



HAL
open science

L'Écologie de la restauration appliquée à la forêt.

Daniel Vallauri, Christophe Chauvin

► **To cite this version:**

Daniel Vallauri, Christophe Chauvin. L'Écologie de la restauration appliquée à la forêt.. Revue forestière française, 1997, 49 (3), pp.195-203. 10.4267/2042/5613 . hal-03443585

HAL Id: hal-03443585

<https://hal.science/hal-03443585v1>

Submitted on 23 Nov 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

biologie et forêt

L'ÉCOLOGIE DE LA RESTAURATION APPLIQUÉE À LA FORÊT

D. VALLAURI - Ch. CHAUVIN

Les recherches en écologie ont fait progresser la connaissance sur le fonctionnement des écosystèmes forestiers et sur l'impact des activités humaines. L'homme mesure ainsi mieux l'importance des modifications qu'il apporte à son environnement. Non seulement il peut améliorer en conséquence ses pratiques, mais il prend également conscience de la nécessité — et, dans une certaine mesure, de sa capacité — à réparer les milieux dégradés. Dans les pays développés, cette dernière démarche tend à se structurer, actuellement, sous la forme d'une discipline de l'écologie, tant fondamentale qu'appliquée : l'écologie de la restauration. En France, le programme national de recherche "Recréer la nature", lancé par le ministère de l'Environnement et le Muséum national d'Histoire naturelle depuis 1995, se propose dans le même esprit d'affiner les approches techniques, écologiques, voire socio-économiques, nécessaires à la mise en place d'un projet de restauration.

Nous présentons dans cet article les principaux concepts de l'écologie de la restauration, ses fondements, les phases et stades du processus écologique, avant d'esquisser les moyens d'action possible dans un écosystème forestier et les applications, anciennes ou actuelles, à la problématique forestière.

Dans un prochain article ⁽¹⁾, nous illustrerons cette démarche en retraçant une des entreprises les plus réussies de restauration forestière en France, celle des terrains en montagne (RTM) pour la lutte contre l'érosion dans les Alpes du Sud. La réflexion autour de l'écologie de la restauration permet d'ailleurs ici de replacer les problèmes actuels de régénération des peuplements de Pin noir dans le contexte global et à long terme du processus de restauration.

(1) Un prochain article présentera "La restauration écologique des espaces forestiers dans les Alpes du Sud. Chronique de 130 ans de restauration et problématique actuelle de gestion des forêts recrées en Pin noir" et paraîtra dans le n° 5/1997 de la *Revue forestière française*.

L'ÉCOLOGIE AU SERVICE DE LA RESTAURATION

L'écologie de la restauration se propose d'étudier les actions nécessaires pour "recréer" les écosystèmes dégradés. Les écologues de la restauration s'accordent pour définir la restauration comme « *la transformation intentionnelle d'un milieu pour y établir un écosystème considéré comme indigène et historique. Le but de cette intervention est d'imiter la structure, le fonctionnement, la diversité et la dynamique de l'écosystème* » (Society for Ecological Restoration, 1990).

Avant de présenter les principales idées de l'écologie de la restauration, notons en préambule que cette dernière cherche à concilier des approches spécialisées qui se sont, par le passé, souvent opposées. En effet, au-delà des approches classiques, soit techniques, soit écosystémiques, l'écologie de la restauration élargit aussi son champ aux sciences sociales. Les approches socio-économiques et culturelles participent à l'évaluation de la demande sociale (besoin de protection, perception des dégradations), alors que les approches techniques et écologiques définissent en quelque sorte l'offre possible en matière de restauration d'écosystèmes.

Le tableau I (p. 197) illustre cette complémentarité des approches à partir de l'exemple de la RTM dans les Alpes du Sud, mais d'autres exemples sont à citer :

- restauration de berges de rivières et de terres agricoles surexploitées pour lutter contre l'érosion, l'envasement des retenues ou la pollution des eaux ;
- revégétalisation de pistes de ski pour l'augmentation de la durée d'enneigement et la lutte contre l'érosion dans les étages subalpin et alpin (Dinger, 1995) ;
- restauration de l'habitat d'espèces rares et de zones humides perturbées afin de conserver la biodiversité ;
- réhabilitation de carrière à des fins techniques, paysagères et éthiques.

Du point de vue de l'écologie, le développement d'une ingénierie écologique améliorée en permanence par l'affinement des concepts, et en retour leur validation par l'expérimentation en vraie grandeur que constituent une opération de restauration et son pilotage à long terme, sont des atouts pour le développement de cette discipline. Plus que jamais, l'opposition en écologie entre recherche fondamentale et application est vaine. D'ailleurs, historiquement, c'est bien à partir des problématiques de terrain que se sont développés ses concepts les plus fondamentaux.

FONDEMENTS DE L'ÉCOLOGIE DE LA RESTAURATION

Quatre idées principales soutiennent la démarche de l'écologie de la restauration :

– Avant de restaurer, il est nécessaire d'obtenir la disparition du facteur de dégradation des milieux. Le diagnostic des causes profondes des dégradations et la prise de conscience de leur importance ne sont pas toujours évidents, ni unanimement partagés (exemples : relations pollutions/dépérissement des forêts dans les années 80 dans la vallée de la Maurienne, relations forêt/érosion au XIX^e siècle dans les Alpes du Sud).

– Une fois dégradé, l'écosystème est bien souvent lent ou incapable de se reconstruire ; sa résilience est faible ou nulle, un seuil d'irréversibilité écologique (Aronson *et al.*, 1993, 1995) a pu être franchi.

– L'homme possède en partie la capacité de réparer les écosystèmes. Le traitement des écosystèmes dégradés, leur réhabilitation, peut débiter par des opérations d'ingénierie écologique. C'est le domaine sans doute le plus délicat et pour lequel la majorité des chercheurs et ingénieurs de la restauration travaille aujourd'hui.

– La restauration d'un système écologique viable, complexe et diversifié par définition, est un processus écologique demandant du temps. À partir d'un espace dégradé, la restauration n'est que très rarement possible sans une longue phase d'accompagnement. L'écosystème réhabilité va, au

Tableau I **Les différentes approches participant à la définition d'un projet de restauration. L'exemple de la restauration des terrains en montagne dans les Alpes du Sud**

| | Approche technique | Approche écologique | Approche socio-économique | Approche culturelle |
|-----------------------------------|--|--|--|--|
| Objectifs | <ul style="list-style-type: none"> • lutter contre l'érosion | <ul style="list-style-type: none"> • remettre le système sur une trajectoire d'évolution progressive • établir un écosystème considéré comme indigène et historique | <ul style="list-style-type: none"> • optimiser l'impact de l'érosion sur l'économie • maintenir le potentiel de production et améliorer à moindre coût la fertilité des sols | <ul style="list-style-type: none"> • recherche d'une harmonie entre l'homme et la nature • équilibre agriculture/sylviculture/environnement compatible avec le développement durable des zones de montagnes |
| Données du projet | <ul style="list-style-type: none"> • arrêter l'exploitation des terrains dégradés • petit génie civil • choix des espèces pour la revégétalisation | <ul style="list-style-type: none"> • recréer l'écosystème objectif de la restauration • utiliser la dynamique au profit de la restauration • lever les seuils de blocage ou d'irréversibilité | <ul style="list-style-type: none"> • concertation et confrontation des intérêts des différents acteurs | <ul style="list-style-type: none"> • perceptions des dégradations par les différents acteurs et souhaits de restauration • recréer un paysage où l'artificialisation induite par les travaux de réhabilitation est perçue au mieux |
| Critères de réussite | <ul style="list-style-type: none"> • réduire l'érosion • taux de couverture de la végétation • maintenir la protection sans interruption | <ul style="list-style-type: none"> • viabilité à long terme de l'écosystème restauré • groupes de critères à apprécier à chaque échelle d'espace et de temps : structure, diversité, fonctionnement | <ul style="list-style-type: none"> • bilan économique intégré du territoire restauré dans le cadre régional • niveau d'envasement des retenues sur la Durance • indicateurs socio-économiques | <ul style="list-style-type: none"> • maintien d'une activité traditionnelle dans les montagnes • perception des éléments de la nature restaurée (paysages, usages du pays) |
| Éléments pour une gestion durable | <ul style="list-style-type: none"> • suivi des ouvrages, bilans techniques et forestiers réguliers • zonage des contraintes à l'aménagement forestier • stabilité des peuplements | <ul style="list-style-type: none"> • bonne adaptation de l'écosystème restauré au milieu (sensibilité des parasites, évolution des sols, diversité des espèces et des structures) • résistance et résilience de l'écosystème à la perturbation | <ul style="list-style-type: none"> • insertion des forêts de protection dans le développement local | <ul style="list-style-type: none"> • garder la mémoire du risque ou de la sensibilité des milieux à l'érosion |

fil du temps et à l'épreuve de la nature, se réorganiser, rétablir ses équilibres écologiques (reconstitution du sol, compétition entre espèces,...). Ainsi, dans le domaine forestier, si l'arrêt des dégradations et la réparation des compartiments vitaux de l'écosystème forestier sont possibles par reboisement à l'échelle d'une trentaine d'années, on n'obtiendra pas la complexité d'une forêt avant plusieurs générations d'arbres et... de forestiers.

PHASES ET STADES DU PROCESSUS ÉCOLOGIQUE

Les actions du restaurateur s'opposent au processus de dégradation et entreprennent le processus écologique de restauration. On peut distinguer dans celui-ci deux phases (réhabilitation et accompagnement) et trois stades écologiques (écosystème dégradé, écosystème réhabilité, écosystème objectif). L'ensemble de ces étapes, permettant de se rapprocher de l'écosystème objectif, définit une trajectoire de restauration que l'on se propose de suivre (figure 1, p. 199).

Celle-ci n'est pas unique, même s'il est judicieux de chercher autant que possible à s'inspirer des successions naturelles constatées pour chaque station et de ne s'en éloigner que si cela est réellement indispensable.

Écosystème dégradé (2)

En accord avec le second fondement de l'écologie de la restauration, l'action de réhabilitation n'est réellement justifiée que lorsqu'un milieu est le résultat d'une dégradation forte, irréversible à moyen terme. L'écosystème a alors une résilience nulle ou très faible, un seuil d'irréversibilité écologique (Aronson *et al.*, 1993, 1995) ayant été dépassé. Cette restriction à des écosystèmes dégradés semble judicieuse afin de ne pas confondre restauration et gestion conservatoire, voire "fabrication de paysage ayant existé par le passé" (lande, pelouse sèche,...).

Réhabilitation (B) et écosystème réhabilité (3)

Le premier défi pour se rapprocher de l'écosystème objectif est de restaurer les conditions favorables à son installation. Cette tâche nécessite souvent l'emploi de techniques de génie rural ou civil (barrage, profilage de talus, fascinage,...) pour stabiliser les conditions du milieu.

Par la suite, le choix du matériel végétal conditionne le succès de l'opération. Quel que soit l'écosystème à restaurer, le cortège d'espèces utilisées ne correspond que partiellement à la composition floristique de l'écosystème objectif. La méconnaissance des relations exactes entre les conditions écologiques locales et les stratégies adaptatives des espèces (exemple des zones humides) et/ou la nécessité première de recréer avec des végétaux pionniers l'ambiance susceptible d'accueillir les espèces de l'écosystème objectif (exemple des forêts) militent pour l'utilisation du plus large choix d'espèces indigènes disponibles lors de la phase de réhabilitation. Dans certains cas (Berger, 1993), il peut être opportun d'utiliser, pour la phase de réhabilitation, les capacités régénératrices supérieures d'une espèce exotique (voir le cas du Pin noir d'Autriche sur substrats marneux).

Accompagnement des écosystèmes réhabilités (C)

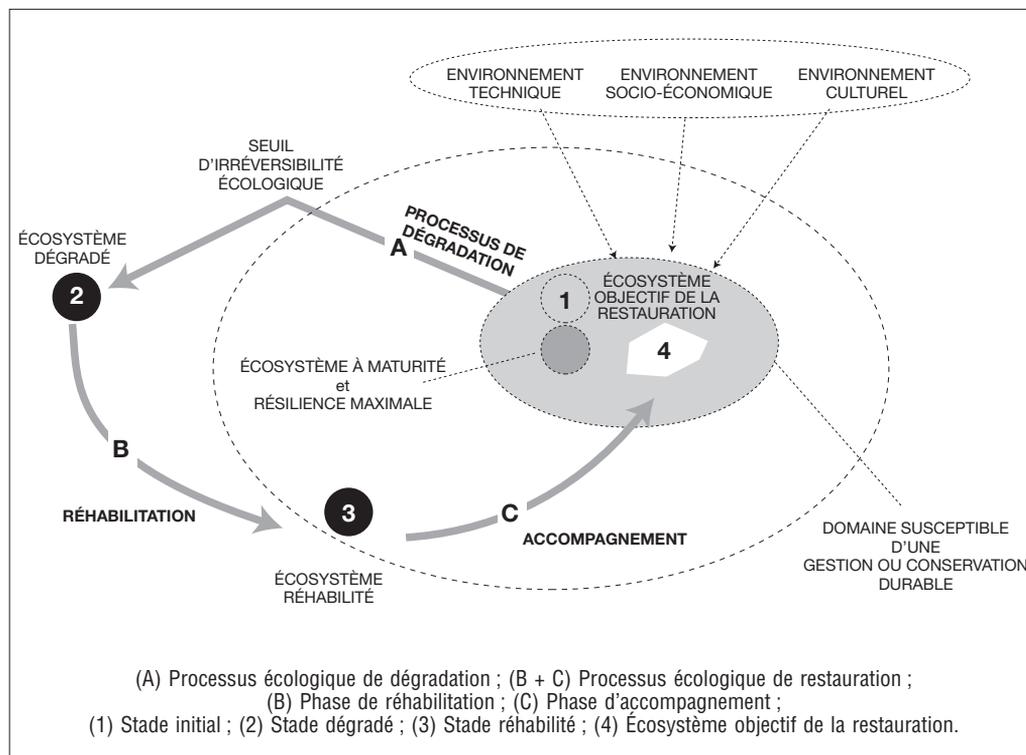
L'écosystème ainsi réhabilité, s'il est déjà fonctionnel, est toutefois, dans la majorité des cas, pionnier et assez éloigné de la structure, du fonctionnement et de la diversité de l'écosystème objectif. Son suivi et son accompagnement par des opérations complémentaires sont nécessaires pour s'assurer de la viabilité de l'entreprise et orienter, ou accélérer, la dynamique naturelle vers l'écosystème objectif.

Écosystème objectif de la restauration (4)

La cible du restaurateur, l'écosystème objectif de la restauration, est avant tout un système écologiquement viable, c'est-à-dire capable de fonctionner et de s'adapter à son environnement. Il peut n'être éventuellement qu'un stade initial d'une succession naturelle progressive (une pelouse par exemple dans une succession naturelle menant à la forêt). L'écologie de la restauration ne cherche pas ainsi à rétablir la stabilité supposée du climax, mais à établir un système présentant une intégrité fonctionnelle. Une certaine connaissance du climax, point focal de l'écologie classique, sera néanmoins utile pour mieux comprendre le fonctionnement des écosystèmes et l'expression des facteurs du milieu.

Figure 1

**LES PROCESSUS ÉCOLOGIQUES, LES PHASES ET STADES MIS EN JEU
AU COURS DE LA RESTAURATION D'UN ÉCOSYSTÈME FORESTIER**



De plus, l'écosystème objectif est un "écosystème considéré comme indigène et historique". Cette décision, qui pourrait sembler fondée par l'éthique et l'arbitraire, n'est en fait qu'une précaution technique afin d'atteindre rapidement la viabilité écologique recherchée. Celle-ci est en effet délicate à obtenir compte tenu du peu de connaissances que l'on possède généralement sur le fonctionnement des écosystèmes à restaurer.

QUELQUES MOYENS D'ACTION POUR RÉUSSIR LA RESTAURATION FORESTIÈRE

Stratégie de restauration

L'écologie de la restauration, c'est avant tout bien sûr un canevas de réflexion et d'action (Wyant et al., 1995) ayant pour objectif la restauration des écosystèmes. Mais c'est également des moyens particuliers, une approche fondée sur les connaissances de l'écosystème, et que nous illustrons par quelques éléments importants en forêt, écosystème complexe s'il en est. Au delà de l'état boisé, le restaurateur doit s'attacher à recréer le sol et les autres compartiments fonctionnels de l'écosystème (Lenz et Haber, 1992). Pour cela, il utilise à son profit les notions d'écosystème, de station, de dynamique.

Les variations micro-stationnelles sont d'autant plus fortes que les milieux dégradés sont très contrastés. La restauration tente de s'adapter au mieux à ces variations, soit en traitant de façon différente deux types de stations bien individualisés, soit en restaurant seulement les types de station les plus favorables et en les utilisant comme point d'appui pour la restauration, par dynamique naturelle, du reste du secteur. Ainsi, comprendre et utiliser au profit de la restauration la dynamique naturelle, à l'échelle de l'écosystème ou du paysage (écocomplexe), est tout aussi fondamental. Cela s'avère à la fois un plus écologique et économique (investissement minimal).

De nombreux exemples de restauration existent en matière forestière ; nous citons ci-après quelques-uns des éléments fréquemment étudiés, le sol, le microclimat forestier et la diversité biologique, soit que ces compartiments interviennent de façon prioritaire, soit qu'ils puissent servir d'indicateur de l'avancement de la restauration.

Amélioration des sols

La restauration des sols est une entreprise délicate qui nécessite du temps, des siècles. La non-destruction du sol forestier lors d'une opération d'aménagement devrait donc être une priorité. Le déplacement du sol forestier, et donc de sa banque de semences, lors de la construction du terminal anglais du tunnel sous la Manche (Helliwell *et al.*, 1996) est à ce titre exemplaire car il anticipe la restauration.

Toutefois, bien des projets de restauration forestière sont confrontés à des sols déjà dégradés, par érosion notamment. La stabilisation du sol par le génie rural et biologique engage des processus pédologiques conduisant à la fragmentation du substrat et l'accumulation de matières minérales et organiques dans les horizons superficiels. Des travaux forestiers de préparation du sol (sous-solage, remodelage, drainage,...) peuvent participer à améliorer les caractéristiques du sol.

La contrainte édaphique s'exprimera également de façon différente selon le type et l'intensité de l'activité biologique se mettant progressivement en place. Ainsi, l'étude biologique et fonctionnelle des sols réhabilités permet d'évaluer l'état d'avancement du processus de restauration. Ponctuellement, elle peut amener à des actions complémentaires de biostimulation des sols (Brun *et al.*, 1987).

Sur le plan chimique, une fertilisation peut être utilisée au début de la restauration (à la plantation par exemple). Cependant, l'écosystème restauré doit être à terme écologiquement fonctionnel. Aussi, aura-t-on plus fréquemment recours aux espèces améliorantes (Higashi *et al.*, 1994) et aux plants forestiers mycorhizés (Roldan et Albaladejo, 1994).

Recréer un massif forestier pionnier

Pour la réussite des plantations dans les espaces dégradés, il convient d'expérimenter les techniques de reboisement pour les adapter à chaque cas (Ray et Brown, 1995). De plus, à moyen terme, il est nécessaire de restaurer un microclimat forestier (ombrage) susceptible d'accueillir le cortège floristique de l'écosystème objectif de la restauration. Par conséquent, lors de la phase de réhabilitation, on est amené à choisir les essences rustiques à comportement pionnier les mieux adaptées pour assurer la transition (Austad et Skogen, 1990 ; Fischer, 1995 ; Guariguata *et al.*, 1995 ; Mc Chesney *et al.*, 1995).

Restauration de la diversité biologique

La restauration de la diversité de l'écosystème, végétale et animale, est à la fois un objectif, parfois unique (habitat d'espèces rares), et un atout pour la réussite du programme (adaptation aux conditions écologiques et facilitation de la phase d'accompagnement).

Dans le domaine végétal, celle-ci peut parfois se redéployer naturellement de façon rapide. Pour définir une opération de restauration, une évaluation des trois domaines clés conditionnant la distribution des espèces s'impose :

- l'autécologie des espèces, soit disponibles pour la réhabilitation, soit susceptibles d'apparaître dans l'écosystème réhabilité au fil des modifications du milieu (Sturges et Atkinson, 1993) ;
- les conséquences des perturbations sur la banque de semences du sol et sa reconstitution dans le temps (Trabaud, 1994 ; Van Der Valk, 1988) ;
- les flux de graines entrant dans l'espace à restaurer par dissémination à partir des semenciers (Robinson et Handel, 1993).

In fine, le restaurateur peut intervenir dès la phase de réhabilitation pour réintroduire ou accélérer la dynamique de certaines espèces, de façon diffuse ou sous la forme de placeaux à biodiversité maximale. Une intervention est également souvent souhaitable au cours de l'accompagnement de l'écosystème réhabilité (enrichissement en espèces).

APPLICATIONS DANS LES ESPACES FORESTIERS

« *Nous avons mangé la forêt* » s'exclame J.-F. Dobremez (1992), depuis fort longtemps en Europe et pour le développement durable de notre civilisation, ajouterions-nous. Toutefois, depuis le XIX^e siècle, la principale réussite des forestiers français n'a-t-elle pas été de recréer et valoriser de vastes étendues forestières ? De nombreux programmes de "régénération de la nature végétale" (Rauch, 1818), de restauration, appliquent ainsi depuis plus de 130 ans certaines idées de l'écologie de la restauration.

Écologie de la restauration et forêts de montagne

Dès le début du XIX^e siècle, il s'est exprimé une prise de conscience de la nécessité de restaurer les forêts de montagne : « *Puisque le temps est si lent à reproduire ce que l'homme a détruit dans un instant (...) soyons dociles à la voix du malheur qui nous crie de replanter avec célérité nos antiques montagnes* » (Rauch, 1818). Que ce soit pour lutter contre l'érosion ou les risques naturels (avalanches, crues torrentielles, chutes de bloc), la restauration écologique des montagnes fut le cheval de bataille des forestiers de la RTM. La vision globale et écologique de l'époque, les techniques variées expérimentées (des marnes arides des Alpes du Sud au reboisement d'altitude, sans oublier la revégétalisation herbacée) en font une riche expérience insuffisamment valorisée. Nous nous attarderons dans un prochain article sur l'exemple de la RTM sur marnes noires dans les Alpes du Sud, car la restauration y est plus que jamais d'actualité.

Écologie de la restauration et espaces forestiers méditerranéens

La Défense et Restauration des Sols (DRS) et les programmes de reboisement contemporains concernant les régions Provence-Alpes-Côte d'Azur, Languedoc-Roussillon et Corse sont également des programmes de restauration poursuivant à long terme des objectifs du même ordre. L'approche technique mise en œuvre développe principalement deux aspects, la lutte contre la perturbation "incendies" et la reconstitution d'une couverture forestière moins inflammable, et potentiellement plus productive, au travers de l'introduction d'exotiques (Cèdre, Sapins méditerranéens). Des approches suivant les concepts de l'écologie de la restauration sont apparues récemment, réservant dans les reboisements des zones pour l'installation de la diversité des feuillus indigènes.

Écologie de la restauration et biodiversité

La liste des espèces menacées ou disparues du fait de changements environnementaux ou de perturbations comprend des espèces tant animales que végétales. Pour ne citer que quelques espèces animales dont la gestion concerne les forestiers méditerranéens, rappelons l'exemple de la tortue

d'Hermann ou de la vipère d'Orsini, dont les populations sont respectivement menacées par des incendies trop fréquents et, à l'inverse, un retour de la forêt suite à la déprise pastorale. La conservation à long terme de leurs populations nécessite une réflexion sur la gestion écologique, voire la restauration, des habitats qu'elles occupent.

Écologie de la restauration et pays en voie de développement

Il n'est nul besoin d'être un grand voyageur pour se rendre compte qu'en bien des points de notre planète, les espaces forestiers sont parmi les premiers détruits, pour les besoins de développement des sociétés humaines. Des plateaux semi-arides de la Mongolie intérieure aux flancs subtropicaux humides de l'Himalaya, des badlands à Lallang de l'Indonésie équatoriale au barrage vert de la rive méridionale de la Méditerranée, les projets de restauration forestière trouvent un relief particulier dans les pays en voie de développement. Les restaurateurs et forestiers sauront-ils ne pas les oublier ?

D. VALLAURI - Ch. CHAUVIN
Secteur Forêts de Montagne
CEMAGREF
2, rue de la Papeterie
BP 76
F-38402 SAINT-MARTIN-D'HÈRES

BIBLIOGRAPHIE

- ARONSON (J.), FLORET (C.), OVALLE (C.), PONTANIER (R.). — Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands. I. A view from the south. — *Restoration Ecology*, n° 1, 1993, pp. 8-17.
- ARONSON (J.), FLORET (C.), LE FLOC'H (E.), OVALLE (C.), PONTANIER (R.). — Restauration et réhabilitation des écosystèmes dégradés en zones arides et semi-arides. Le vocabulaire et les concepts. *In* : L'Homme peut-il refaire ce qu'il a défait ? / R. Pontanier, A. M'Hiri, N. Akrimi, J. Aronson, E. Le Floc'h Eds. — 1995. — pp. 11-29.
- AUSTAD (I.), SKOGEN (A.). — Restoration of a deciduous woodland in western Norway formerly used for fodder production : effect on tree canopy and field layer. — *Vegetatio*, vol. 88, n° 1, 1990, pp. 1-20.
- BERGER (J.J.). — Ecological restoration and nonindigenous plant species : a review. — *Restoration Ecology*, n° 1, June 1993, pp. 74-82.
- BRUN (J.-J.), CLUZEAU (D.), TREHEN (P.), BOUCHE (M.B.). — Biostimulation : perspectives et limites de l'amélioration biologique des sols par stimulation ou introduction d'espèces lombriciennes. — *Revue d'Écologie et Biologie du Sol*, vol. 24, n° 4, 1987, pp. 685-701.
- DINGER (F.). — Les Techniques de réhabilitation des domaines skiables. — *Ingénieries*, n° 4, 1995, pp. 15-22.
- DOBREMEZ (J.-F.). — Les Forêts, des arbres mais tant d'autres choses. — Éditions Rageot, 1992. — 175 p.
- FISCHER (R.F.). — Amelioration of degraded rainforest soils by plantations of native trees. — *Soil Science Society of America Journal*, vol. 59, n° 2, 1995, pp. 544-549.
- GUARIGUATA (M.R.), RHEINGANS (R.), MONTAGNINI (F.). — Early woody invasion under tree plantations in Costa Rica : implications for forest restoration. — *Restoration Ecology*, vol. 3, n° 4, 1995, pp. 252-260.
- HELLIWELL (D.R.), BUCKLEY (G.P.), FORDHAM (S.J.), PAUL (T.A.). — Vegetation succession on a relocated ancient woodland soil. — *Forestry*, vol. 69, n° 1, 1996, pp. 57-74.
- HIGASHI (S.), YONEYAMA (T.), HIGASHI (S.). — Forest-restoration effect at *Alnus hirsuta* (Spach) Rupr. plantations on two small islands in northern Japan. — *Kagoshima Daigaku Rigakubu Kiyō. Chigaku seibutsugaku*, n° 27, 1994, pp. 209-219.
- LENZ (R.), HABER (W.). — Approaches for restoration of forest ecosystems in northeastern Bavaria. — *Ecological Modelling*, vol. 63, 1992, pp. 299-317.

- Mc CHESNEY (C.J.), KOCH (J.M.), BELL (D.T.). — Jarrah forest restoration in western Australia : canopy and topographic effects. — *Restoration Ecology*, vol. 3, n° 2, 1995, pp. 105-110.
- RAUCH (F.A.). — Régénération de la nature végétale, ou recherches sur les moyens de recréer, dans tous les climats, les anciennes températures et l'ordre primitif des saisons, par des plantations raisonnées, appuyées de quelques vues sur le ministère que la puissance végétale semble avoir à remplir dans l'harmonie des éléments. — Paris : Didot L'Ainé, Imprimeur du Roi, 1818. — Tome premier, 502 p.
- RAY (G.J.), BROWN (B.J.). — Restoring caribbean dry forests : evaluation of tree propagation techniques. — *Restoration Ecology*, vol. 3, n° 2, 1995, pp. 86-94.
- ROBINSON (G.R.), HANDEL (S.N.). — Forest restoration on a closed landfill : rapid addition of new species by bird dispersal. — *Conservation Biology*, vol. 7, n° 2, 1993, pp. 271-278.
- ROLDAN (A.), ALBALADEJO (J.). — Effect of mycorrhizal inoculation and soil restoration on the growth of *Pinus halepensis* in semiarid soil. — *Biology and Fertility of Soils*, vol. 18, n° 2, 1994, pp. 143-149.
- STURGESS (P.), ATKINSON (D.). — The clear-felling of sand-dune plantations : soil and vegetational processes in habitat quaking fens from floating forests. — *Vegetatio*, n° 76, 1988, pp. 3-13.
- TRABAUD (L.). — Diversity of the soil seed bank in a *Quercus ilex* Mediterranean forest. — *Biological Conservation*, vol. 69, n° 1, 1994, pp. 107-114.
- VAN DER VALK (A.G.), VERHOEVEN (J.T.A.). — Potential role of seed banks and understorey vegetation in restoring quaking fens from floating forests. — *Vegetatio*, n° 76, 1988, pp. 3-13.
- WYANT (J.G.), MEGANCK (R.A.), HAM (S.H.). — The need for an environmental restoration decision framework. — *Ecological engineering*, n° 5, 1995, pp. 417-420.

L'ÉCOLOGIE DE LA RESTAURATION APPLIQUÉE À LA FORÊT (Résumé)

La restauration écologique des espaces forestiers dégradés est une entreprise difficile, demandant une vision globale et à long terme de la structure, de la diversité, du fonctionnement et de la dynamique de l'écosystème objectif. Dans ce but, un schéma des processus écologiques permettant la réussite de la restauration est présenté. Il détaille les deux principales phases de la restauration (réhabilitation et accompagnement des écosystèmes réhabilités) et les divers stades de l'écosystème forestier (stade dégradé, réhabilité, objectif). Les auteurs insistent ensuite sur les moyens d'action mis en avant par l'écologie de la restauration et le vaste champ d'applications de cette discipline en matière forestière.

RESTORATION ECOLOGY APPLIED TO FOREST ECOSYSTEMS (Abstract)

Ecological restoration of degraded forest lands is a difficult undertaking which requires a global and long-term view on the structure, diversity, functioning and dynamics of the target ecosystem. To feed that aim, a framework of the ecological processes leading to forest restoration is presented. It describes the two main phases of restoration (rehabilitation and orientation of rehabilitated ecosystems) and the various successive stages (degraded ecosystem, rehabilitated ecosystem, target ecosystem). Then the authors point out the particular means of restoration ecology and the importance of the needs to implement restoration in forestry.
