

# TABLE DES FIGURES

## 1<sup>ère</sup> PARTIE

Fig. 1.1 (à partir d'une figure de THÉRON D 1998) : Coupe schématique d'un karst ..... 10

Fig. 1.2 : Creusement initial hypothétique à partir de la surface de la roche (représentée hachurée), le long d'une fracture F ; représentation des stades successifs (grosses flèches noires) en 3D.....12

Fig. 1.3 (d'après le Bulletin du Spéléo-club de Touraine 1977) : Grotte de Roche Percée (Lot), exclusivement composée de cheminées en cloche jointives, codifiées P, dont l'ouverture en surface semble résulter d'un effondrement ; celles nommées P1, P2, P3, P4, à l'ouest forment une salle unique, avec un pilier résiduel restant au milieu (il porte des fractures résultant d'une compression). .....14

Fig. 1.4 : Dans un massif, hypothèse de stades de creusement successifs (voir le texte) du réseau de fentes (en gris, dimensions très exagérées), puis du réseau de conduits (en noir). .....16

Fig. 1.5 : En coupe, schéma de la double circulation dans les fentes (de dimensions très exagérées) et le conduit. 17

Fig. 1.6 (d'après BOURGES et al. 1998) : Aven d'Orgnac (Ardèche), canyon des Salles Rouges, 200 mètres sous la surface, variations de la teneur en CO<sub>2</sub> de l'air.....18

Fig. 1.7 (inspirée de WILLIAMS 1983) : Crue - décrue d'une émergence ; débit, conductivité (qui varie d'ordinaire comme la teneur en CaCO<sub>3</sub>), turbidité. ....18

Fig. 1.8 (d'après RODET 1998, complété) : Grotte de la Mansonnière (Orne), plan partiel avec indication en tireté des fractures observées dans le plafond .....20

## 2<sup>ème</sup> PARTIE

Fig. 2.1 : Action des facteurs sur les processus. Inversement, les processus agissent sur les formes et les circulations karstiques : ces interactions sont représentées sur la figure .....23

Fig. 2.2 : Développements et dénivellations des plus grands réseaux du monde (d'après DROUIN 2001), groupés par tranches supérieures à une valeur donnée et droites de récession de ces valeurs, avec les coefficients a<sub>v</sub> pour les développements (cercles) et a<sub>n</sub> pour les dénivellations (croix).....24

Fig. 2.3 : Représentation de la double perméabilité de la craie : section de conduit, avec coexistence de la nappe et des conduits (l'eau est représentée en gris).....26

Fig. 2.4 : Grotte de Clamouse (Hérault), corrosions en éponge dans la dolomie.....26

Fig. 2.5 (d'après FORTI 1983) : Suite d'équilibres liant le gypse et le carbonate de calcium .....27

Fig. 2.6 (d'après FORTI, RABBI 1981) : Courbe d'équilibre à 10 °C du système :CO<sub>2</sub> - H<sub>2</sub>O - CaCO<sub>3</sub> - CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O, en fonction du pH et de la teneur en CO<sub>2</sub>. .....27

Fig. 2.7 : Grotte Optimisticeskaja (Ukraine), développement 208 Km, surface des conduits 240.000 m<sup>2</sup>, volume 500.000 m<sup>3</sup>. .....28

Fig. 2.8 : Massif de sel gemme de la Cardona (Espagne), intérieur d'une grotte ; personnage en bas. ....28

Fig. 2.9 : Région de Serdeles (Libye), rigoles de dissolution dans des reliefs de grès à ciment siliceux, d'environ 20 mètres de haut. ....29

- Fig. 2.10 (d'après URBANI, COURBON 1978) : Sima Major et sima Menor (Venezuela), creusées dans une quartzite entièrement siliceuse. .... 29
- Fig. 2.11 (d'après GÈZE 1965) : Schéma d'un plissement, avec ouverture de vides tectoniques (représentés en noir), d'une part à l'intérieur des strates, du côté convexe des plis, d'autre part selon une interstrate avec glissement banc sur banc. .... 31
- Fig. 2.12 (d'après KOGOVSEK, HABIC' 1981) : Grotte de Postojna (Slovénie), galerie Pisani Rov ; dans le cartouche, localisation de cette galerie sur le plan général de la grotte. .... 32
- Fig. 2.13 (d'après TALOUR 1976) : Résurgence du Grand Marchet (Savoie), creusée le long d'une interstrate. .... 33
- Fig. 2.14 : Département du Jura, répartition statistique des cavités en fonction de leur niveau géologique ; la proportion de pertes et d'émergences impénétrables est importante car des alternances lithologiques s'y prêtent, et que FOURNIER (1928) en a répertoriées un grand nombre. .... 33
- Fig. 2.15 : Crypto-corrosion par effet-compresse sous une couverture perméable (représentée en gris) ; au contact de la roche karstifiable, l'ablation accuse les dénivellations, en particulier au niveau d'une infiltration ou s'il existe une roche plus soluble (symbolisée par des v). .... 34
- Fig. 2.16 (d'après MORAWIECKA, WALSH 1997) : Carrière Podmaleniec II (Pologne), coupe d'une paroi verticale montrant les nombreux puits de dissolution. .... 35
- Fig. 2.17 : Schéma du fonctionnement de diverses formes superficielles de karst couvert : .... 36
- Fig. 2.18 (d'après GILLI 1993) : Sarawak Chamber (Malaisie), plus grande salle souterraine connue au monde : 600 mètres de long, 415 de large, 12 millions de mètres cubes. .... 37
- Fig. 2.19 (d'après BAUER 1993) : Grotte-gouffre de Napia (Pyrénées-Atlantiques) ; les toboggans ont des pentes de 60 et 100 %. .... 37
- Fig. 2.20 (d'après GUARDIA 1992, complété) : Trou souffleur de Larrandaburu (dont l'émissaire est l'émergence suspendue de Kakouetta, Pyrénées-Atlantiques). .... 38
- Fig. 2.21 (d'après CHOPYF. 1971) : Grotte des Eaux-Chaudes (Pyrénées-Atlantiques) ; le plancher de la galerie active, entre le siphon amont et la cascade de Pâques, est « creusé de deux sillons profonds de 1 à 2 mètres, qui ont laissé un témoin central » ..... 39
- Fig. 2.22 : Grotte de Matharel (Aveyron), dissolution différentielle le long des fractures d'un massif rocheux résiduel, probablement ouvertes par une distension ..... 40
- Fig. 2.23 (d'après COUVREUR 1981, partiel) : Carte de la région d'El Houanet (Maroc) ; dans certaines zones, les couloirs du karst sont subparallèles et à peu près équidistants. .... 40
- Fig. 2.24 (d'après RADOFILAO 1981, partiel) : Carte du massif de l'Ankarana (Madagascar), le sommet du plateau est en blanc, les zones en dehors du plateau et les grands couloirs du karst, sont en gris, les cavités sont représentées par des traits simples. .... 41
- Fig. 2.25 (d'après CLUBS CAVERNICOLES ET URSUS 1998, modifié) : Réseau Lucien Bouclier - Mirollda (Haute-Savoie), vue cavalière sous le relief de surface ..... 42
- Fig. 2.26 : Réseau de Mammoth Cave (USA), 563 kilomètres de développement, record mondial actuel. .... 43
- Fig. 2.27 (d'après NUÑEZ JIMENEZ 1967) : Cueva de los Chivos (Cuba), grotte de plaine en réseau-éponge ; la coupe est étirée en hauteur. .... 43
- Fig. 2.28 (d'après FORD, WILLIAMS 1989, figure de WILLIAMS, QUINLAN, partiel) : Carte d'une partie du district de Mammoth Cave - Sinkhole Plain (USA) ..... 44
- Fig. 2.29a (inspiré de GOGUEL 1948) : Dans le plan vertical contenant la ligne de plus grande pente d'un versant et sous celui-ci, représentation des valeurs extrêmes des contraintes. .... 46
- Fig. 2.29b : Variation de ces contraintes en fonction de l'angle  $\alpha$  du versant. .... 46
- Fig. 2.30 : Représentation simplifiée de l'effet de précipitations (efficaces) et de températures supérieures à celles d'un autre climat (flèches larges vers le haut), sur la corrosion des roches carbonatées par le  $\text{CO}_2$ . .... 47
- Tableau A (d'après JAKUCS 1977, valeurs arrondies à l'unité) : Dans 5 types de climats, valeurs relatives de l'ablation karstique et, pour chacun, répartition du rôle des divers acides. .... 48
- Tableau B : (d'après AUBERT 1967 et MAIRE 1990, complété par les altitudes) comparaison de deux régions, l'une de relief moyen, l'autre de montagne, où l'ablation karstique est au total de 100 mm/1000 ans. .... 48
- Fig. 2.31 : Massif du Tsanfleuron (Suisse), stries glaciaires transformées en lapiaz à méandres. .... 50
- Fig. 2.32 : Grands plateaux du Vercors (Isère - Z = 1800 m), rigoles nivales entaillant un lapiaz en dalles ; la pente étant assez élevée, les rigoles finissent par être jointives. Le couteau (= 11 cm), calé par un replat, donne l'échelle. .... 51
- Fig. 2.33 : Arres d'Anie (Pyrénées-Atlantiques), lapiaz à planche à clous ; au premier plan, le stylo (= 15 cm) donne l'échelle. .... 51

- Fig. 2.34 : Arres d'Anie (Pyrénées-Atlantiques), lapiaz à tétraèdres ; PERNA, SAURO (1978) ont décrit cette forme sous le nom de « lama dentata » (= lame dentée). ..... 51
- Fig. 2.35 : Grands plateaux du Vercors (Isère, Z = 1845 m), lapiaz à petites marches, forme intermédiaire entre lapiaz à empreintes de pas et le lapiaz à tétraèdres ; le couteau (11 cm) donne l'échelle. .... 52
- Fig. 2.36 : Massif du Parmelan (Haute-Savoie), lapiaz à montagnettes ; touffe d'herbe au premier plan. .... 52
- Fig. 2.37 : Région de Montalvania (Brésil), cannelures pluviales dans le calcaire de l'ancien continent de Gondwana. .... 53
- Fig. 2.38 : région de Cuzco (Pérou), lapiaz à cupules ; quelques herbes en bas de la photo. .... 53
- Fig. 2.39 : Massif du Dachstein (Autriche) ; vers le milieu à gauche, rigoles de lapiaz semi-couvert, se rétrécissant vers le bas ; en bas, cannelures navales qui semblent débiter au niveau du sol et se rétrécissent vers le haut. Personnage en bas à droite. .... 54
- Fig. 2.40 (publié par HOBLÉA 1996) : Sources thermales d'Aix-les-Bains (Savoie), schéma d'alimentation. .... 56
- Fig. 2.41 (d'après STANDING et al. 1971) : Little Neath River Cave (Grande-Bretagne) , partie aval ; entre le siphon 2 (cote 225 mètres) et les émergences situées environ à 215 mètres, la pente moyenne est de 0,5 % ; le siphon 1 n'est pas situé sur cette branche de la cavité. .... 56
- Fig. 2.42 (inspiré de KLIMCHOUK 1991) : Réseaux du gypse de Podolie (Ukraine), bloc séparé des voisins par faille (F). .... 57
- Fig. 2.43 (d'après CHAILLOUX, CHOPPY 1999) : Lechuguilla Cave (USA) , zone ouest (développement actuel de la grotte 185 kilomètres). .... 57
- Fig. 2.44 : Schéma des divers types de niveaux de base. .... 58
- Fig. 2.45 (d'après DELANNOY 1981) : Grotte de Bury (Isère) amont ; la circulation demeure suspendue tant qu'elle n'a pas atteint la flexure ; c'est là seulement que, les fractures étant ouvertes, elle a pu creuser des puits. .... 59
- Fig. 2.46 : Grotte de Lombrives (Ariège) , galerie en Carène, coups de gouge habituels dans la moitié supérieure de la photo, ouverts en dessous ; le mousqueton donne l'échelle, la flèche blanche le sens de circulation de l'eau. .... 59
- Fig. 2.47 (d'après MAILLEFER, JEANNIN 1994, photo R. WENGER) : Glacière de Druchaux (Suisse), vue en contre-jour d'un tube ; puisqu'elles résultent d'écoulements sur les parois, les cannelures périphériques sont plus accusées dans la partie inférieure. .... 60
- Fig. 2.48 (d'après DELANNOY 1997) : Porche de sortie de la grotte-tunnel Hundidero-Gato (Espagne). .... 61
- Fig. 2.49 : Chaîne de la Tadrart (Libye) ; dans des grès à ciment siliceux, entrée d'une grotte en tube, qui s'interrompt au bout d'environ 10 mètres sur des fissures impénétrables. .... 61
- Fig. 2.50 (d'après PLUMMER et al. 1978) : C (milligrammes/litre) est la concentration de la solution à un instant t (mesuré en secondes), et  $C_s$  celle correspondant à la saturation ..... 62
- Fig. 2.51 (d'après FORTI 1998, modifiée) : accroissement « autocatalytique » d'une section de conduit. .... 63
- Fig. 2.52 (d'après AUDRA 1999) : Section de galerie dans le système Muruk-Bérénice (Papouasie-Nouvelle-Guinée) ; les écaillages de paroi sont schématisés, de même que l'appel au vide (flèches). .... 64

### 3<sup>ème</sup> PARTIE

Fig. 3.1 (d'après MANGIN 1975) : système du Baget (Ariège), relation entre les débits mesurés à deux stations B1 et B2 .. 68

Fig. 3.2 (d'après JAILLET 2000, modifié) : Hauteurs d'eau classées dans le « drain parallèle » (Rupt-du-Puits, Meuse - février-mai 1999), et, dans le cartouche, coupe schématique avec indication des niveaux caractéristiques - voir le plan figure 4.55. .... 69

Fig. 3.3 (d'après JEANRICHARD, WENGER 1978) : Seichbergloch (Suisse) ; le pendage est de 120 % vers le nord, les conduits se dirigent vers le nord-est avec une pente de 80 %. .... 70

Fig. 3.4 : Circulations, alimentées à partir de la surface ou souterrainement, empruntant un vide tectonique penté ..... 70

Fig. 3.5 (d'après LISMONDE 1997, cliché Jacques MASSON) : avenue de Seyssins (réseau de la Dent de Crolles, Isère - voir localisation figure 4.60), tube en écharpe sur interstrate ..... 70

Fig. 3.6 (d'après HOLBYE 1983) : Grotte-perte Graft Stream (Norvège) dans des marbres plissés entre deux séries de gneiss et schistes, vue cavalière. Un trait noir épais représente la rivière de surface. Les roches situées entre la surface et les conduits ont été supposées enlevées. .... 71

Fig. 3.7 (d'après SPINOY 1977) : Siebenhengste (Suisse) plan partiel, failles-autoroute, en baïonnette et créneau ..... 72

Fig. 3.8 (d'après LARRIBE 1979) : Gouffre de Padirac (Lot), zone amont, jusqu'au « siphon terminal » (franchi à Pâques 1983) ; circulation en écharpe de pente moyenne 0,6 % sur deux kilomètres de galeries, entre l'affluent des Trois Topos et le Quai aux Fleurs. .... 72

Fig. 3.9 (d'après FUNCKEN 1994) : Réseau du Nord du lac de Thoune, zone Bärenschacht (Suisse), « zone basse nord, vers les eaux éphémères en direction du siphon amont émissif », tubes en tresse. .... 73

Fig. 3.10 (d'après SMART, GARDENER 1989) : Lower Main Stream Passage (Agen Allwedd, Grande-Bretagne). .... 73

Fig. 3.11 : Karsts perché et barrés ; schémas en coupe passant par l'émergence (ou par le seuil si le karst concerné est interne). Les circulations aboutissant à l'émergence ne sont pas représentées. La nappe de débordement est représentée en gris sur les schémas b à e, et sa surface est en tireté. .... 74

Fig. 3.12 (d'après BOURGIN 1941, modifié) : Profil en long des gorges de la Bourne (Vercors), qui franchit plusieurs barrières successives. .... 75

Fig. 3.13 (d'après COLAS, RUHLAND 1982) : Grotte de Trabuc (Gard). .... 76

Fig. 3.14 (d'après BÈS 1991) : Trou du Faucheur (Aude)... 77

Fig. 3.15 (d'après MAIRE, RIGALDIE 1984) : Réseau des Marsouins (Haute-Savoie), exemple de carrefour hydrologique ; les grès de l'Albien, épais de 10 mètres, sont franchis au niveau d'une faille (non représentée sur la figure). .... 77

Fig. 3.16 (d'après LIMAGNE 1981) : lésine de Prévalot (Fontenu, Jura). .... 78

Fig. 3.17 (d'après MARTEL 1936, partiel) : Plan de Montpellier-le-Vieux (Aveyron) . .... 78

Fig. 3.18 : le Vase de Sèvres (Lozère) , haut de 20 mètres...79

Fig. 3.19 : Massif du Wildhorn (Suisse), lapiaz avec élargissement des fentes en échelon ; le couteau (= 11 cm) donne l'échelle. .... 79

Fig. 3.20 (d'après BRETZ 1956, photo G. MASSIE) : Truitt's Cave (Missouri, USA) , vues de dessous, coupoles alignées sur fracture et, du reste, emboîtées. .... 81

Fig. 3.21 : Réseau de la Diau (Haute-Savoie), coupe développée approximativement SW-NE selon la direction générale du collecteur et du réseau des Grenoblois. .... 81

Fig. 3.22 (d'après BOURROUILH-LE JAN 1994) : Rivage de l'île d'Ouvéa (Nouvelle-Calédonie) , encoche datant du niveau marin de -125 000 ans, fossilisée par des stalactites holocènes. .... 82

Fig. 3.23 : Reculée de la grotte de Bramabiau (Gard) ; le porche est visible au fond. .... 83

Fig. 3.24 (d'après FRACHON 1975) : Plateau de la région de Lons le Saunier (Jura) ; les reculées débutent au niveau d'une faille limitant le bord du plateau et sont souvent axées sur des failles. .... 83

Tableau C : Caractéristiques les plus habituelles des bassins fermés et poljés fonctionnels. .... 84

Fig. 3.25 : Massif du Hochschwab (Autriche), bassin fermé d'origine glaciaire ; les flèches indiquent les points d'absorption latéraux ; au milieu à gauche deux personnes sur le chemin. .... 85

Fig. 3.26 (d'après LE BRET 1991) : Carte de la serra do Calcário (Brésil), les reliefs apparaissant en clair sur fond gris). .... 85

Fig. 3.27 (à partir d'un dessin de RUSU 1990) : Coupe schématique d'un poljé ; on distingue les circulations de basses eaux (flèches claires) et de hautes eaux (flèches noires) ; le débit-limite résulte ici d'une étroiture. .... 86

Fig. 3.28 (d'après MILANOVIC' 1981) : Amont de la résurgence Ombla (Bosnie-Herzégovine). .... 87

## 4<sup>ème</sup> PARTIE

Fig. 4.1 (d'après Nathalie VANARA 2000, photo Tony LÈVÈQUE - Jacques BAUER) : karst à buttes coniques hérité du Miocène, dans le massif des Arbailles (Pyrénées-Atlantiques). .... 90

Fig. 4.2a (d'après LEHMANN 1922) : Grotte de l'Eisriesenwelt (Autriche), vue cavalière de l'ouverture d'une fracture dans le conduit nommé Geradekluft (= Fracture rectiligne), avec basculement de l'une des lèvres par rapport à l'autre, entraînant le déplacement d'un petit conduit antérieur. .... 91

Fig. 4.2b (d'après WOJCIK, ZWOLINSKI 1959) : Coupe transversale d'un conduit en tube dans les monts Tatras (Pologne). .... 91

Fig. 4.3 (d'après BARBIER 1972) : Gouffre Chassillan (Drôme) ; l'effondrement de blocs entre les deux failles, d'aspect récent, résulte du jeu de celles-ci. .... 91

Fig. 4.4 : Grotte de Choranche (ou de Coufin, Isère), zone proche de la falaise, écaillage de paroi, échelle 20 %..... 93

Fig. 4.5 (d'après CORBEL 1957) : région du Burren (Irlande), dolines alignées en avant de la région où la couverture se trouve maintenant.....	93	Fig. 4.20 (d'après PAREIN, LANGUILLE 1981, modifié) : Explorations dans la fontaine de Vaucluse (Vaucluse).....	101
Fig. 4.6 (d'après WHITE, WHITE 1969, photo W.T. AUSTIN) : Flint Ridge Cave (USA), dans la Pohl Avenue, puits d'invasion ayant perforé le plafond, puis un bloc effondré, avec creusement de cannelures.....	94	Fig. 4.21 (d'après AUDRA 1999) : Réseau Muruk-Bérénice (Papouasie-Nouvelle-Guinée) ; deux circulations confluent en aval du bivouac.....	102
Fig. 4.7 (d'après CAILLAULT et al. 1999) : Antre des Damnés (Isère).....	94	Fig. 4.22 : Schéma sans échelle à la limite Savoie - Haute-Savoie. Trois massifs urgoniens, le Semnoz, Prépoulain et le Revard, alimentent (flèches) des émergences situées sur les deux rives du Chéran (représenté en gris) : le Bout du Monde, Bourbouillon, le , Prérourge (temporaire).....	103
Fig. 4.8 (d'après U.S. Geological Survey) : Devils Hole (USA), grotte noyée ; variations du rapport $^{18}\text{O}/^{16}\text{O} \times 10\ 000$ dans les concrétions. ....	95	Fig. 4.23 (d'après GOSSELET 1905) : Département du Pas-de-Calais, représentation schématique des venues d'eau lors des forages des puits de mine dans la craie.....	104
Fig.4.9 (d'après GÈZE 1973, complété, PETIT-MAIRE 2001) : Il y a $18\ 000 \pm 2\ 000$ ans. ....	95	Fig. 4.24 (d'après BAUER, ZÖTL 1972) : Carte du massif des Totes Gebirge (Autriche), et des traçages des pertes de trois lacs d'altitude (Elm-See, Steyrer-See, Schwarzen-See), figurés par des traits respectivement pleins, tiretés, pointillés.....	105
Fig. 4.10 (d'après MAIRE et al. 1989) : Zone du Soum Couy (Pyrénées-Atlantiques- Espagne).....	96	Fig. 4.25 (inspiré de MYLROIE, CAREW 1988) : Schéma de l'envahissement par l'eau de mer d'une zone littorale, supposée parfaitement perméable (hauteurs exagérées d'environ 20 fois).....	106
Fig. 4.11 (d'après BINI, ZUCCOLI 2003) : d'après des observations sur le massif du Moncodeno (Lecce, Italie), « différence entre une doline d'effondrement (A) et une doline de rabotage glaciaire (B), qui est une salle souterraine ou le base d'un puits décapitée ». ....	96	Fig. 4.26 (photo Expédition Yucatan, Christophe DEPIN, plongeur Philippe BRUNET) : En plongée, par réfraction de la lumière, l'eau apparaît trouble au niveau de la surface halocline (limite eau douce, eau salée). ....	106
Fig. 4.12 : Grotte de Niaux (Ariège), témoin de galets cimentés. ....	97	Fig. 4.27a. (d'après MAURIN, ZÖTL 1963) : Carte de l'île de Céphalonie (Grèce) et du traçage de la perte de la mer d'Argostoli.....	107
Fig. 4.13 (d'après FONNÉ 1900) : Cuves de Sassenage (Isère), zone d'entrée.....	97	Fig. 4.27b. (inspiré de BAUER 1971) : Fonctionnement de la perte de la mer.....	107
Fig. 4.14 (d'après PILOT, GARCIA 1982) : tanne à Alice (Thorens-Glières, Haute-Savoie, Z = 1810 m). ....	98	Fig. 4.28 (d'après DESPAIN 2001, photo Bill FRANTZ) : « The Babi Ballroom in Green Cathedral Cave » (Malaisie), conduit en écharpe.....	108
Fig. 4.15 (d'après MIOTKE 1968) : Sur les flancs de la Peña Santa de Enol (Espagne), création des grandes dolines glacio-karstiques nommées « jou ». ....	98	Fig. 4.29 (d'après BÖGLI 1980) : Hölloch (Suisse), encoche souterraine.....	109
Fig. 4.16 : Massif du Tsanfleuron (Suisse), aspect caractéristique d'un lapiaz raboté par un glacier ; pieds d'un personnage en haut à droite.....	99	Fig. 4.30 (d'après GAMS 1974, dessin de HABC' 1972 modifié) : Carte du karst Matarski (Slovénie - Croatie), à l'aval du contact des flysch de Brkini et des calcaires de Cicarija.....	110
Fig. 4.17 : Majorque (Espagne), larges cannelures nivales, qui ne sont plus fonctionnelles, entaillées d'étroites cannelures pluviales, visibles sur le bloc au premier plan. ....	99	Fig. 4.31a (d'après LISMONDE 1981) : Vue cavalière d'un puits en cloche.....	112
Fig. 4.18 : Massif du Wildhorn (Suisse), stries glaciaires pentées vers la gauche de la photo, entaillées par des rigoles de lapiaz semi-couvert ; celles-ci ont pour origine une végétation maintenant disparue, qui occupait la banquette supérieure. ....	100	Fig. 4.31b (d'après HOTTERBEECH 1958) : Sur une paroi de puits, croissance de la force de frottement d'une goutte d'eau s'écoulant en régime laminaire lorsque augmente la vitesse d'écoulement (supposée nulle au départ).....	112
Fig. 4.19 : Massif du Parmelan (Haute-Savoie), table de lapiaz ; cette forme, que l'on trouve en principe dans un contexte nival, est ici entaillée de cannelures pluviales.....	100		

- Fig. 4.32 (d'après les données de JAILLET 2000) : Rupt-du-Puits (Meuse) , volume cumulé V (en mètres cubes) du collecteur en fonction de la distance d (en mètres) à partir du siphon amont jusqu'à la « grande capture », et courbe représentative du deuxième degré..... 113
- Fig. 4.33 (d'après DOUAT 2002, partiel et complété) : Zone de la Pierre-Saint-Martin (Pyrénées-Atlantiques - Espagne), diverses grandes cavités, avec l'alignement des grandes salles de la « Grande marche de l'ouest »..... 113
- Fig. 4.34 : Coupes schématiques, longitudinale et transversale, d'un méandre en trou de serrure. .... 114
- Fig. 4.35 (d'après DURAND 1975) : Tanne aux Cochons (Savoie), plan partiel, méandres particulièrement serpentiformes typiques du massif du Margeriaz ; la pente moyenne est de 20% NE en direction de l'émergence du Pissieu (en dehors de ce plan), alors que le pendage est de 35% Est : ce sont donc des conduits en écharpe, dont les divagations en plan résultent du surcreusement..... 114
- Fig. 4.36 (d'après MAIRE, RIGALDIE 1984) : Polypuits dans le réseau Jean-Bernard (Haute-Savoie) ; lorsqu'ils sont difficilement visibles, le plafond et le fond du conduit sont représentés en tireté..... 115
- Fig. 4.37 (d'après TALOUR 1973) : Gouffre du Cambou de Liard (Pyrénées-Atlantiques), polypuits à marches concaves ; la pente de la banquette semble indépendante du pendage. .... 115
- Fig. 4.38 (d'après des exemples des départements du Gers, de l'Aude) : Schéma d'un surcreusement vertical atteignant une couche marneuse ; dans celle-ci, les bords en pente surérodés par l'eau qui s'écoule..... 115
- Fig. 4.39 (d'après RENAULT 1957, modifié) : Processus élémentaires d'effondrement dans le cas d'une stratification horizontale ; voir le texte. .... 116
- Fig. 4.40 (cliché Michel LE BRET) : Trou qui Souffle (Isère), décollement de strates sénoniennes (calcaire à lauzes)..... 117
- Fig. 4.41 (inspirée de GOGUEL 1953 ; LISMONDE 1991) : En section verticale, représentation du champ de contraintes modifié par la présence d'un conduit ; autour de celui-ci, la zone grisée est en principe soumise à la seule pesanteur... 118
- Fig. 4.42 Tunnel de Minerve (Hérault), atteignant 40 mètres de large..... 118
- Fig. 4.43 (d'après TRANTEEV, KOVEV 1978) : Grotte-tunnel de Prohodna (Bulgarie), vue de l'une des entrées, haute de 42 mètres ; noter l'escaladeur en haut à gauche..... 119
- Fig. 4.44 : Salle du Mont Blanc, source de Champclos (Ardèche) ; en bas de la photo, personnage en contre-jour.....119
- Fig. 4.45 (d'après GARAŠIĆ' 2001) : Crveno jezero, ou Lac Rouge d'Imotski (Bosnie-Herzégovine), méga-doline ; altitudes par rapport au niveau de la mer. Le niveau de l'eau y varie d'environ 40 mètres. .... 120
- Fig. 4.46 (d'après QUINIF 1994) : ..... 121
- Fig. 4.47 : Foisonnement ..... 121
- Fig. 4.48 (d'après GILLI 1995) : Sarawak Chamber (Malaisie, 500 mètres sur 280, soit environ 160.000 mètres carrés, et 12 millions de mètres cubes ; les tentes éclairées (flèches) donnent une idée des dimensions..... 122
- Fig. 4.49 (d'après LISMONDE, DROUIN 1985) : Réseau Jacques Chalon (Isère). .... 122
- Fig. 4.50 : Hypothèse d'évolution, où l'eau concentrée par une doline contribue au creusement d'une salle à l'aplomb de celle-ci ; l'affaissement-dissolution aboutit à une voûte d'équilibre. .... 123
- Fig. 4.51 (d'après CAVAILLÉ 1964) : Grotte de Notre-Dame-de-Livron (Tarn-et-Garonne) ; une telle succession de salles est exceptionnelle et leur taille l'est également pour cette région. Au dessus de chacune d'elles, l'auteur a représenté une arrivée d'eau. .... 123
- Fig. 4.52 (fond de plan d'après GILLI 1984) : Salle d'entrée de la grotte du Mort-Rû (Savoie), les 4 arches, séparant les voûtes d'équilibre, notées a, b, c et d, ont été repérées à vue alors que la salle était éclairée par le jour, le 15 août 1991 en fin d'après-midi. .... 124
- Fig. 4.53 (d'après DUBOIS Paul 2001, modifié) : grotte de Clamouse (Hérault), représentation schématique 3D de la descente relative du niveau de l'Hérault, vraisemblablement liée à une surrection, expliquant le creusement d'étages successifs..... 125
- Fig. 4.54 (d'après CAILLAULT et al. 1999) : Scialet du Clos de la Fure (Isère), coupe partielle montrant les boucles verticales résultant du recul des pertes internes. .... 125
- Fig. 4.55 (d'après JAILLET 1995, partiel et modifié) : Réseau du Rupt-du-Puits (Meuse) , captures latérales aboutissant à des boucles de galeries..... 125
- Fig. 4.56 (d'après PELLETIER 1948) : Grotte des Planches (Jura), coupe selon le pendage, « glissement » d'un conduit en écharpe vers l'aval-pendage, et création d'un conduit indépendant. .... 126
- Fig. 4.57 (inspiré de MARCHAND 1985 et ré-interprété) : circulations de crue dans le réseau de la Dent de Crolles (Isère), zone de la Cascade rocheuse ; capture par un conduit de soutirage. .... 126
- Fig. 4.58 (d'après WILDBERGER, ZIEGLER 1992) : Hölloch (Suisse), partie occidentale du réseau inférieur ; coupe schématique (hauteurs exagérées 3 fois), directions

- de circulations et niveaux atteints par l'eau (en noir) en période de crue (a) et d'étiage (b). Certains points bas, inondés en crue, sont asséchés en basses eaux, et trouvent donc une évacuation.....126
- Fig. 4.59 (d'après BOURGIN 1941, modifié) : Le synclinal à double fond de la Vernaison .....127
- Fig. 4.60 (d'après LISMONDE 1997, complété) : Réseau de la Dent de Crolles (Isère) ; représentation schématique ..... 127
- Fig. 4.61 (d'après LISMONDE 1981) : Schéma en élévation sans échelle ; de l'intérieur du massif, vue de la rive gauche des gorges de la Bourne (Vercors), descente du niveau de la rivière et, par suite, déplacement de l'émergence.....127
- Fig. 4.62 (d'après HÄUSELMANN 1999) : Bärenschacht (Suisse), mises en charge successives, et sens de circulation, dans les conduits 2, 3, 4, 5, de direction générale conforme au pendage, en amont de l'émergence ; 1 est la circulation d'étiage près de l'émergence.....128
- Fig. 4.63 (d'après QUINLAN et al. 1983) : Parker Cave (USA), fonctionnement du conduit de trop-plein entre les 5 circulations. Si la crue atteint 24 mètres dans la circulation 1, son eau se déverse dans les quatre autres.....128
- Fig. 4.64 (d'après CAILAR et al. 1953, et Éric TEILLET, partiel) : Gouffre de Béchanka (Pyrénées-Atlantiques), schéma des salles des Entonnoirs géants. ....129
- Fig. 4.65 (d'après SERMET 1929, modifié) : Fourfoul de Malpérié (Tarn-et-Garonne).....129
- Fig. 4.66 (d'après RENAULD 1896, partiel) : Galerie Nord de la grotte de Baume-les-Messieurs (Jura).....130
- Fig. 4.67 (d'après WORTHINGTON 1984) : Vallée au profil en long convexe, en amont de la grotte Friars Hole (West-Virginia, USA), hauteurs multipliées par 25 ; les affluents ont été rabattus sur le plan de la figure.....130
- Fig. 4.68 (d'après ASTRUC, PÉLISSIE 1982) : Coupe schématique de certaines pertes de contact du Quercy (Lot) à l'aval de roches peu ou pas karstifiables.....131
- Fig. 4.69 (d'après VIDAL 1981) : Grotte de Rouffignac (Dordogne), dans la craie. Le réseau supérieur ramifié, fossile est en partie superposé à un réseau actif (représenté en trait unique, épais), également ramifié. La rareté des concrétions dans la grotte semble prouver que les eaux s'infiltrant à partir de la surface ont peu contribué au creusement de la grotte. ....131
- Fig. 4.70 (d'après DELANNOY 1997 modifié) : Schéma de l'amont du réseau du gouffre Berger (Isère), lorsqu'il était couvert par un glacier local ; échelle approximative. .... 132
- Fig. 4.71 (d'après JEANNIN 1989) : Siebenhengste (réseau du Nord du Lac de Thoune, Suisse), plan partiel .....133
- Fig. 4.72 (d'après BIGOT, MORVERAND 1994) : Cueva Cañuela (Espagne), plusieurs niveaux de banquettes de remplissage, dont on peut observer qu'elles ne sont pas horizontales, et pendants.....134
- Fig. 4.73a (d'après JAILLET 1995) : Grotte du Rupt-du-Puits (Meuse), la présence de sédiments dans un ancien surcreusement provoque un nouveau surcreusement latéral au premier.....134
- Fig. 4.73b (d'après BRETZ 1956) : Smittle Cave (USA) , vue cavalière d'une niche de méandre..... 134
- Fig. 4.74 : Balme de Cluses (Haute-Savoie), chenal de voûte à l'entrée de la grotte.....135
- Fig. 4.75 (d'après RUDNICKI 1960, modifié) : Grotte Zimna (Pologne), conduit de court-circuit, désigné comme « corkscrew chimney » (= cheminée en tire-bouchon). 135
- Fig. 4.76 (d'après POLYAK et al. 1998) : Guadalupe Mountains (USA), datations en millions d'années (Ma) des dépôts d'alunite dans les principales cavités d'origine hydrothermale. ....137
- Fig. 4.77 (d'après FARRANT 1995) : Réseau Clearwater-Blackrock (Malaisie), corrélation entre l'altitude relative des encoches (représentée par des I) et les pics de la courbe de variation de  $\delta^{18}\text{O}$  marine correspondant aux interglaciaires (d'après SHACKLETON et al. 1990).....137
- Fig. 4.78 (d'après THÉRON 1973, coupe partielle et simplifiée, orientation approximative) : Site du barrage hydroélectrique de Canelles sur la Noguera Ribagorzana, affluent de l'Ebre (Espagne). ....139

