

Chapitre 2 : Processus de dégradation des écosystèmes

Ce chapitre examine en profondeur les mécanismes et les facteurs responsables de la dégradation des écosystèmes, les formes principales que prennent cette dégradation (déforestation, érosion, désertification, pollution) et les conséquences écologiques, économiques et sociales qui en découlent.

2.1 Facteurs de dégradation et changements

Les écosystèmes sont dégradés par des facteurs directs et indirects qui altèrent leur structure et leur fonctionnement. Les facteurs directs incluent les changements d'usage des sols (comme l'urbanisation et l'agriculture intensive qui transforment les forêts en cultures monotones), la surexploitation des ressources (pêche excessive, chasse illégale et récolte non durable de bois), les espèces exotiques envahissantes (introduites par le commerce mondial, elles concurrencent les espèces locales et réduisent la biodiversité), la pollution (rejets toxiques dans l'air, l'eau et les sols) et le changement climatique (hausse des températures et événements extrêmes comme les sécheresses prolongées). Ces facteurs directs agissent rapidement et mesurablement sur les habitats et les populations d'espèces.

Les facteurs indirects sont plus diffus mais amplifient les directs : la croissance démographique rapide (plus de 8 milliards d'humains en 2026, augmentant la pression sur les ressources), l'élévation du niveau de vie dans les pays émergents (demande accrue en viande, énergie et produits importés), le commerce international (transport de marchandises favorisant les espèces invasives) et les politiques inadaptées (subventions à l'agriculture intensive sans régulation environnementale). Ensemble, ils forment un cercle vicieux où les indirects accélèrent les directs, menaçant 60% des services écosystémiques mondiaux.

2.1.1. Définition des facteurs de dégradation

Les facteurs de dégradation des écosystèmes sont les causes principales qui altèrent leur structure, leur fonctionnement et leur capacité à fournir des services essentiels comme la régulation climatique ou la purification de l'eau. Selon le rapport sur les écosystèmes du millénaire (MA), ils se définissent comme des pressions humaines ou naturelles provoquant une réduction de la biodiversité, une perte de productivité et une diminution de la résilience écologique. Ces facteurs entraînent des changements irréversibles, menaçant 60% des écosystèmes mondiaux.

2.1.2. Classification des facteurs

La dynamique des écosystèmes est influencée par un ensemble de facteurs qui peuvent être classés en facteurs directs et facteurs indirects selon leur mode d'action et leur position dans les chaînes causales. Les facteurs directs opèrent immédiatement sur les composantes biotiques et abiotiques (par exemple la coupe d'arbres, le pâturage excessif, l'émission d'un polluant). Les facteurs indirects modifient les conditions socio-économiques, institutionnelles ou démographiques qui, à leur tour, favorisent l'apparition ou l'intensification de facteurs directs (par exemple les politiques agricoles, l'urbanisation, les incitations économiques).

2.1.2.1. Facteurs directs

Ce sont les pressions observables et mesurables qui entraînent des modifications de la structure, de la composition et du fonctionnement des écosystèmes. Ces facteurs agissent immédiatement sur les composants biophysiques des écosystèmes. Ils incluent :

- Changements d'affectation des terres : Conversion des forêts ou prairies en zones agricoles ou urbaines, fragmentant les habitats.
- Surexploitation : Exploitation excessive des ressources renouvelables (pêche, bois, gibier) au-delà de leur capacité de régénération.
- Espèces exotiques envahissantes : Introduction accidentelle ou volontaire d'espèces non natives qui concurrencent les locales et altèrent les équilibres trophiques.
- Pollution : Accumulation de substances toxiques (chimiques, plastiques, nutriments) dans l'air, l'eau et les sols, perturbant les cycles biogéochimiques.
- Changement climatique : Modifications du climat (hausse des températures, sécheresses, inondations) dues aux gaz à effet de serre, affectant les phenologies et les répartitions des espèces.

2.1.2.2. Facteurs Indirects

Ces facteurs socio-économiques amplifient les directs sans impact immédiat. Ils comprennent :

- Croissance démographique : Augmentation de la population mondiale (plus de 8 milliards en 2026), accroissant la demande en ressources alimentaires et énergétiques.
- Amélioration du niveau de vie : Consommation accrue dans les pays en développement (viande, énergie), stimulant l'expansion agricole et industrielle.
- Commerce et mondialisation : Flux internationaux favorisant le transport d'espèces invasives et l'exploitation distante des ressources.

- Politiques inadéquates : Subventions favorisant l'agriculture intensive ou l'exploitation minière sans mesures de conservation.

Cette classification, établie par le MA, montre l'interdépendance : les indirects (croissance humaine) pilotent les directs, formant un cercle vicieux de dégradation.

Interactions et synergies : La cooccurrence de facteurs peut produire des impacts non linéaires : par exemple, la déforestation combinée à l'augmentation des précipitations intenses (liée au changement climatique) augmente dramatiquement l'érosion des sols et le risque d'inondation. De même, la fragmentation des habitats augmente la vulnérabilité des populations à la pollution et aux espèces invasives. L'analyse systémique permettant de cartographier les rétroactions positives (boucles d'amplification) et négatives (boucles stabilisantes) est essentielle pour concevoir des stratégies d'atténuation efficaces.

Méthodes d'évaluation : Pour quantifier et hiérarchiser ces facteurs, on utilise des approches variées : analyses spatiales par télédétection, enquêtes socio-économiques, modèles de pressions-risques, analyses de cycle de vie, évaluations multicritères et approches participatives. Un exercice clé au niveau universitaire consiste à savoir combiner données locales (ex. études pédologiques, inventaires forestiers) et indicateurs globaux (ex. indice d'état des écosystèmes, empreinte écologique) pour obtenir une vision robuste et actionnable.

2.2 Types de dégradation

2.2.1. Déforestation

La déforestation désigne la conversion permanente des forêts vers d'autres usages des terres, comme l'agriculture, l'élevage ou les infrastructures, entraînant une réduction irréversible de la couverture arborée. Contrairement à la simple coupe de bois, elle implique un remplacement des surfaces forestières, souvent par des méthodes comme les brûlis ou les coupes rases, et constitue un type majeur de dégradation écosystémique en altérant durablement la biodiversité et les fonctions écologiques.

Les causes directes incluent l'expansion agricole (soja, huile de palme, cultures de subsistance représentant 70-85% des cas en zones tropicales), l'élevage extensif (notamment en Amazonie, 75% des déboisements dans les années 1990) et l'exploitation forestière commerciale.

Les facteurs indirects comprennent la demande mondiale en produits agricoles, la construction de routes favorisant l'accès et l'érosion subséquente, ainsi que l'urbanisation et les mines à ciel ouvert qui dégradent les zones adjacentes.

Le processus débute par le déboisement sélectif ou total, suivi d'un défrichage qui expose les sols à l'érosion hydrique et éolienne, réduisant leur fertilité organique. Sans protection végétale, les pluies torrentielles emportent les nutriments, tandis que la perte de racines accélère la désertification locale ; en parallèle, la fragmentation des forêts restantes favorise les espèces opportunistes à croissance rapide mais faible densité de bois.

Elle provoque un appauvrissement fonctionnel : domination d'espèces "gagnantes" opportunistes, perte de diversité biologique (arbres, animaux, microbes) et libération massive de CO₂ (13% des émissions anthropiques). Les sols se fragilisent, les cycles hydrologiques se perturbent (inondations, sécheresses), et les habitats fragmentés augmentent les risques de maladies zoonotiques en rapprochant humains et faune sauvage.

Sur le plan socio-économique, la déforestation est souvent liée à l'expansion agricole, à l'exploitation illégale du bois et aux infrastructures de transport. Les conséquences incluent la perte de services écosystémiques (régulation hydrique, pollinisation, ressources non ligneuses) et une réduction de la résilience des paysages face aux aléas climatiques.

2.2.2. Érosion

L'érosion des sols est un processus naturel accéléré par les activités humaines qui consiste en l'ablation, le transport des particules du sol par l'eau ou le vent. L'érosion hydrique se manifeste lors d'événements pluvieux intenses sur des sols dénudés, tandis que l'érosion éolienne est importante dans les régions arides et semi-arides. Elle se distingue de la météorisation par son aspect dynamique de déplacement des matériaux, réduisant la productivité des sols agricoles et perturbant les équilibres hydrologiques et biologiques.

Les causes incluent la perte de couverture végétale protectrice due au déboisement, au surpâturage et aux monocultures intensives sans rotation des cultures, qui exposent les sols nus aux agents érosifs. Les facteurs aggravants sont les pentes raides, les pluies intenses, les sols argileux à faible cohésion et les pratiques culturales comme les labours profonds qui compactent et encroûtent la surface.

Érosion Hydrique

- **Splash** : Impact des gouttes de pluie détachant les particules superficielles.
- **Érosion en nappe** : Ruissellement diffus sur toute la surface, dégradant uniformément le sol.
- **Érosion en rigoles** : Formation de petits sillons temporaires par concentration des eaux.
- **Érosion en ravines** : Creusement de sillons profonds et permanents, stade avancé et coûteux à réparer.
- **Érosion en masse** : Glissements de terrain ou coulées de boue sur sols saturés.

Érosion Éolienne

Déplacement abrasif de particules fines par le vent sur sols secs et nus, formant dunes ou ensablements, particulièrement en zones arides.

Le processus débute par la désagrégation (splash ou abrasion), suivi du transport (ruissellement ou vent) et du dépôt (sédimentation en bas de pente ou lits de rivières), avec une perte annuelle mondiale estimée à 24 milliards de tonnes de sol fertile. L'encroûtement et la compaction réduisent l'infiltration de l'eau, favorisant le ruissellement et accélérant le cycle vicieux.

L'érosion entraîne l'appauvrissement des sols en nutriments et matière organique (perte de 1% de productivité par an), la sédimentation des cours d'eau nuisant à la vie aquatique, et une réduction de la biodiversité par altération des habitats terrestres et fluviaux. Globalement, elle affecte 1,1 milliard d'hectares de terres agricoles, menaçant la sécurité alimentaire.

2.2.3. Désertification

La désertification est la dégradation persistante des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches, résultant de facteurs climatiques variés et d'activités humaines, entraînant une réduction de la productivité biologique, de la biomasse végétale et de la capacité des terres à soutenir l'élevage, l'agriculture et les populations humaines.

Contrairement à une simple avancée des déserts existants, elle implique une perte irréversible de fertilité des sols, une érosion accélérée et une rupture des équilibres écologiques fragiles propres à ces régions.

Les causes humaines dominant (80-90% des cas) : surpâturage par des troupeaux excessifs qui arrachent la végétation protectrice, déforestation pour le bois de chauffage ou l'agriculture, pratiques culturales inadaptées comme l'absence de jachères ou l'irrigation excessive causant salinisation et alcalinisation des sols. Les facteurs naturels incluent les sécheresses prolongées et la variabilité climatique, amplifiés par le réchauffement global, tandis que des activités comme l'exploitation minière ou l'urbanisation contribuent localement.

Le processus s'amorce par une dégradation du couvert végétal, exposant les sols à l'érosion éolienne et hydrique qui emporte la couche fertile superficielle (jusqu'à 1 cm/an dans les zones touchées), formant une croûte imperméable réduisant l'infiltration d'eau. Cela crée des cercles vicieux : appauvrissement en matière organique diminue la rétention d'humidité, favorisant la compaction et la salinisation ; perte de biodiversité microbienne et végétale empêche la régénération naturelle, menant à une stérilisation progressive jusqu'à l'exposition de la roche-mère.

Elle entraîne une perte massive de biodiversité (disparition d'espèces végétales endémiques et faune associée), une réduction de la capacité de stockage du carbone dans les sols (augmentant l'effet de serre), et une raréfaction des ressources en eau par évaporation accrue et envasement des nappes. Globalement, 12 millions d'hectares de terres fertiles se dégradent annuellement, équivalant à la taille du Bénin, affectant 40% des terres émergées et 1 milliard de personnes.

2.2.4. Pollution

La pollution est l'introduction directe ou indirecte de substances ou d'agents physiques (chimiques, biologiques ou radioactifs) dans l'air, l'eau ou les sols, dépassant la capacité d'absorption naturelle des écosystèmes et entraînant leur dégradation fonctionnelle et structurelle. Elle altère les cycles biogéochimiques, réduit la biodiversité et rend les milieux impropres à soutenir la vie, constituant un facteur direct majeur de dégradation selon le Rapport sur les Écosystèmes du Millénaire.

Ses principales sources sont : rejets industriels (fumées, effluents), agriculture intensive (pesticides, fumiers), transports (émissions d'échappement), gestion inadéquate des déchets urbains et ménagers, et accidents (fuites pétrolières). Les activités humaines amplifient les polluants naturels comme les poussières volcaniques.

Les polluants s'accumulent par dilution, adsorption sur particules ou persistance (ex. : DDT résistant), contaminant les niveaux trophiques supérieurs ; ils provoquent acidification (pH océanique -0,1 unité depuis 1750), eutrophisation et toxicité aiguë ou chronique, rompant les équilibres prédateurs-proies et favorisant les espèces résistantes.

Les impacts incluent la bioaccumulation, les perturbations endocriniennes, la perte de biodiversité aquatique et terrestre (mortalités massives : 1 million d'oiseaux marins/an par plastiques), perturbation des services écosystémiques (perte de 20% de la capacité de filtration des zones humides) et amplification des autres dégradations comme l'érosion par destruction de la végétation.

2.3. Comparaison et complémentarité des types

Ces formes de dégradation ne sont pas mutuellement exclusives. La déforestation favorise l'érosion et peut conduire à une forme locale de désertification ; la pollution des sols peut réduire la végétation et, de ce fait, accroître l'érosion. Un cadre conceptuel utile est celui des services écosystémiques : comment la dégradation réduit les services de régulation, de production et culturels, et comment cette perte affecte le bien-être humain.

2.4. Conséquences écologiques, économiques et sociales

2.4.1. Conséquences écologiques

La première conséquence est la perte de biodiversité, tant au niveau des espèces que des écosystèmes et des gènes. La fragmentation réduit la taille des populations et les rend plus vulnérables à l'extinction locale par dérive génétique, endogamie et perturbations. Les cycles biogéochimiques sont altérés : par exemple, la déforestation entraîne un stockage réduit de carbone et une modification des cycles de l'eau et des nutriments. La résilience des écosystèmes baisse, ce qui augmente la probabilité de basculement vers des états alternatifs moins productifs (par ex. savannisation d'une forêt méditerranéenne).

Sur le plan fonctionnel, la perte d'espèces clés (pollinisateurs, prédateurs, ingénieurs d'écosystèmes) a des effets en cascade sur les services écosystémiques.

2.4.2. Conséquences économiques

La dégradation se traduit par des pertes directes et indirectes de productivité. La baisse de rendement agricole due à l'érosion ou à la salinisation coûte cher aux exploitations et peut exiger des investissements pour la restauration (terrasses, amendements, irrigation améliorée). Les services écosystémiques perdus, comme la régulation des inondations par des zones humides, entraînent des coûts d'infrastructure et des dommages accrus. À l'échelle nationale, la dégradation peut réduire la valeur foncière, affecter le tourisme (forêts dégradées, littoraux pollués) et imposer des coûts de santé publique liés à la pollution. Les modèles économiques doivent intégrer les externalités négatives pour évaluer correctement les coûts à long terme et orienter les politiques (paiements pour services écosystémiques, taxes, subventions ciblées).

2.4.3. Conséquences sociales

La dégradation des écosystèmes impacte la sécurité alimentaire et la santé des populations. Les communautés rurales dépendent souvent des ressources locales : bois de chauffe, fourrage, eau. La perte de ces ressources peut provoquer migrations internes ou transfrontalières. En France, des effets sociaux se manifestent aussi par la diminution de la qualité de vie dans les zones périurbaines et rurales (perte d'espaces récréatifs, augmentation des risques d'incendie). Il existe des inégalités d'exposition et de vulnérabilité : les populations à faibles revenus sont souvent plus affectées par la dégradation environnementale et moins capables d'investir dans des solutions d'adaptation.

2.5. Aspects réglementaires et gouvernance

Les réponses sociales et économiques incluent la réglementation (normes de qualité, zonage), les instruments économiques (paiements pour services environnementaux, assurances indexées sur le climat) et la gouvernance locale (gestion communautaire des ressources). L'efficacité de ces mesures dépend de la reconnaissance des droits fonciers, de la participation des parties prenantes et d'une application cohérente des politiques. La France dispose d'un cadre réglementaire avancé (Code de l'environnement, Plan National d'Adaptation au Changement Climatique), mais l'implémentation locale et la coordination intersectorielle restent des défis.

2.6. Restauration et opportunités

Plutôt que de se limiter aux impacts, il est essentiel d'explorer les stratégies de prévention et de restauration : gestion durable des forêts, agriculture conservatrice (réduction du travail du sol, couverts permanents), gestion intégrée des bassins versants, restauration des zones humides et politiques de réduction des polluants. Ces actions offrent aussi des opportunités économiques (emplois verts, marchés pour les services écosystémiques) et sociales (renforcement des capacités locales, gouvernance participative). L'approche fondée sur la nature (nature-based solutions) illustre cette complémentarité entre conservation, adaptation au changement climatique et développement local.

Conclusion

Ce chapitre a détaillé les facteurs directs et indirects qui provoquent la dégradation des écosystèmes, décrit les principaux types de dégradation (déforestation, érosion, désertification, pollution) et analysé leurs conséquences écologiques, économiques et sociales. L'interdépendance des facteurs et la non-linéarité des réponses écologiques soulignent l'importance d'approches intégrées, interdisciplinaires et contextualisées pour la prévention et la restauration. La compréhension scientifique des mécanismes doit être complétée par des outils socio-économiques et institutionnels afin de concevoir des politiques efficaces et équitables.