



Union Française
des Géologues



Géosciences au service de l'Humanité
Comité National Français

Les **GÉOSCIENCES** *au service de l'HUMANITÉ*



Géologue :
acteur-clef de la planète

Enjeux et métiers

Sommaire

	Pages
Géologue : acteur-clef de la planète	3
<i>Enjeux et métiers</i>	
1. Énergie	4
2. Matières minérales	6
3. Eau	8
4. Aménagement	10
5. Environnement	12
Quelle formation pour les géologues ?	14
Les partenaires de l'Union Française des Géologues (UFG)	15



Photo 1 : Mesure géotechnique en forêt équatoriale (Cliché T. Dumoulin)



Photo 2 : Arche naturelle, rivière de Savoie (Cliché C. Beck, Université de Savoie)



Photo 3 : Surveillance d'une ancienne carrière souterraine (Cliché Inspection générale des carrières - Mairie de Paris)

Géologue : acteur-clef de la planète

Ce document, réalisé dans le cadre de l'**Année Internationale de la Planète Terre** organisée par l'UNESCO mandaté par l'ONU, présente des aspects souvent méconnus des métiers liés aux géosciences. Nous avons choisi, pour nos cinq secteurs principaux d'activité, de mettre en regard, d'un côté, les **enjeux** et les domaines et, de l'autre, des exemples de **métiers** et de missions.

Le souhait de l'ONU de célébrer cette année internationale fait écho aux craintes et aux aspirations exprimées aujourd'hui pour le devenir de la Planète et de ses habitants. Pour répondre aux enjeux d'un développement que l'on souhaite durable, pour léguer aux générations futures « un environnement équilibré », une forte mobilisation est nécessaire. Les actions à mener relèvent d'une prise de conscience générale de la société, et doivent s'appuyer sur les savoirs et les savoir-faire des scientifiques et en particulier des géologues, en « prise directe » avec la Terre.

L'**Union Française des Géologues**, groupement de professionnels, a choisi ce moment privilégié pour mieux faire connaître leurs métiers et partager les défis qu'ils devront affronter dans les années à venir. Les enjeux sont nombreux et divers : protéger et restaurer l'environnement, assurer une gestion raisonnée des ressources en eau, construire des ouvrages sûrs et pérennes, répondre à la demande énergétique, fournir les matières premières minérales.

Nous avons choisi de présenter les activités liées essentiellement aux différents secteurs industriels. Mais il est évident que ces activités s'appuient, en amont, sur un enseignement théorique et pratique, à tous les niveaux, et sur la recherche, académique ou plus directement appliquée, moteur de l'innovation.

Cette plaquette est destinée à une large diffusion. Elle vient aussi en appui d'une série de conférences organisées durant l'année internationale dans les différentes académies de France. Ces conférences s'adressent aux professeurs des sciences de la Vie et de la Terre des lycées et des conseillers d'orientation afin qu'ils relaient les informations auprès des jeunes à la fois à la recherche d'une orientation professionnelle et se sentant concernés par l'évolution environnementale de la Planète.

Pour l'Union Française des Géologues, le Président,

Jean-Paul TISOT

octobre 2007

1. ÉNERGIE

Des besoins toujours plus importants

Selon les scénarios envisagés en termes de démographie, de développement et d'efforts faits pour économiser l'énergie, les prévisionnistes envisagent un **doublement** voire un **triplé** de la **consommation énergétique dans le monde d'ici 2050**. Aujourd'hui, le « bouquet énergétique » de consommation est dominé par les hydrocarbures (pétrole, gaz) et le charbon, **combustibles fossiles** emmagasinés par la Terre en plusieurs centaines de millions d'années et non renouvelables. Ils représentent 80 à 85% de la consommation. L'énergie nucléaire représente 6,5% de la production d'énergie.

La part des **énergies renouvelables**, notamment l'énergie hydraulique et la biomasse, est d'environ 10%. Dans une perspective de développement durable et avec une politique incitative de réduction des gaz à effet de serre, cette part devrait atteindre le tiers de la consommation en 2050. Pour illustration, les réserves actuellement extractibles de pétrole équivalent en énergie à 1,5 jour d'irradiation solaire; mais l'énergie solaire utilisée sous forme électrique ne représente que 0,015% de la consommation mondiale d'électricité.

Pétrole, gaz et charbon : des énergies fossiles

Les ressources en **pétrole** et en **gaz** sont situées essentiellement au Moyen-Orient (2/3 des réserves du pétrole et 40% du gaz), ainsi qu'en Russie et dans les pays riverains de la Mer Caspienne (35% des réserves de gaz). Suivent les Amériques (Venezuela, Mexique...) et les marges ouest-africaines (Nigeria, Gabon...). L'exploitation de ces réserves et notamment des plus accessibles d'entre elles a été très largement entreprise. La forte consommation des hydrocarbures, combustibles faciles d'utilisation, fait qu'à l'échéance de **quelques décennies**, les **réserves ne se renouvelleront plus**. Il en résulte, au XXI^e siècle, la nécessité de valoriser les réserves avérées d'hydrocarbures (amélioration de la récupération), d'accéder à des formes plus difficiles à extraire (profondeur, huiles lourdes), et de poursuivre l'exploration avec des méthodes plus sophistiquées.

Les réserves mondiales de **charbon** assurent la consommation prévisible à l'horizon de **plusieurs siècles**. La production de charbon est un élément important de pays émergents comme la Chine et l'Inde. Une plus grande utilisation du charbon dans le futur exigera le développement des **techniques de stockage de CO₂**, gaz à effet de serre. Le charbon (5% de la consommation énergétique française) n'est plus actuellement exploité en France. Les besoins français des centrales thermiques ainsi que ceux de l'industrie (sidérurgie, cimenterie...) entraînent l'importation de 20 à 30 millions de tonnes de charbon par an (d'Australie, d'Afrique du Sud, de Colombie...), soit 1% de la production mondiale.

Nucléaire : assurer l'approvisionnement en uranium

Dans le monde, 15% de l'électricité est d'origine nucléaire. En France, les **58 réacteurs nucléaires** en activité produisent 450 millions de kWh, soit 80% de la production d'électricité. Ils impliquent la production de 9 000 à 10 000 tonnes annuelles d'uranium, soit environ **15% de la production mondiale d'uranium**. Ce niveau de consommation devrait rester le même à l'horizon de plusieurs décennies, avant l'émergence d'une génération de réacteurs moins consommateurs de combustibles.

Résultat d'une exploration relativement importante au XX^e siècle, les principaux gisements d'uranium se situent au Canada, en Australie, au Niger, en Namibie, au Kazakhstan et en Russie : ils répondent aux besoins en uranium pour plusieurs décennies au moins. En France, il n'y a plus de gisements d'uranium en activité après leur exploitation dans la seconde partie du XX^e siècle. L'enjeu pour les géologues français se situe donc à l'étranger, afin d'assurer un accès continu aux ressources existantes et de participer au développement de nouveaux gisements.

Énergies renouvelables : énergie hydraulique et géothermie

Dans ce domaine, à côté de l'**énergie solaire**, des **bioénergies** et de l'**éolien**, les géologues ont plus particulièrement en charge la valorisation de l'énergie hydraulique et de la géothermie.

L'**énergie hydraulique** représente aujourd'hui en France **15% de la production d'électricité**. Elle résulte de l'important effort d'aménagement de sites durant le XX^e siècle avec ses grands barrages et aussi ses nombreux barrages de moyenne chute et de centrales au fil de l'eau. Pour les prochaines décennies, outre les possibilités complémentaires d'aménagement, il s'agit d'assurer la maintenance des barrages, notamment au travers de l'auscultation régulière des aménagements existants, à la fois des structures et des colmatages sédimentaires.

La **géothermie** représente 2% de la **production actuelle de chaleur en France**. L'inventaire effectué en métropole et dans les DOM-TOM permet de prévoir pour la prochaine décennie une **augmentation** sensible de la **part de la géothermie**. Cela concerne d'une part l'exploitation plus complète des aquifères profonds pour les réseaux de chaleurs urbains ou des équipements spécifiques (piscines, serres, pisciculture...) et, d'autre part, le développement des pompes à chaleur pour le chauffage et la climatisation des habitations ou des bâtiments du tertiaire. À plus long terme, les recherches effectuées à Soultz-sous-Forêts en Alsace visent à mettre en valeur le potentiel géothermique d'un granite entre 4 500 et 5 000 mètres de profondeur, où la température est de 200°C. Les géologues doivent donc préciser les conditions géologiques, hydrogéologiques et thermiques des sites potentiels en développant des techniques d'exploration et d'exploitation.

Les géologues en France et à l'étranger...

Le secteur de l'énergie emploie 230 000 personnes en France et, parmi elles, environ **1 500 géologues, géophysiciens et autres géoscientifiques**.

Les **métiers** des professionnels de la géologie dans le domaine de l'énergie sont **variés**. Avec le souci commun d'une utilisation raisonnée des ressources naturelles et une curiosité évidente pour la compréhension du fonctionnement de la planète Terre, ils occupent des fonctions mobilisant à la fois leurs compétences techniques, leur désir de mobilité et leur capacité d'adaptation à des environnements contrastés, notamment à **l'étranger**. Employé par une grande entreprise, géologue consultant ou membre d'une société de services, la géologue dispose, dans ce domaine, de possibilités de carrière suffisamment diverses pour valoriser tout autant des compétences spécialisées dans plusieurs disciplines de la géologie et de la géophysique que des qualités d'organisation ou de conduite de projets.

Géologue dans une société pétrolière...

La géologie dans une société pétrolière se décline de l'échelle du bassin à celle du réservoir. C'est un travail intégrateur qui mobilise des techniques complémentaires en géologie de synthèse, en biostratigraphie, sédimentologie, structurale, géochimie organique et minérale, thermodynamique, hydrogéologie, modélisation numérique, toutes associées en permanence aux applications fournies par la géophysique et l'ingénierie réservoir.

- Les **géologues généralistes**, ou de synthèse, décrivent le cadre régional et les systèmes pétroliers. Ils reconstruisent l'histoire et l'architecture du bassin sédimentaire pour en définir la typologie structurale et le style des pièges potentiellement explorables, et enfin rechercher les gisements potentiels ou « prospects ».



Photo 4 : Forage pétrolier au Venezuela (Cliché Pierre Bessard, Total)

- Les **géologues d'opérations** sont présents directement sur les forages, où ils réalisent la supervision des acquisitions de données géologiques et pétrolières. Ils contribuent à la sécurité du forage par la prédiction des risques de surpression.
- Les **géologues de réservoir** construisent les modèles géologiques en liaison avec les géophysiciens et les géologues de spécialités. Leur objectif est d'obtenir une représentation 3D des hétérogénéités géologiques ayant un impact sur l'écoulement des hydrocarbures.
- Les **géologues de spécialités**, sédimentologues, structuralistes, biostratigraphes, géochimistes, hydrogéologues sont ce que sont les médecins spécialistes vis à vis des généralistes. Ils peuvent intervenir à la demande sur toutes les études. Leur plus value principale est au niveau de la compréhension du réservoir. Ils sont en charge du suivi de l'évolution technologique de leur spécialité.

Pour devenir autonome, le jeune géologue doit suivre un parcours comprenant une phase d'apprentissage dans les opérations sur chantier et l'acquisition de données. Son apprentissage comportera aussi une participation à des projets de synthèse et/ou des études spécialisées avant d'avoir une première expérience d'expatriation en filiale opérationnelle. Une formation personnalisée est mise en place dès l'embauche pour optimiser cette première partie de carrière.

Assumant des responsabilités croissantes, au siège, en filiale ou en spécialité, le géologue voit s'ajouter à ses activités techniques des fonctions de gestion puis de management, l'amenant à évoluer vers des postes de chef de projet ou d'expert.

...ou responsable d'un projet de géothermie

L'exploitation du potentiel énergétique d'un aquifère souterrain à des fins d'installation de réseaux de chaleur urbains nécessite la réalisation d'un ou plusieurs forages puis leur équipement. Les techniques mises en œuvre sont proches des techniques pétrolières. Pour être le plus durable possible, l'équipement des forages devra être adapté aux caractéristiques chimiques de l'eau captée pour le chauffage. Le responsable d'un projet géothermique, patron ou employé d'un bureau d'études spécialisé, est ainsi le plus souvent **hydrogéologue** et **hydrogéochimiste** de formation. Il a pour responsabilité la caractérisation de l'aquifère à exploiter et la mobilisation des moyens de forage adéquats. Il évalue également l'impact du forage en fonction du contexte géologique. L'économie du projet étant le plus souvent un élément important de faisabilité, il doit faire preuve de rigueur dans la gestion du projet et être ouvert au dialogue avec les maîtres d'ouvrage et donneurs d'ordre (offices d'HLM notamment).

2. MATIÈRES MINÉRALES

Des demandes constantes et des exigences environnementales

Les **besoins globaux** en matières minérales **continuent à croître** sur la planète avec la demande des pays économiquement émergents comme la Chine, l'Inde ou le Brésil qui relaient dans leur croissance les pays occidentaux les plus développés.

La France, dont le PIB se situe au 6^{ème} rang mondial, continue d'avoir besoin pour ses industries, son équipement et l'aménagement de son territoire de matières minérales multiples : métaux dont l'origine se situe pour l'essentiel à l'étranger, granulats et autres roches et minéraux industriels dont un grand volume est extrait en France.

Les métaux : production minière et recyclage

A l'exception du nickel de Nouvelle-Calédonie, les **métaux utilisés en France sont importés** soit directement (minerai ou métal) soit indirectement dans les produits transformés : fer (20 millions de tonnes), aluminium (1,3 million de tonnes), métaux de base (cuivre : 700 000 t, plomb : 250 000 t, zinc : 380 000 t, étain : 70 000 t), métaux pour alliage ou d'autres usages (chrome, cobalt, manganèse, molybdène, tungstène... soit quelques centaines de milliers de tonnes), métaux précieux (or, argent, platine). Les **ressources** se répartissent plus ou moins également sur les cinq continents : en Amérique latine, au Canada, en Australie en premier lieu mais aussi en Afrique, en Asie, dans la Communauté d'États indépendants (CEI), aux États-Unis et en Europe.

Le **prix des métaux** a été **multiplié par 2 à 5 ces dernières années**. Cela change considérablement l'estimation des réserves exploitables. Des **ressources** déjà identifiées mais non exploitées **deviennent exploitables**. Les perspectives de découvertes et de développement de **nouveaux gisements** sont multipliées, de même que les possibilités de recyclage des métaux. L'acier produit aujourd'hui en France provient pour plus d'un tiers de la récupération des ferrailles, le plomb à 60% des batteries, mais l'étain, dispersé, à 10% seulement. L'estimation de la durée de vie des réserves mondiales varie fortement d'un métal à l'autre: elle dépasse généralement le siècle. Sur les sites, la durabilité des exploitations dépendra de la capacité des compagnies minières à rester rentables, soit par leur modernisation, soit par la découverte de nouveaux gisements. Elles devront répondre aux exigences environnementales actuelles et futures, notamment en termes de réaménagement après exploitation.

Une demande de matériaux variée : granulats, ciment, minéraux industriels, roches d'ornementation ...

400 millions de tonnes de **granulats** servent chaque année en France les besoins des travaux publics ou de la construction. Ils sont principalement produits à partir des alluvions des rivières (gravières, ballastières) et de produits du concassage de roches massives (calcaire, roches cristallines...), dans une moindre mesure des sédiments marins (dragage, aspiration), des produits volcaniques (scories, pouzzolanes) ou des matériaux de recyclage. De nombreuses exploitations, de taille très variable, sont réparties sur l'ensemble du territoire. La production de **ciment** (20 millions de tonnes), de chaux, de plâtre implique en amont l'exploitation de calcaire, d'argile et de gypse. Granites, gneiss, schistes, ardoises, marbres, calcaires, grès... sont utilisés en **construction** ou en **ornementation**, parfois en raison de propriétés intéressantes (faible densité, faible conductivité thermique, bonne résistance à l'écrasement, etc.). Les **minéraux industriels** comme la silice, le kaolin, les feldspaths, le talc, la fluorine... font également l'objet d'extraction en France pour répondre aux besoins variés de l'industrie (verrerie, papeterie, métallurgie) ou du domaine de la santé. Certains matériaux très localisés ont des utilisations très spécifiques (diatomites, zéolites, par ex.).

Répondre à la demande de demain implique pour les producteurs de ces matériaux de renouveler leurs ressources, ce qui signifie leur identification géologique sur le terrain, l'accès au foncier, et aussi le réaménagement des sites après exploitation, ensemble de tâches pour lesquelles les géologues sont mobilisés.

La gestion du passé : l'après-mine

La fin, en l'état actuel, des exploitations minières en France (charbon, fer, potasse...) a entraîné des travaux de **mise en sécurité** et de **surveillance** de la stabilité des terrains et de la qualité des eaux souterraines. Ce programme pluridécennal fait aujourd'hui intervenir les géologues dans plusieurs de leurs spécialités (géologie minière, hydrogéologie, hydrogéochimie, géotechnique...) et constitue une expérience largement valorisable dans le domaine de l'environnement. En milieu urbain, comme à Paris, le suivi d'anciennes **carrières souterraines** est essentiel dans les travaux d'aménagement.

— Métiers traditionnels et nouvelles fonctions des géologues —

Dans le domaine des matières minérales, les métiers des **quelques centaines de géologues français** travaillant en France ou à l'étranger sont traditionnellement associés à l'**exploration**, à la mise en valeur et à l'exploitation des ressources naturelles. Cependant, les géologues sont souvent amenés au cours de leur carrière à remplir de nouvelles fonctions pour répondre techniquement et socialement aux questions que les sites d'extraction soulèvent du point de vue de l'**environnement** avant, pendant ou après l'exploitation des matières minérales, et ceci tant en France qu'à l'étranger.

Géologue d'exploration...

Un **géologue minier**, débute souvent sa carrière comme employé par une compagnie de petite ou de plus grande dimension, dans une campagne d'exploration. Il met en œuvre les techniques d'exploration adaptées au minéral recherché (géophysique, géochimie, forages...), et interprète les données recueillies : ceci mobilise ses connaissances de **géologie générale** et son **expérience de terrain**, ainsi que ses connaissances particulières sur les **conditions à l'existence d'un gisement** (gîtologie, métallogénie). Il restitue avec des moyens informatiques les résultats de l'exploration (cartographie, modélisation 3D, première estimation des réserves...). Outre ses compétences techniques, ces premières années font aussi appel à sa capacité d'adaptation à des conditions de travail variées et, pour les Français, actuellement du moins, le plus souvent, à l'expatriation.

Avec l'expérience, le géologue minier supervise les travaux d'exploration sur l'ensemble d'un district minier ou d'une zone d'exploration. Il est alors responsable de l'estimation et de la délimitation des ressources, ce qui mobilise notamment les compétences des **géostatisticiens**.

Dans les grandes compagnies minières, les géologues qui accèdent aux fonctions de **direction de l'exploration** élaborent, en collaboration avec des mineurs et des économistes, les stratégies de prospection et aussi d'acquisition (ou de fermeture) de gisements permettant à ces compagnies de s'adapter aux besoins souvent cycliques des marchés. Ils disposent généralement près d'eux d'un service regroupant des géologues d'expérience et des spécialistes de la gestion des réserves.

Le géologue minier d'expérience, ayant le goût de l'entreprise, choisira aussi de créer sa **propre société d'exploration** ou d'exploitation (« junior entreprise »), à l'image de ce qui existe et se multiplie actuellement dans le monde minier.

...ou dans une exploitation

Dans les **mines métalliques** ou les exploitations de **minéraux industriels**, le géologue minier a en charge la délimitation des chantiers d'extraction et la vérification de la qualité des produits extraits. Il dresse régulièrement le bilan des réserves d'un quartier ou de la totalité du gisement exploité, participant ainsi directement à la planification de son exploitation. Qu'il s'agisse de mines souterraines ou en carrières (« mines à ciel ouvert »), il intervient sur les questions relatives à la stabilité des roches ou à la gestion des eaux souterraines afin d'adapter au mieux les méthodes d'exploitation aux conditions géologiques locales. Par goût des techniques minières, ou de par ses qualités managériales, il peut aussi devenir **responsable** d'une **exploitation minière** avec ce que la fonction entraîne en termes de démarches administratives ou sociales dans des contextes, notamment législatifs, très variés d'un pays à l'autre.

Dans le domaine des **granulats** et des pondéreux en général, la pression environnementale et la stratégie de développement durable ont entraîné un élargissement de la palette d'interventions des géologues dans la gestion du **foncier et de l'environnement**. Prospecteur foncier ou responsable foncier et environnement sont des fonctions aujourd'hui fréquemment remplies par des géologues employés soit dans les sociétés d'exploitation elles-mêmes, soit dans les bureaux d'études travaillant pour elles. Elles font naturellement appel à des qualités de management et de négociation.



Photo 5 : Chantier d'exploration en souterrain (Cliché Paulo Ferraz, SOMINCOR)

3. EAU

Des enjeux en quantité et en qualité

On constate régulièrement dans le monde des **déséquilibres locaux ou régionaux** importants tant en termes de **ressources** que de **qualité des eaux**. L'évolution de la démographie, l'impact de changements climatiques, des enjeux politiques contradictoires ainsi que les difficultés à mettre en place, dans beaucoup de pays, les moyens nécessairement diversifiés d'une gestion de l'eau dans une perspective d'un développement durable font de ces questions un enjeu majeur du XXI^e siècle pour la planète.

En France, la **politique de l'eau** poursuivie au cours des dernières décennies ainsi que le dispositif législatif et réglementaire progressivement mis en place, notamment à l'échelle européenne, font aujourd'hui de la gestion de l'eau celle d'un **patrimoine commun**. Elle vise à rationaliser l'utilisation de l'eau et à en concilier les différents usages par une approche globale et intégrée tenant compte des équilibres physiques, chimiques et biologiques des écosystèmes.

Inventorier et estimer les ressources en eau

Pour l'alimentation en eau potable, l'irrigation des cultures, les besoins de l'industrie et la production d'électricité, la France prélève 34 milliards de m³ d'eau par an dans le milieu naturel, dont la plus grande partie provient de nos **fleuves et rivières**. Environ 7 milliards de m³ de l'eau consommée par an est d'**origine souterraine** ; elle est prélevée dans des **aquifères** par captages de sources, puits ou forages, ce qui représente plus de 60% de **l'eau potable consommée**.

L'origine de l'eau souterraine varie en fonction de la **géographie** et de la **géologie** des **régions**. Ce sont les nappes alluviales des rivières qui fournissent 60% des eaux souterraines ; ces nappes sont en lien direct avec les eaux de surface. Ce sont aussi les nappes des grands aquifères en terrains sédimentaires pour lesquelles les zones d'utilisation peuvent être très éloignées des zones d'alimentation naturelle, nécessitant la connaissance sur une vaste échelle du système hydrogéologique qu'elles constituent. En terrains calcaires, la délimitation des ressources karstiques implique la reconnaissance directe ou indirecte des réseaux de cavités et grottes souterraines, et l'estimation de leur potentiel par la mise en œuvre d'un suivi régulier du débit des sources ou de techniques spécifiques de traçage (coloration, isotopes). Dans les pays granitiques, les ressources en eau sont associées aux altérites du granite près de la surface et aux fractures qui le recouperont et qu'il s'agit de reconnaître, notamment par géophysique.

La connaissance des ressources en eau souterraine et leur estimation, préalables indispensables à leur bonne utilisation, fait ainsi appel à des **spécialités variées de l'hydrogéologie**.

Protéger et surveiller les nappes d'eau souterraine



Photo 6 : Surveillance d'eau souterraine (Cliché O.Grière, Géologue conseil)

En **contexte rural ou urbain**, la bonne gestion des eaux implique de surveiller tout au long de l'année le **niveau des nappes** (piézométrie), niveau qui varie avec les pluies et l'utilisation plus ou moins saisonnière des eaux. La répartition et la densité des points d'un **réseau de surveillance** sont à fixer en fonction du type de nappe d'eau. Il en est de même de la périodicité des mesures permettant de suivre l'évolution des impacts de la consommation, les recharges par les pluies, les relations entre les nappes et les débits des cours d'eau, autant d'éléments de choix que les hydrogéologues vont proposer aux collectivités territoriales.

Il s'agit également d'assurer la **qualité des eaux potables** dont celles des sources thermales et minérales par la délimitation de « **zones protégées** » autour de leur captage et le suivi de qualité par des analyses chimiques réalisées régulièrement et visant à apprécier, au cours de l'année, l'impact respectif de différentes activités (agriculture, industrie, tourisme...), voire de suivre le devenir de pollutions accidentelles. Elles permettent aussi de prendre la mesure de la dégradation des eaux liée à l'érosion des terrains et au ruissellement qui suit des épisodes pluvieux importants et ainsi de proposer toute action de prévention.

In fine, outre les nappes d'eaux elles-mêmes, la surveillance contribue, dans une perspective de développement durable, à protéger, voire à **restaurer les milieux aquatiques** auxquels ces nappes sont naturellement liées : rivières, lacs, fleuves, zones littorales des régions maritimes...

Les multiples fonctions des hydrogéologues

La mise en œuvre d'une politique de l'eau dans la perspective d'un développement durable a entraîné en France, au cours des dernières décennies, une multiplication des fonctions des hydrogéologues. **Un millier d'hydrogéologues et d'hydrogéochimistes** participent directement à l'**évaluation des ressources en eaux souterraines** et à leur **protection**. Ils interviennent également dans le cadre de travaux d'**aménagement** ou d'études dans le domaine de l'environnement (voir pages suivantes).

Les principaux employeurs des hydrogéologues du **secteur public** sont les agences de bassin, les services de l'État, le BRGM et ses services régionaux, ainsi que les collectivités territoriales. Ce sont aussi les nombreux **bureaux d'études**, généralistes ou spécialistes, implantés sur l'ensemble du territoire.

Des actions à l'échelle régionale...

Les interventions des hydrogéologues varient selon les régions en fonction de leur spécificité naturelle, de leur histoire et des activités qui y sont exercées (agriculture, industrie, tertiaire). Elles répondent à des besoins communs :

- **Connaissance générale des ressources en eau** avec recueil de données sur le contexte géologique, les eaux de surface ainsi que les caractéristiques et le potentiel de production des aquifères. Ce qui fait appel à des compétences dans les domaines de la géologie générale et régionale et dans celui des techniques de mesures : campagnes de jaugeage sur les eaux de surface, mesures en forages (tests de pompage, diagraphies directes ou indirectes...) et équipement des forages pour le suivi régulier des niveaux des nappes (piézométrie) et les prélèvements pour analyses chimiques ou biologiques. Toutes ces données sont recueillies dans des **bases de données** ; elles servent à l'élaboration de référentiels hydrogéologiques et de modèles qui simulent le fonctionnement des aquifères et permettent de mieux faire partager leur compréhension. Ces données sont, après traitement, à la base de l'**évaluation des ressources** des différents aquifères, évaluation pour laquelle sont développés des méthodes de calcul et des logiciels spécifiques.

- **Gestion de la ressource et planification** avec définition des objectifs d'utilisation et des règles de gestion. Concilier les usages de l'eau nécessite de se concerter avec l'ensemble des utilisateurs, ce qui implique pour les hydrogéologues de multiples interventions au niveau national et régional.

- **Définition et mise en œuvre de réseaux de surveillance** visant à suivre le niveau des nappes (piézométrie) et/ou la qualité des eaux (ressources en eau, suivi des polluants...). Ces réseaux de surveillance sont conçus en fonction des risques encourus du point de vue des ressources et de l'environnement et avec le souci que les dépenses restent proportionnées aux objectifs d'utilisation.



Photo 7 : Forage hydrogéologique (Cliché O.Grière, Géologue conseil)

... ou locale

Localement, les actions des hydrogéologues répondent à des besoins variés, car peu d'activités sont sans conséquence sur l'utilisation de l'eau. Il s'agit par exemple d'analyser l'impact d'un aménagement urbain ou d'une implantation industrielle, de définir les périmètres de protection des captages d'eau potable, d'assurer le suivi des ressources locales en eau et de leur qualité, ou de prévoir les conséquences d'une utilisation saisonnière en zone touristique.

Ces actions font appel notamment aux bureaux d'études spécialisés, à leur expérience du contexte géologique et hydrogéologique local, ainsi qu'à leur maîtrise de techniques de mesure, de prélèvement et de modélisation adaptées aux spécificités du secteur tant en termes d'activité que de contexte géologique.

Faire partager à l'étranger l'expérience acquise, notamment dans les pays en développement, fait aussi partie des choix offerts aux hydrogéologues au cours de leur carrière, au travers d'organismes internationaux (UNESCO...) ou par le biais de coopérations. Ces actions sont notamment à l'origine du développement de l'hydraulique villageoise, si importante en Afrique.

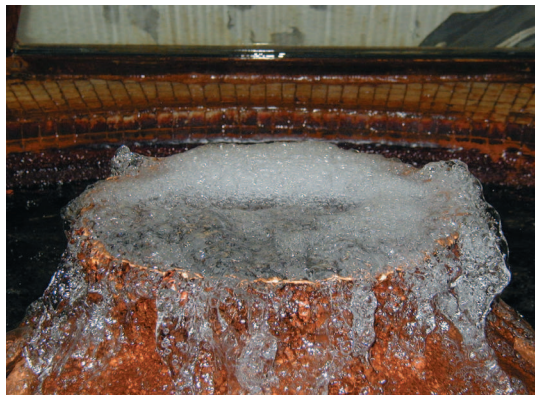


Photo 8 : Source d'eau thermale à La Réunion (Cliché O. Grière, Géologue conseil)

4. AMÉNAGEMENT

Des ouvrages sûrs et pérennes pour un développement durable

Dans les secteurs du génie civil, du bâtiment et des travaux publics, l'exigence de **développement durable** se traduit par la réalisation d'ouvrages économes en ressources et en énergie et dont la conception prend en compte leur évolution à moyen et à plus long terme. L'étude du comportement du sol et du sous-sol, en relation avec les ouvrages, compte ainsi parmi les éléments importants à prendre en compte au niveau de la conception : c'est le domaine de la **géotechnique** dans lequel **un millier de géologues** et de spécialistes des sciences de la Terre travaillent aujourd'hui en France ou à l'étranger.

Des questions techniques variées et respectueuses de l'environnement

Aux premiers stades de la conception d'aménagements, pendant la réalisation des ouvrages ou dans le suivi de leur évolution, les domaines d'intervention de la géotechnique sont multiples.

L'étude du **milieu naturel** non perturbé par l'activité de l'homme permet d'identifier les **risques naturels** qui y sont associés : sismicité, volcanisme, mais aussi instabilités de versants, glissements de terrain ou chutes de blocs rocheux en falaises. Ce sont également les risques liés à l'érosion (régression des lignes de rivages de la mer, modification de parcours des fleuves et des rivières) ou au contraire au comblement alluvial, ou encore à des dissolutions souterraines et des effondrements. Le territoire français n'échappe pas à de tels risques avec pour chaque région ses spécificités géologiques et géographiques : climats tropicaux d'outre mer, régions de montagne, littoral atlantique ou méditerranéen, grands bassins fluviaux...

La géotechnique sert à assurer une bonne adaptation des **projets d'aménagement** aux conditions géographiques et géologiques de site qu'il s'agisse de construire des bâtiments (maisons individuelles, équipements collectifs, grandes tours pour bureaux...), d'aménager des sites industriels, de réaliser des ouvrages linéaires de surface ou en souterrain (routes, tunnels, viaducs, chemins de fer, métro...), de construire des barrages, d'effectuer des aménagements aéroportuaires et portuaires, ou de réaliser des stockages de produits en surface ou en souterrain (stockage de gaz ou de déchets radioactifs, par exemple)...

La **conception** et le **dimensionnement des infrastructures** (fondations, soutènements, remblais...) incluent des études géologiques et hydrogéologiques du site ainsi que la caractérisation des propriétés mécaniques des terrains. L'exigence de durabilité se traduit par la prise en compte, dans la conception des ouvrages, des différents types d'aléas (sécheresses ou inondations exceptionnelles, sismicité...) et des éléments prospectifs disponibles sur le développement ultérieur du site. Il s'agit aussi de maîtriser l'**impact des ouvrages** sur l'environnement, en particulier pour ce qui a trait à la circulation des eaux en surface ou en souterrain (perturbations des nappes).

La **maintenance** de l'usage d'un ouvrage, son amélioration, voire sa réhabilitation constituent d'autres domaines d'intervention de la géotechnique, ce qui inclut des moyens de surveillance notamment pour les grands ouvrages (tunnels, barrages, viaducs...), des actions spécifiques pour prévenir l'apparition de désordres, voire des traitements curatifs.

Différents acteurs aux responsabilités propres

Travaux publics, construction et autres aménagements sont des secteurs d'activités bien normés et où chaque acteur a des responsabilités propres : **maître d'ouvrage** responsable du programme et à qui il incombe de bien en connaître le contexte et l'environnement (organismes institutionnels, services de l'État ou entrepreneurs privés) ; **maître d'œuvre** en charge de la réalisation du programme et à qui il revient d'identifier et de prendre en compte les divers risques dont ceux liés à la géotechnique, entreprises qui construisent les ouvrages et qui doivent s'adapter aux conditions réelles du site. Organismes donneurs d'ordre, sociétés d'ingénierie, entreprises disposent ainsi souvent en propre de services techniques spécialisés, qui leur sont nécessaires pour assurer leurs missions.

En fonction de la dimension des projets, des **bureaux d'études** apportent assistance au maître d'ouvrage ou réalisent les études de maîtrise d'œuvre; ils prennent également part au suivi de la réalisation des ouvrages. C'est aussi le cas des **bureaux de contrôle technique**. Aujourd'hui, **banquiers ou assureurs** disposent également souvent en leur sein de compétences en sciences de la Terre, élargissant ainsi la palette d'interventions des géologues dans le domaine de l'aménagement.

Les réponses de la géotechnique

La géotechnique s'appuie, dans les études du comportement des terrains, sur les différentes sciences de la Terre, entre autres : la **géologie**, l'**hydrogéologie** et la **mécanique des sols et des roches**. Ainsi, outre sa mise en œuvre qui implique au jour le jour une organisation en projet et des relations régulières avec les autres acteurs d'un programme, ce qui est en soi un métier où l'expérience est essentielle, la géotechnique fait appel à des **spécialités des sciences de la Terre** et à des **techniques d'investigation** des terrains dans des contextes qui peuvent être très variés : environnements urbain, rural ou littoral, voire en mer, ce qui constitue autant de possibilités de carrière répondant à des aspirations diverses.

Evaluer les risques naturels

Le secteur des risques naturels est le plus souvent celui de géoscientifiques ayant choisi de faire carrière dans des domaines spécifiques des sciences de la Terre : **sismicité**, **volcanisme**, **géodynamique**, **géomorphologie**... Ils entretiennent des liens souvent étroits avec les organismes de recherche. Les méthodes ou outils qu'ils mettent en œuvre sont propres à chaque spécialité et adaptés au site étudié. Ce sont des domaines d'étude où l'expérience joue un rôle important.

En termes d'aménagement, il s'agit en premier lieu d'**identifier les phénomènes** qui peuvent être à l'origine de risques. Connus quand ils ont été à la source d'incidents ou d'accidents encore en mémoire, ils peuvent être plus difficilement détectables quand leur temps de retour est long par rapport aux souvenirs d'une communauté, ce qui nécessite des analyses géologiques spécifiques et des recherches sur archives. Les **plans de prévention des risques naturels prévisibles** (PPR) sont des outils de gestion rassemblant les données relatives à un territoire.

Prendre en compte les risques naturels dans un programme d'aménagement peut conduire à **différentes stratégies** : le déplacement du projet quand il est incompatible avec les risques encourus (itinéraires de routes dangereuses, habitations trop proches de rives ou de rivages...), la mise en œuvre de parades (traitement de versants rocheux, dimensionnement et structures adaptés d'ouvrages parasismiques...) ou la surveillance de l'évolution du phénomène (cas des grands glissements de terrain). Dans tous les cas, les choix retenus vont s'appuyer sur des avis où l'appréhension concrète du terrain, dans toute sa complexité naturelle, est essentielle. Et c'est un aspect important du métier des spécialistes des risques naturels que de savoir faire partager les acquis mais aussi les incertitudes inhérentes à la nature de leurs études.



Photo 9 : Glissement de terrain (Cliché C. Beck, Université de Savoie)

Mener des études géotechniques en surface ou en souterrain



Photo 10 : Mesures géotechniques *in situ* (Cliché F. Dureux)

Les études géotechniques interviennent à chacune des phases d'un programme d'aménagement : **études de faisabilité**, **définition technique du projet** et **phases d'exécution**. Elles sont fonction de l'importance du projet et des questions spécifiques qu'il soulève.

Elles débutent généralement par le **recueil de données de site** qui mobilise des bureaux d'études spécialisés. Ce sont des études géomorphologiques et géologiques pour reconnaître la nature et la configuration des différents terrains à prendre en compte dans le projet (alluvions, sols, roches...). Les propriétés mécaniques des terrains s'appréhendent par des essais *in situ* (essais de pénétration, de chargement en fond de fouilles ou en forages...) et des tests simples ou plus complexes sur échantillons en laboratoire. Les études comportent aussi des mesures hydrogéologiques (piézométrie) permettant d'évaluer le rôle de l'eau dans le comportement des ouvrages.

Lors de la conception détaillée des ouvrages par le maître d'œuvre, les calculs informatisés intègrent les données recueillies. Leur **interprétation** doit prendre en compte la complexité des terrains, milieu naturel souvent hétérogène, non isotrope et peu susceptible de répondre de façon simple aux sollicitations mécaniques, thermiques ou hydriques auxquelles il peut être soumis, **complexité familière** aux professionnels de la géologie.

En profondeur, comme dans le cas des grands tunnels ou des stockages de gaz, la géotechnique fait appel aux spécialistes de la **mécanique des roches** dans un contexte où les contraintes mécaniques naturelles peuvent être importantes. Les études incluent tout à la fois l'analyse géologique de la fracturation des roches, des mesures de contraintes, des reconnaissances hydrogéologiques et des études hydrogéochimiques, soit des disciplines variées et autant de métiers à exercer.

5. ENVIRONNEMENT

Des exigences de qualité

Modifications climatiques, pollutions de l'air, des sols ou de l'eau, dégradation du milieu marin, atteintes à la biodiversité, voilà des questions régulièrement débattues dans le monde, questions qui engagent le futur de la planète et la qualité de l'environnement des générations futures.

En France, la **Charte de l'environnement 2004** (Loi constitutionnelle 2005) fixe les principes adoptés pour répondre aux craintes et aux aspirations exprimées en ce domaine : le droit de vivre dans un environnement équilibré et respectueux de la santé, le devoir de prendre part à la préservation et à l'amélioration de l'environnement.

Les professionnels de la géologie concourent à ces objectifs pour chacun des secteurs d'activité où ils sont présents : énergie, exploitation de ressources naturelles, protection des nappes, programmes d'aménagement... Ils apportent des réponses concrètes à des questions récurrentes de notre vie quotidienne, comme la gestion des déchets, le traitement des pollutions ou la protection du patrimoine géologique. Face à ces enjeux, **plus d'un millier de géologues et de spécialistes des sciences de la Terre** travaillent aujourd'hui en France et à l'étranger dans le domaine de l'environnement.

La gestion des déchets

Toutes les activités de l'homme produisent des **déchets** dont il faut préserver l'environnement et s'assurer qu'ils ne portent pas atteinte à la santé. Il convient en premier lieu de limiter leur production, qu'il s'agisse des déchets ménagers (plus de 500 kg par habitant et par an en France) ou de ceux résultant de l'activité économique (près de 400 millions de tonnes par an). Le tri des déchets et leur traitement (compostage des déchets verts, incinération des ordures ménagères, stabilisation des résidus d'incinération...) permettent de réduire leur volume et de les valoriser. En final, la fraction non valorisable de déchets fait l'objet de **stockage**. On distingue en France trois classes de stockage (ou «centres d'enfouissement techniques») : classe 1 pour les déchets dangereux, classe 2 pour les déchets d'origine ménagère ou industrielle non dangereux, classe 3 pour les déchets inertes (terre, gravats...). Les décharges brutes de déchets ne sont plus autorisées. Les déchets radioactifs et certains déchets chimiques font l'objet de stockages spécifiques.

Finaliser la **réhabilitation** des **anciennes décharges** brutes de déchets, en grande partie des déchets ménagers, poursuivre la réalisation et la mise en œuvre de **nouveaux stockages** sont les défis à relever par les professionnels de la géologie pour les décennies à venir.

Dépassant les frontières, la mobilisation pour prévenir des conséquences de l'émission excessive de gaz à effet de serre sur le climat conduit à prévoir des **stockages souterrains de CO₂** soit dans d'anciens gisements d'hydrocarbures ou de charbon, soit dans des aquifères profonds et salins. Aujourd'hui au stade de la recherche, c'est un enjeu pour les géologues d'identifier les réservoirs naturels assez étanches favorables à tels stockages et de contribuer à la conception de leur réalisation.

La réhabilitation des sites pollués

Constater et **réparer des dégradations du milieu naturel** résultant d'activités et de pratiques passées visent à la fois à préserver la santé des populations exposées à des pollutions, à assurer la non contamination des nappes d'eau, possibles réceptacles des polluants et, aussi, à réhabiliter du foncier, ce qui contribue à limiter l'étalement de l'urbanisation nouvelle. Ainsi se sont développés, au cours des dernières décennies, des chantiers de **réhabilitation de sites** affectés par des concentrations anormales, dans les sols ou dans l'eau des nappes, d'hydrocarbures, de métaux lourds (plomb, zinc, chrome, cuivre...), de solvants chlorés... Ce sont le plus souvent d'anciennes cokeries et usines à gaz de ville, d'anciennes industries chimiques et pharmaceutiques, raffineries pétrolières, fonderies de métaux ferreux et non ferreux, voire des complexes agricoles ou d'élevage.

Le **traitement des sols ou des nappes d'eaux polluées** fait appel à des connaissances souvent nouvelles et à des techniques évolutives, sur sites et hors sites. Le traitement retenu est, dans de nombreux cas, spécifique des sites traités, ce qui implique une juste adaptation aux conditions d'environnement proches ou plus lointaines, un exercice de changement d'échelle habituel pour les géologues.

Environnement et patrimoine

Préserver et améliorer l'environnement, c'est aussi mobiliser les connaissances dans le domaine des sciences de la Terre pour mettre en valeur le milieu où nous vivons. Les **parcs naturels** (nationaux, régionaux...), les **réserves naturelles géologiques**, les « **géoparcs** » assurent ainsi la préservation des « **archives** » **géologiques** de la nature : fossiles, marqueurs des environnements sédimentaires, minéraux remontés de grandes profondeurs..., tout autant que les œuvres scientifiques accumulées sur plusieurs siècles d'exploration du sol et du sous-sol : cartes géologiques, coupes, blocs-diagrammes, textes...

Les géosciences concourent aussi à la connaissance et à la mise en valeur **d'autres patrimoines**, notamment **historique et archéologique**. Ce sont là autant de pôles d'intérêt et de possibilités d'emploi ouvertes aux géologues de demain.



Photo 11 : Empreintes de dinosaures (Cliché C. Beck, Université de Savoie)

Les multiples interventions des géologues

Les géologues interviennent de façon très diverse dans le domaine de l'environnement, à la fois dans les secteurs public et privé. La définition et le suivi d'une réglementation souvent nouvelle en matière d'environnement mobilisent les compétences des **services de l'État** ; les **agences et établissements publics** et les services « environnement » des **collectivités territoriales** définissent les programmes d'actions à mener au niveau national ou plus local ; les **bureaux d'études** et les **opérateurs du secteur privé** conçoivent techniquement et mettent en œuvre les actions programmées de préservation, de prévention ou d'amélioration de l'environnement.

La multiplicité des interventions entraîne la mobilisation de **compétences géoscientifiques diverses**. L'environnement fait aussi appel à des dispositions et des qualités personnelles variées : aspiration à comprendre le fonctionnement de systèmes souvent complexes, créativité dans la conception technique des projets, sens commercial, goût de l'opérationnel et aptitude au management pour mettre en œuvre les travaux de site, esprit d'entreprise pour créer un bureau d'études, aptitude à la concertation pour l'implantation d'un futur centre de stockage de déchets... Les géologues et autres scientifiques de la Terre, disposent ainsi d'une large palette de possibilités de choix à leur disposition tout au long de leur carrière, en France ou à l'étranger.

Concevoir et créer un centre de stockage de déchets

La réalisation d'un centre de stockage est généralement le fait d'un organisme ou d'une société expérimentée dans ce domaine, qui dispose de compétences propres et qui fait appel à des bureaux d'études spécialisés, en tant que maître d'œuvre et aux différentes phases du projet.

La conception d'un centre de stockage dépend en premier lieu de la **nature des déchets** susceptibles d'y être stockés. Il s'agit généralement de **stockages en surface** ou près de la surface. Certains types de déchets chimiques font l'objet de **stockages souterrains**. D'importants programmes de recherches sont également dédiés en France et à l'étranger au stockage souterrain de déchets hautement radioactifs à vie longue.

La **reconnaissance d'un site de stockage** mobilise géologues, hydrogéologues, géochimistes, géomécaniciens et géophysiciens. Les techniques d'investigation sont généralement classiques (cartographie géologique, levés géophysiques et hydrogéologiques, prélèvement d'échantillons des terrains et de l'eau en surface ou par forages...). Elles font toutefois l'objet de développements notables, notamment dans les **domaines de la mesure et de l'instrumentation** (recueil automatique de données).

Dans la **conception du stockage**, le rôle de « barrière passive » dévolue aux terrains (souvent argileux) où les stockages sont implantés, les différentes fonctions attribuées aux ouvrages (alvéoles, réseaux de drainage, couverture...) sont autant d'éléments de choix prenant en compte la nature des déchets et les conditions de site, choix auxquels participent les géoscientifiques du projet. Le savoir des géologues, familiers avec la complexité des analyses du sol et du sous-sol, s'applique bien à la conception des stockages et à la compréhension du comportement mécanique et chimique des déchets qu'ils contiennent.

Avant autorisation et réalisation du stockage, le maître d'œuvre fait réaliser par des bureaux d'études spécialisés les **études d'impact** du stockage sur l'environnement, afin de vérifier l'adéquation du stockage aux exigences réglementaires. Les projets sont généralement soumis à enquête publique ce qui fait l'objet de concertations, qui peuvent être difficiles, avec les riverains du projet.

Quand le projet est décidé, le maître d'œuvre, pour le réaliser, fait appel à des entreprises qui disposent le plus souvent de compétences propres dans le domaine de la géotechnique. Le maître d'œuvre reprend généralement la main à la réception du centre de stockage, et assure son fonctionnement et sa maintenance.

Mener un projet de dépollution de sites

Un projet de dépollution de site débute par une étape de **diagnostic** sur la nature de la pollution, son extension et l'évaluation des risques associés pour la santé. Elle implique le recueil de données de site (prélèvement ou mesures directes) notamment pour identifier la nature chimique de la pollution, reconnaître la géologie des terrains pollués, et pour évaluer l'impact éventuel sur les nappes d'eau. Leur interprétation se fonde souvent sur des modèles hydrodynamiques de pollution ; elle mobilise toujours les retours d'expérience et l'approche naturaliste des géologues. En symbiose avec les spécialistes de la santé, cette première étape de diagnostic permet de fixer les **objectifs de dépollution**.

L'étape de **faisabilité** conduit à faire le choix entre les différentes techniques de dépollution avec comparaison coûts / avantages des solutions : traitement *in situ* ou hors site, procédés physiques, chimiques ou biologiques de dépollution... Les compétences en sciences de la Terre s'allient ainsi à celles de l'ingénierie pour faire les choix les plus adaptés au type de pollution et aux conditions de site.

Sur la base des choix de dépollution retenus, le projet est alors conçu et programmé en faisant généralement appel aux mêmes acteurs qui ont alors en charge sa **réalisation** et le **suivi des opérations**.

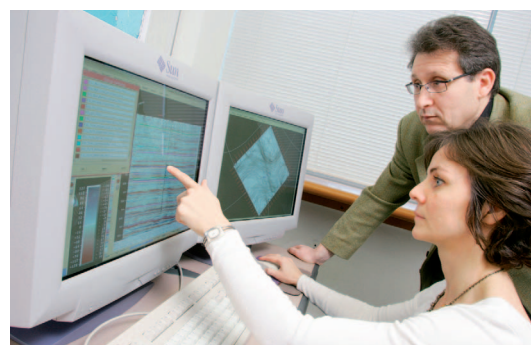


Photo 12 : Études géologiques pour un stockage souterrain
(Cliché ©Andra/P.Maurein)

Quelle formation pour les géologues ?

Les attentes des entreprises

Les entreprises – et plus particulièrement celles centrées sur l'exploration – recherchent des géologues ayant des **connaissances solides en sciences** : statistiques, physique, chimie, et dans l'ensemble des **disciplines géologiques de base** : pétrologie, minéralogie, géochimie organique et inorganique, stratigraphie/paléontologie, géologie structurale. S'y ajoutent des développements académiques et/ou technologiques plus spécifiques : hydrogéologie, géotechnique, géophysique, outils de modélisation etc. Cet ensemble de compétences doit permettre au géologue en exercice de **rendre un diagnostic** pertinent sur un site d'exploration ou d'aménagement, diagnostique incluant l'estimation des incertitudes et des risques encourus.

On attend du géologue une aptitude à **travailler en équipe**, une **curiosité** et une **mobilité** intellectuelle et souvent géographique, et des facilités de communication dans d'**autres langues**. Tant dans un laboratoire de recherche académique que dans une compagnie industrielle, les capacités à faire partager les acquis, les incertitudes, et l'enthousiasme, sont primordiales.

Des spécificités

Se situant à la croisée d'une **approche naturaliste** (appréhension directe d'objets naturels) et de **démarches quantitatives**, la géologie nécessite une formation scientifique pluridisciplinaire associant physique, mécanique, chimie, statistique et informatique, aux disciplines de base des sciences de la Terre. La pratique de tout ou partie de cet ensemble est, le plus souvent, directement couplée à une **approche « terrain »** en surface ou par sondage, notamment pour étalonner une image (acoustique, satellite) et extrapoler des résultats. Ce qui implique une formation incluant spécifiquement des écoles et des stages de terrain.

L'analyse et la compréhension des processus géologiques présentent deux particularités fortes : une grande **variété d'échelles d'espace** (de la microscopie électronique à l'imagerie satellitaire ou à la tomographie de la croûte terrestre) et la prise en compte de **durées inhabituellement longues**. Enfin, depuis plusieurs décennies, la prise en considération des impacts environnementaux des activités humaines et l'analyse des **risques** naturels placent souvent le géologue en position d'**interface sociétale**. Des compléments de connaissances et compétences peuvent alors être requis (sciences humaines et sociales, juridiques, communication, etc.).

Niveaux et types de formation

Se calant dans le schéma actuel 3/5/8 ou licence/maîtrise/doctorat, le niveau de formation le plus courant au démarrage dans un des métiers de la géologie est à Bac +5, soit un diplôme d'ingénieur, soit un master. Le niveau Bac +2 (DUT, BTS) est présent aussi, notamment pour l'acquisition de données sur le terrain. La réalisation d'un doctorat (Bac +8/9) ouvre soit sur la recherche fondamentale/académique, soit sur une carrière industrielle dans des domaines ciblés.

Ces formations englobent généralement des connaissances sur les **outils analytiques** issus des sciences exactes (mathématiques, physique, chimie, mécanique des solides, mécanique des fluides, etc.), des **connaissances théoriques et pratiques** des objets géologiques à différentes échelles (échantillon, terrain), des outils de **traitement de données** (informatique courante, logiciels spécifiques) et parfois de modélisation numérique, des outils de communication : **langues étrangères** les plus utilisées, un volumineux enseignement sur le **terrain**, un ou plusieurs **stages en situation** (master 2^{ème} année, dernière année d'école d'ingénieurs, formation en alternance, etc.).

Actuellement en France

L'essentiel des formations directement tournées vers la géologie fondamentale et/ou appliquées sont dispensées :

- dans des **écoles d'ingénieurs** spécialisées avec les mentions « géologie », « géotechnique », « sciences de la Terre », « mines » ; une partie de ces écoles sont intégrées dans des universités ; les accès s'y font généralement après Bac +2 ou Bac +3 (classes préparatoires aux grandes écoles ou 2 premières années de licence) ;
- dans des **universités** : masters « Pro » (professionnels) ou « Recherche ». Rappelons que l'accès aux masters se fait après les trois années de licence. Pour la partie « Recherche », s'ajoutent aux universités les départements « sciences de la Terre » des écoles normales supérieures.

Quelques chiffres (source U.F.G.)

On estime à environ **6000 le nombre de professionnels** de la géologie exerçant dans des organismes et entreprises françaises, dont **2000** sont des chercheurs, enseignants-chercheurs, et ingénieurs rattachés aux **secteurs géosciences des ÉPIC¹ et ÉPST²**.

Sur la totalité de géologues exerçant dans des grandes et moyennes compagnies, et des bureaux d'étude, une bonne moitié est issue d'écoles d'ingénieurs, et le reste de formations universitaires. Pour ce qui concerne les organismes de recherche publics, les universités et les écoles normales supérieures, les origines sont essentiellement ces mêmes établissements, avec souvent des compléments de formation à l'étranger.

1. Établissement Public à caractère Industriel et Commercial.

2. Établissement Public à caractère Scientifique et Technologique.

LES PARTENAIRES DE L'UFG



Pour comprendre les énergies
planete-energies.com



EN • OM • FRA



SOL-HYDRO-ENVIRONNEMENT



Sols et eaux

L'Union Française des Géologues

Maison de la Géologie - 77, rue Claude Bernard - 75005 Paris
Tél. : 01 47 07 91 95

Créée en 1965 sous forme d'association loi 1901 et reconnue d'utilité publique en 1972, l'Union Française des Géologues (UFG) a pour objet la **promotion** de la **profession de géologue** dans les différents domaines où celui-ci intervient : énergie, matières minérales, eau, aménagement, environnement, enseignement et recherche. Elle est la composante professionnelle de la fédération française de Géologie (ffG). Elle regroupe plus de **1 000 géologues** et publie régulièrement **une revue** « *Géologues* » relative aux activités de la profession. Le site web www.ufg.asso.fr permet d'en savoir plus sur les métiers des géologues et leur formation. Cette plaquette est en téléchargement sur ce site.

Les **GÉOSCIENCES**
au service de l'HUMANITÉ



ANNÉE INTERNATIONALE
de la PLANÈTE TERRE
2007 - 2008 - 2009

