La reconquête par la végétation spontanée des anciennes carrières de sable de Fontainebleau

Applications à la replantation de ces carrières

Gérard ARNAL
Ingénieur agronome
Laboratoire régional de l'Ouest parisien

Emmanuelle LAMADE
Etudiante de 3e cycle
Université d'Orsay

RÉSUMÉ

Sur la base de cent relevés phytosociologiques, effectués dans vingt-huit carrières de sables de Fontainebleau anciennes non réaménagées des départements des Yvelines et de l'Essonne, les auteurs caractérisent les groupements végétaux rencontrés et donnent des indications sur la dynamique de la végétation naturelle.

Ils en déduisent notamment un certain nombre de recommandations concernant la replantation de ces carrières de sable avec des espèces adaptées au substrat, disponibles dans le commerce mais faisant partie des cortèges spontanés.

MOTS CLÉS : *36 - Carrière - Sable - Végétation - Réaménagement (site) - France - / Ile de France.*

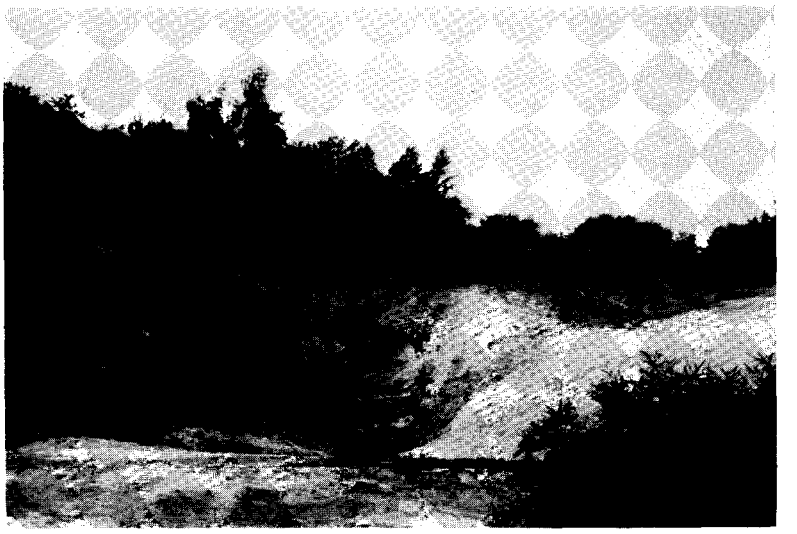

Fig. 1. — Ancienne carrière de sable de Fontainebleau.

Les sables de Fontainebleau sont présents dans presque toute la région d'Ile-de-France, mais leur plus grande extension se situe au sud et au sud-ouest de Paris, dans les départements de l'Essonne et des Yvelines [3].

Ces sables ont fait l'objet d'une exploitation sous forme d'innombrables carrières à ciel ouvert, dont beaucoup ont été abandonnées sans réaménagement (fig. 1). La transformation en décharges est alors fréquente [8].

La remise en état des carrières arrivant au terme de l'exploitation est devenue obligatoire depuis une quinzaine d'années. La réhabilitation d'anciennes carrières abandonnées avant 1970 est aussi pratiquée.

M. Arnal est chargé de mission à la Délégation régionale à l'architecture et à l'environnement d'Ile-de-France, depuis le 15 juin 1987.

Fig. 2. — Reconquête par la végétation spontanée d'une ancienne carrière de sable de Fontainebleau.

Fig. 3. — Formation calcaire au sommet du front de taille d'une carrière.

Le reboisement (à des fins paysagères, de loisir ou de production) est souvent alors une composante importante de ces réaménagements. Or, une reconquête spontanée par la végétation naturelle est constatée (fig. 2). Il a donc paru intéressant d'étudier cette évolution spontanée de façon à apporter des éléments de réponse aux questions suivantes :

— comment se déroule cette évolution ?

— quels sont les facteurs écologiques principaux qui y président ?

— peut-on la favoriser ou l'accélérer, comment ?

Accessoirement, la question de savoir si ces carrières présentaient un intérêt floristique ou phytosociologique était également posée.

LES SABLES DE FONTAINEBLEAU

Origine et position stratigraphique

Les sables de Fontainebleau sont des sables marins correspondant au maximum d'extension de la transgression stampienne (Oligocène). Leur épaisseur peut atteindre 60 m localement [9].

Ils sont surmontés par l'une ou l'autre des formations suivantes :

— au sud (Beauce), des calcaires (calcaire d'Étampes et calcaire de Beauce), pas toujours individualisables (fig. 3) ;

— au nord (Hurepoix), des argiles (argiles à meulières de Montmorency).

Ils surmontent les formations moins perméables (marnes à huîtres, calcaire de Brie ou calcaire de Sannois, marnes vertes) [4].

Composition

Ces sables comportent une proportion importante de quartz (95 %) [4]. Ils sont homométriques et fins (diamètre moyen compris entre 80 et 300 µm), le diamètre maximal ne dépassant pas 2 mm.

— La proportion en argile (< 2 µm) est comprise entre 0 et 10 %.

— Les grains de sable sont surtout du type « non usés ».

Hydrogéologie

Les sables de Fontainebleau constituent, avec les calcaires de Brie et de Beauce, un réservoir aquifère important. La puissance de la nappe est très variable, l'épaisseur mouillée pouvant varier de 5 à 70 m [2].

Formation des grès

Le toit des sables de Fontainebleau se présente, au sud-ouest de Paris, sous l'aspect d'une succession périodique d'alignements de points hauts et de points bas, orientés ouest-nord-ouest/est-sud-est.

Au sommet des alignements de points hauts, les sables sont souvent grésifiés, généralement sur une épaisseur de 3 à 4 m (fig. 4).

Utilisation

Les sables de Fontainebleau sont utilisés :

– en technique routière : assises de chaussées, béton routier, revêtements antidérapants ou anti-usure ;

– dans le bâtiment : béton apparent, béton cellulaire, parpaings, céramiques ;

– dans la verrerie, la fonderie, les réfractaires (sable fondu);

– dans des secteurs industriels divers : sablage des pièces métalliques, abrasifs, charge pour peintures, caoutchoucs, enduits, colles [4].

Importance économique et perspectives d'avenir

La demande en sables fins est actuellement très importante. Des études récentes de gisement ont été réalisées [8]; c'est certainement dans le domaine routier et dans celui des bétons spéciaux que les débouchés d'avenir sont les plus nombreux.

Caractéristiques de carrières de sable de Fontainebleau

Grâce aux fiches de renseignements établies sur cent trente-quatre carrières, à l'occasion de l'étude sur les sables fins de la région d'Ile-de-France [8], on a pu caractériser les carrières de sable de Fontainebleau de la façon récapitulée dans le tableau de la page suivante.

MÉTHODOLOGIE D'ÉTUDE

Choix préalable des sites

A partir de l'inventaire existant [8], ont d'abord été sélectionnées, sur le papier, environ quarante carrières dont l'exploitation était terminée et qui n'étaient pas transformées en décharges.

Après visite sur place, vingt-huit carrières ont finalement été retenues. Elles sont toutes situées dans les départements de l'Essonne et des Yvelines. Cet échantillonnage s'est avéré représentatif de l'ensemble défini dans le tableau de la page suivante.

Étude phytosociologique

La végétation des vingt-huit carrières retenues a été répertoriée à l'aide de cent relevés phytosociologiques, effectués entre mai et juillet 1983 (de deux à dix relevés par carrière).

Un relevé consiste, sur une surface représentative (de quelques mètres carrés dans une pelouse à quatre cents mètres carrés dans une forêt), à faire une description exhaustive du contenu floristique. On attribue à chaque espèce un coefficient dit « d'abondance dominance » [6].

Étude pédologique

A l'occasion de certains relevés, un profil pédologique a été établi. D'autre part, ont été mesurés :

— le pH, sur 64 échantillons,

— la teneur en matière organique, sur 28 échantillons,

— la proportion d'éléments inférieurs à 50 µm, sur 29 échantillons.

Fig. 4. — Grésification dans les sables de Fontainebleau.

RÉSULTATS OBTENUS

Après analyse statistique des données floristiques recueillies (analyse factorielle des correspondances), on a pu isoler six groupes principaux de relevés. Ensuite, ces groupes ont été mis en relation avec les profils pédologiques et les analyses de sols.

Les groupes de nature forestière

Groupe 1

Il peut se diviser en deux sous-groupes :

— *Sous-groupe a :* indiscutablement forestier. Il comprend des espèces des chênaies sessiliflores (espèces appartenant à l'ordre des *Quercetalia roboripetraeae* [7]. La présence d'espèces comme le châtaignier (*Castanea sativa*) ([1]), le bouleau verruqueux (*Betula verrucosa*), l'alisier torminal (*Sorbus torminalis*) au stade arborescent indique que ce sous-groupe pourrait être le terme de l'évolution sur un substrat sableux acide (non contaminé par des colluvions calcaires). Ceci est confirmé par les profils pédologiques et les analyses édaphiques relatives aux relevés appartenant à ce groupe.

Les mêmes espèces se retrouvent aux strates inférieures ainsi que le peuplier tremble (*Populus tremula*) et le sorbier des oiseleurs (*Sorbus aucuparia*).

La strate herbacée est composée à la fois d'espèces propres aux chênaies acidophiles comme le châtaignier (avec une fréquence importante), le millepertuis élégant (*Hypericum pulchrum*), la violette de rivin (*Viola riviniana*), la houlque molle (*Holcus mollis*). D'autres espèces comme la bruyère cendrée (*Erica cinerea*), la fougère aigle (*Pteridium aquilinum*), la germandrée scorodoine (*Teucrium scorodonia*) viennent se joindre à ce cortège.

([1]) La nomenclature utilisée est celle de la flore de Fournier [5].

TABLEAU

Caractéristiques générales des carrières de sable de Fontainebleau

Caractéristiques		Pourcentage dans les cent trente-quatre carrières répertoriées (étude des sables fins) [8]
Surface de la carrière (ha)	< 0,5	55
	0,5 — 1	14
	1 — 2	11
	2 — 5	11
	5 — 10	3
	10 — 20	6
	> 20	0
État de la carrière	abandonnée	70
	remblayée	2
	en exploitation → industrielle	20
	en exploitation → artisanale	8
Situation topographique	Plateau	18
	Butte	14
	Rebord plateau	45
	Versant	23
Occupation du sol aux alentours	Bois	45
	Lisière	31
	Agriculture	20
	Autre	4
Sur les 70 % utilisés en décharge	Oui	41
	Non	59
Épaisseur de la découverte (m)	< 1	54
	1 à 2	15
	2 à 5	17
	5 à 10	9
	> 10	5
Épaisseur des sables (m)	< 10	47
	10 — 20	34
	20 — 30	14
	> 30	5

Du point de vue substrat, ce groupement repose sur des sols de nature podzolique. Le pH, à environ 5 cm de profondeur, se situe entre 4,5 et 5,9. Les teneurs en matière organique et en éléments fins semblent très variables. Les profils pédologiques effectués montrent tous les stades jusqu'au podzol vrai.

— *Sous-groupe b* : ce sous-groupe semble à un stade d'évolution différent du précédent. Il ne comporte que des espèces herbacées ou au stade herbacé. Parmi elles, le châtaignier (*Castanea sativa*), le bouleau verruqueux (*Betula verrucosa*), la verge d'or (*Solidago virga-aurea*) appartiennent à l'ordre des *Quercetalia robori-petraeae* [7]. Le pH du substrat reste dans les mêmes valeurs, entre 4,8 et 5,8.

Les deux sous-groupes renferment le genêt à balai (*Sarothamnus scoparius*), de nombreux ligneux au stade plantule comme le hêtre (*Fagus silvatica*), le chêne sessile (*Quercus sessiliflora*), l'érable sycomore (*Acer pseudoplatanus*), ainsi que des espèces souvent présentes dans des milieux préforestiers semi-ouverts comme la petite oseille (*Rumex acetosella*), la flouve odorante (*Anthoxanthum odoratum*), la houlque laineuse (*Holcus lanatus*). La petite oseille et la houlque laineuse, qui ont une fréquence un peu plus importante dans le second sous-groupe, confirmeraient l'hypothèse de deux stades d'évolution différents.

Groupe 2

C'est un groupe forestier mais sa nature phytosociologique est plus difficile à établir. Cela provient d'une part d'une hétérogénéité du substrat assez importante, d'autre part d'une forte action anthropique. Au niveau du substrat, il s'agit de sable plus ou moins pollué par du calcaire.

C'est ainsi que l'on peut distinguer un groupe d'espèces, chêne pubescent (*Quercus lanuginosa*), sorbier à larges feuilles (*Sorbus latifolia*), garance voyageuse (*Rubia peregrina*), caractéristique de la chênaie pubescente (*alliance du Quercion pubescenti-petraeae*) [7].

Mêlées à ces espèces, et vestiges d'un stade antérieur, nous trouvons quelques buissons (classe des Rhamno-prunetea) [7] comme l'aubépine monogyne (*Crataegus monogyna*), le cornouiller sanguin (*Cornus sanguinea*), l'épine noire (*Prunus spinosa*), le rosier des chiens (*Rosa canina*).

Des espèces appartenant à la frênaie-charmaie (sur sol plus riche en matière organique que précédemment), comme le charme (*Carpinus betulus*), le merisier (*Prunus avium*), le frêne (*Fraxinus excelsior*) sont présentes.

La bruyère cendrée (*Erica cinerea*) rencontrée parmi le chêne pubescent (*Quercus lanuginosa*) montre bien l'existence d'une mosaïque.

La présence des espèces suivantes confirme l'idée de milieux remaniés : le compagnon blanc (*Melandryum album*), le panais cultivé (*Pastinaca sativa*), la grande marguerite (*Chrysanthemum leucanthemum*). Ces dernières espèces ont peut-être permis à ce groupe de s'individualiser dans l'analyse.

Les grandes variations dans les pH mesurés (4,5 à 8,5) confirment l'hétérogénéité du substrat. Les teneurs en éléments fins semblent variables et les teneurs en matière organique élevées (2,4 à 7,3 %).

Groupe 3

Ce groupe est proche du groupe 6 et en relation avec lui. C'est un groupe de fruticées calcicoles comprenant les espèces suivantes (appartenant à l'alliance du *Berberidion*) [7] :

— l'épine vinette (*Berberis vulgaris*),

— le genévrier (*Juniperus communis*),

— le cytise (*Laburnum anagyroïdes*).

En tapis herbacé, se rencontrent des espèces appartenant aux lisières thermophiles des chênaies pubescentes (confirmant la tendance calcaire du substrat) :

— le brachypode penné (*Brachypodium pinnatum*),

— le buplèvre des haies (*Bupleurum falcatum*),

— la sarriette commune (*Calamintha clinopodium*),

— l'origan commun (*Origanum vulgare*).

La présence de merisier et de charme dans de nombreux relevés de ce groupe indique un sol plus riche. Cela préfigure peut-être la nature phytosociologique de la succession suivante.

Le pH du substrat, à 5 cm de profondeur, est compris entre 8,1 et 8,7, ce qui confirme la présence de calcaire dans le sable de Fontainebleau. Les teneurs en matière organique sont faibles (de 0,5 à 2 %) et les teneurs moyennes en éléments fins (de 10,2 à 13,8 %).

Les groupes de pelouses

Groupe 4

Il s'agit de pelouses sur sables plus ou moins fixés, caractérisées par la présence des espèces suivantes : le vulpia (*Vulpia dertonensis*), l'aire multiflore (*Aira caryophyllea*), l'hélianthème à gouttes (*Helianthemum guttatum*), l'ornithope délicat (*Ornithopus perpusillus*), la teesdalie à tige nue (*Teesdalea nudicaulis*), la tillée mousse (*Crassula muscosa*) cette dernière n'étant pas très fréquente en général. Ces espèces appartiennent

Fig. 5. — *Corynephorion*, groupement végétal pionnier des sables siliceux.

à l'alliance du *Corynephorion* [7] (fig. 5). Il s'agit d'un groupement pionnier. L'extraction des sables de Fontainebleau contribue à faire apparaître ce genre de groupement.

D'autres espèces comme le ceraiste à cinq étamines (*Cerastium semidecandrum*), le corynéphore (*Corynephorus canescens*), le mibora du printemps (*Mibora minima*), le jasione des montagnes (*Jasione montana*), la potentille argentée (*Potentilla argentea*), le brome des toits (*Bromus tectorum*) (caractéristiques de l'ordre du *Corynephoretalia*) [7] confirment l'appartenance phytosociologique de ce groupe.

On remarque, parmi ce groupe, la présence (en forte fréquence) de la petite oseille (*Rumex acetosella*), de la flouve odorante (*Anthoxantum odoratum*), de la houlque laineuse (*Holcus lanatus*) déjà trouvés dans les relevés forestiers.

Indiquant dans certains relevés des zones de piétinement de ces pelouses pionnières, se rencontrent aussi les porcelles glabre et enracinée (*Hypochaeris glabra et H. radicata*), le plantain majeur (*Plantago major*). Ces pelouses sont le plus souvent en exposition sud, sur des pentes allant de 5 à 40 %, donc assez faibles. Il n'y a pas de sol différencié à proprement parler.

Le pH du substrat est très variable (de 4,4 à 8,9) ainsi que la teneur en éléments fins (de 2,3 à 37 %). En revanche, la teneur en matière organique est toujours faible (0,3 à 1,2 %), ce qui est compréhensible compte tenu du stade d'évolution.

Groupe 5

Ce groupement, en mosaïque avec le suivant, comporte peu de relevés. Il est, d'un point de vue de l'analyse, en situation intermédiaire entre le groupe 4

et le groupe 6. Par voie de conséquence, il en est de même lorsqu'on considère son contenu floristique et son interprétation phytosociologique.

Il s'agit d'un groupement de pelouses très clairsemées, sur un substrat sableux plus ou moins pollué par du calcaire, essentiellement constitué par les espèces suivantes :

— le poivre de muraille (*Sedum acre*),

— la minuartia à petites feuilles (*Minuartia tenuifolia*),

— la luzerne naine (*Medicago minima*),

— le céraiste à cinq étamines (*Cerastium semidecandrum*).

Les trois premiers appartiennent au groupement des pelouses pionnières à thérophytes (classe des Sedoscleranthetea) [7]. On note également la présence d'une espèce compagne de ces pelouses : la sabline à feuilles de serpolet (*Arenaria serpyllifolia*).

Les données édaphiques montrent qu'il s'agit d'un substrat calcaire (pH compris entre 8,4 et 8,8), très pauvre en matière organique (0,1 à 0,4 %) ainsi qu'en éléments fins (1,2 à 4,7 %).

Groupe 6

Il s'agit d'un groupement de pelouses hautes nettement calcicoles sur des colluvions calcaires (dont l'épaisseur est parfois supérieure à 1 m), en exposition sud essentiellement. Le substrat est basique (pH de 8,4 à 8,8), pauvre en matière organique (de 0,4 à 1,7 %). La teneur en éléments fins est variable.

On y trouve, de manière éparse, les espèces suivantes : le thésium couché (*Thesium humifusum*), l'orphrys abeille (*Ophrys apifera*), l'hélianthème des Apennins (*Helianthemum apenninum*), la globulaire commune (*Globularia vulgaris*), le lin à feuilles menues (*Linum tenuifolium*), le persil de montagne (*Seseli montanum*) (espèces de l'ordre des *Brometalia*) [7] et, en assez grande fréquence, donnant cet aspect de pelouse haute : le brachypode penné (*Brachypodium pinnatum*), la pimprenelle (*Sanguisorba minor*), le brome érigé (*Bromus erectus*). Accompagnant ce groupement, on remarque la présence d'un groupe d'espèces des lisières thermophiles (classe des *Trifoliogeranietea*) [7] qui sont :

— la sarriette commune (*Calamintha clinopodium*),

— l'origan commun (*Origanum vulgare*),

— la campanule raiponce (*Campanula rapunculus*),

— l'inule squarreuse (*Inula conyza*),

— le buplèvre des haies (*Bupleurum falcatum*).

APPROCHE DE LA DYNAMIQUE VÉGÉTALE

Les différents groupements observés dans les carrières de sable de Fontainebleau ont été décrits précédemment de façon « statique ». Quels sont les liens dynamiques entre les différents groupes ?

Les groupements pionniers sont le groupe 4 sur substrat siliceux et le groupe 5 sur un substrat « pollué » par du calcaire. A partir du groupe 4 s'installe généralement la callune (*Calluna vulgaris*) ainsi que de nombreux jeunes plants de châtaigniers et de bouleaux verruqueux (*cf.* le sous-groupe b du groupe 1) ce qui annonce l'installation de la chênaie sessiliflore. Si cette progression paraît rapide, il ne faut pas perdre de vue que de nombreuses carrières ont un environnement forestier, ce qui accélère de façon notable la recolonisation jusqu'au stade terminal. Le devenir du groupe 5 est plus difficile à établir. Quelles sont les différentes étapes de recolonisation qui vont se succéder ? Cela dépend du mode de recouvrement des sables de Fontainebleau par les colluvions calcaires provenant du front de taille.

• Soit ce recouvrement est faible et hétérogène ce qui aura pour conséquence l'apparition d'une mosaïque de groupements végétaux. C'est le cas dans le groupe 2 avec la présence de la callune dans des groupements forestiers se rattachant à la chênaie pubescente. Le facteur environnement végétal joue également un rôle dans la recolonisation de ce type de carrière :

— si la carrière est en lisière ou près d'un bois, elle est envahie préférentiellement par des espèces forestières ou de lisières ;

— si la carrière est près d'un champ, présence d'adventices des cultures ;

— si la carrière est en zone urbaine, présence d'espèces échappées des jardins.

• Soit ce recouvrement, et donc le substrat, présente une certaine homogénéité d'un point de vue de ses propriétés physico-chimiques. Apparaissent alors des groupements de pelouses hautes calcicoles typiques sur substrat assez sec (groupe 6). Succèdant à ce groupement, les fruticées du groupe 3 forment un stade arbustif mais assez clairsemé. Ce stade peut-il conduire à la chênaie pubescente ? Nos résultats ne nous permettent pas de répondre ici.

Dans cette approche de la dynamique, il ne faut pas négliger le phénomène d'effondrement du substrat lié à la topographie caractéristique des carrières de sables de Fontainebleau. En effet, sous l'influence de conditions climatiques ou anthropiques (piétinement des pentes), il se produit des effondrements successifs de matériaux provenant du front de taille ou des pentes, provoquant le recouvrement ou le déracinement des espèces. La dynamique est ainsi presque « remise à zéro » à chaque glissement du terrain.

D'autres facteurs, d'ordre zoologique, vont également intervenir de façon notable dans l'évolution des premiers stades de la végétation. Il a été remarqué dans de nombreuses carrières la présence de lapins en quantité importante ; ces derniers broutent préférentiellement les jeunes pousses (de genêts à balais, de graminées comme la houlque laineuse et la flouve odorante) empêchant celles-ci de parvenir à maturité ce qui a une action directe sur la composition des groupements végétaux. Il serait intéressant en outre d'observer l'in-

fluence de l'apport de matière organique azotée (fèces) sur la différenciation des groupements végétaux.

PROPOSITIONS POUR LA REPLANTATION DES CARRIÈRES DE SABLE DE FONTAINEBLEAU

Après cette étude, on peut avancer les propositions suivantes pour faire ressortir les potentialités floristiques naturelles :

— Ne pas remblayer quand cela est possible ou le faire partiellement, en laissant des zones où la recolonisation naturelle pourra se faire;

— Clôturer le site (de manière efficace), afin d'éviter :

- le piétinement sur les pentes qui ne permet pas au sable de se fixer;
- les décharges de toutes sortes;
- l'éventuel risque d'accidents que représenterait une carrière non remblayée;
- la perturbation de la revégétalisation par les lapins.

— Tenir compte des conditions écologiques locales :

- relatives au substrat : granulométrie et pH surtout, homogénéité dans l'espace;
- concernant l'environnement végétal.

— Faciliter le processus de recolonisation, simplement en reprofilant le front de taille de façon à diminuer la pente et en apportant « naturellement » des matériaux (éléments fins, matière organique) et des graines;

— Si on désire accélérer ce processus afin d'arriver plus rapidement au stade terminal forestier, utiliser les espèces suivantes, disponibles commercialement (chez les pépiniéristes ou les marchands de graines) :

Dans le cas où l'environnement est forestier

Avec une chênaie sessiliflore

EN PLANTATION

– la callune (*Calluna vulgaris*),

– la bruyère cendrée (*Erica cinerea*),

– le châtaignier (*Castanea sativa*), le bouleau verruqueux (*Betula verrucosa*), les chênes sessile et pédonculé (*Quercus sessiliflora et pedunculata*), le sorbier des oiseleurs (*Sorbus aucuparia*).

EN SEMIS

– la fétuque à feuilles menues (*Festuca tenuifolia*),

– l'agrostide fine (*Agrostis tenuis*) et éventuellement le genêt à balai (*Sarothamnus scoparius*).

Il faut éviter l'introduction des conifères qui, en acidifiant le sol de façon notable, provoquent la disparition de certaines espèces et diminuent ainsi la diversité spécifique locale.

Avec une chênaie pubescente, après aménagement du substrat de façon à le rendre homogène (recouvrement des sables de Fontainebleau par des colluvions calcaires provenant du front de taille) :

EN PLANTATION

– le cytise (*Laburnum anagyroïdes*),

– le chêne pubescent (*Quercus lanuginosa*),

– le genévrier (*Juniperus communis*),

– le cornouiller sanguin (*Cornus sanguinea*),

– le prunellier ou épine noire (*Prunus spinosa*),

– l'églantier ou rosier des chiens (*Rosa canina*),

– le noisetier (*Corylus avellana*).

EN SEMIS

– le cytise (*Laburnum anagyroïdes*),

– la fétuque ovine (*Festuca ovina*),

– la petite pimprenelle (*Sanguisorba minor*),

– l'achillée millefeuille (*Achillea millefolia*).

Avec une chênaie-charmaie, frênaie-charmaie : il faut avant tout enrichir les sables de Fontainebleau avec de l'argile et de la matière organique. C'est peut-être le réaménagement le plus difficile à réaliser. Il dépend également de l'exposition de la carrière.

Les espèces indiquées pour ce type de substrat sont, en plantation :

– le charme (*Carpinus betulus*),

– le frêne (*Fraxinus excelsior*),

– le hêtre (*Fagus silvatica*),

– le noisetier (*Corylus avellana*),

– les érables (*Acer platanoïdes et Acer pseudoplatanus*),

– le tilleul (*Tilia cordata*),

– le merisier (*Prunus avium*),

– le lierre (*Hedera helix*).

Dans le cas où l'environnement n'est pas forestier

– si la carrière se trouve en bordure des champs, elle va être colonisée par des espèces dites adventices des cultures. Le choix du réaménagement peut être laissé au propriétaire. Si cela est possible, récupérer la carrière dans un but agricole ou tenter de la reboiser avec des espèces peu exigeantes (châtaignier, robinier...);

– si la carrière se trouve en zone urbaine, elle peut être réaménagée en zone de loisirs (après une étude sur les nuisances causées). Dans ces circonstances, utiliser de la terre végétale et semer des mélanges classiques de graines à gazon.

CONCLUSION

Ce qui vient d'être décrit prouve qu'il existe toujours un stade de recolonisation pour n'importe quelle pente et quel qu'en soit le substrat. L'intervention de l'homme pour la revégétalisation des carrières de sable de Fontainebleau ne paraît donc pas absolument nécessaire. Tout au plus pourrait-on accélérer le processus, mais à condition que les liens dynamiques qui existent entre les différentes phases de succession de la végétation soient connus et respectés.

Ces différentes phases de la recolonisation naturelle (pelouses → fruticées → forêts) sont clairement individualisables dans le cas de la série acidophile (sables de Fontainebleau surmontés par l'argile à meulière). Le terme final de l'évolution dans la série calcicole (sables surmontés par les calcaires) est plus difficile à cerner.

Les facteurs essentiels qui président à cette évolution sont :

— liés au sol : pH et teneur en éléments fins (inférieurs à 50 µm), en ce qui concerne l'orientation de l'évolution ;

— liés à l'activité humaine (piétinement, réexploitation artisanale) en ce qui concerne le déroulement de l'évolution.

La valeur floristique des carrières visitées est relativement modeste bien que certaines espèces assez rares pour la région [3] aient été observées (*Pirola rotundifolia* *, *Sorbus latifolia* *, *Rubia peregrina*, *Teesdalea nudicaulis*, *Helianthemum guttatum*, etc.). Certains groupements végétaux, comme notamment le *Corynephorion* sur sables acides secs, sont intéressants.

Enfin, la présence, assez fréquente, de colonies d'hirondelles de rivage dans les fronts sableux mérite d'être signalée.

La pratique de la replantation pourrait être améliorée notamment par le choix d'espèces adaptées au substrat, faisant partie des cortèges naturels et disponibles dans le commerce.

* Espèce légalement protégée.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] Bournerias M. (1979), *Guide des groupements végétaux de la région parisienne*, Éd. SEDES-CDU, Paris, 2e éd., 509 p.

[2] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) (1970), *Atlas des nappes aquifères de la région parisienne*, Éd. BRGM, 152 p.

[3] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) (1980), *Synthèse géologique du bassin de Paris. Atlas*, Mémoire BRGM, **102**, vol. 2.

[4] Cuille C. (1976), *Qualité des sables fins auversiens et stampiens de la région parisienne*, Thèse, Univ. Paris VI, juil., 225 p.

[5] Fournier P. (1977), *Les quatre flores de France*, Éd. Le Chevalier, Paris, 2e éd., 1977; t. 1, texte XLVIII, 1106 p. et t. 2, Atlas, 306 p.

[6] Guinochet M. (1973), *Phytosociologie*, Masson et Cie, Paris, 227 p.

[7] Lacourt J. (1981), *Clé de détermination des groupements végétaux de l'Ile-de-France*. Ouvrage non diffusé, Univ. Paris XI.

[8] Ministère de l'Industrie (1979), *Étude des sables fins (de Fontainebleau et de Beauchamp) de la région d'Ile-de-France*. 2 tomes, déc.

[9] Pomerol C., Feugueur L. (1974), *Bassin de Paris - Ile-de-France, Pays de Bray*, Guides géologiques régionaux, Masson et Cie, Paris, 216 p.

The reconquest of former Fontainebleau sand pits by spontaneous vegetation
Applications to the planting of such pits

G. ARNAL
E. LAMADE

On the basis of a hundred plant population surveys at twenty-eight unredeveloped former Fontainebleau sand pits in the Yvelines and Essonne departments of France, the authors characterize the plant groups found and provide information about the dynamics of natural vegetation.

From this they derive, in particular, a certain number of recommendations concerning the replanting of these pits with species adapted to the substrate, commercially available but also found in the spontaneous populations.

Bull. liaison Labo. P. et Ch., n° 152, nov.-déc. 1987, pp. 9-16.

Natürliche Ansiedlung von Spontanvegetation in den stillgelegten Sandgruben von Fontainebleau. Anwendung auf die Bepflanzung dieser Sandgruben

G. ARNAL
E. LAMADE

Ausgehend von hundert pflanzensoziologischen Erfassungen auf achtundzwanzig stillgelegten, nicht wieder ausgebauten Sandgruben in Fontainebleau, Departements Yvelynes und Essonne, kennzeichnen die Autoren die angetroffenen Pflanzengesellschaften und geben Auskünfte über die Dynamik der natürlichen Vegetation.

Daraus leiten sie vor allem eine Reihe von Empfehlungen hinsichtlich der Neubepflanzung dieser Sandgruben mit Bodenfreundlichen Arten ab, die marktgängig sind, sich aber in die Spontanvegetation eingliedern.

Bull. liaison Labo. P. et Ch., n° 152, nov.-déc. 1987, pp. 9-16.

Resumenes

La reconquista por la vegetatión espontanea de las antiguas canteras de arena de Fontainebleau. Aplicaciones para la plantación de estas canteras

G. ARNAL
E. LAMADE

Basándose en cien mediciones fitosociológicas, efectuadas en veintiocho antiguas canteras de arena abandonadas de Fontainebleau, de los departamentos de Yvelines y Essonne, los autores clasifican los agrupamientos vegetales encontrados y dan algunas indicaciones sobre la dinámica de la vegetación natural.

Deducen principalmente una cierta cantidad de recomendaciones correspondientes a la replantación de estas canteras de arena con especies adaptadas al substrato, disponibles en el comercio y que forman parte de los brotes espontáneos.

Bull. liaison Labo. P. et Ch., nº 152, nov.-déc. 1987, pp. 9-16.