

# Table des matières

<b>Avant-propos</b> . . . . .	1
Nicolas SASPITURRY, Jessica UZEL et Alexandre ORTIZ	
<b>Chapitre 1. Structure des Pyrénées à l'échelle crustale</b> . . . . .	5
Antonio TEIXELL et Pierre LABAUME	
1.1. Introduction . . . . .	5
1.2. Cadre tectonique de la chaîne pyrénéenne . . . . .	6
1.3. Étude de la croûte terrestre par sismique réflexion profonde . . . . .	6
1.3.1. Résultats des profils ECORS dans les Pyrénées . . . . .	7
1.3.2. Apports des études géophysiques récentes . . . . .	11
1.4. Signification des corps de haute densité à des profondeurs crustales . . . . .	14
1.5. Coupes crustales sériées des Pyrénées . . . . .	15
1.5.1. La coupe ECORS-Pyrénées . . . . .	16
1.5.2. La coupe Nestes-Cinca . . . . .	17
1.5.3. La coupe des chaînons Béarnais-Jaca . . . . .	19
1.5.4. La coupe des Pyrénées basco-cantabriques . . . . .	20
1.5.5. La coupe des Pyrénées orientales . . . . .	23
1.6. Modèles pour la structure crustale antérieure à l'orogénèse pyrénéenne . . . . .	27
1.7. La nature des marges continentales passives . . . . .	28
1.8. Héritage des rifts et orogénèse . . . . .	29
1.9. Bibliographie . . . . .	33
<b>Chapitre 2. Les conglomérats alluviaux syncompressifs : marqueurs de l'exhumation de l'Est pyrénéen</b> . . . . .	43
Thierry NALPAS	
2.1. Introduction . . . . .	43
2.2. Contexte géologique . . . . .	44

2.3. Méthodologie d'étude. . . . .	45
2.4. Les conglomérats de l'est des Pyrénées . . . . .	46
2.4.1. Le secteur nord-pyrénéen de Puivert. . . . .	46
2.4.2. Le secteur sud-pyrénéen de Sant Llorenç de Morunys . . . . .	50
2.4.3. Interprétation. . . . .	53
2.5. Discussion – Les clastes, des marqueurs de l'exhumation des Pyrénées . . . . .	55
2.6. Conclusion . . . . .	57
2.7. Bibliographie. . . . .	58

### **Chapitre 3. Évolution tectonosédimentaire du bassin d'Aquitaine du Priabonien au Pliocène . . . . . 61**

Alexandre ORTIZ, François GUILLOCHEAU, Cécile ROBIN, Éric LASSEUR,  
Justine BRIAIS, Jessica UZEL et Nicolas SASPITURRY

3.1. Introduction. . . . .	61
3.2. Définitions et mots-clés relatifs aux bassins d'avant-pays . . . . .	64
3.3. Synthèse des données structurales, sédimentaires, paléogéographiques et biostratigraphiques du bassin d'Aquitaine . . . . .	66
3.3.1. Principales structures tectoniques du bassin d'Aquitaine. . . . .	66
3.3.2. Calendriers des déformations . . . . .	67
3.3.3. Remplissage sédimentaire paléogène du bassin d'Aquitaine . . . . .	68
3.3.4. Les calages biostratigraphiques. . . . .	70
3.4. Évolution du remplissage sédimentaire du Priabonien au Pliocène . . . . .	72
3.4.1. Paléogéographie du Priabonien supérieur (35,1 Ma à 33,8 Ma) . . . . .	72
3.4.2. La période de l'Oligocène (33,9 Ma à 23,03 Ma) . . . . .	78
3.4.3. La période de l'Aquitaniens au Burdigalien (23,03 Ma à 15,97 Ma) . . . . .	85
3.4.4. Paléogéographie du Langhien et du Serravallien . . . . .	99
3.4.5. Paléogéographie du Tortonien et du Messinien . . . . .	109
3.4.6. Paléogéographie du Pliocène . . . . .	114
3.5. Synthèse de l'évolution tectonique postpriabonienne du bassin d'Aquitaine. . . . .	117
3.5.1. L'Oligocène, dernière phase de structuration synorogénique . . . . .	118
3.5.2. L'Aquitaniens, le passage au régime postorogénique . . . . .	119
3.5.3. Du Burdigalien au Tortonien, dernière phase de déformation majeure dans le bassin d'Aquitaine . . . . .	122
3.6. Conclusion . . . . .	124
3.7. Bibliographie. . . . .	125

<b>Chapitre 4. Évolution de l'approche <i>source-to-sink</i> dans le bassin de Jaca (Pyrénées méridionales)</b> . . . . .	141
Marta ROIGÉ, David GÓMEZ-GRAS, Antonio TEIXELL, Xavi COLL et Salvador BOYA	
4.1. Introduction et contexte géologique . . . . .	141
4.2. Cadre chronostratigraphique du bassin de Jaca . . . . .	144
4.3. Zones sources au cours de l'évolution du bassin . . . . .	148
4.3.1. Pétrologie roche totale appliquée aux zones sources . . . . .	149
4.3.2. Géochronologie U-Pb des zircons . . . . .	149
4.3.3. Teneurs en minéraux lourds . . . . .	150
4.4. Évolution des provenances sédimentaires dans le bassin de Jaca . . . . .	151
4.4.1. Le bassin de l'Éocène précoce à moyen : les turbidites du groupe de Hecho . . . . .	151
4.4.2. Le bassin de l'Éocène moyen au Miocène précoce : des environnements transitionnels aux environnements terrestres . . . . .	154
4.5. Bibliographie . . . . .	162
<b>Chapitre 5. L'ouverture du golfe du Lion et le démantèlement des Pyrénées orientales</b> . . . . .	173
Antonio TEIXELL et Pierre LABAUME	
5.1. Introduction . . . . .	173
5.2. Origine et chronologie de la déformation en extension . . . . .	174
5.3. Le démantèlement tectonique de la chaîne des Pyrénées orientales . . . . .	177
5.4. Bibliographie . . . . .	181
<b>Chapitre 6. Une phase « tardipyrénéenne » à la transition Burdigalien/Langhien (Corbières, France) ?</b> . . . . .	185
Oriane PARIZOT	
6.1. Introduction . . . . .	185
6.2. Le domaine oriental nord-pyrénéen : la région des Corbières . . . . .	189
6.2.1. Contexte géologique . . . . .	189
6.2.2. Calendrier géodynamique . . . . .	191
6.3. Découverte d'un nouvel évènement tectonique à la transition Burdigalien/Langhien dans les Corbières . . . . .	193
6.3.1. Les données U-Pb . . . . .	193
6.3.2. Les données structurales . . . . .	195
6.4. Une phase « tardipyrénéenne » à l'échelle de l'orogène ? . . . . .	197
6.5. Origines de l'évènement . . . . .	200
6.5.1. Les Kabylies ? . . . . .	200

6.5.2. Le golfe du Lion ? . . . . .	201
6.5.3. Un évènement tectonique à l'échelle de la plate-forme européenne ? . . . . .	202
6.6. Conclusion . . . . .	202
6.7. Bibliographie . . . . .	203

## **Chapitre 7. Surfaces d'aplanissement et évolution postcompressive**

<b>de la chaîne des Pyrénées . . . . .</b>	<b>211</b>
Jessica UZEL, Nicolas SASPITURRY et Alexandre ORTIZ	

7.1. Contexte géologique . . . . .	211
7.1.1. Domaines structuraux des Pyrénées . . . . .	211
7.1.2. Structure profonde des Pyrénées . . . . .	215
7.1.3. Formation des reliefs pyrénéens . . . . .	216
7.1.4. Histoire climatique cénozoïque des Pyrénées . . . . .	221
7.2. Reliques de surfaces d'aplanissement et effets de l'altération dans les Pyrénées . . . . .	222
7.2.1. Reliques de surfaces d'aplanissement en altitude . . . . .	222
7.2.2. L'altération et les reliques de surfaces d'aplanissement . . . . .	226
7.3. Origine des reliques de surface(s) d'aplanissement pyrénéennes . . . . .	229
7.3.1. Âge des reliques de la surface d'aplanissement sommitale . . . . .	230
7.3.2. Modèles de formation des surfaces d'aplanissement pyrénéennes . . . . .	232
7.4. Synthèse et discussion . . . . .	239
7.5. Bibliographie . . . . .	242

## **Chapitre 8. Datations et taux d'érosion des Pyrénées : isotopes cosmogéniques produits *in situ***

<b>. . . . .</b>	<b>259</b>
Vincent REGARD, Sébastien CARRETIER et Sandrine CHOY	

8.1. Les isotopes cosmogéniques produits <i>in situ</i> . . . . .	259
8.1.1. Histoire . . . . .	259
8.1.2. Les principaux isotopes cosmogéniques produits <i>in situ</i> utilisés en sciences de la Terre . . . . .	260
8.1.3. Équation différentielle gouvernant la concentration d'un isotope cosmogénique en surface . . . . .	261
8.2. Datation de l'exposition d'une roche aux rayons cosmiques . . . . .	268
8.2.1. Datation des polis glaciaires et moraines pour établir la chronologie de la déglaciation . . . . .	268
8.2.2. Datation de l'exposition des dépôts alluviaux . . . . .	272
8.2.3. Incertitude sur les datations d'exposition . . . . .	275

8.3. Quantification du taux de dénudation dans les Pyrénées . . . . .	275
8.3.1. Calcul de taux de dénudation à partir d'isotopes cosmogéniques . .	275
8.3.2. Application dans les Pyrénées . . . . .	277
8.3.3. Incertitude sur les taux de dénudation . . . . .	278
8.4. Datation de l'enfouissement d'une roche . . . . .	278
8.4.1. Calcul d'un âge d'enfouissement à partir d'un couple d'isotopes cosmogéniques. . . . .	278
8.4.2. Application dans les Pyrénées . . . . .	280
8.4.3. Incertitude sur les datations d'enfouissement . . . . .	281
8.5. Bilan : les isotopes cosmogéniques dans les Pyrénées. . . . .	281
8.6. Bibliographie. . . . .	281

## **Chapitre 9. Incision postcompressive des vallées pyrénéennes : apports des enregistrements karstiques . . . . .** 285

Amandine SARTÉGOU et Didier L. BOURLÈS

9.1. Comment tracer l'évolution postcompressive de la chaîne pyrénéenne ? . . . . .	285
9.2. Le karst dans les Pyrénées . . . . .	287
9.2.1. Les karsts pyrénéens, témoins des paléoenvironnements depuis le Paléozoïque . . . . .	288
9.2.2. La vallée orientale de la Têt et sa relation avec le domaine méditerranéen. . . . .	288
9.2.3. La haute vallée de l'Aude et sa relation avec le plateau de Sault . .	291
9.2.4. Les vallées de l'Ariège et leurs grands réseaux . . . . .	293
9.2.5. Les karsts des Pyrénées centrales et du Pays basque . . . . .	294
9.3. Comment enregistrer l'incision des vallées avec les karsts ? . . . . .	295
9.3.1. Modèle épiphréatique et chronologie du creusement d'une vallée . . . . .	295
9.3.2. Le karst : piège à sédiments et témoin de l'évolution des paysages. . . . .	298
9.4. Comment dater les sédiments pris au piège dans le karst ? . . . . .	300
9.4.1. Utilisation des durées d'enfouissement cosmogéniques $^{26}\text{Al}/^{10}\text{Be}$ : une méthode approuvée pour l'évolution plio-quadernaire. . . . .	300
9.4.2. L'utilisation du couple $^{10}\text{Be}$ - $^{21}\text{Ne}$ : un développement analytique majeur pour reconstruire l'évolution miocène des vallées . . . . .	301
9.4.3. Relation entre les durées d'enfouissement cosmogéniques et la position du niveau de base à un instant donné . . . . .	302
9.5. Principaux résultats issus de l'étude des karsts . . . . .	303
9.5.1. Vallée de la Têt : un enregistrement troublé par la crise de salinité messinienne . . . . .	304

9.5.2. Vallée de l’Aude : entre influence tectonique et méditerranéenne . . . . .	305
9.5.3. La vallée de l’Ariège : impact de la tectonique et des glaciations . . . . .	306
9.5.4. Les vallées des Pyrénées centrales et occidentales : une ébauche prometteuse . . . . .	307
9.6. Moteurs de l’incision des vallées pyrénéennes du Miocène à l’actuel . . . . .	308
9.6.1. Les vallées des Pyrénées orientales connectées à la Méditerranée . . . . .	308
9.6.2. Les vallées des Pyrénées occidentales connectées à l’Atlantique et soumises aux glaciations . . . . .	310
9.6.3. Les enseignements des karsts . . . . .	311
9.7. Conclusion et perspectives . . . . .	312
9.8. Bibliographie . . . . .	313

**Chapitre 10. Évolution du gradient géothermique du rifting crétacé à la compression pyrénéenne (Pyrénées occidentales).** . . . . . 319

Nicolas SASPITURRY, Thierry BAUDIN, Abdeltif LAHFID,  
Laurent GUILLOU-FROTTIER, Benoit ISSAUTIER, Philippe RAZIN,  
Alexandre ORTIZ et Jessica UZEL

10.1. Introduction . . . . .	319
10.2. Évolution tectonosédimentaire du bassin de Mauléon du Mésozoïque au Cénozoïque . . . . .	322
10.2.1. La phase de rifting crétacée : formation du bassin hyperétiré de Mauléon . . . . .	322
10.2.2. La phase de compression pyrénéenne : inversion du bassin de rift crétacé et édification du prisme orogénique . . . . .	325
10.3. La thermométrie RSCM, un aperçu de la méthode et de son utilisation dans les Pyrénées . . . . .	327
10.3.1. Méthodologie et outil d’analyse . . . . .	328
10.3.2. Historique de l’application de la méthode RSCM dans les Pyrénées . . . . .	329
10.4. Le gradient géothermique : définition . . . . .	332
10.4.1. Le contexte de rifting . . . . .	333
10.4.2. Le contexte orogénique . . . . .	335
10.4.3. Le contexte érosif . . . . .	336
10.5. Évolution mésozoïque à cénozoïque du gradient géothermique du bassin de Mauléon : application de la thermométrie RSCM . . . . .	337
10.5.1. Âge du pic thermique dans le bassin de Mauléon . . . . .	339
10.5.2. Paléogradients géothermiques crétaqués estimés à partir de la thermométrie RSCM . . . . .	340

10.5.3. Répartition du gradient géothermique du domaine proximal au domaine distal du bassin de Mauléon au cours du Crétacé. . . . .	343
10.5.4. Évolution du gradient géothermique au cours de la compression pyrénéenne. . . . .	345
10.6. Modélisation thermique numérique du bassin de Mauléon . . . . .	348
10.6.1. Ouverture du bassin de Mauléon . . . . .	349
10.6.2. Stade de sédimentation synorogénique. . . . .	349
10.6.3. Stade de collision continentale et d'érosion. . . . .	350
10.6.4. Quiescence postcollisionnelle . . . . .	352
10.7. Bibliographie . . . . .	352

## **Chapitre 11. Les fluctuations glaciaires pléistocènes et holocènes dans les Pyrénées . . . . .**

359

Magali DELMAS

11.1. Introduction . . . . .	359
11.2. Des premières cartographies à une chronostratigraphie relative des dépôts de marge glaciaire pyrénéens . . . . .	361
11.2.1. Un long séquençage des dépôts morainiques en trois unités sédimentaires . . . . .	361
11.2.2. Affrontement entre poly- et monoglacialisistes (années 1950-1960) . . . . .	363
11.2.3. Réhabilitation du polyglacialisme et repositionnement des fronts contemporains du dernier maximum glaciaire . . . . .	366
11.3. L'apport des datations par radiocarbone . . . . .	369
11.3.1. Le modèle chronologique élaboré sur la façade nord . . . . .	370
11.3.2. Un modèle chronologique confirmé sur la façade sud ? . . . . .	377
11.4. Diversification récente des méthodes de datation. . . . .	384
11.4.1. L'apport des âges OSL . . . . .	384
11.4.2. L'apport des isotopes cosmogéniques produits <i>in situ</i> . . . . .	386
11.5. Conclusion . . . . .	408
11.6. Bibliographie . . . . .	410

## **Chapitre 12. Carte géologique numérique du versant nord des Pyrénées au 1/250 000 . . . . .**

425

Bernard MONOD

12.1. La construction de la carte géologique numérique du versant nord des Pyrénées . . . . .	425
12.1.1. Le travail du RGF . . . . .	426
12.1.2. Légende de la carte, structures et lissage des contours . . . . .	426

12.2. Présentation, organisation et diffusion des données de la carte . . . . .	427
12.2.1. Présentation des grands traits cartographiques des Pyrénées . . .	427
12.2.2. Organisation des données constituant la carte numérique . . . . .	428
12.3. Diffusion et mise à disposition des données de la carte géologique numérique au 1/250 000 . . . . .	431
12.4. Bibliographie . . . . .	433

**Chapitre 13. Les corindons des albitites liées aux lherzolites**

<b>d’Urdach : mise en valeur lapidaire . . . . .</b>	<b>435</b>
--	------------

Jean-Éric ROSE, Pierre MONCHOUX, Philippe DE PARSEVAL, Christian PIN,  
Thierry AIGOUY, Didier BÉZIAT et Guillaume ESTRADÉ

13.1. Les albitites magmatiques liées aux lherzolites . . . . .	435
13.1.1. Caractéristiques structurales . . . . .	436
13.1.2. Caractéristiques minéralogiques . . . . .	437
13.1.3. Caractéristiques géochimiques . . . . .	439
13.1.4. Hypothèse génétique pour les albitites d’Urdach . . . . .	440
13.1.5. Origine possible des xénocristaux de corindon et des enclaves polycristallines des provinces basaltiques alcalines . . . . .	441
13.1.6. Un exemple unique de mise en place, en lien avec l’orogénèse pyrénéenne . . . . .	442
13.2. Le corindon . . . . .	443
13.2.1. Corindon en cristaux « primaires » . . . . .	443
13.2.2. Corindons en cristaux « secondaires » . . . . .	443
13.3. L’intérêt du regard « amateur » dans les sciences . . . . .	445
13.3.1. Recherche sur le terrain et choix des échantillons . . . . .	446
13.3.2. Intérêt du travail lapidaire, en amont de l’expertise scientifique . . . . .	446
13.4. Bibliographie . . . . .	448

<b>Liste des auteurs . . . . .</b>	<b>451</b>
------------------------------------	------------

<b>Index . . . . .</b>	<b>455</b>
------------------------	------------

<b>Sommaire de <i>Évolution des Pyrénées au cours du cycle varisque et du cycle alpin 1</i> . . . . .</b>	<b>459</b>
---	------------