

Chapitre II – Analyse des facteurs géologiques dans l'utilisation des terrains

Introduction

L'utilisation des terrains par les sociétés humaines (habitat, routes, ouvrages hydrauliques, zones industrielles, agriculture, stockage, urbanisation) dépend étroitement des caractéristiques géologiques du milieu. Un terrain n'est jamais un simple support neutre : sa nature lithologique, sa structure, son état d'altération, son comportement mécanique, sa perméabilité et sa dynamique géomorphologique conditionnent sa stabilité et ses possibilités d'aménagement. En d'autres termes, la géologie influence directement la faisabilité technique, le coût, la durabilité et la sécurité des projets.

Dans de nombreux cas, les problèmes rencontrés sur les constructions ou les aménagements ne sont pas dus à une erreur d'exécution, mais à une mauvaise connaissance initiale du terrain. Bâtir sur un sol compressible, urbaniser un versant instable, implanter une zone industrielle sur une zone inondable, capter une eau sans comprendre l'aquifère, ou encore exploiter une carrière sans analyser les écoulements souterrains peut entraîner des désordres majeurs, parfois irréversibles.

Ce chapitre a pour objectif de présenter les principaux facteurs géologiques qui contrôlent l'aptitude des terrains à différents usages. Il montre comment la géologie de l'environnement fournit les bases scientifiques de l'évaluation des contraintes, de la prévention des risques et de l'aménagement durable du territoire.

1. Notion d'aptitude des terrains et rôle de la géologie

L'aptitude d'un terrain désigne sa capacité à accueillir un usage donné dans des conditions acceptables de sécurité, de coût et de durabilité. Cette aptitude n'est pas absolue : elle dépend du type d'usage envisagé. Un terrain peut être favorable à l'agriculture mais défavorable à l'urbanisation dense ; favorable à une carrière mais inadapté à un stockage de déchets ; favorable à la recharge des nappes mais trop vulnérable à la pollution pour certaines activités industrielles.

La géologie intervient dans cette évaluation parce qu'elle permet de caractériser les matériaux et les processus qui contrôlent le comportement du terrain. Elle ne se limite pas à l'identification des roches en surface : elle analyse aussi leur structure interne, leur fracturation, leur altération, leur hydrogéologie, leur évolution morphologique et les phénomènes actifs ou potentiels (érosion, glissements, dissolution, tassements, etc.).

Ainsi, l'analyse géologique des terrains constitue une étape préalable à tout projet d'aménagement. Elle permet d'anticiper les contraintes, de comparer plusieurs sites, de proposer des mesures de protection et d'éviter des choix coûteux ou dangereux.

2. Les principaux facteurs géologiques contrôlant l'utilisation des terrains

2.1 La lithologie : nature des roches et comportement des matériaux

La lithologie, c'est-à-dire la nature des roches ou des matériaux en place, constitue le premier facteur à examiner. Chaque type de roche possède des propriétés physiques et mécaniques particulières qui influencent son usage. Les roches massives et cohérentes, comme certains calcaires compacts, grès bien cimentés ou roches magmatiques, peuvent offrir de bonnes conditions de fondation si elles ne sont pas fortement fracturées. À l'inverse, des formations argileuses, marneuses ou fortement altérées

peuvent présenter une faible portance, une sensibilité à l'eau et des comportements de gonflement-rétrécissement.

Les formations meubles (alluvions, colluvions, remblais, sables, limons) doivent être étudiées avec attention, car leur comportement dépend de la granulométrie, de la compacité, de la teneur en eau et de l'hétérogénéité. Deux terrains visuellement proches peuvent avoir des comportements très différents face à une charge ou à une infiltration d'eau.

La lithologie influence aussi la circulation des eaux, la sensibilité à l'érosion, la facilité d'excavation et la disponibilité en matériaux locaux pour les travaux publics.

2.2 La structure géologique : stratification, failles, fractures et plis

Au-delà de la nature des roches, leur organisation structurale joue un rôle déterminant. La disposition des couches (stratification), l'inclinaison des bancs, la présence de failles, de fractures ou de plis peuvent favoriser ou limiter certains usages. Par exemple, sur un versant, des couches inclinées dans le sens de la pente peuvent constituer des surfaces de glissement potentielles. À l'inverse, des couches inclinées vers l'intérieur du versant peuvent être plus stables dans certains contextes.

Les fractures et failles augmentent souvent la perméabilité secondaire des roches, ce qui peut être favorable pour certaines ressources en eau souterraine, mais défavorable pour les fondations, le creusement de tunnels ou le stockage de substances polluantes. Elles peuvent aussi jouer un rôle dans l'instabilité des talus et dans la propagation de la dissolution en milieu karstique.

La structure géologique influence donc la géométrie des écoulements, la stabilité des pentes, la réponse mécanique du massif et la vulnérabilité environnementale du site.

2.3 L'altération des roches et les formations superficielles

Une roche saine en profondeur peut être très différente de son équivalent altéré près de la surface. L'altération physique et chimique transforme les roches en matériaux plus meubles, plus poreux et souvent plus faibles mécaniquement. Dans les zones humides ou tropicales, l'altération peut être profonde ; dans les régions semi-arides, elle peut être plus irrégulière mais localement importante.

Les formations superficielles (sols, colluvions, alluvions, éboulis, altérites, dépôts de pente) contrôlent souvent le comportement réel du terrain vis-à-vis des aménagements. Or, ce sont elles qui sont directement en contact avec les fondations superficielles, les routes, les réseaux et les ouvrages légers. Leur épaisseur, leur compacité et leur hydromorphie doivent être évaluées avec soin.

Dans la pratique, de nombreux désordres apparaissent parce qu'on raisonne uniquement sur la « roche mère » sans prendre en compte la couverture altérée ou remaniée.

2.4 Les propriétés hydrogéologiques : porosité, perméabilité et circulation de l'eau

La présence et la circulation de l'eau dans le sous-sol constituent un facteur central dans l'utilisation des terrains. Un terrain très perméable peut être favorable à l'infiltration et à la recharge des nappes, mais poser des problèmes pour le confinement des polluants ou pour certains ouvrages. Un terrain peu perméable peut être intéressant pour le confinement, mais favoriser le ruissellement, l'engorgement et certains désordres géotechniques.

La remontée de nappe, les niveaux perchés, les suintements sur versants, les écoulements dans les fractures ou les cavités karstiques peuvent affaiblir les terrains, provoquer des instabilités ou compliquer les travaux d'excavation. La variation saisonnière de la nappe peut aussi modifier les conditions de portance et les contraintes hydrauliques sur les ouvrages.

L'analyse hydrogéologique ne concerne pas seulement les captages d'eau. Elle est indispensable pour les routes, les bâtiments, les stockages, les carrières, les décharges, les ouvrages enterrés et l'aménagement des zones urbaines.

2.5 Les propriétés géomécaniques et géotechniques

L'utilisation des terrains dépend fortement de leur comportement sous charge et de leur réponse aux sollicitations naturelles ou anthropiques. Les paramètres géotechniques (cohésion, angle de frottement, compressibilité, plasticité, densité, résistance au cisaillement) sont essentiels pour l'ingénierie, mais leur interprétation reste indissociable du contexte géologique.

Une argile plastique saturée, une marne fissurée, un sable lâche, un remblai hétérogène ou une roche fracturée ne réagiront pas de la même manière face à un bâtiment, une route, un talus ou un ouvrage hydraulique. Les propriétés peuvent évoluer dans le temps sous l'effet de l'eau, du séchage, des cycles thermiques, de la vibration ou de l'altération.

La géologie de l'environnement joue ici un rôle de diagnostic global : elle relie les résultats géotechniques ponctuels à l'organisation spatiale des formations et aux processus actifs du site.

3. Le relief et la dynamique géomorphologique dans l'occupation des terrains

3.1 Pente, topographie et contraintes d'aménagement

La topographie influence directement l'utilisation des terrains. Les zones de faible pente sont généralement plus favorables à l'urbanisation et à l'agriculture mécanisée, tandis que les pentes fortes imposent des contraintes techniques, économiques et environnementales plus importantes. Cependant, une surface plane n'est pas toujours stable ou favorable : une plaine alluviale peut être inondable, compressible ou à nappe très peu profonde.

La pente agit sur le ruissellement, l'érosion et la stabilité. Une augmentation même modérée de la pente peut accroître fortement la vitesse de l'eau de ruissellement et le transport sédimentaire. Dans les zones de versants, la topographie doit être interprétée avec la lithologie et la structure : certaines pentes restent stables grâce à des roches cohérentes et à une bonne couverture végétale, tandis que d'autres deviennent instables sous l'effet des pluies ou des travaux.

3.2 Processus d'érosion, accumulation et évolution des formes

Les terrains évoluent dans le temps. L'érosion fluviale, l'érosion pluviale, les ravinements, les mouvements de masse et les accumulations alluviales modifient progressivement les conditions d'occupation du sol. Un site qui paraît stable à court terme peut être situé dans une zone de dynamique active à l'échelle de quelques années ou décennies.

Les terrasses alluviales, les cônes de déjection, les lits majeurs, les glacis, les plaines d'inondation et les dépôts de pente doivent être reconnus et interprétés avant tout projet. Ces formes

géomorphologiques témoignent de processus passés et parfois encore actifs. Leur compréhension aide à éviter des implantations inadaptées, notamment en zone inondable ou en pied de versant instable.

4. Facteurs géologiques et grands types d'utilisation des terrains

4.1 Terrains pour l'habitat et l'urbanisation

L'urbanisation exige des terrains stables, accessibles, drainables et relativement sûrs vis-à-vis des aléas géologiques. Les critères géologiques incluent la portance des sols, la profondeur de la roche saine ou des niveaux compressibles, la stabilité des pentes, l'absence de cavités dangereuses, la maîtrise des eaux superficielles et souterraines, et la compatibilité avec les fondations prévues.

Les zones urbaines se développent souvent dans les plaines alluviales pour des raisons historiques et économiques. Or, ces secteurs peuvent cumuler plusieurs contraintes : inondabilité, sols compressibles, nappe superficielle, liquéfaction en contexte sismique, pollution diffuse. La géologie de l'environnement permet de hiérarchiser ces contraintes et de proposer des règles d'occupation (zonage, types de fondations, drainage, limitation de charges, etc.).

4.2 Terrains pour infrastructures linéaires : routes, voies ferrées, réseaux

Les infrastructures linéaires traversent des terrains variés et sont donc particulièrement sensibles aux changements géologiques. Une route ou une voie ferrée peut rencontrer successivement des zones rocheuses, des argiles, des remblais anciens, des zones humides et des versants instables. La continuité du tracé impose une analyse géologique intégrée.

Les principaux problèmes incluent les glissements de talus, les tassements différentiels, l'érosion des fossés, les remontées d'eau, les chutes de blocs et la dégradation des matériaux de chaussée en lien avec la géologie locale. Le choix du tracé doit tenir compte des contraintes géologiques pour limiter les coûts d'entretien et améliorer la sécurité.

4.3 Terrains agricoles : fertilité, drainage et vulnérabilité

L'agriculture dépend à la fois des sols, du climat, de l'eau et du substratum géologique. La roche mère influence la texture, la minéralogie et la chimie des sols, donc leur fertilité potentielle. Les calcaires, basaltes, roches volcaniques altérées, grès ou formations argileuses ne donnent pas les mêmes sols ni les mêmes comportements hydriques.

La géologie conditionne également le drainage naturel. Des terrains mal drainés peuvent être sujets à l'engorgement, tandis que des terrains trop perméables peuvent perdre rapidement l'eau utile aux cultures. Dans certaines zones, la salinité ou la remontée de sels peut être liée à des conditions géologiques et hydrogéologiques particulières.

Une bonne analyse géologique aide donc à orienter les pratiques agricoles, les systèmes de drainage et les stratégies de conservation des sols.

4.4 Terrains pour exploitation de carrières et matériaux de construction

Les carrières nécessitent une ressource exploitable, mais aussi un contexte géologique et environnemental compatible. La qualité du matériau (calcaire, argile, sable, gravier, roche massive)

doit être évaluée en parallèle de la stabilité des fronts, de la gestion des eaux, de la distance aux zones habitées et des possibilités de réhabilitation.

L'exploitation d'une carrière peut modifier les écoulements, affecter les nappes, générer des poussières et du bruit. Dans certains cas, elle peut aussi créer des opportunités de réaménagement si elle est bien planifiée. La géologie de l'environnement intervient pour réduire les impacts et intégrer la carrière dans une logique territoriale.

5. Contraintes géologiques spécifiques souvent négligées

5.1 Karst, dissolution et cavités

Les terrains calcaires ou gypseux peuvent subir des phénomènes de dissolution conduisant à la formation de cavités, de conduits ou d'effondrements localisés. Ces contextes karstiques sont souvent favorables aux ressources en eau, mais ils posent des contraintes importantes pour les constructions, les routes et les stockages de déchets ou de produits polluants.

Le principal danger vient de l'hétérogénéité : un terrain peut sembler stable en surface tout en comportant des vides en profondeur. L'étude géologique et géophysique, associée à la reconnaissance de terrain, est alors indispensable.

5.2 Sols argileux sensibles au gonflement-rétrécissement

Certaines argiles riches en minéraux expansifs présentent des variations de volume en fonction de la teneur en eau. En période humide, elles gonflent ; en période sèche, elles se rétractent. Ces mouvements peuvent provoquer des fissures dans les bâtiments légers, des déformations de voirie et des désordres sur les réseaux.

Ce problème, souvent sous-estimé, montre bien la nécessité d'une approche géologique fine des terrains, notamment dans les zones urbanisées ou en extension urbaine.

5.3 Remblais anciens et terrains anthropisés

Dans de nombreuses zones urbaines ou périurbaines, les terrains ont été remaniés (remblais, dépôts de déchets, nivellements, anciennes carrières comblées). Ces terrains anthropisés peuvent être très hétérogènes et instables. Leur comportement est souvent difficile à prévoir sans investigations adaptées.

La géologie de l'environnement ne se limite donc pas aux formations naturelles ; elle prend aussi en compte l'histoire d'occupation humaine du site, qui peut devenir un facteur géotechnique majeur.

6. Méthodologie d'analyse géologique pour l'utilisation des terrains

L'analyse des facteurs géologiques dans l'utilisation des terrains repose sur une démarche progressive. Elle commence par la collecte des données disponibles : cartes géologiques, topographiques, hydrologiques, images satellitaires, archives d'aménagement, historiques de désordres. Cette phase permet d'identifier les premières contraintes et de préparer le travail de terrain.

La phase de terrain est essentielle. Elle comprend l'observation des affleurements, la reconnaissance des formations superficielles, l'analyse des pentes, des écoulements, des indices d'instabilité et des

usages existants. Selon les besoins, elle est complétée par des sondages, des essais géotechniques, des mesures piézométriques et des investigations géophysiques.

L'objectif n'est pas seulement de produire une description, mais un **diagnostic d'aptitude** : quelles zones sont favorables, défavorables ou favorables sous conditions ? Quelles mesures correctives sont nécessaires ? Quels usages sont incompatibles avec les contraintes du milieu ? Cette logique de diagnostic est au cœur de la géologie de l'environnement appliquée.

7. Intégration dans l'aménagement durable du territoire

L'utilisation rationnelle des terrains exige une intégration précoce des données géologiques dans la planification territoriale. Cela signifie que la géologie doit intervenir en amont, avant les choix définitifs d'implantation. Lorsqu'elle est ignorée, les projets deviennent plus coûteux, plus vulnérables et plus difficiles à maintenir.

Une approche durable suppose de considérer simultanément les potentialités et les contraintes : disponibilité en matériaux, qualité des sols, ressources en eau, stabilité des versants, aléas naturels, vulnérabilité à la pollution, possibilités de réhabilitation. Elle suppose aussi de reconnaître que certains terrains ont des fonctions environnementales qu'il faut préserver, par exemple les zones de recharge des nappes ou les plaines d'expansion des crues.

Le géologue de l'environnement participe ainsi à une lecture du territoire orientée vers la prévention, la compatibilité des usages et la réduction des impacts à long terme.