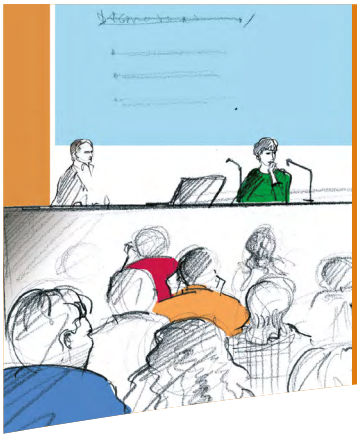
N° 73
JUILLET
2020



LES
Rencontres

Génie écologique
Et si on pensait « éco-conception » ?

Synthèse de la journée d'échanges techniques organisée par le centre de ressources Génie écologique de l'Office français de la biodiversité, le 15 novembre 2019 à Paris.

Œuvrer à la restauration des milieux naturels implique aussi de privilégier l'utilisation de matières premières locales et de matériaux « propres », de la production à la fin de vie des produits. C'est tout le sens de la démarche d'éco-conception, que les projets de génie écologique peuvent et doivent s'approprier davantage, entre solutions déjà existantes et filières à développer.

Cela ressemble à un paradoxe : les réalisations du génie écologique, visant la restauration de milieux naturels dégradés, s'accompagnent parfois d'effets négatifs sur l'environnement, liés en particulier à l'emploi de matériaux non durables et/ou générateurs de pollutions : éléments métalliques ou plastiques, géotextiles non locaux et substances chimiques associées… Chercher à limiter au maximum ces impacts en fondant les choix techniques sur une analyse intégrée, c'est précisément ce que promeut la démarche d'éco-conception. Déjà mobilisée dans des secteurs variés, du bâtiment à l'industrie textile, celle-ci pourrait être davantage mise à profit dans le domaine du génie écologique. Quels sont les différents impacts des pratiques actuelles de restauration ? Quelles sont les alternatives existantes et dans quelle mesure peuvent-elles être mises en œuvre sans compromettre l'efficacité et la faisabilité économique des projets ? Quels sont les manques actuels en termes de solutions et matériaux éco-conçus, et comment pourraient-ils être comblés ? Pour aborder collectivement ces questions, l'Agence française pour la biodiversité (aujourd'hui devenue Office français de la biodiversité - OFB) a proposé fin 2019 une journée d'échanges techniques rassemblant plus de 120 personnes (bureaux d'études, entreprises de travaux, maîtres d'ouvrages publics ou privés, chercheurs, représentants de collectivités, associations…). Des milieux terrestres aux eaux côtières en passant par les zones urbaines, ce rendez-vous national a stimulé le rapprochement à l'œuvre entre génie écologique et éco-conception.

Journée d'échanges techniques du centre de ressources Génie écologique

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

OFB
OFFICE FRANÇAIS DE LA BIODIVERSITÉ

centre de ressources génie écologique

Des marges de progression identifiées

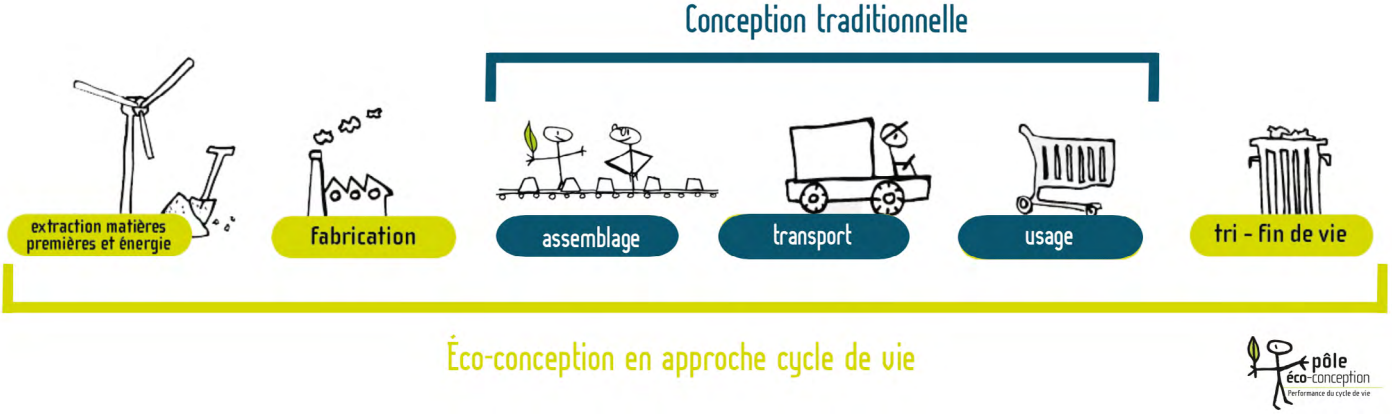
Actif depuis 2008 à l'échelle nationale, le Pôle Éco-conception, Performance du cycle de vie promeut cette démarche auprès d'acteurs socio-économiques très variés. Les principes de base en ont été rappelés par Samuel Mayer (Pôle Éco-conception) lors de la session introductive, à travers le concept-clé d'« analyse de cycle de vie ». Extraction des matières premières et approvisionnement énergétique, fabrication, transport, usage, tri et fin de vie : pour chaque étape, il s'agit d'identifier aussi finement que possible les impacts associés (consommation d'eau, d'énergie et de ressources, émissions, déchets, toxicité) ainsi que les possibilités de valorisation ou de recyclage, pour privilégier les options les plus vertueuses.

L'intervention suivante par Camille Kuntz (OFB), présentant les résultats d'une étude sur l'éco-conception des solutions utilisées dans le cadre du génie écologique, a confirmé que celles-ci étaient encore loin de l'exemplarité en la matière. Ce travail a permis d'identifier des axes d'amélioration : dans le choix des matières premières (à l'image des géotextiles utilisés pour la végétalisation, couramment fabriqués avec des fibres de coco cultivées en Inde et subissant des traitements chimiques), dans la fabrication (par exemple l'incorporation, dans les bétons marins, d'additifs chimiques potentiellement toxiques), ou encore à l'usage (emploi d'éléments plastiques ou métalliques, souvent laissés dans le milieu naturel). L'étude a débouché sur la rédaction de deux fiches synthétiques « solutions » (végétalisation, récifs artificiels) et de quatre fiches synthétiques « matériaux » (béton, plastique, acier, fibres végétales), disponibles sur www.genieecologique.fr.

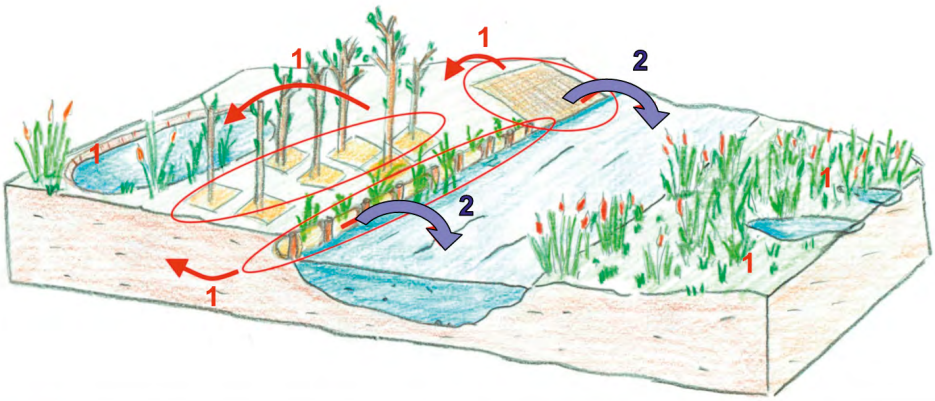
Cet examen critique a été alimenté tout au long de la journée par les différents intervenants. Ainsi, André Évette de l'Irstea, (devenu Inrae, Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement) a décrit les vestiges sur site d'une opération de restauration « classique » en cours d'eau, vingt ans après : pieux, grillages et fers à béton mis à nu par l'érosion fluviale, câble métallique étranglant un jeune arbre… Des observations comparables ont été rapportées par le praticien du génie écologique Frédéric Roure (Géco Ingénierie) qui dressait en quelques photos le panorama de pratiques qui relèvent parfois davantage du « génie métallique » ou du « génie plastique » : grillage métallique sur des boutures de saules, câbles inox sous une berge renaturée, seuils de fond en bidim ou en béton, « parois à batraciens » ou « protège-gibier » en plastique non biodégradable… La présentation livrait également un ensemble de données chiffrées sur les substances mesurées dans les géotextiles d'usage courant. Ainsi, selon Geco Ingénierie, 1 kg de toile de jute comprend en moyenne 6 g d'hydrocarbures ; 1 kg de frites de coco contient 1 g de sodium ; un mètre de boudin de fascine d'hélophyte comporte 10 g de sel (NaCl)... Ces molécules se diffusent, à l'usage, dans le milieu récepteur (sol, cours d'eau ou mare attenante), induisant dans certains cas une charge polluante potentielle (figure 1 ci-contre). La recherche d'alternatives plus vertueuses est aujour-d'hui un axe de R&D majeur pour les acteurs du secteur : avec le développement de l'agro-écologie et de l'agroforesterie, de nouveaux géotextiles et des paillages végétaux produits localement font leur apparition, à l'image du chanvre et de la paille de riz.

Samuel Mayer, Pôle Éco-conception

« Cette journée d'échanges très instructive a montré, exemples à l'appui, que la restauration écologique peut encore améliorer les bénéfices écologiques qu'elle apporte, en intégrant l'analyse de cycle de vie dans ses choix techniques. Les praticiens du génie écologique font preuve, dans leur autocritique, d'une exigence qu'il faut saluer. Pour le Pôle éco-conception, qui intervient surtout dans le secteur manufacturier, c'est un univers assez nouveau qui nécessitera des ajustements de nos méthodes, avec par exemple des indicateurs et des outils pour suivre dans le temps long le devenir des matériaux *in situ*. Plus largement, éco-conception et génie écologique ont en commun d'être des disciplines jeunes, entre lesquelles existent de vraies zones de convergence : nous avons tout intérêt à avancer des deux côtés vers un cadre commun, pour une démarche structurée d'éco-conception des projets de restauration. En attendant, le bon sens des praticiens et l'émergence de solutions alternatives constituent déjà une très bonne base ! »



L'approche cycle de vie d'un produit (source : Pôle Eco-conception, Performance du cycle de vie).



1 : Niveau d'impact important (concentration élevée localement)

2 : Niveau d'impact à qualifier en fonction du contexte et quantités mises en oeuvre (débit, bioaccumulation, persistance, phytotoxicité, ...)

Figure 1 : Schéma récapitulatif des zones potentiellement impactées (source : Géco ingénierie, décembre 2018)

Agroforesterie et filières locales, des facteurs d'éco-conception

Plus largement, les pratiques issues de l'agroforesterie, en plein essor en France, constituent un vivier d'alternatives et de solutions dans lequel puiser pour faire évoluer les projets de génie écologique. L'exposé de Françoise Sire de l'Afac-Agroforesteries (Association française arbres champêtres - Agroforesteries) en a donné quelques exemples, issus de la pratique de l'association Prom'Haies : l'utilisation de plants labellisés « Végétal local » (voir plus bas), ou l'emploi de paillages biodégradables, issus du territoire. En matière de protection des arbres, la présentation passait en revue différentes options : les gaines plastiques non biodégradables, dont de nombreux modèles sont disponibles en catalogue, sont efficaces et peu onéreuses, mais leur enlèvement (et donc leur recyclage) est rarement fait ; leurs homologues en plastique biodégradable, plus coûteuses, ne sont pas dégradées dans les faits après trois années (la vitesse de dégradation de ces plastiques est dépendante de certaines conditions : température, présence de micro-organismes...). Les protections en carton, biodégradables, pâtissent d'une faible durée de vie et d'un coût élevé tandis que le « trico », liquide à base de suint de mouton à pulvériser sur les arbres, compatible avec le label Bio, n'est efficace que pour les cervidés et peut être lessivé en 4 mois selon la météo. La laine de mouton, en cours d'expérimentation, offre une alternative bon marché, biodégradable et valorisant un produit local ; elle est cependant susceptible d'attirer les rongeurs, et son efficacité sur plusieurs années reste à vérifier. L'Afac-Agroforesteries évoque encore d'autres pistes : l'utilisation de tuteurs en fer réutilisables, le recours à des « arbres martyrs » non protégés, l'implantation d'une ligne de protection épineuse (aubépine, prunellier) ou encore l'installation par bouture d'arbres plus appétents comme le saule. L'association recommande *in fine* une approche pragmatique, appuyée sur une estimation préalable de la pression potentielle exercée par les animaux, ne cherchant pas à garantir une protection à 100 % des plants et prenant en compte les options disponibles localement.

Un propos complémentaire a été développé, sur la thématique du réensemencement de sites dégradés, avec l'intervention de Pascal Faverot (Conservatoire d'espaces naturels Rhône-Alpes). Le maître d'ouvrage souligne l'importance, pour ce type d'opérations, de *« s'adapter au terrain »* : terrain écologique, bien sûr, en se situant sur une trajectoire de restauration identifiée ; mais aussi terrain humain, par la prise en compte de l'histoire des lieux et des usages en vigueur, des attentes en termes de production, du matériel disponible et des partenariats potentiels. Sur cette base, un choix éclairé pourra se faire entre différentes techniques de réensemencement : avec des fonds de granges, avec du foin sec ou du foin vert, après récolte en vrac de semences locales ou en mobilisant une filière locale de récolte-tri-mélange de semences... Dans tous les cas, le réensemencement à partir de matériel local apparaît préférable : mécanisation et transports limités, stimulation du tissu d'acteurs locaux, peu d'intrants chimiques et peu de brassage génétique inutile. Plus généralement, l'attention portée à l'origine des semences ou des plants apparaît comme un critère majeur des projets éco-conçus et une attente forte pour de plus en plus de maîtres d'ouvrages. En France, cette évolution est désormais favorisée par le développement de la marque collective « Végétal local », portée aujourd'hui par l'OFB *(voir les Rencontres de l'AFB n°64)*, qui a pour objectifs de structurer une offre de végétaux d'origine locale garantie et de stimuler leurs filières de production sur les territoires.

Plantations avec protections grillagées des arbres : quel devenir pour ces protections dans le milieu naturel ?

Génie écologique en ville : faire moins pour faire mieux ?

En zone urbaine aussi, le génie écologique gagne à s'approprier les principes de l'éco-conception. C'est notamment ce que prône « Plante et Cité », centre technique national qui intervient en appui aux professionnels des espaces verts, des entreprises et des collectivités territoriales. Marianne Hédont (Plante et Cité) a exposé une approche tout en frugalité de l'aménagement et de la gestion de la nature en ville, où l'enjeu est souvent de « faire mieux avec moins » : création de sols fertiles à partir de déchets verts, mise en œuvre de revêtements perméables et de paillages recyclés, mutualisation des matériels et services, réduction des apports d'eau, limitation de la taille des arbustes et choix de la bonne plante au bon endroit… Ces orientations sont détaillées dans un guide de référence (*Aménager et gérer avec frugalité,* 2017). À l'attention des maîtres d'ouvrage, l'association recommande également d'appuyer la rédaction de son marché sur un sourçage en amont des fournisseurs, permettant d'adapter sa demande à l'offre locale, et d'intégrer dès la commande la réflexion sur la future gestion écologique du site.

Cette vision est partagée par la société Valorhiz, spécialiste de l'ingénierie des sols intervenant auprès d'aménageurs, de terrassiers ou de paysagistes. Celle-ci développe une logique d'économie circulaire des sols anthropisés (terre issue d'excavations par exemple). Dégradés, pollués, souvent très hétérogènes, ceux-ci n'en constituent pas moins une ressource utile qui peut être « refonctionnalisée », en mobilisant différentes techniques selon les cas et les usages attendus du site : décompaction, semis ou plantation, inoculation de micro-organismes… Là encore, Olivier Taugourdeau (Valorhiz) souligne l'importance d'intégrer les objectifs environnementaux dès la phase de conception et d'assurer un suivi rigoureux à toutes les étapes, du respect du cahier des charges en phase chantier à l'évolution après-projet.

Enfin, toujours en milieu urbain, une présentation de Marc Barra (Agence régionale de la biodiversité en Île-de-France) s'est intéressée au cas des toitures végétalisées. Des travaux récents, basés sur un échantillon de 36 toitures végétalisées du Grand Paris, apportent des éléments chiffrés sur les bénéfices écologiques de ces toitures (habitat, stockage de l'eau) selon leurs options de conception et de gestion. Outre ces résultats, les observations montrent que beaucoup de systèmes actuels de végétalisation peuvent avoir une forte empreinte écologique, avec la présence de 1 à 5 composés artificiels (hors étanchéité et substrat) par toiture. Les résultats de la première année montrent également une corrélation négative entre la richesse floristique des toitures et le niveau de gestion de celles-ci. « Moins gérer » présenterait alors le double avantage d'être plus favorable à la biodiversité, tout en consommant moins de ressources (humaines, énergétiques). Cette évolution, pleinement en phase avec les principes de l'éco-conception, impliquerait cependant de travailler sur les représentations associées à ces toitures, une moindre gestion étant encore souvent associée à la notion de saleté ou d'abandon. En conclusion, les auteurs développent un propos proche de celui de Plante et Cité, autour de l'idée de sobriété (voir encadré ci-contre).

Exemple de toiture végétalisée sur laquelle la démarche d'éco-conception pourrait être appliquée

Marc Barra, Agence régionale de la biodiversité en Île-de-France

« Les toitures végétalisées, si elles sont bien conçues, peuvent offrir des espaces précieux pour la faune et la flore en ville. Selon les premiers résultats de l'étude GROOVES (Green ROOfs Verified Ecosystem Services), elles recèlent une richesse floristique intéressante (en moyenne 14 espèces spontanées sur 10 m^2, ce qui est similaire à celle des parcs et des friches urbaines). De nombreux invertébrés ont également été identifiés, en particulier les coléoptères, hyménoptères, araignées et hétéroptères (punaises). Cette étude menée en Île-de-France depuis 2017 nous a permis de mieux comprendre les options de conception et de gestion qui améliorent leur capacité d'accueil pour la biodiversité et les services écosystémiques qu'elles procurent. Mais elle a aussi révélé les progrès que doivent réaliser les systèmes actuels pour se rapprocher de l'éco-conception. Le marché des toitures végétalisées a encore trop largement recours à l'arrosage, aux substrats complexes, aux fertilisants, bacs plastiques, géotextiles non biodégradables ou à l'horticulture sous serre, alors que nous sommes nombreux à plaider pour une nature en ville plus spontanée et moins gourmande en matériaux, en ressources et en entretien. »

Milieux marins et côtiers : encore loin de l'éco-conception

Le cas des milieux littoraux et marins se distingue de ce qui précède : écosystèmes ouverts à l'écologie complexe, soumis à d'importantes pressions anthropiques et à des pertes d'habitats (6 809 ha artificialisés sur les seules côtes méditerranéennes françaises entre 2000 et 2006). Ils n'ont été réellement investis par les acteurs de la restauration que ces dernières années, sous l'impulsion notamment de la Directive cadre stratégie pour le milieu marin (DCSMM) et des mesures compensatoires. Un panorama de l'ingénierie écologique en milieu marin réalisé par Frédéric Villers (OFB) a apporté quelques éléments sur les transplantations d'espèces (Grande nacre, herbiers de posidonie, coraux, avec une efficacité qui dépend beaucoup du taxon considéré) et surtout sur la restauration d'habitats. Celle-ci a notamment porté sur le déploiement de récifs artificiels, objet de nombreux programmes de recherche.

Les expériences disponibles suggèrent que ces récifs remplissent leurs fonctions d'abri et de nourricerie, ainsi que de production halieutique, sous conditions : volume et complexité suffisantes, complémentarité et agencement optimisés par rapport aux habitats naturels voisins. Ainsi les récifs du Prado (27 000 m^3 immergés au large de Marseille, associant six types de structures différents) ont permis, en 10 ans, une augmentation nette de la biomasse locale, certains récifs fonctionnant mieux que d'autres. Ces réalisations doivent d'ailleurs être employées avec discernement : souvent placés en zone sableuse, les récifs artificiels sont susceptibles de perturber un écosystème en place en apportant un nouvel habitat, rocheux, et de nouvelles espèces.

L'intervention suivante de Philippe Lenfant (Université de Perpignan) a retracé l'évolution des formes des récifs artificiels, marquée depuis les années 2000 par une complexité croissante (complexité intra-récifs mais aussi inter-récifs avec l'implantation de « villages » artificiels) et l'arrivée de nouvelles générations de récifs issus de l'impression 3D et d'algorithmes d'optimisation de la complexité. En termes de matériaux en revanche, les réalisations actuelles (en béton essentiellement) demeurent assez éloignées de la notion d'éco-conception – même si les pneus et les carcasses de voitures ont heureusement été abandonnés ! Parmi les matériaux à investiguer, l'exposé citait le béton coquillier, le PLA (polymère) à base d'amidon ou encore la dolomite, qui permettrait une bonne dynamique de colonisation par le biofilm et les invertébrés fixés.

Matériaux alternatifs et « génie végétal »

La recherche de matériaux alternatifs constitue aujourd'hui l'un des axes de progrès majeurs du génie écologique. Dans cette optique, les solutions relevant du génie végétal (utilisation de cordages végétaux pour fixer les fascines, pointes de bois dur en alternative aux agrafes métalliques, couche à branches de rejets au lieu d'un enrochement…) offrent des avantages nombreux par rapport au génie civil. Ces avantages ont été explicités dans le cas des opérations en cours d'eau par André Évette (Irstea) : une résistance souple au courant et une meilleure dissipation de l'énergie ; une capacité de déformation qui favorise le retour des fonctions écologiques de la ripisylve et l'accueil d'une plus grande biodiversité ; une matière première locale et peu coûteuse, associée à une moindre dépense d'énergie (figure 2).

Un retour d'expérience sur la conception d'îlots artificiels flottants pour la gravière d'Anglade (Vincent Raynaud, Cemex) est venu illustrer ce plaidoyer en faveur de choix de conception économes, durables et privilégiant le végétal. Confié mi-2008 par Cemex à des étudiants de l'École nationale supérieure agronomique de Toulouse, le projet a débouché sur l'éco-conception de radeaux (ossature en robinier faux acacia, liège expansé pour la flottaison, liège enserré dans la cage reliant les flotteurs). Assemblés par des riverains lors d'ateliers participatifs, ces

Nathalie Berthier, MTES, direction de l'eau et de la biodiversité

« L'éco-conception est aujourd'hui un thème majeur pour le ministère de la Transition écologique et solidaire, qui encourage à généraliser cette approche dans tous les domaines. Dans le cas du génie écologique, comme l'ont montré les échanges de cette journée, le déploiement de nouvelles techniques éco-conçues, efficaces et résilientes va demander un exercice d'innovation de la part de chacun : pour le développement de matériaux ou de solutions alternatives, le montage de projets pilotes, jusqu'à la mise sur le marché. Dans cette optique, différents outils de financement d'État sont accessibles. Émanant notamment de l'Ademe ou des agences de l'eau, ils offrent une large palette de réponses, à toutes les échelles géographiques et pour toutes les tailles de projets. Pour s'y repérer, les collectivités et porteurs de projets peuvent consulter la plateforme Aides-territoires (http://aides-territoires.beta.gouv.fr/). »

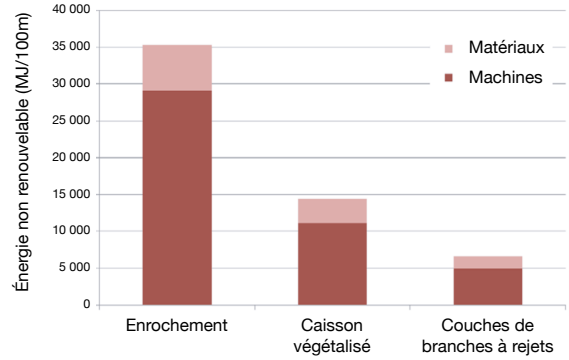


Figure 2 : Coûts énergétiques comparés de la mise en place d'un enrochement, d'un caisson végétalisé et d'une couche de branches à rejets, pour 100 m de berge. (D'après von der Thannen *et al.*, 2017)
Crédits photos : Hans Peter Rauch

îlots affichent dix ans plus tard une très bonne tenue *in situ*. Un autre retour d'expérience a été apporté avec le programme Mares de la Métropole Rouen-Normandie, qui a notamment vu la réhabilitation de 45 mares et la création de 11 autres. Cette expérience a permis de préciser (Guillaume Glere, Métropole de Rouen) les avantages respectifs de bentonite ou d'argile, selon les types de sol, en alternative aux membranes plastiques.

Enfin, un exemple original de développement d'une solution éco-conçue a été apporté, en milieu dunaire, avec l'initiative menée en Camargue à partir de la paille de riz (Emily Nirlo, Atelier Luma).

Ce projet collaboratif explore, en lien avec les habitants du territoire, les possibilités d'utilisation de cette matière première locale abondante (20 à 40 000 tonnes de paille de riz produites chaque année, dont 90 % sont brûlées) pour produire des dispositifs de protection du cordon dunaire (boudins, géotextiles, paillages…). Les différents prototypes retenus sont actuellement testés *in situ* ; leur installation et leur suivi sont menés collectivement, produisant au passage du lien social sur le territoire.

Au terme de cette journée d'échanges, les divers éclairages et retours d'expériences proposés ont montré qu'il est

© Joana Luz

Géotextile en paille de riz utilisé pour la protection dunaire, Atelier Luma

souhaitable et possible de faire évoluer les pratiques actuelles du génie écologique, en y intégrant davantage les idées et les outils de l'éco-conception. Des solutions techniques existent, des filières se structurent aujourd'hui en réponse à cette attente, à l'image des végétaux d'origine locale, du chanvre ou de la paille de riz. Pour favoriser l'émergence de ces solutions, portées par des dynamiques et des savoir-faire locaux, l'évolution de la commande (publique ou privée) sera bien sûr un levier décisif. En parallèle, l'effort de recherche et développement doit être amplifié pour aboutir à des solutions conciliant pertinence écologique et économique. Dans cette optique, différents outils financiers sont mobilisables en soutien à l'innovation. Un panorama en a été proposé par Nathalie Berthier (MTES) en clôture de la journée : depuis l'échelle des régions (concours d'innovation régionale pour les entreprises porté par BPI) ou des bassins (appels à projets des agences de l'eau) jusqu'à l'échelle communautaire (dispositif H2020 de la commission européenne). Au niveau national, de nombreux leviers sont proposés par l'Ademe, au travers notamment de ses appels à projets annuels spécifiques éco-conception (dont l'AAP Perfecto 2019, qui vise l'intégration de la démarche d'éco-conception dans les projets de recherche et développement, tous secteurs confondus), mais aussi des concours d'innovation nationaux ou des démonstrateurs grande ambition. La plateforme Aides-territoires permet à chacun d'identifier le dispositif adapté à ses besoins. Le reste est affaire d'intelligence collective : en matière de restauration écologique, le mieux n'est pas l'ennemi du bien ! ■

Retrouvez les présentations et vidéos de la journée :
https://bit.ly/3gEoVVH

Organisation du séminaire

Delphine Jung, Aurélien Daloz (OFB) et Nathalie Berthier (MTES)

Pour aller plus loin :

- http://www.genieecologique.fr
- http://aides-territoires.beta.gouv.fr
- http://www.eco-conception.fr
- https://www.vegetal-local.fr
- https://www.vegetal-local.fr
- https://www.ademe.fr

Centre de ressources Génie écologique de l'OFB

Dispositif d'accompagnement technique et de développement des compétences des professionnels du génie écologique, ce centre de ressources s'adresse à un panel varié d'acteurs de la biodiversité : maîtres d'ouvrage, bureaux d'études, gestionnaires d'espaces naturels, entreprises de travaux, collectivités, services de l'État, associations, instituts de recherche, etc.

L'ensemble des actions et productions du centre de ressources sont mises en visibilité sur un site internet dédié, accessible à tous les professionnels.

Rendez-vous sur : www.genieecologique.fr

Contact : Delphine Jung - Chargée de mission Génie écologique

E-mail : delphine.jung@ofb.gouv.fr

LES Rencontres

Directeur de publication : Pierre Dubreuil
Coordination : Jane Dziwinski
Rédaction : Laurent Basilico, Delphine Jung
Relecture : Aurélien Daloz, Anne Vivier
Réalisation : Parimage
Impression : ESTIMPRIM - Impression sur papier issu de forêts gérées durablement
Éditeur : OFB – 5, square Félix Nadar - 94300 Vincennes
Disponible sur : https://professionnels.afbiodiversite.fr/fr/rencontres
ISBN web : 978-2-38170-001-4
ISBN print : 978-2-38170-000-7
Gratuit