

APERÇU DE LA FLORE ET DE LA VÉGÉTATION DES TERRILS DE LA RÉGION LIÉGEOISE

Philippe FRANKARD

Centre de Recherche de la Nature, des Forêts et du Bois
C/o Station scientifique des Hautes-Fagnes
137, rue de Botrange – 4950 Robertville

Résumé

Remblais artificiels constitués principalement de déchets stériles rocheux résultant de l'extraction de la houille, les terrils revêtent une valeur scientifique souvent ignorée. Par leurs caractéristiques morphologiques, climatiques et édaphiques, ils présentent une grande diversité d'habitats, souvent originaux et en pleine évolution dynamique (groupements pionniers xérophytiques, pelouses sèches, friches, bois, végétation des zones en combustion). Face aux agressions toujours plus intenses de l'urbanisation, ces biotopes sont devenus des refuges pour diverses espèces rares, mais surtout pour de nombreuses espèces encore assez communes dont l'habitat naturel ne cesse de se réduire. Aujourd'hui, la protection des plus intéressants ou des plus représentatifs d'entre eux s'impose.

Mots-clés: terril, flore, phytocénoses, combustion, xérophytes

Flora and vegetation survey of pit heaps from the Liège region

Abstract

Artificial mounds mainly constituted of rocky unproductive wastes resulting from coal extraction, pit heaps have a scientific value often unknown. Because of their morphological, climatic and edaphic characteristics, pit heaps show a great diversity of biotopes and some typical plant communities (xerophytic pioneer vegetation, grasslands, grass-ruderal communities, forest communities, vegetation of burning areas). Facing the multiple aggressions of urbanization, these biotopes became refuges for numerous rare and more or less common species. The protection of the most interesting or representative pit heaps is desirable.

Key-words: pit heap, flora, plant communities, burning, xerophytes

1. Introduction

L'activité charbonnière a rendu nécessaire l'accumulation, près des puits d'extraction, d'un important volume de déchets, schistes et grès carbonifères, qui constituent les terrils. La région liégeoise en a compté 115. Beaucoup ont disparu, réengloutis dans les puits abandonnés, avalés par les fondations d'autoroutes, exploités pour leurs cendrées rouges lorsqu'ils avaient brûlé ou pour la récupération de la fraction combustible. La classification actuelle des terrils wallons indique qu'il reste 58 sites en région liégeoise, mais outre les restes de quelques terrils arasés ou en partie déménagés, il en subsiste à peine 25. La plupart sont situés dans la périphérie de la vallée de la Meuse, de Flémalle à Wandre, tandis que quelques-uns sont situés en bordure ou dans le pays de Herve.

Longtemps considérés comme une nuisance, ils sont progressivement devenus un élément familier du paysage, vestige de notre histoire économique.

Leur devenir a, jusqu'à présent, été focalisé dans le cadre étroit de la filière économique (récupération de la fraction charbonneuse, de terrains à bâtir, ...). Ces dernières années, cependant, la perception des problèmes environnementaux est devenue de plus en plus aiguë et on se rend compte aujourd'hui que les terrils, par leurs caractéristiques écologiques variées, sont des milieux très riches sur le plan de la biodiversité.

2. Caractéristiques écologiques

Les terrils offrent de vastes surfaces d'accueil à la végétation. Mais leur colonisation est influencée par des conditions édaphiques et microclimatiques particulières, originales par rapport au milieu environnant (principales sources: Bouchat, 1984 & 1985; Debehault, 1968 & 1969; Denaeyer-De Smet et Duvigneaud, 1971; Frankard, 1984 & 1985; Ghio, 1975; Lericq, 1968):

- l'absence de sol;
- une texture grossière;
- un substrat mobile;
- des pentes fortes;
- une perméabilité élevée;
- une sécheresse superficielle du substrat;
- le xérisme prononcé des versants sud;
- une température élevée des zones en combustion.

Le substrat est constitué d'éléments grossiers, très pauvres en particules fines, qui ont été déversés sans être tassés (schistes houillers friables, grès, psammites, concrétions de sidérose et de pyrite). De plus, en raison de l'absence de couverture végétale, le substrat ne contient pas de matière organique et les phénomènes d'érosion sont importants.

Progressivement, en surface, les blocs de schiste et de grès se décomposent en éléments fins sous l'action des facteurs climatiques. Une telle évolution granulométrique est favorable à la colonisation végétale, car l'augmentation de la teneur en particules fines permet une meilleure rétention d'eau. Une part non négligeable de celles-ci est cependant entraînée par les eaux de pluie et s'accumule sous la surface.

Les pentes sont en général fortes (de l'ordre de 30° à 45°) ce qui rend le substrat grossier fort instable. Sous l'action du gel et du dégel, de l'eau de ruissellement et des forces de gravité les particules superficielles sont entraînées vers le bas des pentes. Il en résulte une situation d'éboulis permanents, qui limite l'implantation de nombreuses espèces végétales.

Ce phénomène est bien mis en évidence par l'observation des peuplements pionniers de bouleaux dans lesquels on voit fréquemment des arbres possédant deux ou plusieurs troncs: un axe principal penché le long de la pente et un ou plusieurs axes secondaires se développant sur le coude formé à la base.

La perméabilité du sol est élevée, en relation avec la structure grossière des matériaux constitutifs. La rétention en eau est faible entraînant une grande sécheresse superficielle du sol. La percolation de l'eau de pluie est donc très importante et lorsque le terril repose sur une assise plus ou moins imperméable, des suintements d'eau et des mares apparaissent à sa base. L'augmentation de la proportion de particules fines et la densité de la végétation améliorent progressivement la rétention en eau.

Le substrat est généralement bien pourvu en éléments minéraux. Toutefois, il présente souvent un excès de magnésium et une carence en azote et en phosphore. La fraction charbonneuse et la fraction d'éléments fins interviennent dans la quantité de bases échangeables du sol.

Le pH du sol, quant à lui, est très variable (de 3 à 8) d'un terril à l'autre, et parfois au sein d'un même terril. Il conditionne la présence d'espèces acidiphiles ou calciphiles. Généralement, au cours du temps, le pH du sol augmente. Ainsi, progressivement, les sols ont tendance à évoluer de façon favorable à la colonisation végétale.

Le climat stationnel des terrils se différencie du climat régional par une série de particularités. Celles-ci découlent des caractères qui individualisent les terrils des milieux environnants: un relief en saillie, des pentes fortes, une grande hauteur (du moins pour les terrils coniques, à crêtes et digités), un sol le plus souvent grossier, contenant peu d'éléments fins et de couleur noire. Il s'agit de milieux extrêmement secs et aérés, présentant de grands écarts de température entre le jour et la nuit et moins bien tamponnés que le milieu environnant.

On y observe plusieurs microclimats très contrastés selon les versants, déterminés par des durées différentes d'ensoleillement, l'exposition aux pluies et aux vents dominants, ... On note une forte opposition de versants entre les pentes sud, très sèches et présentant des écarts de température importants, avec notamment des maxima élevés (plus de 45° C sur un sol dénudé) et des coups de froids hivernaux, et les pentes Nord, plus fraîches et plus humides, mais mieux tamponnées du point de vue thermique. Ces dernières sont plus favorables à la colonisation végétale.

Le phénomène de combustion, souvent spontanée, qui affecte certains terrils ou parties de terrils, crée temporairement des milieux spéciaux, caractérisés par une température élevée du sol et par le dégagement important de vapeurs sulfureuses et humides. Dans ces zones, apparaît une végétation particulière composée d'espèces spécialisées et adaptées.

La combustion est liée à la présence dans les déchets houillers de matériaux combustibles (charbon, hydrocarbures, pyrite) et d'une grande quantité d'oxygène (structure grossière du substrat, emprisonnement d'air lors de l'édification des terrils, percolation de l'eau). La réaction initiale est l'oxydation de la pyrite en présence d'oxygène. Il s'agit d'une réaction très exothermique qui va en permettre d'autres nécessitant une température minimale élevée pour se produire. Ensuite le phénomène s'accroît par échauffement de la masse. Le feu se transmet ainsi à tous les résidus charbonneux. Les températures atteintes à l'intérieur de la masse peuvent être très élevées (de l'ordre de 1000 à 1300 °C) et ne sont jamais inférieures à 250 °C à un mètre de profondeur dans les zones de combustion vive. En surface, le phénomène est nettement moins spectaculaire (25 à 60° dans les premiers centimètres de profondeur).

La combustion se manifeste dans toute la masse, mais elle est plus active vers le sommet des terrils, où elle apparaît en surface. A cela, il y a une double explication. Tout d'abord il s'agit d'un phénomène de convection: la chaleur dégagée dans les parties profondes monte vers le sommet. Ensuite, au sommet, la surface est grande par rapport au volume, ce qui permet une meilleure alimentation en oxygène.

Aux endroits où la combustion est la plus vive, on constate la présence de chancres d'où s'échappe de la vapeur d'eau et des gaz sulfureux. Les réactions mises en jeu lors de la combustion libèrent en effet du SO_3 qui se transforme en acide sulfurique au contact de la vapeur d'eau. Le SO_3 peut également se combiner à des oxydes de fer pour former des concrétions de sulfate de fer en surface (croûtes blanchâtres). L'oxydation d'acide sulfureux (H_2S) provoque parfois le dégagement de soufre gazeux qui est entraîné vers la surface avec la vapeur d'eau et qui précipite en surface sous forme de concrétions ou d'une poudre jaunâtre. Les gaz qui s'échappent des zones en combustions sont aussi riches en azote qui vient enrichir le substrat.

La combustion est un phénomène itinérant. Dès que la fraction combustible est brûlée, le phénomène s'arrête. Elle est souvent contemporaine de la formation des terrils et se prolonge pendant plus de 50 ans. Elle peut aussi être provoquée accidentellement en incendiant la végétation des terrils. Il semblerait que ce phénomène soit à l'origine de la combustion des terrils n° 55 et 60 (témoignages oraux de riverains).

Une fois brûlés, les schistes prennent une couleur rouge brique. Ce rougissement est lié à la formation d'oxydes de fer et de titane colorés (Fe_2O_3 , TiO_2). Les matériaux brûlés acquièrent aussi une certaine cohérence et forment des agglomérats très durs, ce qui accroît la stabilité des terrils. La combustion provoque également un léger tassement du terril, mais le phénomène est peu perceptible car la fraction combustible est réduite par rapport à la masse totale. Souvent on assiste à une diminution du pH au niveau des zones brûlées, mais cette acidification semble temporaire, le pH remontant lorsque cesse la combustion.

En hiver, les zones en combustion jouissent d'un microclimat chaud et humide. Les espèces herbacées, en particulier la houlque laineuse (*Holcus lanatus*), y sont généralement bien vertes et anormalement développées pour la saison. Divers champignons parfaitement développés ont pu être observés en plein mois de janvier, par une température ambiante de -3°C . Début mars 1984, des frondes de fougère-aigle (*Pteridium aquilinum*) hautes de 8 cm apparaissaient dans une zone de combustion, alors que dans les zones non brûlantes, aucune fronde ne s'était déjà déployée. La croissance de ces frondes n'a évidemment pas pu se poursuivre beaucoup plus, car la couche d'air réchauffée par le substrat est malgré tout peu épaisse.

Les espèces qui colonisent les zones brûlantes montrent souvent une vitalité réduite et sont en état de stress. On constate souvent un phénomène de nanisme qui atteint surtout les plantes colonisant les zones les plus chaudes, car le développement racinaire y est contrarié. On observe aussi fréquemment un rougissement prononcé des feuilles des herbacées. Les conditions thermiques et peut-être une déficience dans l'alimentation minérale seraient responsables de ce coloris dû probablement à la présence de grandes quantités d'anthocyanes (Ghio, 1975).

Actuellement, la combustion affecte toujours quatre terrils, dont un est exploité pour ses schistes rouges (les terrils n° 55, 60, 49 et 39). Les terrils n° 20 et 46 brûlaient encore partiellement au début des années 80, mais paraissent éteints aujourd'hui. Le terril 53, qui brûlait partiellement est aujourd'hui en voie de démantèlement. Beaucoup d'autres sites charbonniers de la région liégeoise ont également brûlé totalement ou en partie, mais sont refroidis depuis longtemps.

3. Flore

3.1. Richesse floristique

312 espèces de ptéridophytes et de spermatophytes ont été recensées sur les 29 sites parcourus. Si la majeure partie des espèces colonisatrices observées est commune dans la région liégeoise, 23 espèces (7% des espèces recensées) sont considérées comme rares à très rares dans la région (Lambinon et al., 1992):

- 9 espèces rares: l'armoise absinthe (*Artemisia absinthium*), l'aster à feuilles de saule (*Aster salignus*), le bident à fruits noirs (*Bidens frondosa* var. *frondosa*), l'éragrostis faux-pâturin (*Eragrostis minor*), le fenouil (*Foeniculum vulgare*), le galeopsis des champs (*Galeopsis segetum*), *Mentha x smithiana*, le cerisier tardif (*Prunus serotina*), le poirier sauvage (*Pyrus pyraster*);
- 8 espèces rares à très rares: le callitriche à crochets (*Callitriche hamulata*), le céraiste nain (*Cerastium pumilum* subsp. *pumilum*), la digitale sanguine (*Digitaria sanguinalis*), le diplotaxe vulgaire (*Diplotaxis tenuifolia*), le cytise faux-ébénier (*Laburnum anagyroides*), le mahonia (*Mahonia aquifolium*), l'onagre à grandes fleurs (*Oenothera erythrosepala*), la spergulaire rouge (*Spergularia rubra*);
- 6 espèces très rares: le baguenaudier (*Colutea arborescens*), le sténactis à feuilles étroites (*Erigeron annuus* subsp. *septentrionalis*), *Hieracium x brachiatum*, la petite pyrole (*Pyrola minor*), le sétaria glauque (*Setaria pumila*), la vigne (*Vitis vinifera*).

On notera que 13 des ces espèces rares sont d'introduction récente en Belgique (adventices et espèces en voie de naturalisation ou naturalisées, espèces cultivées).

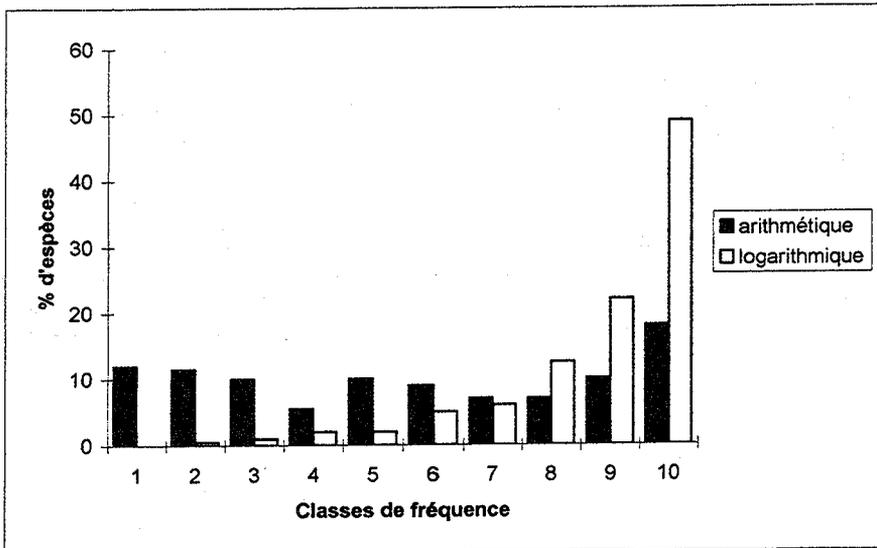


Figure 1. Echelle de rareté de la flore basée sur les classes de fréquence de Stieperaere et Franssen (1982) pour le sud du sillon Sambre-et-Meuse.

Le niveau de rareté de la flore des terrils liégeois peut également être établi d'après les classes de fréquence de Stieperaere et Franssen (1982) pour le sud du sillon Sambre-et-Meuse, basées sur les données de l'atlas floristique de Van Rompaey et Delvosalle (1979) (figure 1.). D'après cette classification, 33 taxons (12 % des espèces) sont présents dans moins de 10 % des carrés IFBL du sud de la Belgique (échelle arithmétique), tandis que 44 espèces (16 %) ne sont répertoriées que dans moins de 13,59 % des carrés (échelle logarithmique). L'échelle logarithmique permet une discrimination plus fine des espèces rares. En effet, les espèces rangées en classe 1 en échelle arithmétique sont réparties en 7 classes dans l'échelle logarithmique. Une espèce est présente dans 0,25 à 0,49 % des carrés de la dition de référence (*Oenothera erythrosepala*); 2 espèces dans 0,49 à 0,95 % des carrés (*Festuca lemanii*, *Foeniculum vulgare*); 6 espèces dans 0,95 à 1,85 % des carrés (*Digitaria sanguinalis*, *Erigeron annuus* subsp. *septentrionalis*, *Oenothera parviflora*, *Setaria pumila*, *Solidago gigantea*, *Taxus baccata*); 5 espèces dans 1,85 à 3,59 % des carrés (*Agrostis gigantea*, *Berteroa incana*, *Bidens frondosa* var. *frondosa*, *Eragrostis minor*, *Senecio inaequidens*); 14 espèces dans 3,59 à 6,99 % des carrés (*Artemisia absinthium*, *Callitriche hamulata*, *Cerastium pumilum* subsp. *pumilum*, *C. semidecandrum*, *Crepis polymorpha*, *Diploxaxis tenuifolia*, *Festuca rubra* subsp. *commutata*, *Hieracium bauhini*, *Lycium barbarum*, *Petrorhagia prolifera*, *Prunus serotina*, *Spergularia rubra*, *Verbascum densiflorum*, *Vulpia myuros*); et 16 espèces dans 6,99 à 13,59 % des carrés (*Atriplex prostrata*, *Castanea sativa*, *Dipsacus pilosus*, *Erigeron acer*, *Herniaria glabra*, *Lactuca serriola*, *Lathyrus sylvestris*, *Lonicera xylosteum*, *Melica ciliata*, *Melilotus albus*, *Myosotis sylvatica*, *Pyrola minor*, *Rosa rubiginosa*, *Rumex scutatus*, *Salix triandra*, *Solanum nigrum*)

Une orchidée assez commune dans la région, l'épipactis à larges feuilles (*Epipactis helleborine*), fait partie de la liste des plantes protégées de Belgique

Diverses espèces de bryophytes ont aussi été recensées, parmi lesquelles *Campylopus introflexus*, espèce néotropicale et australe introduite en Europe, en rapide extension dans notre pays (De Zuttere et Schumacker, 1984), et deux espèces des milieux tourbeux: *Sphagnum fimbriatum* et *Aulacomnium palustre*. Ces trois espèces ne se rencontrent que dans les zones en combustion

Diverses espèces de champignons colonisent les groupements végétaux des terrils. Les champignons mycorrhiziens du bouleau sont les espèces les plus fréquentes (*Leccinum* div. sp., *Russula* div. sp., ...). Dans les zones pionnières colonisées par des bouleaux, sur sol très acide, apparaît parfois *Pisolithus tinctorius*. Il s'agit d'un gastéromycète mycorrhizien du bouleau qui, en Belgique, est exclusif des terrils (thermophilie du milieu) (Havrenne, 1965; Pierart, 1993)

3.2. Groupes socio-écologiques (Stieperaere et Franssen, 1982) (figure 2)

Les espèces pionnières dominent largement le spectre (31 % des espèces), en relation avec la jeunesse des milieux présents et l'instabilité du substrat qui freine leur évolution

Les espèces forestières (20,5 %) et les espèces des coupes et lisières forestières (19 %) sont également abondantes car les terrils de la région liégeoise sont fort boisés.

Les espèces des pelouses sèches (12 %) et des pelouses humides (10,5 %) sont surtout présentes au sein des groupements végétaux herbacés ou dans les boisements encore assez clairsemés et pionniers.

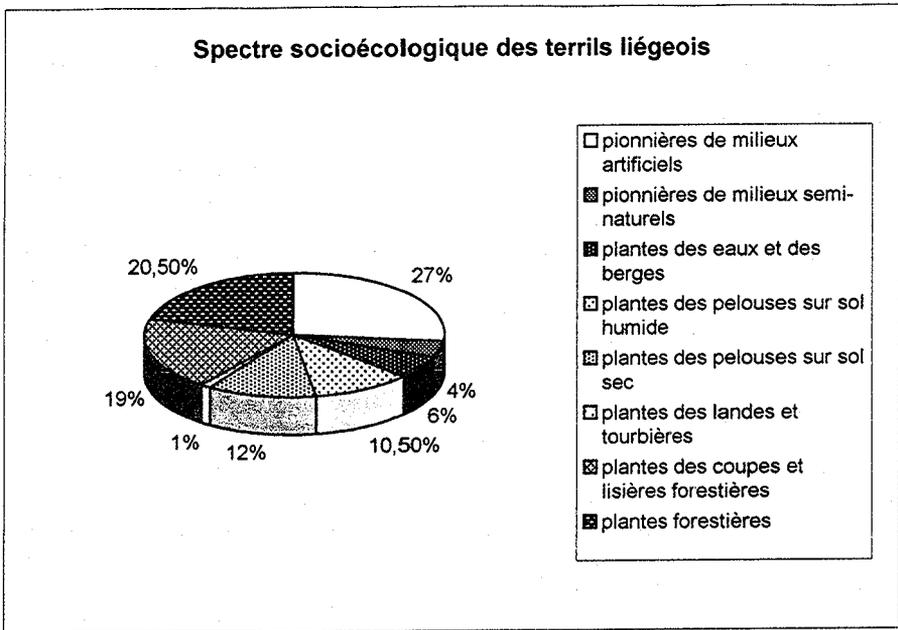


Figure 2 Spectre socio-écologique. Les groupes socio-écologiques utilisés sont ceux définis par Stieperaere et Franssen (1982).

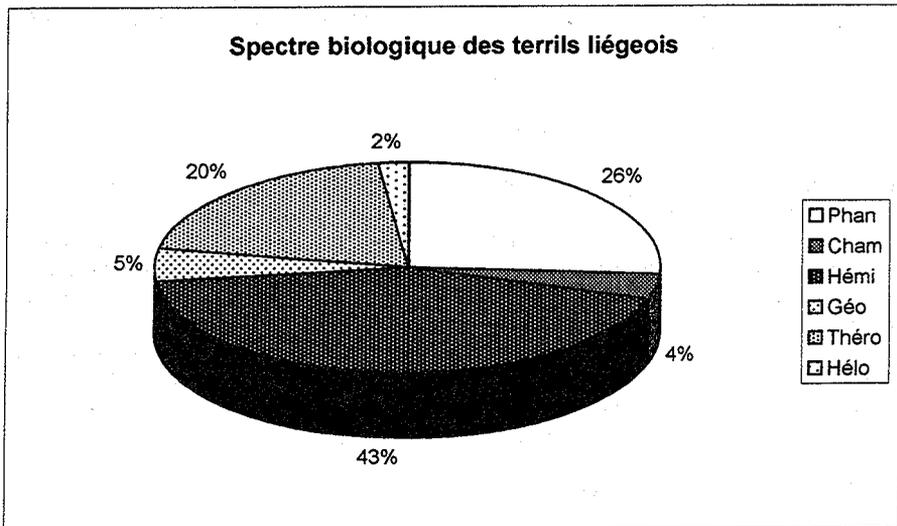


Figure 3. Spectre biologique. Les formes de vie utilisées sont celles définies par Lambinon et al. (1992).

3.3. Spectres écologiques des espèces (Ellenberg et al., 1992; Lambinon et al., 1992)

3.3.1. Spectre biologique

L'analyse du spectre biologique (figure 3) indique la prédominance des hémicryptophytes (43 % des espèces). Les thérophytes sont également bien représentées (20 %) en relation avec les caractéristiques écologiques des terrils (sol peu fixé, très sec, filtrant, ...). Cependant, les espèces annuelles sont nettement moins nombreuses sur les terrils liégeois que sur les terrils du Nord de la France, du Borinage et de la région carolorégienne. Mais dans ces régions, les terrils sont en général moins boisés.

Les plantes des milieux humides et des bords des eaux sont très peu représentées et confinées dans les zones de suintement, à la base des terrils.

3.3.2 Coefficient d'acidité du sol (figure 4)

Le pH du sol étant très variable (de 3 à 8) d'un terril à l'autre et parfois au sein d'un même terril, le spectre d'acidité montre la présence d'espèces typiques de substrats très diversifiés du point de vue de l'acidité. 10 % des espèces sont typiques des sols acides à très acides, tandis que 21 % sont caractéristiques des sols moyennement basiques et trois espèces sont typiques des sols basiques et calcaires.

Espèces calcicoles ou calciphiles: *Carlina vulgaris*, *Centaurea decipiens*, *Cerastium pumilum* subsp. *pumilum*, *Clematis vitalba*, *Colutea arborescens*, *Diplotaxis tenuifolia*, *Dipsacus pilosus*, *Echium vulgare*, *Epilobium tetragonum* subsp. *lamyi*, *Galeopsis angustifolia*, *Inula conyzae*, *Knautia arvensis*, *Melica ciliata*, *Origanum vulgare*, *Petrorhagia prolifera*, *Reseda luteola*, *Sanguisorba minor*, *Thymus pulegioides*, ...

Espèces acidiphiles: *Convallaria majalis*, *Cytisus scoparius*, *Deschampsia flexuosa*, *Hieracium laevigatum*, *Holcus mollis*, *Lonicera periclymenum*, *Luzula campestris*, *Luzula luzuloides*, *Poa nemoralis*, *Pyrola minor*, *Rumex acetosella*, *Sambucus racemosa*, *Sorbus aucuparia*, *Teucrium scorodonia*, *Vulpia myuros*, ...

3.3.3. Coefficient d'humidité du sol (figure 4)

En relation avec les caractéristiques écologiques du substrat, les espèces des sols secs à très secs sont bien représentées (13 %). Il s'agit surtout d'espèces typiques des pelouses sèches ou des espèces pionnières xérophiiles (*Berteroa incana*, *Cerastium pumilum* subsp. *pumilum*, *Diplotaxis tenuifolia*, *Erophila verna*, *Festuca lemanii*, *Galeopsis angustifolia*, *Herniaria glabra*, *Melica ciliata*, *Poa compressa*, *Potentilla argentea*, *Sanguisorba minor*, *Sedum acre*, *Sedum album*, ...).

Les espèces des sols humides à mouillés sont peu nombreuses (3 %) et généralement limitées aux zones de suintements qui apparaissent parfois à la base des terrils (*Alnus glutinosa*, *Callitriche hamulata*, *Epilobium parviflorum*, *Glyceria fluitans*, *Iris pseudacorus*, *Juncus articulatus*, *Phragmites australis*, *Typha latifolia*).

3.3.4. Coefficient de teneur azotée du sol (figure 4)

Les espèces des sols très pauvres à pauvres en azote représentent 24 % de la flore (ce qui est à mettre en relation avec le fait que les sols des terrils présentent souvent une carence en azote), tandis que 12 % des espèces sont indicatrices de sols très riches en azote et 4 % des espèces sont typiques de sols à teneur excessive en azote. Parmi les espèces indicatrices d'azote, beaucoup sont surtout présentes dans les plantations de robinier faux-

acacia (*Robinia pseudacacia*) (*Alliaria petiolata*, *Chaerophyllum temulum*, *Chelidonium majus*, *Epilobium angustifolium*, *Galium aparine*, *Urtica dioica*, ...) ou dans les zones humides et les mares temporaires qui apparaissent au pied des terrils (*Atriplex prostrata*, *Bidens frondosa* var. *frondosa*, *Polygonum lapathifolium*, *Typha latifolia*, ...).

3.3.5. Coefficient de luminosité (figure 4)

Les espèces des milieux moyennement ouverts à ouverts sont prédominantes. En effet, bien que les terrils liégeois soient fortement boisés, il s'agit toujours, à l'exception des plantations de robinier faux-acacia, de forêts pionnières essentiellement dominées par le bouleau verruqueux et dont le couvert n'est pas encore très important.

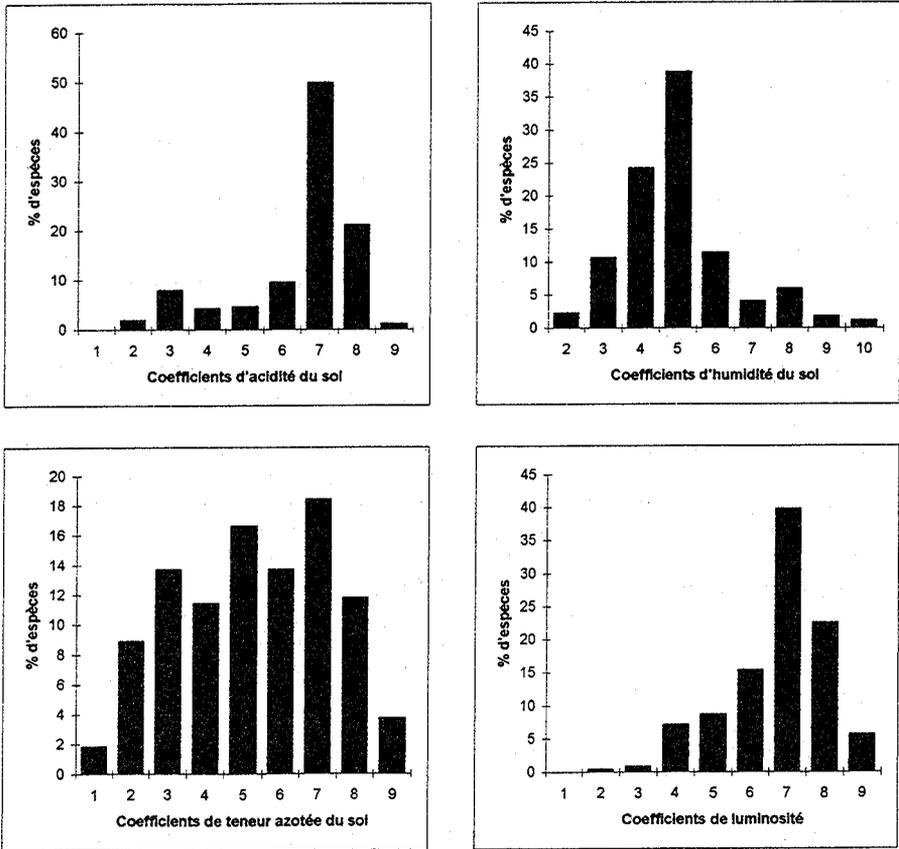


Figure 4. Spectres écologiques exprimés par les plantes Acidité du sol (1: très acide; 3: acide; 5: moyennement acide; 7: faiblement acide à moyennement basique; 9: basique et calcaire) Humidité du sol (1: très sec; 3: sec; 5: frais; 7: humide; 9: très humide; 11: inondé). Teneur azotée du sol (1: très pauvre; 3: pauvre; 5: moyennement riche; 7: riche; 9: teneur excessive). Ouverture du milieu (1: très fermé; 3: fermé; 5: moyennement fermé; 7: moyennement ouvert; 9: ouvert) (Ellenberg et al, 1992).

3.4. Espèces thermophiles

Un certain nombre de xérothermophytes et d'espèces subméditerranéennes, souvent calciphiles, colonisent les zones de terrils non ou peu acides, essentiellement en exposition sud: la clématite des haies (*Clematis vitalba*) et la carline vulgaire (*Carlina vulgaris*) sont les deux espèces thermophiles les plus constantes sur les différents sites parcourus. L'inule conyze (*Inula conyzae*), la mélisse ciliée (*Melica ciliata*), le troène commun (*Ligustrum vulgare*), la petite pimprenelle (*Sanguisorba minor*), l'œillet prolifère (*Petrorhagia prolifera*), le baguenaudier (*Colutea arborescens*) apparaissent plus sporadiquement.

Ces espèces existent ailleurs dans la vallée de la Meuse liégeoise, au niveau des affleurements calcaires du versant chaud de la vallée. Elles profitent des conditions microclimatiques particulières des terrils pour les coloniser.

3.5. Flore non indigène (Lambinon et al, 1992)

19 % de la flore des terrils est composée d'espèces introduites. On note surtout la présence d'espèces ligneuses introduites et plus ou moins naturalisées (15 espèces), des espèces cultivées en horticulture et échappées de jardins (15 espèces), des adventices des ballasts (6 espèces). Parmi celles-ci notons:

- l'épervière de Bauhin (*Hieracium bauhinii*), espèce continentale introduite et naturalisée, en voie d'extension rapide vers l'ouest, surtout abondante dans le district mosan, principalement en région liégeoise;
- *Hieracium x brachiatum*, hybride entre l'épervière de Bauhin (*Hieracium bauhinii*) et l'épervière piloselle (*H. pilosella*), connu au Grand-Duché de Luxembourg (Reichling, 1960), signalé pour la première fois en Belgique, sur le terril n° 49 Bon Buveur (une seule station);
- le sénecion sud africain (*Senecio inaequidens*), espèce introduite à la fin du siècle dernier par l'industrie lainière, qui s'est longtemps cantonnée à la vallée de la Vesdre, mais qui se propage depuis plus de 25 ans partout en Belgique, ainsi que dans le Nord de la France (Duvigneaud, 1976; Robbrecht, 1977; D'Hose et De Langhe, 1977; Havrenne et Lebeau, 1978; Lebeau et al., 1978; Ghio et Harmegnies, 1979, Delvosalle, Duvigneaud, Harmegnies et Rousselle, 1979; Bouchat, 1984);
- l'onagre à grandes fleurs (*Oenothera erythrosepala*), espèce née en Europe à partir d'une souche nord-américaine, rare à très rare dans la région mosane;
- l'éragrostis faux-pâturin (*Eragrostis minor*), espèce des régions tropicales et tempérées chaudes de l'Ancien Monde, naturalisée çà et là;
- le baguenaudier (*Colutea arborescens*), espèce calcicole d'origine méditerranéenne, naturalisée, dont on connaît quelques stations dans le sillon mosan au niveau de la frontière hollandaise.

Notons encore que 36 % des espèces introduites sont originaires d'Europe centrale et méridionale.

4. Végétation

La combinaison originale des facteurs écologiques rencontrés engendre la constitution, en pleine évolution dynamique, d'associations végétales propres aux terrils, réparties en deux séries, l'une à stade initial herbacé, l'autre à stade initial ligneux.

4.1. Les groupements pionniers des pentes mobiles

L'installation pionnière des plantes sur les terrils est souvent problématique en raison de l'extrême sécheresse superficielle du sol et de la mobilité des pentes.

Les premières plantes apparaissent au niveau de petites plages à microclimat favorable, protégées de l'insolation directe et de l'action des vents desséchants, entre les blocs de grès et schiste, au fond de petites ravines, ... Il s'agit de quelques espèces annuelles ou bisannuelles accomplissant leur cycle vital en un temps relativement court, développant pour la plupart une racine pivotante importante et montrant des adaptations à la réduction de l'évapotranspiration (*Galeopsis angustifolia*, *Picris hieracioides*, *Reseda lutea*, ...). Si ces plantes sont les mieux adaptées pour s'installer en premier, elles ne contribuent que très peu ou pas du tout à l'évolution de la végétation et à la stabilisation de la pente. Parmi ces pionnières, apparaissent rapidement certaines espèces bisannuelles ou vivaces qui grâce à leurs organes souterrains ou aériens stabilisent quelque peu le substrat et freinent le mouvement de la pente. Les touffes les plus grosses de ces espèces déterminent une retenue du substrat au-dessus de chacune d'elles, tandis qu'en aval, le substrat continuant à descendre, il y a formation d'une microfalaise. Il apparaît ainsi progressivement un profil "en escalier", typique des pentes mobiles en voie de fixation. Ces espèces pionnières jouent un grand rôle dans la colonisation végétale ultérieure.

On distingue cinq types principaux de groupements végétaux pionniers (quatre herbacés et un arbustif) contribuant à la stabilisation progressive des pentes. Ils sont souvent assez proches les uns des autres sur le plan floristique, mais diffèrent par l'abondance et la répartition respective des espèces dominantes. Chacune de ces espèces dominantes développe un processus particulier de stabilisation du substrat.

4.1.1 Le groupement à oseille ronde (*Rumex scutatus*)

L'oseille ronde produit des souches émettant des rejets qui parcourent le substrat. De plus les rameaux recouverts par les sédiments mouvant s'enracinent facilement. Il en résulte une irradiation d'individus à partir d'une plante mère et une stabilisation progressive du substrat.

Ce groupement pionnier à oseille ronde est surtout présent sur les sols acides et en pente Nord, là où le substrat est plus humide. L'oseille ronde est en effet une espèce qui germe tard au printemps et dont les plantules sont sensibles aux stress hydriques (Bouchat, 1984). C'est dans ce groupement pionnier herbacé que les espèces typiques des sols frais sont les plus abondantes et où les annuelles sont les moins présentes (tableau 1). Ces constatations sont à mettre en relation avec les caractéristiques climatiques plus humides des pentes nord.

4.1.2. Le groupement à tussilage (*Tussilago farfara*)

Le tussilage est une espèce dont les épais rhizomes pénètrent en profondeur dans la partie non mobile du substrat. Ces rhizomes bourgeonnent et il se développe progressivement un réseau de tiges souterraines qui parcourent la pente parallèlement à la surface. Rapidement, à partir de quelques pieds mères, se développent des peuplements denses, capable de suffisamment fixer la pente pour que puissent s'installer d'autres espèces.

Ce groupement apparaît également préférentiellement en pente Nord, car les plantules de tussilage sont sensibles aux stress hydriques, mais semble préférer les situations non acides (le tussilage est généralement considéré comme une espèce des sols basiques à faiblement acides).

Comme le groupement à oseille ronde, il est assez pauvre en espèces annuelles et comporte diverses espèces des sols frais.

4.1.3 Le groupement à clématite des haies (*Clematis vitalba*)

La clématite des haies est une espèce lianeuse, qui, dans les zones pionnières, ne trouve pas de support pour grimper et qui s'étale sur le sol en formant de longs rejets capables de s'enraciner. La dimension des touffes qui en résultent et l'abondance des tiges permettent une certaine stabilisation du substrat.

Le groupement à clématite des haies est indifférent à l'orientation, quoique plus fréquent en pente sud, et n'apparaît que sur un substrat non acide.

Il est riche en espèces pionnières et en espèces des pelouses sèches. C'est dans ce groupement pionnier que les espèces annuelles sont les plus fréquentes.

4.1.4. Le groupement à séneçon sud africain (*Senecio inaequidens*)

Le séneçon sud africain s'enracine profondément et forme de grosses touffes. Cette espèce exotique thermophile est capable de résister à une très grande sécheresse du substrat et est favorisée par sa grande production de semences (20 à 30000 akènes par plante bien développée).

Ce groupement à séneçon sud africain apparaît en exposition sud, sur substrat faiblement acide à légèrement basique.

En relation avec le pH du sol, c'est dans ce groupement pionnier que se rencontre le plus grand nombre d'espèces typiques des sols neutres à basiques. La proportion d'espèces pionnières et d'espèces annuelles est aussi importante, en relation avec les caractéristiques climatiques des pentes sud.

4.1.5 Le groupement à bouleau verruqueux (*Betula pendula*)

Très fréquemment, la colonisation végétale commence directement par un développement arbustif à base de bouleau verruqueux. Ce groupement se rencontre partout, mais plus fréquemment sur les versants nord et ouest. Il est indifférent au pH du sol. Sur les pentes sud, son installation est très lente. C'est dans ce groupement pionnier que les espèces des sols frais et les espèces subsylvatiques sont les plus abondantes.

Au départ, le bouleau verruqueux est souvent la seule espèce présente. Grâce à ses racines traçantes, il réussit à fixer quelque peu la pente. Progressivement apparaissent en sous-bois les espèces pionnières herbacées typiques qui favorisent une meilleure rétention de la litière de bouleau. Cela améliore progressivement les conditions nutritionnelles du substrat et favorise le développement d'espèces plus exigeantes.

Les espèces pionnières dominantes sont accompagnées par des xérophytes et des mésoxérophytes, dont diverses annuelles ou bisannuelles: *Reseda lutea*, *Senecio viscosus*, *Picris hieracioides*, *Arenaria serpyllifolia*, *Echium vulgare*, *Carlina vulgaris*, *Galeopsis angustifolia*, ... Toutes ces plantes sont capables de résister à la mobilité des pentes et à la sécheresse (racines pivotantes, cycle vital court, ...).

Dès que la pente se stabilise, les groupements pionniers évoluent vers des pelouses sèches (dans les zones les plus thermophiles), des prairies-friches à fromental ou des bois de bouleaux. Ces deux derniers types d'évolution sont les plus fréquents.

	Groupement à <i>Rumex scutatus</i>	Groupement à <i>Tussilago farfara</i>	Groupement à <i>Clematis vitalba</i>	Groupement à <i>Senecio inaequidens</i>	Groupement à <i>Betula pendula</i>
Thérophytes	5%	8%	18%	16%	11%
Hémicryptophytes	60%	63%	58%	56%	52%
Phanérophtes	31%	19%	15%	24%	30%
Géophytes	2%	5%	2%	2%	5%
Chaméphytes	2%	5%	7%	2%	2%
Esp pionnières	29%	26%	31%	38%	20%
Esp des pelouses humides	20%	16%	11%	14%	21%
Esp des pelouses sèches	17%	24%	29%	20%	11%
Esp des lisières et landes	14%	10%	16%	8%	16%
Esp forestières	20%	24%	13%	20%	32%
Esp des sols secs	21%	21%	27%	16%	14%
Esp des sols intermédiaires	28%	31%	42%	39%	23%
Esp des sols frais	47%	42%	31%	43%	56%
Esp des sols humides	4%	6%		2%	7%
Esp des sols acides	23%	24%	22%	14%	24%
Esp des sols neutres	52%	57%	53%	63%	60%
Esp des sols basiques	25%	19%	25%	23%	16%
Esp des sols pauvres en azote	33%	37%	38%	26%	30%
Esp des sols intermédiaires	42%	29%	43%	37%	25%
Esp des sols riches en azote	25%	34%	19%	37%	45%
Esp des milieux fermés	11%	13%	4%	15%	18%
Esp des milieux ouverts	89%	87%	96%	85%	82%

Tableau 1. Spectres écologiques des groupements pionniers

4.2. Les groupements de pelouses sèches

Les pelouses sèches s'observent dans les conditions les plus ensoleillées, les plus sèches et les plus contrastées sur le plan thermique, surtout sur les versants sud, sur les replats ou au sommet des terrils. Elles sont liées à un substrat encore fort superficiel et grossier. Elles ne se maintiennent bien que dans les stations les plus xériques et dans les zones ayant brûlé. Dans les zones plus fraîches, elles constituent des groupements d'une durée de vie souvent assez limitée et sont plus ou moins rapidement remplacées par la prairie-friche à fromental ou par des bois de bouleau verruqueux, dès que la végétation a un peu amélioré le substrat. Le caractère sec de ces pelouses est mis en évidence par la présence d'un grand nombre de xérophytes, parmi lesquels diverses espèces possédant des adaptations morphologiques pour lutter contre une transpiration foliaire trop importante: des feuilles poilues ou duveteuses (*Hieracium bauhini*, *H. pilosella*, *Hypochoeris radicata*, *Echium vulgare*, *Picris hieracioides*, *Berteroa incana*, ...) des feuilles réduites (*Reseda lutea*, *Petrorhagia prolifera*), des feuilles épineuses (*Carlina vulgaris*), des feuilles succulentes (*Sedum acre*), des feuilles épaisses et gaufrées (*Inula conyza*, *Oenothera parviflora*), des feuilles enroulées (*Festuca lemanii*, *F. filiformis*, *Poa compressa*, *Melica ciliata*).

	Pelouse à <i>Echium vulgare</i>	Pelouse à <i>Melica ciliata</i>	Pelouse à <i>Vulpia myuros</i>	Pelouse à <i>Hieracium</i> div sp	Prairie-friche à <i>Arrhenather elatius</i>
Thérophytes	32%	22%	31%	24%	20%
Hémicryptophytes	65%	59%	56%	53%	49%
Phanérophytes		5%	6%	14%	21%
Géophytes		8%		3%	5%
Chaméphytes	3%	5%	6%	6%	1%
Esp pionnières	39%	35%	42%	36%	31%
Esp des pelouses humides	32%	19%	21%	18%	16%
Esp des pelouses sèches	26%	32%	25%	25%	17%
Esp des lisières et landes	3%	14%	6%	11%	18%
Esp forestières			6%	10%	16%
Esp des sols secs	13%	30%	21%	23%	14%
Esp des sols intermédiaires	48%	40%	38%	44%	33%
Esp des sols frais	39%	30%	37%	33%	47%
Esp des sols humides			4%		6%
Esp des sols acides	6%	9%	22%	21%	21%
Esp des sols neutres	71%	61%	52%	55%	59%
Esp des sols basiques	23%	30%	26%	24%	20%
Esp des sols pauvres en azote	25%	29%	36%	35%	28%
Esp des sols intermédiaires	43%	47%	40%	36%	36%
Esp des sols riches en azote	32%	24%	24%	29%	36%
Esp des milieux fermés		3%	4%	9%	12%
Esp des milieux ouverts	100%	97%	96%	91%	88%

Tableau 2. Spectres écologiques des groupements de pelouse et de prairie-friche

4.2.1 La friche à vipérine (*Echium vulgare*)

La friche à vipérine est un groupement assez pionnier qui n'apparaît que très localement, sur substrat non acide et uniquement en pente sud. Elle comporte beaucoup d'espèces pionnières et d'annuelles (tableau 2). La vipérine, espèce calciphile, est surtout accompagnée par l'alysson blanc (*Berteroa incana*), thermo-xérophyle annuelle et le brome stérile (*Bromus sterilis*), annuelle typique des sols neutres et filtrants, ainsi que par divers xérophytes: la sabline à feuilles de serpolet (*Arenaria serpyllifolia*), la potentille argentée (*Potentilla argentea*), l'orpin âcre (*Sedum acre*), l'absinthe (*Artemisia absinthium*), ... Ce groupement comporte deux strates herbacées: une strate basse riche en espèces à rosettes basales et en thérophytes, d'où émerge une strate haute surtout riche en mésoxérophytes des friches comme l'inule conyze (*Inula conyzae*), l'armoise commune (*Artemisia vulgaris*), la tanaïse (*Tanacetum vulgare*), ... Avec le temps, ce groupement évolue vers l'arrhénathéraie.

4.2.2. La pelouse à mélisque ciliée (*Melica ciliata*)

Comme la friche à vipérine, ce groupement n'apparaît que très localement, uniquement sur sol non acide et en pente sud. Il est riche en espèces pionnières et en plantes des sols secs. La mélisque ciliée est une graminée thermophile typique des pelouses arides et rocailleuses, apparaissant principalement sur substrat calcaire. Dans la pelouse, la mélisque ciliée est accompagnée par d'autres thermophytes plus ou moins calcicoles: l'œillet prolifère (*Petrorhagia prolifera*), la vipérine (*Echium vulgare*), l'inule conyze (*Inula conyzae*), l'orpin âcre (*Sedum acre*). Ce groupement paraît actuellement assez stable là où il est présent. Localement, il semble évoluer vers la prairie-friche à fromental.

4.2.3. La pelouse à vulpie queue-de-rat (*Vulpia myuros*)

La pelouse à vulpie queue-de-rat apparaît surtout sur les replats ou à proximité du sommet des terrils, sur substrat nettement acide, dans des zones où la pente n'est pas trop forte et où le sol n'est pas trop mobile. Ce groupement est riche en annuelles et en espèces des sols acides et très riches en plantes pionnières. Il est dominé par une graminée thermophile annuelle, typique des chemins secs et des ballasts de voies ferrées. Cette thermophyte a une phénologie adaptée à la sécheresse estivale: elle germe en automne, fleurit précocement et meurt au début de l'été. Ce cycle vital court lui permet d'éviter les grosses chaleurs estivales.

4.2.4. La pelouse à épervières (*Hieracium* div. sp.)

La pelouse sèche à épervières est le type de pelouse le plus fréquent. Elle est surtout présente sur les versants sud ou les replats à proximité du sommet des terrils et est liée à un substrat superficiel et grossier. Elle occupe aussi volontiers les zones refroidies des terrils en combustion et colonise des substrats à pH variable, avec une tendance vers les valeurs basses. Elle est riche en espèces pionnières et en acidiphiles.

Physionomiquement, ce groupement a l'aspect d'une pelouse rase d'où émergent des espèces bisannuelles et vivaces. Il est dominé soit par l'épervière de Bauhin (*Hieracium bauhinii*), soit par l'épervière piloselle (*Hieracium pilosella*), accompagnées par des xérophytes et des mésoxérophytes acidiphiles, indifférentes ou basiphiles: la porcelle enracinée (*Hypochoeris radicata*), le pâturin comprimé (*Poa compressa*), la vulpie queue-de-rat (*Vulpia myuros*), des fétuques (*Festuca* div. sp.), la vipérine (*Echium vulgare*), la carline vulgaire (*Carlina vulgaris*), le bouillon blanc (*Verbascum thapsus*), ...

Très souvent, une seule des deux épervières est présente dans la pelouse, mais localement les deux espèces cohabitent. Elles sont particulièrement bien adaptées aux substrats encore assez instables, car elles possèdent de fortes racines pivotantes et se multiplient par stolons, formant rapidement des tapis denses et fermés.

Le tapis de xérophytes est piqué d'espèces prairiales mésophiles, à large amplitude écologique: le fromental (*Arrhenatherum elatius*), la carotte sauvage (*Daucus carota*), la campanule raiponce (*Campanula rapunculus*), la linaria vulgaire (*Linaria vulgaris*), le plantain lancéolé (*Plantago lanceolata*), ..., annonçant la lente évolution du groupement vers une prairie-friche.

Les espèces subsylvatiques n'ont qu'une présence occasionnelle et discrète. Parmi celle-ci, l'épervière vulgaire (*Hieracium lachenalii*) semble la plus résistante à la xéricité de la pelouse.

Dans les autres régions charbonneuses de Wallonie, seule l'épervière piloselle (*Hieracium pilosella*) est présente ou domine le groupement, alors qu'à Liège l'épervière de Bauhin

(*Hieracium bauhinii*) est plus fréquente. L'explication réside dans le fait que cette espèce naturalisée est principalement abondante dans la région liégeoise.

4.3. La prairie-friche à fromental (*Arrhenatherum elatius*)

Il s'agit du groupement herbacé le plus évolué que l'on rencontre sur les terrils liégeois. Il apparaît en toutes orientations, mais surtout dans les zones les plus fraîches, sur des substrats plus profonds, plus riches en éléments fins et à meilleure rétention d'eau que les groupements précédents. Le pH du sol de ces prairies-friches à fromental est généralement peu acide.

Bien que floristiquement assez proche de la pelouse sèche, l'arrhénathéraie s'en distingue par une abondance-dominance différente des espèces. Progressivement, les espèces pionnières et des pelouses sèches se raréfient dans la prairie-friche, au profit d'espèces plus prairiales ou subsylvatiques. Dans ce groupement, les mésophytes et les mésoxérophytes des friches dominent les xérophytes: le fromental (*Arrhenatherum elatius*), la carotte sauvage (*Daucus carota*), la tanaisie (*Tanacetum vulgare*), l'armoise vulgaire (*Artemisia vulgaris*), l'achillée millefeuille (*Achillea millefolium*), ... En exposition sud, les espèces des pelouses sèches restent cependant abondantes dans l'arrhénathéraie.

L'évolution de ces prairies est lente. Elles se maintiennent de nombreuses années avant que ne se manifeste une évolution vers des groupements forestiers. On assiste généralement à la formation progressive de fourrés à genêt à balais (*Cytisus scoparius*) ou à aubépine à un style (*Crataegus monogyna*). Ensuite des semis naturels d'arbres, surtout le bouleau verruqueux (*Betula pendula*) et le saule marsault (*Salix caprea*), apparaissent, annonçant le boisement progressif de la prairie-friche. Parfois, d'importantes plages de clématite des haies (*Clematis vitalba*) ou de ronce (*Rubus* sp.) s'étendent progressivement dans la prairie-friche.

4.4. Le bois de bouleau verruqueux à pâturin des bois (*Poa nemoralis*)

Les bois de bouleaux constituent, avec les plantations de robiniers, le groupement le plus évolué que l'on rencontre sur les terrils. Ils occupent toutes les expositions, mais présentent une vitalité optimale sur les versants les plus frais et colonisent surtout des sols acides.

La strate arborescente est largement dominée par le bouleau verruqueux (*Betula pendula*). Avec le temps, ce boisement acquiert cependant une allure de plus en plus forestière en s'enrichissant en hêtre (*Fagus sylvatica*), chêne pédonculé (*Quercus robur*), frêne commun (*Fraxinus excelsior*), érable sycomore (*Acer pseudoplatanus*), ...

En sous-bois, on note diverses espèces arbustives zoochores: le merisier (*Prunus avium*), le cerisier tardif (*Prunus serotina*), le sorbier des oiseleurs (*Sorbus aucuparia*), le néflier (*Mespilus germanica*), le sureau noir (*Sambucus nigra*), ...

La strate herbacée, dominée à l'origine par des espèces herbacées pionnières (tableau 3), s'enrichit progressivement en espèces subsylvatiques ou nettement sylvatiques: l'épilobe en épi (*Epilobium angustifolium*), l'épervière vulgaire (*Hieracium lachenalii*), l'épervière de Savoie (*H. sabaudum*), l'eupatoire chanvrine (*Eupatorium cannabinum*), la fougère aigle (*Pteridium aquilinum*), la canche flexueuse (*Deschampsia flexuosa*), ... Le pâturin des bois (*Poa nemoralis*), acquiert une importance de plus en plus grande en sous-bois, pour devenir souvent l'espèce herbacée dominante. Localement, la petite pyrole (*Pyrola minor*), espèce forestière des sols acides et filtrants très rare dans la région, forme d'importants peuplements sous les bouleaux.

La strate muscinale est généralement bien développée lorsque le boisement n'est plus trop pionnier et est dominée par *Brachytecium rutabulum*.

Localement, là où le sol brûlé par la combustion est plus riche en azote, se développent en sous-bois des peuplements denses de ronce (*Rubus* sp.) et de sureau noir (*Sambucus nigra*). La strate herbacée y est moins dense et le pâturin des bois est accompagné par diverses espèces nitrophiles.

	Boulaie assez Pionnière	Boulaie à <i>Poa nemoralis</i>	Boulaie nitrophile	Bois de <i>Robinia</i> à <i>Poa nemoralis</i>	Bois de <i>Robinia</i> nitrophile
Thérophytes	7%	8%	5%	11%	7%
Hémicryptophytes	40%	36%	40%	37%	40%
Phanérophytes	45%	48%	49%	46%	46%
Géophytes	4%	6%	3%	6%	5%
Chaméphytes	4%	2%	3%		2%
Esp pionnières	18%	12%	8%	11%	14%
Esp des pelouses humides	11%	12%	29%	15%	15%
Esp des pelouses sèches	11%	7%	3%	2%	
Esp des lisières et landes	11%	22%	30%	33%	32%
Esp forestières	49%	47%	30%	39%	39%
Esp des sols secs	9%	5%	8%	2%	3%
Esp des sols intermédiaires	27%	22%	24%	22%	19%
Esp des sols frais	58%	65%	59%	63%	62%
Esp. des sols humides	6%	8%	9%	13%	16%
Esp. des sols acides	31%	36%	27%	23%	19%
Esp. des sols neutres	53%	55%	62%	66%	69%
Esp. des sols basiques	16%	9%	11%	9%	12%
Esp des sols pauvres en azote	29%	32%	21%	19%	13%
Esp des sols intermédiaires	29%	25%	19%	20%	20%
Esp des sols riches en azote	42%	43%	60%	61%	67%
Esp des milieux fermés	34%	31%	32%	32%	37%
Esp des milieux ouverts	66%	69%	68%	68%	63%

Tableau 3 Spectres écologiques des groupements forestiers

4.5. Le bois de robinier faux-acacia (*Robinia pseudacacia*)

Les bois de robinier (*Robinia pseudacacia*) résultent toujours de plantations, souvent anciennes. La strate arborescente est largement dominée par le robinier, parfois accompagné par diverses espèces forestières: le bouleau verruqueux (*Betula pendula*), le chêne pédonculé (*Quercus robur*), l'érable sycomore (*Acer pseudoplatanus*). La strate arbustive est généralement bien développée et comprend diverses espèces forestières anémochores et zoochores.

On distingue deux types de bois de robinier, en fonction du type de sous-bois.

Le bois de robinier à pâturin des bois (*Poa nemoralis*) est riche en espèces herbacées sylvatiques et subsylvatiques typiques des sols frais à humides, émergeant des tapis denses de pâturin des bois. Les espèces nitrophiles sont particulièrement abondantes (tableau 3): la grande ortie (*Urtica dioica*), le gratteron (*Galium aparine*), la benoîte commune (*Geum urbanum*), l'alliaire (*Alliaria petiolata*), l'herbe à Robert (*Geranium robertianum*). Le recouvrement bryophytique est aussi important en raison du taux d'humidité élevé.

Dans les bois de robinier à sureau noir (*Sambucus nigra*) et ronce (*Rubus* sp.), ces deux espèces nitrophiles ont un recouvrement particulièrement important, pouvant aller jusqu'à près de 100%. Dans ce cas, les espèces herbacées sont peu représentées faute de place. L'extraordinaire développement du sureau noir et de la ronce, de même que la fréquence des espèces nitrophiles, est à mettre en relation avec la capacité du robinier de fixer l'azote grâce à des bactéries symbiotiques localisées dans les nodosités de ses racines. La strate arbustive de ronce et de sureau est aussi particulièrement bien développée dans les bois de robinier plantés sur sols brûlés par la combustion.

4.6. Les groupements particuliers des zones en combustion

Les zones en combustion sont colonisées par des groupements végétaux particuliers, typiques des terrils et ne se rencontrant nulle part ailleurs. Certaines espèces caractéristiques de ces groupements vivent, sur terrils, exclusivement dans les zones en combustion.

Deux variables influencent la colonisation des zones brûlantes: la température du sol et le degré d'humidité. On distingue des zones de combustion sèche et des zones de combustion humide.

Les zones de combustion sèche sont faiblement à moyennement chaudes. Dans ces sites, il n'y a pas de dégagement de vapeur, du moins visible à l'œil nu, la chaleur remontant du terril essentiellement par rayonnement infrarouge.

Les zones de combustion humide sont moyennement à fortement chaudes. Dans celles-ci, l'eau de percolation est transformée en vapeur, qui remonte en surface et est dégagée en même temps que les autres gaz, notamment au niveau de crevasses et de trous de chaleur.

On observe dès lors une véritable zonation de groupements végétaux, qui se répartissent selon un gradient thermique et hydrique, au départ des zones les plus chaudes dépourvues de toute végétation (tableau 4).

	Groupement à <i>Holcus lanatus</i>	Groupement à <i>Oenothera</i> , <i>Coryza</i> , ...	Groupement à <i>Vulpia myuros</i>	Groupement bryophytique	Groupement à <i>Digitaria sanguinalis</i>
Amplitude thermique à -2 cm	7 - 14 - 19	9 - 21 - 30	7 - 22 - 27	13 - 24 - 36	15 - 32 - 40
Amplitude thermique à -10 cm	18 - 26 - 39	16 - 30 - 51	17 - 32 - 49	28 - 36 - 41	28 - 44 - 62
Type de combustion	sèche à humide	humide	sèche	très humide	humide

Tableau 4. Amplitudes thermiques des groupements des zones en combustion

4.6.1. Le groupement à houlque laineuse (*Holcus lanatus*)

Ce groupement prairial riche en hémicryptophytes apparaît dès que la température s'élève pour atteindre $\pm 25^{\circ}\text{C}$ à 10 cm de profondeur. Il comporte encore assez bien d'espèces ligneuses (15 %), mais celles-ci ne croissent que faiblement, car la température du sol

entrave le développement de leurs racines (tableau 5) Dans ces zones, le substrat est franchement acide.

La houlique laineuse (*Holcus lanatus*) est une espèce prairiale commune sur les terrils, mais elle ne forme des peuplements importants que dans les zones faiblement brûlantes. En plein hiver, les plages de houlique tranchent très fortement par rapport aux zones non brûlantes (développement précoce, vigueur) Par contre, en été, malgré le dégagement de vapeur d'eau, la houlique sèche totalement dès le début du mois de juillet.

4.6.2. Le groupement à onagre à petites fleurs (*Oenothera parviflora*), érigeron du Canada (*Conyza canadensis*) et plantain lancéolé (*Plantago lanceolata*)

Il apparaît dans des zones de combustion humide, lorsque le substrat atteint $\pm 30^{\circ}\text{C}$ à 10 cm de profondeur. Le substrat est toujours acide. En fonction de la localisation, il est dominé par l'une ou l'autre espèce typique du groupement. Il s'agit de plantes à large amplitude, supportant plus ou moins bien des températures parfois assez élevées. Ces espèces sont présentes dans d'autres groupements végétaux des terrils, mais ne sont abondantes que dans les zones de combustion moyennement chaudes, là où la concurrence est beaucoup moins grande. Fréquemment, les feuilles de l'onagre à petites fleurs sont d'un rouge prononcé.

4.6.3. Le groupement à vulpie queue-de-rat (*Vulpia myuros*)

Ce groupement apparaît aux mêmes températures de substrat que le groupement précédent, mais reste localisé dans les zones où il n'y a pas de dégagement de vapeur. Le pH du sol est en général très acide. Il est très proche floristiquement du groupement de pelouse sèche à vulpie queue-de-rat (*Vulpia myuros*), mais comporte une plus grande proportion d'espèces des sols secs ainsi que quelques espèces exclusives des zones en combustion comme la digitale sanguine (*Digitaria sanguinalis*) et le sténactis à feuilles étroites (*Erigeron annuus* subsp. *septentrionalis*). Les phanérophytes sont peu fréquentes (5 %).

4.6.4. Le groupement à digitale sanguine (*Digitaria sanguinalis*)

La digitale sanguine (*Digitaria sanguinalis*) est une graminée annuelle thermophile, liée aux sols filtrants. Sur terril, elle est exclusive des zones en combustion. Elle n'y est cependant abondante que dans les secteurs les plus chauds, lorsque l'absence de concurrence lui permet de dominer.

Ce groupement à digitale sanguine apparaît lorsque la température du substrat devient fort élevée (plus ou moins 45°C à 10 cm de profondeur), à condition toutefois que l'humidité ambiante soit fort importante (le degré d'humidité élève le seuil de résistance des plantes à la température, car la transpiration des végétaux est alors plus faible). Il colonise les abords des trous et des fissures d'où s'échappe de la vapeur d'eau et les pentes où l'atmosphère est saturée d'eau. Comme dans toutes les zones en combustion, le substrat est très acide.

Ce groupement est très riche en thérophytes (près de la moitié des espèces sont des annuelles) et ne comporte pas de phanérophytes (tableau 5). La diversité des espèces annuelles s'explique par le fait que les températures très élevées rencontrées dès 10 cm de profondeur sont incompatibles avec la survie des phanérophytes et très défavorables aux hémicryptophytes (ces dernières montrent généralement une vitalité réduite, car leur développement racinaire est perturbé par la température). De plus les éphémérophytes ont un cycle vital court qui leur permet de s'adapter aux conditions de température du substrat.

Dans les zones les plus chaudes (jusqu'à 62° C mesurés à 10 cm de profondeur!), la digitale sanguine germe dès la fin de l'hiver et fructifie fin du printemps (parfois dès le mois d'avril). Souvent, de nombreux individus restent chétifs et rabougris (les plants n'ont parfois que 3 cm de hauteur lors de la floraison). Dès le début de l'été l'ensemble des plantes constituant le groupement sèchent et meurent. Fréquemment cependant on observe une deuxième génération de l'espèce, en fin d'été, dans les zones les plus chaudes et humides. Dans ce cas, les plants présentent une vitalité réduite.

	Groupement à <i>Holcus lanatus</i>	Groupement à <i>Oenothera,</i> <i>Conyza,</i>	Groupement à <i>Vulpia myuros</i>	Groupement à <i>Digitaria</i> <i>sanguinalis</i>	Groupement à bryophytes
Thérophytes	21%	37%	32%	48%	22%
Hémicryptophytes	61%	46%	53%	46%	50%
Phanérophytes	15%	7%	5%		22%
Géophytes		3%			6%
Chaméphytes	3%	7%	10%	6%	
Esp pionnières	43%	56%	48%	67%	35%
Esp des pelouses humides	15%	17%	21%	15%	24%
Esp des pelouses sèches	18%	17%	26%	12%	6%
Esp des lisières et landes	3%	5%	5%	3%	6%
Esp forestières	21%	5%		3%	29%
Esp des sols secs	18%	19%	31%	18%	5%
Esp des sols intermédiaires	39%	42%	42%	37%	22%
Esp des sols frais	39%	36%	27%	42%	62%
Esp des sols humides	3%	3%		3%	11%
Esp des sols acides	36%	22%	11%	24%	41%
Esp des sols neutres	42%	60%	61%	66%	53%
Esp des sols basiques	22%	18%	28%	10%	6%
Esp des sols pauvres en azote	34%	25%	37%	24%	29%
Esp des sols intermédiaires	44%	39%	42%	33%	29%
Esp des sols riches en azote	22%	37%	21%	32%	42%
Esp des milieux fermés	9%	3%		3%	10%
Esp des milieux ouverts	91%	97%	100%	97%	90%

Tableau 5. Spectres écologiques des groupements des zones en combustion.

4.6.5. Le groupement bryophytique

Ce groupement dominé par des mousses apparaît de manière très localisée, au niveau des zones où l'émission de vapeur est la plus importante (humidité relative proche de 100%), et où la température du sol est suffisamment élevée pour éliminer une partie des espèces herbacées. Ces conditions sont surtout réunies à proximité des trous de vapeur, où en plus du rayonnement calorifique interne, il y a constamment des mouvements de convection amenant de la vapeur d'eau sur les plantes environnantes (Ghio, 1975). C'est bien évidemment dans ce groupement que les espèces des sols frais à humides sont les plus

abondantes (tableau 5) Les espèces des sols riches en azote sont aussi plus nombreuses qu'ailleurs, car la vapeur d'eau s'échappant de la masse des terrils est riche en azote.

Le groupement est le plus souvent dominé par *Campylopus introflexus* et *Ceratodon purpureus*. Mais localement, ce sont des espèces des sols tourbeux qui dominent: *Sphagnum fimbriatum* et *Aulacomnium palustre*, dont la présence sur terril est particulièrement surprenante et ne peut s'expliquer que par la combinaison des facteurs "humidité importante" et "substrat franchement acide".

4.7. Les groupements des zones humides

Des zones humides alimentées par les eaux de percolation apparaissent localement à la base des terrils. Elles comportent des fragments de roselières à roseau (*Phragmites australis*) et massette à larges feuilles (*Typha latifolia*).

Très localement, on note la présence de deux halophytes (grande quantité de sels dissous, notamment de sulfate de soude): l'arroche hastée (*Atriplex prostrata*) et l'arroche étalée (*A. patula*), mais contrairement aux autres régions charbonneuses de Wallonie, on ne rencontre pas aux pieds des terrils liégeois une végétation de véritables mares alcalines.

5. Conclusion

Les terrils, par leurs caractéristiques morphologiques, climatiques et édaphiques, présentent une grande diversité de biotopes, souvent originaux. Ces caractéristiques engendrent la présence, en mosaïque, de groupements végétaux comportant une flore diversifiée.

Seuls les aspects floristiques ont été abordés ici, mais il est évident que les terrils sont aussi des refuges pour de nombreuses espèces animales. En particulier, l'entomofaune et l'avifaune des terrils sont très diversifiées.

La régression progressive des milieux de la vie sauvage a pour conséquence que les terrils, surtout les moins boisés, constituent de véritables écosystèmes de sauvegarde pour de nombreuses espèces végétales et animales encore assez communes, mais dont l'habitat ne cesse de se réduire (pelouses sèches, prairies semi-naturelles, friches, ...). De plus, il est vraisemblable que le rôle de refuge des terrils s'accroîtra dans les prochaines années, sous la pression inexorable de l'urbanisation de la région liégeoise.

La constitution de sentiers de promenades "nature" sur certains d'entre eux témoigne de l'intérêt que leur voue la population riveraine. Les terrils jouent donc également un rôle didactique important dans l'éducation des jeunes, tant en matière d'écologie que d'archéologie industrielle.

Dès lors, la conservation des plus intéressants ou des plus représentatifs de l'originalité biologique qui les caractérise est une nécessité. Le classement par l'Exécutif régional wallon de 29 terrils liégeois en catégorie A (c'est-à-dire comme terrils ne pouvant pas être mis en exploitation pour des raisons d'aménagement du territoire et d'urbanisme, ou de protection de l'environnement, ou de classement comme site - Décret du 9/5/1985) est une première étape, nécessaire, mais non suffisante, dans la protection de ce patrimoine écologique.

Bibliographie

- Bouchat, A., 1984. - Les premiers stades de la colonisation végétale des terrils de charbonnages dans la région carolorégienne: phytodynamique, biologie et écologie des populations, phytosociologie. Th. Doct Sci bot ULB, 460 p.
- Bouchat, A., 1985. - Le terril et la conservation de la nature. Le cas de Charleroi. Actes de la Journée d'Etude "Les terrils", Inter-Environnement Wallonie: 49-51
- Debehault, C., 1968. - La combustion des terrils de charbonnage. Mém. Lic. Sci géogr. ULB
- Debehault, C., 1968. - Les terrils de charbonnage du Borinage. Etude de géographie régionale. *Rev. belg. Géogr.*, 92: 9-60.
- Debehault, C., 1969. - La colonisation végétale des terrils de charbonnage du Borinage. *Nat. belges*, 50: 501-515.
- Denayer - De Smet, S. et Duvigneaud, P., 1971. - Premier aperçu phytogéochimique du terril n° 7 de Chapelle-lez-Herlaimont. *Bull. Soc. roy. Bot. Belg.*, 104: 323-331
- Delvosalle, L., Duvigneaud, J., Harmegnies, H. et Rousselle, J., 1979. - Nouvelles localités de *Senecio inaequidens* DC en Belgique et dans le Nord de la France. *Nat. Mosana*, 32: 18-21.
- De Zuttere, Ph. et Schumacker, R., 1984. - Bryophytes nouvelles, méconnues, rares, menacées ou disparues de Belgique. *Cons. Nat., Trav.*, 13, 160 p.
- D'Hose, R. et De Langhe, J. E., 1977. - Nieuwe groeiplaatsen van zeldzame planten in België. *V. Bull. Soc. roy. Bot. Belg.*, 110: 20-28.
- Duvigneaud, P., 1976. - Le domaine universitaire du Sart-Tilmant et ses abords. Notes floristiques. *Lejeunia*, 81: 63 p.
- Ellenberg, H., Weber, H. E., Düll, R., Wirth, V., Werner, W., Paulißen, D., 1992. - Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobot.*, 18: 258 p.
- Frankard, Ph., 1984. - Flore, végétation et écologie des terrils charbonniers de la région liégeoise. Mém. Lic. Sci bot ULg, 190 p.
- Frankard, Ph., 1985. - Le terril et la conservation de la nature. Le cas de Liège. Actes de la Journée d'Etude "Les terrils", Inter-Environnement Wallonie: 46-48.
- Ghio, C., 1974. - Contribution à l'étude de la végétation sur les terrils de charbonnages (région du Borinage). Mém. Lic. Sci bot ULB.
- Ghio, C., 1975. - Observations sur la végétation des terrils de charbonnages dans la région du Borinage. *Nat. belges*, 56: 350-425.

Ghio, C. et Harmegnies, H., 1979. - Observations floristiques et écologiques sur les terrils de charbonnage dans le Borinage. *Dumortiera*, 11: 4-7

Havrenne, A., 1965. - Trouvailles floristiques: *Pisolithus arenarius* Alb. et Schw. dans le Hainaut *Natura Mosana*, 18: 72

Havrenne, A. et Lebeau, J., 1978. - Trouvailles floristiques effectuées en 1977, dans la partie septentrionale de la région de Charleroi. *Natura Mosana*, 31: 123-124.

Lambinon, J., De Langhe, J. E., Delvosalle, L., Duvigneaud, J., (et coll.), 1992. - Nouvelle Flore de la Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg, du Nord de la France et des régions voisines (Ptéridophytes et Spermatophytes). 4^e édition, Meise Ed Patrimoine du Jardin botanique national de Belgique, CXX + 1092 p., 1 carte h. t

Lebeau, J., Duvigneaud, J., Delvosalle, L. et Depasse, J., 1978. - *Senecio inaequidens* DC., *S. vernalis* Waldst et Kit et *S. squalidus* L., trois sénécions adventices en voies d'extention progressive et de naturalisation en Belgique. *Natura Mosana*, 31: 28-36.

Lericq, R., 1968. - Les terrils de la région de Condé-sur-Escaut: aperçu floristique, écologique et phytosociologique. *Bull. Soc. bot. Nord France*, 21 (1): 19-28.

Pierart, P., 1993. - La flore et la fonge des terris. *L'érable*, 4: 13-15.

Reichling, L., 1960. - Notes floristiques. Observations faites dans le Grand-Duché de Luxembourg en 1960. *Bull. Soc. Nat. Luxemb*, 65: 38-74.

Robbrecht, E., 1977. - *Senecio inaequidens* (? *S. harveianus*) in het Gentse. *Dumortiera*, 6: 33-34.

Stieperaere, H. et Franssen, K., 1982. - Standaardlijst van de belgische vaatplanten, met aanduiding van hun zeldzaamheid en socio-oecologische groep. *Dumortiera*, 22: 1-42

Van Rompaye, E. et Delvosalle, L., 1979. - Atlas de la flore belge et luxembourgeoise. Ptéridophytes et spermatophytes. 2^e éd., Meise. Jard bot nat. Belgique, (293 p.), 1542 cartes.