

ÉCOLOGIE INGÉNIERIALE : UNE RECHERCHE FINALISÉE AU SERVICE DE L'INGÉNIERIE ÉCOLOGIQUE ET DU GÉNIE ÉCOLOGIQUE

Freddy REY¹

¹ Université Grenoble Alpes, Irstea, UR EMGR, 2 rue de la Papèterie, BP 76.F-38402 Saint-Martin-d'Hères Cedex. E-mail: freddy.rey@irstea.fr

SUMMARY.— *Engineering ecology: an applied research in the service of ecological engineering.*— Ecological engineering is a well developing domain today, in particular in France where it suffers from a lack of understanding. The hypothesis of confusion between engineering and ecological sciences leads to propose in this paper the identification of a sub-scientific domain, for which a community of scientists exists but would gain in better formalisation: engineering ecology. It is defined as the science of living beings and their relations with their environment, on the basis of applied research inserted at short term in an ecological engineering framework. Ecological engineering is viewed as the conception of projects using and/or acting for nature. This paper aims at better conceptualising engineering ecology as an applied research in the service of ecological engineering. It first proposes a description of the relations between engineering research and engineering. It also presents the ecological engineering and engineering ecology domains. Finally, research perspectives in engineering ecology are presented, with the proposition of seven issues in this research field.

RÉSUMÉ.— L'ingénierie écologique et le génie écologique sont des domaines en plein essor. C'est particulièrement le cas en France, où ils souffrent cependant d'un manque de visibilité et de lisibilité. L'hypothèse d'une certaine confusion entre le monde de l'ingénierie et celui de la recherche en écologie amène à proposer dans cet article l'identification d'un sous-domaine scientifique spécifique de l'écologie, pour lequel une communauté de chercheurs existe mais gagnerait à mieux se formaliser et être nommée : l'écologie ingénieriale. Elle se définit comme la science des êtres vivants et de leurs relations avec leur milieu, selon une recherche finalisée s'insérant, à court terme, dans une démarche d'ingénierie écologique. Cette dernière est vue comme la conception de projets par et/ou pour le vivant, débouchant sur une réalisation de génie écologique. Cet article se propose ainsi de mieux conceptualiser l'écologie ingénieriale en tant que recherche finalisée au service de l'ingénierie et du génie écologiques. Il propose tout d'abord une explication de l'articulation des domaines de la recherche ingénieriale, de l'ingénierie et du génie. Dans un deuxième temps, il revisite les domaines du génie écologique et de l'ingénierie écologique, pour déboucher sur une proposition de descriptif du sous-domaine scientifique de l'écologie ingénieriale. Enfin, des perspectives de recherche en écologie ingénieriale sont exposées, avec la formulation de sept enjeux pour la recherche dans cette discipline.

L'ingénierie écologique et le génie écologique sont aujourd'hui des domaines en plein essor, partout dans le monde et particulièrement en France (Gattie *et al.*, 2003a ; Lata *et al.*, 2011 ; Stokes *et al.*, 2012). Cela s'explique en partie par un contexte marqué par des enjeux croissants liés à l'adaptation aux changements globaux, notamment climatiques, ou encore à la lutte contre l'érosion de la biodiversité. À la fois considérée comme une discipline scientifique et comme un domaine de pratique, l'ingénierie écologique suscite en particulier un intérêt croissant tant dans le monde de la recherche que dans celui des praticiens et des gestionnaires de milieux terrestres et aquatiques (par exemple, Barnaud & Chapuis, 2004 ; Cozic, 2004 ; Dutoit & Rey, 2009 ; Abbadie, 2011 ; Chocat, 2013 ; Abbadie *et al.*, 2015 ; Rey *et al.*, 2015). En France, beaucoup s'interrogent cependant sur la définition de l'ingénierie écologique, en témoignent les nombreux groupes de travail s'étant attelés récemment à cette tâche (voir en particulier Abbadie, 2011 ; Dutoit, 2012 ; Chocat, 2013 ; Rey *et al.*, 2014). Les réflexions ont porté principalement sur les dimensions sémantiques et éthiques de la notion d'ingénierie écologique, en lien avec les pratiques de recherche et de gestion qu'elles sous-tendent. Pour certains (voir Rey *et al.*, 2014), ce « mélange des genres » entre recherche et pratique, regroupés sous un même vocable d'« ingénierie

écologique », apporte de la confusion et nuit à la visibilité de l'ingénierie écologique, notamment en France (Frascaria-Lacoste, 2010). Plus particulièrement, s'il existe bien aujourd'hui une communauté scientifique qui s'intéresse à l'ingénierie écologique, essentiellement dans le domaine de l'écologie, force est de constater qu'elle n'est pas identifiée derrière un sous-domaine scientifique établi. L'idée principale développée dans cet article est de mieux identifier cette communauté de chercheurs dédiée à l'ingénierie écologique, en formalisant un tel sous-domaine et en proposant de le nommer « écologie ingénieriale ». La place de la recherche finalisée au service de l'ingénierie et du génie en lien avec l'écologie est tout d'abord questionnée. Ensuite, les définitions et les places respectives qu'occupent, au sein d'un projet d'aménagement d'un milieu, le génie écologique, l'ingénierie écologique et enfin l'écologie ingénieriale, sont successivement détaillées.

LA RECHERCHE FINALISÉE, UNE DÉMARCHE SPÉCIFIQUE AU SERVICE DE L'INGÉNIERIE ET DU GÉNIE

Au sein d'un projet d'aménagement d'un milieu, on peut identifier trois grands domaines de réflexion, d'étude et d'action (Fig. 1a) :

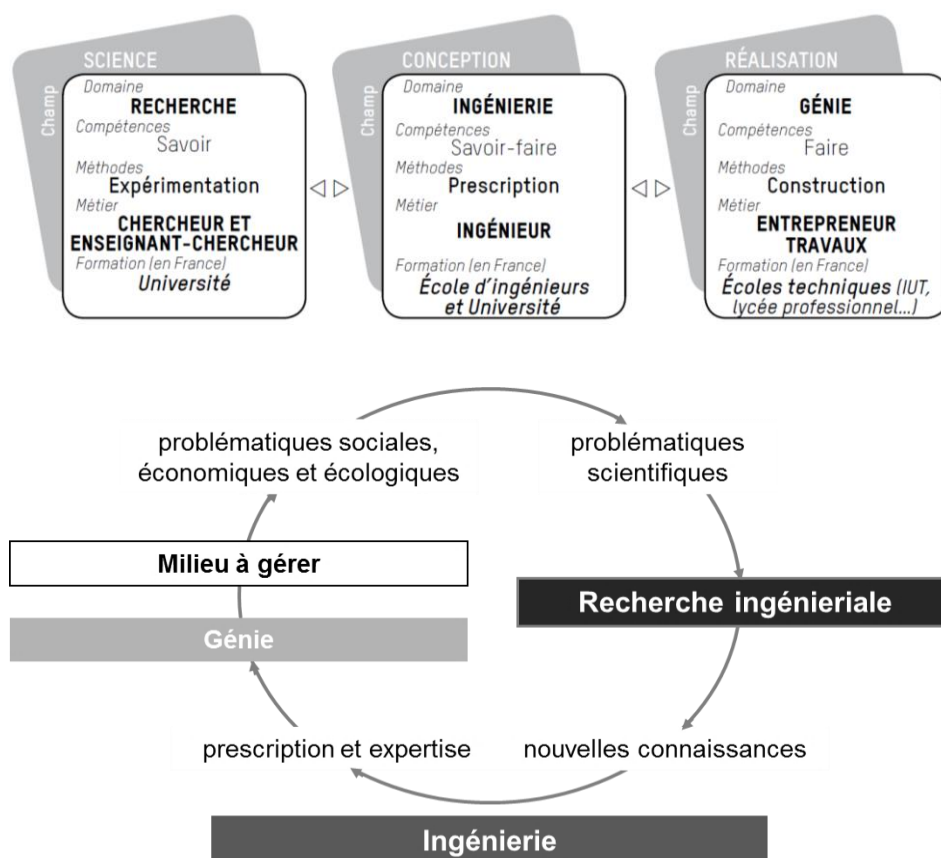


Figure 1a (haut).— Articulation entre recherche, ingénierie et génie.

Figure 1b (bas).— Démarche spécifique de réflexion permettant de définir les objets et les sujets d'une recherche finalisée dans le cadre de la gestion de milieux.

- la recherche : faisant partie du champ de la science, elle correspond au « savoir », avec l'acquisition de nouvelles connaissances par expérimentation, mais aussi par retour d'expérience ou simple observation ; on retrouve ici les métiers de chercheur et d'enseignant-chercheur, formés majoritairement en France à l'université ;

- l'ingénierie : appartenant au champ de la conception, elle correspond au « savoir-faire », par la prescription des actions à entreprendre au sein des projets, ainsi que la mise au point d'outils d'aide à la gestion, l'enseignement du savoir par des formations et du monitorat, ainsi que l'expertise ; c'est une affaire d'ingénieur, d'expert œuvrant classiquement dans un bureau d'étude, issu d'une école d'ingénieurs ou de l'université ;

- le génie : dédié au champ de la réalisation, il correspond au « faire », c'est-à-dire à la construction, par l'entrepreneur de travaux (de formation technique le plus souvent et issu des Instituts universitaires de technologie (IUT) et lycées professionnels), des ouvrages préconisés par l'ingénieur.

Dans le cas d'une recherche dite « finalisée », il convient de suivre une démarche spécifique de réflexion, qui doit permettre de définir des objets et des sujets de recherche dont les résultats pourront enrichir les connaissances théoriques, tout en guidant les actions à entreprendre sur les milieux. Dans le cadre de la gestion des écosystèmes, il est nécessaire de prendre en compte des problématiques sociales, économiques et écologiques, afin de faire émerger des problématiques scientifiques permettant le développement de solutions d'ingénierie, applicables à court ou moyen terme. La spécificité de la recherche finalisée tient en particulier dans la succession des phases de réflexion suivantes (Fig. 1b) :

- identification des problématiques sociales, économiques et écologiques au niveau d'un milieu impacté ou dégradé, que l'on cherche à gérer, et définition des objectifs d'ingénierie à atteindre pour les résoudre ;

- traduction des questions de l'ingénieur en questions de recherche, permettant de fixer la problématique scientifique et de définir les objets et les sujets de recherche particuliers qui seront développés ;

- réalisation de la recherche proprement dite, avec la mise en place de méthodologies et de protocoles expérimentaux spécifiques permettant de répondre aux questions pratiques posées, tout en permettant une publication scientifique de qualité ;

- utilisation des savoirs nouveaux pour le développement d'outils d'ingénierie ou la réalisation d'expertises ;

- application des prescriptions et des résultats d'expertise pour la mise en œuvre du « génie » sur le milieu considéré.

Cette recherche finalisée, que l'on peut qualifier aussi de « recherche ingénieriale », se caractérise ainsi par une dualité au niveau du chercheur lui-même, qui développe souvent une double compétence de scientifique et d'ingénieur. D'autre part, des interactions étroites entre les chercheurs, les praticiens et les gestionnaires sont nécessaires, pour un meilleur lien entre l'accroissement des connaissances et leur application (Stokes *et al.*, 2014).

La déclinaison de ces réflexions dans le domaine de l'écologie et de la gestion des écosystèmes est détaillée ci-après. L'objectif est ici de mieux comprendre l'articulation entre écologie ingénieriale, ingénierie écologique et génie écologique (Fig. 2a), et de mieux définir la démarche spécifique de réflexion permettant de définir les objets et les sujets d'une étude d'écologie ingénieriale dans le cadre d'un projet d'ingénierie écologique (Fig. 2b). Pour cela, il est proposé dans cet article de remonter successivement du champ de la réalisation (génie écologique) à celui de la conception (ingénierie écologique), jusqu'à celui de la recherche (écologie ingénieriale).

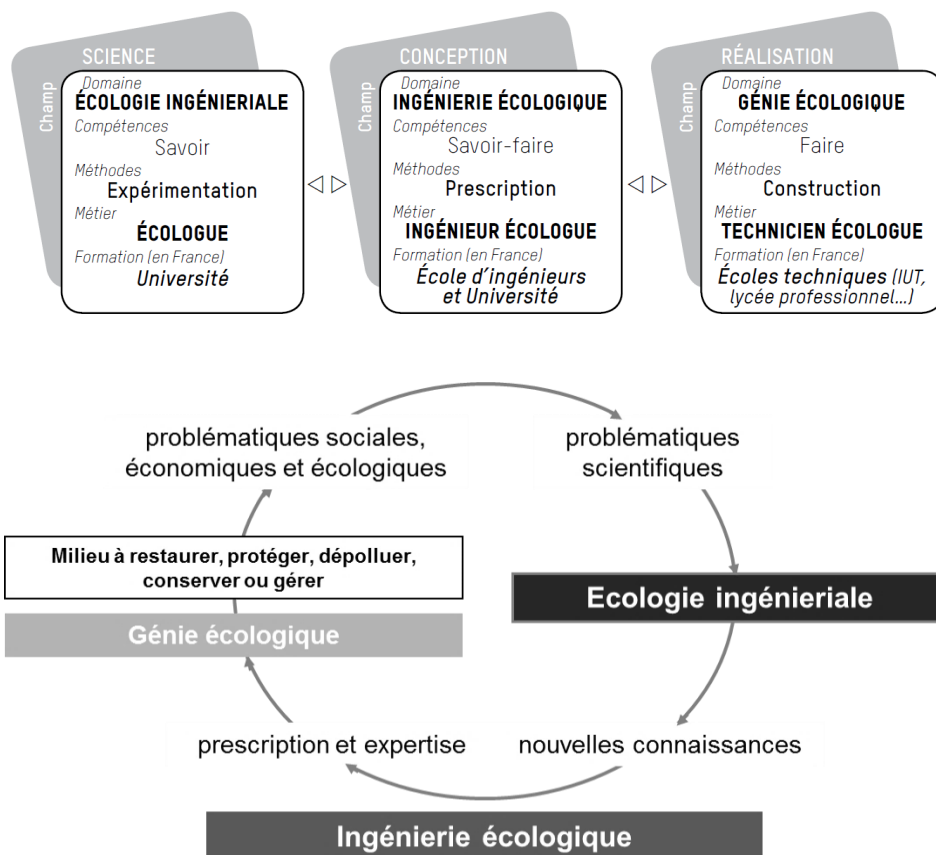


Figure 2a (haut).— Articulation entre écologie ingénieriale, ingénierie écologique et génie écologique [adapté d'après Rey & Gosselin (2014)]

Figure 2b (bas).— Démarche spécifique de réflexion permettant de définir les objets et les sujets d'une étude d'écologie ingénieriale dans le cadre d'un projet d'ingénierie écologique

GÉNIE ÉCOLOGIQUE

L'expression « génie écologique » remonte aux années 80 (Blandin, 1991 ; Jégat, 2015). Selon la Mission Claude Henri de 1984, 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*. Sont ici mises en avant les questions d'aménagement, d'exploitation sur le milieu naturel, de préservation de l'environnement et de ses qualités, enfin de durabilité des interventions et de productivité. Ces termes sont liés au contexte des dernières dizaines d'années, qui ont vu se développer les expressions de « biodiversité » et de « développement durable ». Dans le Journal Officiel du 18 août 2015, le génie écologique est défini comme *l'ensemble des connaissances scientifiques, des techniques et des pratiques qui prend en compte les mécanismes écologiques, appliqué à la gestion de ressources, à la conception et à la réalisation d'aménagements ou d'équipements, et qui est propre à assurer la protection de l'environnement*. En 2016, l'Association fédérative des acteurs de l'ingénierie et du génie

écologiques (A-IGECO : www.a-igeco.fr) a quant à elle retenu comme définition du génie écologique un *ensemble d'activités d'études et de suivi, de maîtrise d'œuvre et de travaux favorisant la résilience des écosystèmes et s'appuyant sur les principes de l'ingénierie écologique*. De manière générale, bien que parfois mal utilisé quant à son contenu, à sa non-correspondance avec un métier suffisamment reconnu aujourd'hui et avec sa forte similitude avec le terme d'ingénierie écologique (voir ci-après), il présente l'avantage aujourd'hui de ne pas être l'objet d'innombrables discussions quant à sa définition.

INGÉNIERIE ÉCOLOGIQUE

Le domaine d'ingénierie correspondant au génie écologique est celui de l'ingénierie écologique. Ce terme est apparu aux États-Unis au début des années 60 sous le vocable anglophone d'« ecological engineering » (Gosselin, 2008). Il a été proposé par Odum (1962), qui définissait l'ingénierie écologique comme une forme de « gestion de la nature » (« *management of nature* »). Depuis les années 90, plusieurs auteurs se sont penchés sur une meilleure caractérisation de ce domaine et de ses opportunités de développement (par exemple, Berryman *et al.*, 1992). Mitsch (1996, 2012) et Mitsch & Jorgensen (1989, 2003, 2004) ont largement retravaillé le concept et l'ont finalement défini comme *the design of sustainable systems, consistent with ecological principles, which integrate human society with its natural environment for the benefit of both*. Bergen *et al.* (2001) insistent quant à eux sur la nécessité d'une ingénierie écologique pratique basée sur la science de l'écologie. Ils précisent également que tous les types d'écosystèmes et d'interactions entre l'homme et la nature sont concernés. Plus récemment, Jones *et al.* (2008) et Jones (2012) ont pointé les dimensions éthiques, relationnelles et intellectuelles de l'« ecological engineering », la distinguant alors de l'« environmental engineering », reprenant ainsi Allen *et al.* (2003).

La traduction d'« ecological engineering » en terminologie française est quant à elle beaucoup plus récente (Barot *et al.*, 2012). Dans le Manifeste « Une ambition pour la recherche en ingénierie écologique » (Abbadie, 2011), l'ingénierie écologique est définie comme les *savoirs scientifiques et pratiques, y compris empiriques, mobilisables pour la gestion de milieux et de ressources, la conception, la réalisation et le suivi d'aménagements ou d'équipements inspirés de, ou basés sur les mécanismes qui gouvernent les systèmes écologiques. Elle fait appel à la manipulation, le plus souvent in situ, parfois en conditions contrôlées, de populations, de communautés ou d'écosystèmes, au pilotage de dynamiques naturelles et à l'évaluation de leurs effets désirables ou indésirables. C'est une ingénierie centrée sur le vivant envisagé comme moyen ou comme objectif de l'action*. Toujours dans le Journal Officiel du 18 août 2015, l'ingénierie écologique est définie comme la *conduite de projets qui, dans sa mise en œuvre et son suivi, applique les principes du génie écologique et favorise la résilience des écosystèmes*, précisant que *l'ingénierie écologique permet notamment la reconstitution de milieux naturels, la restauration de milieux dégradés et l'optimisation de fonctions assurées par les écosystèmes*. Enfin, l'A-IGECO (2016) a choisi de la définir comme *l'ensemble des connaissances scientifiques et des pratiques fondées sur les mécanismes écologiques utilisables pour la gestion adaptative de ressources, la conception, la réalisation et le suivi d'aménagement ou d'équipements*. D'après ces définitions, le terme d'ingénierie écologique recouvre donc bien souvent à la fois un domaine d'application basé sur les connaissances en écologie, et un sous-domaine scientifique de l'écologie appliquée.

Certains auteurs ont choisi de relier plus spécifiquement, et parfois exclusivement, l'ingénierie écologique au champ de la conception de projets. Ainsi, Chocat (2013) a proposé d'identifier l'ingénierie écologique comme une *ingénierie calée à la fois sur : 1/ une finalité : améliorer, restaurer, conserver, ne pas dégrader la qualité d'un écosystème ; 2/ une démarche : basée sur les principes de l'ingénierie, à savoir une approche technique rigoureuse dans la conception, la réalisation et l'évaluation des projets, basée sur des règles de l'art partagées et des*

connaissances scientifiques solides ; 3/ des outils : utilisant les processus naturels des écosystèmes. Rey & Gosselin (2014) et Doré *et al.* (2014) vont dans le même sens en la définissant comme une « action par et/ou pour le vivant, intégrée dans un projet d'ingénierie ». Ainsi, d'après ces auteurs, le vivant peut/doit être un moyen et/ou une finalité. On parle volontiers aujourd'hui de « solution fondée sur la nature » (« *Nature-based solution* ») (IUCN, 2012). Plus largement, à l'instar de Dutoit (2012, 2013), les auteurs précisent que l'ingénierie écologique s'intéresse autant à la création de milieux nouveaux qu'à la conservation de milieux, ou encore à la restauration écologique des milieux dégradés (Chapuis *et al.*, 2002 ; Barnaud & Chapuis, 2004). Cette dernière présente d'ailleurs des convergences avec l'ingénierie écologique, en particulier au niveau des enjeux et des applications (Dutoit & Rey, 2009). Globalement, l'ingénierie écologique cherche à optimiser les services rendus par le vivant à tous les niveaux d'organisation, qu'il s'agisse des services de régulation, de soutien, d'approvisionnement ou socio-culturels (Rey *et al.*, 2015).

De plus, Rey & Gosselin (2014) reportent que ce questionnement autour d'une meilleure identification de l'ingénierie écologique est apparu nécessaire en France, où son contenu apparaît souvent flou, hésitant entre une ingénierie écologique théorique et une autre pratique (Gosselin, 2008). Dans leur article, ils écrivent que *pour certains, cela peut s'expliquer en partie par le système d'enseignement et de formation qui peut expliquer une part du problème de la distinction entre ingénierie, génie et recherche.* Ainsi, en France, les prescripteurs ont pour la plupart une formation d'ingénieur dispensée dans les grandes Écoles, très spécifiques à l'enseignement supérieur français, ainsi que pour une part non négligeable à l'université (Fig. 2a). Les entrepreneurs ont bien souvent une formation technique. Les chercheurs français sont quant à eux issus majoritairement de la formation universitaire. Ainsi, toujours d'après ces auteurs, *si l'influence du système français d'enseignement reste à relativiser, la disparité de son système et de ses structures (écoles d'ingénieurs, écoles techniques, universités) peut expliquer une certaine confusion autour de la définition de l'ingénierie écologique en particulier.*

C'est pourquoi, pour clarifier la situation dans le contexte français, on pourrait légitimement attribuer le domaine de l'ingénierie écologique aux praticiens et conférer aux scientifiques une recherche en écologie qui serait spécifique de l'ingénierie écologique. Quel serait alors le sous-domaine scientifique de l'écologie lié à l'ingénierie et au génie écologiques ?

ÉCOLOGIE INGÉNIERIALE

Force est tout d'abord de reconnaître qu'il existe bien une communauté de chercheurs pouvant se revendiquer de développer des connaissances à même de nourrir l'ingénierie et le génie écologiques (Abbadie *et al.*, 2015). Comme le soulignent Gosselin (2011) et Doré *et al.* (2014), cette communauté s'est naturellement constituée à la faveur de la multiplication des projets d'ingénierie écologique ayant questionné la recherche. Toutefois, au sein du domaine scientifique de l'écologie, il n'existe pas aujourd'hui de sous-domaine clairement identifié, ou tout du moins nommé. L'idée est bien ici, comme le proposent Doré *et al.* (2014), de déterminer *dans quelle mesure l'ingénierie écologique (peut) se constituer comme (...) une discipline scientifique, c'est-à-dire comme « forme organisée du savoir »* qui soit spécifique. Cela permettrait à cette communauté scientifique existante, réalisant des recherches appliquées et finalisées en écologie, de partager des approches et un langage communs et reconnus, avec le développement de méthodologies adaptées pour répondre aux questions des praticiens. Cela irait aussi vers une meilleure reconnaissance de l'importance de la recherche finalisée, tout en constituant un pas de plus vers une meilleure identification du domaine pratique de l'ingénierie écologique. Gattie *et al.* (2003b) parlaient déjà d'« ecological engineering research », Painter (2003) et Gattie *et al.* (2007) d'« engineering ecology » et Gosselin (2008) de « scientific ecological engineering ». Je propose ici, par analogie avec l'écologie de la restauration qui est le sous-domaine scientifique nourrissant la restauration écologique vue comme une action (Clewel & Aronson, 2013), de mieux identifier

ce sous-domaine de recherche en écologie spécifique à l'ingénierie écologique. Je propose également de le qualifier d'« écologie ingénieriale » (qui serait l'équivalent d'« engineering ecology » en anglais).

L'écologie ingénieriale peut ainsi être définie comme la science des êtres vivants et de leurs relations avec leur milieu, selon une recherche finalisée s'insérant, à court terme, dans une démarche d'ingénierie écologique. Cette dernière est vue comme la conception de projets par et/ou pour le vivant, débouchant sur une réalisation de génie écologique.

Au sein de cette discipline, les objets et les sujets de recherche à développer doivent :

- être définis pour répondre à un besoin d'ingénierie précis : il s'agit donc de traduire les questions de terrain en questions de recherche ;

- impliquer de mettre en place des méthodologies spécifiques permettant de répondre à ces besoins. En particulier, des protocoles expérimentaux proches des conditions de terrain, ainsi que des expérimentations grandeur nature, doivent être envisagés.

L'écologie ingénieriale est une forme d'écologie appliquée, qui implique des chercheurs développant des connaissances dans le cadre d'une démarche scientifique, en même temps que dans une démarche d'ingénieur. Plus largement, ce sous-domaine fait partie de cette recherche ingénieriale évoquée précédemment, intégrant d'autres disciplines que l'écologie, du fait des exigences pluridisciplinaires des projets d'ingénierie écologique (Cozic, 2004).

C'est une écologie au service de l'ingénierie basée, autant que possible, sur l'utilisation des concepts de l'écologie, de la connaissance du vivant, de sa structure, de son fonctionnement et de ses fonctions, pour atteindre les objectifs d'aménagement des milieux (« par le vivant »). On la distingue ainsi d'une part de l'ingénierie écologique, activité de conception, mobilisant les connaissances de l'écologie et réalisée typiquement par un bureau d'étude ou un ingénieur, d'autre part du génie écologique, activité consistant à réaliser des travaux sur le terrain (travail des entreprises) (Fig. 2a). Les domaines d'application de l'écologie ingénieriale sont très nombreux. Ils peuvent par exemple être liés à la restauration de la biodiversité, à la remédiation des eaux et des sols pollués, ou encore à la prévention contre les risques naturels (Fig. 2b).

Toutefois, s'il apparaît nécessaire aujourd'hui de voir une discipline scientifique se formaliser, il est également primordial de laisser ouvertes les frontières disciplinaires, afin de favoriser les échanges et les innovations au service de la gestion des écosystèmes, tel que le préconisent Ragouet (2014) et Doré *et al.* (2014).

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'ingénierie écologique affiche aujourd'hui ses ambitions de préservation ou encore de restauration de la biodiversité, tant dans des milieux naturels que dans les villes. C'est une ingénierie qui s'inspire du vivant, de son fonctionnement et de ses forces pour répondre à ses objectifs. Pour l'y aider, la recherche doit permettre de mieux comprendre comment se structurent et fonctionnent les écosystèmes, les plantes et les animaux, afin de leur faire jouer les premiers rôles dans les actions de restauration, de protection, de dépollution, de conservation et de gestion des milieux. Il y a donc bien nécessité aujourd'hui de développer une forme d'écologie, qui existe déjà mais qui doit encore trouver sa place dans le paysage de la recherche en écologie : une écologie ingénieriale, dans le sens où elle doit se mettre au service d'une ingénierie et d'un génie par et pour le vivant.

Pour l'avenir, je formule sept enjeux pour la recherche dans cette discipline :

1. s'entendre sur une vision partagée des contours de l'écologie ingénieriale et de l'ingénierie écologique, afin de permettre une plus grande dynamique de la communauté de chercheurs et de la communauté de praticiens qui leurs sont associées ;

2. tester des interventions utilisant au maximum les concepts de l'écologie (« par » le vivant) pour atteindre les objectifs d'aménagement des milieux, quelle que soit la finalité des actions (écologique, économique, sociale) ;

3. lors d'interventions à finalités non écologiques, étudier l'impact de ces interventions sur la nature (« pour » le vivant), afin notamment de mettre en avant le caractère souvent « multi-bénéfiques » des projets d'ingénierie écologique ;

4. impliquer plus l'écologie ingénieriale en métrologie et modélisation pour l'évaluation de la qualité des milieux ;

5. proposer des innovations et des nouveaux modes de gestion des écosystèmes et des territoires, afin d'assurer une durabilité de l'environnement dans le contexte des changements globaux ;

6. conforter les recherches sur la faisabilité de compromis de gestion favorisant divers services écosystémiques ;

7. renforcer les recherches à fort potentiel de transfert d'innovation et de développement économique, en lien avec les disciplines socio-économiques et bio-économiques.

REMERCIEMENTS

L'auteur remercie les trois relecteurs anonymes de cet article pour leurs remarques et leurs contributions, ainsi que Nicole Sardat pour l'infographie.

RÉFÉRENCES

- ABBADIE, L. (coord.). (2011).— Manifeste, une ambition pour la recherche en ingénierie écologique. *Le Courrier de la Nature*, 261: 6-8.
- ABBADIE, L., BASTIEN-VENTURA, C. & FRASCARIA-LACOSTE, N. (2015).— Bilan et enjeux du programme interdisciplinaire Ingeco du CNRS (2007-2011) : un tournant pour l'ingénierie écologique en France ? *Nat. Sci. Soc.*, 23: 389-396.
- ALLEN, T.F.H., GANPIETRO, M. & LITTLE, A.M. (2003).— Distinguishing ecological engineering from environmental engineering. *Ecol. Engin.*, 20: 389-407.
- BARNAUD, G. & CHAPUIS, J.L. (2004).— Ingénierie écologique et écologie de la restauration : spécificités et complémentarités. *Ingénieries EAT*, numéro spécial « Ingénierie écologique : des pratiques, des recherches pour l'action, sur les systèmes écologiques »: 123-138.
- BAROT, S., LATA, J.C. & LACROIX, G. (2012).— Meeting the relational challenge of ecological engineering within ecological sciences. *Ecol. Engin.*, 45: 13-23.
- BERGEN, S.D., BOLTON, S.M. & FRIDLEY, J.L. (2001).— Design principles for ecological engineering. *Ecol. Engin.*, 18: 201-210.
- BERRYMAN, A.A., VALENTI, M.A., HARRIS, M.J. & FULTON, D.C. (1992).— Ecological engineering: an idea whose time has come? *TREE*, 7: 268-270.
- BLANDIN, P. (1991).— L'émergence du génie écologique: conséquences pour la recherche et la formation. *Bull. Ecol.*, 22: 289-291.
- CHAPUIS, J.L., DÉCAMPS, H., BARNAUD, G. & BARRE, V. (coords) (2002).— Programme national de recherche « Recréer la Nature ». Réhabilitation, restauration et création d'écosystèmes. *Rev. Ecol. (Terre et Vie)*, suppt. 9: 1-261.
- CHOCAT, B. (coord.). (2013).— *Ingénierie écologique appliquée aux milieux aquatiques : Pourquoi ? Comment ?* ASTEE.
- CLEWELL, A.F. & ARONSON, J. (2013).— *Ecological restoration: principles, values, and structure of an emerging profession*. Society for Ecological Restoration. Island Press, Washington DC.
- COZIC, P. (2004).— Ingénierie écologique : des pratiques, des recherches pour l'action, sur les systèmes écologiques (introduction). *Ingénieries EAT*, numéro spécial « Ingénierie écologique : des pratiques, des recherches pour l'action, sur les systèmes écologiques »: 3-5.
- DORÉ, A., GOSSSELIN, F. & REY, F. (2014).— L'écologie au service de l'ingénierie : l'organisation d'un collectif scientifique et pratique. Pp 139-149 *In* : F. Rey, F. Gosselin & A. Doré (coord.), *Ingénierie écologique : action par et/ou pour le vivant ?* Quae, Versailles.
- DUTOIT, T. (2012).— Espoirs et limites de l'ingénierie écologique. *Le Courrier de la Nature*, 270: 22-29.

- DUTOIT, T. (2013).— L'ingénierie écologique, nouvel oxymore ou nouveau paradigme écologique ? *Regards et débats sur la biodiversité*, SFE, n°44, 5 avril 2013.
- DUTOIT, T. & REY, F. (coord.) (2009).— Écologie de la restauration et ingénierie écologique: enjeux, convergences, applications (avant-propos). *Ingénieries EAT*, n° spécial.
- FRASCARIA-LACOSTE, N. (2010).— Un génie que l'on aurait tort d'ignorer. *Sociétal*, 69: 44-49.
- GATTIE, D.K., KELLAMA, N.N. & TURK, H.J. (2007).— Informing ecological engineering through ecological network analysis, ecological modelling, and concepts of systems and engineering ecology. *Ecol. Engin.*, 28: 25-40.
- GATTIE, D.K., MCCUTCHEON, S.C. & SMITH, M.C. (2003a).— Ecological engineering: the state-of-the-field. *Ecol. Engin.*, 20: 327-330.
- GATTIE, D.K., SMITH, M.C., TOLLNER, E.W. & MCCUTCHEON, S.C. (2003b).— The emergence of ecological engineering as a discipline. *Ecol. Engin.*, 20: 409-420.
- GOSSELIN, F. (2008).— Redefining ecological engineering to promote its integration with sustainable development and tighten its links with the whole of ecology. *Ecol. Engin.*, 32: 199-205.
- GOSSELIN, F. (2011).— From ecology to ecological engineering: mainly through theory and concepts? *Proc. Envir. Sci.*, 9: 60-63.
- IUCN. (2012).— *The IUCN Programme 2013-2016*. IUCN, Gland, 30.
- JEGAT, R. (2015).— *Le génie écologique : pratiques innovantes pour les écosystèmes et les territoires*. Educagri Editions.
- JONES, C.G. (2012).— Grand challenges for the future of ecological engineering. *Ecol. Engin.*, 45: 80-84.
- JONES, C.G., DAJOZ, I. & ABBADIE, L. (2008).— L'ingénierie écologique et l'impératif de durabilité. Pp. 138-139 In: L. Garnier (ed.), *Entre l'Homme et la Nature, une démarche pour des relations durables*. Réserves de biosphère – Notes techniques 3 – UNESCO, Paris.
- LATA, J.C., BAROT, S. & LACROIX, G. (2011).— Ecological engineering: from concepts to applications: Foreword. *Proc. Envir. Sci.*, 9: 1-5.
- MISSION CLAUDE HENRY (1984).— *Organisation de la recherche et de la formation pour la maîtrise écologique du territoire*. Ministère de l'Environnement, annexe 1, Paris.
- MITSCH, W.J. (1996).— Ecological engineering: a new paradigm for engineers and ecologists. Pp 111-128 In: P.C. Schulze (ed.), *Engineering within ecological constraints*. National Academy Press, Washington, DC.
- MITSCH, W.J. (2012).— What is ecological engineering? *Ecol. Engin.*, 4, 5: 5-12.
- MITSCH, W.J. & JØRGENSEN, S.E. (1989).— *Ecological engineering: An introduction to ecotechnology*. Wiley, New York.
- MITSCH, W.J. & K JØRGENSEN, S.E. (2003).— Ecological engineering: a field whose time has come. *Ecol. Engin.*, 20: 363-377.
- MITSCH, W.J. & JØRGENSEN, S.E. (2004).— *Ecological engineering and ecosystem restoration*. John Wiley & Sons Inc., New York.
- ODUM, H.T. (1962).— Ecological tools and their use. Man and the ecosystem. Pp 57-75 In: P.E. Waggoner & J.D. Ovington (eds), *Conference on the suburban forest and ecology*. The Connecticut Agricultural Experiment Station, Lockwood.
- PAINTER, D.J. (2003).— Forty-nine shades of green: ecology and sustainability in the academic formation of engineers. *Ecol. Engin.*, 20: 267-273.
- RAGOUET, P. (2014).— Régime disciplinaire et processus translationnel : le cas de l'ingénierie écologique. Pp 129-138 In: F. Rey, F. Gosselin & A. Doré (coord.), *Ingénierie écologique : action par et/ou pour le vivant ?* Quae, Versailles.
- REY, F. & GOSSELIN, F. (2014).— L'ingénierie écologique : des actions par et/ou pour le vivant, intégrées dans un projet d'ingénierie ? Pp 7-13 In: F. Rey, F. Gosselin & A. Doré (coord.), *Ingénierie écologique : action par et/ou pour le vivant ?* Quae, Versailles.
- REY, F., GOSSELIN, F. & DORÉ, A. (coord.). (2014).— *Ingénierie écologique : action par et/ou pour le vivant ?* Quae, Versailles.
- REY, F., LESCOURRET, F., COTE, F. & DUTOIT, T. (2015).— L'ingénierie écologique au service de l'aménagement du territoire (avant-propos). *Sciences, eaux et territoires*, n° spécial « L'ingénierie écologique au service de l'aménagement du territoire »: 2-3.
- STOKES, A., BAROT, S., LATA, J.C., LACROIX, G., JONES, C.G. & MITSCH, W.J. (2012).— Ecological engineering: From concepts to applications. *Ecol. Engin.*, 45: 1-4.
- STOKES, A., DOUGLAS, G., FOURCAUD, T., GIADROSSIC, H.F., GILLIES, C., HUBBLE, T., KIM, J.H., LOADES, K., MAO, Z., MCIVOR, I., MICKOVSKI, S.B., MITCHELL, S., OSMAN, N., PHILLIPS, C., POESEN, J., POLSTER, D., PRETI, F., RAYMOND, P., REY, F., SCHWARZ, M. & WALKER, L.R. (2014).— Ecological mitigation of hillslope instability: ten key issues facing practitioners and researchers. *Plant and Soil*, 377: 1-23.

SITE WEB

A-IGeco : www.a-igeco.fr (consulté le 1/08/2016)