

Génie végétal, génie biologique et génie écologique : concepts d'hier et d'aujourd'hui

Restaurer les cours d'eau, entretenir les espaces naturels ou bien préserver la biodiversité dans les projets d'aménagement sont autant d'activités relevant du génie écologique, une discipline en plein essor appelée à répondre à des enjeux environnementaux incontournables pour les acteurs publics comme pour le secteur privé. Afin de mieux appréhender les concepts et les enjeux de cette filière stratégique de l'économie verte, cet article fait un point sur la sémantique des métiers et des compétences en matière de génie végétal, de génie biologique et de génie écologique.

Les terrains érodés, dégradés et pollués sont présents un peu partout aujourd'hui dans le monde. Pour prévenir, restaurer ou simplement gérer ces milieux, le génie végétal, ou génie biologique, peut représenter une solution adaptée. Le « génie » s'entend ici comme le champ de la réalisation et de la construction, domaine des entrepreneurs de travaux. Le génie végétal relève du génie écologique au sens large, porté sur l'utilisation du végétal comme un moyen efficace et respectueux de l'environnement permettant d'atteindre les objectifs fixés. Le génie se base sur les prescriptions des ingénieurs-conseils, relevant du domaine de l'ingénierie. Il n'est cependant aujourd'hui pas simple d'y voir très clair parmi toutes ces appellations, régies chacune par des définitions, des historiques et des évolutions différents. Afin de clarifier les choses, cet article tente de faire le point sur la sémantique des métiers et des compétences en matière de génie végétal, de génie biologique et de génie écologique. Il expose dans un premier temps les définitions de chacune des différentes dénominations, en analysant leur historique et leur utilisation. Il cherche aussi à mettre en évidence les liens entre elles et avec les autres corps de métiers, représentés au sein de l'ingénierie et de la recherche. Enfin, l'article revient plus particulièrement sur la situation et l'avenir du génie végétal, en s'interrogeant sur la reconnaissance des compétences et la structuration des acteurs. Il se conclut sur l'exposé des principaux problèmes rencontrés par les professionnels de ce secteur, ainsi que sur l'apport possible de la recherche pour y remédier.

Historique des définitions et des utilisations des termes

Génie biologique

Le terme de « génie biologique » est certainement le plus ancien parmi ceux qui font l'objet de cet article. Ce concept est contemporain de celui des services de Restauration des terrains en montagne (RTM) en France (photo ①). Il est ainsi apparu il y a plus de cent cinquante ans (encadré ①). Le génie biologique est tout d'abord apparu comme un domaine complémentaire à celui du génie civil. Aujourd'hui, il est défini ainsi par l'Association française pour le génie biologique ou génie végétal (AGéBio, 2015) : « *Le génie biologique désigne la mise en œuvre des techniques utilisant les végétaux (« végétalisation») et leurs propriétés mécaniques et/ou biologiques, pour : 1/ le contrôle, la stabilisation et la gestion des sols érodés; 2/ la restauration, la réhabilitation ou la renaturation de milieux dégradés, incluant une intégration paysagère des aménagements; 3/ la phytoréhabilitation ou phytoremédiation, correspondant à l'épuration ou la dépollution des sols et des eaux* ». Ce terme est aujourd'hui reconnu et utilisé par une communauté de praticiens qui s'identifie bien à lui. Il existe par exemple une revue intitulée *Génie Biologique*, éditée par l'Association suisse de génie biologique. Par ailleurs, son équivalence avec le terme anglophone le plus couramment utilisé à travers le monde (*bioengineering*), lui permet la meilleure visibilité et traduction vis-à-vis des pays étrangers. Il existe en effet d'autres associations nationales de *bioengineering*, ainsi qu'une Fédération

européenne pour le génie biologique (EFIB) (*European Federation for Bioengineering*). Cependant, ce terme souffre aujourd'hui de son utilisation parallèle dans les domaines de la pharmacie et de la médecine. C'est notamment pourquoi il est rarement utilisé seul et précisé qu'il s'agit de génie biologique à rôle de contrôle de l'érosion, de restauration des terrains dégradés ou d'épuration des eaux et des sols. On lui préfère souvent aujourd'hui, dans le monde francophone, le terme de « génie végétal ».

Génie végétal

Le terme de génie végétal connaît quant à lui une histoire plus récente. Il a été initialement utilisé dans les pays francophones à la fin du vingtième siècle. Il désignait au départ les techniques végétales pour la protection des berges de cours d'eau (photo 2). Il a ensuite été étendu à d'autres espaces tels que les talus ferroviaires ou routiers, et au domaine de la phytoréhabilitation, qui désigne les techniques végétales d'épuration des sols et des eaux. Dès 1995, Lachat (*in Adam et al., 2008*) explique que le génie végétal représente l'« utilisation de plantes vivantes, de parties de celles-ci et de semences afin de résoudre les problèmes de l'ingénieur dans les domaines mécaniques de la protection contre l'érosion, de la stabilisation et de la régénération des sols ». Aujourd'hui, il est couramment utilisé en France en équivalence au terme de génie biologique. L'AGéBio et l'Union des entreprises du paysage (UNEP) ont d'ailleurs récemment proposé que le génie végétal et le génie biologique représentent un seul et même domaine. Le principal inconvénient de ce terme reste cependant son manque d'équivalence en anglais, qui lui confère un problème potentiel de lisibilité internationale. Il n'a en effet pas vraiment d'équivalence en langue anglaise, sauf peut-être à parler de « *vegetation engineering* » ?

1 DE LA NAISSANCE DU GÉNIE BIOLOGIQUE À L'ESSOR DU GÉNIE VÉGÉTAL

Dès les années 1860, les montagnes françaises ont connu des phénomènes de déboisement de grande ampleur, en raison de la surexploitation forestière provoquée par les besoins en bois de chauffage, en bois d'œuvre et en pâturage. La disparition d'une couverture végétale de type boisée a entraîné d'importantes inondations. C'est pourquoi des lois de reboisement des montagnes ont été instaurées, et le service RTM a été créé au sein de l'Office national des forêts. Dès lors est apparu le terme de « génie biologique » pour désigner les aménagements réalisés sur les versants montagneux (par exemple, des tressages de boutures sous forme de clayonnages). Prosper Demontzey l'utilise dans ses ouvrages parus dans les années 1870. Le génie biologique, utilisé sur les versants, dans les ravins et les petits cours d'eau, était lié au génie civil, dont les compétences se situaient plutôt au niveau des torrents, lorsque ses interventions étaient effectuées en montagne. Les deux approches étaient complémentaires, l'une faisant appel au vivant et l'autre aux matières inertes. Les services RTM sont toujours actifs, et l'expression « génie biologique » est encore employée, même si on lui préfère aujourd'hui l'expression « génie végétal ».

1 Photos anciennes de travaux de génie biologique et de génie civil.



Source : Jeudy (2006).

2 Travaux de génie végétal en berges de rivières.



© F. Rey (Iristea)

► Génie écologique

L'expression « génie écologique » est quant à elle la plus récente. Selon la Mission Henri de 1983-1984, à l'origine de cette définition, il s'agit de « *la somme des connaissances pluridisciplinaires utilisées lors d'opérations d'aménagement ou d'exploitation du milieu naturel, dans la mesure où ces connaissances, une fois appliquées, sont de nature à assurer la préservation des qualités de l'environnement sur le long terme et à garantir une productivité soutenue s'il s'agit de systèmes écologiques productifs* ». Il est ainsi intéressant de relever que cette définition évoque des opérations d'aménagement et d'exploitation sur le milieu naturel, ainsi que la préservation de l'environnement et de ses qualités. Elle insiste également sur la durabilité des interventions et sur une éventuelle productivité.

Ces termes cadrent ce que peut être le génie écologique par rapport au génie végétal, dans le contexte de ces dernières décennies, qui ont vu exploser l'utilisation des expressions de « développement durable » et de « biodiversité ». En restant plus proche de l'étymologie, on peut dire plus simplement que contrairement au génie végétal, le génie écologique recouvre également une forme d'utilisation de l'activité animale ou d'autres processus naturels. Ainsi, selon le site Wikipedia (consulté en 2015), on peut lire que « *la notion de génie écologique évoque la notion antérieure de génie végétal, qu'elle englobe. Le génie écologique est explicitement plus large car il est susceptible d'utiliser tous les processus vivants impliquant la flore, la faune, ainsi que les processus pédologiques, biogéochimiques, etc. pour mettre en place des aménagements (urbains, agricoles, hydrauliques, sylvicoles, etc.) intégrés à l'environnement là où l'on utilisait antérieurement plus volontiers le béton, les palplanches et le génie civil.* ».

Génie, ingénierie et recherche

Le terme de « génie » est souvent mis en parallèle de celui d'« ingénierie ». Parfois confondus, ils correspondent pourtant à deux types de métiers bien distincts. Et ils se distinguent tous les deux du métier de chercheur (tableau 1).

Comme nous l'avons mentionné plus avant dans cet article, le génie, végétal, biologique ou écologique, correspond à la réalisation et à la construction, champs d'action des entrepreneurs de travaux. On pourrait le résumer à l'action de « faire ».

Le domaine de l'ingénierie rassemble quant à lui ceux qui ont le « savoir-faire ». Le site Wikipedia (consulté en 2015) désigne l'ingénierie comme « *l'ensemble des fonctions qui mènent de la conception et des études, de l'achat et du contrôle de fabrication des équipements, à la construction et à la mise en service d'une installation technique ou industrielle* ». L'ingénierie représente ainsi l'art de l'ingénieur. Les bureaux d'études et d'ingénierie-conseil utilisent leur propre savoir-faire pour concevoir des projets.

On relie ainsi le domaine de l'« ingénierie écologique » à celui du génie écologique. Ce terme est apparu à l'étranger au début des années 1960, sous le vocable anglophone d'« *ecological engineering* ». Sa traduction en terminologie française est quant à elle beaucoup plus récente. Plusieurs définitions existent aujourd'hui. On retiendra celle de l'Association fédérative des acteurs de l'ingénierie et du génie écologique (A-IGECO, 2015), qui la désigne comme « *l'ensemble des concepts et des pratiques fondés sur les mécanismes écologiques et utilisables pour la gestion adaptative des ressources, la conception, la réalisation et le suivi d'aménagements ou d'équipements* ».

Moins usité, le terme d'« ingénierie végétale » (ou d'« ingénierie du végétal ») s'apparente alors au génie végétal. Il mériterait cependant de trouver sa place comme descriptif de l'activité des bureaux d'études concevant des projets dont la réalisation nécessite la mise en œuvre des techniques du génie végétal.

La recherche développe enfin le « savoir » et la connaissance, en recourant à l'expérimentation. Le chercheur travaille au sein d'un domaine de recherche identifié, en écologie plus précisément pour les thématiques qui nous intéressent. S'agissant du chercheur au service du génie végétal, il s'agit logiquement de l'écologie végétale, qui est un domaine de recherche existant. Cependant, au niveau sémantique, il n'existe pas de domaine de recherche équivalent au « génie écologique ». C'est pourquoi Rey *et al.* (coord., 2014) proposent de parler d'« écologie ingénieriale », qui correspond à une forme d'écologie appliquée permettant de développer des connaissances rapidement traductibles pour les praticiens. Les auteurs la distinguent ainsi de l'ingénierie écologique proprement dite, qu'ils désignent par des « actions par et/ou pour le vivant, intégrées dans un projet d'ingénierie » (formulation également retenue par l'A-IGECO).

1 Déclinaison sémantique du génie, de l'ingénierie et de la recherche en lien avec les domaines du génie végétal (ou génie biologique) et du génie écologique (adapté d'après Rey et Gosselin, in Rey *et al.* (coord.), 2014).

Domaines	En lien avec le génie végétal	En lien avec le génie écologique	Compétences	Méthodes	Métiers
Génie	Génie végétal (ou génie biologique)	Génie écologique	Faire	Construction	Entrepreneurs (entreprise)
Ingénierie	Ingénierie végétale	Ingénierie écologique	Savoir-faire	Conception	Prescripteur (bureau d'étude)
Recherche	Écologie végétale	Écologie ingénieriale	Savoir	Expérimentation	Scientifique

Les limites entre les termes ne sont cependant pas figées, car les chercheurs peuvent parfois se substituer aux ingénieurs, et les entrepreneurs peuvent prétendre à la conception des projets. Il est ainsi intéressant de noter qu'en 2015, le site Wikipédia (consulté en 2015) précise que le génie écologique est « *une notion qui réunit les disciplines d'ingénierie traditionnelle et l'écologie scientifique. Elle a pour but de réaliser divers aménagements du territoire (urbain, hydrauliques, agricoles) en utilisant les processus naturels des écosystèmes plutôt que les techniques lourdes du génie civil* ».

Les limites ont cependant le mérite de circonscrire plus ou moins les domaines, de comprendre qui fait quoi, mais aussi de mettre en évidence les interactions entre les mondes de la recherche, de l'ingénierie et du génie. Ainsi, le chercheur s'approprie des problématiques sociales, techniques, économiques et écologiques, puis traduit ses connaissances sous forme d'outils mis à disposition de l'ingénieur-conseil, qui rend compte de son expertise pour l'application des projets par les entrepreneurs de travaux.

À la lueur des réflexions exposées précédemment, nous proposons les définitions de l'encadré ② pour les domaines abordés dans cet article. Ce sont des définitions volontairement courtes (sauf pour le génie végétal ou génie biologique, qui constitue le cœur de nos réflexions) et reliées entre elles.

Quelle situation et quel avenir pour le génie végétal ?

Compétences : le génie végétal est une affaire de spécialistes

Le recours à l'ingénierie végétale et au génie végétal requiert un savoir-faire certain. Le choix des ouvrages et des espèces à utiliser, ainsi que leur dimensionnement et leur implantation sur les terrains érodés ou dégradés, doivent être réalisés à partir des connaissances et des expériences les plus solides possibles.

Des guides de génie végétal, francophones et anglophones, peuvent aider aux bonnes pratiques dans ce domaine (voir par exemple Adam et al., 2008, et UNEP-AGÉBIO-FFP-AITF-HORTIS, 2014). Certains sont des catalogues d'ouvrages, sous forme de dictionnaires multilingues. D'autres constituent essentiellement des guides techniques de construction des ouvrages. Enfin, certains guides ou articles, au-delà de la description des ouvrages, proposent des éléments de diagnostic et de stratégie pour la réalisation des opérations de génie végétal, avec une application principalement aux berges de rivières, aux pentes et talus, aux bassins versants torrentiels ou à l'ensemble de ces milieux.

Mais ces guides ne se substituent pas aux compétences des ingénieurs-conseils et des entrepreneurs, qui restent des experts incontournables pour la bonne prescription et la réalisation correcte des chantiers.

Filière : une structuration pour mieux promouvoir le génie végétal

Aujourd'hui, le marché du génie végétal a potentiellement de beaux jours devant lui, en particulier en France, où le cadre réglementaire (particulièrement la directive cadre sur l'eau) a instauré la nécessité de mettre en

② GLOSSAIRE

Le **génie végétal**, ou **génie biologique**, désigne la mise en œuvre des techniques utilisant les végétaux (« végétalisation ») et leurs propriétés mécaniques et/ou biologiques, pour :

- 1/ le contrôle, la stabilisation et la gestion des sols érodés ;
- 2/ la restauration, la réhabilitation ou la renaturation de milieux dégradés, incluant une intégration paysagère des aménagements ;
- 3/ la phytoréhabilitation ou phytoremédiation, correspondant à l'épuration ou la dépollution des sols et des eaux.

Le végétal constitue donc un moyen et/ou une finalité.

Le **génie écologique** désigne la mise en œuvre des techniques utilisant le vivant, végétal ou animal, pour la qualité environnementale des milieux que l'on cherche à restaurer, créer, préserver ou gérer. Le vivant constitue donc un moyen et/ou une finalité.

Le **génie végétal** ou **génie biologique** constitue un sous-ensemble du génie écologique.

L'**ingénierie végétale** désigne la conception des projets de génie végétal (ou génie biologique).

L'**ingénierie écologique** désigne la conception des projets de génie écologique.

œuvre des végétaux pour lutter contre l'érosion des sols et pour restaurer les milieux dégradés en général. Mais cela passe par une meilleure visibilité de l'ensemble des acteurs œuvrant pour le génie végétal. C'est pourquoi depuis peu, ces acteurs ont décidé de se structurer pour mieux se connaître et mettre leurs compétences en synergie. En effet, dans un projet de génie végétal, il faut une vision globale du projet et du milieu à toutes les échelles. Il faut savoir maîtriser la manipulation du matériel végétal et créer les bonnes associations pour atteindre l'objectif d'utilisation visé. Disposant d'une vision à large spectre d'intervention, le concepteur doit savoir anticiper l'impact de son aménagement, sans exclure l'intégration paysagère du projet.

Par ailleurs, quand on parle de génie végétal, on intervient dans un écosystème qui implique une connaissance à la fois des techniques et des milieux. Pour accentuer cette interdépendance des compétences, il faut optimiser la formation autour du génie végétal. Si des modules existent déjà dans les formations de paysagistes, il faut établir un meilleur lien entre formation et métier. Dans cet objectif, seule la structuration du réseau d'acteurs permettra d'avancer.

Des problèmes à résoudre

Mais nombre de problèmes se posent aujourd'hui. On peut citer à titre d'exemple celui du matériel végétal, pour lequel les acteurs rencontrent souvent des difficultés quant à la qualité et la disponibilité. Le génie végétal utilise des semences, des boutures et des plants. Or il apparaît aujourd'hui des lacunes de garantie d'origine et de traçabilité de ces matériels, en particulier en ce qui concerne les semences. Certains fournisseurs proposent des mélanges standardisés (pré-conditionnés) de graines qui correspondent rarement aux écotypes recherchés sur le chantier en question. Un autre problème récurrent est

► l'absence de cahier des charges adapté, car trop souvent standardisé avec par exemple des listes de plantes et de semences indisponibles chez les producteurs. Les opérateurs ne trouvent pas toujours les plantes dont ils ont besoin, car les fournisseurs ne réussissent pas à s'adapter à la demande et sont incapables d'y répondre de manière précise, sans proposer alors des boutures en provenance des Pays-Bas ou des graines produites en Nouvelle-Zélande par exemple, qui ne seront pas les écotypes recherchés et adaptés. Toutefois, si l'on s'y prend assez à l'avance, soit un à deux ans avant le besoin, on trouve généralement des producteurs capables de fournir et de mettre en culture spécifiquement des boutures par exemple, qui auront été prélevées dans le milieu naturel avec les autorisations nécessaires. Cette absence de cahier des charges précis et adapté peut expliquer que certaines entreprises de travaux aient développé des compétences en ingénierie et créent leur propre bureau d'études.

Un autre problème est celui des méconnaissances concernant le choix et le dimensionnement des ouvrages de génie végétal. On manque aujourd'hui de repères fiables, en particulier en ce qui concerne la résistance et la fonction des ouvrages, ce qui est souvent synonyme de manque de confiance dans leur efficacité. Bien entendu, l'utilisation des techniques du génie végétal se heurte également aux limites écologiques l'affectant, la connaissance et le choix des espèces utilisées devant se conformer aux exigences stationnelles du site à végétaliser.

On peut aussi citer des freins d'ordre psychologique. Pour certains élus, les ouvrages doivent ainsi rester visibles pour garder une trace de l'investissement financier réalisé, alors que l'une des caractéristiques principales des ouvrages réussis de génie végétal est de disparaître au cours du temps au profit d'une couverture végétale durable.

Il convient enfin de mettre en avant la multifonctionnalité que peut avoir un aménagement de génie végétal. L'intégration paysagère est une contrainte nouvelle dans les projets de génie végétal, car ces derniers doivent s'insérer dans des projets d'aménagement à plus grande échelle et répondre aux besoins des collectivités en termes d'espaces verts et naturels. Cette intégration doit être mise en place en amont des projets pour garantir leur réussite et leur acceptation au niveau des usagers.

Des défis pour la recherche

Afin de répondre aux questions et aux attentes des praticiens, il apparaît plus que jamais nécessaire de questionner les scientifiques. Des projets de recherche doivent ainsi pouvoir être menés afin d'accroître les connaissances sur le rôle de la végétation et des ouvrages de génie végétal dans le contrôle de l'érosion des sols, la restauration de milieux dégradés ou encore l'épuration des eaux et des sols. Des chercheurs s'y attèlent aujourd'hui, afin de permettre aux praticiens de mieux choisir, dimensionner et réaliser leurs ouvrages de génie végétal. Pour cela, ils s'intéressent plus particulièrement à :

- la performance du matériel végétal et des espèces pour l'installation et le développement d'une couverture végétale sur des terrains érodés ;

- la résistance des ouvrages de génie végétal et de la végétation vis-à-vis des contraintes hydriques, sédimentaires et gravitaires ;

- la dynamique végétale des espèces installées et spontanées sur des terrains stabilisés par génie végétal, avec une identification des apports et des facteurs favorisant ou limitant cette dynamique ;

- l'efficacité des plantes, des communautés végétales et de la biodiversité sur le contrôle de l'érosion et de la sédimentation, la stabilisation des versants, des pentes et des berges de rivière, à diverses échelles géographiques.

Conclusion

Le génie végétal, ou génie biologique, connaît aujourd'hui un essor sans précédent en France et dans le monde. En même temps qu'ils développent leur savoir-faire et leurs compétences, les praticiens en matière d'ingénierie végétale et de génie végétal sont confrontés à des besoins croissants d'adaptation. Ceux-ci se situent par rapport à l'évolution de la législation, tant française qu'européenne, ou aux changements globaux, tant d'usages que climatiques. Afin d'accompagner au mieux cet essor, des axes de recherche sont développés actuellement, sous forme d'expérimentations et de retours d'expérience. Enfin, au-delà des délais « classiques » de garantie (un à cinq ans) prescrits dans les marchés travaux en respect des règles de l'art, des suivis des ouvrages doivent également être envisagés afin de pouvoir capitaliser des retours d'expérience sur le plus long terme, soit sur dix ans et plus. ■

Les auteurs

Pour l'AGéBio

Freddy REY

Irstea – UR EMGR – Écosystèmes montagnards
2 rue de la papeterie – BP 76
F-38402 Saint-Martin-d'Hères Cedex – France

✉ freddy.rey@irstea.fr

Yves CROSAZ

Géophyte
64 rue des Écrins
F-38530 Pontcharra – France

✉ yves.crosaz@geophyte.fr

Pour l'Union des entreprises du paysage

François CASSOTTI

SATAR Environnement
Z.I. Labal Prioul
F-31450 Ayguesvives – France

✉ francois.cassotti@satar.fr

Manuel DE MATOS

Arbéo
3 rue de la Barrière
F-89160 Fulvy – France

✉ contact@arbeo.fr

EN SAVOIR PLUS...

▣ ADAM, P., DEBIAIS, N., GERBER, F., LACHAT, B., 2008, *Le génie végétal : un manuel technique au service de l'aménagement et de la restauration des milieux aquatiques*, La documentation française, 290 p.

▣ ASSOCIATION FRANÇAISE POUR LE GÉNIE BIOLOGIQUE OU GÉNIE VÉGÉTAL (AGÉBio) : www.agebio.org (consulté en 2015).

▣ ASSOCIATION FÉDÉRATIVE DES ACTEURS DE L'INGÉNIEURIE ET DU GÉNIE ÉCOLOGIQUE (A-IGECO) : <http://www.a-igeco.fr> (consulté en 2015).

▣ REY, F., GOSSELIN, F., DORE, A. (Coord.), 2014, *Ingénierie écologique : action par et/ou pour le vivant ?*, Éditions Quae, 165 p.

▣ UNEP-AGÉBio-FFP-AITF-HORTIS, 2014, *Règles professionnelles : travaux de génie végétal*, 32 p.

Ouvrage de génie biologique sur les berges du torrent du Bens dans les Alpes.