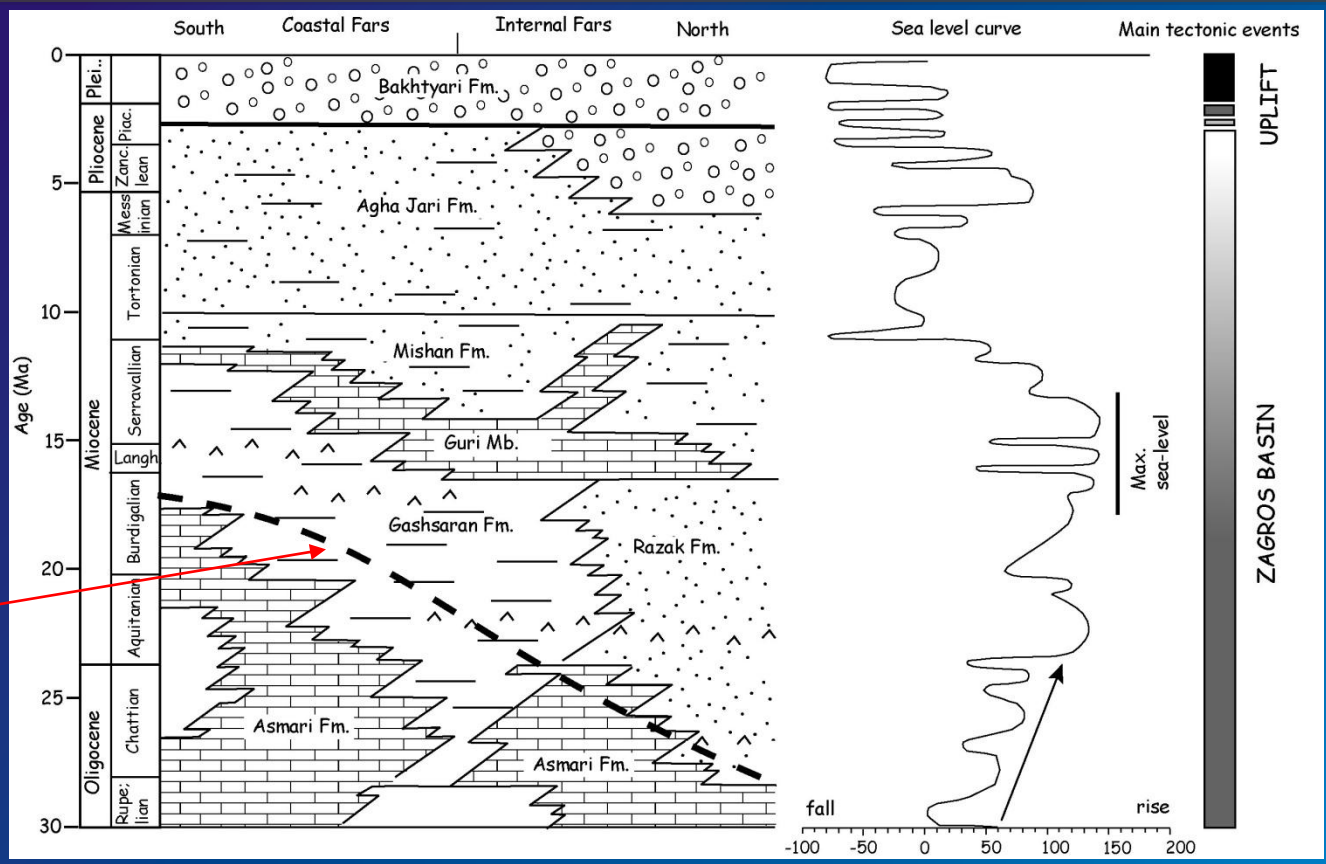
**Paleocene-Eocene-
Oligocene**

Maestrichtian

< 1 km
1-3 km
1-2 km
0.5 km
1-3 km

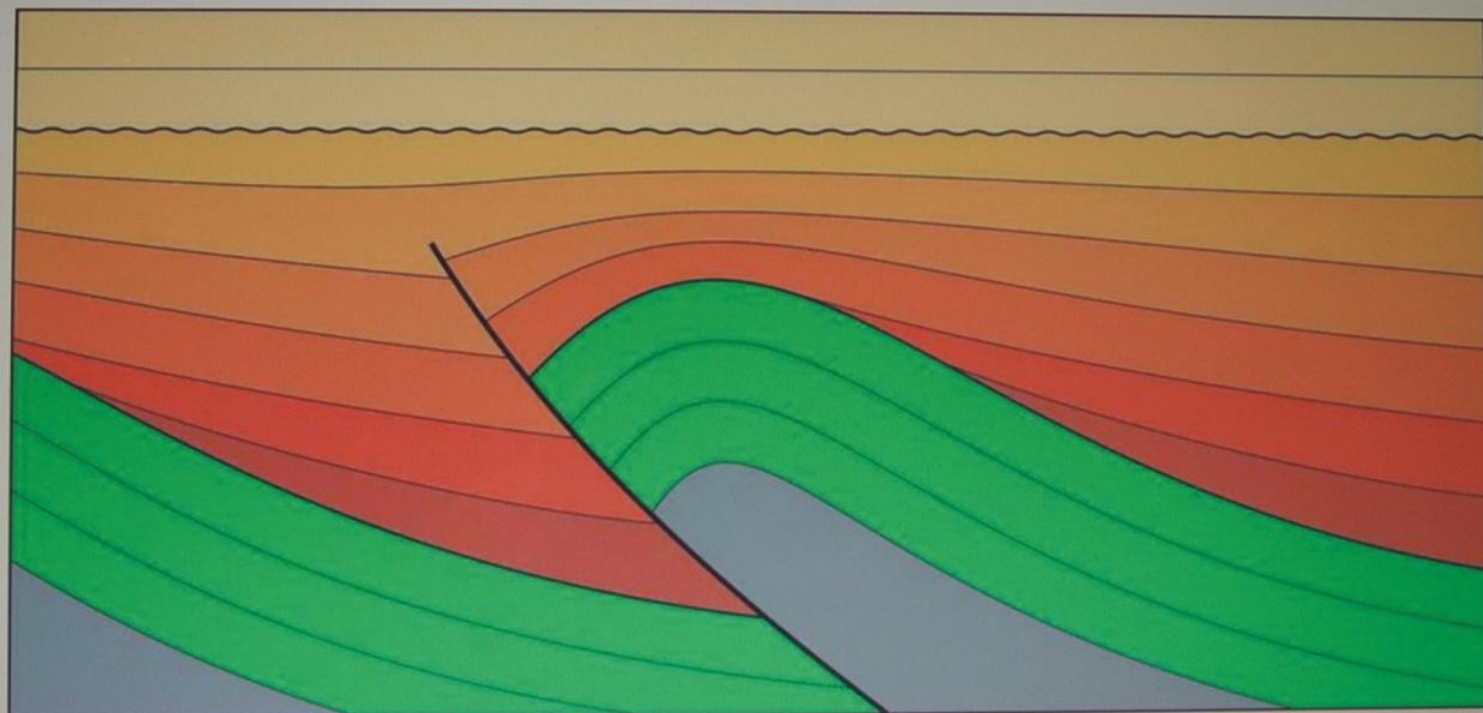
Main decollement within the infra-Cambrian/Cambrian Hormuz evaporites

Progressive southward onlap through time of the shallowing-upward synorogenic deposits (Razak-Gashsaran Fm) onto the carbonates of the Asmari Fm in the context of flexural basin development.



Upper Miocene : growth strata within upper Agha Jari Fm

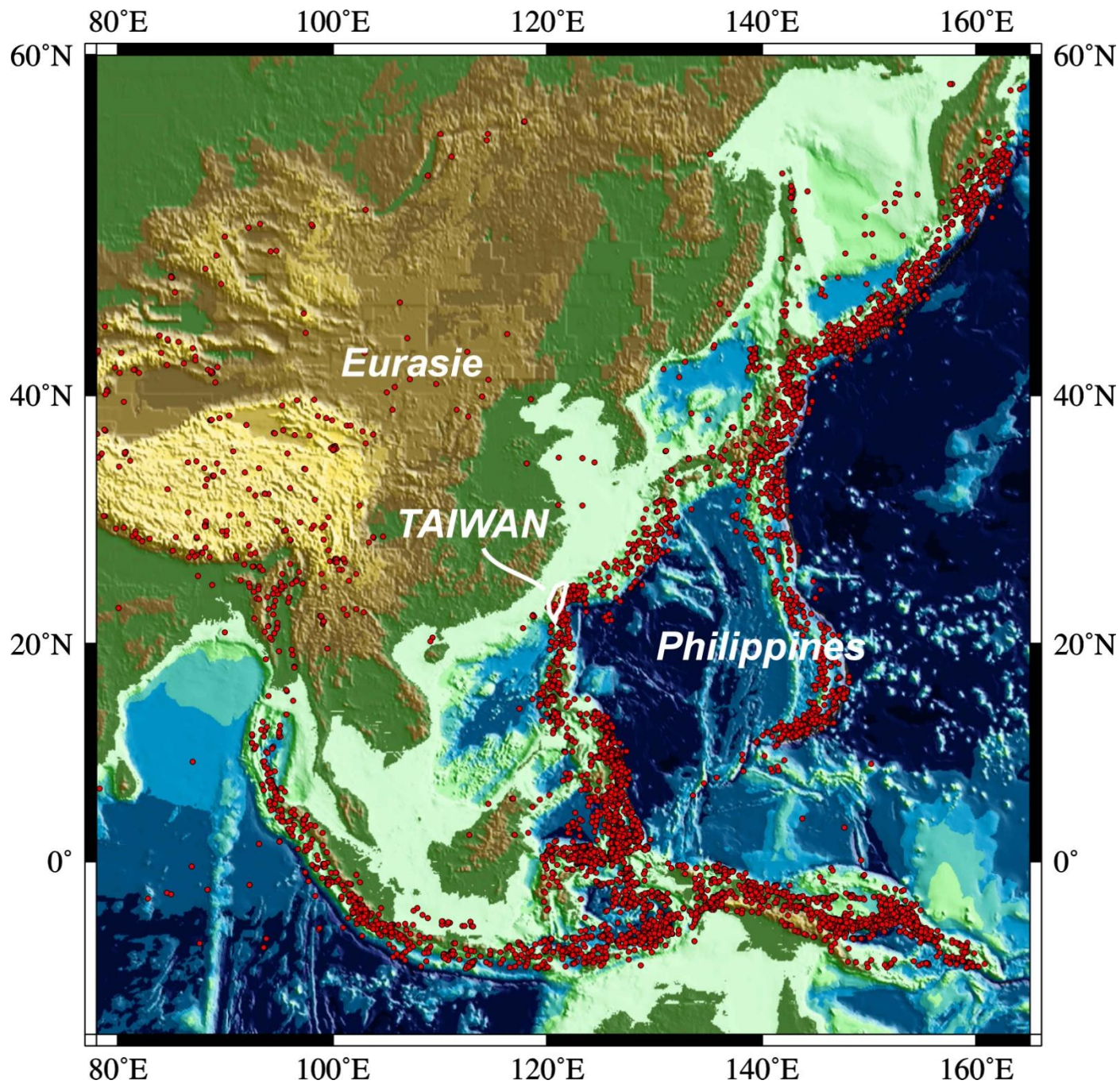




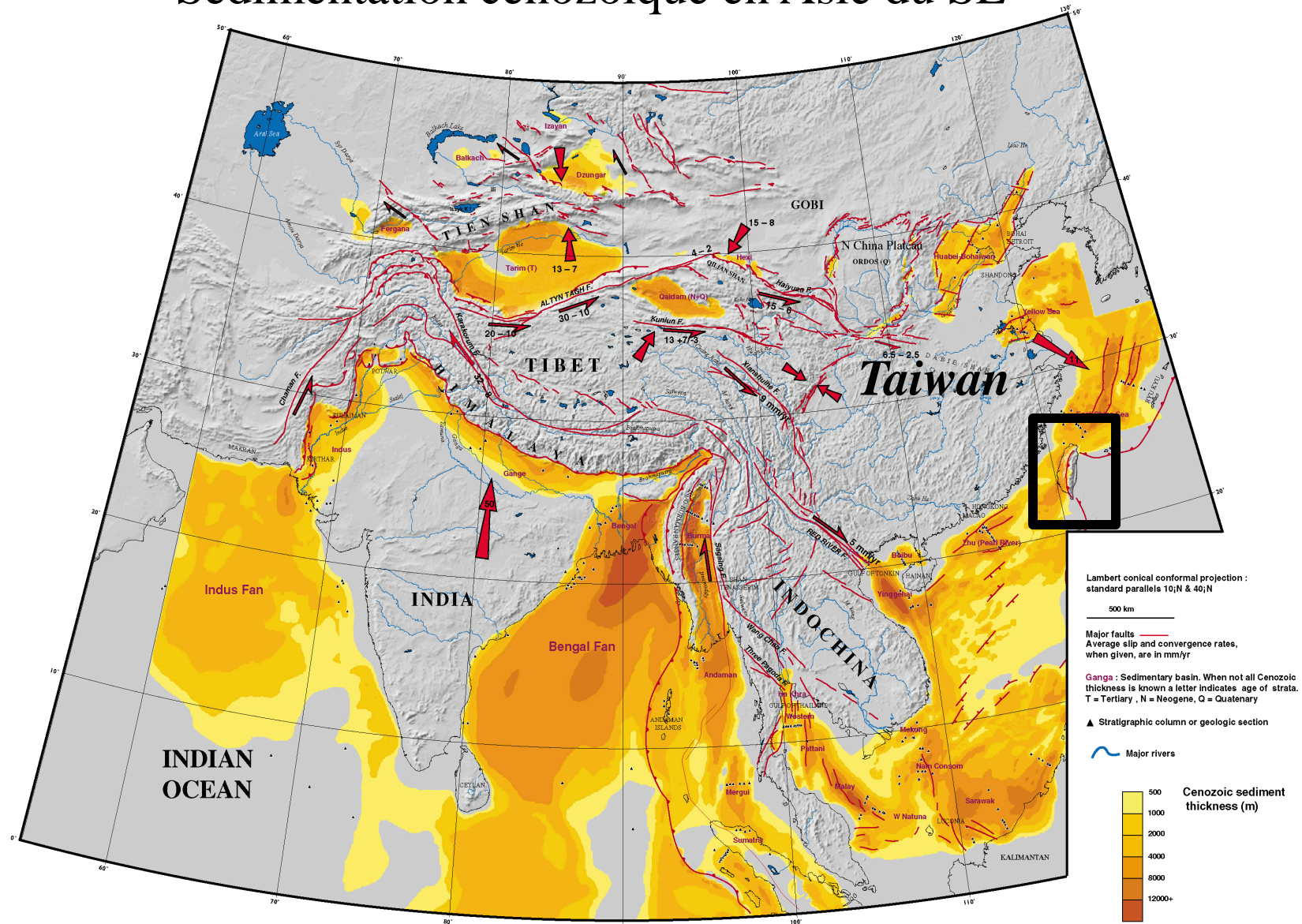
■ Dépôts anté-déformation ■ Dépôts syn-déformation ■ Dépôts post-déformation

Taiwan

Contexte
géodynamique
en Asie du SE



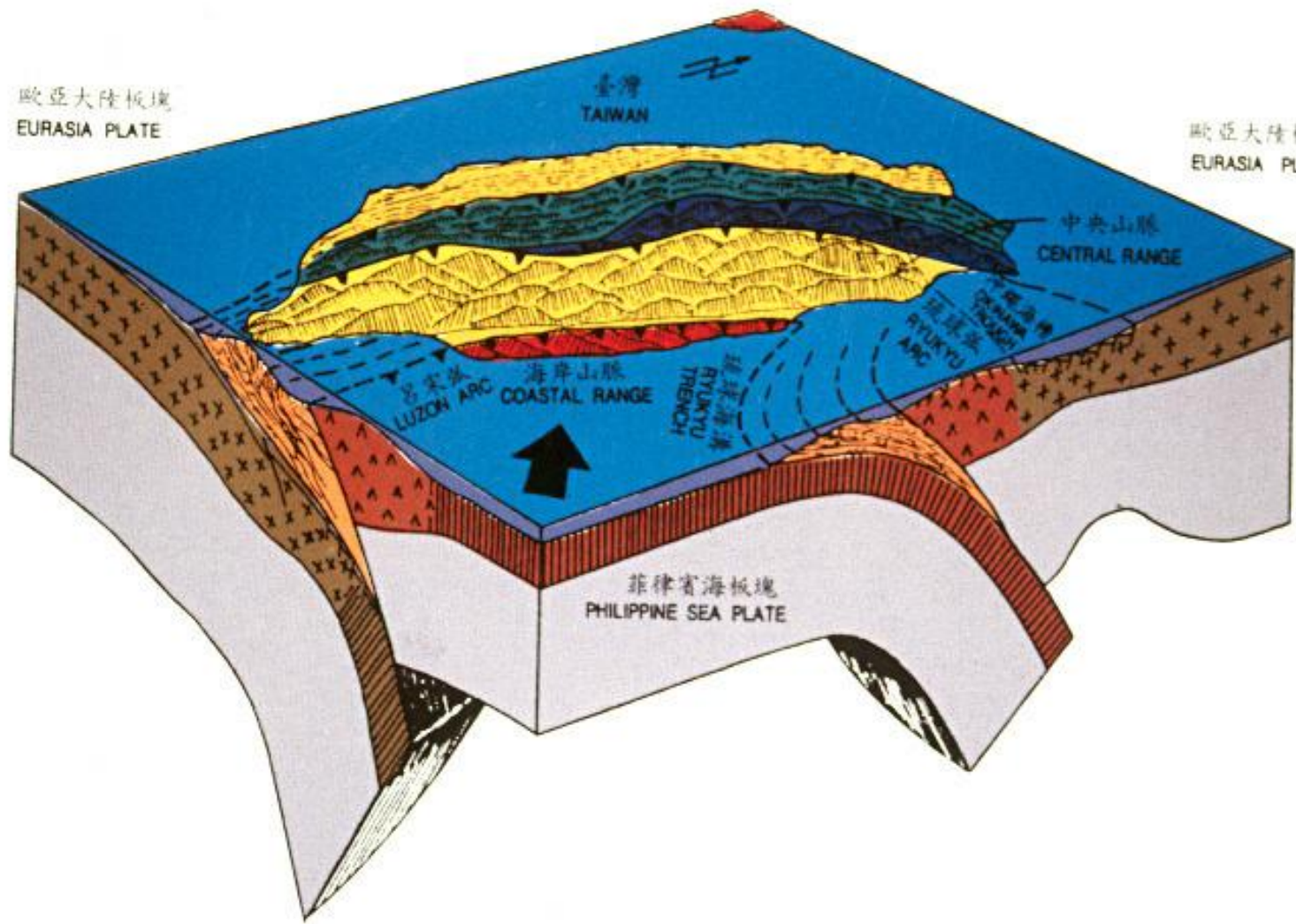
Sédimentation cénozoïque en Asie du SE



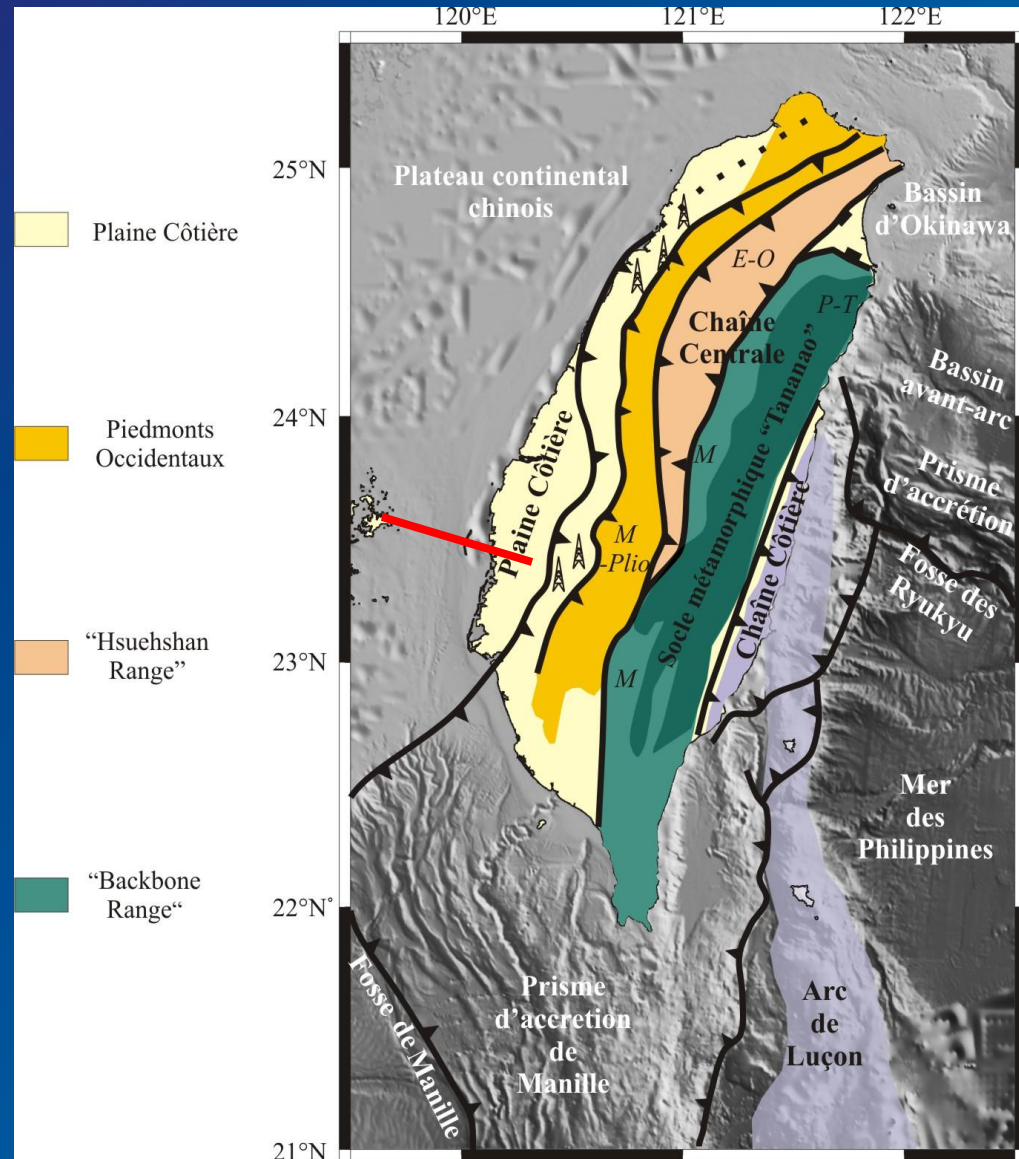
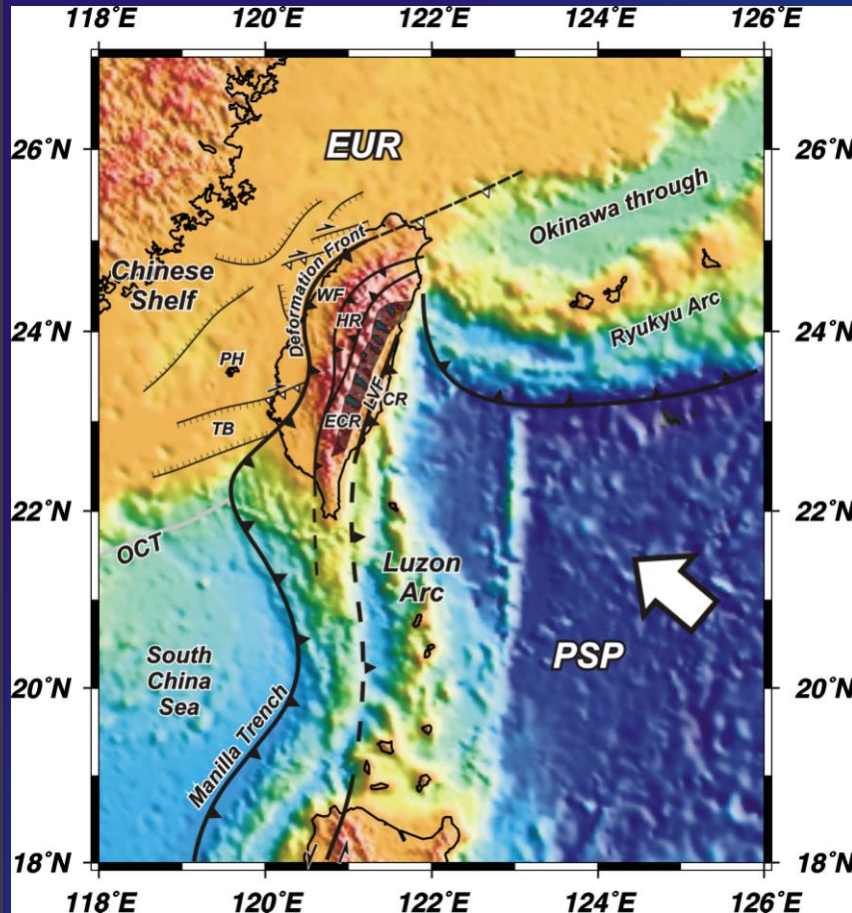
Métivier et al., GJI, 1999

歐亞大陸板塊
EURASIA PLATE

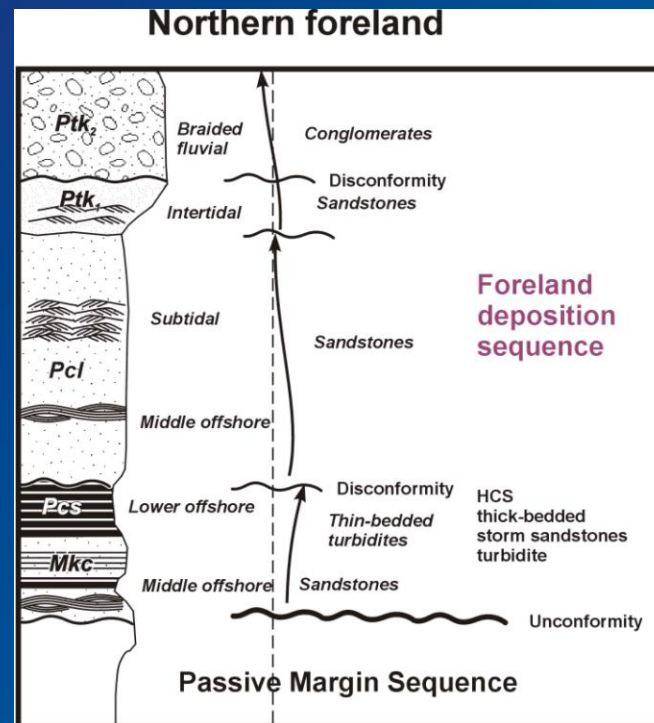
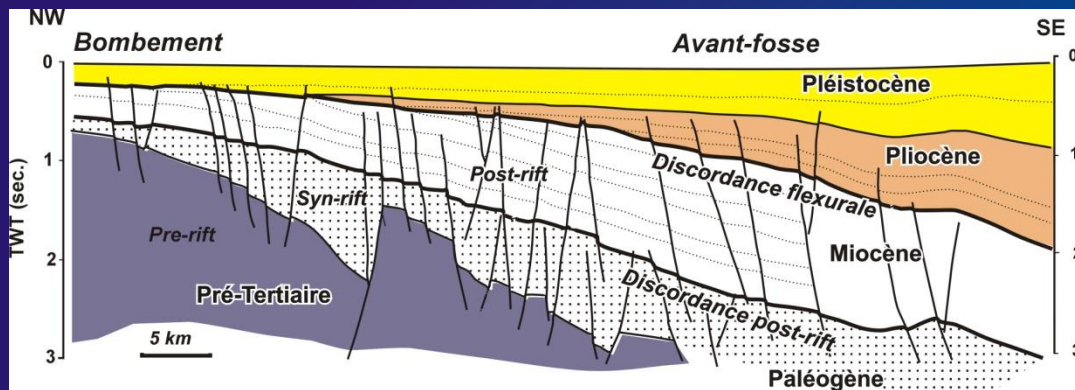
歐亞大陸板塊
EURASIA PLATE



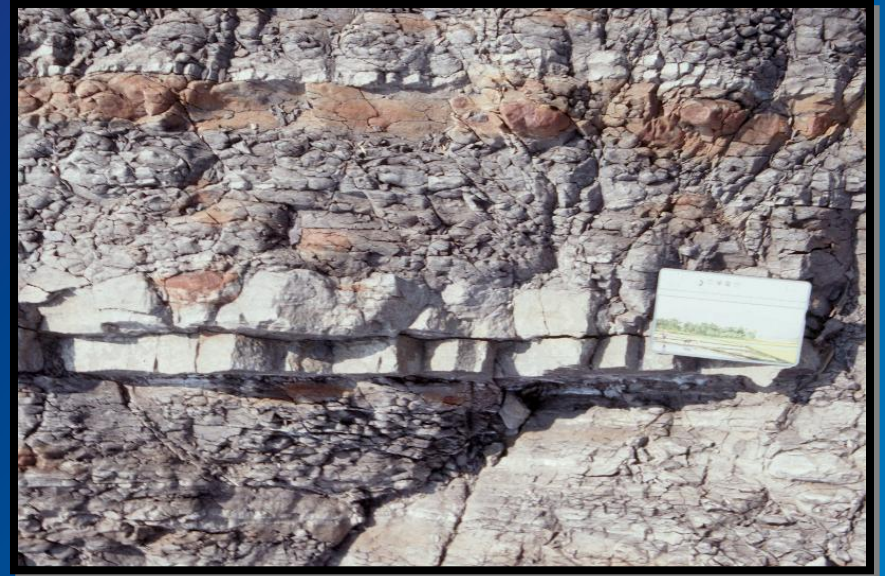
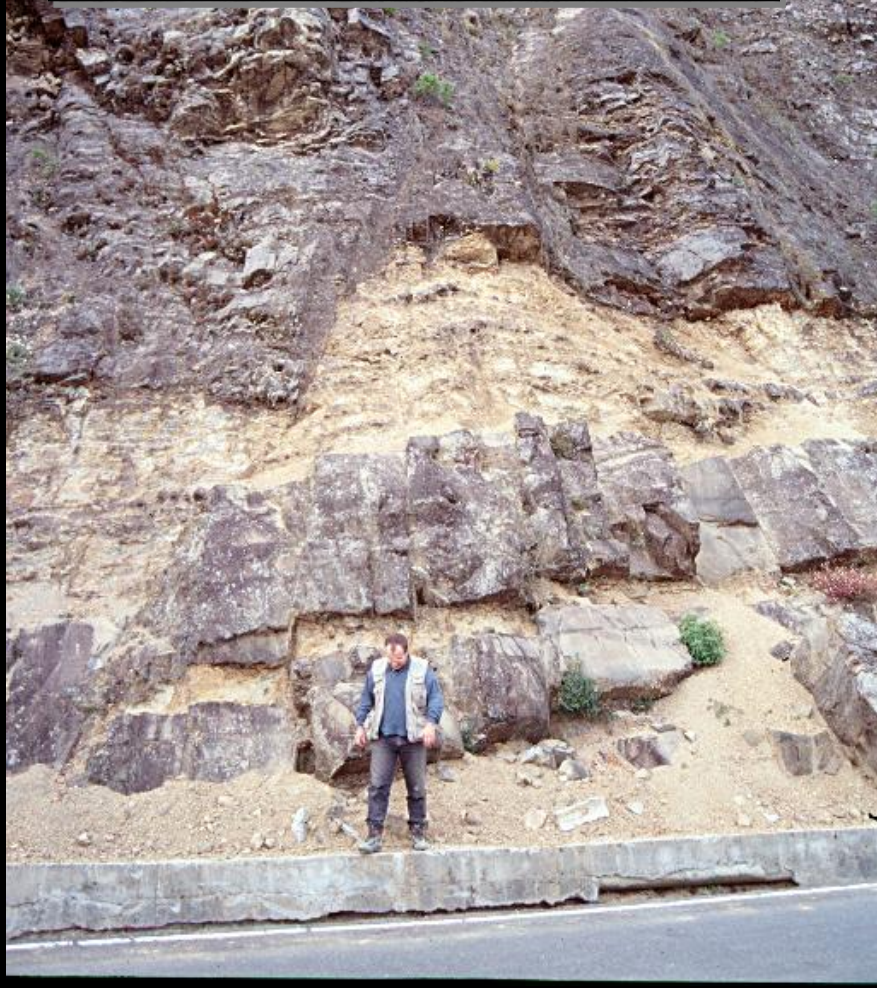
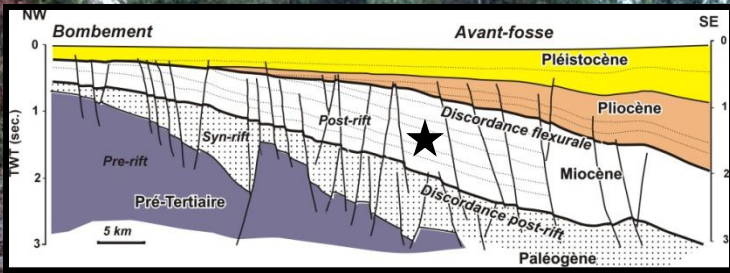
Taiwan : une chaîne de collision arc insulaire-marge continentale



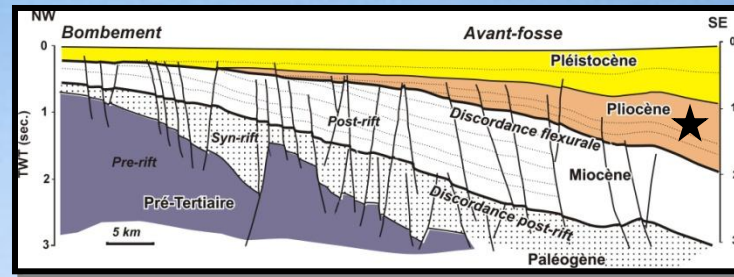
Séquences de dépôt de l'avant-pays



Sédimentation turbiditique miocène pré-orogénique



*Marnes offshore et turbidites du Pliocène
base des séquences synorogéniques*



W

E

Avant-pays



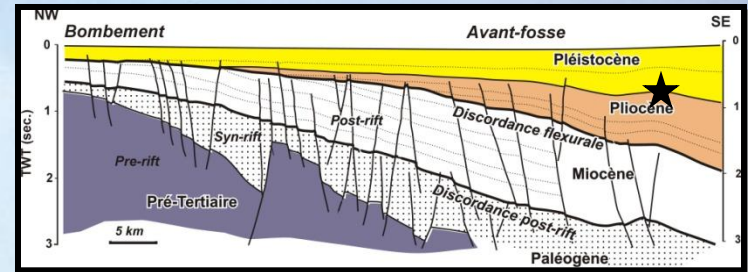
Front chevauchant

Dépôts tidaux du Pliocène

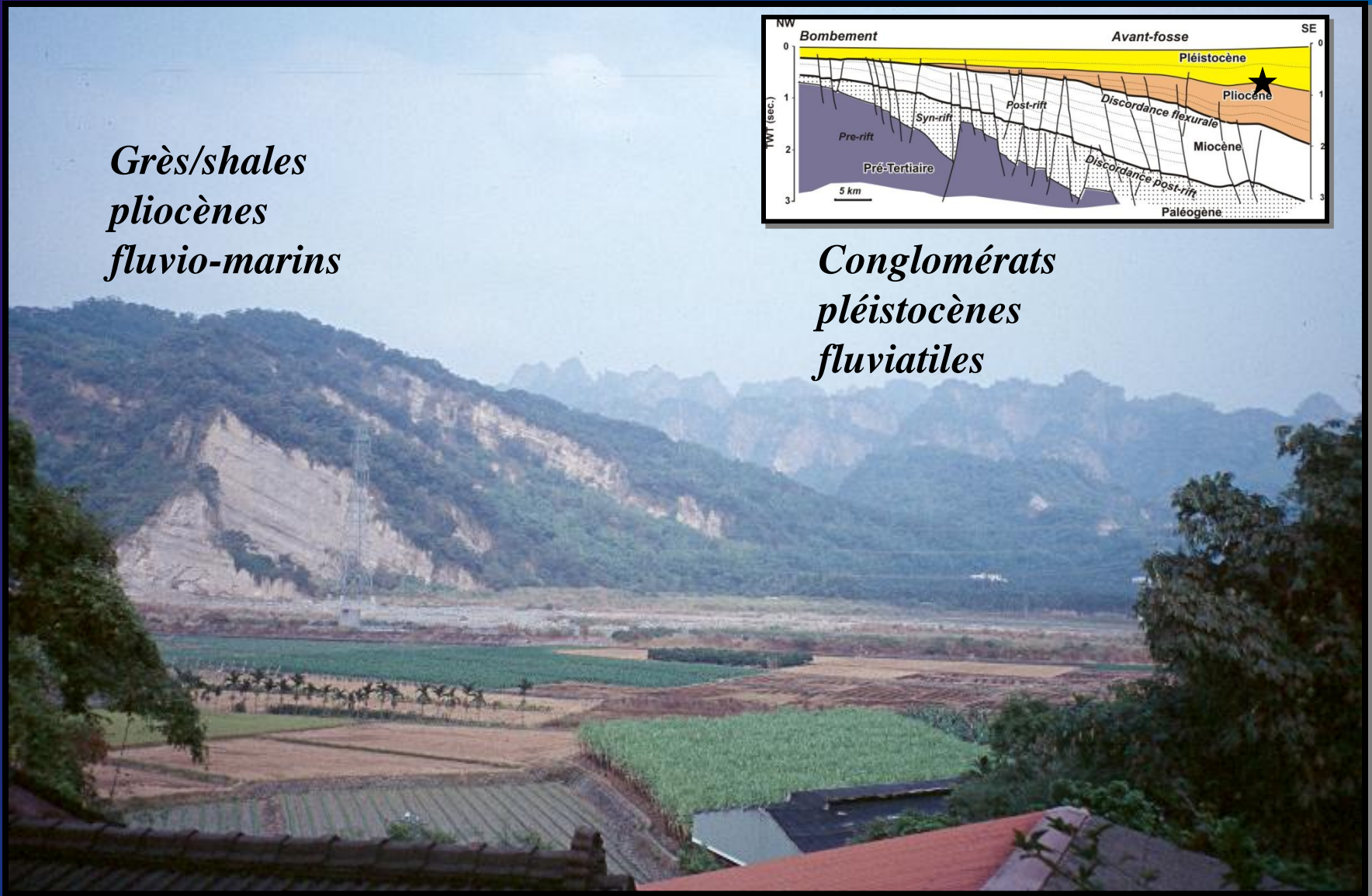


Transition vers des dépôts deltaïques, fluviomarins à fluviaux

*Grès/shales
pliocènes
fluviomarins*



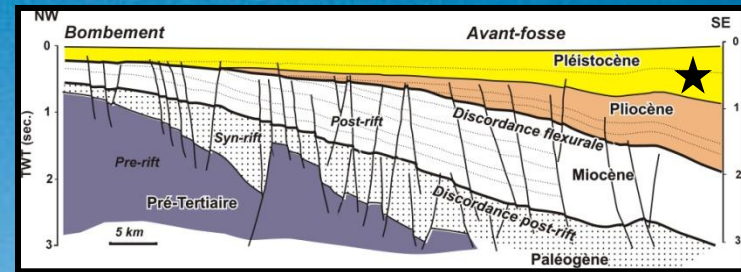
*Conglomérats
pléistocènes
fluviaux*

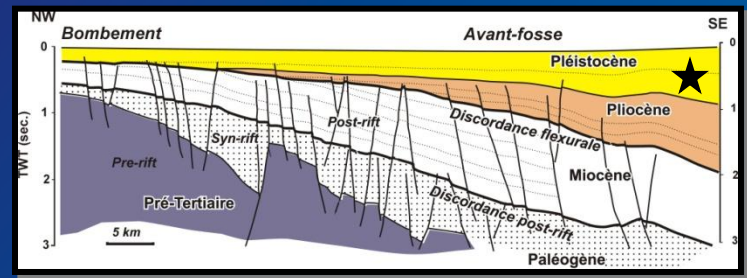


Anticlinaux frontaux composés de conglomérats pléistocènes

W

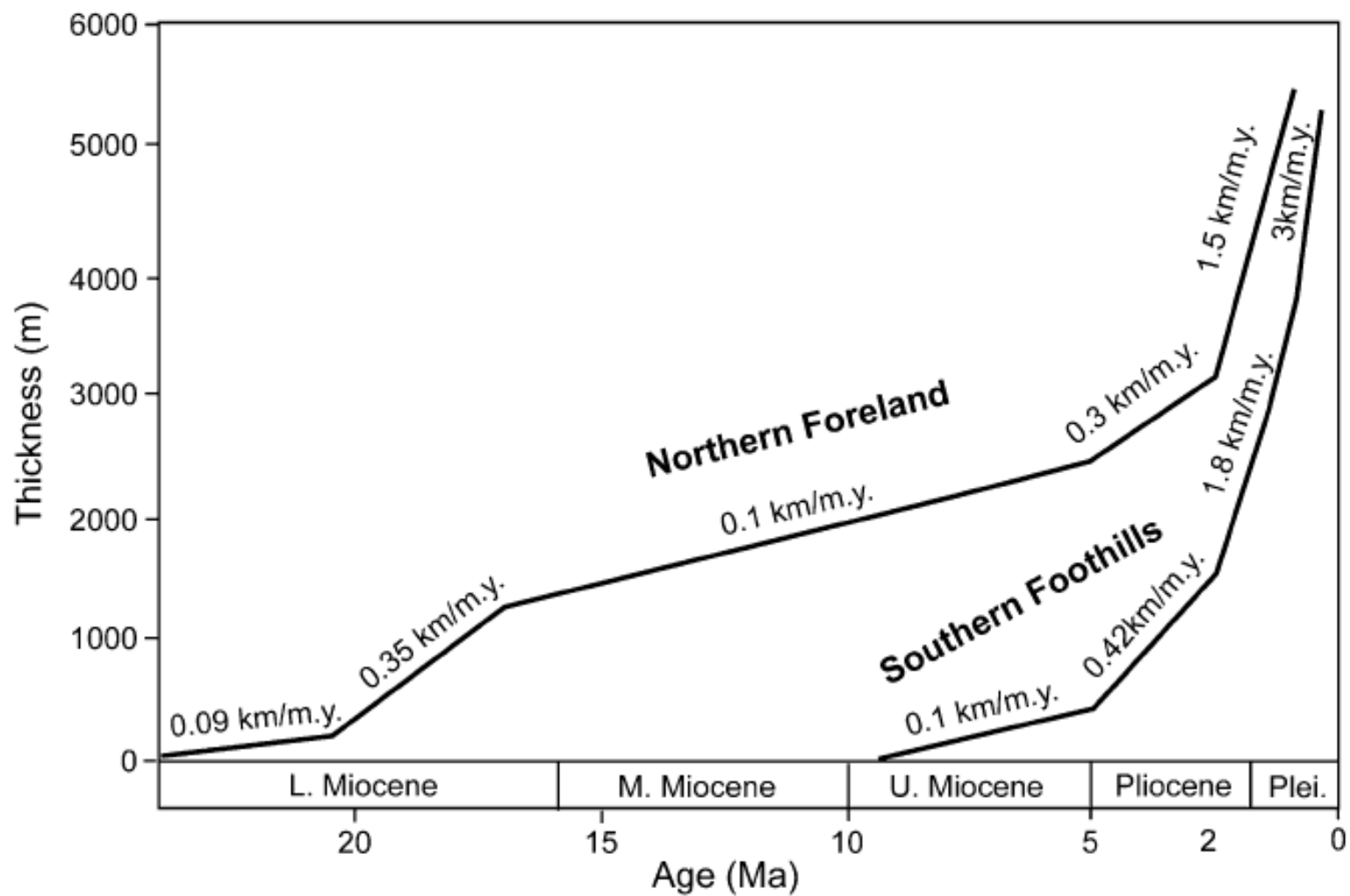
E

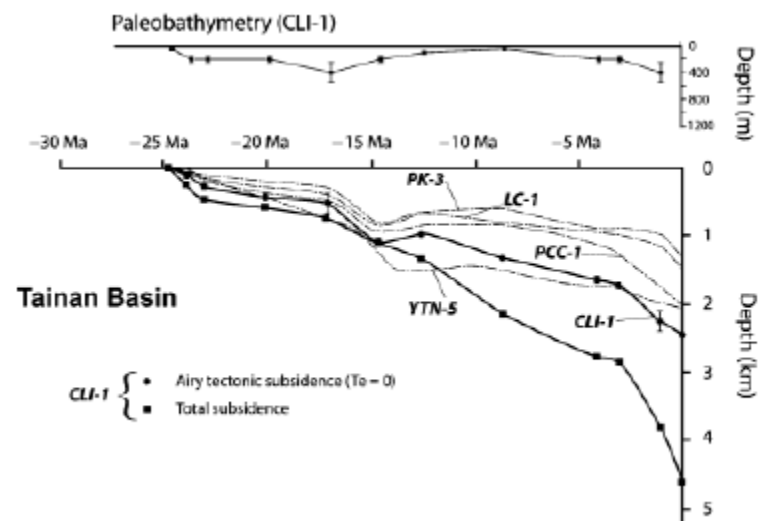
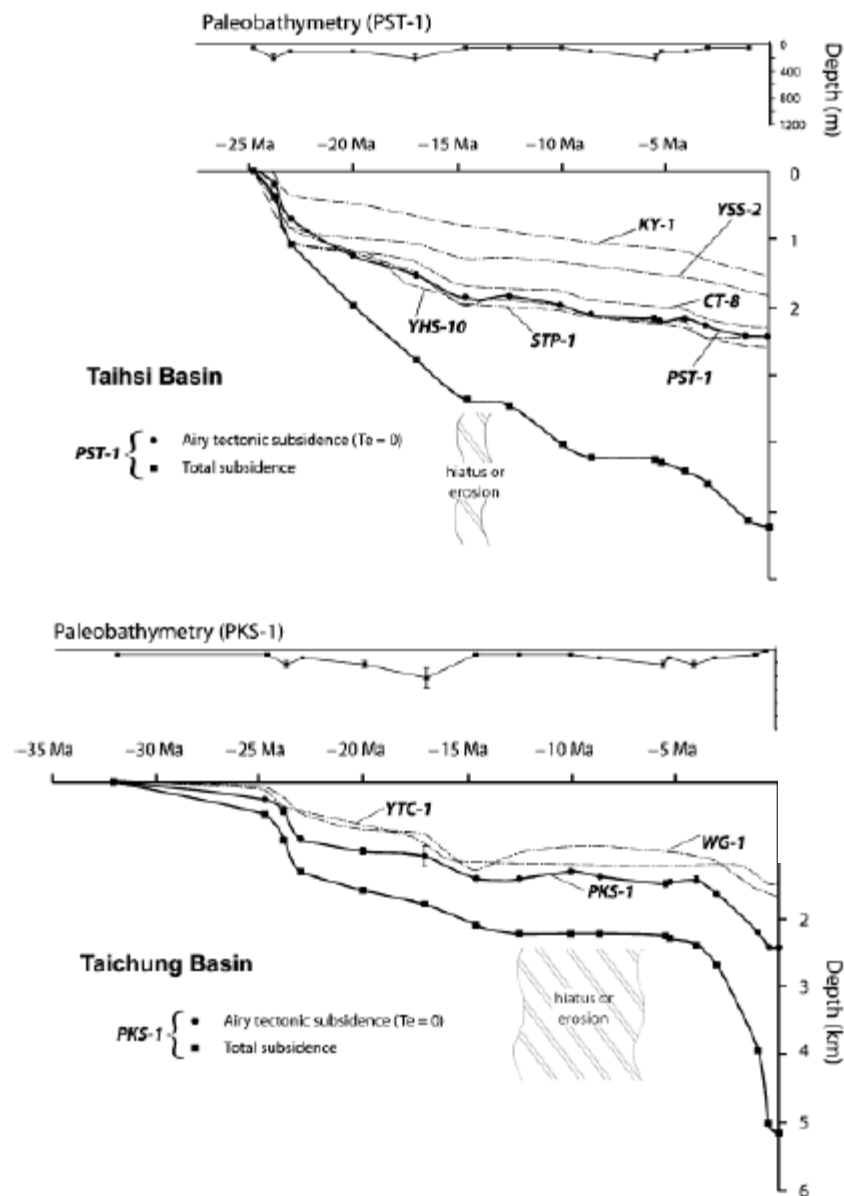




Jusqu'à 2 km de conglomérats accumulés dans l'avant-pays au Pléistocène

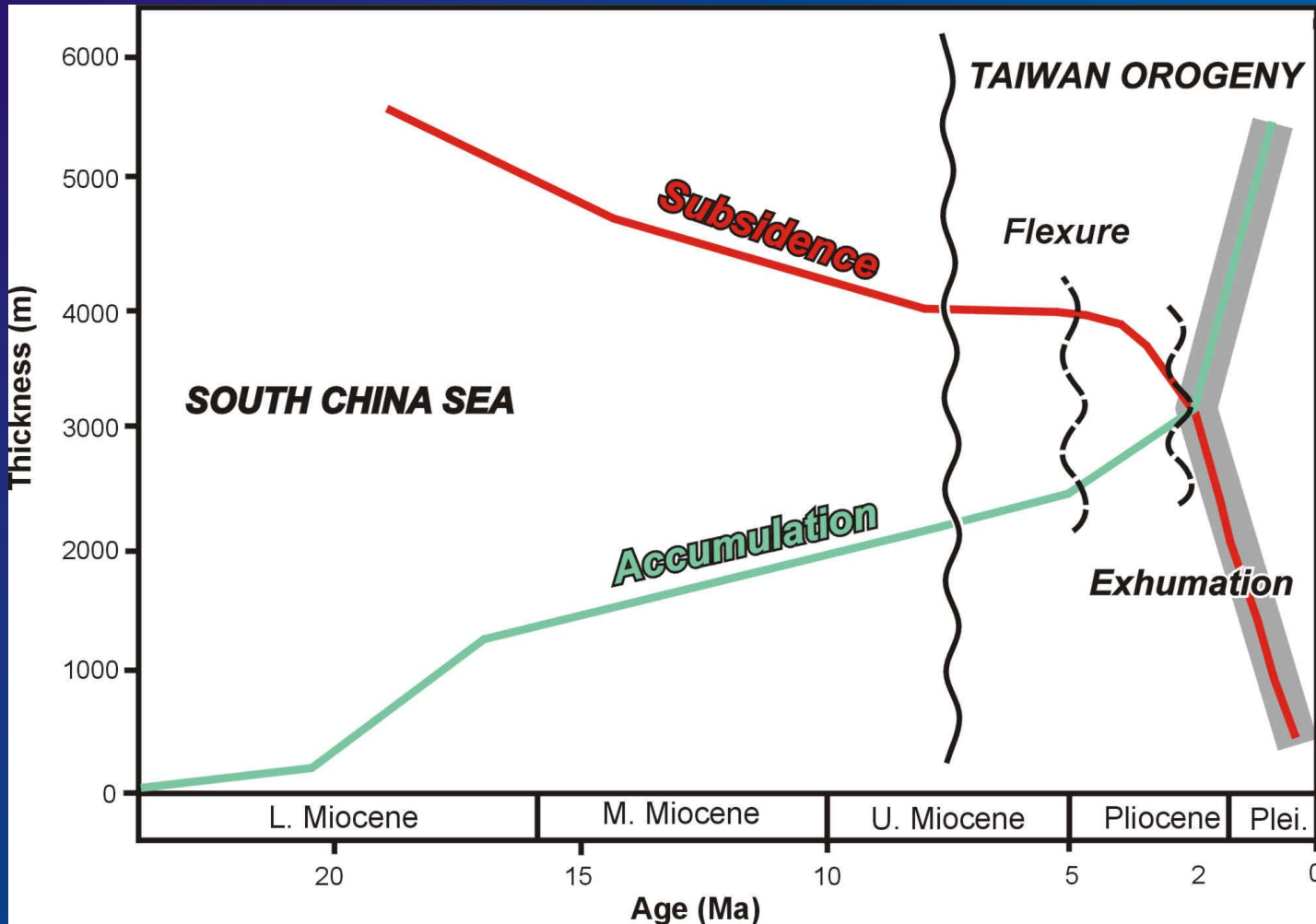




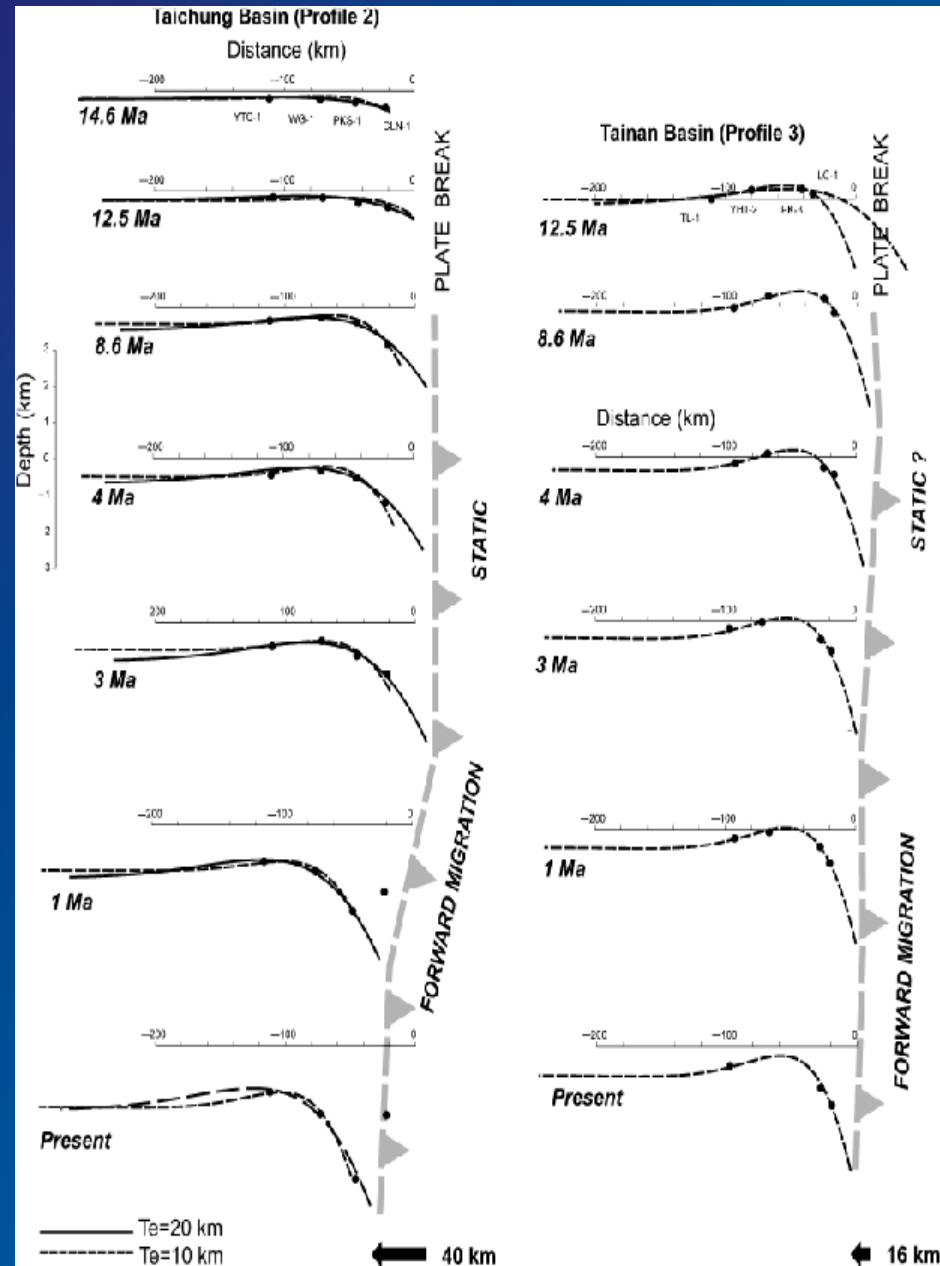


(d'après Tensi et al., BR)

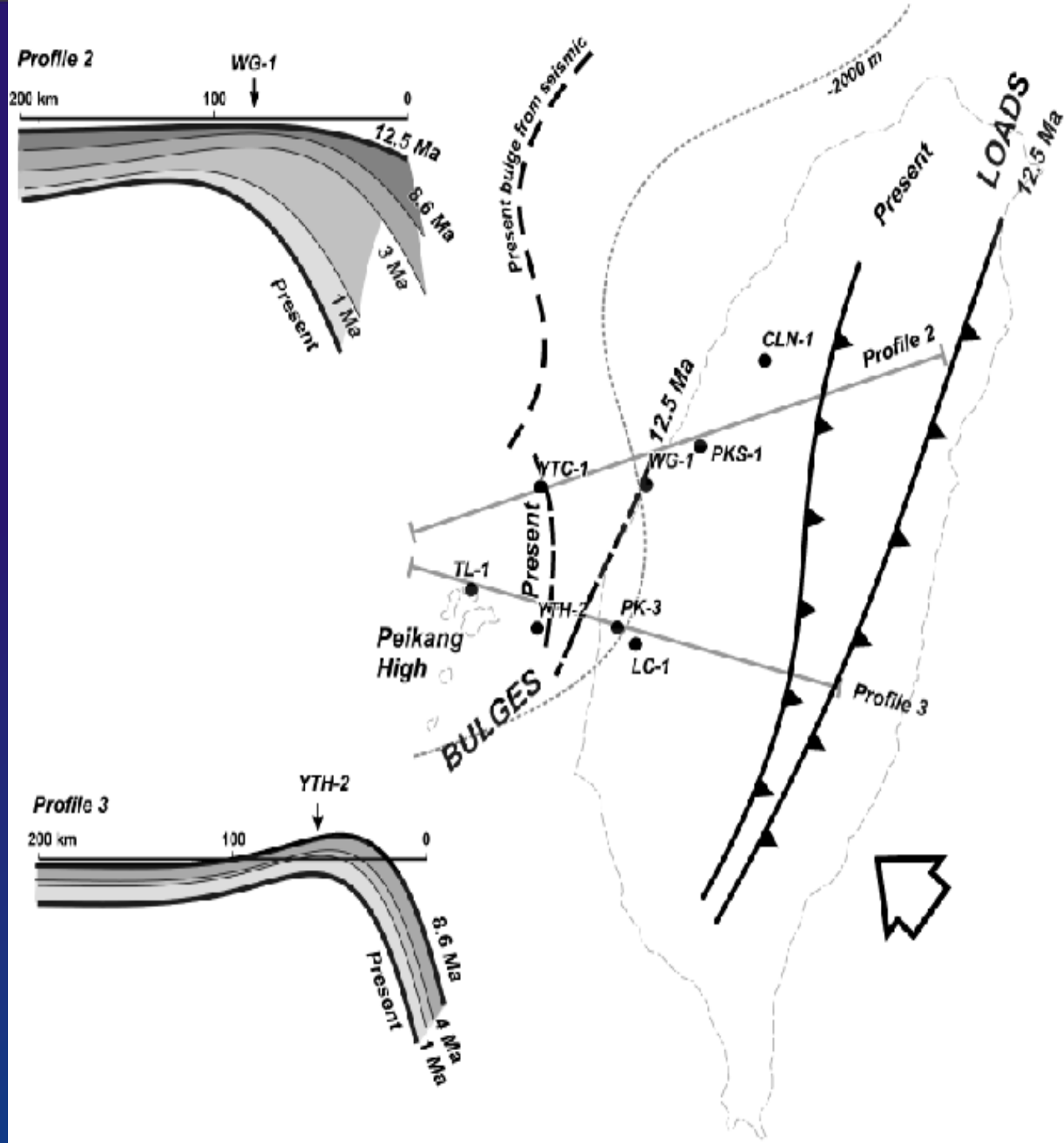
Subsidence tectonique et accumulation sédimentaire dans le bassin d'avant-pays depuis le Miocène



Modélisation de la flexure du bassin d'avant-pays de Taiwan



(d'après Tensi et al., BR)



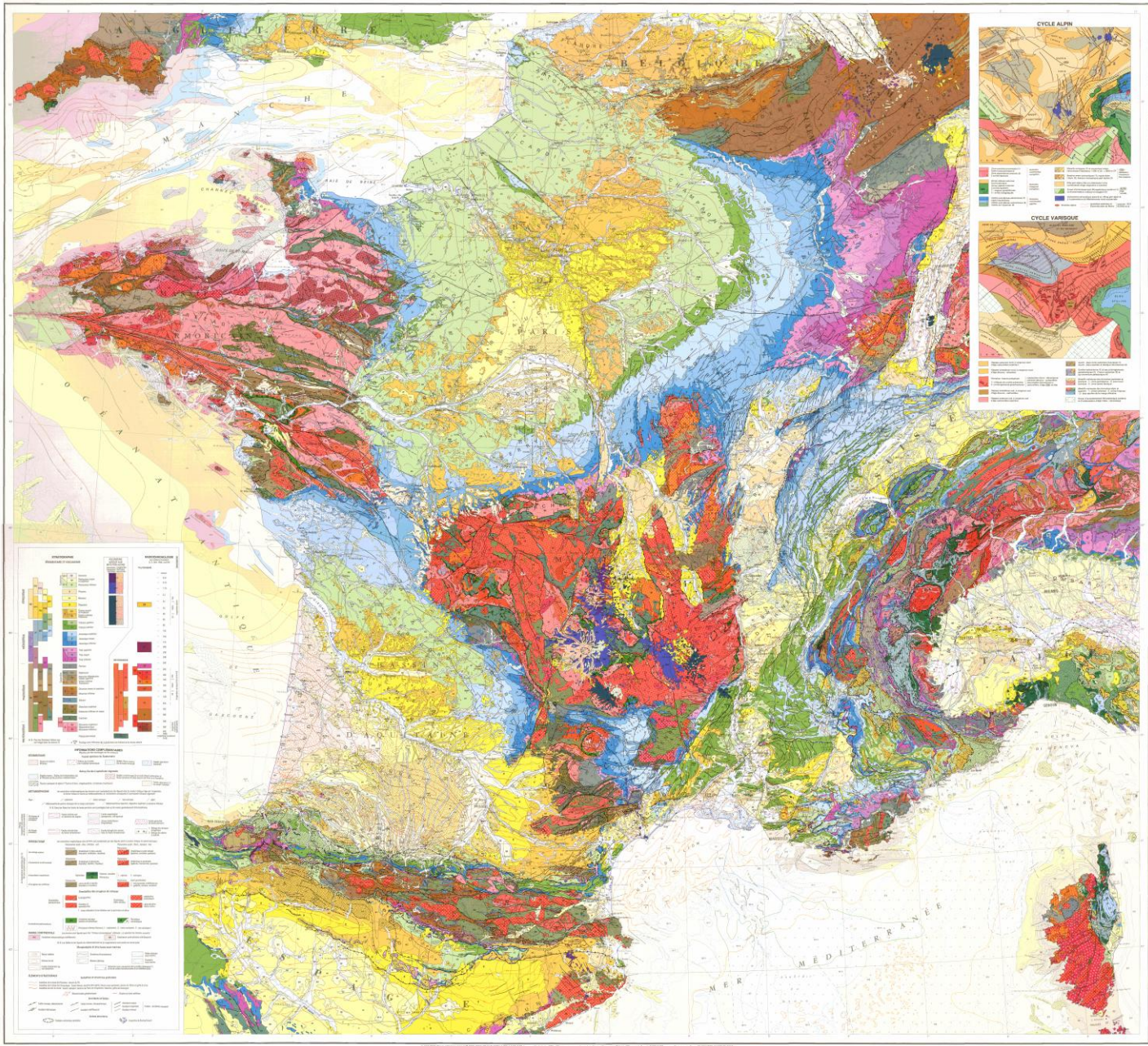
(d'après Tensi et al., BR)

Les Pyrénées

CARTE GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE

à l'échelle du millionième
0^e édition

1988 BRGM, Paris. Tous droits réservés. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de la BRGM est formellement interdite. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de la BRGM est formellement interdite. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de la BRGM est formellement interdite.



STRATIGRAPHIE

Échelle de temps géologique

Échelle de temps géochronologique

Échelle de temps géodynamique

Échelle de temps géomorphologique

Échelle de temps géochimique

Échelle de temps géobiostratigraphique

Échelle de temps géoclimatologique

Échelle de temps géoculturelle

Échelle de temps géohistorique

Échelle de temps géopolitique

Échelle de temps géosociologique

Échelle de temps géoéconomique

Échelle de temps géoéthologique

Échelle de temps géoéthnologique

Échelle de temps géoethnologique

Échelle de temps géoethnologique

Échelle de temps géoethnologique

CYCLE ALPIN

Échelle de temps géodynamique

Échelle de temps géomorphologique

Échelle de temps géochimique

Échelle de temps géobiostratigraphique

Échelle de temps géoclimatologique

Échelle de temps géoculturelle

Échelle de temps géohistorique

Échelle de temps géosociologique

Échelle de temps géoéconomique

Échelle de temps géoéthologique

Échelle de temps géoethnologique

CYCLE VARISQUE

Échelle de temps géodynamique

Échelle de temps géomorphologique

Échelle de temps géochimique

Échelle de temps géobiostratigraphique

Échelle de temps géoclimatologique

Échelle de temps géoculturelle

Échelle de temps géohistorique

Échelle de temps géosociologique

Échelle de temps géoéconomique

Échelle de temps géoéthologique

Échelle de temps géoethnologique

EXPLICATION

Échelle de temps géodynamique

Échelle de temps géomorphologique

Échelle de temps géochimique

Échelle de temps géobiostratigraphique

Échelle de temps géoclimatologique

Échelle de temps géoculturelle

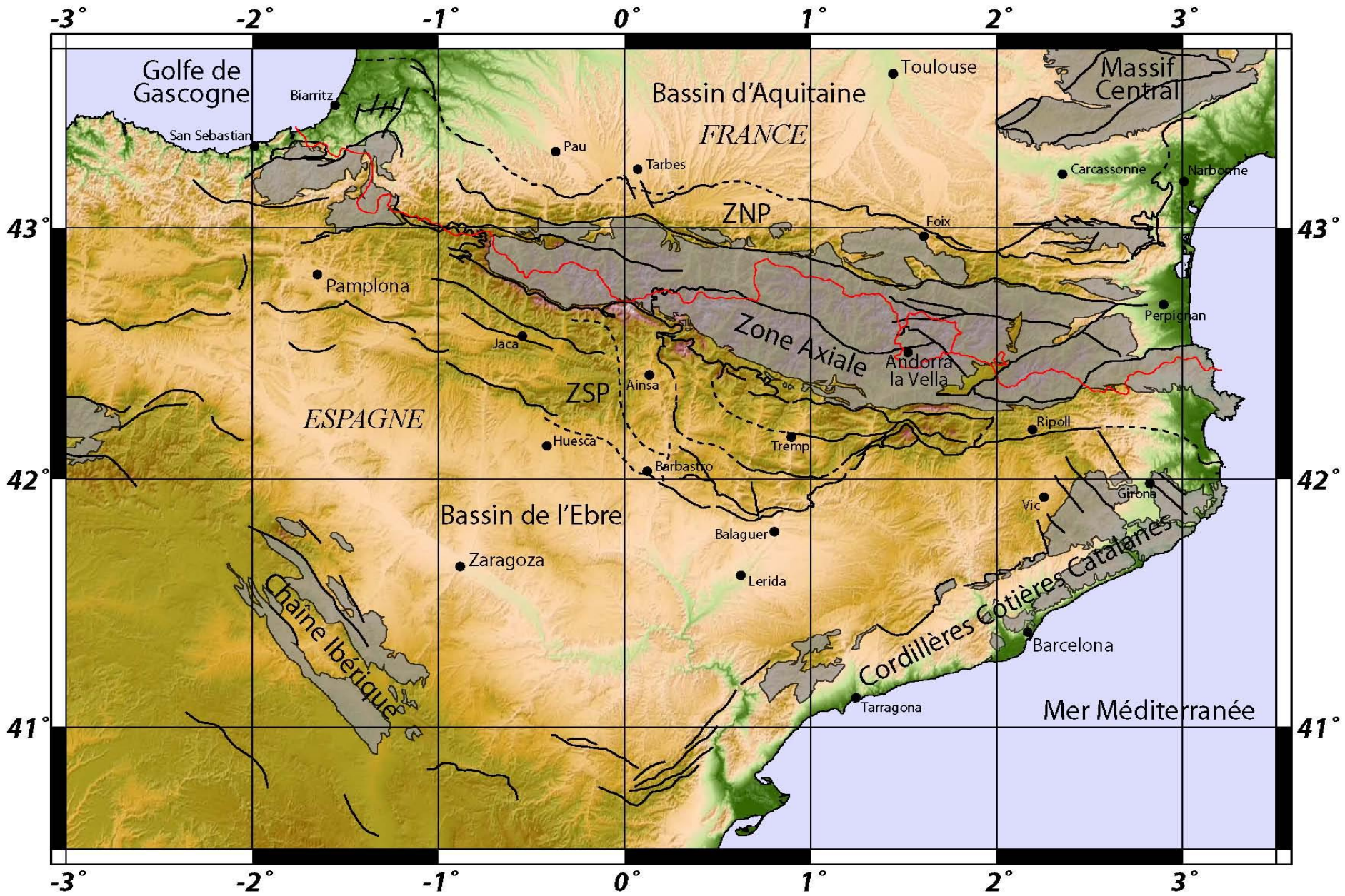
Échelle de temps géohistorique

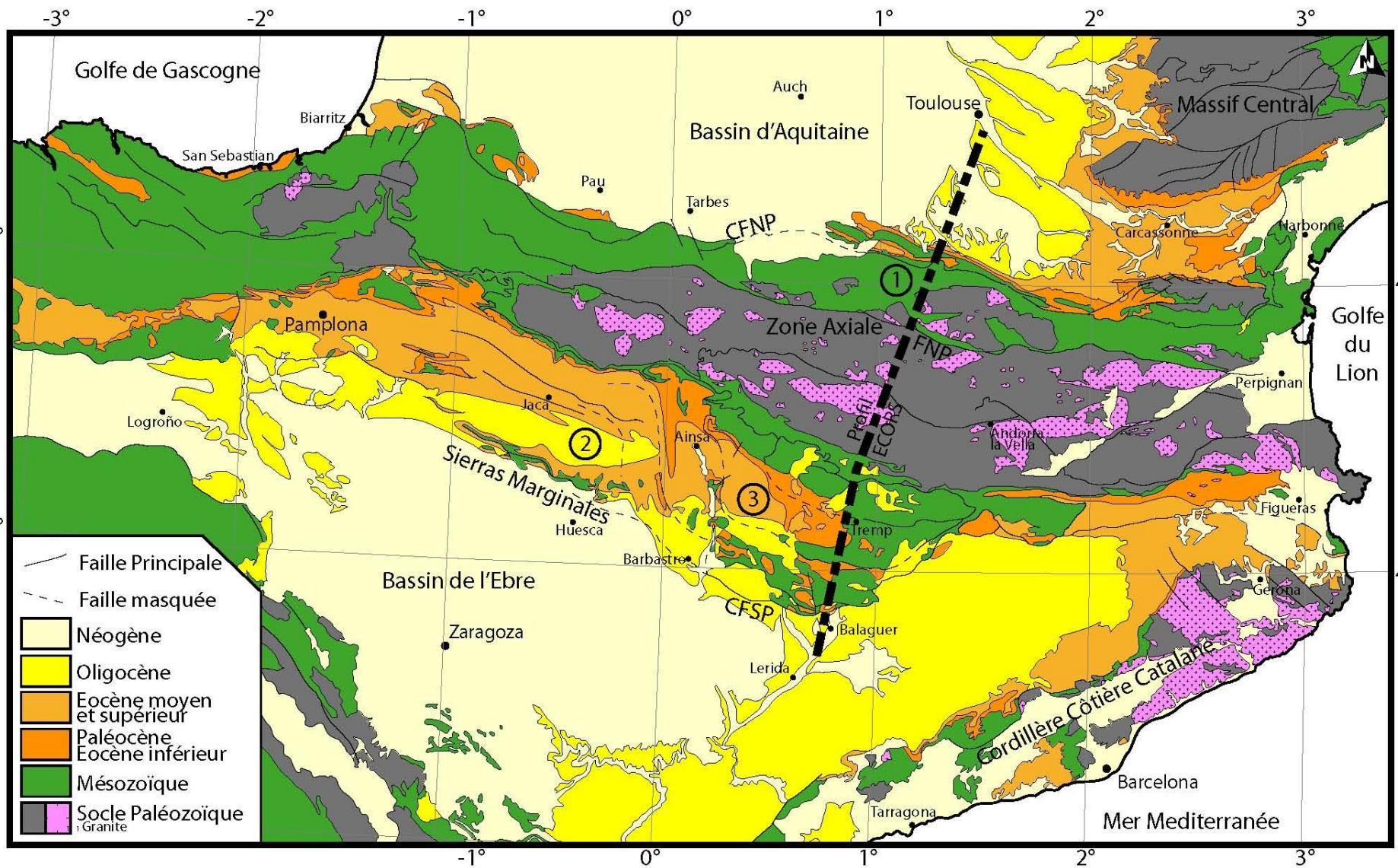
Échelle de temps géosociologique

Échelle de temps géoéconomique

Échelle de temps géoéthologique

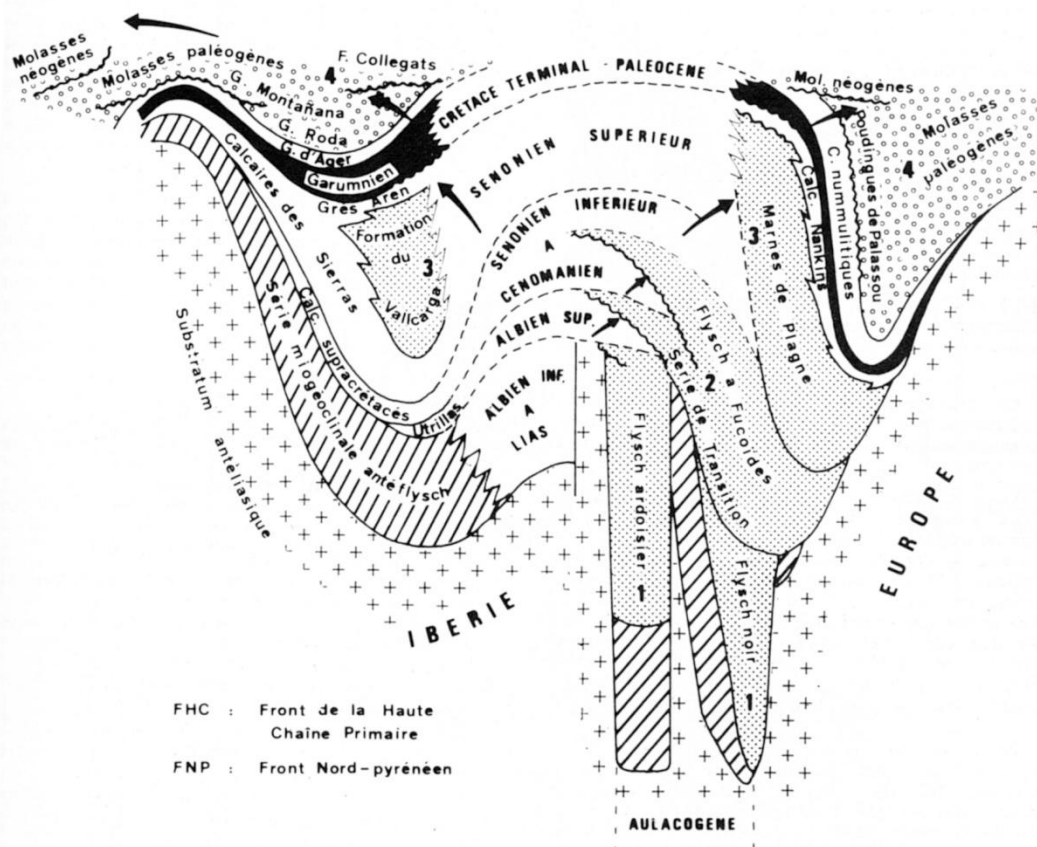
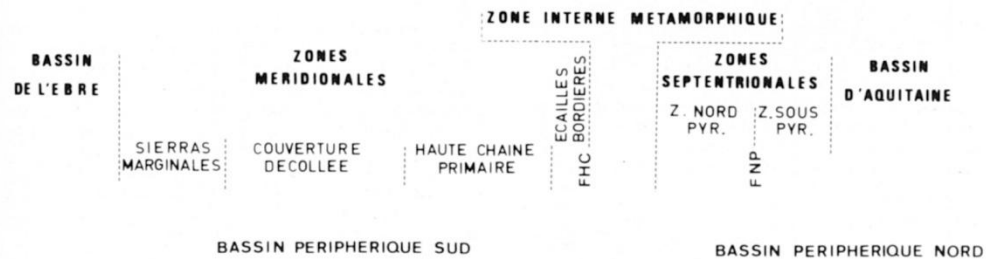
Échelle de temps géoethnologique





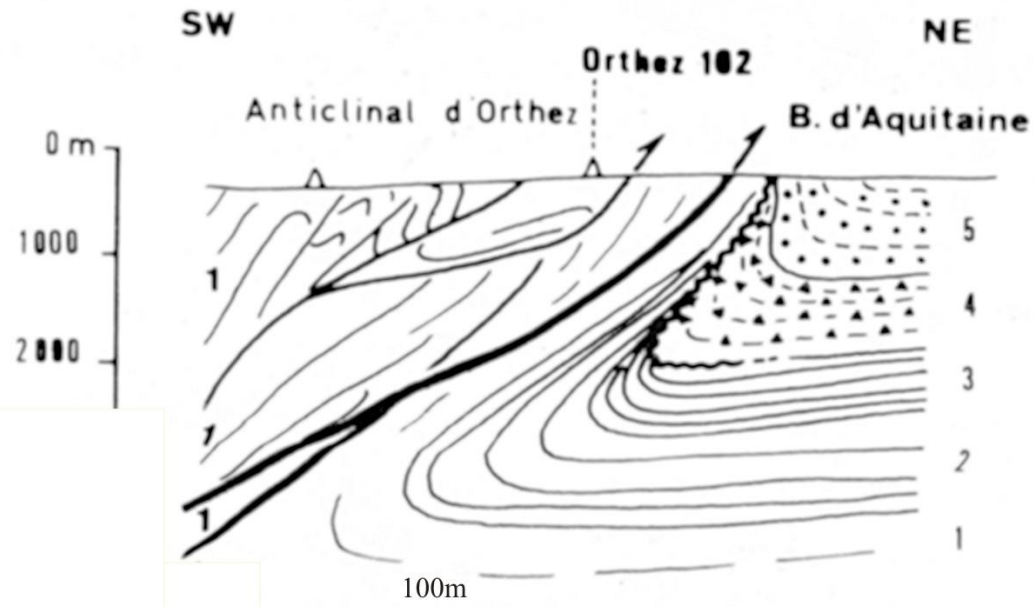


Quatre courbes de subsidence dans le bassin Aquitain, calculées d'après l'analyse de forages de recherche pétrolière. Dans chaque encadré, la courbe inférieure montre l'enfouissement avec le temps du socle anté-triasique (sédiments décompactés), la courbe supérieure montre la subsidence « tectonique », c'est-à-dire la subsidence corrigée de l'effet de charge des sédiments et de l'eau emplissant le bassin (compensation isostatique locale par du matériel mantellique de densité 3, 2). La subsidence est rapide au Trias et au Lias inférieur (distension initiale), ralentie pendant le Jurassique moyen (refroidissement lithosphérique), de nouveau rapide au Jurassique supérieur, puis à l'Albo-Aptien (nouvelles phases de distension tectonique), ralentie au Crétacé supérieur (nouveau refroidissement lithosphérique), et reprend brusquement à la fin du Crétacé jusqu'à la fin de l'Éocène (effet de la compression pyrénéenne). Des différences apparaissent cependant selon les puits, qui ne montrent pas tous les trois phases de subsidence rapide énumérées précédemment. Les bassins du Crétacé inférieur (Parentis, Mirande, Adour ; sont ombrés (d'après BRUNET, 1983 ; coordonnées en grades).



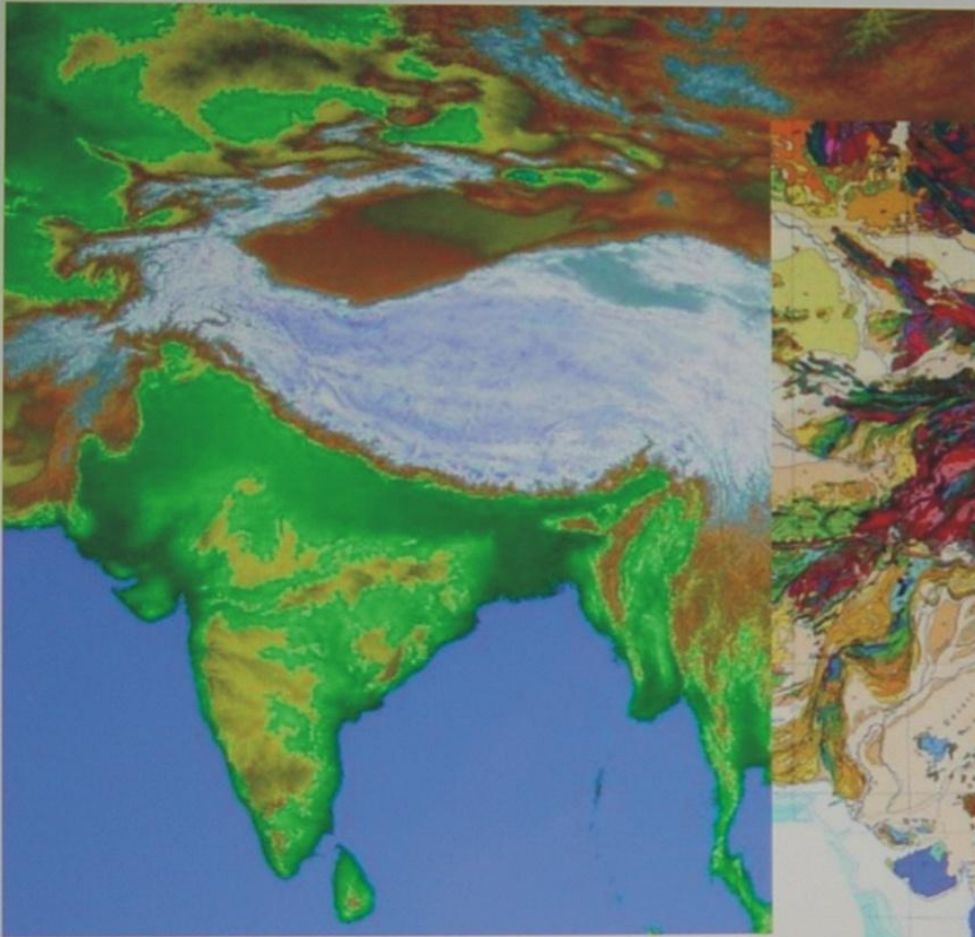
FHC : Front de la Haute Chaîne Primaire
 FNP : Front Nord-pyrénéen

Principales séries synorogéniques des Pyrénées sur une transversale navarro-languedocienne.
 Le schéma illustre les situations tectoniques, faciès, variations d'épaisseurs, relations et significations tecto-sédimentaires.
Stade aulacogène : séries à turbidites du Crétacé moyen (1) en position intercratonique dans un rift sur des ensembles miogéoclinaux antéflysch très érodés.
Stade bassins périphériques (postcollision cratonique) : migration des dépôts en avant des deux fronts orogéniques actifs (flèches), pour les séries à turbidites du Cénomanién au Sénonien inférieur (2), les séries à turbidites et littorales du Sénonien supérieur (3), les séries fluvio-continentales du Paléogène (4).

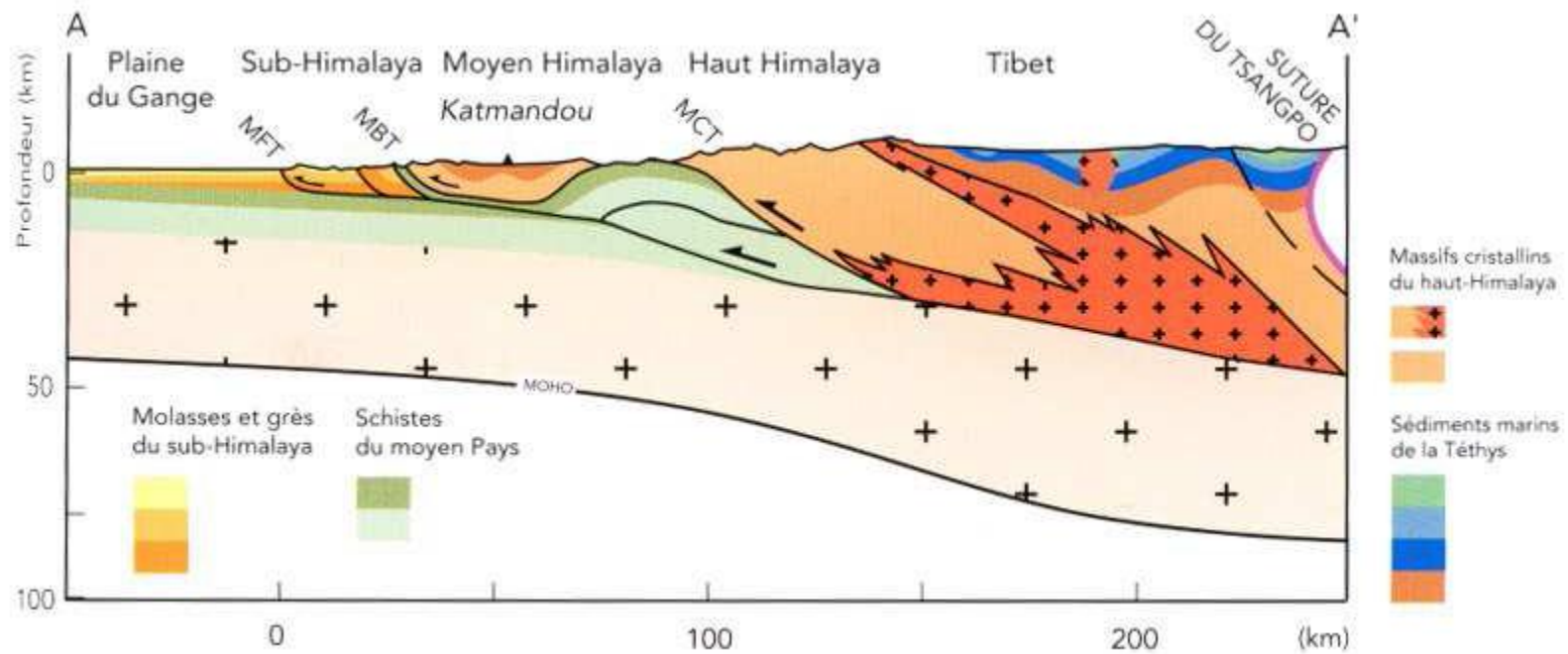


Discordance et sédimentation syntectoniques au niveau de l'anticlinal d'Orthez chevauchant un avant-pays aquitain relevé et renversé (d'après J. Henry, 1966). Les terrains plissés du Trias au Néocrétacé (1), du Paléocène (2) et de l'Eocène inférieur (3) marins sont suivis, le long d'une discordance progressive et angulaire, par un prisme de dépôts synorogéniques, encore marins à l'Eocène moyen (4), puis fluvio-continentaux de l'Eocène supérieur au Miocène (5).

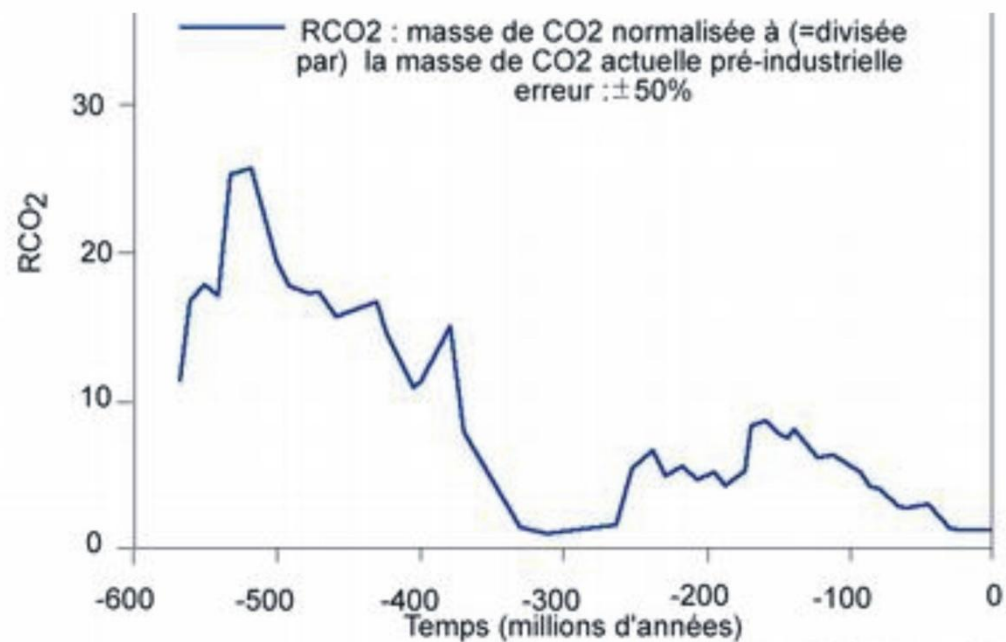
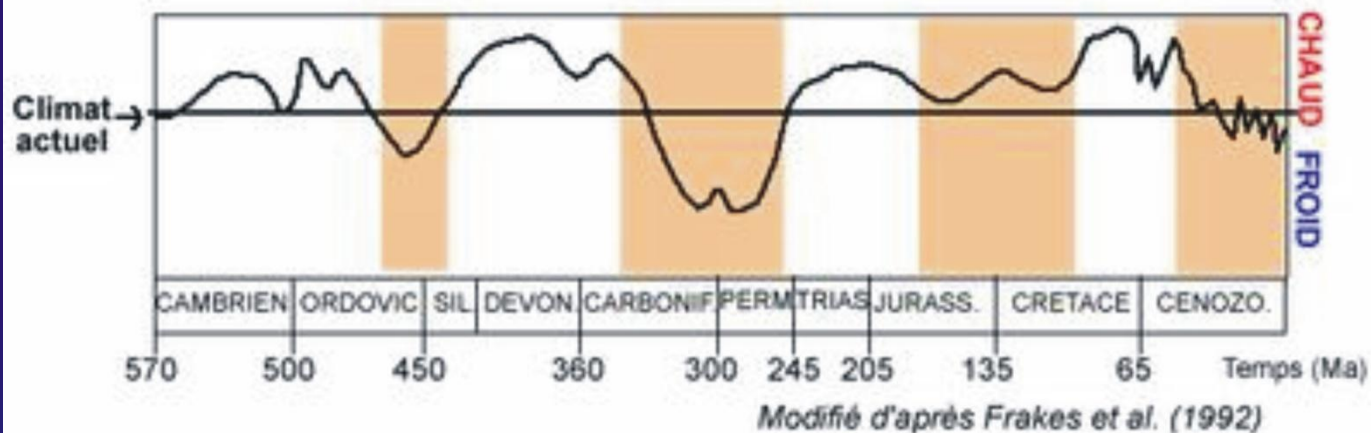
L'Himalaya



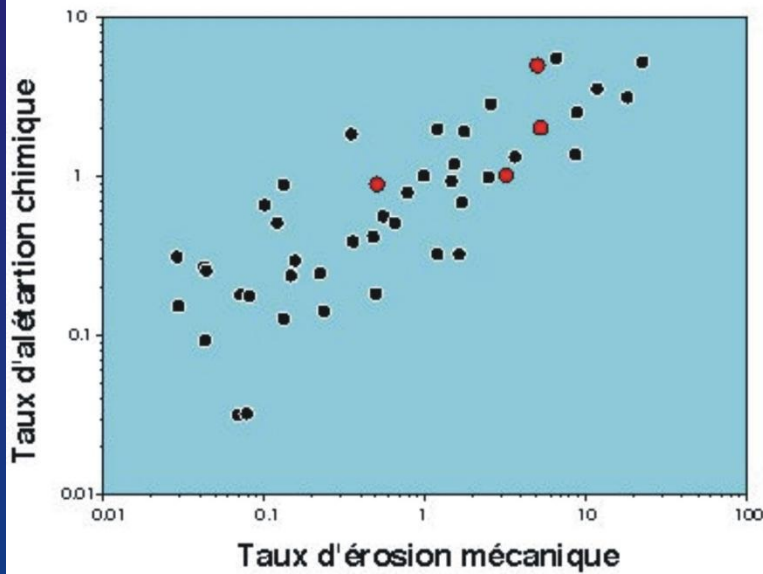
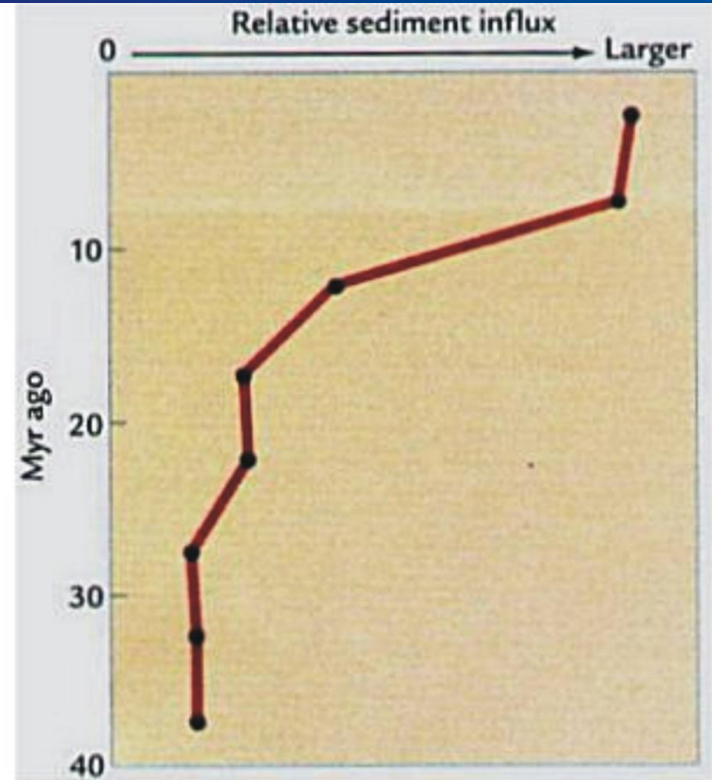
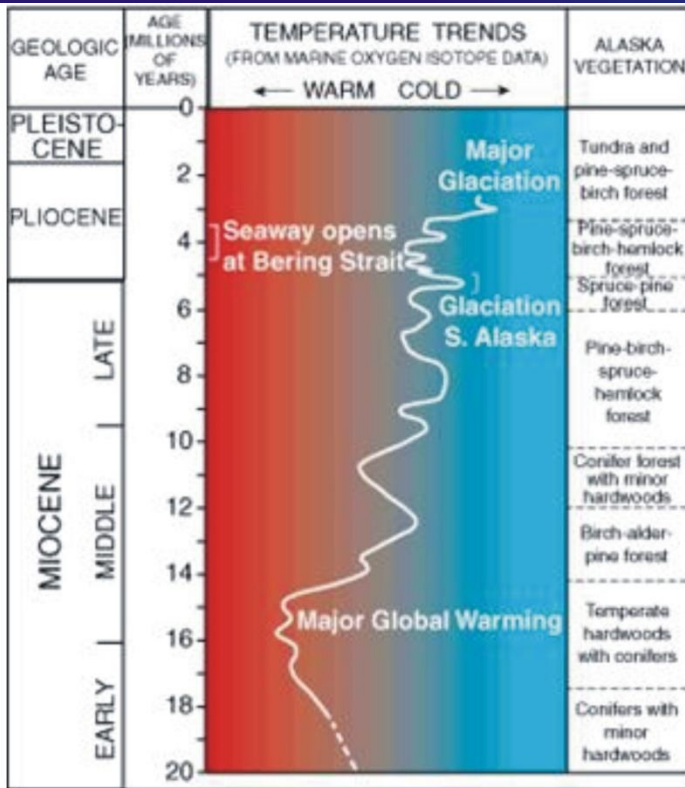
A faire figurer sur tous extraits
© UNESCO / CGMW Atlas géologique Mondial Ech. 1/10M



(d'après Guillot)



Berner R.A., 2003, Nature 426.

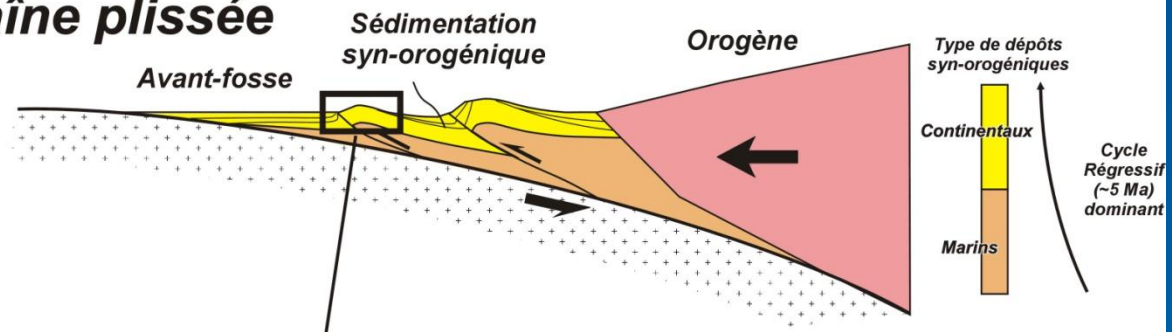


Formation de l'Himalaya depuis 15Ma
 Taux moyen d'ablation des hauts reliefs : 1mm/an
 Quantité de silicates calciques dans la croûte continentale : 2%
 Densité moyenne des roches : 3000 Kg/m³
 Quantité de CO₂ atmosphérique : 750 Gt de C soit 2750 Gt de CO₂
 La masse de CO₂ consommé correspond à 78% de la masse des silicates calciques altérés.

Avec une estimation de la surface de l'Himalaya de 700000km², calculer la consommation de CO₂ atmosphérique depuis le début de la surrection himalayenne et la comparer à la teneur atmosphérique actuelle en CO₂.

**Les structures internes du bassin,
la compétition entre surrection des plis et subsidence**

La chaîne plissée

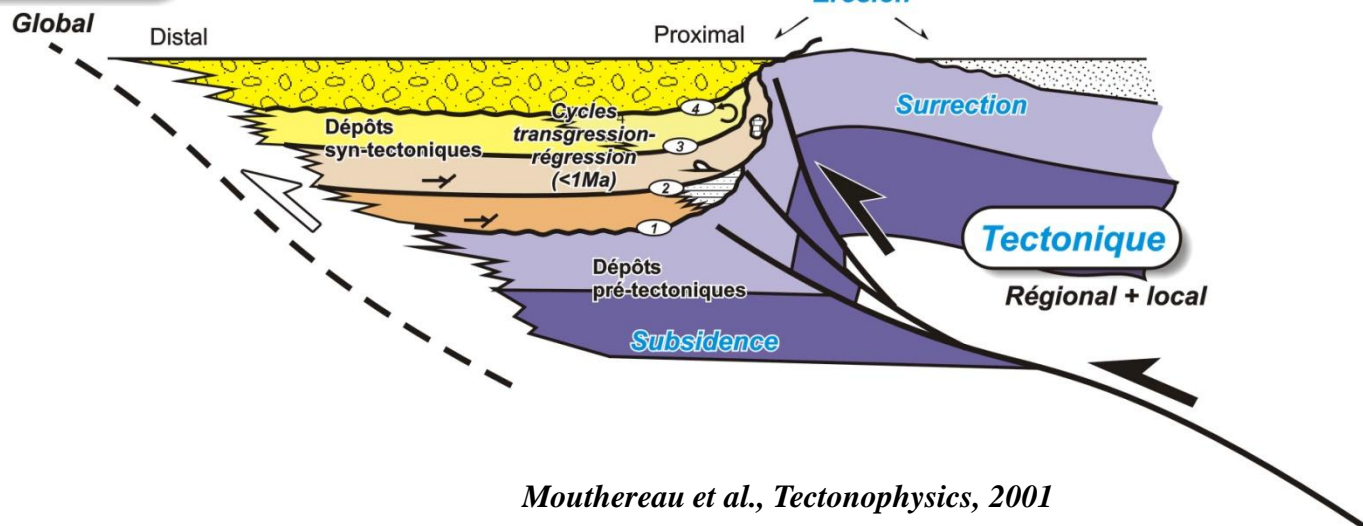


L'unité chevauchante

Eustatisme

Apport sédimentaire

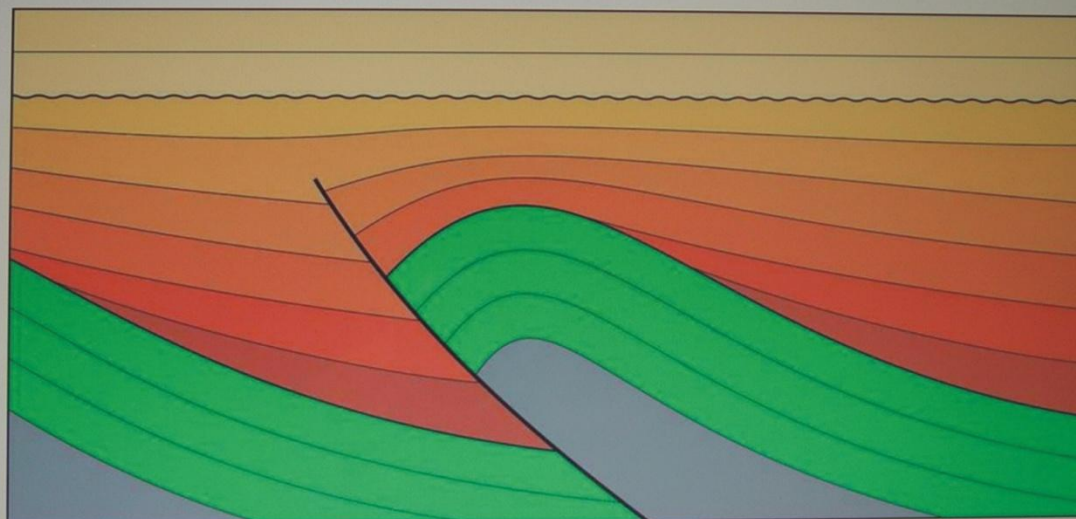
Régional + local



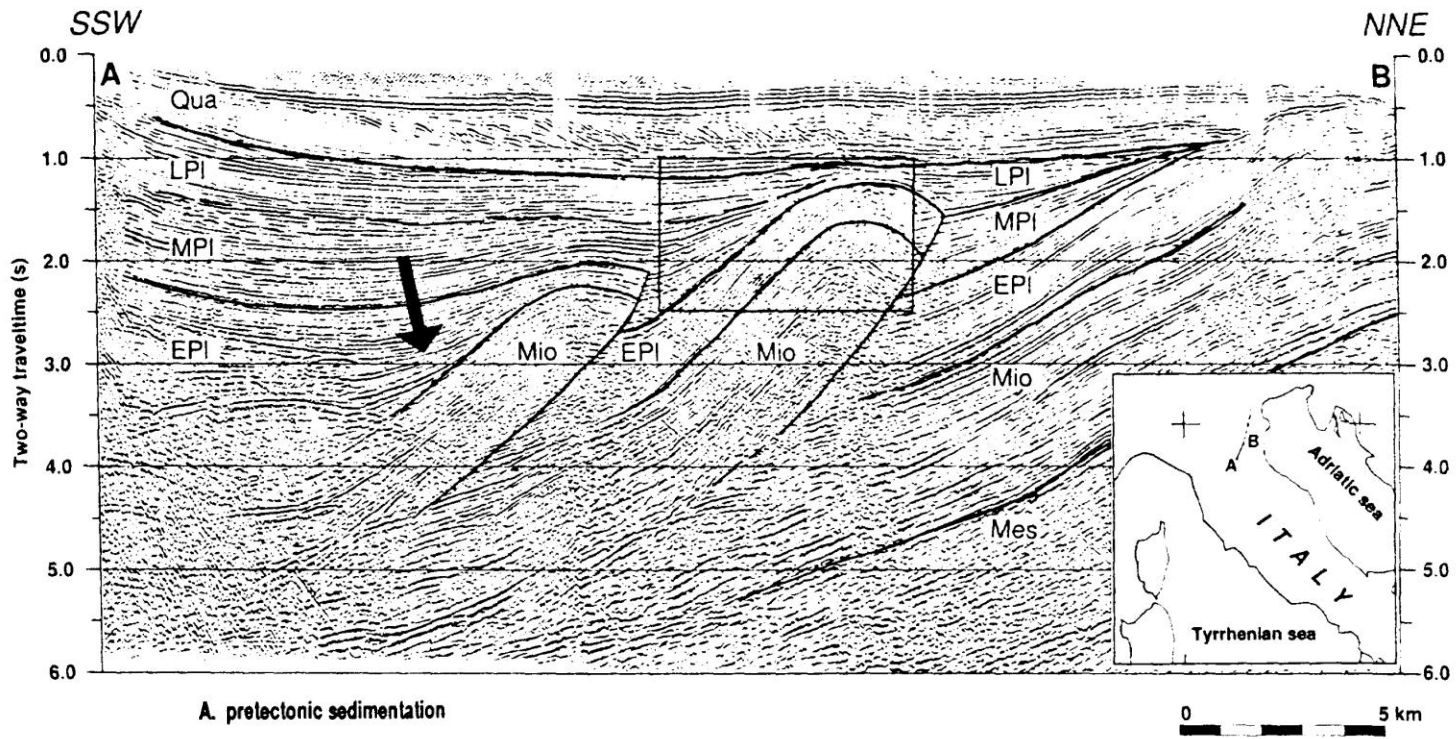
Mouthereau et al., Tectonophysics, 2001



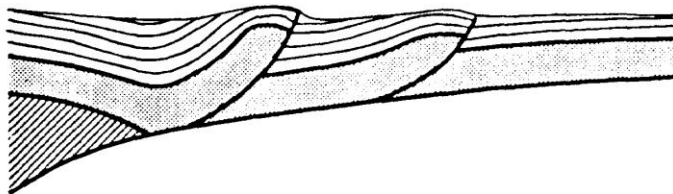
Socle
 Décollement
 Dépôts anté-compression
 Dépôts syn-compression



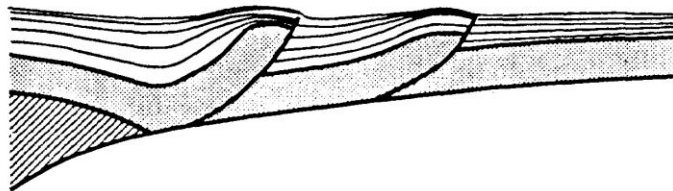
Dépôts anté-déformation
 Dépôts syn-déformation
 Dépôts post-déformation



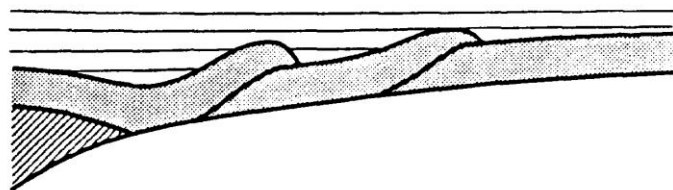
A. pre-tectonic sedimentation



B. syntectonic sedimentation



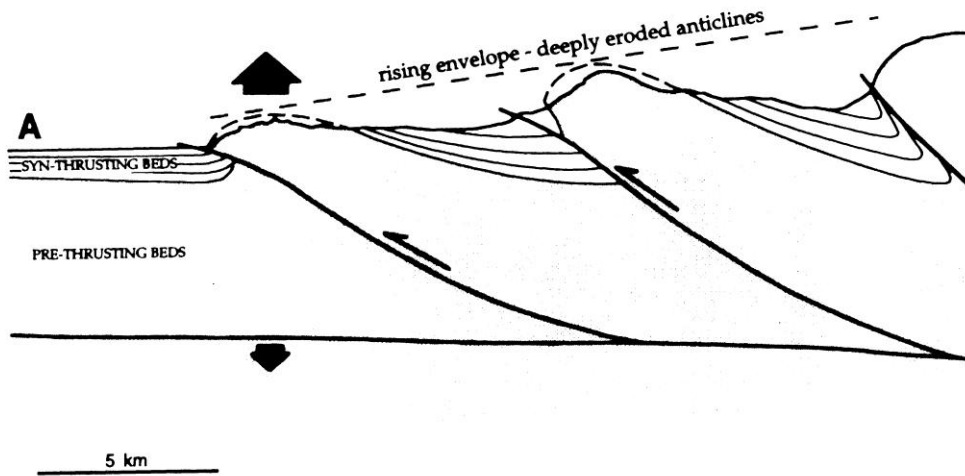
C. post-tectonic sedimentation



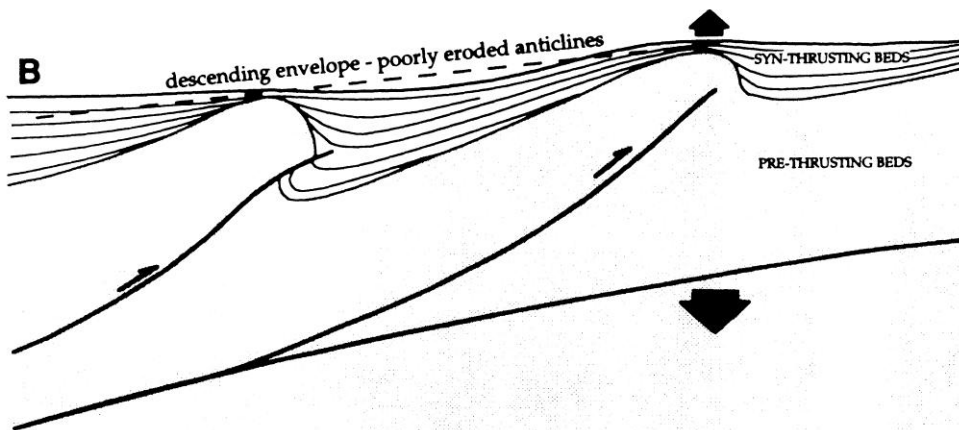
Tectonique syn-sédimentaire au front des Apennins

Géométrie des séries syntectoniques en fonction de la subsidence et de la sédimentation régionale

FOLD UPLIFT > REGIONAL SUBSIDENCE

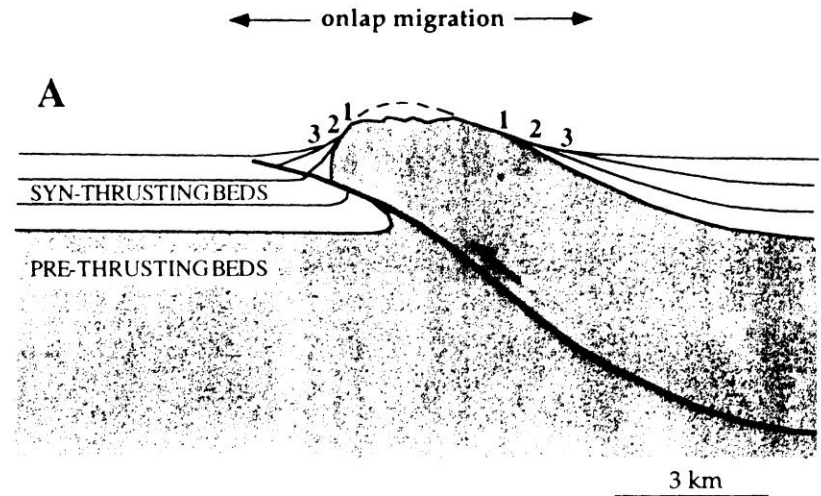


FOLD UPLIFT < REGIONAL SUBSIDENCE

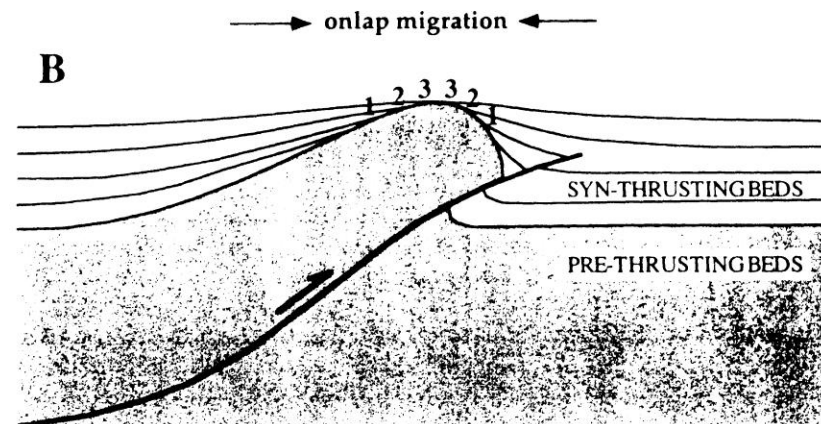


Dogliani et Prosser, 1992

Sedimentation rate < Fold total uplift



Sedimentation rate > Fold total uplift



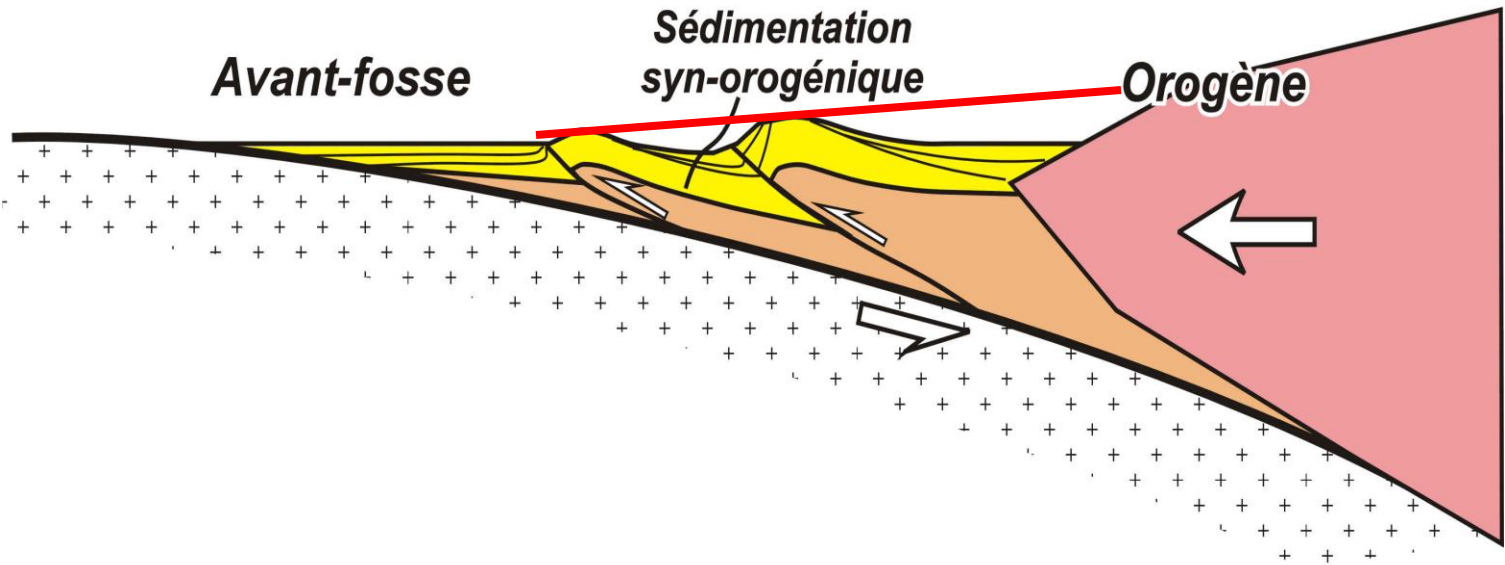
Bassin d'avant-pays

Prisme orogénique

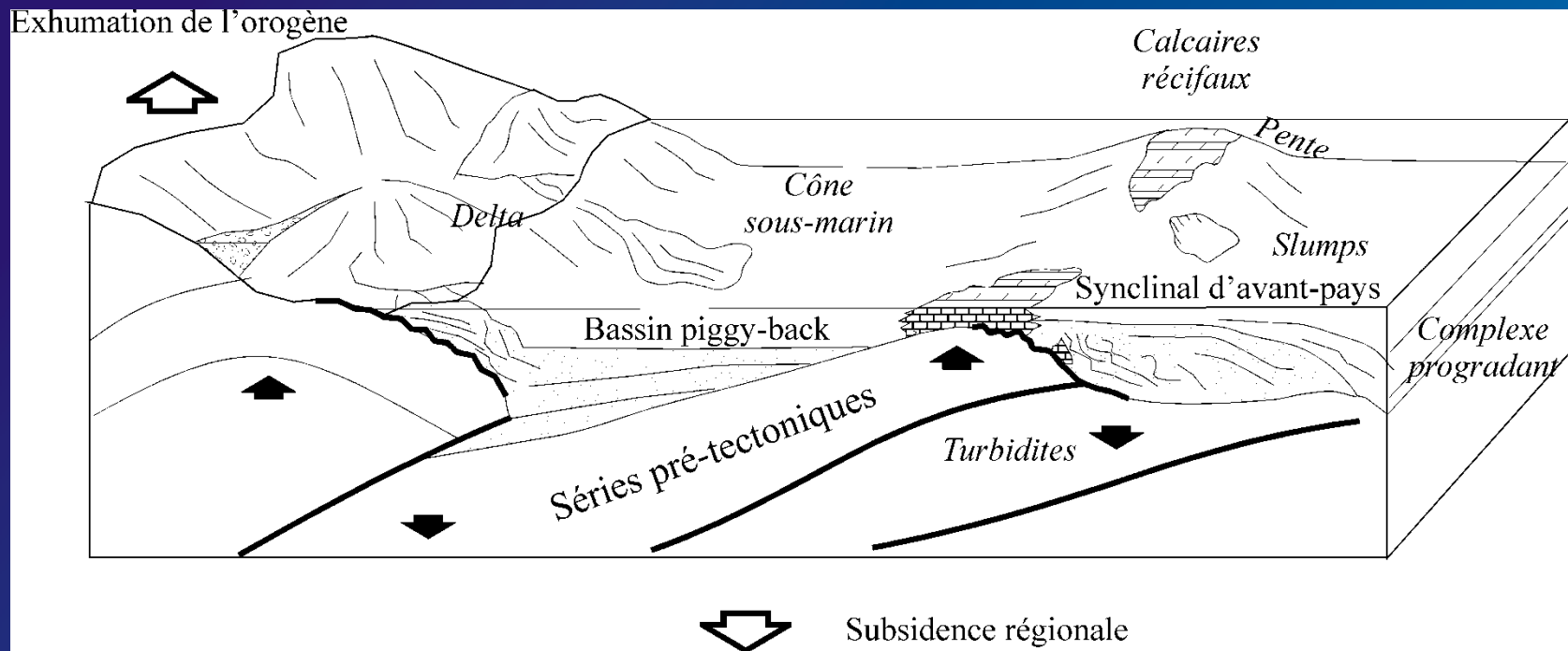
Avant-fosse

Sédimentation
syn-orogénique

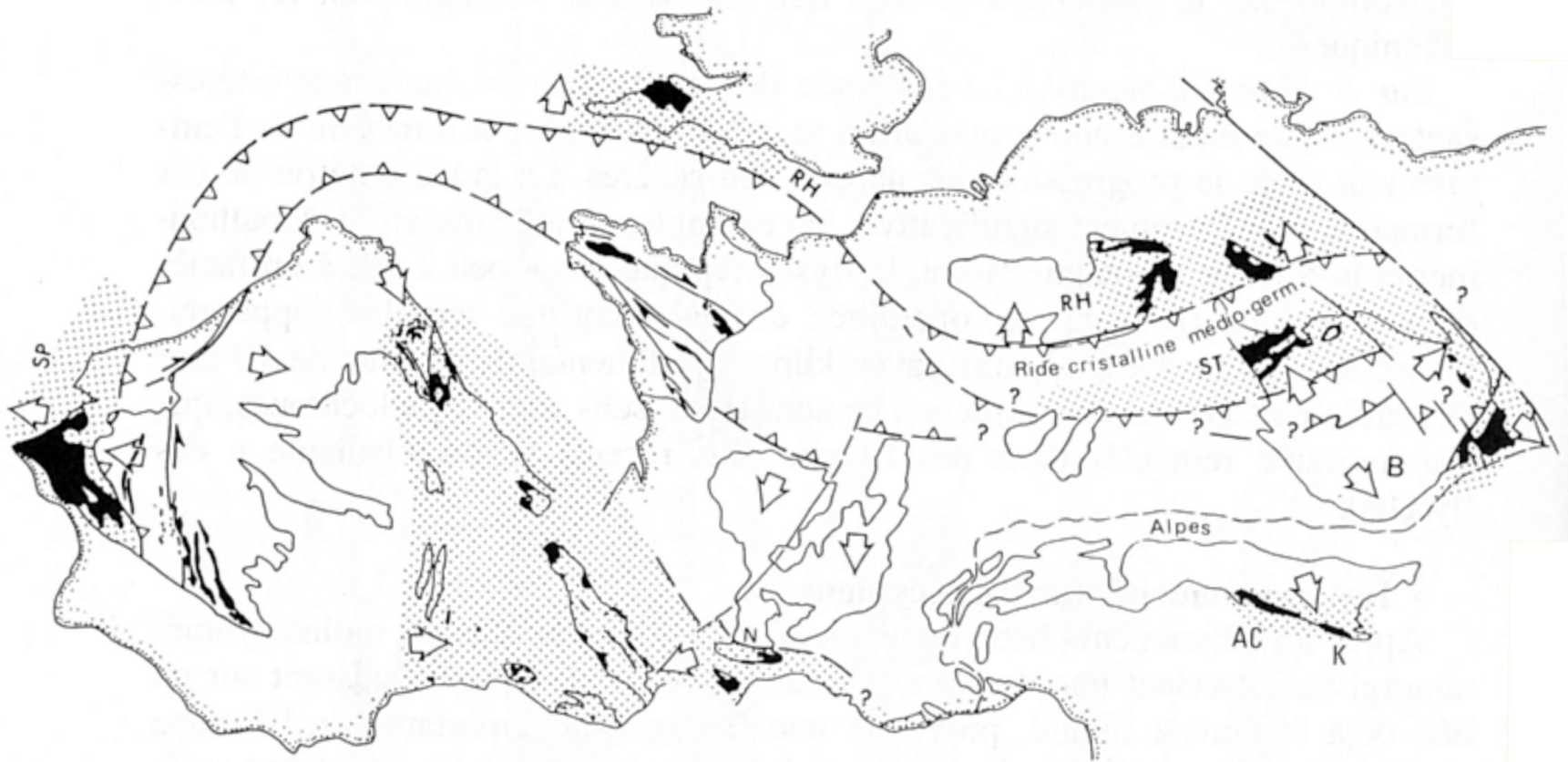
Orogène



Signature sédimentaire de l'activité tectonique à l'échelle de l'unité chevauchante



Et dans l'ancien ?
Exemple de l'hercynien



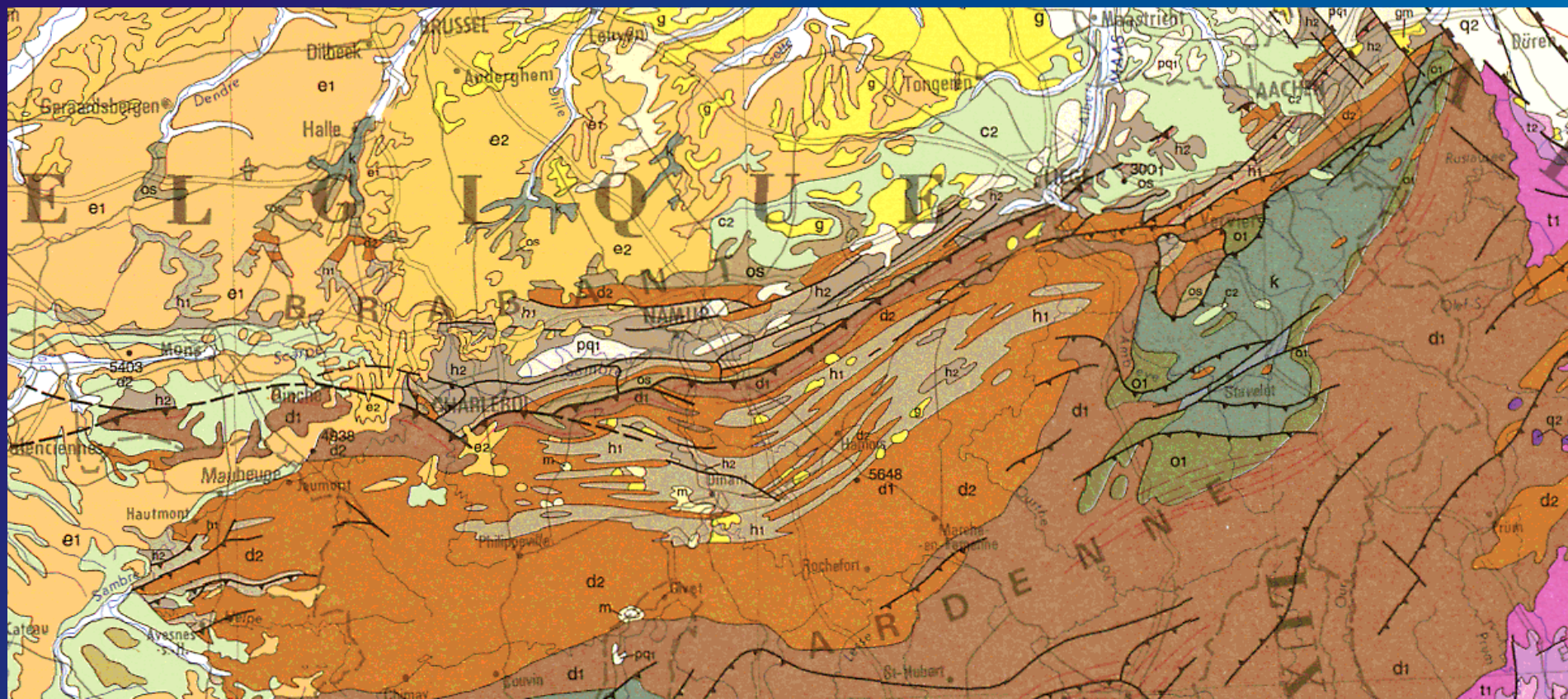
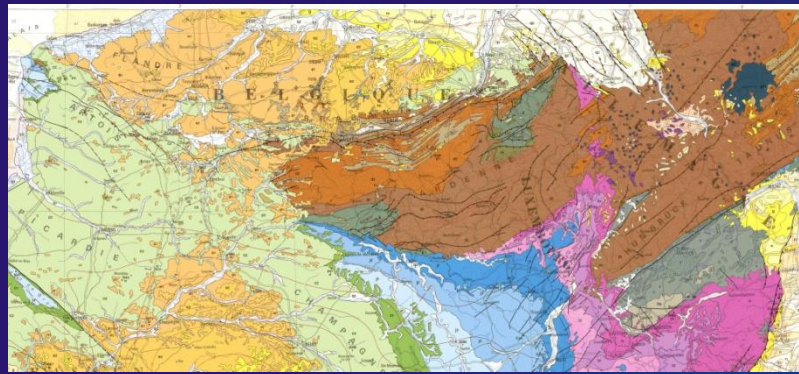
Principales zones d'affleurement des flyschs varisques en Europe occidentale (d'après Franke et Engle, 1986).
 RH. zone rhéno-hercynienne, ST. zone saxo-thuringienne, AC. Alpes carniques, B. massif de Bohême, K. Karawanken, N. Montagne noire.









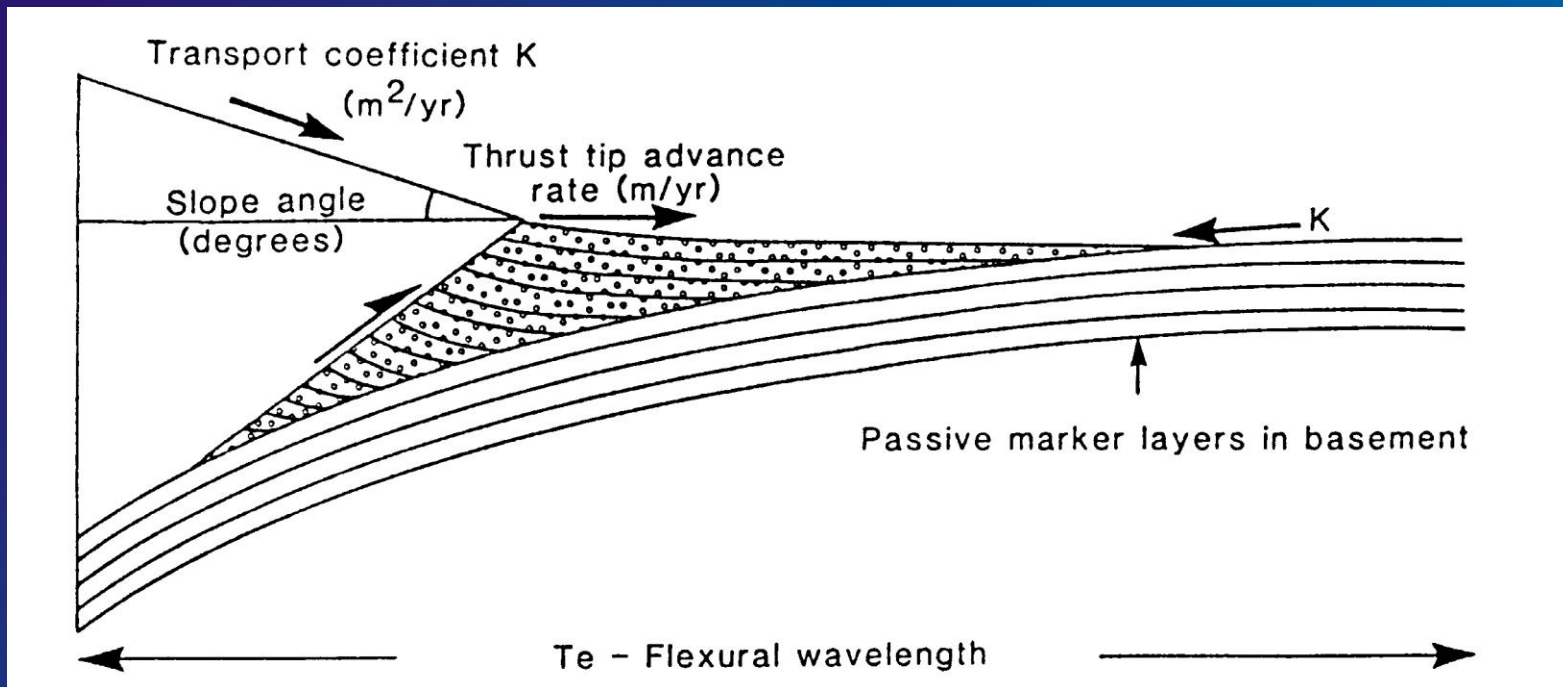


Modélisation de la dynamique des bassins d'avant-pays

Modélisation du remplissage d'un bassin d'avant-pays

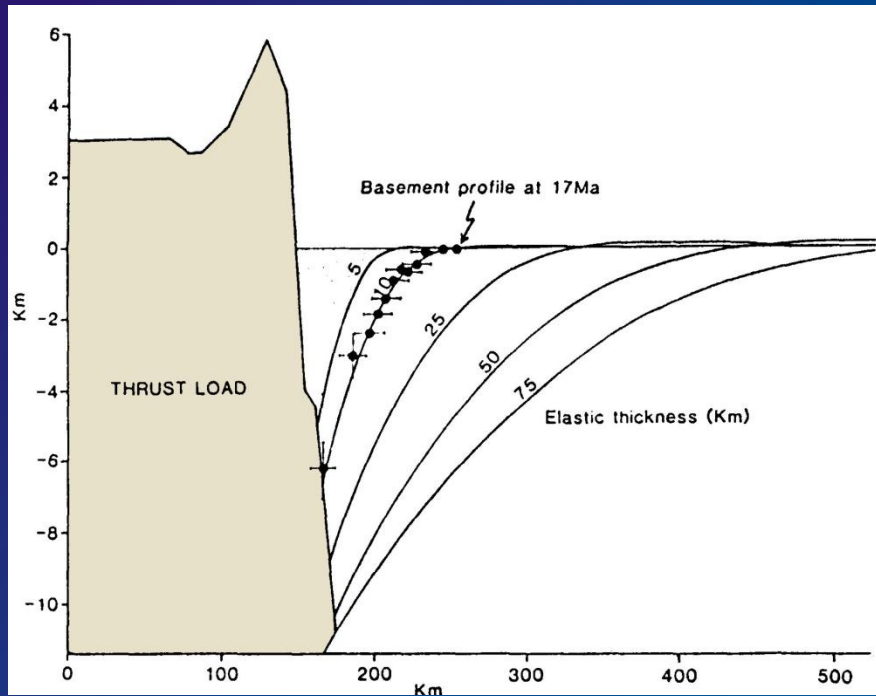
Les principaux paramètres physiques modélisés :

- Erosion d'un prisme orogénique (diffusion) dépendant de la pente et donc de la mécanique du prisme
- Taux de propagation de l'orogène
- Rigidité de la plaque (T_e)

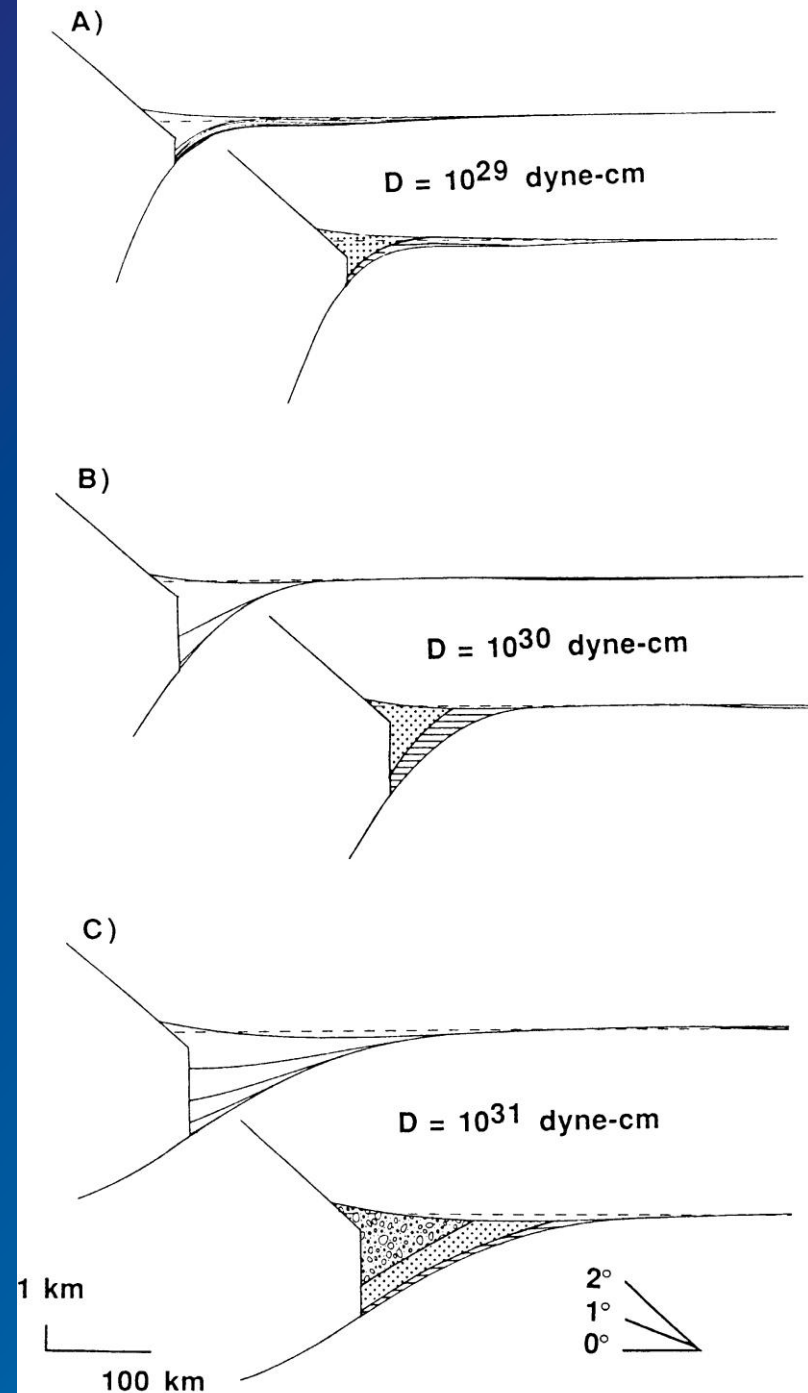


Rigidité de la plaque

Plus la lithosphère est « forte » plus le bassin est large
Au contraire si la plaque est « faible » la bassin est plus étroit et relativement plus profond



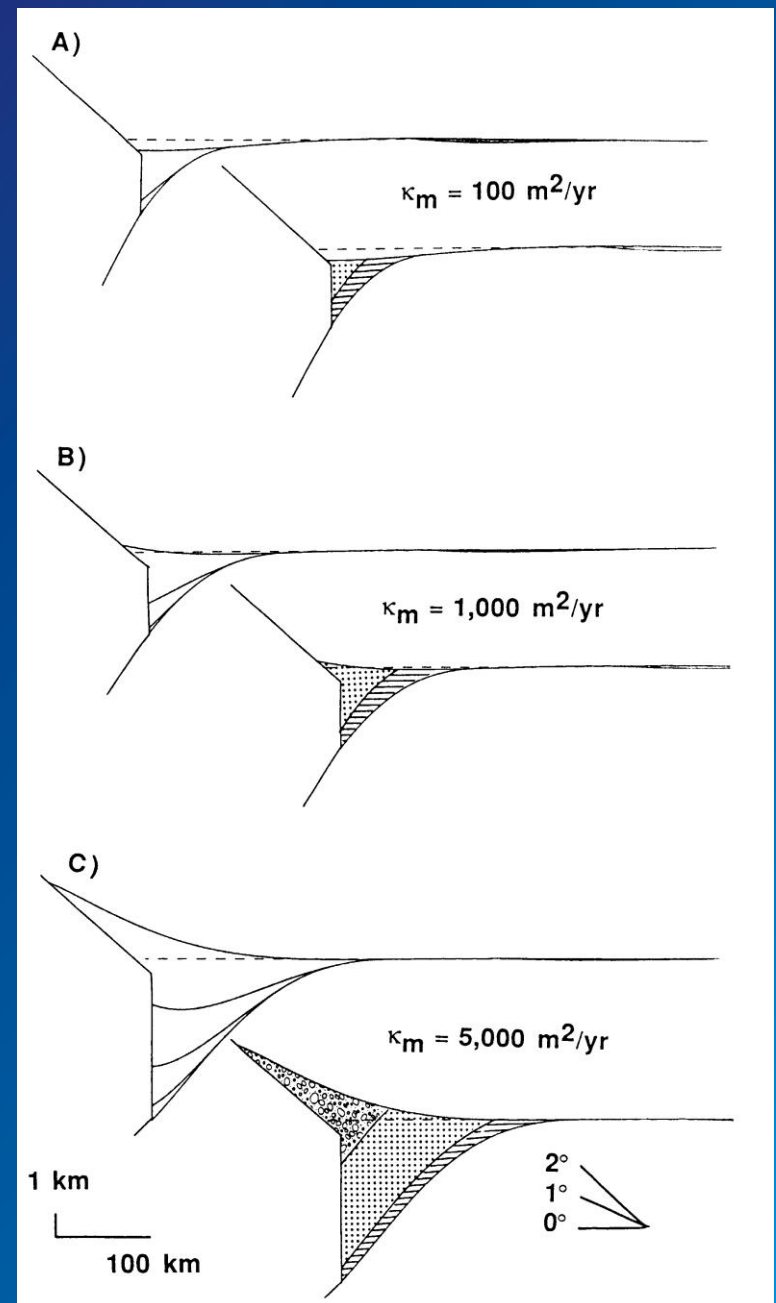
Sinclair et al., Tectonics, 1991



L'érosion

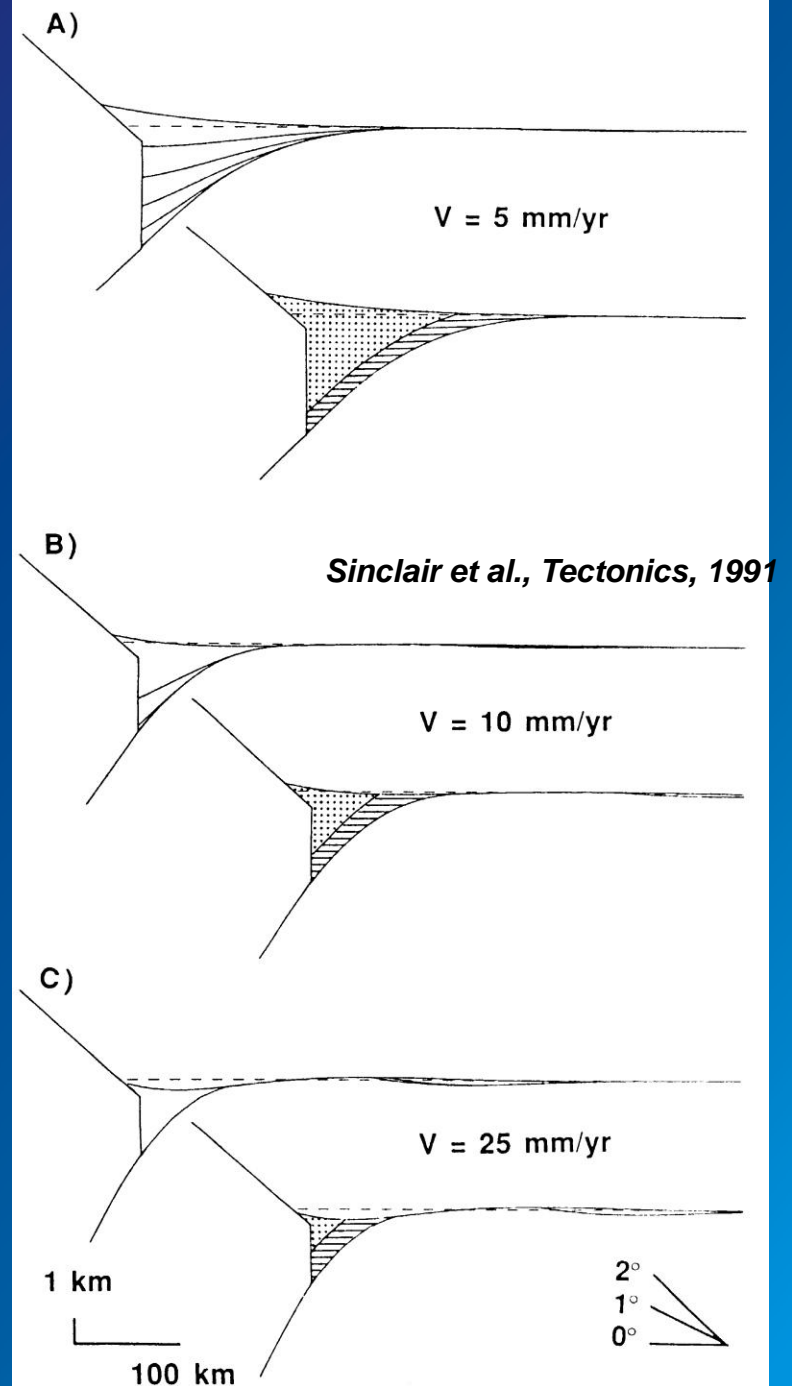
*L'apport sédimentaire
détermine le type de dépôt
dominant*

*La charge sédimentaire
conduit à l'élargissement
du bassin*



La propagation du prisme

Un taux de migration élevé limite l'accumulation de sédiments dans le bassin

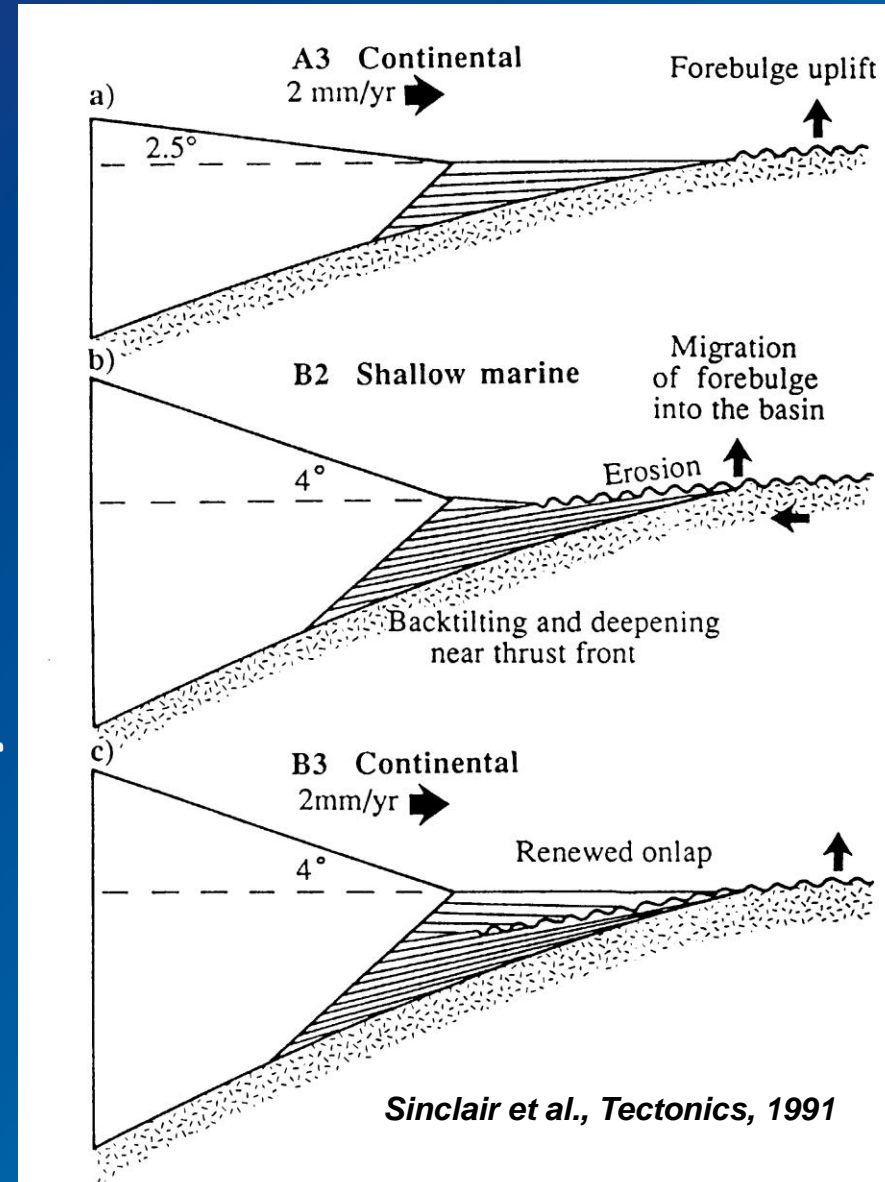


Expliquer des discordances internes par la tectonique : observations stratigraphiques et sédimentaires

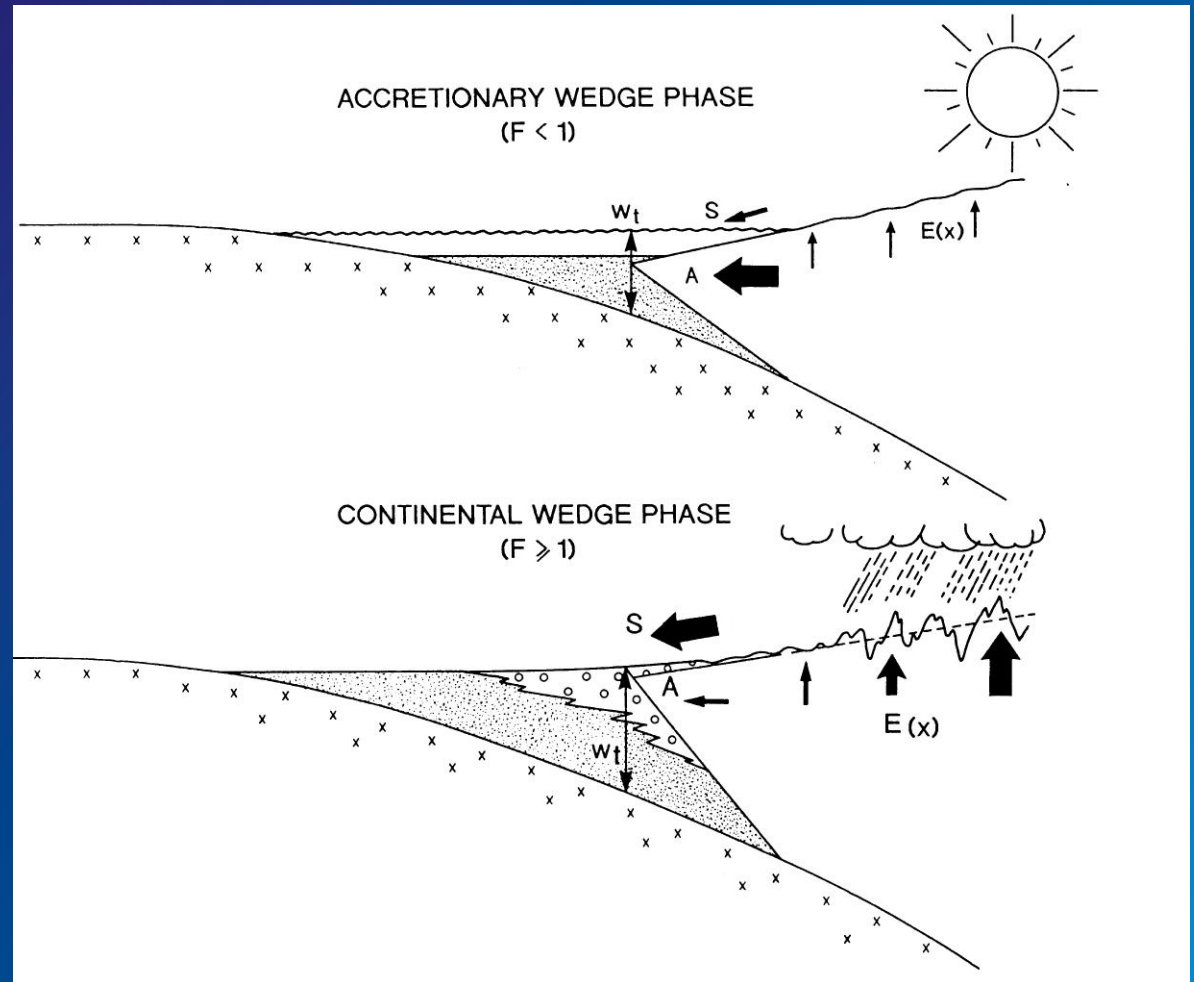
a) sédimentation continentale et formation d'une discordance « forebulge »

b) La propagation du prisme est arrêté mais il continue à s'épaissir par déformation interne, la pente topographique s'accroît donc l'érosion. Le bassin s'élargit et s'approfondit.

c) Le prisme se propage à nouveau. Une discordance s'établit entre dépôts continentaux et marins qui migre vers l'intérieur du bassin.



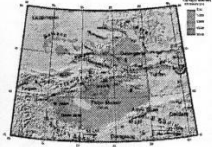
Bassin sous-alimenté
stade « océanique »



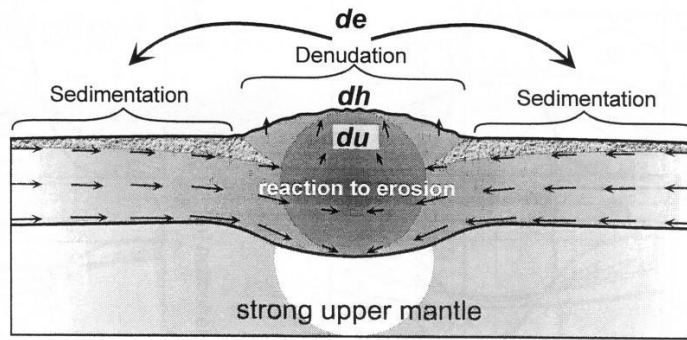
Bassin sur-alimenté
stade « continental »

(d'après Sinclair)

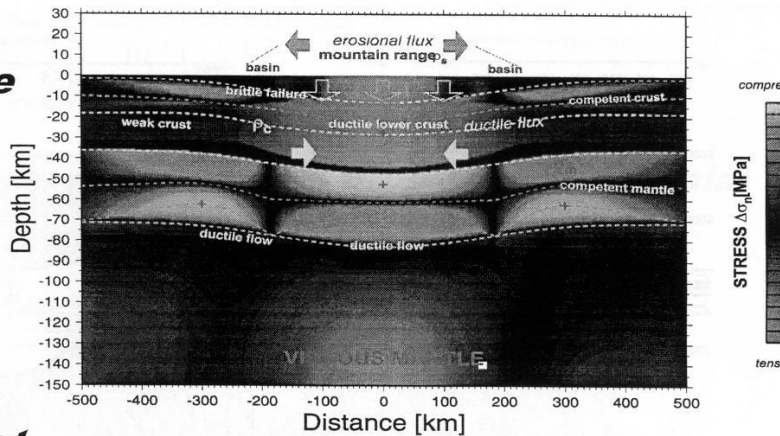
***l'érosion + compression = couplage dynamique =
= croissance des montagnes (Avouac and Burov, 1996):***



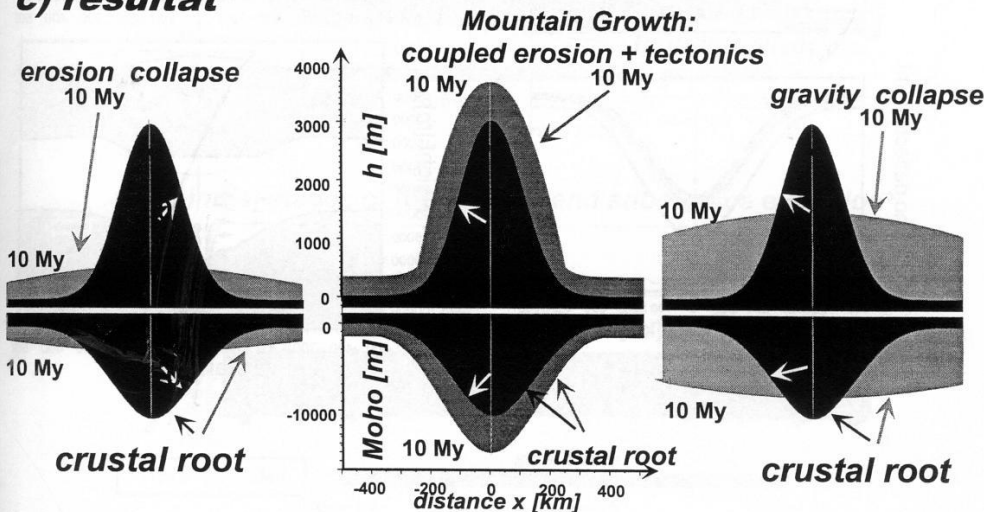
a) idée:



b) modèle

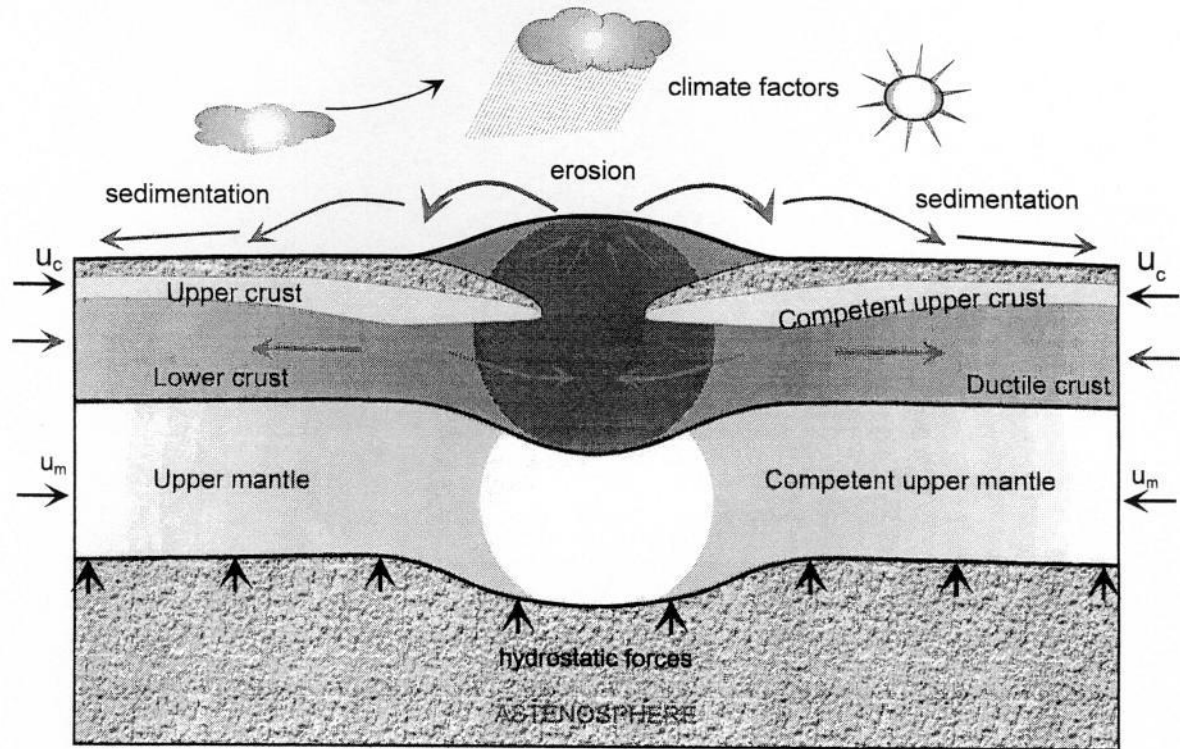


c) résultat



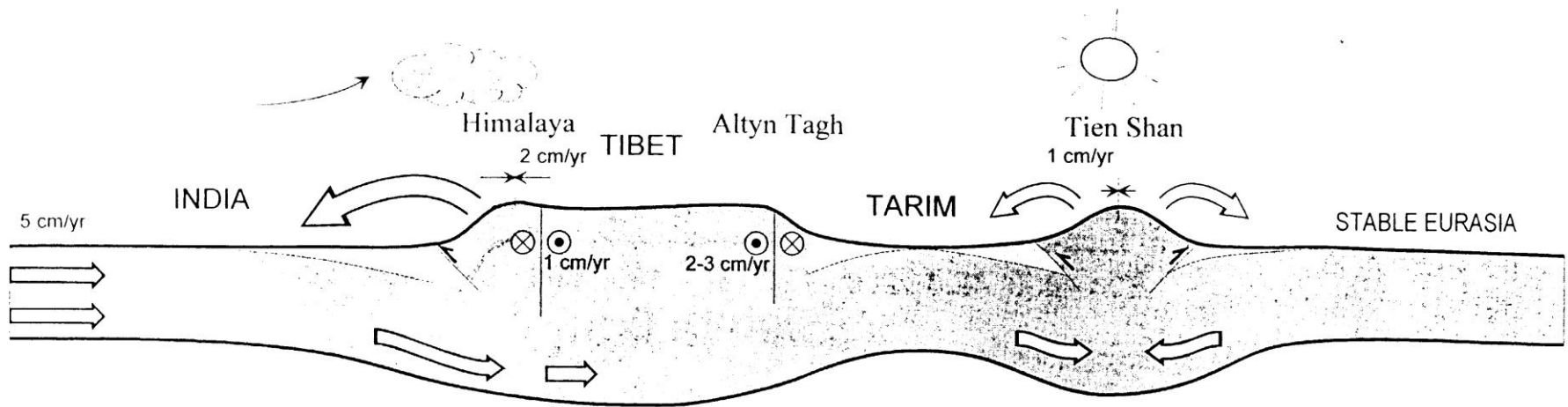
**Il ne peut y avoir
formation pérenne
de reliefs
sans érosion !**

(d'après Burov)



(d'après Burov)

Le climat en stimulant l'érosion contrôle les taux de déformation !



(d'après Burov)