UNIVERSITE DE LAUSANNE

TRAVAIL DE CERTIFICAT DE BOTANIQUE - IBSG 1997

ETUDE PHYTOSOCIOLOGIQUE BREVE DU SECTEUR AUTAVAUX - FOREL RIVE SUD DU LAC DE NEUCHATEL

Octobre 1997

Prof. P. Hainard

Laurent MARGUERAT
Rue de l'Industrie 11
1422 **Les TUILERIES-de-GRANDSON**

Alain JOTTERAND
Chemin de Poteilaz 56
1030 **BUSSIGNY**

Table des matières

1	**Introduction**	**3**
1.1	Introduction	3
1.2	Situation	3
1.3	Valeur naturelle du site	4
1.4	Climatologie	7
1.5	Historique	7
1.6	Situation juridique	8
1.7	Menaces	9
1.8	Objectifs	10
2	**Forêt**	**12**
2.1	Introduction	12
2.2	Liste floristique	12
2.3	Discussion	13
2.4	Comparaison avec la zone amont du chemin	13
2.5	Conclusion	14
3	**Zone de tir**	**15**
3.1	Introduction	15
3.2	Remarques	15
3.3	Liste floristique	16

4 Prairies 18

4.1 Analyse phytosociologique des parcelles ZAC, ZTNF - Matériel et méthodes 18
4.2 Résultats 18
4.3 Les associations 22

5 Propositions de gestion 25

5.1 Prairies (ZAC, ZTNF, ZT) 25
5.2 Etang 27
5.3 Forêt 27
5.4 Divers 27

6 Conclusion 29

6.1 Pratique 29
6.2 Théorique 30
6.3 Remarque 30
6.4 Remerciements 30

7 Bibliographie 31

7.1 Ouvrages 31

A Annexes 33

Climatologie de Payerne et Neuchâtel A1
Extrapolation METEONORM: climatologie de Forel A2
Tableau brut des relevés A3
Tableau des indices écologiques - relevés A4

1 Introduction

1.1 Introduction

La bande de terre entre la pente boisée et la rive Sud du lac de Neuchâtel (RSLN) est composée d'une grande diversité de milieux naturels. Parmi eux, celui qui a attiré notre attention est assez exceptionnel à plusieurs titres. Situé sur une place de tir d'aviation militaire, il a été façonné par cette activité. En effet, on peut le subdiviser en deux grandes zones:

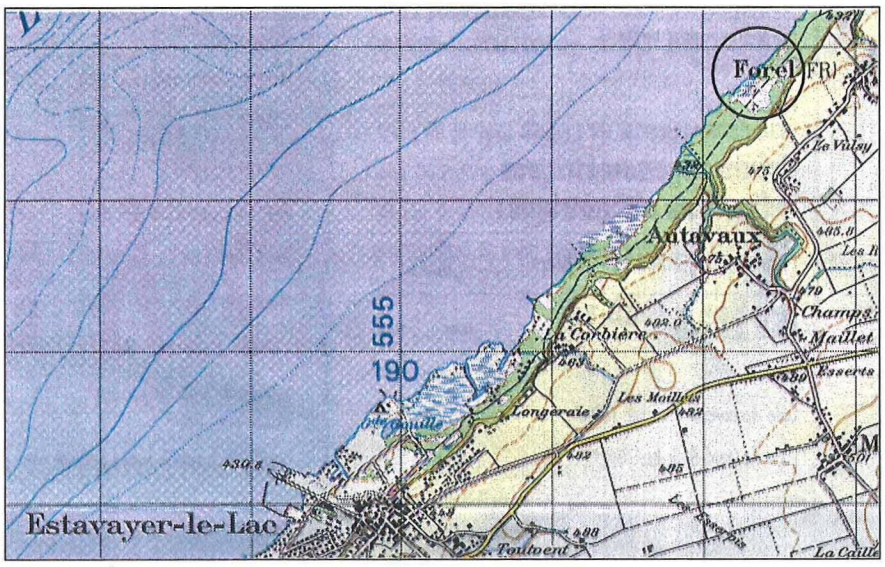
- une zone à caractère naturel marqué qui doit sa particularité au fait que sa seule fonction "militaire" est de constituer une zone de sécurité autour de la zone de tir
- une zone de tir, dont le paysage a été modelé par les tirs et les aménagements militaires.

Dans ce travail nous allons nous consacrer à cette deuxième zone.

1.2 Situation

Géographiquement, notre terrain se situe dans une enclave fribourgeoise, au Nord d'Estavayer-le-lac. Il est bordé par les communes de Forel (FR) et d'Autavaux (FR) d'un côté, et par le lac de l'autre au lieu dit *La Vernaze*. Ses coordonnées topographiques sont comprises entre 191.600-191.900 Nord et 557.100-557.300 Est (figure 1), couvrant ainsi une superficie d'environ 10 ha.

FIGURE 1. Carte au 1:50'000 de la zone étudiée



Situé dans la réserve naturelle de la Grande Cariçaie, notre terrain d'investigation constitue un complexe paysager rare en Suisse, d'autant plus qu'il se trouve sur la place de tir aérienne militaire de Forel, ce qui lui confère un statut tout-à-fait particulier au sein de la Grande Cariçaie.

De façon plus détaillée, sur un plan (échelle 1:3600), nous avons découpé notre terrain en différentes zones qui constituent des milieux homogènes que nous étudierons dans des chapitres séparés.

FIGURE 2. Plan du terrain d'investigation (1:3600)

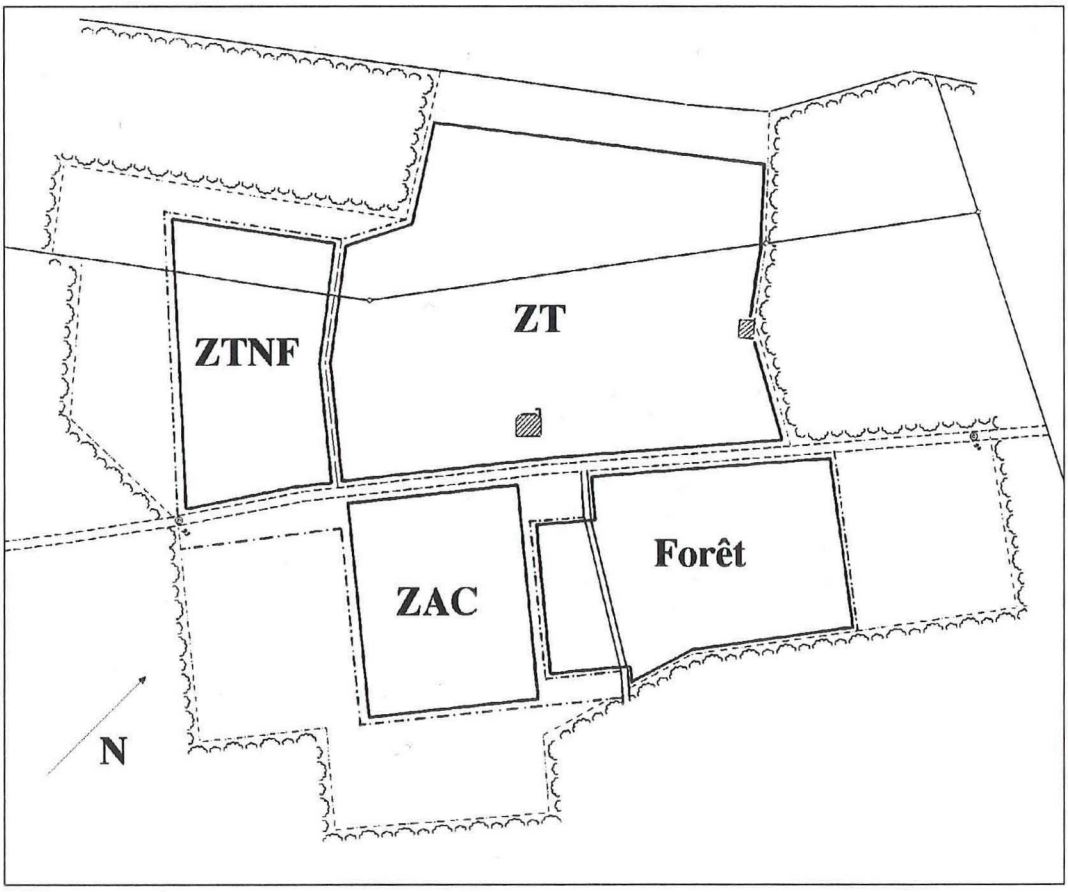


Figure 2. Plan du terrain d'investigation (1:3600). ZT = zone de tir, ZTNF = zone de tir non-fauchée, ZAC = zone amont du chemin, Forêt = secteur boisé.

1.3 Valeur naturelle du site

Sur le secteur Autavaux-Forel, on peut rencontrer de nombreux milieux très variés comprenant:

- des forêts de pente à dominance de frênes
- des forêts de feuillus d'essences diverses sur sédiment lacustre, dont les espèces dominantes sont: le frêne, le bouleau, le tremble, le chêne pédonculé, deux espèces d'aulnes et plusieurs de saules.

- des pinèdes à genévriers comprenant des clairières avec de nombreux groupements végétaux, dont les prairies à petites laiches ou encore les prairies à marisque.
- des zones de bas-marais
- des zones lacustres, en particulier des roselières lacustres
- une zone de tir avec sa végétation pionnière qui va faire l'objet de notre étude.

Outre la végétation et ses nombreuses plantes rares, ces milieux abritent une faune remarquable. En effet, on peut voir des zygènes, le grand nègre des bois ainsi que de nombreuses autres espèces de papillons se faufiler entre les plantes et les toiles d'épeires fasciées très nombreuses dans le secteur. Les crapauds sonneurs, les calamites et les grenouilles rousses profitent des petites mares crées par l'activité militaire pour s'y abriter et pondre.

Dans la zone plus riveraine, il n'est pas rare de rencontrer des lézards agiles ou des murailles et plus rarement des couleuvres à collier et des coronelles lisses, qui se plaisent dans les infractuosités des rochers du môle.

FIGURE 3. Quelques hôtes de ces lieux

Coronelle lisse — *Epeire fasciée* — *Couleuvre à collier*

La partie riveraine abrite beaucoup d'oiseaux, dont: la rousserolle effarvatte, le grèbe huppé, la foulque, le râle d'eau, le bruant des roseaux, le cygne...

Sur les cibles lacustres on note la présence: du héron cendré, du cormoran, du goéland argenté, de la sterne pierregarin.

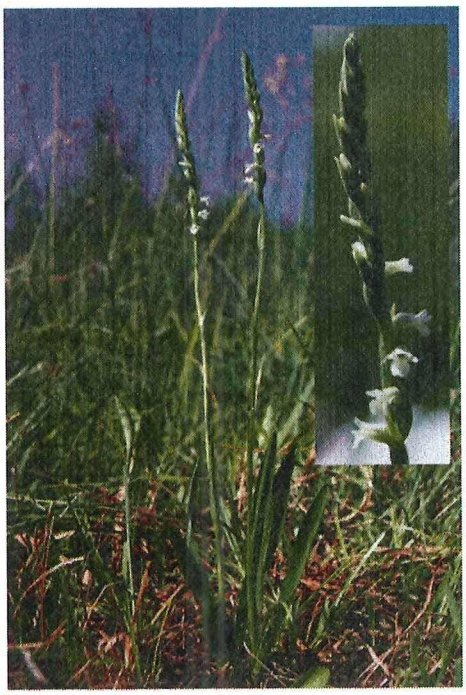
Dans les autres parties (forêt et prairies) on peut encore voir: le pic noir, le pic cendré, le pic épeiche*, le pic épeichette*, la tourterelle des bois, la chouette hulotte, la bondrée apivore, le faucon hobereau, la buse, le milan noir et le coucou (* en diminution, selon les ornithologues de la Corbière).

En ce qui concerne les mammifères, la liste là aussi est assez longue, on mentionnera: le renard, le chevreuil, le blaireau, le sanglier, le loir, l'écureuil, le hérisson, le putois, plusieurs espèces de chauve-souris,... [10]

On peut donc rencontrer, sur les 300m de large que recouvre la rive, une forte diversité autant au niveau des espèces (diversité spécifique), qu'au niveau des milieux (diversité phytosociologique). Cette grande richesse ne fait qu'accentuer la valeur naturelle du secteur Autavaux-Forel et également de toute la rive Sud. Il est donc primordial de proposer des mesures écologiques adéquates pour maintenir cette beauté et cette biodiversité.

FIGURE 4. Plantes peu fréquentes (Spiranthes: rare) de l'endroit

Epipactis palustris



Spiranthes aestivalis

Centaurium pulchellum

Achillea ptarmica

1.4 Climatologie

Notre terrain s'inscrit dans la région climatique des lacs jurassiens. Cette région s'étend du canton de Genève à celui de Soleure parallèlement au Jura et comprend la partie occidentale du plateau. L'allure du temps est sensiblement la même à Neuchâtel et à Genève si l'on fait abstraction des brises de montagne et du Joran (vent du nord-ouest qui descend le long du Jura).

La bise, vent du Nord-Est et le Sudois, vent du Sud-Ouest s'observent dans toute la région.

Les précipitations sont ici relativement faibles, comprises entre 900mm et 1200mm par an (pour l'année 1995: 1029mm à Genève, 1027mm à Payerne, 1031mm à Neuchâtel), elles sont le résultat d'un effet de foehn pour les vents franchissant le Jura d'Ouest en Est:

L'air ascendant du côté Ouest bute contre le Jura et se refroidit par détente au point de condenser la vapeur d'eau et de produire de la pluie, par contre une fois l'obstacle passé du côté du versant Est, ce même air se réchauffe et se dessèche par compression de telle sorte qu'il atteigne le pied de la chaîne plus chaud et plus sec qu'au niveau de départ.

Toute la région est sujette au brouillard hivernal, soit au niveau des lacs, soit par nappes de stratus vers 600 à 800 m. [3]

De manière plus détaillée, les conditions météorologiques pour notre terrain ont été calculées grâce au logiciel METEONORM. Ce logiciel effectue une interpolation des valeurs mesurées entre les stations météorologiques du réseau suisse ANETZ les plus proches du terrain à étudier. A savoir: Payerne et Neuchâtel. Divers paramètres vont permettre au logiciel d'ajuster son interpolation au lieu précis d'étude. Il va effectuer des corrections en tenant compte de l'altitude, de la zone climatique (proche du lac), ainsi que de la zone d'ensoleillement. On peut même spécifier un horizon pour ajuster les calculs d'énergie solaire incidente. On trouvera en annexe A1 et A2 les tableaux de valeurs pour Neuchâtel et Payerne ainsi que l'interpolation pour la commune de Forel. On peut donc retenir les valeurs annuelles moyennes suivantes pour Forel:

- une température annuelle moyenne de 9.3 °C
- une insolation d'environ 1700 heures par année
- une énergie globale horizontale au sol de $339 \cdot 10^6$ J/m^2 en tenant compte de l'horizon présenté en annexe A2
- un nombre de jours de gel calculé sur la moyenne de Neuchâtel et Payerne s'élèvant à 75 jours par année

Tous ces paramètres vont déterminer la période de végétation qui s'élève à 210 jours par année.

1.5 Historique

1.5.1 Militaire

C'est en 1932 que la place de tir s'implante en son site actuel. Une convention passée entre les cantons de Fribourg, Vaud et Neuchâtel renouvelée en 1990 (et valable jusqu'en 2000) autorise les tirs du lundi au vendredi de 0900 à 1200 et de 1330 à 1600, sauf durant les mois de juillet et août.

La fréquence des tirs est toutefois plus faible et tend encore à baisser.

TABLEAU 1. Fréquence des tirs sur la place

Année	Nombre de jours de tir
1950	197
1960	179
1970	137
1980	66
1991	55

En 1992, à titre d'essai, les tirs ont été suspendus en juin, juillet, août et septembre. Cette période a été choisie pour répondre aux voeux des communes riveraines et pour tenir compte du développement touristique estival sur le lac de Neuchâtel. A l'heure actuelle, il semble que l'aviation militaire s'oriente plus vers le combat aérien, on peut donc en conclure que la tendance à la baisse de fréquence des tirs devrait se poursuivre, et peut-être même aboutir à l'abandon de la place. [historique fournie par le commandant de la place d'armes de Payerne]

1.5.2 Entretien et modifications

Au départ la place était fauchée et aménagée pour le tir sur toute sa surface, les tirs avaient lieu sur toute la place, puis la partie amont et la partie Sud-Ouest ont été abandonnées à elles-mêmes. Vers 1970 la place a été complètement aplanie, et l'entretien s'est résumé au fauchage de la partie centrale et aux bords du chemin, là où se concentrait l'activité militaire. A l'heure actuelle l'entretien reste le même: seul un fauchage annuel de la partie centrale et des bords du chemin est effectué, mais la date de fauchage est précoce et ce type d'entretien ne suffit certainement pas à satisfaire les objectifs fixés dans la Grande Cariçaie.

Au vu de ce qui précède, on comprend que le paysage a été soumis pendant de nombreuses années à toutes sortes de modifications, dont il est difficile de retracer l'historique. Le sol est passé par des stades avec cratères, dunes (de 3-4 mètres) et mares temporaires, avant d'aboutir à ce qu'il est aujourd'hui. [historique fournie par le commandant de la place d'armes de Payerne]

De plus, toute la zone a été remblayée à l'époque et le sol rehaussé. Elle est ainsi hors de portée des inondations par le lac.

1.6 Situation juridique

La zone qui nous intéresse se situe sur les parcelles 475 et 476 (Registre foncier d'Estavayer-le-Lac).

La partie riveraine (roselière) appartient au Département des forêts de l'Etat de Fribourg (parcelle 475), elle s'inscrit donc dans le périmètre de la convention par laquelle les cantons de Vaud et Fribourg chargent la Ligue Suisse pour la Protection de la Nature (LSPN) de son entretien.

La partie centrale, utilisée comme place de tir, ainsi que la forêt de pente et les forêts riveraines appartiennent à la Confédération Suisse (Département militaire fédéral, Direction des aérodromes militaires à Dübendorf, parcelle 476).

1.7 Menaces

Dans le secteur étudié la pression augmente d'année en année. En effet qu'elles soient d'origine humaine ou naturelle les menaces sont nombreuses et ne font que croître avec le temps.

1.7.1 Menaces d'origine humaine

- *Atteintes dues aux décharges anonymes:*
  il arrive de trouver toutes sortes d'objets hétéroclites dans la forêt. En effet, on ne s'étonne plus de croiser un frigidaire hors de son milieu naturel.

- *Atteintes dues aux piétons*:
  elles sont saisonnières, en période estivale le site attire de nombreux touristes et promeneurs qui pique-niquent, font des feux et laissent après leurs agapes toutes sortes de déchets sur le sol. Cette forte pression a déjà causé la disparition d'une station d'ophrys bourdon, une des orchidées rares de notre pays.

- *Atteintes dues aux véhicules:*
  des véhicules en tout genre pénètrent la zone de tir ainsi que parfois les prairies qui l'entourent. La pression est telle, que la place ressemble à une mini-piste de cross pour motos et cyclomoteurs dans la partie centrale. Nous avons eu l'occasion de voir des véhicules 4x4 et des motos de cross de compétition à "l'entraînement"!

FIGURE 5. Un des virages de la piste tracée sur la place de tir

- *Autres atteintes:*
  à part les sports motorisés, d'autres activités "ludiques" existent sur la place avec: le tir de crapaud au petit calibre, les feux d'artifice de 1er août.

- *Atteintes dues à l'activité militaire:*
  Les menaces sont plutôt liées à l'arrêt de l'activité militaire. En effet, à l'époque où elle battait son plein, on pouvait voir des chevreuils ou encore des renards, et les cratères formés par les obus regorgeaient de batraciens. Sur la partie lacustre, on peut encore ajouter que le retrait des cibles flottantes pourrait perturber l'avifaune: sur ces cibles se réunissent hérons, goélands, cormorans et sternes. [10]

1.7.2 Menaces naturelles

Les zones étudiées sont soumises à deux grandes menaces liées à la dynamique naturelle du milieu:

- *Atterrissement:*
  rehaussement du sol dû à l'apport de matière organique. Les plantes captent le CO_2 de l'atmosphère et l'intègrent dans leur structure sous forme de cellulose. En mourant, les plantes restituent ce carbone au sol qui contribue année après année à rehausser la couche pédologique. Il s'ensuit un éloignement de la surface du sol par rapport à la nappe phréatique qui conduit immanquablement à un asséchement du milieu.

- *Embroussaillement:*
  l'enrichissement chimique du sol et son assèchement, conséquence de l'atterrissement et d'une végétation particulièrement productive, risque de favoriser l'installation de la forêt, d'abord sous forme de buissons et de jeunes arbres.

Il est très important d'admettre qu'une intervention humaine est nécessaire afin de retarder ou même de stopper l'évolution naturelle du site. En effet, sans entretien cette zone est promise à un embroussaillement rapide. Il est clair que les buissons vont rapidement faire de l'ombre aux plantes exigeantes en lumière des zones ouvertes que sont les prairies. Le milieu se ferme ensuite progressivement pour ne sélectionner que les plantes de sous-bois est constitué une forêt. Petit à petit, la forêt gagne du terrain et vient s'installer de plus en plus près de la rive.

A long terme on risque d'assister à la disparition d'espèces végétales et avec elles, tout le cortège des espèces animales qui en dépendent, ainsi qu'à l'appauvrissement en milieux.

1.8 Objectifs

Nous avons comme objectifs d'étudier et de caractériser les zones de végétations décrites à la figure 2, en particulier:

- Nous allons effectuer une analyse phytosociologique sur les parcelles ZAC, ZTNF.

- Dresser une liste floristique de la zone ZT et de la zone Forêt (Figure 1).

La caractérisation des zones va nous permettre de tirer des conclusions sur la manière dont va ou pourra évoluer le site de Autavaux-Forel. Nous tenterons donc, dans un second temps, de proposer des mesures de gestion les plus adéquates possibles pour que les conditions générales de protection de la Grande Cariçaie soient respectées. Il convient de citer ici, les 4 principes qui régissent la protection de la Grande Cariçaie et qui seront les guides de notre travail:

- Conserver les milieux naturels dans leur état actuel et dans leurs dimensions.
- Offrir aux communautés végétales et animales existantes les conditions nécessaires à leur existence.
- Conserver les marais non-boisés de façon prioritaire.
- A l'intérieur des marais non-boisés, la conservation des étangs et des roselières est prioritaire.

2 Forêt

2.1 Introduction

Le secteur boisé ne constituait pas l'objet de notre travail. Nous nous sommes donc contentés d'en dresser une liste floristique sommaire.

2.2 Liste floristique

Nous avons relevé les 25 espèces suivantes:

- **Arbres et arbustes:**

- *Betula pendula*
- *Pinus sylvestris*
- *Populus alba*
- *Populus nigra*
- *Quercus robur*
- *Salix nigricans*
- *Salix purpurea*
- *Typha latifolia*

- **Plantes herbacées:**

- *Calamagrostis epigeios*
- *Cornus sanguinea*
- *Epipactis palustris*
- *Eupatorium canabinum*
- *Galium mollugo*
- *Juncus articulatus*
- *Juncus inflexus*
- *Ligustrum vulgare*
- *Lotus glaber*
- *Lythrum salicaria*
- *Mentha aquatica*
- *Phragmites australis*
- *Potentilla anserina*
- *Pulicaria dysenterica*
- *Rubus caesius*
- *Schoenus nigricans*
- *Vicia cracca*

2.3 Discussion

Cette forêt est une forêt primaire, l'abondance des bétulacées nous l'indique avec certitude. On est en présence d'une jeune forêt en pleine évolution. Les arbres y sont petits (maximum 6 mètres) et le sous-bois est encore assez riche en espèces de prairies exigeantes au niveau de l'intensité lumineuse.

Le sol est constitué d'un horizon organique de faible épaisseur posé sur la molasse, ce qui se reporte sur le régime hydrique de la zone de la manière suivante: on aura un sol humide en hiver et sec en été. Un tel régime est favorable aux pins et dans une moindre mesure au chêne pédonculé.

2.4 Comparaison avec la zone amont du chemin

Lorsqu'on observe la situation on voit que la zone amont du chemin va évoluer vers une formation du type de la forêt existante. En effet, la strate herbacée de la forêt présente des similitudes avec la prairie voisine. Nous avons donc fait une comparaison des deux zones au niveau des coefficients L de lumière (selon Landolt)

2.4.1 Forêt

Il y a 10 espèces que l'on ne trouve que dans la forêt, ce sont:

- 6 avec L=3 soit 60%
- 4 avec L=4 soit 40%

On a une majorité de plantes avec une valeur de L=3 (plantes préférant la pénombre, plus rares en pleine lumière) et la valeur moyenne des coefficients L vaut 3.4.

2.4.2 Zone amont du chemin

Il y a 27 espèces que l'on ne trouve que dans la zone amont du chemin, ce sont:

- 9 avec L=3 soit 33.3%
- 18 avec L=4 soit 66.7%

On a une majorité de plantes avec une valeur de L=4 (plantes de pleine lumière, mais supportant une ombre temporaire) et la valeur moyenne des coefficients L vaut 3.7.

2.4.3 Dans les deux parcelles

Il y a 15 espèces que l'on trouve dans les deux zones, ce sont:

- 1 avec L=2 soit 6.7%
- 5 avec L=3 soit 33.3%
- 9 avec L=4 soit 60%

On a une majorité de plantes avec une valeur de L=4, une seule avec L=2 et la valeur moyenne des coefficients L vaut 3.5. Il semble paradoxal que des plantes de pleine lumière, de pénombre voire même d'ombre, se retrouvent indifféremment dans les deux zones. Prenons deux exemples:

- *Rubus caesius* (L=2: plantes de stations ombragées, de 3-10% de l'intensité) se trouve dans les deux zones. Dans la partie ZAC, elle rampe au ras du sol et grâce à la densité des herbes présentes elle ne reçoit qu'une faible proportion de l'intensité lumineuse, alors que dans la forêt elle occupe sa place normale.

- *Calamagrostis epigeios* (L=3): dans ce cas aussi on peut expliquer que grâce à ses feuilles basales la plante survit dans la partie ZAC, également en raison de la densité des herbes. Bien qu'une valeur de 3 pour L n'interdise pas sa présence en pleine lumière.

De plus la forêt est encore très ouverte. On y trouve beaucoup d'endroits très lumineux (100% de l'intensité), de zone d'ombre temporaire. Pour certains ligneux la valeur de L n'a plus d'importance car avec des tailles de 6 mètres, leurs cimes sont en pleine lumière.

Il ne faut donc pas considérer ces valeurs avec trop de rigueur car elles ne nous donnent qu'une tendance et elles sont à manipuler avec précaution, car:

- nous avons tenu compte de L sans nous préoccuper de l'interaction entre les différents facteurs (il y a 9 valeurs écologiques selon Landolt)

- nous n'avons que peu d'espèces

- la station peut influencer fortement les plantes et la valeur de L peut paraître erronée

- nous n'avons pas tenu compte de l'état de santé des plantes ou de leur architecture.

2.5 Conclusion

En guise de conclusion on peut dire que:

- nos investigations sont trop sommaires pour analyser l'évolution de ZAC

- on sait cependant que de telles prairies s'embrousaillent sans entretien (dans ces conditions et à cette altitude)

- la forêt est jeune et s'est vraisemblablement développée récemment (quelques dizaines d'années).

3 Zone de tir

3.1 Introduction

La zone de tir (ZT) est la plus soumise aux pressions décrites dans le chapitre d'introduction. Un fauchage annuel y est effectué (cf. remarques). C'est dans cette partie qu'ont eu lieu les tirs les plus récents. Le sol y a été aplani avec du sable. Le milieu qui s'y développe a un caractère rudéral et inhomogène marqué. On y trouve certaines espèces sous forme de taches denses (*Lotus*, *Setaria*, *Equisetum*).

Une étude phytosociologique ne nous a pas paru adaptée à ce type de milieu, car la variabilité entre relevés y serait trop élevée. Nous nous sommes donc contentés de dresser une liste floristique de cette zone.

3.2 Remarques

Nous n'avons pu obtenir aucune information claire concernant l'entretien de cette zone. En effet, nous ne savons ni quand, ni par qui le fauchage est effectué. Ni l'armée ni les civils n'ont pu nous renseigner à ce sujet.

Il semble que le fauchage soit fait par des employés de la commune de Forel selon leur emploi du temps, c'est-à-dire qu'ils fauchent la zone "quand ils ont un moment" (selon une source officieuse). Le fait est que rien n'est consigné par écrit concernant l'entretien de cette zone et ceci est selon nous une erreur. De plus, malgré notre bonne volonté, nous n'avons jamais réussi à nous rendre sur place avant que le fauchage ait eu lieu, ce qui nous fait dire que:

- notre liste floristique n'est pas exhaustive (il manque principalement des graminées, difficiles à déterminer sur la base de chaumes séchés)
- le fauchage est trop précoce et pourrait empêcher certaines thérophytes de boucler leur cycle.

3.3 Liste floristique

Nous avons relevé les 49 espèces suivantes:

- **Arbustes**:

- *Populus nigra*
- *Salix nigricans*
- *Salix purpurea*
- *Salix triandra*

- **Plantes Herbacées:**

- *Anthyllis vulneraria*
- *Calamagrostis epigeios*
- *Calystegia sepium*
- *Centaurea jacea*
- *Centaurium pulchellum*
- *Chenopodium album*
- *Conyza canadensis*
- *Daucus carota*
- *Epilobium parviflorum*
- *Equisetum hyemale*
- *Equisetum palustre*
- *Erucastrum gallicum*
- *Galium mollugo*
- *Juncus articulatus*
- *Juncus effusus*
- *Leontodon automnalis*
- *Lotus corniculatus*
- *Lotus glaber*
- *Lythrum salicaria*
- *Medicago lupulina*
- *Melilotus sp.*
- *Mentha aquatica*
- *Oenothera biennis*
- *Phragmites australis*
- *Plantago major*
- *Polygonum amphibium*
- *Potentilla anserina*
- *Potentilla erecta*
- *Prunella vulgaris*
- *Pulicaria dysenterica*
- *Ranunuculus sp.*
- *Reseda lutea*
- *Rubus caesius*
- *Sanguisorba minor*
- *Setaria pumila*
- *Stellaria sp.*
- *Taraxacum officinale*
- *Taraxacum palustre*
- *Trifolium pratense*
- *Trifolium repens*

- *Tussilago farfara*
- *Urtica dioica*
- *Verbascum sp.*
- *Verbena officinalis*
- *Vicia cracca*

4 Prairies

4.1 Analyse phytosociologique des parcelles ZAC, ZTNF Matériel - Méthode

Nous avons effectué, durant le mois de juillet 1995, une série de relevés selon la méthode de Braun-Blanquet:

Six relevés ont été effectués dans la partie ZAC (ZAC 1-6), dont trois dans la partie sud de la parcelle qui apparaît sombre (*Schoenus nigricans*): ZAC 1, 2, 3 et trois dans la partie nord qui apparaît plus claire (*Molinia caerula*): ZAC 4, 5, 6. Les trois derniers relevés ont été effectués dans la partie ZTNF: ZTNF 7, 8, 9.

La méthode consiste à identifier, à l'aide de la Flore de la Suisse (Binz), toutes les espèces présentes sur une surface déterminée. La surface est choisie de telle manière qu'elle se trouve dans un milieu apparemment homogène et elle doit être suffisamment grande pour que toutes les espèces présentes puissent être répertoriées. Nous avons donc effectué des relevés sur des surfaces d'environ 10 m^2. Pour chaque relevé, nous avons estimé le coefficient d'abondance-dominance des espèces; coefficient qui est un compromis entre la surface recouverte par l'espèce et le nombre d'individus de cette espèce.

Afin d'établir les relations de ressemblance entre les relevés, nous avons effectué une analyse factorielle des correspondances (AFC), grâce au logiciel ADE-4. Par la suite, à l'aide d' ouvrages de phytosociologie, les milieux rencontrés ont pu être décrits.

4.2 Résultats

Pour déterminer la ressemblance entre les relevés, nous allons nous baser sur deux critères:

- la composition floristique de chaque relevé
- les valeurs moyennes des indices écologiques de Landolt

Nous avons donc effectué deux AFC différentes:

4.2.1 AFC sur la composition floristique des relevés

Chaque relevé a une composition floristique différente. L'AFC va nous permettre de mettre en relation, de regrouper les relevés qui ont des affinités floristiques.

On part du tableau brut (annexe A3) où sont représentées les espèces précédées de leur numéro Landolt et suivies de leur coefficient d'abondance-dominance pour chaque relevé.

Comme le logiciel ADE-4 n'est pas capable de travailler avec des coefficients d'abondance-dominance, il faut transformer le tableau brut en un tableau de pourcentages de recouvrement. Nous avons utilisé la table de conversion suivante:

TABLEAU 2. Table de conversion des indices d'abondance-dominance

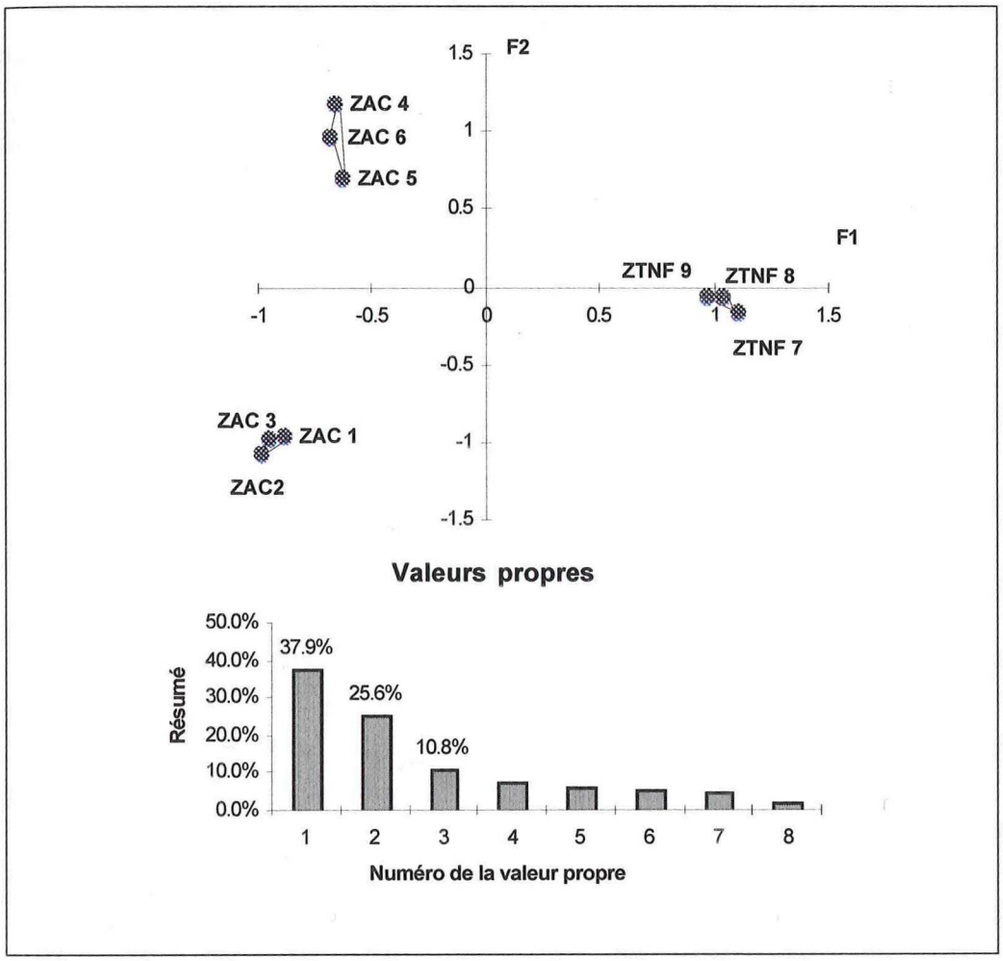
Indice d'abondance-dominance	Pourcentage après conversion	Fourchettes théoriques en pourcent
r	1	-
+	2	-
1	4	2-5
2	15	5-25
3	37.5	25-50
4	62.5	50-75
5	87.5	75-100

La conversion prend en compte les valeurs moyennes de la plage couverte par le coefficient d'abondance-dominance.

Nous avons volontairement pris des conversions plus généreuses pour les espèces peu représentées (r,+,1), car nous avons probablement sous-estimé le recouvrement total, nous pouvons ainsi artificiellement rétablir la tendance. Le type de conversion n'est pas d'une extrême importance, ce qu'il faut c'est qu'elle soit la même pour tous les relevés. En effet, nous nous intéressons à la position relative des relevés.

Le tableau converti peut maintenant être analysé.

FIGURE 6. AFC sur la base des coefficients d'abondance-dominance des espèces



L'AFC nous fournit 9 axes factoriels, dont nous ne conservons que les deux premiers pour former le plan F1 x F2 de la figure 6. En effet, selon le graphique en histogrammes des valeurs propres, les deux premières valeurs sont le résumé de 63.5% des informations contenues dans le tableau, ce qui est parfaitement suffisant.

Trois groupes bien distincts sont formés par l'AFC, ils correspondent à:

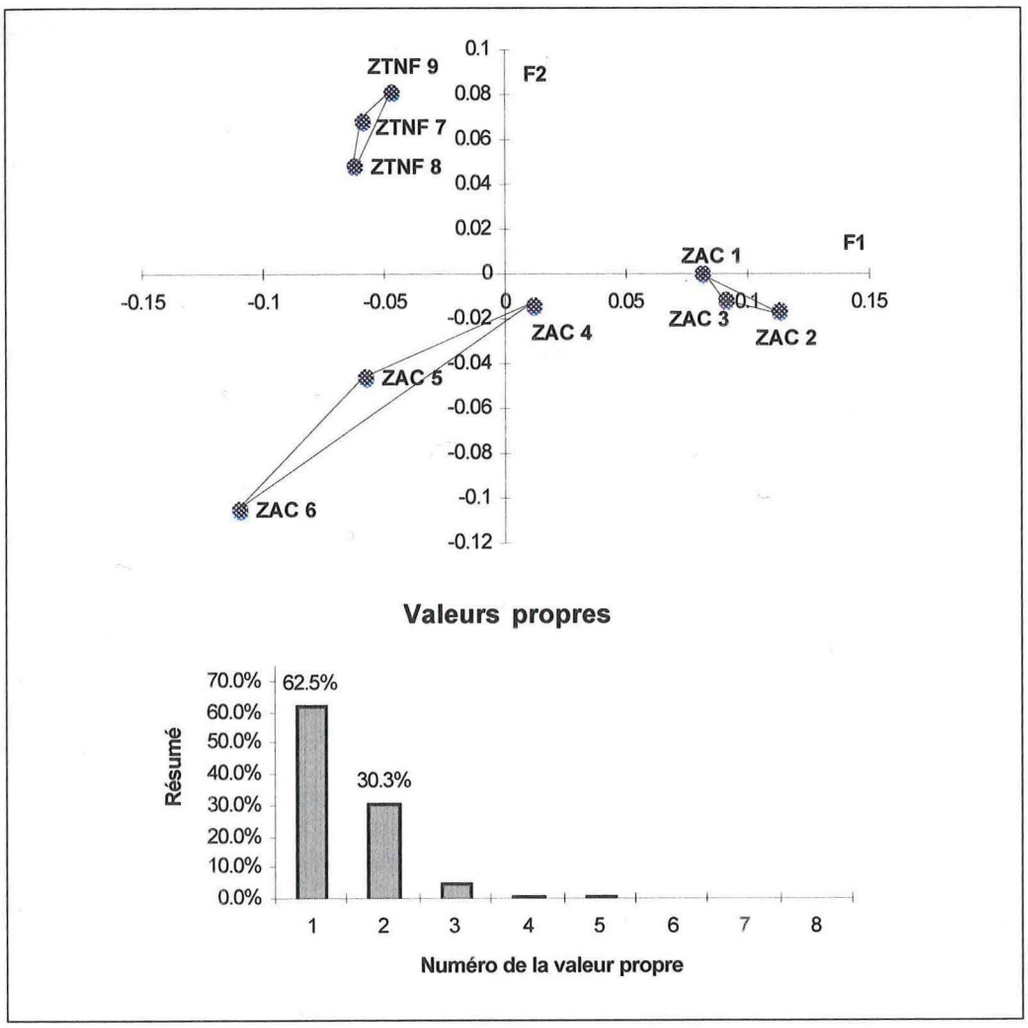
- premier groupe: ZAC 1,ZAC 2,ZAC 3
- deuxième groupe: ZAC 4, ZAC 5, ZAC 6
- troisième groupe: ZTNF 7, ZTNF 8, ZTNF 9

Les relevés de chaque groupe présentent une affinité floristique certaine et font probablement partie d'une même association au sens phytosociologique.

4.2.2 AFC sur les valeurs moyennes des indices écologiques

Chaque espèce possède des caractéristiques écologiques différentes, Landolt en a déterminé quelques unes et leur a attribué des coefficients compris entre 1 et 5. On peut calculer pour chaque relevé la valeur moyenne d'un indice de Landolt particulier, en pondérant l'indice écologique de chaque espèce par le coefficient d'abondance-dominance. On obtient ainsi le tableau à double entrée en annexe A4. Ce tableau est la base de l'AFC dont voici le résultat

FIGURE 7. AFC sur la base des valeurs écologiques de Landolt



Pour les mêmes raisons que précédemment, nous conservons les 2 premiers axes qui résument 92.8% de l'information contenue dans le tableau de départ. On observe trois groupes distincts qui correspondent aux groupes formés lors de l'AFC basée sur la composition floristique.

On remarque que ZAC4 se trouve assez proche du groupe ZAC1,ZAC2,ZAC3, ceci peut être expliqué par le fait que le terrain ne possède pas de limites franches entre les associations, mais qu'il constitue une mosaïque des ces 2 groupements végétaux. ZAC4 peut alors se situer sur la limite et subir l'influence floristique du groupement d'à côté.

4.2.3 Conclusion

Les trois groupes de relevés formés par les AFC constituent des entités distinctes autant au niveau de la composition floristique qu'au niveau des indices écologiques moyens de Landolt. On peut donc conclure que nous avons affaire à au moins trois associations différentes que nous allons tenter de décrire dans la suite de ce chapitre.

4.3 Les associations

4.3.1 Introduction

Nous rappelons ici l'organisation végétale des rives des lacs. En général, on observe une succession de ceintures de végétation allant du lac jusqu'à la terre ferme. La succession est la suivante en venant du lac:

- ceinture à potamots, plantes strictement aquatiques
- ceinture à nénuphars dont les feuilles flottent en surface
- roselière à *Phragmites australis*, massettes et joncs
- ceinture à grands Carex (laîche) formant des touradons. Cette ceinture est connue sous le nom de grande cariçaie ou magnocariçaie. Elle peut être sèche pendant une période de l'année
- ceinture à petits Carex appelée parvocariçaie. Elle peut être inondée durant une courte période de l'année
- prairie à molinie (*Molinia caerulea*, canche bleue)
- forêt à bois tendre, de type saulaie ou aulnaie
- forêt à bois dur, de type frênaie. [4]

Il est important de noter que ceci représente un modèle de végétation en fonction de la profondeur d'eau et de la durée de l'innondation et que dans la nature la succession stricte n'est pas forcément respectée: il peut manquer des ceintures, la disposition topographique peut être différente.

En se basant sur la succession des ceintures végétales des rives et sur la synsystématiques des groupements humides, nous pouvons tenter de définir les associations présentes.

4.3.2 Association à choin noirâtre et *Orchis palustris* (parvocariçaie)

Ce sont les relevés ZAC 1, ZAC 2, ZAC 3 qui en sont les représentants. Comme décrit dans l'introduction du chapitre, cette association fait partie de la ceinture à petits Carex ou parvocariçaie. Le sol y est inondé pendant une période de l'année. C'est la classe des *Scheuzerio-caricetea fuscae* qui regroupe toutes les associations à petits Carex. L'association à choin noirâtre est connue sous le nom synsystématique de *Orchio-Schoenetum nigricantis* d'après Oberdorfer 57 [12]. On la trouve également sous le nom de *Orchido-Schoenetum nigricantis*.

L'association est caractérisée par les espèces suivantes: *Schoenus nigricans, Orchis palustris* et *Spiranthes aestivalis*. Des espèces différentielles des sous-associations se retrouvent dans les relevés, dont *Succisa pratensis, Briza media, Centaurea jacea, Prunella vulgaris*. Nous avons

cependant renoncé à définir la sous-association en présence.

La prairie à choin est très souvent accompagnée d'un cortège d'espèces appelées espèces compagnes. Les compagnes ne sont caractéristiques d'aucun syntaxon, car elles ont un spectre plus large d'adaptation aux milieux, mais on les trouve tout de même liées à l'association. En voici la liste: *Molinia caerulea, Agrostis stolonifera, Linum catharticum, Lotus corniculatus, Mentha aquatica, Eupatorium canabinum, Frangula alnus.*

Le *Schoenetum nigricantis* se développe sur milieu calcaire, donc alcalin. Selon nos analyses du sol (pas présentées), le pH moyen des 3 relevés vaut 8.1 et correspond bien aux valeurs moyennes de Landolt de l'indice R = 3.9 (= 4) qui détermine des plantes à répartition principale sur les sols riches en bases (pH 5.5-8).

Les autres valeurs moyennes des indices écologiques de Landolt nous donnent des renseignements sur l'écologie et confirment bien l'appartenance de nos relevés à cette association:

- Indice d'humidité F = 3.9 (= 4): plantes sur sol humide à très humide
- Indice de lumière L = 3.8 (= 4): plantes de pleine lumière, effectivement, il n'y a pas de strates arbustives pour faire de l'ombre.
- Indice de dispersité D = 4.65 (= 5). La dispersité nous indique la grandeur des particules et l'aération du sol de la station. Une valeur de 5, ici et indicatrice d'une granulométrie fine, en effet, on se trouve sur des sédiments lacustres. De plus le sol est saturé en eau, ce qui diminue la teneur en oxygène des espaces entre agrégats.
- Indice de nutriment N = 2.3 (= 2): indique des plantes à répartition principale sur les sols pauvres en substances nutritives; évitant généralement les sols bien ou très bien pourvus en substances nutritives où elles sont incapables de concurrencer d'autres espèces.

Il est important de noter que l'engraissement d'un tel milieu pourrait conduire à la perte de plantes rares comme la spiranthes d'été (N = 1) ou l'epipactis des marais (N = 2).

4.3.3 La prairie à molinie

Elle regroupe les relevés ZAC 4,5,6. Comme décrit dans l'introduction du chapitre, cette association est moins exigeante en eau que la précédente, l'indice de Landolt F vaut en moyenne 3.45 contre 3.9 pour le *Schoenetum.*

La prairie à molinie est connue sous le nom de *Molinietum caerulea.* La classification au sein de ce syntaxon est très controversée car il peut contenir de nombreuses sous-associations à faciès et variantes différents.

Le *Molinietum caerulea* se développe sur sol calcaire, donc basique. C'est une prairie à paille non engraissée comme l'indique le coefficient N égal à 2.43. Il possède des espèces à répartition principale sur sol pauvre en substances nutritives comme: *Molinia caerulae, Briza media, Schoenus nigricans, Carex flacca, Succisa pratensis* qui possèdent toutes un coefficient N égal à 2.

Les espèces suivantes sont des caractéristiques ou différentielles de divers niveaux syntaxonomiques. Elles nous permettent de justifier et d'étayer l'appartenance de nos relevés à ladite association:

- Ordre: *Sanguisorba officinalis, Linum catharticum*

- Alliance: *Briza media, Carex flacca*
- Différentielles d'alliance: *Inula salicina, Lotus corniculatus*
- Association: *Molinia caerulea*

La prairie à molinie, tout comme le *Schoenetum nigricantis* est sujette à l'embuissonnement. On note en effet la présence d'un début de strate arbustive avec: *Pinus sylvestris, Populus alba, Salix nigricans, Salix cinerea, Betula pendula, Alnus incana, Quercus robur.*

La littérature souligne d'ailleurs bien l'importance de la nécessité d'un fauchage pour l'entretien et le maintien de la molinaie [6,9-13]

4.3.4 La prairie humide de la ZTNF

Nous avons rencontré de nombreuses difficultés à caractériser la partie ZTNF.

En effet, il semble que nos relevés, bien qu'homogènes, ne caractérisent pas une association bien définie, mais plutôt un mélange d'associations ou une situation intermédiaire entre ces associations. On se bornera donc à décrire l'écologie de cette parcelle.

Certaines espèces présentes nous font penser à une association sur calcaire (alcalin), relativement engraissée, qui rappelle les caractéristiques d'un *filipendulion*: *Epilobium parviflorum, Hypericum quadrangulum, Lysimachia vulgaris, Lythrum salicaria, Calystegia sepium.* Toutes ces espèces ont effectivement un coefficient du nutriment N compris entre 3 et 4, ainsi qu'un indice d'humidité élevé nous indiquant un terrain à grande humidité. *Filipendula ulmaria* est également présente bien qu'elle ait échappé à notre vigilance lors des relevés.

D'autre part, plusieurs espèces mentionnées dans nos relevés, ne sont pas caractéristiques du *filipendulion*, mais ont des indices écologiques compatible avec l'écologie du milieu. A savoir une prairie très humide à régime hydrique variable sur calcaire avec un engraissement relativement important:

- indicatrices de nutriment: *Deschampsia caespitosa* (N = 4), *Polygonum amphibium* (N = 4), *Carex acutiformis, Potentilla anserina*
- indicatrices de forte humidité: *Phragmites australis, Carex acutiformis*

Des espèces sont situées au niveau écologique entre un *filipendulion* et un *calthion*: en raison de leur exigence plus faible en nutriment: *Juncus inflexus, Juncus effusus, Juncus articulatus*, .

En fait, on note la présence d'une sorte de drainage qui borde la parcelle du côté du chemin carrossable et également sur la partie Est. Ce drainage pourrait générer un faciès de type *filipendulion* qu'on trouve habituellement le long des cours d'eau. De plus, à l'intérieur de la parcelle, quelques parties plus sèches présentent certaines caractéristiques d'un *calthion*, ce qui nous conduit à penser que le drainage bordant cette parcelle pourrait être à l'origine d'un enrichissement local du sol en nutriment.

5 Propositions de gestion

Nous n'avons pas la prétention de proposer un plan de gestion dans ce chapitre, mais plutôt de lancer quelques propositions de gestion simples et en accord avec les conditions générales de protection de la Grande Cariçaie.

5.1 Prairies (ZAC, ZTNF et ZT)

FIGURE 8. Avance de la forêt au détriment des prairies (échelle: 1:3600)

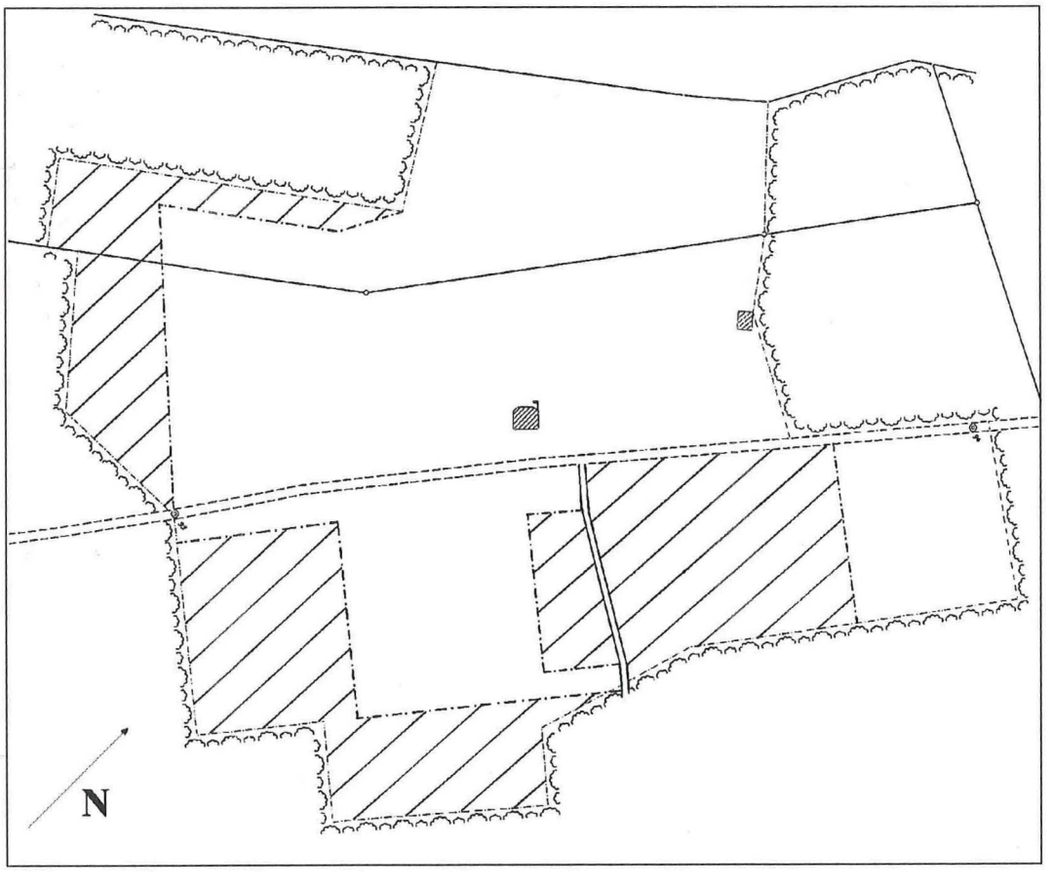


Figure 8. L'avance de la forêt (échelle 1:3600). Les petits arbres en bordure représentent l'état de la forêt en 1989, les hachures représentent les zones de forêt apparues depuis.

Avant de parler de gestion, il est intéressant de faire une constatation: la forêt gagne du terrain

(dynamique naturelle). Entre 1989 (date du plan cadastral) et 1997 (date des mesures effectuées par nos soins) les prairies ont perdu environ 34% en surface, au profit de la forêt.

L'apparition de la forêt implique une perte d'espèces végétales mais également la disparition du cortège d'animaux qui sont naturellement dépendant d'un type de milieu précis. La conservation de la diversité de ces milieux nous semble primordiale au vu de la rareté des plantes et des animaux qui les peuplent.

5.1.1 Mesure de protection

Entretien

Pour ces zones non-boisées, il semblerait judicieux d'envisager des mesures de fauchage et de débroussaillement. De telles mesures sont déjà en vigueur dans de nombreuses parties de la RSLN. Elles sont effectuées en ce qui concerne le fauchage, selon un rythme triennal et pour le débroussaillement, selon la repousse.

Certaines plantes tendent à disparaître si le fauchage est précoce, principalement les thérophytes. Il est donc important de bien choisir le moment de la fauche. L'époque la plus adaptée pour l'entretien est l'automne car les plantes ont bouclé leur cycle, et le sol sec se prête bien au passage des machines et en souffre le moins possible.

Les moyens mis en oeuvre ne sont pas d'une envergure titanesque. Le fauchage pourrait se faire par une motofaucheuse légère et le désembroussaillement ne nécessiterait qu'une scie et de l'huile de coude pour arracher les souches et les rejets ou plus simplement une débrousailleuse.

De plus l'évacuation du foin généré par le fauchage est importante pour éviter un enrichissement excessif en éléments nutritifs favorisant des plantes exigeantes en nutriments (ex: mégaphorbiées) qui pourraient supplanter les espèces actuelles. Les usages de la litière ainsi obtenue sont multiples: litière à bétail, compostage, compostage puis ajout aux boues d'épuration, biogaz, couverture de sols, papier, carton, fourrage, incinération, etc.

Toutefois, si un plan de gestion est mis sur pied il devra sans doute être plus "musclé" (au niveau de la fréquence d'entretien) dans un premier temps, pour atteindre ensuite un rythme de croisière plus calme assurant la stabilité du milieu.

Information - réglementation

Au vu des pressions qui règnent dans cette partie de la RSLN il semble important de ne pas négliger l'information. En effet nous avons constaté beaucoup de menaces d'origine humaine dans les milieux étudiés (chapitre 1). Des mesures de police doivent hélas aussi être envisagées. Leur application passerait par la pose de panneaux d'information, d'interdiction, et l'installation de barrières et de clôtures autour des milieux sensibles.

En effet, la pénétration de véhicules à moteur à l'intérieur même des prairies, ainsi que le piétinement risquent à long terme de faire disparaître de nombreuses espèces rares (*Orchis palustris, Spiranthes aestivalis*,...) qui contribuent à l'attrait exercé sur le public et à la richesse de l'endroit.

Il faut toutefois préserver la cohabitation du public et de la nature et ne pas tomber dans l'excès en imposant des mesures abusives.

5.1.2 Propositions

Nous proposons donc l'entretien suivant:

- **dans les zones d'embrousaillement:** mettre d'ores et déjà au programme pour cette année ou l'année prochaine des opérations de désembrousaillement pour empêcher une plus grande avance de la forêt. Par la suite: réintervention avec les moyens habituels du GEG (Groupe d'Etude et de Gestion) tous les 5-10 ans: désembrousaillement manuel par des groupes de bénévoles

- **dans les prairies (sauf ZT):** un fauchage biennal effectué par un agriculteur intéressé, fauchant une année la moitié de ZAC et ZTNF et l'année d'après les autres moitiés

- **dans ZT:** cette zone rudérale unique sur la rive mériterait une gestion assez musclée et originale: un entretien par décapages réguliers. Après la fauche, on envoie un trax labourer le secteur pendant un après-midi: il racle la végétation, pousse des tas de sable, creuse des trous et revient 3 ans plus tard pour recommencer. Cette proposition présente l'avantage d'inclure la gestion de l'étang du coin Nord (création de mares temporaires). Il est clair qu'un tel système doit être documenté et expliqué par des panneaux d'information et la zone clôturée en tout cas en partie.

5.2 Etang

Dans la zone de tir se trouve un petit étang (près du lac, coin Nord). On y trouve des espèces typiques de ce genre de milieu à régime hydrique variable comme *Typha latifolia*, *Alisma plantago-aquatica*. Il semble que la surface de cet étang soit trop petite et il en résulte une tendance à la sécheresse en cas de manque de pluie. Ceci a pour effet de tuer dans l'oeuf les tentatives de reproduction des grenouilles et autres batraciens. En agrandissant cet étang on pourrait obtenir une meilleur stabilité du régime hydrique, sans pour autant affecter la végétation présente, et les batraciens pourraient y pondre à leur guise. Toutefois, dans la Grande Cariçaie, on vise justement parfois ces étangs à assèchement temporaire pour favoriser des espèces de batraciens et d'invertébrés dépendant de ces conditions. C'est le but visé ici, mais il ne semble pas atteint.

De plus pour lutter contre l'appauvrissement des espèces il faudrait peut-être aspirer la vase sédimentée, et retirer les plantes en décomposition pour éviter l'atterrissement et l'acidification (décomposition incomplète des végétaux) qui modifient la qualité de l'eau et pourraient faire disparaître certaines espèces.

En fait la gestion de cet étang serait mieux faite si on l'englobait dans la partie consacrée à ZT.

5.3 Forêt

En ce qui concerne la forêt, nous n'avons que peu de propositions. Etant donné la hauteur déjà atteinte par les arbres, cette zone restera probablement une forêt. Toutefois, les clairières doivent être surveillées et éventuellement fauchées, car il semble que certaines mares temporaires dues à l'ancienne activité militaire soient des lieux de ponte des crapauds calamites (*Bufo calamita*). Nous proposons donc de laisser la forêt évoluer naturellement en entretenant les clairières.

5.4 Divers

Il serait utile d'effectuer un comptage des véhicules pénétrant la zone par le chemin carrossa-

ble, afin d'avoir une idée plus concrète de la pression réelle que subit l'endroit. L'allure de parking que prend le site durant les week-ends et les soirées d'été nous encourage à proposer des mesures de réglementation du trafic et du parking dans cette région de la RSLN.

Concernant la population de serpents (roselière et môle), un suivi serait intéressant et une information semble vitale. En effet nous avons eu l'occasion d'aborder des personnes (dont l'apparence était plus celle de propriétaires de terrarium que d'amis de la nature) capturer des serpents et s'en aller avec ces derniers. Il faut rappeler les points suivants au public:

- les reptiles sont protégés
- l'homme est chez eux et non pas eux chez lui
- il s'agit d'espèces rares et totalement inoffensives.

6 Conclusions

6.1 Pratique

6.1.1 En général

Au niveau pratique, ce travail nous a permis de toucher à de nombreux domaines, et nous a beaucoup intéressé de part la diversité des moyens mis en oeuvre dans chacun d'eux. En effet nous avons eu l'occasion:

- de nous améliorer dans la détermination et la systématique
- d'appliquer la méthode de relevés de Braun-Blanquet
- de nous familiariser avec les ouvrages de phytosociologie (ainsi qu'avec la langue de Goethe)
- d'utiliser les logiciels METEONORM et ADE-4
- d'effectuer des analyses pédologiques simples au labo
- de prendre conscience des problèmes liés à l'étude dans le terrain
- de faire des recherches bibliographiques diverses
- de contacter des administrations, des privés et des chercheurs.

On peut donc conclure que bien des buts sont atteint à ce niveau.

De plus nous avons atteints nos objectifs: nous avons: dressé 2 listes floristiques (ZT et Forêt) et effectué une étude phytosociologique des prairies (ZAC et ZTNF).

6.1.2 Au niveau phytosociologique

Pour la prairie ZAC, nos résultats nous semblent corrects, mais en ce qui concerne la partie ZTNF ils sont perfectibles. En effet, et ceci s'applique à tous les résultats, peu de relevés ont-été effectués et c'est pourquoi, dans le cas de la ZTNF, il est assez difficile d'accéder à l'association. En augmentant le nombre de relevés réparti sur la surface, on pourrait probablement mieux caractériser la végétation de l'endroit.

6.2 Théorique

Au niveau théorique, nous avons pu toucher aux problèmes liés à la gestion de zones naturelles. Ainsi nous avons pu nous rendre compte de la complexité de la tâche des gestionnaires, complexité encore augmentée par la pluridisciplinarité exigée dans l'étude d'un écosystème.

Dans les propositions de gestion nous avons mentionné:

- mesures de protection des prairies: fauchage et débrousaillement
- information-réglementation: pose de panneaux, barrières et clôtures autour des milieux sensibles
- Zone de tir et étang: entretien par décapages réguliers
- forêt: évolution naturelle avec entretien des clairières.

6.3 Remarque

Il serait bon que le DMF (propriétaire de la parcelle 475) confie la gestion de la zone à Pro Natura. De plus, en 2001, l'exposition nationale qui doit se dérouler sur les trois lacs va encore augmenter la pression sur les zones riveraines. Il serait donc bien d'envisager une application des propositions de gestion faites dans ce rapport avant la fin du siècle.

6.4 Remerciements

Nos remerciements vont à M. Christophe Le Nédic (GEG, Grande Cariçaie), qui nous proposé ce projet et qui nous a supervisés, ainsi qu' à toutes les personnes impliquées de près ou de loin dans l'élaboration de ce rapport.

7 Bibliographie

7.1 Ouvrages

1. **Aeschimann D. et Burdet H.M.**, 1989: Flore de la Suisse. Le nouveau Binz.
   Ed. du Griffon, Neuchâtel, 597 pp.

2. **Blamey M.**, 1989: La flore d'Europe occidentale.
   Ed. Arthaud, Paris, 544pp.

3. **Bouet M.**, 1972: Climat et météorologie de la Suisse romande.
   Ed. Payot, Lausanne, 171pp.

4. **Chessex C. et Aubert D.**, 1973: La nature multiple et menacée. Encyclopédie illustrée du pays de Vaud.
   Ed. 24 heures, Lausanne, 167pp.

5. **Fitter R., Fitter F., Farrer A.**,1991: Guide des graminées carex joncs et fougères.
   Ed. Delachaux et Niestlé, Neuchâtel - Paris, 255pp.

6. **Grabherr G, Mucina L.**, 1993: Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil II Natürliche waldfreie Vegetation.
   Ed. Fischer G., Stuttgart - New-york, 523pp.

7. **Landolt E.**, 1977: Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora (Heft 64).
   Ed. Stiftung Rübel, Zürich, 208pp.

8. **Moret J-L, Bressoud B.**, 1983: Petit aperçu synsystématique des principaux groupements humides de Suisse.
   IBSG UNIL, 9pp.

9. **Moret J-L, Roulier C.**, 1987: Gestion des zones naturelles, rapport n°3. Surveillance scientifique. Effets de l'entretien sur la végétation.
   Champittet, 77pp.

10. **Mulhauser B.**, 1989: Gestion des zones naturelles, rapport n°10. Plan de protection. Secteur Autavaux-Forel. Valeur naturelle et propositions de gestion.
    Champittet, 22pp.

11. **Oberdorfer E.**, 1962: Pflanzensociologische Exkursionsflora für Süddeutschland.
    Ed. Ulmer, Stuttgart, 987pp.

12. **Oberdorfer E.**,1977,1978,1983: Süddeutsche Pflanzengesellschaften, 1-2-3.
Ed. G. Fischer Verlag, Stuttgart, 1121pp.

13. **Pott R.**, 1992: Die Pflanzengesellschaften Deutschlands (2. Auflage).
Ed. Ulmer, Stuttgart, 622pp.

14. **Runge F.**, 1986: Die Pflanzengesellschaften Mitteleuropas.
Ed. Aschendorff, Münster, 291pp.

A Annexes

A1 Climatologie de Payerne et Neuchâtel

A2 Extrapolation METEONORM: climatologie de Forel

A3 Tableau brut des relevés

A4 Tableau des indices écologiques - relevés

PAYERNE, Altitude 490 m

Mois	Température °C		Mini du mois	Date du mini	Maxi du mois	Date du maxi	Précipitations mm	(%)	Insolation h.	(%)	Rayonnement 10^6 joules/m2	ETP mm	Jours de gel	Jours de chaud
Janvier	0.1	(-0.6)	-14.7	5	10.5	25	150.0	(243)	84.8	(162)	126.2	5.5	21	0
Février	4.9	(0.4)	-2.6	1	15.3	20	111.3	(188)	77.4	(95)	155.6	16.1	8	0
Mars	4.0	(4.0)	-5.1	5	18.3	24	76.4	(113)	169.7	(115)	353.1	25.5	20	0
Avril	9.0	(7.8)	0.1	10	21.9	4	38.6	(52)	166.3	(103)	422.4	58.1	0	0
Mai	12.7	(12.5)	-1.6	15	26.1	6	142.0	(161)	208.3	(116)	546.5	89.6	1	2
Juin	15.0	(15.7)	5.6	15	29.2	20	57.3	(52)	206.0	(108)	583.8	103.9	0	8
Juillet	20.8	(17.7)	10.1	6	34.8	21	68.1	(66)	265.9	(122)	649.4	131.7	0	24
Août	18.1	(16.4)	4.3	31	30.3	2	154.0	(132)	205.2	(102)	518.7	101.7	0	14
Septembre	12.1	(13.1)	0.4	30	21.7	11	121.9	(118)	137.5	(88)	359.0	59.2	0	0
Octobre	12.1	(7.7)	3.3	23	21.4	4	7.6	(9)	120.7	(117)	252.6	45.4	0	0
Novembre	3.9	(3.2)	-5.9	6	14.5	12	23.5	(28)	93.6	(191)	147.7	11.6	17	0
Décembre	0.4	(0.3)	-8.5	27	12.1	23	76.5	(107)	27.1	(63)	79.2	3.4	24	0
an	9.4	(8.2)					1027.0	(100)	1763.0	(111)	349.5	651.7	91	48

( ) moyenne ISM

NEUCHATEL, Altitude 485

Mois	Température °C		Mini du mois	Date du mini	Maxi du mois	Date du maxi	Précipitations mm	(%)	Insolation h.	(%)	Rayonnement 10^6 joules/m2	ETP mm	Jours de gel	Jours de chaud
Janvier	1.1	(0.0)	-9.4	5	11.0	22	182.5	(238)	66.4	(136)	111.6	5.7	18	0
Février	5.5	(1.0)	-0.8	28	14.4	21	99.8	(148)	72.9	(88)	152.1	17.4	3	0
Mars	4.7	(4.7)	-2.9	5	16.8	24	91.5	(139)	152.0	(99)	329.0	27.8	14	0
Avril	9.8	(8.5)	2.2	1	21.3	4	37.1	(59)	168.8	(102)	433.9	63.1	0	0
Mai	13.4	(13.1)	1.7	15	25.0	5	127.8	(160)	195.7	(112)	532.2	90.8	0	1
Juin	15.6	(16.2)	7.0	14	28.0	29	61.0	(63)	191.3	(101)	562.0	102.6	0	6
Juillet	21.6	(18.2)	13.2	6	34.2	21	53.6	(60)	275.9	(130)	670.0	138.2	0	21
Août	19.1	(17.3)	6.8	31	30.7	5	67.1	(65)	196.4	(97)	511.4	103.2	0	14
Septembre	13.0	(14.1)	2.8	30	21.4	11	139.2	(156)	122.8	(75)	334.4	57.8	0	0
Octobre	13.2	(8.8)	7.0	23	19.5	4	19.0	(24)	105.1	(98)	234.0	44.6	0	0
Novembre	5.4	(3.9)	-2.3	19	14.8	12	46.8	(54)	88.1	(187)	143.2	15.4	6	0
Décembre	1.4	(1.1)	-5.0	29	10.9	23	105.8	(126)	16.9	(45)	59.2	3.9	19	0
an	10.3	(8.9)					1031.0	(105)	1652.0	(104)	339.4	670.5	60	42

( ) moyenne ISM

Calculs (heure) 13. 01. 1997 / 17:03

METEONORM

Site:	Forel (FR)
Situation:	lac
Horizon:	FOREL.HOR
Azimut:	0
Inclinaison:	0

La terminaison "hor" signifie "avec horizon élevé"

Mois	H_Gh	H_Dh	H_Bnhor	Ta	Td	RH	FF	DD
Janv.	28	20	28	1.0	-2.1	80	2.3	247
Fév.	46	30	44	1.3	-2.4	77	2.4	247
Mars	86	61	69	4.9	0.0	72	2.3	247
Avr.	113	73	70	7.7	2.3	70	2.3	247
Mai	147	92	88	12.1	6.6	70	2.1	247
Juin	161	94	105	15.1	9.5	71	2.2	247
Juil.	180	87	146	18.9	12.7	69	2.1	247
Août	152	83	118	18.5	12.8	71	2.1	247
Sept.	106	56	94	15.1	10.7	76	2.2	247
Oct.	62	37	56	10.4	7.1	80	2.1	247
Nov.	31	21	28	4.8	1.9	82	2.2	247
Déc.	23	16	25	2.3	-0.5	82	2.2	247
Année	1132	661	872	9.3	4.9	75	2.2	247

Légende:

H_Gh:	Irradiation du rayonnement global horizontal		
H_Dh:	Irradiation du rayonnement diffus horizontal		
H_Bnhor:	Irradiation du rayonn. dir. normal, avec horizon élevé		
Ta:	Temp. de l'air		
Td:	Point de rosée	RH:	Humidité relative
FF:	Vitesse du vent	DD:	Direction du vent

Rayonnement en [kWh / m2]
Température en [°C]
Pression en [hPa]
Vitesse du vent en [m / s]

Horizon 13 01. 1997 / 17 04

METEONORM

Horizon: FOREL.HOR

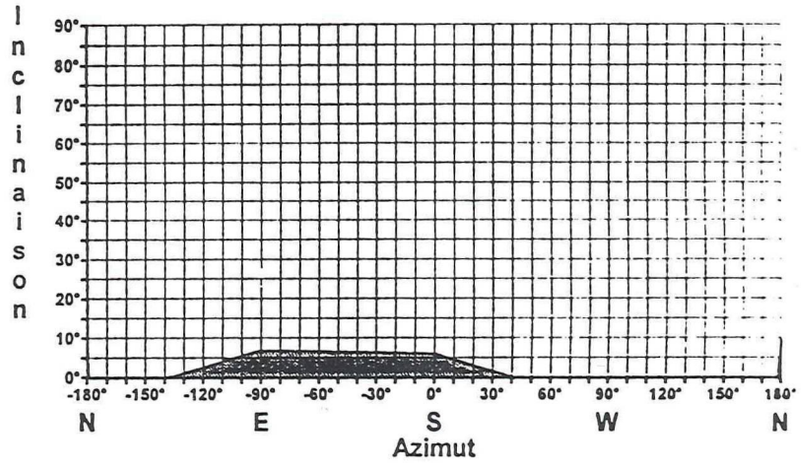


Tableau brut des relevés

Numéro Landolt	Espèces	ZAC 1	ZAC 2	ZAC 3	ZAC 4	ZAC 5	ZAC 6	ZTNF 7	ZTNF 8	ZTNF 9
73	Equisetum palustre							+		
96	Pinus Sylvestris					r	r			
191	Agrostis stolonifera	+	+	1	1	2	1			
201	Calamagrostis epigeios	+	+	+	2	1	1		1	1
238	Holcus lanatus							+	+	+
242	Phragmites australis							+	+	r
272	Deschampsia caespitosa							3	2	2
281	Molinia caerula	r	+	+	2	2	3		+	+
296	Briza media		r		+	+	+			
386	Brachypodium sylvaticum				+		+			
413	Schoenus nigricans	3	3	3		+	+			
522	Carex flacca	r	r	r	2	+	+			
525	Carex acutiformis							1	2	1
577	Juncus inflexus							+	1	+
579	Juncus effusus					+		1	1	1
599	Juncus articulatus							1	1	+
733	Spiranthes aestivalis		r							
734	Epipactis palustris			r						
782	Populus alba					r				
789	Salix purpurea		r							
800	Salix nigricans		r				+			
818	Salix cinerea	r					+	r	+	+
824	Betula pendula			r		1	+			
831	Alnus incana						+			
834	Quercus robur			r		r				
906	Polygonum amphibium							+	r	r
1188	Ranunculus sceleratus							r		r
1536	Sanguisorba officinalis						r		r	
1580	Potentilla anserina							1	1	2
1606	Potentilla erecta				r	+		2	2	1
1610	Rubus caesius				r				r	r
1723	Trifoliun repens							+		
1737	Trifoliun pratense					r		+		+
1763	Lotus corniculatus		r				r			
1825	Vicia cracca	r					r	1	+	1
1914	Linum catharticum		r		r					
2001	Frangula alnus	r		r						
2028	Hypericum quadrangulum							r		r
2091	Lythrum salicaria	r		r				1	1	1
2108	Epilobium parviflorum							+	+	+
2139	Daucus carota					r		+		
2334	Lysimachia vulgaris		r					+	+	+
2403	Calystegia sepium							+		+
2494	Prunella vulgaris		r		r			+		
2563	Mentha aquatica	2		+		1	1			
2758	Plantago major					r				
2761	Plantago lanceolata							+		
2805	Galium molugo								r	r
2864	Succisa pratensis	+		r	2	1	+			
3013	Centaurea jacea	r	r	r	+	+	r			
3034	Eupatorium canabinum			r			r			
3094	Senecio erucifolius	+		r		r				
3131	Inula salicina				+					
3134	Pulicaria dysenterica	1		r	+	r	+	1		1
3181	Achillea ptarmica			r				+	r	r
3190	Leucanthemum vulgare				r	r				
3265	Leontodon automnalis	r								
3271	Taraxacum palustre	r				r		r		r
	Poa sp. 1								1	+
	Poa sp. 2							1	1	1
	Poa sp. 3							+	r	+

Tableau des indices écologiques - relevés

	F	R	N	H	D	L	T	K
ZAC 1	4.07	3.52	2.41	3.85	4.78	3.70	3.84	2.99
ZAC 2	3.79	3.68	2.15	3.78	4.61	3.91	3.76	3.00
ZAC 3	3.83	3.48	2.27	3.70	4.55	3.83	3.80	2.98
ZAC 4	3.28	2.61	2.37	3.32	3.84	3.34	3.14	3.01
ZAC 5	3.38	2.06	2.56	3.40	3.74	3.71	3.24	3.01
ZAC 6	3.70	1.52	2.37	4.01	4.27	3.77	3.16	3.01
ZTNF 7	3.55	2.43	3.11	3.18	4.59	3.29	3.03	2.78
ZTNF 8	3.54	2.24	2.89	3.15	4.26	3.12	2.97	2.68
ZTNF 9	3.40	2.50	3.10	3.02	4.24	3.20	2.97	2.65