

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse  
**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein  
**Band:** 103 (1952)  
**Heft:** 6-7  
  
**Artikel:** Le climax du sol de la chênaie atlantique française  
**Autor:** Duchaufour, P.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-765670>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 16.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

végétation, dû au défrichement et à la destruction de l'association climacique qui est le *Piceetum subalpinum* (pessière subalpine); vu la densité de l'aune, les éléments de cette unité phytosociologique n'arrivent plus à se réinstaller par la voie naturelle; c'est pourquoi il est prévu d'y planter de l'épicéa après avoir éclairci l'aunaie par placettes; dans la partie supérieure du périmètre, on associera à cette essence le mélèze. La moraine a été colonisée surtout par le *Rhodoreto-Vaccinietum* (association de rhododendron et de myrtille), dans lequel on introduira de préférence l'arole qui en est l'élément essentiel. Le pâturage, où s'est développé le *Nardetum alpigenum*, n'occupe que de faibles surfaces entre l'aunaie buissonnante et le tapis de rhododendron et il est souvent déjà occupé par des arbustes; c'est pourquoi l'introduction d'essences préparatoires y est jugée superflue et le mélèze y sera planté directement; sous son couvert, l'épicéa s'installera par la voie naturelle et contribuera ainsi à constituer un peuplement mélangé.

Pour terminer, l'auteur insiste sur la nécessité de créer, là où n'existe aucune manifestation d'un retour spontané vers la forêt, un peuplement préparatoire s'incorporant de façon organique dans la succession naturelle des végétaux; une telle formation pionnière s'impose en particulier sur les sols dégradés, sur les terrains neufs qui doivent être consolidés; elle ameublit le substratum, l'enrichit, elle protège les essences précieuses contre le gel, le vent, le dessèchement et peut contribuer à améliorer la qualité des bois d'œuvre.

Ed. Rieben

## Le climax du sol de la chênaie atlantique française

Par Ph. Duchaufour, Nancy

### Introduction

A première vue, il peut paraître étonnant d'utiliser le terme de «climax» à propos du sol, ce terme étant de préférence réservé aux associations végétales: cependant, comme la végétation, le sol évolue, se modifie avec le temps, jusqu'à ce qu'il atteigne un *équilibre stable*, qui dépend essentiellement des facteurs climatiques; c'est bien là la définition d'un climax. On a pu observer ainsi les étapes de la colonisation, par la végétation, de roches résultant d'un dépôt récent et les phases de l'évolution du sol qui accompagne cette colonisation: c'est ce qu'a fait, par exemple, Ludi<sup>1</sup> pour les moraines glaciaires du glacier d'Aletsch; l'âge des sols dans ce cas particulier a pu même être évalué. Cet auteur a constaté que non seulement le sol s'approfondit peu à peu, mais encore qu'il acquiert des propriétés de plus en plus indépendantes de la roche-mère initiale, propriétés qui sont étroitement liées, par contre, à la végétation qui s'installe: *A une végétation climacique correspond donc un sol climacique.*

<sup>1</sup> Ludi, W.: Besiedlung und Vegetationsentwicklung auf den jungen Seitenmoränen des großen Aletschgletschers, 77 p. Forschungsinst. Rübel, Zürich, 1945.

Le même phénomène a été clairement mis en évidence par Braun-Blanquet et Jenny<sup>2</sup> à propos des sols de l'étage alpin. Le *climax*, qui est le *sol alpin humique*, très acide, et lié étroitement à la pelouse alpine, s'observe aussi bien sur roche-mère calcaire que sur roche-mère siliceuse: des sols à pH 4,5 peuvent ainsi reposer sur des roches à pH de l'ordre de 8! Cette simple constatation prouve à quel point le climax d'un sol peut être *indépendant de la roche-mère*, alors qu'il est étroitement lié aux conditions de climat et de végétation.

Pallmann<sup>3</sup> a modifié quelque peu cette notion de climax des sols en montrant que les sols ayant terminé leur évolution sur des roches-mères différentes ne sont pas toujours absolument semblables sur la totalité de leur profil: seuls les horizons supérieurs sont identiques, les horizons profonds diffèrent. Cet auteur a qualifié ces sols de sols «*analogues*». Ainsi à l'étage subalpin, au *podzol* formé sur roche-mère siliceuse, correspond la *rendzine dégradée* sur roche-mère calcaire: les horizons supérieurs, à la fois très humifères et très acides, sont seuls semblables. C'est à cette conception de «sols analogues», par leurs horizons supérieurs, bien qu'ils soient formés sur des roches-mères très différentes, que nous avons abouti, à propos de l'étude des sols climatiques de la chênaie atlantique.

Ainsi le sol dépend essentiellement du climat — climat général et local — qui exerce évidemment sur son évolution une action directe, mais qui l'influence aussi *indirectement par l'intermédiaire de la végétation*: celle-ci joue un rôle primordial dans la vitesse et l'orientation de cette évolution du sol. En schématisant quelque peu, on peut admettre qu'elle agit de quatre manières:

1° *Par le microclimat* qu'elle favorise. Ainsi en régions au climat sec, par l'ambiance plus humide et plus ombragée qu'elle contribue à créer, la *forêt* protège l'humus d'une destruction totale, en ralentissant l'activité biologique. Dès que la forêt est détruite, lorsque le sol est exposé à l'insolation, l'humus disparaît et, en conséquence, la structure se modifie.

2° *Par la profondeur de l'enracinement*: Sous forêt, l'enracinement profond favorise au maximum les courants d'eau descendants, ce qui provoque le lessivage des éléments solubles ou colloïdaux.

3° *Par l'humus qu'elle produit*: L'influence essentielle de la végétation sur le sol est liée en effet à la nature de la *matière organique*, fournie par les débris végétaux; suivant la teneur en azote et en *cendres*, en *bases* des débris végétaux, ceux-ci se décomposent plus ou moins

---

<sup>2</sup> Braun-Blanquet, J., et Jenny, H.: Vegetationsentwicklung und Bodenbildung in der alpinen Stufe der Zentralalpen. Neue Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges., 65, 1926.

<sup>3</sup> Pallmann, Richard, Bach: Über die Zusammenarbeit von Bodenkunde und Pflanzensoziologie, pp. 57—95. Un. internationale des Instituts de rech. forestières. 10<sup>e</sup> Congrès, Zurich, 1949.

vite: les tissus durs, lignifiés, pauvres en matières minérales se décomposent plus lentement que les tissus jeunes, cellulosiques, riches en azote et en matières minérales.

Ainsi, *grosso modo*, on peut distinguer quatre types d'humus:

- *l'humus de Graminées*: saturé de calcium, neutre, à décomposition rapide; il se mélange au sol minéral, auquel il confère une structure en grumeaux;
- *l'humus de forêt feuillue*: incomplètement saturé de calcium, un peu acide, à décomposition rapide également; il devient colloïdal et se mélange au sol minéral;
- *l'humus de forêt résineuse et d'Ericacées*: très acide, à décomposition lente; il forme une couche noire (humus brut ou Mor) au-dessus du sol minéral;
- *l'humus formé en conditions mal aérées* par anaérobiose: c'est l'humus tourbeux, d'acidité variable, mais toujours à décomposition lente.

4° *Par la protection plus ou moins efficace* contre l'érosion, le rajeunissement du sol. La forêt protège mieux le sol contre l'érosion que la pelouse, la steppe. Les sols nus ou cultivés sont évidemment les plus exposés à l'érosion. C'est donc sous forêt qu'on trouvera, en général, les sols pédologiquement les plus évolués.

Le sol climacique est donc le résultat d'un *équilibre biologique*, maintenu par la végétation climacique: Que va-t-il se produire, si la végétation climacique est détruite par l'intervention d'une action perturbatrice, par exemple une action biotique, incendie, pâturage, coupe abusive? L'équilibre biologique se trouvera brusquement rompu, le sol subira alors une nouvelle évolution qui sera, non plus *progressive*, c'est-à-dire orientée vers le climax, mais *régressive*, c'est-à-dire *s'éloignant du climax*: nous verrons que, dans certains cas, on observera un simple rajeunissement par érosion (c'est ce que P a l l m a n n appelle une «régression»), dans d'autres cas, une nouvelle évolution pédologique, différente de la normale, se développera (c'est ce que P a l l m a n n appelle une «dégradation»).

Nous allons examiner succinctement: 1° Quel est le sol climacique de la chênaie atlantique. 2° Quels sont les cas d'évolution régressive possibles. 3° Comment une nouvelle évolution progressive peut reconstituer le sol climacique.

### I. Le climax du sol forestier en climat atlantique

Par sa protection contre l'érosion et le rajeunissement, par la profondeur de son enracinement, par l'humus peu acide à décomposition très rapide (Mull) qu'elle produit, la forêt influence profondément son sol: elle modifie progressivement ses propriétés physiques ou chimiques extrêmes et les ramène vers la moyenne; *elle corrige les caractères par-*

*fois excessifs de la roche-mère*, donnant ainsi naissance à un profil pédologique relativement constant, à condition bien entendu que l'évolution normale n'ait pas été perturbée au cours des âges. C'est dans les vieilles forêts domaniales, peu soumises aux vicissitudes historiques, aux dégradations humaines ou biotiques, qu'on peut observer le profil climatique, qui est celui d'un *sol brun forestier lessivé*, le degré de lessivage de l'argile et du fer ne variant que dans de faibles limites. Le profil est alors le suivant:

Horizon  $A_0$  — réduit à une litière mince de feuilles mortes.

Horizon  $A_1$  — de quelques centimètres — humus doux (Mull), à structure grumeleuse, mélangé au sol minéral.

Horizon  $A_2$  — horizon ocre ou brun, décarbonaté, même sur roche-mère calcaire.

Horizon B — horizon plus compact et plus foncé que  $A_2$ , caractérisé par une accumulation moyenne d'argile et de fer.

Notons que si les caractères des horizons  $A_0$  et  $A_1$  sont remarquablement constants, au moins dans la forêt en bon état — structure en grumeaux, pH 5,5 à 6,5, teneur en matière organique de 3 à 5 % sur une épaisseur de quelques centimètres — les horizons  $A_2$  et B diffèrent davantage, suivant les stations, par leur structure, leur texture et leurs propriétés chimiques; on rejoint donc la conception de sols analogues du professeur P a l l m a n n .

Ainsi, la forêt «fabrique» son sol; voyons de manière plus détaillée comment elle agit sur ses différentes propriétés.

### 1. Propriétés chimiques

La forêt uniformise les pH et le complexe absorbant: si la roche-mère est acide, l'humus relève le pH superficiel, en concentrant en surface les ions calcium prélevés en profondeur par les racines. Si, au contraire, la roche-mère est alcaline (calcaire), les acides humiques agissent dans le sens d'une *décarbonatation* progressive du profil, par solubilisation des carbonates qui sont entraînés par lessivage; ils provoquent même une certaine décalcification du complexe absorbant. Le Mull est un humus légèrement acide, incomplètement saturé, qu'on peut écrire humus  $C^+ C^{++}$ ; le pH oscille entre 5,5 et 6,5.

### 2. Propriétés physiques

Elles sont aussi uniformisées dans l'horizon  $A_1$ . Lorsque la roche-mère manque de colloïdes, l'humus forestier pallie cet inconvénient en fournissant le ciment nécessaire à la formation des agrégats. Si, au contraire, la roche-mère, trop argileuse, donne des colloïdes en excès, l'humus lui confère une structure en grumeaux qui corrige cette propriété défavorable, en augmentant la porosité non capillaire, aux dépens de la porosité capillaire trop élevée. En même temps, l'enracinement pro-



fond de l'arbre draine le sol et abaisse le plan d'eau s'il a tendance à se former trop superficiellement; l'aération est ainsi assurée.

### 3. Propriétés pédologiques

Un certain lessivage des colloïdes, oxydes de fer et argile, se produit en forêt par entraînement mécanique en profondeur. Mais il aboutit rapidement à un équilibre grâce à la compensation exercée par les phénomènes de remontée, sous l'influence de l'activité biologique intense. Le taux d'argile et de fer en B est au maximum 2 à 3 fois plus élevé que les taux correspondants de A<sub>1</sub> ou A<sub>2</sub> (sol brun lessivé N<sub>1</sub> ou N<sub>1</sub>V<sub>2</sub> de la classification française).

En effet, grâce à sa minéralisation rapide, le Mull ne favorise que dans une faible mesure l'entraînement des colloïdes minéraux: les colloïdes humiques ne peuvent gagner par migration les horizons inférieurs et ne provoquent pas cette véritable *dégradation* du complexe absorbant qu'est la *podzolisation*.

A ce sol climacique que nous venons de définir brièvement correspond, bien entendu, une végétation climacique: c'est la «flore d'humus doux» à espèces faiblement acidiphiles, relativement exigeante, par contre, au point de vue de la nutrition azotée. Citons quelques espèces: *Melica uniflora*, *Milium effusum*, *Lamium galeobdolon*, *Asperula odorata*, *Anemone nemorosa*, etc.

## II. L'évolution régressive des sols forestiers en climat atlantique

Mais l'équilibre, que nous venons de décrire, n'offre pas toujours des conditions de stabilité parfaites: ici intervient la roche-mère. Sur une roche-mère du type «terre franche», neutre et à bonne composition granulométrique, cet équilibre est stable: l'action destructrice de l'homme peut s'exercer, de façon renouvelée et prolongée, sans que l'équilibre du sol forestier soit gravement compromis.

Mais si la roche-mère présente un défaut physique ou chimique important, au contraire, l'équilibre peut se rompre aisément. Lorsque la forêt est détruite, le sol se modifie, il s'éloigne du profil climacique: il s'agit donc d'une *évolution régressive* qui accompagne l'évolution régressive de la végétation et, cette fois, le *résultat de cette évolution régressive est essentiellement différent suivant la roche-mère*.

Les phases successives sont, en général, les suivantes:

- 1° Disparition de l'humus forestier, par suite du changement de microclimat, et de la suractivation momentanée de l'activité bactérienne.
- 2° Modification de la flore.
- 3° Substitution à l'humus forestier primitif, d'un humus à propriétés physico-chimiques différentes, très variable suivant les caractères de la roche-mère:

- humus calcique, alcalin, sur roche-mère calcaire (Graminées);
- humus tourbeux, non aéré, sur roche-mère compacte imperméable;
- humus brut, très acide, sur roche siliceuse filtrante (Ericacées).

Nous résumons brièvement les étapes de la dégradation des sols forestiers dans trois cas, choisis parmi les plus caractéristiques:

### 1. Roche-mère calcaire

Après destruction de la forêt, l'érosion plus active enlève les horizons superficiels. La roche-mère sous-jacente soumise à des alternances de température considérables, faute de protection, se désagrège et se délite: ainsi le sol se charge de calcaire fin, actif chimiquement, qui sature l'humus. L'association à Graminées xérophiles (*Bromus erectus*, *Brachypodium pinnatum*, *Festuca duriuscula*), qui couvre le sol, donne un humus neutre, à décomposition rapide qui ne dissout pas le calcaire, comme le faisait le Mull forestier. Ainsi le sol prend peu à peu une réaction alcaline ( $pH$  7,5 à 8) et une structure en gros grumeaux très stables par floculation énergique des colloïdes: c'est une *rendzine*, un sol superficiel, sec et pauvre. Dans ce cas particulier, la dégradation est essentiellement un *rajeunissement*, au cours duquel les processus pédologiques proprement dits sont peu marqués.

### 2. Roche-mère argileuse compacte (en station mal drainée)

Toute coupe brutale, dans ces conditions, provoque une remontée du plan d'eau, donc un défaut d'aération et une diminution de l'activité biologique: l'humus s'accumule et il devient un Mor tourbeux ou une tourbe; en même temps les colloïdes se dispersent et les agrégats se détruisent. Des phénomènes réducteurs apparaissent au sein du profil et provoquent la formation d'un horizon de *Gley* gris bleuâtre à taches rouilles, à faible profondeur. Le sol devient un *sol tourbeux à Gley*, caractérisé par une lande humide ou une tourbière de nature variable suivant la richesse en bases de la roche-mère: lande humide à *Molinia coerulea* et *Erica tetralix*, tourbière à *Sphagnum*, si l'acidité est forte; au contraire, tourbière à *Cyperacées*, à *Joncs*, à *Phragmites*, à *Schoenus nigricans*, si la richesse en éléments minéraux est élevée.

### 3. Roche-mère siliceuse filtrante

Dans ce cas, la dénudation du sol produit l'effet inverse: à la suite de l'insolation prolongée et de l'invasion du sol par des espèces acidifiantes de la lande (*Ericacées*, *Calluna vulgaris*, *Erica cinerea*), l'humus s'acidifie ( $pH$  4 à 5): il se transforme en humus brut, à décomposition lente (Mor), les colloïdes humiques se dispersent et la structure en grumeaux se détruit. Non seulement les acides humiques dispersés migrent en profondeur, en entraînant avec eux, sous forme de complexes, les colloïdes minéraux, notamment le fer, mais encore ils dégradent presque

entièrement le complexe absorbant des horizons supérieurs: l'horizon  $A_2$ , en effet, prend une couleur et une structure cendreuse et il se compose presque uniquement de grains de quartz très fins. Le Mor exerce donc une véritable *podzolisation chimique* des horizons minéraux, phénomène que nous opposons au *lessivage*, simple processus d'entraînement mécanique, observé dans les sols forestiers non ou peu dégradés.

Sous les landes très anciennes, on trouve ainsi des *podzols* caractérisés, dont le profil est le suivant:

- $A_0$ : épaisse couche d'humus brut (Mor), très acide, en surface;
- $A_2$ : horizon *cendreuse*, pulvérulent;
- B : horizon d'accumulation enrichi en argile et en fer, souvent même en humus qui forme une bande noire au-dessus de l'horizon argilo-ferrique, de couleur ocre rouille.

Lorsque la dégradation est moins poussée, moins ancienne (lande jeune, roche-mère résistant à la podzolisation, soit par son imperméabilité, soit par sa richesse en bases), on trouve non des podzols typiques, mais des *sols podzoliques*, à caractères moins accentués, en voie d'évolution vers le podzol; la flore, moins riche en Ericacées, est alors surtout constituée par des espèces acidiphiles sociales: *Pteridium Aquilinum*, *Deschampsia flexuosa*.

### III. L'évolution progressive vers le climax

L'évolution inverse; le retour à l'association primitive, la forêt sur sol brun, sont-ils possibles, et sous quelles conditions?

Lorsque cette *progression* est possible, elle est en général *lente* et doit passer par des étapes intermédiaires, des associations transitoires, alors que la régression est souvent *brutale*.

C'est ainsi que les espèces herbacées ou les sous-arbrisseaux, de l'association dégradée, cèdent la place à des *espèces ligneuses colonisatrices*, celles-ci sont ensuite progressivement remplacées par les *espèces ligneuses climaciques* (en général hêtres et chênes); le sol passe lui-même par des étapes intermédiaires caractéristiques; l'humus se modifie favorablement et le profil redevient celui d'un sol brun peu lessivé.

L'évolution progressive est plus ou moins aisée suivant le type de dégradation que nous avons envisagé précédemment.

1° *Sur les rendzines* à pelouse, la progression est en général facile. L'association colonisatrice est, le plus souvent, une *Fruticée* composée d'arbustes héliophiles et neutrophiles: *Cornus Sanguinea*, *Ligustrum vulgare*, *Evonymus europaeus*, *Acer campestre*, dont l'humus, assez acidifiant, provoque le début de la décalcification de la rendzine. Peu à peu, la forêt sur sol brun décarbonaté s'installe à son tour.

2° *L'évolution progressive sur sols tourbeux à Gley* se réalise plus difficilement dans la nature: elle est généralement aidée par l'interven-



tion humaine, qui reboise fréquemment ces stations à l'aide de résineux. L'essence transitoire peut être aussi une essence colonisatrice des sols humides, l'aune glutineux (*Alnus glutinosa*), accompagnée de bourdaine (*Rhamnus Frangula*) qui, en abaissant le plan d'eau et en étouffant la molinie par son couvert, permet la réinstallation du chêne, en l'occurrence du chêne pédonculé (*Quercus pedunculata*). En même temps, le Gley régresse et la tourbe se décompose peu à peu: le sol brun se reconstitue.

3° *La progression sur sol podzolique et sur podzol* présente le maximum de difficulté. Elle est encore possible lorsque la dégradation de la forêt est peu accentuée (lande jeune ou forêt très claire à espèces sociales: *Pteridium aquilinum*, *Deschampsia flexuosa* sur sol fortement lessivé ou podzolique); l'espèce colonisatrice transitoire est alors le bouleau, *Betula verrucosa*, auquel le forestier préfère, en général, divers résineux (pins), qu'il utilise comme essence de reboisement destinée à accélérer l'évolution du sol et de la végétation.

La reprise de l'activité biologique assure l'amélioration de l'humus et de la structure, et provoque un brassage des horizons favorisant le retour au sol brun.

Par contre, l'évolution progressive vers le climax forestier semble impossible si l'on se trouve en présence d'une *vieille lande sur podzol*, sur roches-mères siliceuses filtrantes, très pauvres en bases.

D'après ce que nous avons constaté, la régénération naturelle des feuillus ne peut avoir lieu dans ces conditions. Les rares semis naturels d'essences frugales (bouleau verruqueux) que nous avons pu observer dans ces stations ne tardent pas à se dessécher. Le podzol est un sol de lande, ce n'est plus un sol forestier; la nutrition de l'arbre, du semis notamment, ne peut plus être assurée: les horizons  $A_0 A_1$  sont trop acides pour permettre la germination des graines de feuillus et ils sont physiologiquement secs. La décomposition de la matière organique, toujours très lente, ne donne lieu qu'à un dégagement d'ammoniaque trop faible pour permettre la nutrition azotée du semis. La nutrition minérale est également défectueuse, les bases étant énergiquement retenues par l'humus acide. L'horizon  $A_2$ , entièrement siliceux, est absolument stérile; enfin l'horizon B, plus favorable au point de vue chimique, est trop compact pour permettre la pénétration des racines.

Notons que les pins paraissent être les seules espèces forestières qui peuvent vivre sur les podzols; leur nutrition azotée et minérale est, en effet, assurée par les mycorhizes qui arrivent à décomposer l'humus de l'horizon  $A_0$ . Mais la vie des espèces feuillues, déjà précaire sur les sols podzoliques, devient impossible sur les podzols.

Ainsi la dégradation du sol brun vers le podzol paraît être une *évolution régressive irréversible* en climat atlantique. Si l'homme n'inter-

vient pas, la lande à Ericacées sur podzol se comporte en *association stable*: nous la qualifierons de *paraclimax édaphique*.

#### IV. Autres exemples d'évolution régressive

Mais nous devons ici attirer l'attention des lecteurs sur le fait que cette évolution régressive du sol brun lessivé vers le podzol n'est pas, comme dans le cas des sols calcaires, un simple rajeunissement par l'érosion; il s'agit en réalité d'une véritable *évolution pédologique du profil*, qui est orientée *différemment de l'évolution pédologique normale* sous l'influence de la lande («dégradation» du sol).

Si nous observons ce qui se passe, sous d'autres climats, lorsque le climax forestier est détruit, nous constatons qu'il en est ainsi chaque fois que l'effet de l'érosion se double d'une évolution pédologique qui modifie profondément et durablement les propriétés du profil initial: le nouveau sol ainsi formé est *stable*, il retourne rarement au profil climacique primitif par évolution progressive spontanée. Voici quelques exemples:

- *En climat méditerranéen*, le climax forestier est un sol brun, non ou peu lessivé, en équilibre avec la forêt de chêne vert. Si celle-ci est détruite, un simple rajeunissement peut se produire, donnant naissance à un sol rendziniforme, sur calcaire tendre. Par contre, sur les argiles de décalcification des calcaires durs (Terra Rossa), le rajeunissement est accompagné d'un phénomène de *rubéfaction* et le sol devient un «sol rouge». Alors que le premier sol évolue très facilement à nouveau vers le sol brun forestier initial, le second se montre beaucoup plus stable.
- *En climat tropical* à saisons alternées, la destruction de la forêt, caractérisée par un *sol rouge latéritique* meuble, est accompagnée non seulement d'une érosion intense des horizons supérieurs, mais encore d'une profonde modification physique et chimique de l'horizon B ainsi mis à nu: celui-ci durcit fortement, il se charge en oxydes de fer déshydratés et se transforme en *carapace ou cuirasse ferrugineuse*: il s'agit là encore d'un sol paraclimacique stable, portant une savane à Graminées xérophiles et ne permettant pas la réinstallation ultérieure de la forêt.

#### Conclusion

Il nous est maintenant possible de conclure: La dégradation des sols bruns forestiers de la chênaie atlantique, sous l'influence des actions biotiques violentes, aboutit à la formation d'un *nouveau sol*, très différent du profil climacique et présentant des caractères très variables suivant la nature de la roche-mère, rendzine sur sol calcaire, sol tourbeux à Gley sur roche-mère mal drainée, enfin sol podzolique ou podzol,

sur roche siliceuse filtrante. Le simple *rajeunissement* par l'érosion se double, en général, d'une évolution pédologique orientée dans une direction différente de l'évolution climacique. Suivant l'importance et le degré de cette transformation du profil, on peut prévoir que la nouvelle évolution progressive vers le climax, le retour vers l'association forestière initiale, se fera avec une plus ou moins grande facilité: dans les cas extrêmes, toute nouvelle évolution spontanée sera impossible.

Nous pourrions à ce point de vue distinguer trois cas:

### 1. *Simple rajeunissement du profil* («régression»)

Il n'est accompagné que de modifications pédologiques minimales: c'est le cas de la plupart des sols calcaires, la rendzine pouvant être, en plaine, considérée comme un *sol forestier jeune*, enrichi en carbonates actifs: la forêt feuillue se réinstalle rapidement sur les rendzines, si le microclimat n'est pas trop sec.

Mais ce simple «rajeunissement» du profil peut s'observer également sur certaines roches non calcaires: c'est ainsi que les pentes granitiques des massifs anciens de l'Ouest de la France se rajeunissent par érosion, plus vite qu'elles ne se podzolisent, même lorsque, par suite d'une dénudation artificielle (causée par le pâturage le plus souvent), elles se couvrent de landes à bruyères: ces landes, en général riches en espèces reliques de la chênaie, sont différentes des landes sur podzol; elles sont *temporaires, non paraclimaciques*. Dès que l'action biotique perturbatrice vient à cesser, elles évoluent à nouveau très vite vers la forêt.

### 2. *Rajeunissement accompagné d'une évolution pédologique peu accentuée*

Dans ce cas, le retour à l'état primitif du sol et de la végétation est plus difficile; il doit être, le plus souvent, aidé par l'homme. C'est le cas de la dégradation vers les sols tourbeux à Gley, dans lesquels les modifications de structure, d'aération, doublées d'une réduction des sels de fer provoquant la formation d'un Gley, rendent aléatoire la réinstallation de la forêt climacique. Nous avons vu que la nature disposait heureusement d'espèces ligneuses transitoires, particulièrement adaptées à la vie dans ce milieu défavorable et préparant la voie aux espèces climaciques. Mais cette évolution progressive est lente, souvent sujette à des échecs, à des retours en arrière. Dans les cas extrêmes, elle ne se produit pas.

### 3. *Rajeunissement accompagné d'une évolution pédologique profonde* («dégradation»)

C'est le cas de la dégradation aboutissant à une vieille lande sur podzol, dont nous avons dit qu'il s'agissait, selon nous, d'un véritable *paraclimax*. Mais il importe de souligner qu'une évolution aussi com-

plète est assez rare et *localisée sur certaines stations particulières*: en effet, le rajeunissement par érosion s'oppose, dans une certaine mesure, à cette nouvelle évolution: celle-ci doit donc progresser très rapidement pour pouvoir gagner de vitesse l'action contrariante de l'érosion. La podzolisation des sols forestiers n'arrive à son terme — le podzol typique — que sur les roches-mères siliceuses, filtrantes et très acides qui favorisent au maximum ce processus: sables quartzeux de Sologne et des Landes, argiles à silex très drainées et très caillouteuses, affleurements de grès durs dans le Massif armoricain.

La plupart des autres landes atlantiques se trouvent sur des sols à évolution plus lente, dont le degré de podzolisation ou même de lessivage est beaucoup moindre (schistes, roches cristallines ou métamorphiques). Dans ces dernières stations, la reconstitution de la forêt n'apparaît donc pas comme irrémédiablement compromise: tout programme de reboisement doit prévoir leur reconstitution antérieurement à celle des landes sur podzol, dont le sol n'est plus un véritable sol forestier.

### **Zusammenfassung**

In stark humiden Klimagebieten kann oft ein gut feststellbarer funktioneller Zusammenhang zwischen Bodeneigenschaften und Klima beobachtet werden. Dies trifft vor allem für ältere Böden zu. Solche Böden können sogar dann ähnliche, sogenannte analoge Horizonte haben, wenn sie aus Karbonat- oder Granitgesteinen entstanden sind. D u c h a u f o u r nennt, wie auch andere Autoren, solche Böden Klimaxböden.

I. Die Klimaxböden der atlantischen Eichenwälder: Die alten Gemeindewälder, deren Aufbau und Zusammensetzung durch den Menschen in der Vergangenheit meistens nicht wesentlich gestört worden sind, stocken auf Braunerden mit verschiedenem Podsolierungsgrad. Der pH-Wert der Mullhorizonte schwankt zwischen 5,5 und 6,5, der Humusgehalt schwankt zwischen 3 und 5 %. Im Unterboden ist der Tongehalt durch Einlagerung von oben zwei- bis dreimal größer als im Oberboden. Die hohe Bodenaktivität verlangsamt die klimabedingte Podsolierung.

II. Böden, deren Eigenschaften von jenen der Klimaxböden abweichen: Nach Kahlschlägen und sehr starken Bestandeseingriffen entwickeln sich die Böden auf karbonathaltigem Muttergestein in Richtung flachgründige, trockene Rendzinen; auf kompakten, karbonatfreien Tönen in Richtung moorige Gleyböden und auf grobkörnigen Granitgesteinen zu Podsolon.

III. Entwicklung der Böden in Richtung zum Bodenklimax: Durch Kahlschläge erzeugte Rendzinen, moorige Gleyböden und Podsole entwickeln sich z. T. auf natürlichem Weg, z. T. durch künstliche Aufforstung wieder zu Böden vom Klimaxtyp. Die durchlässigen Heidepodsole wandeln sich aber ohne menschliche Hilfe nicht mehr in Braunerden zurück, sie sind eine sogenannte paraklimatische Bildung und eignen sich deshalb nicht zur Aufforstung.

IV. Unter besonderen Umständen, z. B. im Mittelmeergebiet und in den Tropen, kann nach Wegnahme des Waldes der Boden Eigenschaften annehmen, die nicht mehr rückgängig gemacht werden können.

(Übersetzt Felix Richard)