

Chapitre II : Dynamique naturelle et risques : quelques définitions

La dynamique naturelle liée aux risques, est subdivisée en deux principaux axes, à savoir, la dynamique interne de la terre qui s'influe sur la surface ou se trouve toutes les constructions et les activités humaines, et ensuite, la dynamique externe de la terre liée aux phénomènes des érosions et aux influences météorologiques et climatiques. Ce sont donc, des dynamiques tout à fait normales du milieu physique qui s'interpénètrent et qui sont influencées aussi par les facteurs anthropiques, impactant les différents milieux et en l'occurrence les espaces urbains.

1- Dynamique interne

Elle est en relation avec les jeux des plaques et ceux de l'écorce terrestre, d'où les accidents tectoniques, concrétisés par les failles, les diaclases, les séismes et le volcanisme. Ce sont des accidents à l'origine des aléas des risques comme principaux facteurs, voici quelques exemples :

- **Exemple 1 : La tectonique des plaques** : C'est une théorie de l'évolution de la surface du globe, dont l'impact est général (voir la figure ci-dessous).

La surface de la Terre est formée par une mosaïque de blocs rigides en mouvement permanent que l'on appelle plaques.

Lorsque les plaques se séparent, des forces d'extension amenuisent la lithosphère et forment des vallées appelées rifts où apparaissent volcans et failles. Si l'extension progresse, la croûte continentale se rompt et fait place à la croûte océanique, le rift est alors appelé dorsale. Cette dernière s'élargit grâce à la montée en surface, ou convection, de matériaux en fusion provenant du manteau.

Dans d'autres zones, en revanche, les plaques entrent en collision : la croûte océanique plonge sous la croûte continentale, on parle alors de subduction. Cette compression épaissit la croûte continentale et provoque la formation d'une chaîne de montagnes.

Dans le cas d'une collision entre deux plaques continentales, il y a également subduction et création de montagnes, comme l'Himalaya. Le phénomène de subduction est aussi à l'origine de fosses marines profondes conduisant, parfois, à la formation d'îles volcaniques, comme au Japon.

Tout ces mouvements tectoniques affectent l'écorce terrestre et sont responsable des grandes unités de relief et du déclenchement des catastrophes au cours de l'histoire humaine. Ils provoquent plusieurs dommages surtout au niveau des agglomérations urbaines, les séismes et les volcans demeurent actifs et constituent des risques inévitables au niveau des villes.

Structure interne de la terre

Légende	
2 Croûte continentale	Noyau (ou graine)
• Croûte océanique	• Discontinuité de
• Manteau supérieur	Mohorovičić
Manteau inférieur (ou	• Discontinuité de
5 mésosphère)	
• Noyau externe	

- **Exemple 2 : L'activité sismique** : Elle est concentrée le long de failles, en général à proximité de frontières de plaques tectoniques. Lorsque les frottements sont importants, le mouvement entre les plaques est bloqué. De l'énergie est alors stockée. La libération brutale de cette énergie permet de rattraper instantanément le retard du mouvement des plaques et cause un séisme majeur. Après la secousse principale, des répliques, parfois meurtrières, correspondent à des petits réajustements des plaques au voisinage de la faille.

L'importance d'un séisme se caractérise par deux paramètres : sa magnitude et son intensité.

- La magnitude traduit l'énergie libérée par le séisme. Elle est généralement mesurée sur l'échelle ouverte de Richter. Augmenter la magnitude d'un degré revient à multiplier l'énergie libérée par 30.

- L'intensité mesure les effets et dommages du séisme en un lieu donné. Elle apprécie la manière dont le séisme se traduit en surface et dont il est perçu. L'intensité varie dans toute la zone touchée. Des conditions topographiques ou géologiques locales peuvent créer des effets de site qui amplifient l'intensité d'un séisme. Sans effet de site, l'intensité d'un séisme est maximale à l'épicentre et décroît avec la distance.

Chaque année, à la surface du globe, il y a plus de cent cinquante séismes de magnitude supérieure ou égale à 6 sur l'échelle de Richter (c'est-à-dire des séismes potentiellement destructeurs) et 1 à 2 de magnitude supérieure à 8.

- **Exemple 3 : Le volcanisme**

Le volcanisme est toujours le résultat d'une remontée en surface d'un magma profond, mais ses manifestations en surface peuvent différer d'une éruption à une autre.

Les nuées ardentes sont des émissions brutales et dirigées d'un mélange constitué de gaz brûlants transportant des roches à plus de 800 °C, "bombes volcaniques", cendres, ... L'ensemble dévale les flancs du volcan à des vitesses de 200 à 500 km/h, sur de grandes distances. Ces phénomènes sont caractéristiques d'un volcanisme "explosif".

Les coulées de lave, dont la température moyenne est de 1 000 °C, sont caractéristiques des éruptions effusives. Elles s'écoulent à des vitesses de l'ordre de quelques centaines de mètres à l'heure. Cette vitesse diminue en s'éloignant du lieu d'émission, sous l'effet de la solidification due à la baisse progressive de la température.

Les émanations de gaz se produisent aussi bien au cours d'une éruption explosive, qu'au cours d'une éruption effusive. Elles peuvent également être plus ou moins continues entre les phases éruptives. Les gaz sont émis au niveau de la gueule du volcan et sous forme de fumerolles sur les flancs.

Les dangers qui en découlent sont généralement les suivants :

- Les nuées ardentes détruisent tout sur leur passage, ce qui en fait le phénomène volcanique le plus dévastateur,

- les cendres peuvent se déposer sur plusieurs mètres d'épaisseur en quelques heures et causer l'effondrement de bâtiments sans, en général, faire de victimes,

- les coulées de lave sont lentes ; les dégâts sont en règle très générale exclusivement matériels,

- les tsunamis peuvent remonter loin dans les terres et créer des dégâts humains et matériels à plusieurs kilomètres du littoral.

Les impacts de cette dynamique interne sont nombreux dans les milieux urbains. Nous donnons ici l'exemple de l'estimation du nombre de décès suite aux déclenchements de certains volcans dans le monde de 1815 à 1995 (tableau ci dessous). Le grand nombre de décès a touché certainement la population urbaine (comparer les deux cartes de la répartition des volcans et des villes dans le monde ci haut).

Volcan	Estimation du nombre de décès	Localisation	Contexte	Date	Mécanismes
Tambora	92 000	Indonésie	Subduction	1815	Coulées pyroclastiques + tephras
Krakatau	36 417	Indonésie	Subduction	1883	Coulées pyroclastiques
Montagne Pelée	29 000	Martinique	Subduction	1902	Coulées pyroclastiques
Nevado del Ruiz	22 000	Colombie	Subduction	1985	Lahars
Santorin	> 15 000	Mer Egée	Subduction	1642 av. J.C.	Coulées pyroclastiques
Unzen	15 188	Japon	Subduction	1792	Glissement de terrain
Lakagigar (Laki)	10 521	Islande	Point Chaud	1783	Coulées de lave + acide sulfurique
Kelut	10 000	Indonésie	Subduction	1586	Lahars
Santa Maria	6 000	Guatemala	Subduction	1902	Coulées pyroclastiques + avalanches de débris
Kelut	5 110	Indonésie	Subduction	1919	Lahars
Santia Guito	5 000	Guatemala	Subduction	1929	Coulées pyroclastiques
Galunggung	4 011	Indonésie	Subduction	1822	Lahars
Vésuve	3 500	Italie	Subduction	1631	Coulées pyroclastiques + lahars
Vésuve	3 360	Italie	Subduction	79	Coulées pyroclastiques
Awu	3 000	Indonésie	Subduction	1711	Lahars
Merapi	3 000	Indonésie	Subduction	1672	Coulées pyroclastiques
Papandayan	2 957	Indonésie	Subduction	1772	Avalanches de débris
Lamington	2 942	Papouasie	Subduction	1951	Tephras
Awu	2 806	Indonésie	Subduction	1856	Lahars
El Chichon	2 500	Mexique	Subduction	1982	Coulées pyroclastiques + tephras
Nyiragongo	2 000	République du Congo	Point Chaud	1977	Coulées de lave
Makian	2 000	Indonésie	Subduction	1760	Lahars
Lac Nyos	1 700	Cameroun	Point Chaud	1986	Dégazage brutal du lac en CO2
Oshima	1 475	Japon	Subduction	1741	Tsunami
Asama	1 377	Japon	Subduction	1783	Lahars
Taal	1 335	Philippines	Subduction	1911	Lahars
Mayon	1 200	Philippines	Subduction	1814	Lahars
Agung	1 184	Indonésie	Subduction	1963	Lahars
Cotopaxi	1 000	Equateur	Subduction	1877	Lahars
Komagatake	700	Japon	Subduction	1640	Tsunami
Hibok-Hibok	500	Philippines	Subduction	1951	Lahars
Pinatubo	364	Philippines	Subduction	1991	Coulées pyroclastiques
Saint-Helens	69	USA	Subduction	1980	Coulées pyroclastiques + glissement de terrain
Unzen	43*	Japon	Subduction	1991-1992	Coulées pyroclastiques
Soufrière Hills	30	Montserrat	Subduction	1995	Coulées pyroclastiques

Les éruptions volcaniques historiques les plus meurtrières

La dynamique interne de la terre est un facteur principal des risques qui touchent inévitablement les milieux urbains. Une dynamique tout à fait naturelle pour l'équilibre du système de la planète. La tectonique des plaques s'avère imposante, mais les séismes et les éruptions volcaniques qui y font souvent partie ont des effets néfastes bien qu'ils demeurent très localisés dans l'espace. Les caractéristiques internes de la terre en relation avec les degrés très forte des températures impactent cette dynamique qui se répercute sur les constituants de la surface terrestre. Tous les phénomènes de risques en surface se conjuguent avec les facteurs de la dynamique externe de la terre.

2- Dynamique externe

L'objet de présenter cette dynamique est de balayer l'ensemble des facteurs naturels, qui agissent dans les paysages urbains et naturels. Il ne s'agit évidemment pas de former des topographes ou des géomorphologues chevronnés, mais bien de donner des définitions de base pour permettre d'une part une compréhension des espaces sur lesquels sont créés les villes et d'autre part, lorsque c'est nécessaire, la mise en œuvre de facteurs de de risques qui menacent les espaces urbains.

2.1- Topographie

La surface topographique joue le rôle d'interface entre les parties solides, liquides ou gazeuses de la Terre. Ce sont elles que nous connaissons le mieux, d'un point de vue sensoriel et physique, elles font l'objet de nombreuses sciences et techniques.

La première question que doit se poser le cartographe, le topographe ou l'architecte est la suivante : quelles sont les informations que l'on souhaite obtenir du terrain? Ceci doit permettre de définir le plus petit objet qui devra être visible sur la carte ou le plan, conditionnant ainsi l'échelle du document. On en détermine ainsi la teneur en information.

Quelques exemples pour illustrer ces propos : nous partirons du principe que le plus petit détail aisément discernable, ainsi que la précision de report manuel, ne peuvent être inférieurs au dixième de millimètre. Ainsi, nous obtenons les relations suivantes entre les échelles classiques des documents et le type de détails représentés, on peut par exemple définir quelques échelles :

- Plan de maison : 1/50,
- plan de corps de rue (murs, égouts, trottoirs...) : 1/200 à 1/500,
- plan de lotissement, d'occupation des sols et de cadastre : 1/1000 à 1/2000,
- échelles de différentes cartes, topographiques, géologiques, sols, couvert végétal...

Il existe Trois grandes unités topographiques :

- **Les espaces de montagnes** : Une **montagne** est un espace topographique et géologique significatif en relief positif, située à la surface de la terre, et faisant généralement partie d'une chaîne de montagnes. En termes de description, on retient souvent deux critères pour donner l'appellation de « montagne » à un relief positif : l'altitude d'une part et le dénivelé d'autre part, sinon on parlera plutôt par exemple de colline ou de plateau. En langage commun, on utilise aussi souvent des termes synonymes tels que sommet, pic, mont, aiguille, etc. Il existe une grande diversité de structures géologiques qui peuvent porter l'appellation de « montagne » : plissements rocheux, volcans actifs ou éteints, reliefs sous-marin...

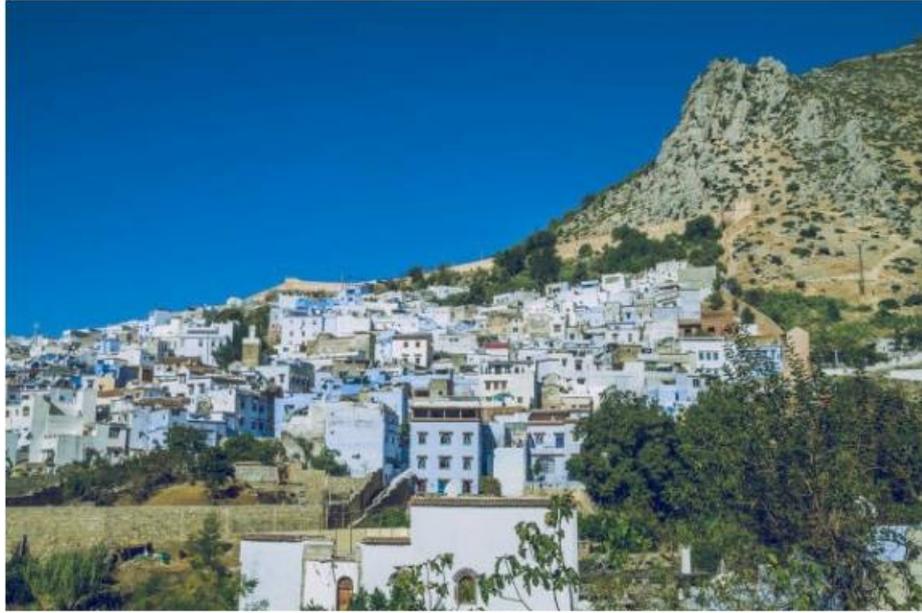
- Plusieurs critères permettent de parler de montagnes, d'abord l'altitude qui doit être supérieure à 1000 – 1500 mètres. Ensuite, il y a la présence de plusieurs lignes de crêtes, d'où la forte dénivellation entre les sommets et les bas fonds.

- Comment caractériser une montagne? L'élément principal est l'altitude pour distinguer les montagnes basses (au dessous de 1500 mètres), des moyennes montagnes (entre 1500 et 2000 mètres) et des hautes montagnes (au dessus de 2000 mètres).

- Si une montagne est totalement isolée, on parle de chaînon. Le massif est un ensemble plus vaste et plus complexe regroupant des lignes de crêtes et des versants. A petite échelle, on évoque le terme de chaîne, c'est à dire l'organisation spatiale qui définit l'agencement respectif des crêtes et des dépressions. Elle peut être soit très régulière soit très confuse. En rapport avec cette unité, au Maroc comme au niveau mondial, il y a plusieurs villes qui se localisent en plein milieu montagnard, souvent exposées aux différents risques naturels en relation avec les facteurs endogènes et exogènes de la terre.



Ville montagnarde de chefchaouen



- **Les espaces de plateaux :** Le **plateau** est l'une des trois formes principales du relief topographique. C'est une aire géographique relativement plane où les cours d'eau sont encaissés (contrairement aux plaines). Les interfluves restent relativement plans avec une morphologie peu marquée (à la différence des montagnes).

La dénivellation entre le cours d'eau et le rebord du plateau peut être si profonde et que la largeur du fond de vallée est si réduite ou insignifiante, que le complexe des vallées et vallons est alors appelé gorges ou canyon.

Les limites du plateau sont des zones de changement de relief ou d'altitude, elles peuvent être marquées par des escarpements abrupts ou des pentes, ces espaces sont appelés talus en topographie.

Comment décrire un plateau ? Il faut préciser son altitude, son inclinaison, l'encaissement, la forme de ses vallées et la dissection plus ou moins grande de sa surface par le réseau hydrographique. Son modelé est Parfois uniforme, mais il peut aussi offrir des formes de dissection plus ou moins marqués comme des reliefs de détails plus affirmés (buttes, croupes, collines) ou certaines ondulations des interfluves.

Plusieurs villes s'installent sur les espaces de plateaux, comme Rabat, Salé, Meknès, Fés et bien d'autres. Mais selon leur croissance, la prolifération de l'habitat peut atteindre les talus des plateaux et exposer certains quartiers aux risques topographiques liés aux pentes et aux glissements.



£

Ville de Meknès, centre ville et institution en bas du talus sud est



Villes Rabat-Salé à l'embouchure de l'Oued Bou Regreg

Il faut préciser ici que les plateaux et Les plaines se différencient par l'encaissement des rivières et non par l'altitude. Les plaines et les plateaux peuvent être réduits à l'état de collines qui sont des fois sous forme de très basses montagnes.

- **les espaces de plaines** : Une **plaine**, qui dérive du mot latin *plana*, est une grande étendue de terrain sans relief, espace géographique caractérisé par une surface plane, ou légèrement ondulée, d'altitude peu élevée par rapport au niveau de la mer ou d'altitude moindre que les régions environnantes. Le relief de la France métropolitaine est de 0 à 200 m pour les plaines². En Asie centrale, la plaine se situe à environ 500 m au-dessus du

niveau de la mer. En Amérique du Sud, il existe de vastes plaines dans les très hautes montagnes. Une plaine est dominée par les reliefs environnants.

Comment la décrire ? Il faut préciser son altitude, son inclinaison, sa plus ou moins grande platitude par l'écoulement superficielle du réseau hydrographique.





Les principales villes du Gharb se situent dans l'espace de plaine, Kénitra en partie, Sidi Slimane, Sidi Kacem, Souk Arbaa El Gharb, Sidi Allal Tazi. Les risques dans ces villes ne sont pas liés totalement à la topographie, mais surtout aux inondations et à la mécanique des sols de plaines causée par la dynamique de soutirage et de suffusion, d'où des formes réduites de dépression causées par les effondrements dans les formations superficielles (subsidence, dynamique des eaux des nappes phréatiques).

2.2- Géomorphologie

La géomorphologie est la science qui a pour objet la description et l'explication des formes du relief terrestre. Cette discipline s'est construite au sein de la géographie physique (dont elle a longtemps été le fleuron) puis des géosciences. Elle est pratiquée par les géographes, les géologues, les archéologues selon des méthodes et des champs de recherche qui leur sont propres (géodésie, géotechnique, etc.).

Les formes de la surface terrestre (et des planètes telluriques) évoluent en réponse à une combinaison de processus naturels et anthropiques, et tendent à équilibrer les processus d'ablation et d'accumulation. Ces processus agissent à des échelles spatiales et temporelles variées. Dans le temps long (petites échelles), le paysage se construit notamment par le soulèvement tectonique et le volcanisme (géomorphologie structurale). Il s'agit donc de l'analyse du milieu naturel, qui est un *géosystème*, c'est-à-dire, un ensemble géographique doté d'une structure et d'un fonctionnement propres, qui s'inscrit dans l'espace et dans le temps (spatio-temporel).

La géomorphologie est donc une discipline qui analyse l'une des composantes du milieu naturel, en relation étroite avec les autres disciplines de la géographie physique et des sciences de la terre (géologie). Trois domaines se partagent actuellement le champ scientifique de la géomorphologie :

- La géomorphologie générale ou dynamique se spécialise dans l'étude analytique des processus externes qui contribuent à la formation et à l'évolution des formes de relief, l'érosion, l'altération, l'ablation, le transport, le dépôt, etc., édifiant et modifiant les formations (des littoraux, du réseau hydrographique, etc.),

- la géomorphologie structurale concerne l'influence de la structure (lithologie et tectonique, voir géodynamique) sur le relief à différentes échelles depuis la tectonique des plaques jusqu'aux formes structurales élémentaires (surfaces, escarpements, etc.) géodynamique,

- la géomorphologie climatique qui concerne aussi l'aspect particulier de telle forme en fonction des climats anciens surtout au cours du quaternaire, basé sur des héritages des climats passés (voir climatologie et biogéographie).

Schématiquement, la géomorphologie structurale explique les grandes lignes du relief, l'architecture principale ou la structure, tandis que la géomorphologie dynamique et climatique retouche les grands traits du paysage généralement sous l'effet du climat actuel ou passé.

Toutes les villes et sans exception, ont un soubassement rocheux et de formations superficielles. Elles font partie par conséquent de l'environnement physique général et soumises aux différents risques causés par les phénomènes de surface de la terre, tels que l'érosion qui est en relation avec les effets du climat actuel, les formations superficielles, le soubassement rocheux et les effets des éléments climatiques extrêmes.

2.3- Climat

Le climat est la distribution statistique des conditions de l'atmosphère terrestre dans une région donnée pendant une période donnée. L'étude du climat est la climatologie. Elle se distingue de la météorologie qui désigne l'étude du temps à court terme et dans des zones ponctuelles.

La caractérisation du climat est effectuée à partir de mesures statistiques annuelles, mensuelles et journalières sur des données atmosphériques locales : précipitations, températures, pression atmosphérique, ensoleillement, humidité, vitesse du vent. Ces éléments sont également pris en compte leur récurrence ainsi que les phénomènes exceptionnels.

Ces analyses permettent de classer les climats des différentes régions du monde selon leurs caractéristiques principales. Il faut dire que le climat a fortement varié au cours de l'histoire de la Terre sous l'influence d'une pluralité

de phénomènes astronomiques, géologiques, etc., et plus récemment sous l'effet des activités humaines (réchauffement climatique).

Le climat désigne les caractéristiques statistiques (moyenne, maxima et minima, dispersion), calculées sur une longue période de temps (30 ans, par convention, pour les météorologistes), des observations de paramètres tels que la température, la pression, la pluviométrie ou la vitesse du vent, en un lieu géographique et à une date donnés.

Le système climatique est composé de plusieurs sous-ensembles : l'atmosphère, l'océan et la cryosphère, la lithosphère continentale et la biosphère de la Terre. L'apport d'énergie du rayonnement solaire et les échanges d'énergies entre les sous-ensembles du système climatique déterminent le climat de la planète.

Les océans représentent le principal réservoir de la chaleur capturée et de l'humidité. La circulation océanique, que l'on appelle aussi circulation de la thermohaline parce qu'elle est causée à la fois par des différences de températures et par différences de salinité, redistribue la chaleur des régions chaudes vers les régions froides.

La surface terrestre est soumise aux différentes dynamiques internes, externes (de surface en relation avec la topographie et les formations superficielles) et atmosphériques. Ces dynamiques transforment les espaces de surface de la terre par les dynamiques des érosions.

2.4- Erosion

En géomorphologie, l'**érosion** est le processus de dégradation et de transformation du relief, et donc des sols, roches, berges et littoraux qui est causé par tout agent externe (donc autre que la tectonique).

Un relief dont le modelé s'explique principalement par l'érosion est dit « relief d'érosion ». Les facteurs d'érosion sont :

- le relief et le climat,
- la physique (dureté) et la chimie (solubilité par exemple) de la roche,
- des facteurs écologiques et pédologiques (présence/absence de faune, fonge, couverture végétale et lichéneuse...) et leur nature, -
- l'histoire tectonique (fracturation par exemple),
- l'action humaine (pratiques agricoles telle que labours, surpâturage, minéralisation des sols, cultures sur pentes...), déforestation, imperméabilisation, artificialisation, urbanisation qui dans le monde prend une importance croissante et préoccupante.

L'érosion agit à différents rythmes et peut, sur plusieurs dizaines de millions d'années, raser des montagnes, creuser des vallées, faire reculer des falaises et toucher par conséquent les quartiers des villes. De même, les

phénomènes naturels violents tels qu'une avalanche, ou un orage peuvent modifier considérablement le paysage en quelques heures, voire en quelques minutes et dévaster les milieux urbains où se concentrent bon nombre de populations et d'activités, d'où les dommages en perte humaine et de patrimoine et bien d'autres.