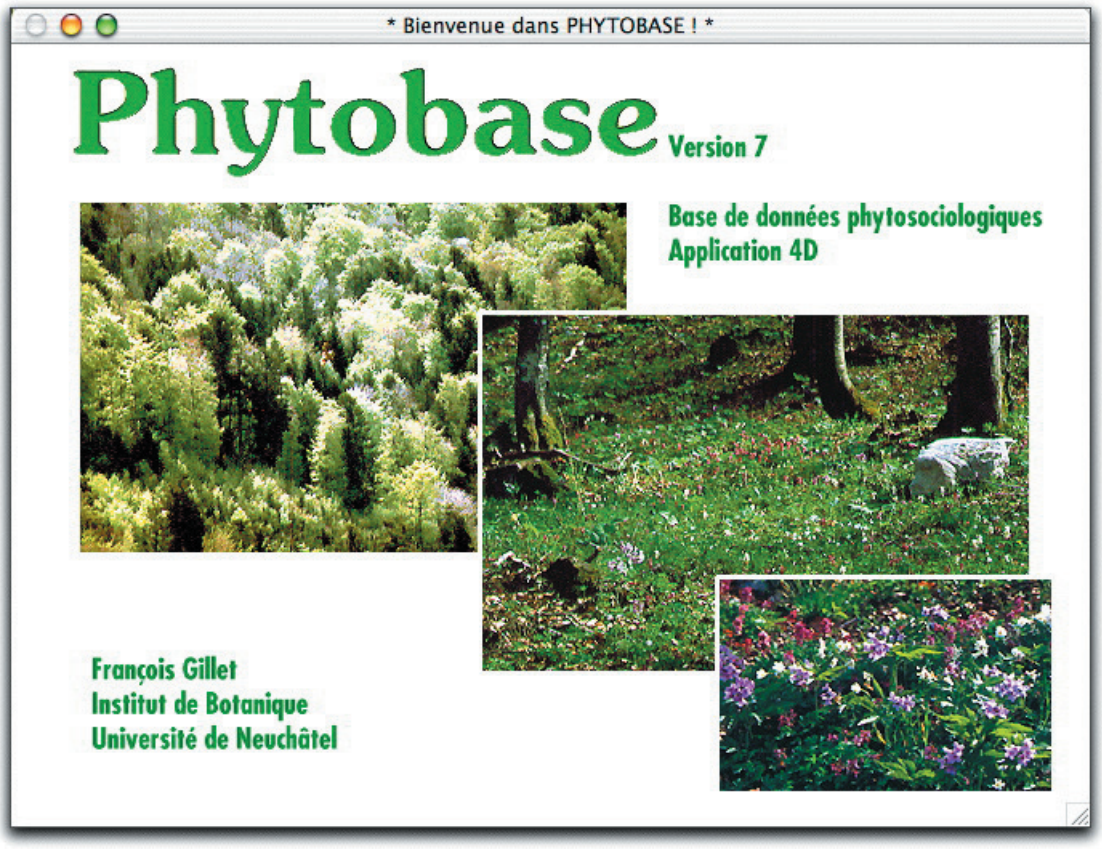
DOCUMENTS
du LABORATOIRE D'ÉCOLOGIE VÉGÉTALE
INSTITUT DE BOTANIQUE
UNIVERSITÉ DE NEUCHÂTEL

Guide d'utilisation de Phytobase 7, base de données phytosociologiques



François Gillet

2004

Version du 15 septembre 2004

Sommaire

Le rôle des bases de données en écologie....3

Les SGBDR: un tournant dans l'histoire de l'informatique....3
L'écologie opérationnelle assistée par ordinateur....3
L'origine de Phytobase....4

4ème Dimension : présentation générale....5

Le langage de 4D....6
Le mode Structure....6
Le mode Utilisation....7
Le mode Menus créés....7
Les plug-ins....7

Utilisation de Phytobase....8

Configuration requise....8
Installation et accès....8
Le menu principal....8
Manipulation des listes d'enregistrements....9
Saisie et consultation des enregistrements....11

Organisation des données....12

Les relevés synusiaux....12
Les syntaxons élémentaires....20
Les relevés phytocénotiques....25
Les cœnotaxons élémentaires....29
Teselas et sigmataxons....32
Les catalogues de référence....32

Fonctions d'importation et d'exportation....34

Importer tableau....34
Importer relevés....35
Importer données....35
Exportation des données....36
Mise à jour des classifications....36
Tableaux phytosociologiques....37

Gestion des données....37

Références bibliographiques....37

Le rôle des bases de données en écologie

Les SGBDR: un tournant dans l'histoire de l'informatique

Une *base de données* est un ensemble structuré de données enregistrées sur support informatique, destiné à permettre un accès rapide à l'information. Historiquement, on a vu se succéder les *banques de données* (systèmes d'accumulation de données), puis les bases de données *hiérarchiques*, les bases de données en *réseaux*, et enfin les bases de données *relationnelles*.

Jusqu'à une date récente, les seuls programmes de base de données accessibles en micro-informatique étaient *monofichier*, c'est-à-dire capables de ne gérer qu'un seul fichier de données à la fois. Traditionnellement, les données sont stockées dans un *fichier-tableau* où des relations peuvent être décrites entre deux ensembles de caractéristiques: les "lignes" (enregistrements) et les "colonnes" (champs). Un seul type de relations (deux à deux) peut ainsi être décrit, alors que toute donnée écologique est en fait liée à d'autres caractéristiques, en raison du *caractère fondamentalement multidimensionnel des données écologiques*.

Le développement de volumineuses *bases de données* sur de gros systèmes (comme *Oracle*) a conduit à forger un nouveau concept: le *Système de Gestion de Bases de Données Relationnel* (SGBDR), capable de gérer différents fichiers de façon interactive. Ce concept s'est rapidement étendu au domaine des micro-ordinateurs, avantagés par leur interface-utilisateur et de moins en moins limités par leurs capacités ; les leaders sont *Microsoft Access* (uniquement sous Windows) et *ACI 4ème Dimension* (en abrégé *4D*), sous MacOS et Windows, récemment concurrencés par les versions les plus récentes de *File Maker Pro*, qui offre quelques fonctions relationnelles.

Une base de données est accessible à trois niveaux :

- le *niveau interne* a trait au support physique des données (domaine de l'informaticien) ;
- le *niveau conceptuel* (ou logique) porte sur l'architecture (*mode Structure* de 4D) de la base de données (domaine du programmeur-administrateur) ;
- le *niveau externe* concerne l'accès aux données (*mode Utilisation* de 4D) pour la saisie et la consultation (domaine de l'utilisateur).

Dans le cas d'un SGBDR, il y a *indépendance* entre le niveau logique (structure et organisation des liens) et le niveau physique (support des données et des voies de rangement et d'accès).

L'écologie opérationnelle assistée par ordinateur

Dans sa pratique quotidienne, l'écologue — et surtout le phyto-écologue ! — doit manipuler une grande quantité de données de forme disparate, collectées dans des systèmes écologiques hiérarchisés en différents niveaux d'intégration. BOUCHÉ (1990) a bien analysé les difficultés et les limites de la pratique traditionnelle de l'écologue. On peut évoquer certains problèmes répandus :

- difficulté de l'*accès aux données de base* ("données initiales contrôlées" ou DICs) : celles-ci sont éparpillées dans des fichiers séparés de nature disparate (tableaux, textes, documents formatés pour des applications particulières...), voire souvent encore dans des carnets manuscrits ;

- difficulté de l'*organisation et de la circulation des données* : on passe plus de temps à la construction des matrices de données (DICs et DSEs = « données secondaires élaborées ») qu'à leur traitement dans des analyses multivariées !
- difficultés de *connexions entre les différentes études sectorielles* : la multiplicité des études ponctuelles effectuées sans aucun souci d'échange des DICs explique qu'il est d'usage de "partir de zéro", avec tout ce que cela suppose comme investissement en temps et en énergie pour la collecte de nouvelles données en quantité suffisante ;
- difficultés liées aux *normes actuelles des publications scientifiques*, où la concision imposée rime désespérément avec la perte définitive pour la collectivité scientifique des DICs, qui ne sont presque jamais publiées !

Bouché en arrive à la conclusion que l'écologie, qui se veut une science globale, n'est en fait ni globale, puisque cruellement limitée dans ses moyens de synthèse, ni même une science, car incapable de fournir des théories réfutables appuyées sur des faits scientifiques accessibles ! Mais ces propos iconoclastes lui permettent de définir les conditions d'accès à une véritable science écologique opérationnelle : selon lui, l'écologue peut et doit donc aujourd'hui remettre en question ses habitudes de travail en développant des outils de gestion des données (bases de données relationnelles, bases de connaissances, systèmes experts) appropriés à ses objectifs.

L'origine de Phytobase

Dans le cadre du programme de recherches *PATUBOIS* (*typologie et systémique phyto-écologiques des pâturages boisés du Jura suisse,* Gallandat *et al.,* 1995), nous avons recueilli une quantité considérable de données (phytosociologiques, pédologiques, agronomiques, sylvicoles et autres) sur des objets situés dans des portions variées de l'espace-temps (estivages, phytocénoses, synusies). Le but du projet étant d'intégrer toutes ces données dans une vision globale et systémique, il s'agissait en particulier de mettre en évidence toutes les relations, imbrications, interdépendances entre les composants biologiques (synusies végétales organisées en phytocénoses) et les descripteurs écologiques. Le besoin de concevoir un outil de gestion des données performant et efficace s'est rapidement fait sentir. Le choix s'est porté sur l'élaboration d'une base relationnelle sous *4ème Dimension* (version 4, puis 5, puis 6, pour MacOS et Windows), appelée *Patubase* (Gillet, 1993, 1998), adaptée à la gestion des données issues de l'approche synusiale intégrée (Gillet *et al.*, 1991; Gillet, 2000).

La base de données *Patubase* s'est révélée être un outil de gestion souple et performant des données phyto-écologiques fondées sur l'approche synusiale intégrée, mais reste fortement liée aux pâturages boisés. Des adaptations étaient nécessaires pour qu'un tel outil puisse s'appliquer à d'autres projets et d'autres milieux. Un concept plus général appelé *Phytobase* a été développé au Laboratoire d'écologie végétale de l'Université de Neuchâtel dans ce but, qui contient la structure minimale de *Patubase* concernant la gestion des relevés synusiaux et phytocénotiques. Depuis lors, plusieurs versions de *Phytobase* ont été adaptées à la problématique des zones alluviales, des tourbières, des forêts et des pâturages boisés.

Le choix de telles bases de données décentralisées et adaptées à des problématiques variées n'est pas incompatible avec un projet à plus long terme d'une base de données phytosociologique centralisée (serveur Oracle, clients Mac OS et Windows). En effet, les possibilités d'importation et d'exportation, voire de

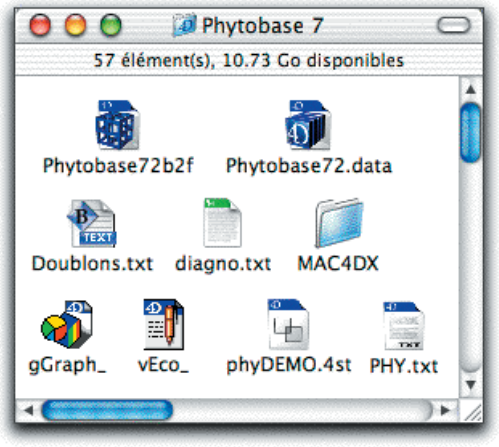
communication directe entre bases distantes, laissent envisager une gamme très ouverte de solutions d'échange et de partage des données. À court terme, la totale compatibilité entre *Patubase* et les différentes versions de *Phytobase* autorise déjà un échange très rapide des données de base (relevés synusiaux et phytocénotiques, catalogues floristiques et phytosociologiques).

4ème Dimension : présentation générale

4ème Dimension® est un logiciel développé à l'origine par ACI (société aujourd'hui rebaptisée 4D) pour les micro-ordinateurs Apple Macintosh et, depuis la version 6, sur les PC sous Windows ; il se présente comme un système de gestion de bases de données relationnel particulièrement puissant et susceptible de répondre aux exigences de l'écologie opérationnelle. *4D* (mono-utilisateur) bénéficie de tous les avantages de l'interface graphique de Mac OS ou de Windows. Il présente en outre la particularité d'être véritablement multitâche. Une version multi-utilisateurs, *4D Server,* utilise l'architecture client-serveur. Des modules permettent de dialoguer avec d'autres SGBDR d'un réseau informatique hétérogène.

Une base de données développée sous *4D* se compose d'au moins deux documents Macintosh (ou quatre fichiers Windows) rassemblés dans un même dossier, l'un contenant la structure de la base (sans extension sous Mac OS, extension *.4DB* sous Windows), l'autre les données (extension *.data* sous Mac OS ou *.4DD* sous Windows). L'avantage de cette architecture de fichiers est qu'une même structure peut être appliquée alternativement à plusieurs bases de données. Pour changer de fichier de données, il suffit d'appuyer sur la touche *Alt* au démarrage (éventuellement après la saisie du mot de passe).

Le document structure peut être compilé et intégrer le moteur de 4D *(4D Engine)*. La base est alors accessible en mode *Menus créés* (menus personnalisés) uniquement. Une base non compilée peut être utilisée, également en mode *Menus créés* uniquement, avec *4D Runtime*. C'est sous cette forme qu'est diffusée la version 7.2 actuelle de *Phytobase* pour Mac OS ou Windows.



La copie d'écran ci-contre représente quelques éléments du dossier *Phytobase* dans sa version pour Mac OS X (le document *Phytobase*, contenant la structure non compilée, nécessite *4D* ou *4D Runtime* pour être utilisé). Outre les documents de structure et de données déjà mentionnés, on notera la présence du dossier MAC4DX — contenant les plug-ins *4D View* (tableur) et *4D Write* (traitement de texte) —, de modèles de graphiques et pages de texte, ainsi que d'ensembles enregistrés (extension .4st) ; un document texte signalant les doublons, *Doublons.txt,* doit impérativement être présent dans le dossier *Phytobase*. Dans l'environnement Windows, le dossier MAC4DX est remplacé par un dossier WIN4DX.

☞ *Toutes les copies d'écran qui illustrent ce guide d'utilisation correspondent à la version 7.2 pour Mac OS X (développée avec la version 2003 de* 4D*). Dans l'environnement Windows, l'interface utilisateur peut présenter quelques différences minimes.*

Le langage de 4D

Enregistrement («fiche») : ensemble de données étroitement associées (ex. : relevé phytosociologique).

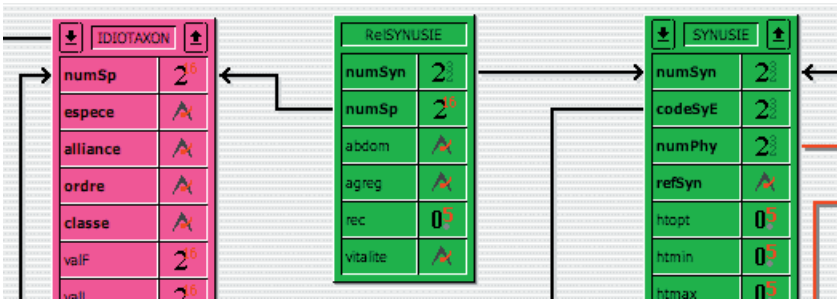
Champ : rubrique permettant de saisir chaque donnée de base (DIC), ou de calculer chaque donnée secondaire (DSE) dans un enregistrement : un champ peut être de type Alphanumérique, Texte, Numérique, Entier, Entier long, Date, Heure, Booléen, Image, Sous-table ou BLOB; il peut posséder des attributs (obligatoire, non saisissable, non modifiable, indexé, unique, énuméré).

Table («fichier») : ensemble d'enregistrements possédant les mêmes champs. Cette entité logique correspond à une base de données simple assimilable à un tableau dans lequel les lignes représentent les enregistrements et les colonnes les champs.

Formulaire : modèle de mise en page pour la saisie et la présentation des données, appliqué à une table. Les *formulaires liste (Sortie)* sont utilisés pour la présentation d'une sélection d'enregistrements d'une table; les *formulaires détaillés (Entrée)* sont surtout réservés à la saisie ou à la modification d'un enregistrement. Un formulaire détaillé peut contenir un sous-formulaire d'une autre table, généralement sous forme de liste.

Sélection courante : groupe d'enregistrements d'une même table pouvant apparaître dans un *formulaire liste*.

Lien : relation dynamique entre deux champs de deux tables différentes. Un lien consiste à aller chercher pour une table des informations qui sont situées dans une autre table (copie d'écran ci-dessous); c'est un instrument de circulation et de vérification des informations dans la base.



Méthode (« procédure » ou script) : suite d'instructions codées dans un langage de programmation explicite (routines) : *méthodes projet* associées à la base, *méthodes formulaire* associées à un formulaire, *méthodes objet* associées à un champ ou à une variable.

Variable : élément d'un formulaire ou d'une méthode servant de zone temporaire pour stocker des informations, pour exécuter certains ordres (boutons), ou encore pour faciliter la saisie (pop-up menus, zones de défilement...). Il peut s'agir également de modules externes ou *plug-ins* (ex. *4D View,* voir plus loin). Dans le langage de programmation de 4D, on distingue des variables locales, process et interprocess.

Le mode Structure

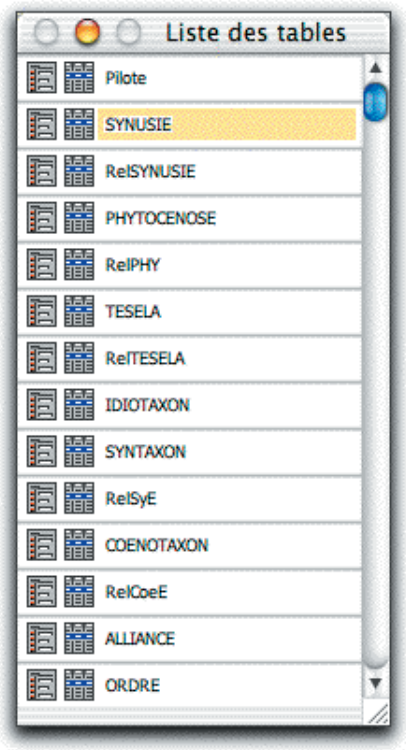
Ce mode n'est accessible que sur une base non compilée. Il permet au développeur de la base de créer les tables, champs, liens, formulaires et méthodes, et

de les modifier à tout moment. Toutes les modifications sont automatiquement enregistrées et immédiatement applicables.

Le mode Utilisation

C'est le mode par défaut pour l'utilisation d'une base utilisant les menus standard de *4D*. Il permet la saisie des enregistrements, l'exécution des méthodes, les sélections, recherches, tris, la consultation et l'impression.

En appuyant simultanément sur une combinaison de touches au clavier *(Commande-Majuscule-Espace* sous Mac OS, *Contrôle-Majuscule-Espace* sous Windows), on fait apparaître une fenêtre qui permet de choisir les tables et les formulaires. La copie d'écran ci-contre montre ainsi la liste des tables entrant dans la constitution de la structure de *Phytobase*. L'icône de droite permet de choisir un formulaire liste, celle de gauche un formulaire détaillé pour la table sélectionnée.



Dans un formulaire liste, il est possible de réduire la *sélection courante* à un groupe d'enregistrements, manuellement ou grâce à de puissantes fonctions de recherche. Il suffit de double-cliquer sur la ligne correspondant à l'enregistrement choisi pour le déployer dans un formulaire détaillé en vue de le consulter ou de le modifier.

Le mode Menus créés

Dans ce mode, les menus standard de *4D* sont remplacés par des menus personnalisés qui orientent et facilitent les opérations exécutables par l'utilisateur.

Depuis la version 5 de *4D*, il est possible de travailler simultanément sur plusieurs tables, voire même sur plusieurs fenêtres d'une même table, chacune possédant alors sa propre sélection courante. La navigation entre les tables est facilitée par l'utilisation des palettes flottantes (petites fenêtres munies de boutons et restant toujours au premier plan).

Les plug-ins

Il s'agit d'extensions capables d'enrichir la présentation ou la gestion de la base; ils peuvent s'intégrer aux formulaires, être gérés par programmation et entretenir des liens dynamiques avec les champs des tables : *4D View* (tableur et gestionnaire de listes), *4D Write* (texteur), *4D Draw* (dessinateur), etc. Le module *4D Chart* (grapheur) est intégré à *4D* depuis la version 6.

Utilisation de Phytobase

Configuration requise

La version 7.2 de *Phytobase* n'intègrant pas *4D Engine*, il s'agit d'une application dépendante de *4ème Dimension* ou de *4D Runtime*, version 2003.x.

La version Mac OS fonctionne sur un Macintosh (processeur G3 ou G4 recommandé) sous Mac OS 9.2 minimum (Mac OS X recommandé).

La version Windows fonctionne sur un PC sous Windows 2000 ou XP.

Sur les deux plate-formes, un écran couleur de 17 pouces est recommandé pour pouvoir afficher une résolution minimale de 800 x 600 pixels.

Installation et accès

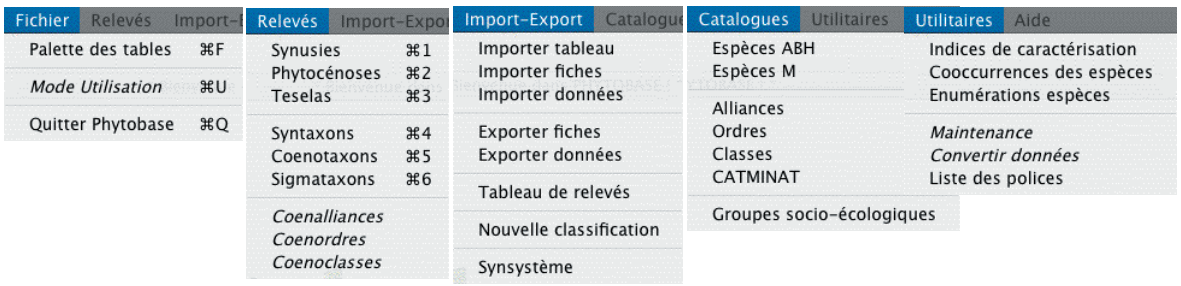
La procédure d'installation diffère selon la configuration et le média utilisé pour la diffusion de *Phytobase*. Une notice d'installation est livrée avec celui-ci.

Pour lancer *Phytobase*, il suffit normalement de double-cliquer sur l'icône de la structure (*Phytobase7xxx* ou *Phytobase7xxx.4DB*) ou un alias (raccourci) de celle-ci. Pour plus de sûreté, il est toutefois préférable d'ouvrir d'abord l'application *4D* ou *4D Runtime*, de spécifier le fichier de structure à ouvrir et éventuellement le fichier de données.

Phytobase est accessible par mot de passe en mode *Menus créés*, optimisé pour une utilisation routinière de la base (seul ce mode est décrit dans les paragraphes suivants). L'accès *Invité* ne nécessite pas de mot de passe, mais n'autorise aucune modification des données. L'accès à la structure est réservé au développeur. Le mode *Utilisation* n'est pas accessible avec *4D Runtime*.

Le menu principal

La base de données s'ouvre sur une fenêtre d'accueil (voir page de couverture) offrant deux possibilités d'accès aux différents fichiers et fonctionnalités de la base :



1. Par la *barre de menus principale*

- Le menu *Fichier* permet d'afficher la palette flottante des tables (si elle n'est pas apparente), de passer en mode *Utilisation* ou de quitter *4D*.

☞ *L'article* Mode Utilisation *est inopérant dans la version compilée ainsi qu'avec 4D Runtime et fait quitter 4D sans préavis !*

- Le menu *Relevés* permet d'accéder aux principales tables de la base, pour consulter ou modifier les enregistrements existants, ou pour saisir de nouveaux enregistrements.
- Le menu *Import-Export* concerne l'importation et l'exportation automatique de données échangeables avec d'autres bases.
- Le menu *Catalogues* permet de consulter les catalogues floristiques et phytosociologiques.
- Le menu *Utilitaires* permet de mettre à jour les indices de caractérisation, de convertir les données depuis une version antérieure de *Phytobase.data*, de mettre à jour les listes d'énumération des espèces, ou encore de consulter la liste des polices installées sur l'ordinateur.
- Les menus *Edition* et *Aide* sont gérés par le système d'exploitation.

2. Par la *palette des tables* (ci-contre)

Cette fenêtre flottante, toujours au premier plan, permet d'accéder par un simple clic aux principales tables de la base. Elle peut être fermée en cliquant sur sa case de fermeture, notamment dans le cas de configurations sur petit écran où elle peut gêner la lisibilité des fenêtres; sa réouverture est déclenchée par le premier article du menu *Fichier* depuis la fenêtre d'accueil.

Ces deux options ne sont pas équivalentes. La première (utilisant le process principal) permet de passer *alternativement* d'une table ou d'une tâche à l'autre en revenant à chaque fois à la fenêtre d'accueil (il faut pour cela cliquer sur le bouton d'annulation en bas à droite de la liste). La palette des tables permet au contraire de travailler *simultanément* sur plusieurs tables, chacune correspondant à un process différent (travail multitâche). Le copier-coller n'est possible que dans la fenêtre du process principal.

☞ *Il est conseillé de se servir exclusivement du menu principal pour effectuer la saisie et les calculs. La palette ne devrait être utilisée que pour consulter momentanément d'autres tables. La gestion des priorités dans* 4D *peut occasionner des erreurs de calcul quand plusieurs process travaillent sur la même table.*

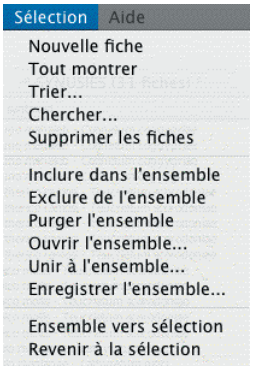
La fenêtre du process principal en mode *Menus créés* est repérée pas son titre encadré de deux astérisques :

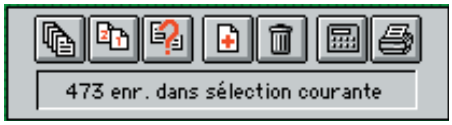
*** NOM DE LA TABLE (Nombre total d'enregistrements) ***

La barre de titre informe sur le contenu de la table ainsi que sur le nombre total d'enregitrements qu'il contient. Cette fenêtre peut être appelée en premier plan par un simple clic sur le bouton inférieur (**Principal**) de la palette des tables.

Manipulation des listes d'enregistrements

La manipulation des enregistrements des tables principales se fait par l'intermédiaire d'un formulaire standardisé (vue en liste) qui utilise les fonctions avancées de *4D*. L'utilisateur peut se servir soit du menu *Sélection* (copie d'écran ci-contre), soit de la barre de boutons située en dessous de la liste et qui joue le même rôle; l'utilisateur débutant préférera la sécurité des menus, avant d'adopter les boutons pour leur ergonomie.





Les sept boutons de la partie gauche de la barre d'icônes agissent sur la *sélection courante*, c'est-à-dire sur les enregistrements dont la liste s'affiche à l'écran. Certaines commandes s'appliquent aux enregistrements sélectionnés à la souris dans la liste de la sélection courante; pour une sélection continue, utiliser la touche *majuscule*, pour une sélection discontinue la touche *commande* (ou *contrôle* sous Windows), associées au clic.

- Le premier bouton correspond à l'article *Tout montrer* du menu *Sélection* : il provoque le remplacement de la sélection courante par la totalité des enregistrements de la table.
- Le deuxième correspond à l'article *Trier...* du menu *Sélection* : il ouvre la fenêtre de dialogue standard pour le tri multicritère des enregistrements de la sélection courante (pour les tris rapides selon un seul critère, il est conseillé d'utiliser les boutons de tri situés sous les champs-clés et parfois à gauche de la barre de boutons).
- Le troisième correspond à l'article *Chercher...* du menu *Sélection* : il ouvre la fenêtre de dialogue standard pour la recherche multicritère; le résultat de la recherche remplace la sélection courante.
- Le quatrième correspond à l'article *Nouvelle fiche* du menu *Sélection* : il ouvre une fenêtre de saisie vierge pour la création de nouveaux enregistrements; quand le dernier enregistrement est créé (bouton Annuler), les nouveaux enregistrements s'ajoutent à la sélection courante.
- Le cinquième correspond à l'article *Supprimer les fiches* du menu *Sélection* : après une demande de confirmation, il détruit les fiches sélectionnées à la souris dans la liste de la sélection courante.
- Le sixième et le septième n'ont pas d'équivalent dans le menu *Sélection* et leur comportement diffère selon les tables: le sixième (*Calculer*) déclenche une procédure de mise à jour des calculs, le septième (*Imprimer*) l'impression des enregistrements; ils s'appliquent à la totalité de la sélection courante.

Les huit boutons de la partie droite de la barre d'icônes concernent les *ensembles*. Ceux-ci ne doivent pas être confondus avec la sélection courante. Un ensemble est un groupe d'enregistrements dont les adresses sont chargées en mémoire vive, qui peut être enregistré sur disque, ajouté à la sélection courante ou remplacer celle-ci. L'utilisation des ensembles est une fonctionnalité qui rend très souple la manipulation des enregistrements.

- Le premier bouton correspond à l'article *Inclure dans l'ensemble* du menu *Sélection* : il s'applique à une sélection d'enregistrements de la sélection courante qu'il inclut dans l'ensemble.
- Le deuxième correspond à l'article *Exclure de l'ensemble* du menu *Sélection* : il s'applique à une sélection d'enregistrements de la sélection courante qu'il exclut de l'ensemble.
- Le troisième correspond à l'article *Purger l'ensemble* du menu *Sélection* : il vide l'ensemble de son contenu.
- Le quatrième correspond à l'article *Ouvrir l'ensemble* du menu *Sélection* : il pro-

voque l'ouverture d'un ensemble préalablement enregistré et charge celui-ci en remplaçant le précédent.

- Le cinquième correspond à l'article *Unir à l'ensemble* du menu *Sélection* : il provoque l'ouverture d'un ensemble préalablement enregistré et charge celui-ci en l'ajoutant au précédent.
- Le sixième correspond à l'article *Enregistrer l'ensemble* du menu *Sélection* : il provoque l'enregistrement de l'ensemble dans un document sur le disque.
- Le septième correspond à l'article *Utiliser l'ensemble* du menu *Sélection* : il remplace la sélection courante par le contenu de l'ensemble.
- Le huitième correspond à l'article *Revenir à la sélection* du menu *Sélection* : il annule l'effet du bouton précédent en permettant de revenir à la sélection courante antérieure (à utiliser uniquement après la commande *Utiliser l'ensemble*).

Le bouton *Annuler* situé à l'extrême droite permet de quitter la liste en "tuant le process" en cours : la sélection courante ne sera donc pas conservée. Dans le cas d'un process déclenché par la palette des tables, un clic sur la case de fermeture (coin supérieur gauche de la fenêtre) déclenche la fermeture de la fenêtre, mais contrairement à l'action du bouton *Annuler*, le process est simplement "endormi" et peut être réactivé par un clic sur le bouton correspondant de la palette des tables : la taille de la fenêtre et la sélection courante sont ainsi conservées.

Saisie et consultation des enregistrements

Un double-clic sur un enregistrement de la liste fait apparaître un formulaire de saisie dans lequel sont détaillées les différents champs. Dans ce formulaire détaillé, la navigation d'un enregistrement à l'autre utilise une rangée de boutons standards :

Les quatre premiers boutons servent à passer d'un enregistrement de la sélection courante à l'autre, respectivement de gauche à droite : *Premier enregistrement, Enregistrement précédent, Enregistrement suivant, Dernier enregistrement.* Le cinquième bouton provoque la suppression définitive de l'enregistrement courant (*Supprimer enregistrement*); un contrôle d'intégrité référentielle s'applique selon les cas pour supprimer également les enregistrements liés (par exemple suppression des espèces d'un relevé que l'on désire effacer) ou au contraire pour empêcher la suppression d'un enregistrement lié à une autre table (par exemple suppression d'un relevé de phytocénose lié à des relevés synusiaux). Les deux derniers boutons provoquent le retour à la liste des enregistrements : sans enregistrer les modifications (*Annuler*) ou en les enregistrant (*Valider*).

☞ *Il faut savoir que les quatre premières commandes s'accompagnent de l'enregistrement* ***automatique*** *des modifications éventuelles; en cas de doute, il est conseillé de quitter le formulaire de saisie par l'avant-dernier bouton* (Annuler).

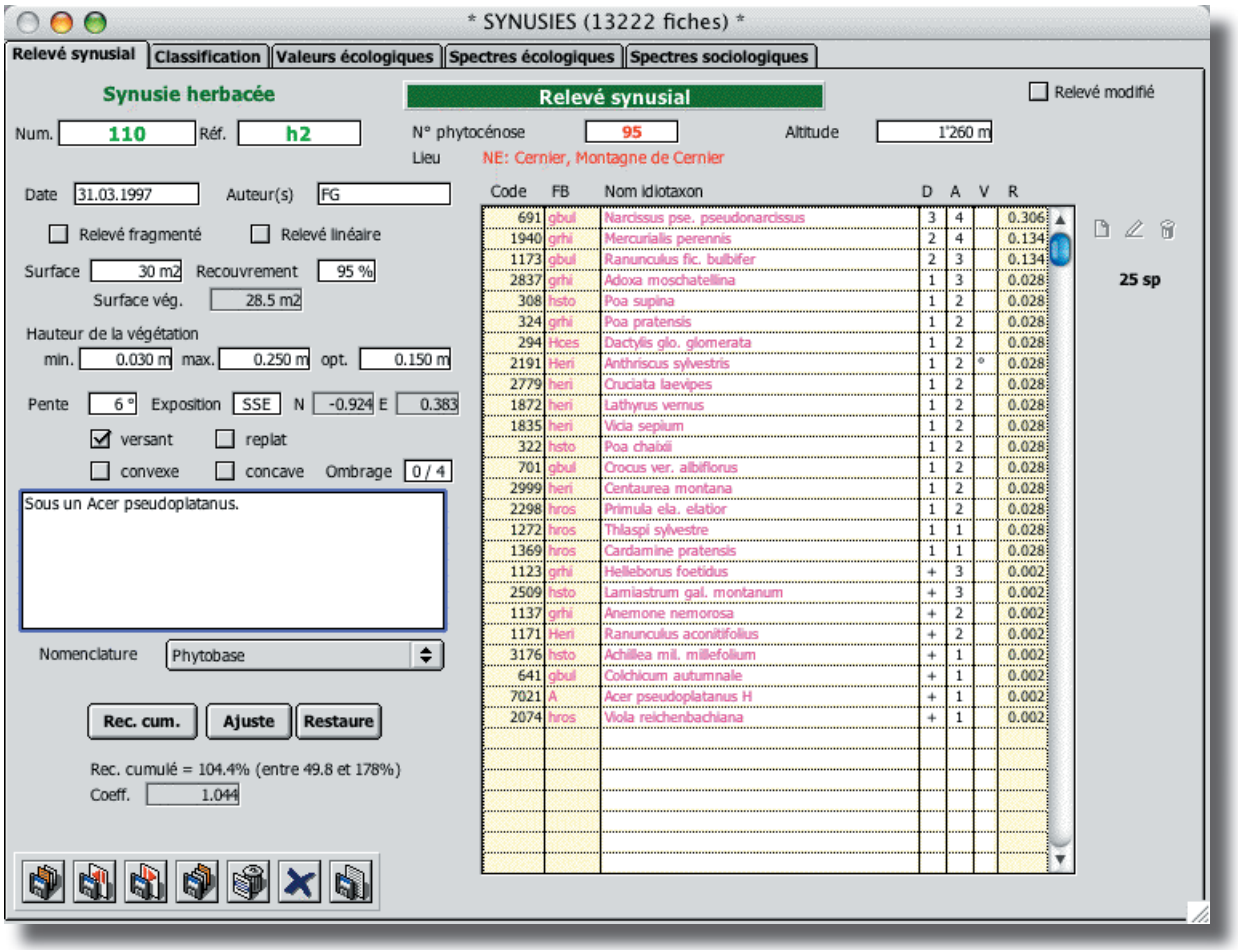
Organisation des données

Les relevés synusiaux

Deux tables concernent les relevés synusiaux :

- La table [SYNUSIE] contient les relevés de synusies arborescentes, arbustives, herbacées et muscinales.
- La table [RelSYNUSIE] contient les espèces des relevés synusiaux.

Seule la première est accessible directement en mode *Menus créés*; la deuxième est saisissable dans un sous-formulaire inclus dans le formulaire de saisie du relevé. Un relevé de synusie herbacée nous servira de modèle pour présenter la saisie, la consultation et la modification d'un enregistrement.



La première page du formulaire de saisie (copie d'écran ci-dessus) contient les champs saisissables (sur fond blanc) de la **fiche de relevé**, y compris la **liste des espèces** (sous-formulaire de la table [RelSYNUSIE]). Certains champs non saisissables (sur fond gris ou jaune) sont liés à d'autres tables : localisation à la table [PHYTOCENOSE], code et forme biologique des espèces à la table [IDIOTAXON]. D'autres sont calculés à partir des champs saisissables (nombre d'espèces, surface de végétation).

On passe d'un champ saisissable à l'autre par la touche *Tabulation* selon un ordre de saisie prédéterminé. Des contrôles de saisie assurent la cohérence des données et permettent un formatage de celles-ci.

Le premier champ à saisir (*Num.* en haut à gauche de la page) est le numéro d'identification du relevé, saisissable une fois et non modifiable ; il s'agit d'un nombre entier (champ de type Entier long). Un même numéro ne peut être attribué qu'à un seul relevé de la table (attribut Unique). Le deuxième champ (*Réf.*) obligatoire est le code de la synusie, dont le premier caractère identifie la strate (A, a, B, b, H, h, M ou m) et détermine le choix d'une énumération pour la saisie des espèces.

Après avoir saisi ces deux champs, la saisie d'une nouvelle espèce peut se faire selon deux méthodes :

- Un double-clic dans la zone vierge du sous-formulaire de saisie des espèces ouvre un formulaire détaillé, qui ne se referme qu'après annulation (cliquer sur *Annuler* dans la liste déroulante des espèces, puis sur le bouton *Annuler* du formulaire).
- Le curseur étant positionné sur le sous-formulaire de saisie des espèces — une flèche clignotante apparaît alors dans le coin supérieur gauche de celui-ci —, la combinaison des touches *Option* et *Entrée* permet de créer un nouvel enregistrement espèce sans quitter la liste du relevé.

Quelle que soit la méthode choisie, le premier champ à saisir est le nom de l'espèce (selon la nomenclature de *Flora Europæa*) en tapant les premières lettres du genre et en cliquant dans la liste d'énumération; on peut utiliser les flèches sur le clavier pour se déplacer dans la liste et sélectionner l'espèce avec la touche *Retour*. Le numéro de code de l'espèce est alors affiché, ainsi que sa forme biologique et son nom (seul le numéro de code est enregistré, les autres renseignements étant recherchés dans la table liée [IDIOTAXON]). On saisit ensuite les codes de dominance, d'agrégation et de vitalité. Le code de dominance sert à estimer automatiquement le recouvrement absolu (entre 0 et 1) de l'espèce (voir Encadré 1), qui servira de base pour de nombreux calculs (valeurs écologiques indicatrices, spectre biologique pondéré, valeur pastorale, diagnostic syntaxonomique, etc.).

Le menu déroulant *Nomenclature* permet d'afficher la liste des espèces du relevé selon *Flora Europaea* (TUTIN *et al.*, 1964-1980), selon *Flora Helvetica* (LAUBER & WAGNER, 2000), ou encore selon la *Banque de Données Nomenclaturale de la Flore Française* (BOCK, 2003, accessible sur le site Web de *Tela Botanica*) ; ce changement ne modifie pas les énumérations utilisées pour la saisie de nouvelles espèces (nomenclature *Phytobase*, adaptée de *Flora Europaea*).

Après avoir saisi la dernière espèce, un clic sur le bouton *Rec. cum.* permet de vérifier si la somme des recouvrements calculés à partir des codes de dominance se situe bien dans un intervalle autour de 100%. Le bouton *Ajuste* transforme les recouvrements des espèces de manière à ce que leur somme soit égale à 1 (100%) pour chacun des relevés sélectionnés ; les codes de dominance sont également ajustés automatiquement. Le bouton *Restaure* permet de retrouver les valeurs initiales, par exemple pour corriger les espèces individuellement.

Après validation des enregistrements nouvellement créés, il est conseillé de les isoler dans la sélection courante et de demander sans tarder la mise à jour des calculs (ceux-ci ne sont pas exécutés automatiquement) par le bouton *Calculer* de la barre de boutons. Cette procédure devra être exécutée après chaque modification d'un relevé. Une vérification des doublons (espèces saisies par erreur plusieurs fois dans la liste) est effectuée pendant la mise à jour des calculs. Un bip sonore signale la présence de chaque doublon; il convient alors d'éditer le fichier texte *Doublons.txt* et de rechercher les relevés et espèces incriminées avant de les corriger manuellement.

Le formulaire liste des relevés synusiaux contient dans sa partie inférieure une rangée de boutons supplémentaires qui s'appliquent à tous les enregistrements

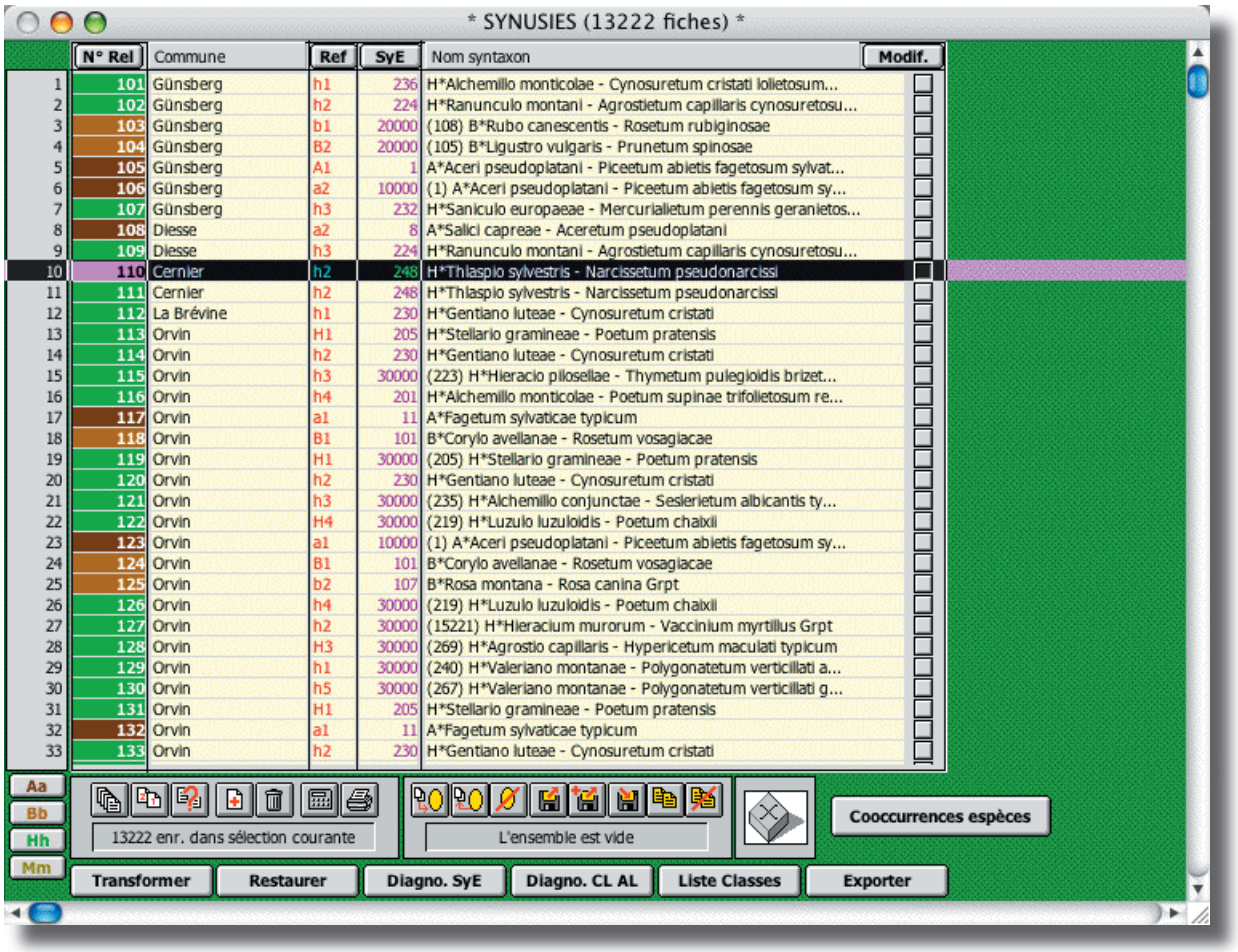
Encadré 1 : Calcul des recouvrements dans Phytobase 7

Le recouvrement (R_{ir}) d'une espèce (ou respectivement d'un syntaxon élémentaire) *i* dans un relevé synusial (ou respectivement d'un relevé phytocénotique) *r* est déduit du code de dominance de Braun-Blanquet selon le tableau suivant :

Code de dominance	Recouvrement	Recouvrement minimum	Recouvrement maximum
r	0.1%	0.01%	0.1%
+	0.5%	0.1%	1%
1	3%	1%	5%
2	14%	5%	25%
3	32%	25%	50%
4	57%	50%	75%
5	90%	75%	100%

Chaque relevé synusial est transformé de manière à ce que la somme des recouvrements de toutes les espèces soit égal à 100% (dominance et recouvrement relatifs).

Dans le relevé centroïde *c* du syntaxon élémentaire, le recouvrement moyen R_{ic} de l'espèce *i* est calculé sur le sous-ensemble des relevés où elle est présente ; cette valeur est donc indépendante de la fréquence.



de la sélection courante (copie d'écran page précédente). Le bouton *Transformer* ajuste les recouvrements des espèces à 100% pour chacun des relevés sélectionnés, au cas où cet ajustement n'aurait pas été effectué lors de la saisie des espèces ; le bouton *Restaurer* permet de retrouver les valeurs initiales. Le bouton *Diagno CL AL* effectue un diagnostic automatique de la classe et de l'alliance synusiales. Le bouton *Liste Classes* construit le spectre des classes synusiales.

☞ *Il est indispensable d'ajuster les recouvrements des relevés avant d'effectuer les calculs. En effet, la cohérence des calculs dans* Phytobase *suppose que les espèces sont pondérées par leur recouvrement relatif dans chaque relevé synusial.*

Après avoir effectué ces calculs, il devient possible de consulter les valeurs écologiques ou les spectres écologiques et sociologiques des relevés en retournant au formulaire détaillé.

L'onglet *Valeurs écologiques* affiche la troisième page du formulaire (copie d'écran ci-dessous) dans laquelle apparaissent dans la moitié droite les **valeurs écologiques indicatrices** de LANDOLT (1977) et d'ELLENBERG *et al.* (1991) du relevé, calculées à partir des valeurs des espèces (contenues dans la table [IDIOTAXON]) pondérées par le recouvrement, ainsi que la valeur pastorale (synusies herbacées uniquement). Quelques **indices de biodiversité** (richesse spécifique, diversité de

Encadré 2 : Calcul des indices de biodiversité dans Phytobase 7

Les indices de diversité sont dérivés du calcul de l'*entropie généralisée* (Rényi, 1961, Hill, 1973 in Legendre & Legendre, 1998) :

$$H_a = \frac{\log \sum_{i=1}^{q} p_i^a}{1-a}$$

a est un nombre entier positif ou nul (généralement compris entre 0 et 2)

q est le nombre d'espèces

p_i est la fréquence relative ou l'abondance relative de l'espèce i

Pour les relevés phytosociologiques, le calcul de p_i se base sur le recouvrement R_i de chaque espèce, estimé ou déduit du code de dominance :

$$p_i = \frac{R_i}{\sum_{i=1}^{q} R_i}$$

La mesure d'*entropie* peut être convertie en mesure de *diversité* (nombre positif ou nul, sans borne supérieure) :

$$N_a = \exp H_a$$

Les trois premiers ordres correspondent aux principaux indices de diversité utilisés en écologie :

Ordre	Entropie	Diversité	Nom
a = 0	$H_0 = \log q$	$N_0 = q$	Richesse spécifique (species richness)
a = 1	$H_1 = -\sum_{i=1}^{q} p_i \cdot \log p_i$	$N_1 = \exp H_1$	Entropie ou diversité de Shannon
a = 2	$H_2 = -\log \sum_{i=1}^{q} p_i^2$	$N_2 = \frac{1}{\sum_{i=1}^{q} p_i^2}$	Entropie ou diversité de Simpson

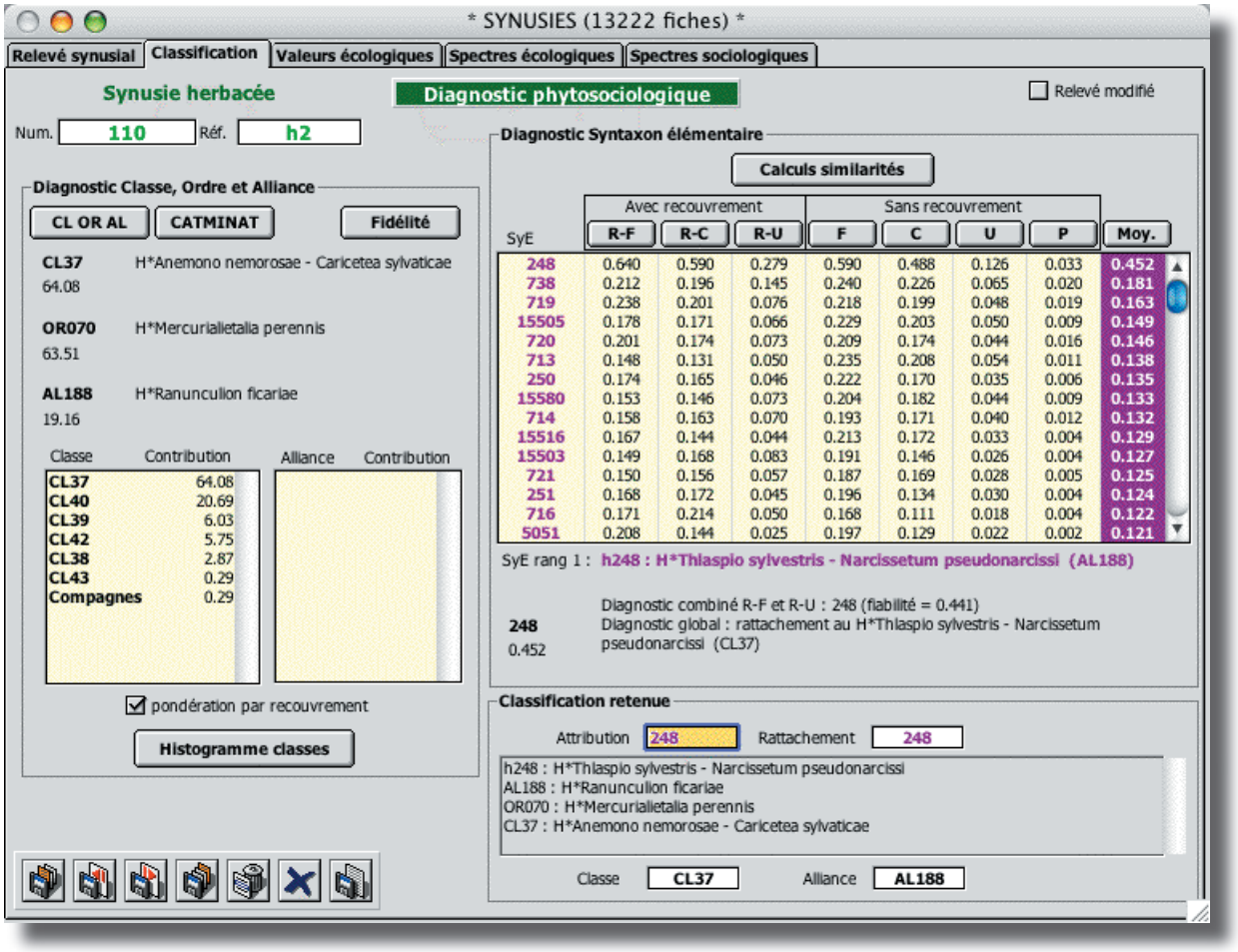
Plus l'ordre de l'indice est élevé, plus le poids relatif des espèces rares ou peu abondantes est faible. Cette composante de la diversité peut être mesurée avec l'indice de *régularité (evenness)*, calculé comme le rapport de deux mesures de diversité, par exemple :

$$E = \frac{N_2}{N_0}$$

Ainsi calculée, la régularité varie entre 0 et 1 (toutes les espèces présentent la même fréquence ou abondance) et n'est pas corrélée avec la composante richesse spécifique.

le **spectre biologique pondéré** du relevé (histogramme des recouvrements relatifs des formes biologiques selon le catalogue *Baseflor* de Julve) et le spectre des stratégies des essences (recouvrements absolus des essences forestières selon Rameau). Ces diagrammes peuvent être exportés en utilisant le presse-papier ou la barre de menus de la zone *4D Chart*.

La deuxième page du formulaire est consacrée à la **classification phytosociologique** du relevé (copie d'écran page suivante). Si le relevé a déjà été attribué à un syntaxon élémentaire — ou SyE — (*Attribution*), son affectation actuelle apparaît dans un cadre en bas à droite (nom du SyE et position syntaxonomique). Les



relevés non attribués à un SyE portent un code réservé spécial : 10000 pour une synusie arborescente, 20000 pour une synusie arbustive, 30000 pour une synusie herbacée ou 40000 pour une synusie muscinale. Un deuxième champ saisissable *(Rattachement)* permet de rattacher provisoirement un tel relevé à un SyE, cette information étant prise en compte uniquement pour la mise à jour du relevé phytocénotique (voir § *Les syntaxons élémentaires*).

L'attribution ou le rattachement d'un relevé synusial à un SyE se base sur un **diagnostic syntaxonomique automatique**, qui se fait normalement en deux phases :

1. En cliquant d'abord sur le bouton *CL OR AL*, on déclenche la méthode qui aboutit à l'affichage du spectre syntaxonomique du relevé (contributions des espèces caractéristiques des différentes classes phytosociologiques, pondérées ou non par le recouvrement, représentés dans le tableau de gauche) et au diagnostic de la classe, de l'ordre et de l'alliance. Les informations utilisées dans cette méthode concernant l'appartenance phytosociologique des espèces sont inspirées de la classification synusiale de JULVE *et al.* (1997), en tenant compte partiellement de la fidélité des espèces aux syntaxons de *Phytobase* (voir plus loin) et sont contenues dans la table [IDIOTAXON]. Le bouton *CATMINAT* déclenche aussi un diagnostic de la classe, de l'ordre et de l'alliance (ainsi que de leurs subdivisions éventuelles :sous-classe, sous-ordre et sous-alliance), mais basé ici sur le nouveau référentiel phytosociologique CATMINAT ou *Baseveg* de JULVE (2003), en tenant compte des espèces caractéristiques transgresssives et des espèces différentielles. Le bouton *Diagnostic fidélité* permet de faire un diagnostic de la classe, de l'ordre et de l'alliance basé uniquement sur la fidélité des espèces aux syntaxons représentés dans la base, sans tenir compte des

indications contenues dans la table [IDIOTAXON]. Le spectre des classes et des alliances apparaît dans la partie inférieure du cadre gauche. Pour chaque diagnostic, le spectre des classes peut être visualisé sous forme d'un histogramme en cliquant sur le bouton *Histogramme classes* (ne pas oublier de refermer la fenêtre après consultation, impression ou exportation du graphique).

2. En cliquant ensuite sur le bouton *Calcul des similarités*, dans le cadre droit du formulaire, on déclenche une méthode qui compare le relevé synusial aux relevés centroïdes des syntaxons élémentaires stockés dans la base. Un dialogue permet de limiter la comparaison à certains syntaxons (*Annuler*) ou à l'ensemble des syntaxons herbacés (*OK*). Dans le premier cas, un nouveau dialogue permet de sélectionner les syntaxons appartenant aux classes les mieux représentées, en fonction du résultat du diagnostic précédent (copie d'écran ci-contre); le dialogue standard de recherche de *4D* est accessible pour l'application d'autres critères. Dans tous les cas, la procédure s'achève par l'affichage dans un tableau de la liste des syntaxons classés dans l'ordre décroissant de leur indice de similarité moyen avec le relevé synusial. Cet indice de similarité moyen, qui varie entre 0 (aucun élément commun) et 1 (ressemblance maximum), est la moyenne de six indices de similarité, calculés en fonction de la proportion d'espèces partagées avec le relevé centroïde du SyE, en tenant compte ou pas de leur recouvrement (voir Encadré 3 pour le détail des calculs). Le nom du syntaxon le plus proche (en tête de liste) apparaît alors en bas du tableau avec des commentaires pour ce diagnostic global, à comparer avec les résultats du diagnostic combiné. Dans les cas douteux, il est conseillé de comparer les différents diagnostics, notamment quand plusieurs groupements obtiennent des indices de similarité très proches de la valeur maximale avec le diagnostic moyen, *a fortiori* quand cet indice maximum est peu élevé.

La mise à jour des diagnostics peut se faire globalement pour une sélection de relevés synusiaux, avec ou sans exportation d'un tableau de résultats détaillés: sur le formulaire liste des relevés synusiaux, un bouton *Diagno. SyE* permet de comparer les résultats de différentes options de diagnostic en les enregistrant sur un fichier au format texte tabulé (*DiagnoSyE.txt*).

Le principe du diagnostic automatique est également utilisé pour élaborer le **spectre des classes** synusiales (cinquième page du formulaire, onglet *Spectres sociologiques*, copie d'écran p. 20). Il s'agit de la liste des classes phytosociologiques représentées dans le relevé synusial par leurs espèces caractéristiques, avec indication de leur recouvrement dans le relevé et du type d'habitat qu'elles représentent (selon CATMINAT). Deux options sont proposées pour le calcul du spectre : à partir des seules espèces caractéristiques du système « CLORAL » (bouton *Liste Phytobase*) ou en tenant compte aussi des espèces caractéristiques transgressives et des espèces différentielles du système CATMINAT (bouton *Liste CATMINAT*). Le même choix est proposé lors de la construction de la liste des classes à partir du bouton *Liste Classes* du formulaire liste.

Sur cette même page, on peut aussi consulter le spectre des **groupes socio-écologiques** des espèces herbacées.

Encadré 3 : Diagnostic typologique d'un relevé synusial dans Phytobase 7

La procédure de calcul de l'indice de similarité S_{rc} entre un relevé synusial *r* et le relevé centroïde *c* d'un syntaxon élémentaire utilise les paramètres suivants :

R_{ir} recouvrement de l'espèce *i* dans le relevé *r*
R_{ic} recouvrement moyen de l'espèce *i* dans le relevé centroïde *c*
F_{ic} fréquence relative de l'espèce *i* dans le relevé centroïde *c*
A_{ic} fréquence absolue de l'espèce *i* dans le relevé centroïde *c*
C_{ic} indice de caractérisation de l'espèce *i* dans le relevé centroïde *c*
U_{ic} indice de fidélité de l'espèce *i* dans le relevé centroïde *c*
N_r nombre d'espèces du relevé synusial *r*
N_c nombre d'espèces du relevé centroïde *c*
$N_{r\cap c}$ nombre d'espèces communes au relevé synusial *r* et au relevé centroïde *c*

Dans une première série de trois diagnostics, les espèces du relevé synusial sont pondérées par leur recouvrement ; les espèces du relevé centroïde sont pondérées par le produit de leur recouvrement moyen et de leur fréquence relative (diagnostic **R-F**), par le produit de leur recouvrement moyen et de leur indice de caractérisation (diagnostic **R-C**) ou par le produit de leur recouvrement moyen et de leur indice de fidélité (diagnostic **R-U**). Le détail du calcul pour le diagnostic **R-F** est donné par l'équation 1. Pour le diagnostic **R-U**, l'indice de fidélité est divisé par la fidélité maximale observée pour la catégorie de syntaxon considérée (A, B, H ou M), de manière à ce que la fidélité relative obtenue soit comprise entre –1 et 1, et donc que l'indice de similarité calculé ne soit pas supérieur à 1 (équation 2).

$$S_{rc} = \frac{2\sum_{i=1}^{N_{r\cap c}} \min(R_{ir}, R_{ic} \cdot F_{ic})}{\sum_{i=1}^{N_r} R_{ir} + \sum_{i=1}^{N_c} R_{ic} \cdot F_{ic}} \qquad (1)$$

$$S_{rc} = \frac{2\sum_{i=1}^{N_{r\cap c}} \min\left(R_{ic}, R_{ic}\frac{U_{ic}}{U_{\max}}\right)}{\sum_{i=1}^{N_r} R_{ir} + \sum_{i=1}^{N_c} R_{ic}\frac{U_{ic}}{U_{\max}}} \qquad (2)$$

Dans une deuxième série de trois diagnostics, les espèces du relevé synusial sont traitées en présence-absence ; les espèces du relevé centroïde sont pondérées par leur fréquence relative (diagnostic **F**), par leur indice de caractérisation (diagnostic **C**) ou par leur indice de fidélité (diagnostic **U**). Le détail du calcul pour le diagnostic **F** est donné dans l'équation 3. Pour le diagnostic **U**, l'indice de fidélité est divisé par la fidélité maximale (équation 4).

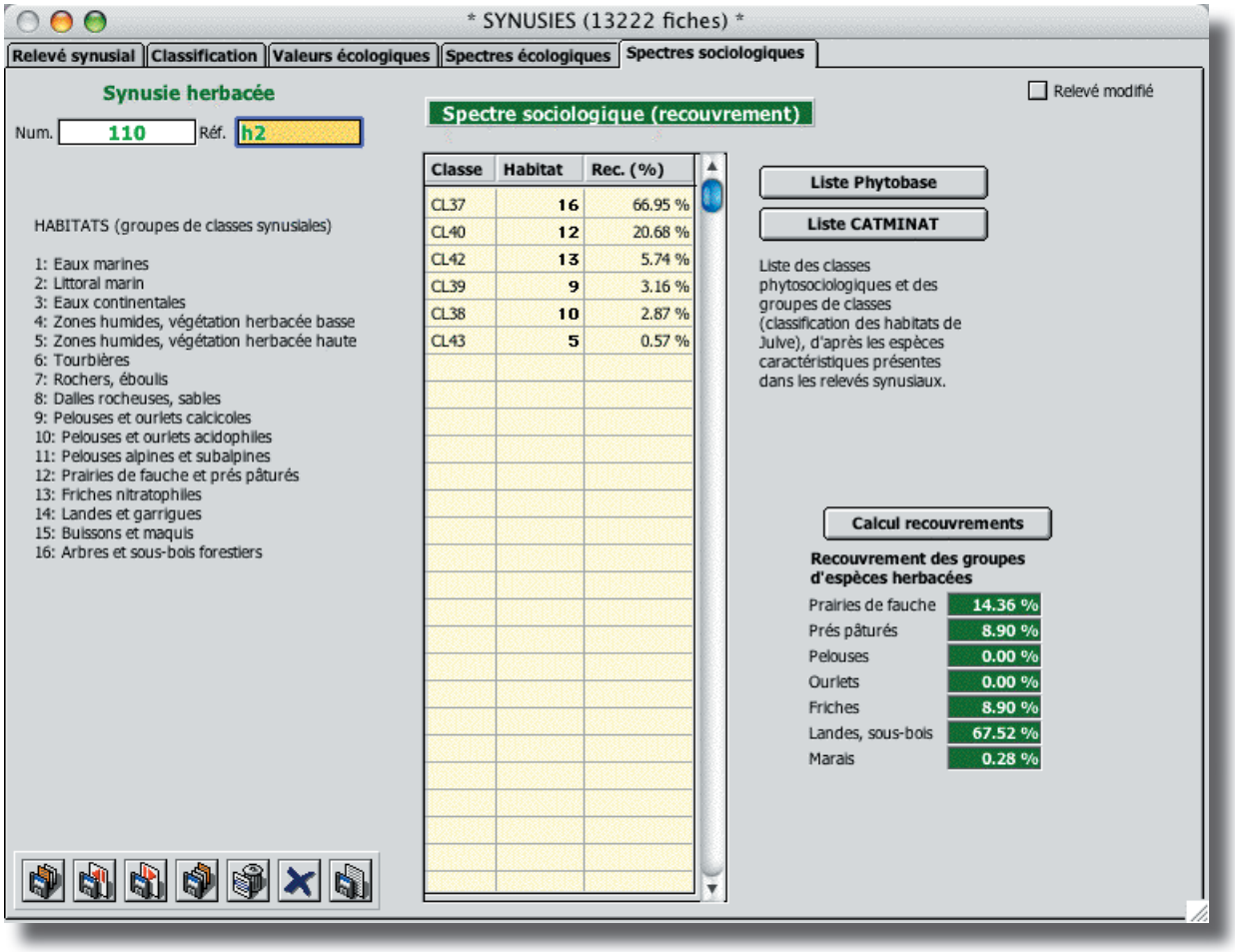
$$S_{rc} = \frac{2\sum_{i=1}^{N_{r\cap c}} F_{ic}}{N_r + \sum_{i=1}^{N_c} F_{ic}} \qquad (3)$$

$$S_{rc} = \frac{2\sum_{i=1}^{N_{r\cap c}} \frac{U_{ic}}{U_{\max}}}{N_r + \sum_{i=1}^{N_c} \frac{U_{ic}}{U_{\max}}} \qquad (4)$$

Un septième indice de similarité (diagnostic probabiliste **P**) correspond à la moyenne des rapports entre la fréquence absolue de chaque espèce dans le SyE et sa fréquence absolue dans tous les SyE de la même catégorie (A, B, H ou M).

La moyenne des six premières similarités est utilisée pour effectuer le *diagnostic global*. Le résultat du diagnostic s'affiche sous forme d'une liste des groupements végétaux classés dans l'ordre décroissant de leur moyenne des similarités avec le relevé synusial. Le premier groupement de la liste est retenu comme étant le plus proche du relevé testé et son nom s'affiche dans la fenêtre du diagnostic. La fiabilité du diagnostic global dépend de la différence entre les deux similarités moyennes les plus élevées ainsi que de la valeur de la première. Si la différence entre les deux similarités moyennes les plus élevées dépasse le quart de la valeur de la première et si celle-ci est supérieure à 0.2, le relevé peut être rattaché au premier SyE ; sinon le diagnostic global est jugé insuffisamment fiable. Si de surcroît la première similarité est supérieure à 0.5, on considère que le relevé pourrait être attribué au premier SyE.

Outre le diagnostic global du SyE qui est utilisé pour le rattachement automatique des nouveaux relevés, Phytobase 7 propose une autre aide à la décision : le *diagnostic combiné*. Celui-ci privilégie d'abord le diagnostic **R-F** – qui prend en compte le recouvrement et la fréquence relative – et secondairement le diagnostic **R-U**, basé sur le recouvrement et la fidélité. Un coefficient de fiabilité entre 0 et 1 est calculé pour le diagnostic final.



Les syntaxons élémentaires

Les syntaxons élémentaires sont le résultat d'une typologie des relevés synusiaux. Les analyses multivariées nécessaires à cette classification doivent être effectuées en dehors de la base de données, sur des logiciels statistiques dédiés à cette tâche. Il est donc nécessaire d'exporter au préalable les relevés pour construire un fichier de données lisible par ces logiciels. *Phytobase* offre la possibilité de construire un tableau phytosociologique à partir d'un ensemble de relevés stockés dans la base. Cette fonctionnalité, qui requiert le plug-in *4D View*, est décrite plus loin dans le § « Fonctions d'importation et d'exportation ».

Dès que l'on dispose d'une typologie, même provisoire, il est utile de saisir les nouvelles fiches de syntaxons élémentaires. La première page du formulaire détaillé de la table [SYNTAXON] (copie d'écran page suivante) comporte huit **champs saisissables** :

- La *strate* (ou catégorie de synusies) à laquelle appartient le syntaxon élémentaire (A, a, B, b, H, h, M ou m).
- Le *code d'identification* du syntaxon élémentaire, de type entier long unique.
- Le nom de l'*association* ou du groupement provisoire.
- Le nom de l'*auteur* de l'association (prov. si le groupement est provisoire).
- Le nom de la *sous-association*.
- Le nom de l'*auteur* de la sous-association (prov. si le groupement est provisoire).
- La catégorie écologique de synusie (*homécie*), choisie dans une liste prédéfinie mais modifiable (énumération stockée dans la structure de la base).

- Une *description sommaire* et synthétique.

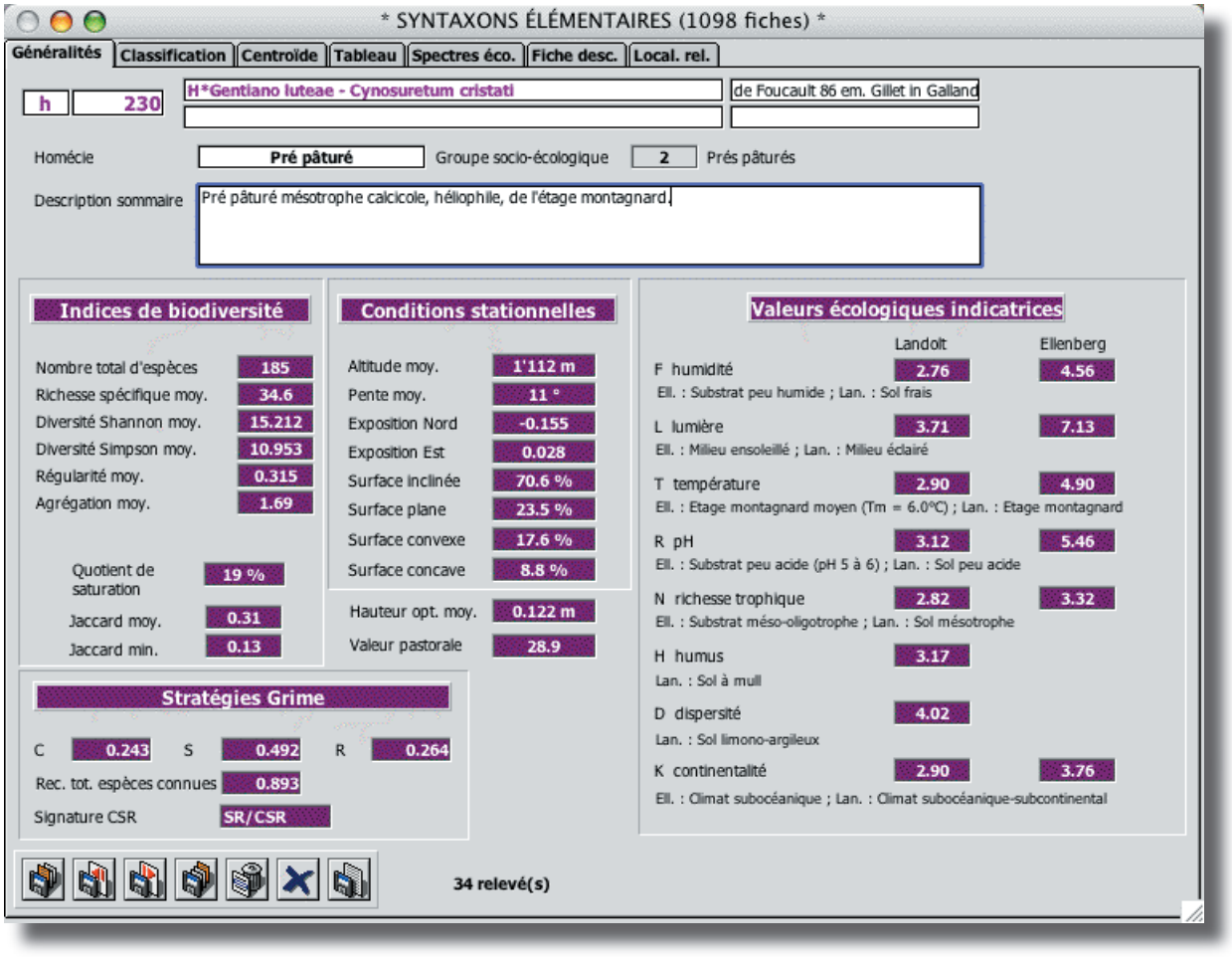
Les autres champs, non saisissables, seront calculés ultérieurement. La copie d'écran ci-dessus concerne une fiche complètement mise à jour : les indices de biodiversité, les conditions stationnelles et les valeurs écologiques indicatrices sont des valeurs moyennes qui ont été calculées à partir des relevés synusiaux attribués au SyE. Mais auparavant, il aura fallu construire le relevé centroïde du SyE.

Pour ce faire, quand les fiches de syntaxons sont créées, on retourne au formulaire de saisie des relevés synusiaux et on attribue à chacun un code de syntaxon élémentaire selon les résultats de la typologie. Ce travail étant fait, on peut alors double-cliquer sur le syntaxon de son choix et construire le relevé centroïde, dans la troisième page du formulaire (copie d'écran page suivante).

Le **relevé centroïde** du syntaxon élémentaire contient la liste de toutes les espèces observées dans les relevés synusiaux qui servent à le définir (seuls les relevés *attribués* au SyE sont pris en compte dans sa définition, à l'exclusion des relevés qui y sont seulement *rattachés*). Un menu déroulant permet de choisir la nomenclature pour l'affichage de la liste des espèces.

Pour chaque espèce sont calculés :

- La *fréquence absolue* et la *fréquence relative* **F** de l'espèce dans le tableau du SyE, cette dernière servant à la classer dans une *classe de fréquence* **C** (en chiffres romains, les espèces accidentelles ou présentes dans un seul relevé étant rangées dans la classe *r*).
- Le *recouvrement moyen* **R** de l'espèce dans l'ensemble des relevés où elle est présente ; cette valeur est donc indépendante de la fréquence.
- L'*indice de caractérisation* **IC** de l'espèce (voir Encadré 4), qui mesure sa fidélité



relative au SyE par rapport à l'ensemble des SyE contenus dans la base de données (entre 0 et 1).

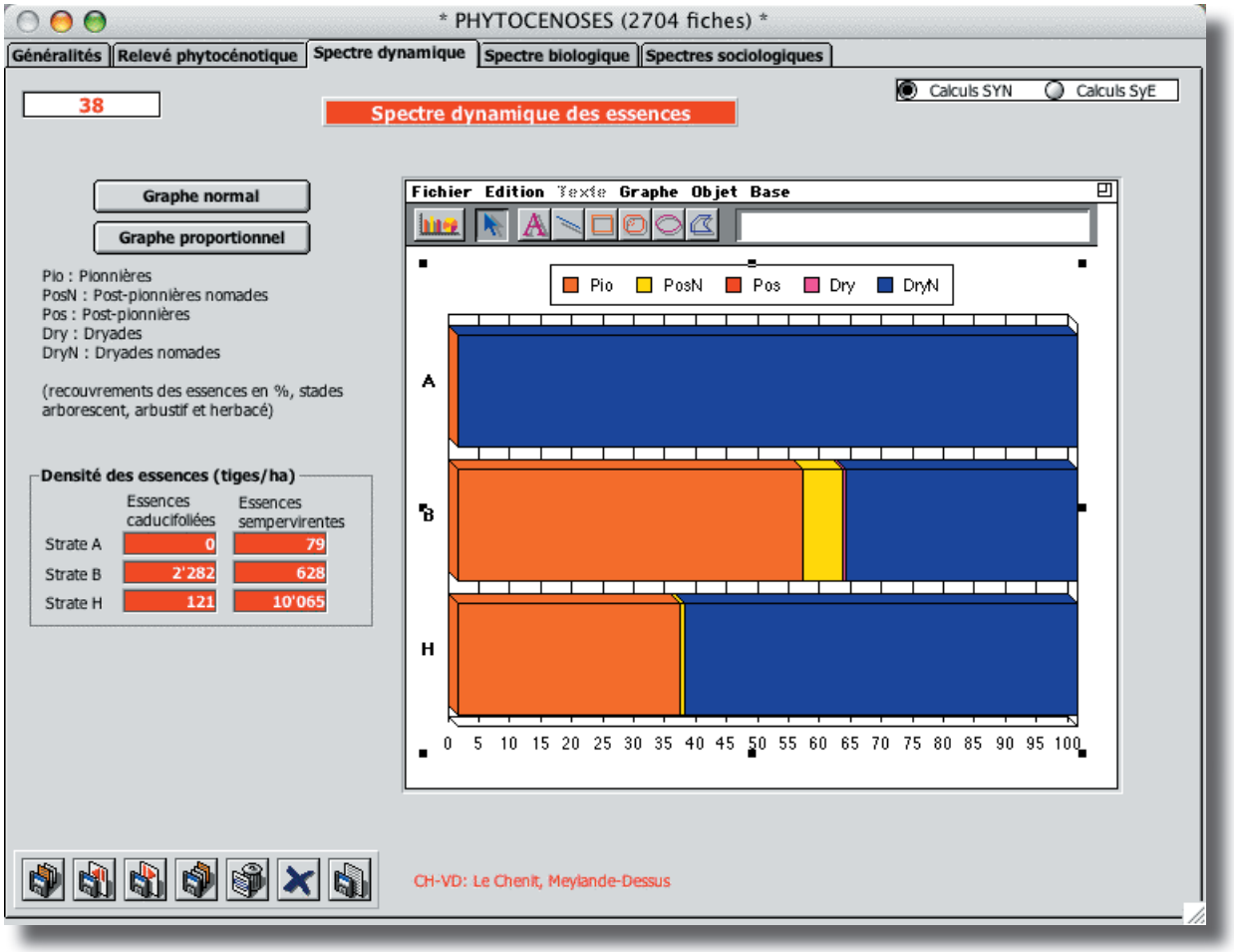
- L'indice de *fidélité* **U** de l'espèce au syntaxon (voir Encadré 4), calculé selon la méthode décrite par BRUELHEIDE (2000).

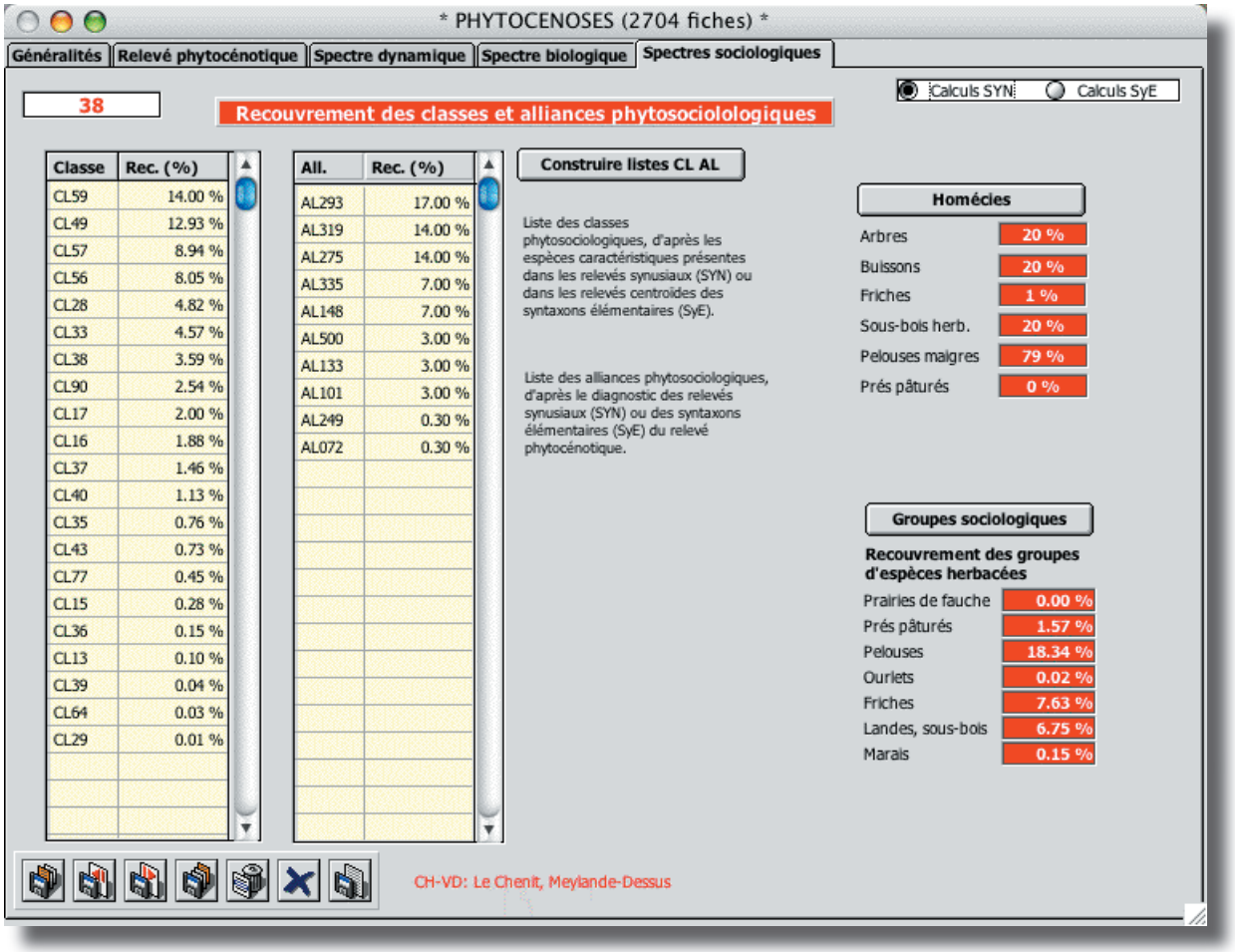
Le bouton *Similarités* déclenche le calcul des indices de similarité de Jaccard (en présence-absence) et de Steinhaus (à partir des recouvrements relatifs) pour chaque paire de relevés synusiaux (voir LEGENDRE & LEGENDRE, 1998 pour une des-

essences forestières dans les strates arborescentes (A), arbustives (B) et herbacées (H), à partir de la composition floristique des syntaxons élémentaires ou des relevés synusiaux liés à la phytocénose. Ce graphe peut être copié dans le presse-papier ou exporté en utilisant la barre de menus de la zone *4D Chart*. La densité approximative des essences caducifoliées et sempervirentes (tiges par hectare) est calculée pour les trois strates à partir des codes d'abondance des espèces.

La quatrième page affiche le **spectre biologique** de la phytocénose. Il s'agit du recouvrement cumulé des différentes formes biologiques, toutes strates confondues.

La cinquième page du formulaire détaillé est consacrée aux *spectres sociologiques* (copie d'écran page suivante), représentant le pourcentage de recouvrement des classes, des groupes d'espèces herbacées, des alliances et des homécies. Le **spectre des classes** est la liste des classes synusiales obtenue à partir des espèces caractéristiques présentes dans les relevés synusiaux ou dans les relevés centroïdes des SyE, selon l'option choisie globalement pour les calculs ; il concerne toutes les strates. Le **spectre des groupes socio-écologiques** ne concerne que la strate herbacée. Le **spectre des alliances** est la liste des alliances synusiales obtenue d'après le diagnostic des relevés synusiaux ou des SyE du relevé phytocénotique ; contrairement au spectre des classes, il ne tient donc pas compte de toutes les espèces caractéristiques. Le **spectre des homécies** représente les recouvrements absolus (arbres et buissons) ou relatifs (strate herbacée) des groupes fonctionnels de synusies définis dans le modèle phytocénotique des pâturages boisés *PATUMOD* (Gillet *et al.*, 2002).





Les cœnotaxons élémentaires

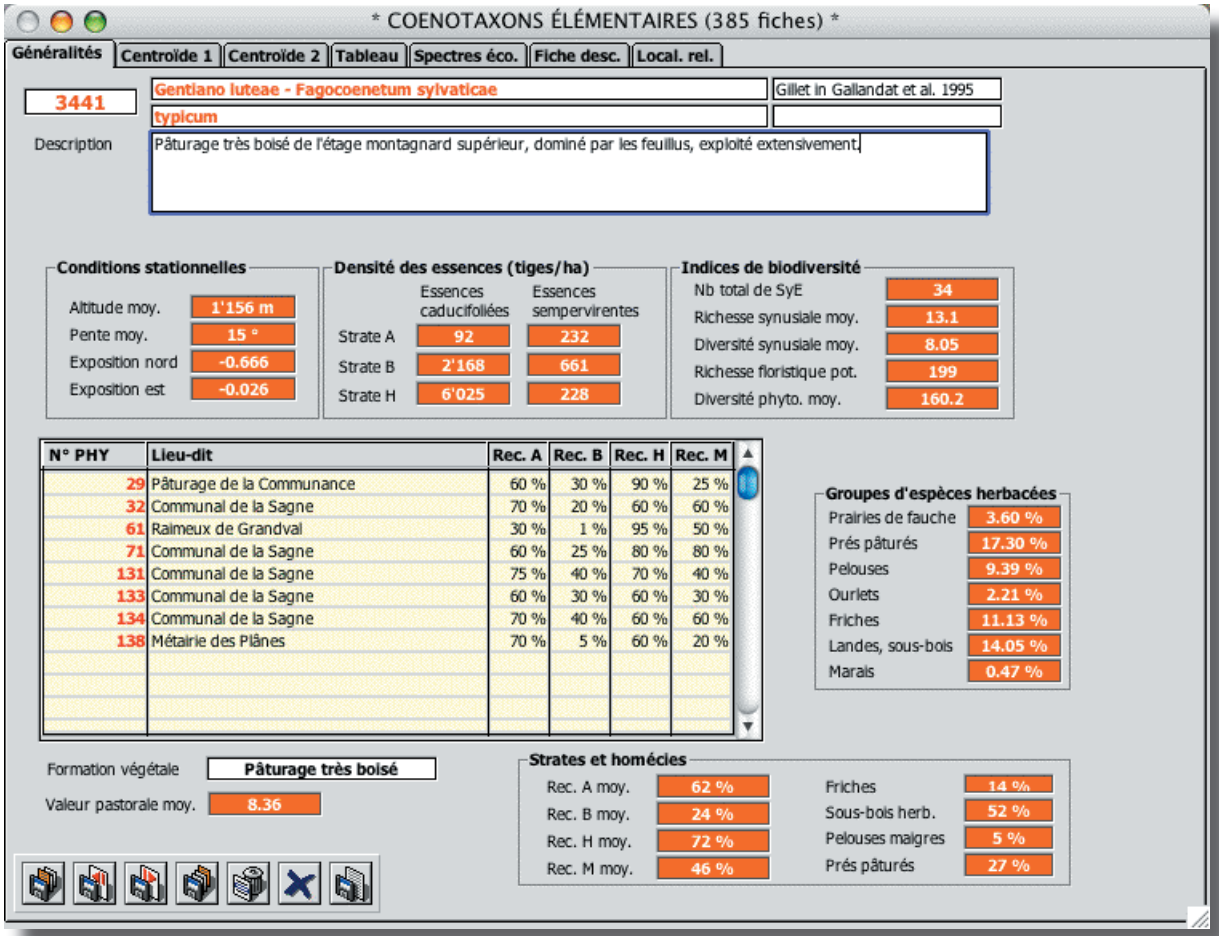
Les types de phytocénoses (cœnotaxons élémentaires) sont répertoriés dans la table [COENOTAXON]. La présentation des formulaires et la procédure de saisie des données rappellent celles des syntaxons élémentaires.

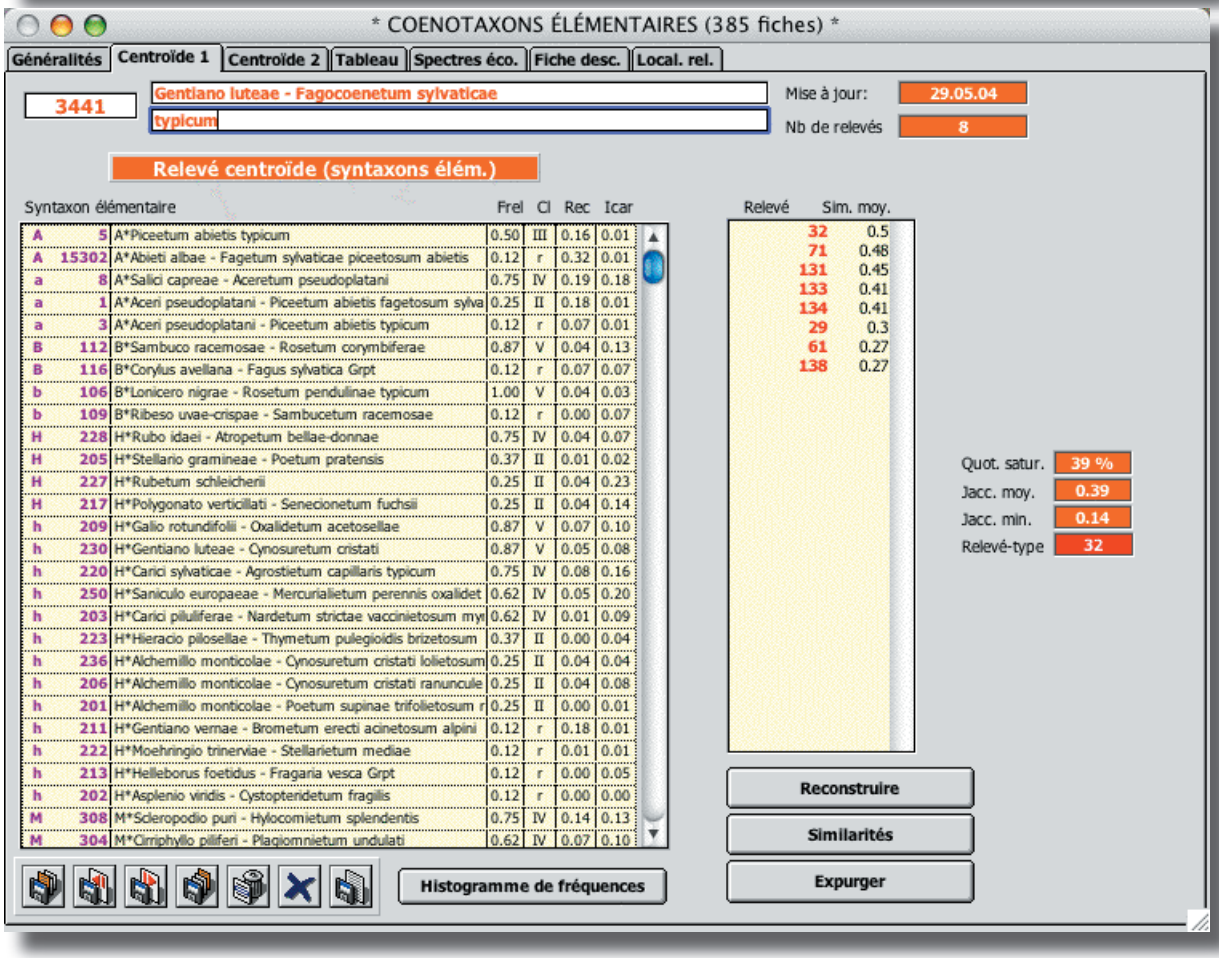
La première page du formulaire détaillé (copie d'écran page suivante, en haut) contient les **renseignements généraux** et la liste des phytocénoses liées au cœnotaxon.

Les champs saisissables sont, dans l'ordre de saisie : le code (entier long) du cœnotaxon élémentaire (CoeE), le nom de la cœnassociation, l'auteur de la cœnassociation, le nom de la sous-cœnassociation, l'auteur de la sous-cœnassociation, une description sommaire et le type de formation végétale (selon une liste énumérative modifiable).

Les champs non saisissables (sur fond orange) sont des moyennes calculées à partir des relevés phytocénotiques. Ils concernent les conditions stationnelles, la densité des essences dans les différentes strates, les indices de biodiversité, la valeur pastorale, ainsi que les recouvrements des groupes socio-écologiques d'espèces herbacées, des strates et des homécies.

La deuxième page (onglet *Centroïde 1*) concerne le **relevé centroïde** du cœnotaxon élémentaire, qui contient la liste de tous les syntaxons élémentaires arborescents, arbustifs, herbacés et muscinaux relevés dans les phytocénoses de ce type (copie d'écran page suivante, en bas). Pour chaque SyE la liste présente la sous-strate, le code, le nom, la fréquence relative, la classe de fréquence, le recouvrement moyen et l'indice de caractérisation. Le relevé centroïde peut être reconstruit à l'aide du bouton *Reconstruire*. L'histogramme de fréquences de


* COENOTAXONS ÉLÉMENTAIRES (385 fiches) *
Généralités
Centroïde 1
Centroïde 2
Tableau
Spectres éco.
Fiche desc.
Local. rel.
3441
Gentiano luteae - Fagocoenetum sylvaticae
typicum
Gillet in Gallandat et al. 1995
Description
Pâturage très boisé de l'étage montagnard supérieur, dominé par les feuillus, exploité extensivement.
Conditions stationnelles
Altitude moy. 1'156 m
Pente moy. 15 °
Exposition nord -0.666
Exposition est -0.026
Densité des essences (tiges/ha)
Essences caducifoliées
Essences sempervirentes
Strate A 92 232
Strate B 2'168 661
Strate H 6'025 228
Indices de biodiversité
Nb total de SyE 34
Richesse synusiale moy. 13.1
Diversité synusiale moy. 8.05
Richesse floristique pot. 199
Diversité phyto. moy. 160.2
N° PHY | Lieu-dit | Rec. A | Rec. B | Rec. H | Rec. M
29 Pâturage de la Communance 60 % 30 % 90 % 25 %
32 Communal de la Sagne 70 % 20 % 60 % 60 %
61 Raimeux de Grandval 30 % 1 % 95 % 50 %
71 Communal de la Sagne 60 % 25 % 80 % 80 %
131 Communal de la Sagne 75 % 40 % 70 % 40 %
133 Communal de la Sagne 60 % 30 % 60 % 30 %
134 Communal de la Sagne 70 % 40 % 60 % 60 %
138 Métairie des Plânes 70 % 5 % 60 % 20 %
Groupes d'espèces herbacées
Prairies de fauche 3.60 %
Prés pâturés 17.30 %
Pelouses 9.39 %
Ourlets 2.21 %
Friches 11.13 %
Landes, sous-bois 14.05 %
Marais 0.47 %
Formation végétale Pâturage très boisé
Valeur pastorale moy. 8.36
Strates et homécies
Rec. A moy. 62 %
Rec. B moy. 24 %
Rec. H moy. 72 %
Rec. M moy. 46 %
Friches 14 %
Sous-bois herb. 52 %
Pelouses maigres 5 %
Prés pâturés 27 %


* COENOTAXONS ÉLÉMENTAIRES (385 fiches) *
Généralités
Centroïde 1
Centroïde 2
Tableau
Spectres éco.
Fiche desc.
Local. rel.
3441
Gentiano luteae - Fagocoenetum sylvaticae
typicum
Mise à jour: 29.05.04
Nb de relevés 8
Relevé centroïde (syntaxons élém.)
Syntaxon élémentaire | Frel | Cl | Rec | Icar
A 5 A*Piceetum abietis typicum 0.50 III 0.16 0.01
A 15302 A*Abieti albae - Fagetum sylvaticae piceetosum abietis 0.12 r 0.32 0.01
a 8 A*Salici capreae - Aceretum pseudoplatani 0.75 IV 0.19 0.18
a 1 A*Aceri pseudoplatani - Piceetum abietis fagetosum sylva 0.25 II 0.18 0.01
a 3 A*Aceri pseudoplatani - Piceetum abietis typicum 0.12 r 0.07 0.01
B 112 B*Sambuco racemosae - Rosetum corymbiferae 0.87 V 0.04 0.13
B 116 B*Corylus avellana - Fagus sylvatica Grpt 0.12 r 0.07 0.07
b 106 B*Lonicero nigrae - Rosetum pendulinae typicum 1.00 V 0.04 0.03
b 109 B*Ribeso uvae-crispae - Sambucetum racemosae 0.12 r 0.00 0.07
H 228 H*Rubo idaei - Atropetum bellae-donnae 0.75 IV 0.04 0.07
H 205 H*Stellario gramineae - Poetum pratensis 0.37 II 0.01 0.02
H 227 H*Rubetum schleicherii 0.25 II 0.04 0.23
H 217 H*Polygonato verticillati - Senecionetum fuchsii 0.25 II 0.04 0.14
h 209 H*Gallio rotundifolii - Oxalidetum acetosellae 0.87 V 0.07 0.10
h 230 H*Gentiano luteae - Cynosuretum cristati 0.87 V 0.05 0.08
h 220 H*Carici sylvaticae - Agrostietum capillaris typicum 0.75 IV 0.08 0.16
h 250 H*Saniculo europaeae - Mercurialietum perennis oxalidet 0.62 IV 0.05 0.20
h 203 H*Carici pilulliferae - Nardetum strictae vaccinietosum myr 0.62 IV 0.01 0.09
h 223 H*Hieracio pilosellae - Thymetum pulegioidis brizetosum 0.37 II 0.00 0.04
h 236 H*Alchemillo monticolae - Cynosuretum cristati lolietosum 0.25 II 0.04 0.04
h 206 H*Alchemillo monticolae - Cynosuretum cristati ranunculo 0.25 II 0.04 0.08
h 201 H*Alchemillo monticolae - Poetum supinae trifolietosum r 0.25 II 0.00 0.01
h 211 H*Gentiano vernae - Brometum erecti acinetosum alpini 0.12 r 0.18 0.01
h 222 H*Moehringio trinerviae - Stellarietum mediae 0.12 r 0.01 0.01
h 213 H*Helleborus foetidus - Fragaria vesca Grpt 0.12 r 0.00 0.05
h 202 H*Asplenio viridis - Cystopteridetum fragilis 0.12 r 0.00 0.00
M 308 M*Scleropodio puri - Hylocomietum splendentis 0.75 IV 0.14 0.13
M 304 M*Cirriphyllo piliferi - Plagiomnietum undulati 0.62 IV 0.07 0.10
Histogramme de fréquences
Relevé | Sim. moy.
32 0.5
71 0.48
131 0.45
133 0.41
134 0.41
29 0.3
61 0.27
138 0.27
Quot. satur. 39 %
Jacc. moy. 0.39
Jacc. min. 0.14
Relevé-type 32
Reconstruire
Similarités
Expurger

Raunkiaer est affiché sur demande (bouton *Histogramme de fréquences*).

Le bouton *Similarités* déclenche le calcul des indices de similarité de Jaccard pour chaque paire de relevés phytocénotiques. Une liste des relevés s'affiche alors, classée par ordre décroissant de leur similarité moyenne (indice de Jaccard moyen de chaque relevé avec l'ensemble des autres). L'indice de Jaccard minimum (obtenu pour les deux relevés les plus dissemblables) ne doit pas être inférieur à 0.1 dans le cas général. Dans le cas contraire, il convient de cliquer sur le bouton *Expurger* pour attribuer le dernier relevé de la liste (le relevé présentant la valeur de similarité moyenne la plus faible) à un cœnotaxon indéterminé (par défaut 1000), tout en conservant le rattachement au cœnotaxon élémentaire courant. L'opération sera répétée jusqu'à ce que la valeur-seuil de 0.1 soit atteinte pour l'indice de Jaccard minimum.

La troisième page (*Centroïde 2*) permet de construire un relevé centroïde à partir des alliances synusiales représentées dans les relevés phytocénotiques, au lieu d'utiliser les syntaxons élémentaires. Les relevés centroïdes des alliances sont utiles pour les comparaisons à grande échelle et pour l'élaboration d'une classification hiérarchique des cœnotaxons (une classification provisoire en cœnalliances, cœnordres et cœnoclasses est intégrée à *Phytobase*, à titre expérimental !).

La quatrième page permet de construire et d'exporter un tableau phytosociologique détaillé du cœnotaxon élémentaire.

La cinquième page du formulaire renferme le **spectre biologique** et le **spectre dynamique des essences** (copie d'écran ci-dessous). Le premier synthétise les recouvrements moyens dans les phytocénoses des types biologiques de RAUNKIAER (modifiés par JULVE, 1998), toutes strates confondues. Le deuxième représente les proportions moyennes des stades de développement des essences forestiè-

res classées selon leur stratégie dans les strates herbacée (H), arbustive (B) et arborescente (A).

Les sixième et septième pages contiennent respectivement la fiche descriptive du cœnotaxon et la localisation des relevés, exportables au format RTF.

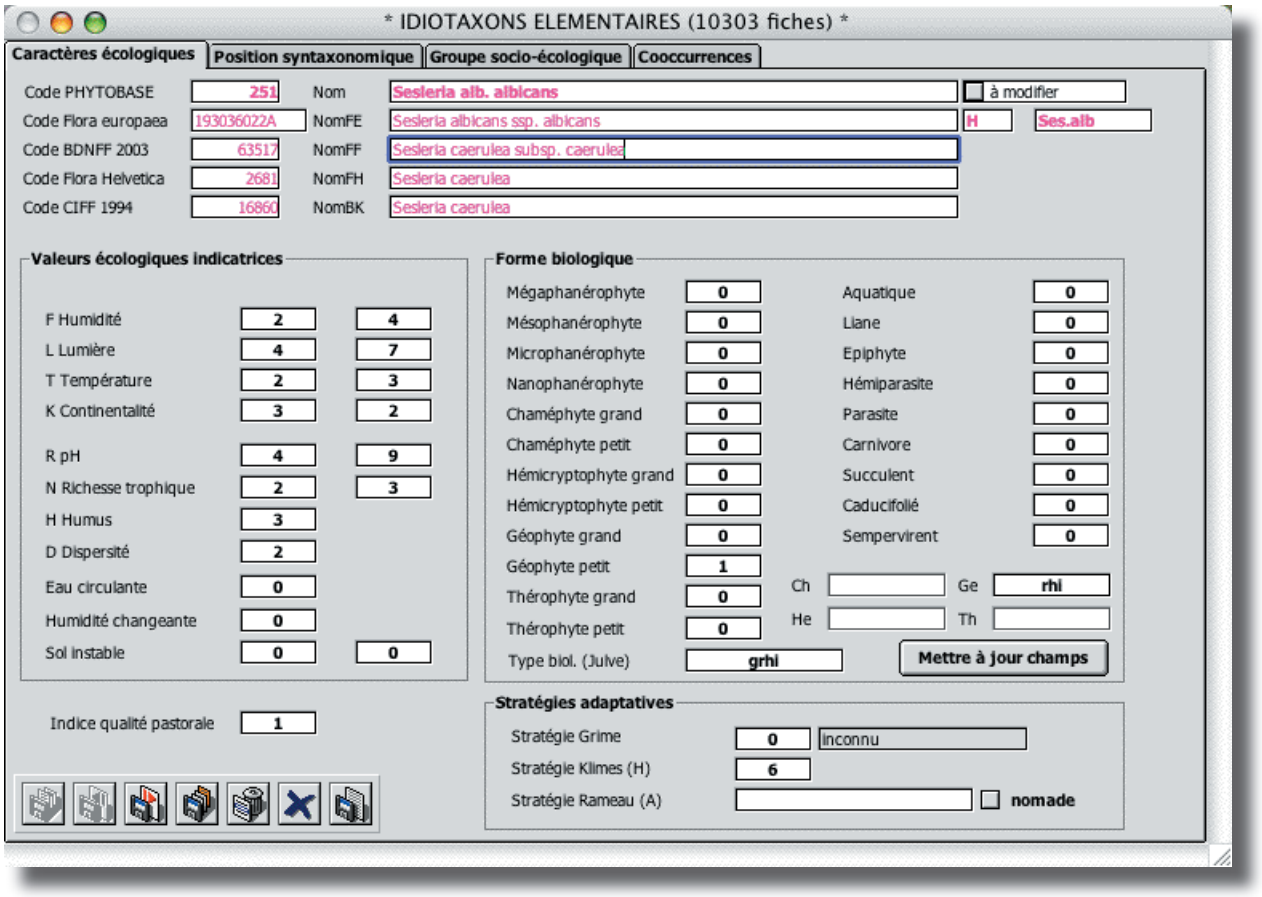
Teselas et sigmataxons

Les niveaux d'organisation supérieurs à la phytocénose sont prévus dans *Phytobase* mais encore peu utilisés jusqu'à aujourd'hui. L'organisation logique des tables correspond à celle des niveaux inférieurs (synusie et phytocénose).

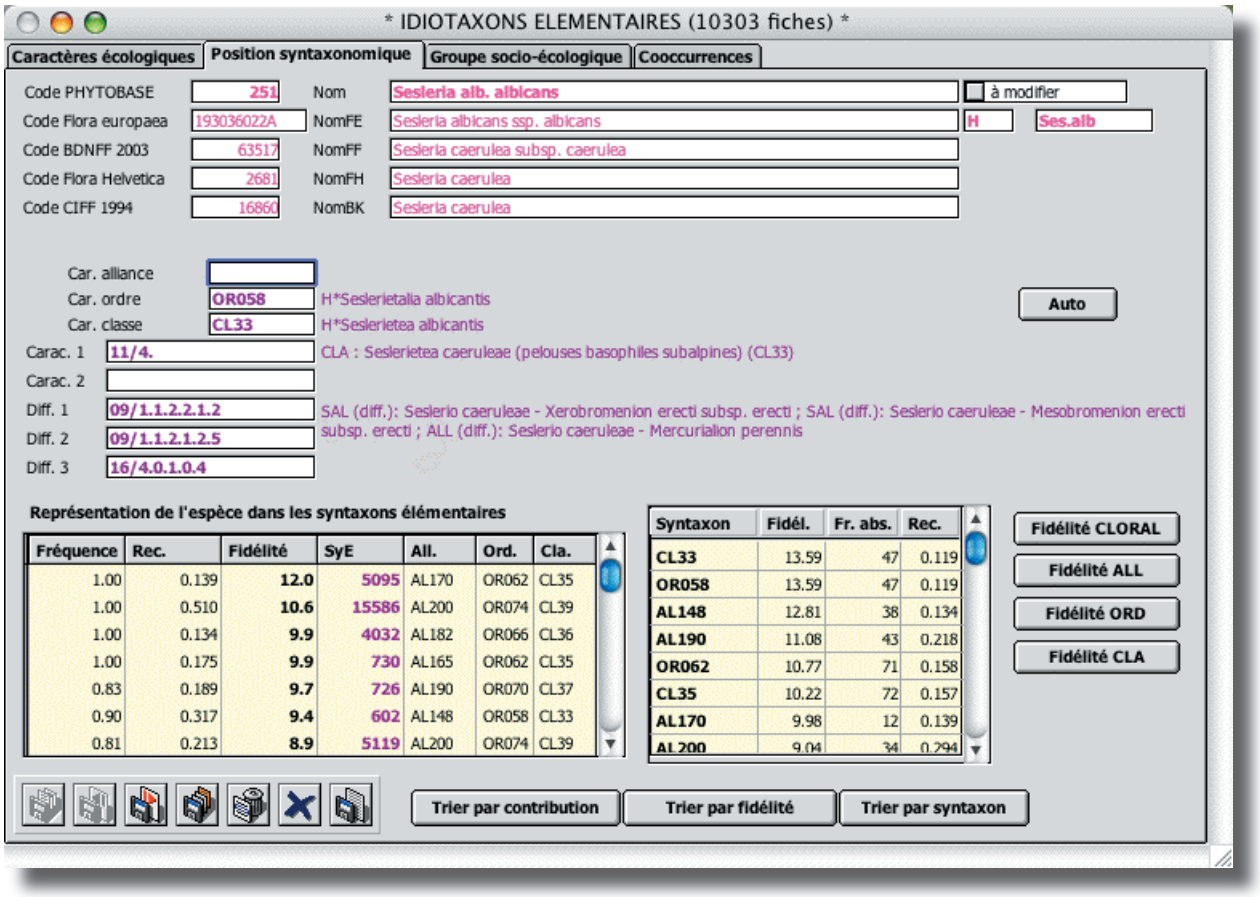
Les catalogues de référence

Plusieurs tables contiennent les catalogues de référence des espèces ([IDIOTAXON] pour les Spermaphytes, Ptéridophytes, Bryophytes et quelques Lichens), et des unités phytosociologiques ([ALLIANCE], [ORDRE] et [CLASSE]. Ils sont accessibles par le menu *Catalogues* du process principal.

Les catalogues des espèces se réfèrent pour la nomenclature à la première édition de *Flora Europæa* (Tutin *et al.*, 1964-1980) pour les Spermaphytes et Ptéridophytes, ou à Corley *et al.* (1981) et Grolle (1983) pour les Bryophytes. Les indications sur les valeurs écologiques sont tirées de Landolt (1977) et Ellenberg *et al.* (1991), celles sur les types biologiques et l'appartenance phytosociologique (caractéristiques et différentielles syntaxonomiques) de Julve (1993), Julve *et al.* (1997) et Julve (2003). Ces différents indices apparaissent dans la première page du formulaire détaillé de la table [IDIOTAXON] (copie d'écran ci-dessous). Sont également consignés les codes de référence et les noms détaillés selon



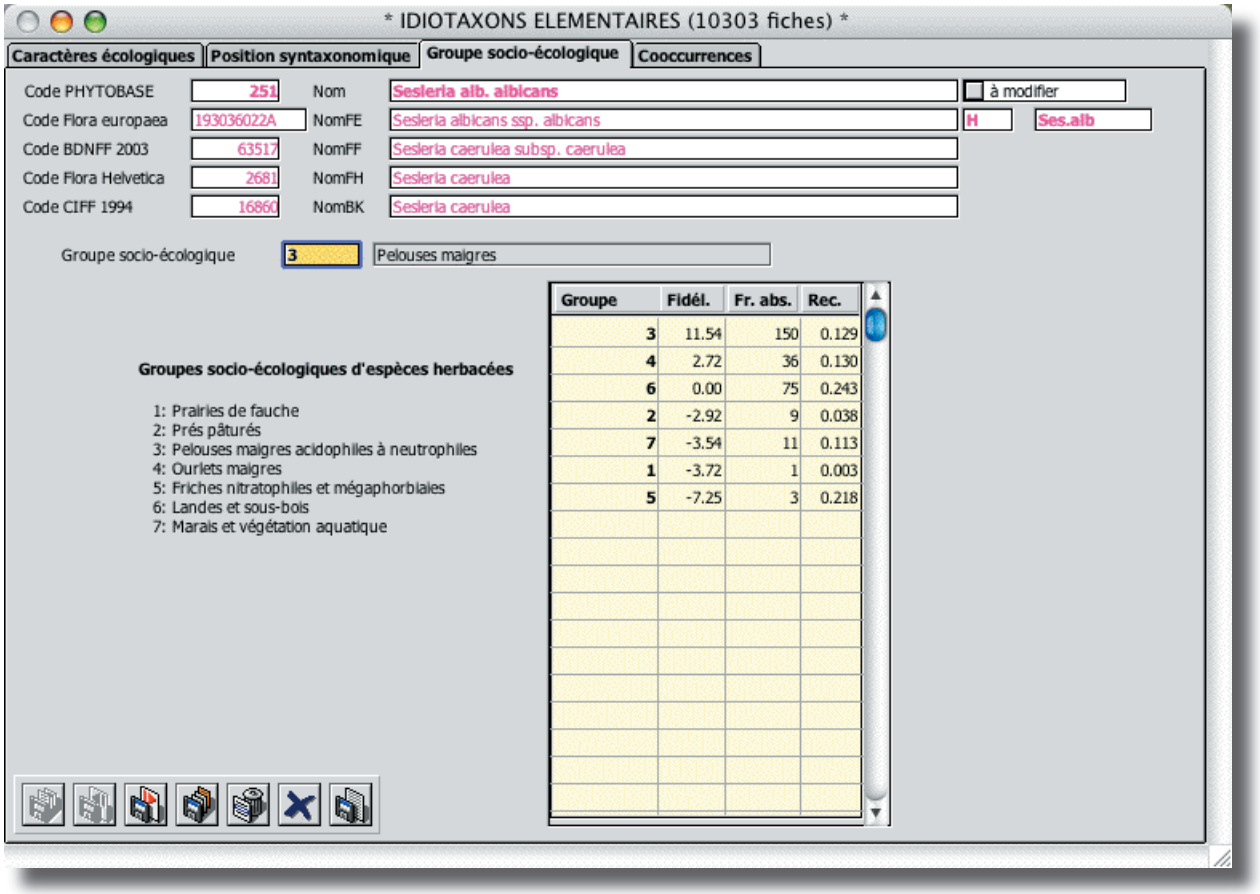
Flora Europaea, *Flora Helvetica* (LAUBER & WAGNER, 2000) et la *Banque de Données Nomenclaturale de la Flore de France* BDNFF (BOCK, 2003). Le catalogue floristique intègre des indications sur la valeur pastorale (indice de qualité pastorale des taxons herbacés,) et les stratégies adaptatives selon le système C-S-R de GRIME ou de RAMEAU (essences arborescentes)



La deuxième page du formulaire détaillé de la table [IDIOTAXON] présente une statistique sur la présence de l'espèce dans les différents syntaxons élémentaires de la base (copie d'écran ci-dessus). Les valeurs de fidélité *u* de cette espèce pour les différentes alliances, ordres ou classes auxquels sont rattachés les syntaxons élémentaires dans lesquels elle est présente sont affichées dans la liste de droite et permettent d'évaluer ainsi la validité de son **statut syntaxonomique**. Sur cette page est également consignée l'indication caractéristique et différentielle du taxon dans le référentiel syntaxonomique de JULVE, CATMINAT (*Baseflor* 2003).

La troisième page du formulaire des idiotaxons (copie d'écran page suivante) fournit la liste des **groupes socio-écologiques** d'écophènes herbacés dans lesquels chaque espèce est présente, avec l'indication de sa fidélité selon la mesure *u*. Un code chiffré saisissable permet de définir le groupe d'appartenance de l'idiotaxon à partir des indications fournies par la liste ou/et par le statut syntaxonomique. Les idiotaxons arborescents, abustifs et muscinaux se voient attribuer le code 0.

Les **alliances**, **ordres** et **classes** sont hiérarchisés grâce à des liens entre les trois tables correspondantes. Une liste des espèces caractéristiques de chaque unité syntaxonomique est consultable dans le formulaire détaillé des tables [ALLIANCE], [ORDRE] et [CLASSE], à partir du menu *Catalogues* du process principal. Ce formulaire contient également la liste des espèces présentes dans chaque syntaxon avec leur mesure de fidélité correspondante.



Le catalogue **CATMINAT** contient, dans une seule table, les différents niveaux hiérarchiques de la classification de Julve (*Baseflor* 2003, végétation de plantes vasculaires uniquement). Le code alphanumérique de chaque syntaxon représente sa situation dans la hiérarchie.

Fonctions d'importation et d'exportation

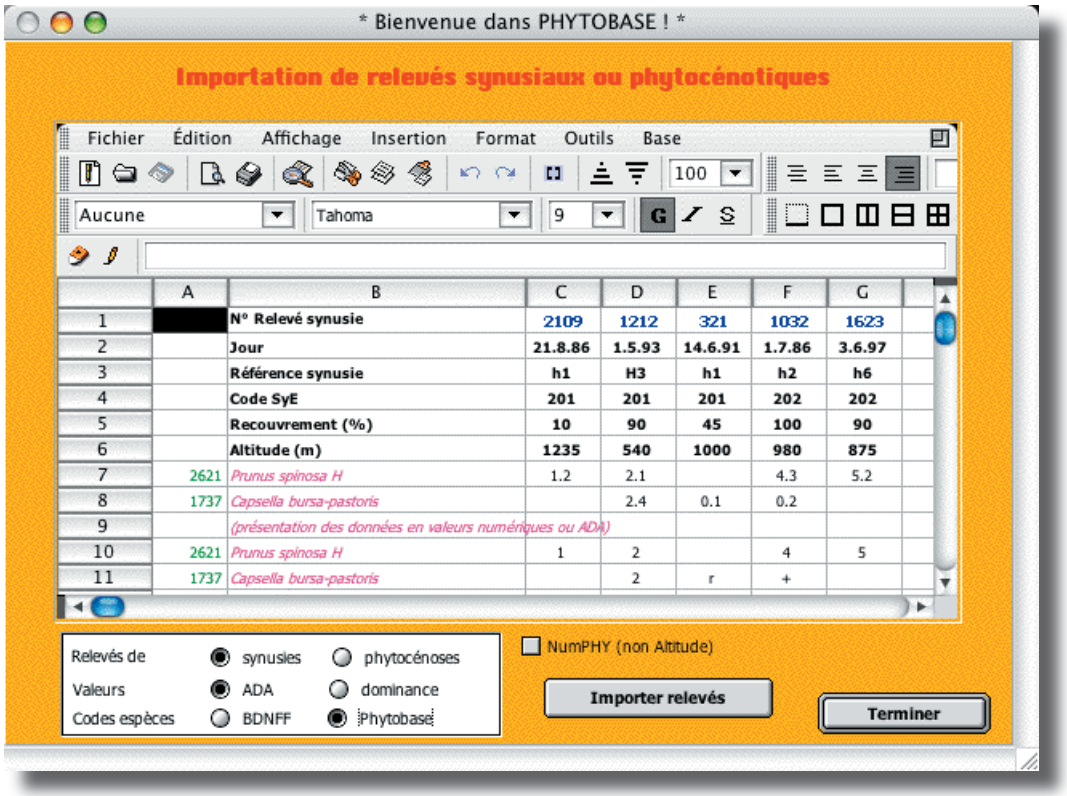
Dans le but de permettre et de faciliter l'échange des données (DICs et DSEs) avec d'autres logiciels, *Phytobase* intègre de nombreuses fonctions d'importation et d'exportation. Nous avons déjà évoqué un certain nombre d'entre elles lors de la présentation des formulaires détaillés des syntaxons et des cœnotaxons (possibilités d'exportation de tableaux phytosociologiques, graphiques, fiches descriptives, etc.).

Le menu *Import-Export* du process principal peut être utilisé pour importer des relevés phytosociologiques dans *Phytobase*. Trois possibilités d'importation sont proposées :

Importer tableau

Cette option ouvre une fenêtre de dialogue (copie d'écran page suivante) incluant une zone *4D View* qui permet d'importer des relevés synusiaux ou phytocénotiques à partir d'un tableau phytosociologique au format texte tabulé, en provenance d'*Excel* par exemple. Des boutons radio permettent de spécifier le type de données à importer : relevés de phytocénoses ou de synusies, indices

quantitatifs d'abondance-dominance-agrégation (ADA) ou codes de dominance de Braun-Blanquet (un seul caractère), nomenclature et codes des espèces selon Phytobase ou selon BDNFF. Un modèle de tableau apparaît dans la zone du tableur avec des instructions selon les options choisies. Le tableau à importer peut être ouvert en utilisant le menu *Fichier* du tableur (article *Ouvrir*, format *Tab-Tab-Retour*) ou simplement être copié-collé à partir d'une autre application comme *Excel*. Après avoir été éventuellement modifié dans la zone *4D View* pour respecter l'agencement imposé, le tableau est importé en cliquant sur le bouton *Importer relevés*. Les enregistrements sont alors créés dans *Phytobase* à partir des données du tableau. Dans le cas où l'ADA est utilisée pour l'importation, les indices de dominance et d'agrégation sont reconstitués dans les relevés importés.



	A	B	C	D	E	F	G
1		N° Relevé synusie	2109	1212	321	1032	1623
2		Jour	21.8.86	1.5.93	14.6.91	1.7.86	3.6.97
3		Référence synusie	h1	H3	h1	h2	h6
4		Code SyE	201	201	201	202	202
5		Recouvrement (%)	10	90	45	100	90
6		Altitude (m)	1235	540	1000	980	875
7	2621	*Prunus spinosa H*	1.2	2.1		4.3	5.2
8	1737	*Capsella bursa-pastoris*		2.4	0.1	0.2	
9		*(présentation des données en valeurs numériques ou ADA)*					
10	2621	*Prunus spinosa H*	1	2		4	5
11	1737	*Capsella bursa-pastoris*		2	r	+	

Importer relevés

Cette option permet d'importer des relevés phytosociologiques en provenance d'une base de données compatible avec *Phytobase*, à partir de la procédure *Exporter relevés*. Seuls les champs principaux sont importés.

Importer données

Cette option permet d'importer des enregistrements de n'importe quelle table en provenance d'un fichier de données partageant la même structure *Phytobase 7*. Tous les champs sont importés, à l'exception des champs de type image et sous-structure.

☞ *Dans les trois cas, il convient de s'assurer au préalable que les numéros des relevés à importer ne sont pas déjà utilisés dans les tables correspondantes.*

Exportation des données

Le menu *Import-Export* du process principal peut aussi être utilisé pour exporter des relevés phytosociologiques à partir de *Phytobase*. Trois possibilités d'exportation sont proposées, qui correspondent aux trois procédures d'importation précédemment décrites.

En outre, la plupart des formulaires liste sont munis de boutons *Exporter* qui permettent d'exporter dans un tableau avec en-têtes les enregistrements de la sélection courante, en proposant un choix personnalisé des champs, incluant les champs des tables liées dynamiquement à la table courante par des liens automatiques. La liste complète des champs pour chaque table est donnée en Annexe 1. Ceci apporte une souplesse supplémentaire par rapport aux possibilités limitées du dialogue standard d'exportation accessible en *Mode Utilisation*.

Mise à jour des classifications

Pour mettre à jour rapidement la classification des relevés synusiaux ou phytocénotiques (réattribution des codes de syntaxons ou de cœnotaxons élémentaires) à la suite d'une typologie réalisée en dehors de *Phytobase*, il suffit de choisir l'article *Nouvelle classification* du menu *Import-Export*. Un tableau (format texte tabulé, chaque ligne se terminant par un retour chariot) à trois colonnes aura préalablement été préparé contenant : le numéro du relevé (colonne 1), le code du SyE ou du CoeE pour l'attribution (colonne 2), le code du SyE ou du CoeE pour le rattachement (colonne 3). Après ouverture du fichier, les relevés seront mis à jour selon cette nouvelle classification et de nouvelles fiches de SyE ou de CoeE seront créées en cas de besoin. Il suffira ensuite de reconstruire les relevés centroïdes et de mettre à jour les calculs.

Tableaux phytosociologiques

L'article *Tableau de relevés* du menu *Import-Export* ouvre une fenêtre pour la construction de tableaux phytosociologiques (copie d'écran page précédente). De nombreuses options peuvent être combinées pour le choix des colonnes (relevés synusiaux, relevés phytocénotiques, relevés centroïdes de SyE et de CoeE, etc.), des lignes (espèces selon différentes nomenclatures, alliances, classes, SyE, etc.) et des données (codes alphanumériques, recouvrements, etc.). Une fois construit, le tableau peut être trié et exporté en format texte tabulé.

Gestion des données

Même si de nombreux contrôles automatiques sont prévus pour faciliter la saisie, l'importation et la mise à jour des données dans *Phytobase*, sa structure hiérarchique complexe impose d'organiser les opérations dans un ordre bien précis.

Par exemple, la simple modification du code de dominance d'une espèce dans un relevé synusial aura des répercussions en cascade sur l'ensemble de la construction, mais qui ne sont pas automatisées ! Après cette modification, il importe de mettre à jour les calculs pour ce relevé synusial, de reconstruire le relevé centroïde du syntaxon élémentaire auquel il est attribué, de mettre à jour les calculs pour ce syntaxon, ainsi que pour toutes les phytocénoses dans lesquelles il apparaît, avant de faire de même pour les cœnotaxons auxquels ces phytocénoses sont attribuées, sans oublier de mettre à jour les indices de caractérisation et de fidélité des espèces...

Pour aider à la mise à jour des données, des coches signalent dans les formulaires en liste les enregistrements qui ont été modifiés ou qui ont besoin d'être mis à jour. La cohérence de la base nécessite de toujours respecter l'ordre hiérarchique dans les modifications :

SYNUSIE → SYNTAXON → PHYTOCENOSE → COENOTAXON → ...

Par souci d'efficacité, il est souhaitable de regrouper les modifications à apporter à un niveau donné avant de passer au niveau directement supérieur.

L'organigramme de l'encadré 5 résume l'enchaînement des tâches requis pour la gestion des données dans *Phytobase*.

Références bibliographiques

BOCK B., 2003. Banque de Données Nomenclaturales de la Flore de France - Version 3, septembre 2003. http://www.tela-botanica.org/

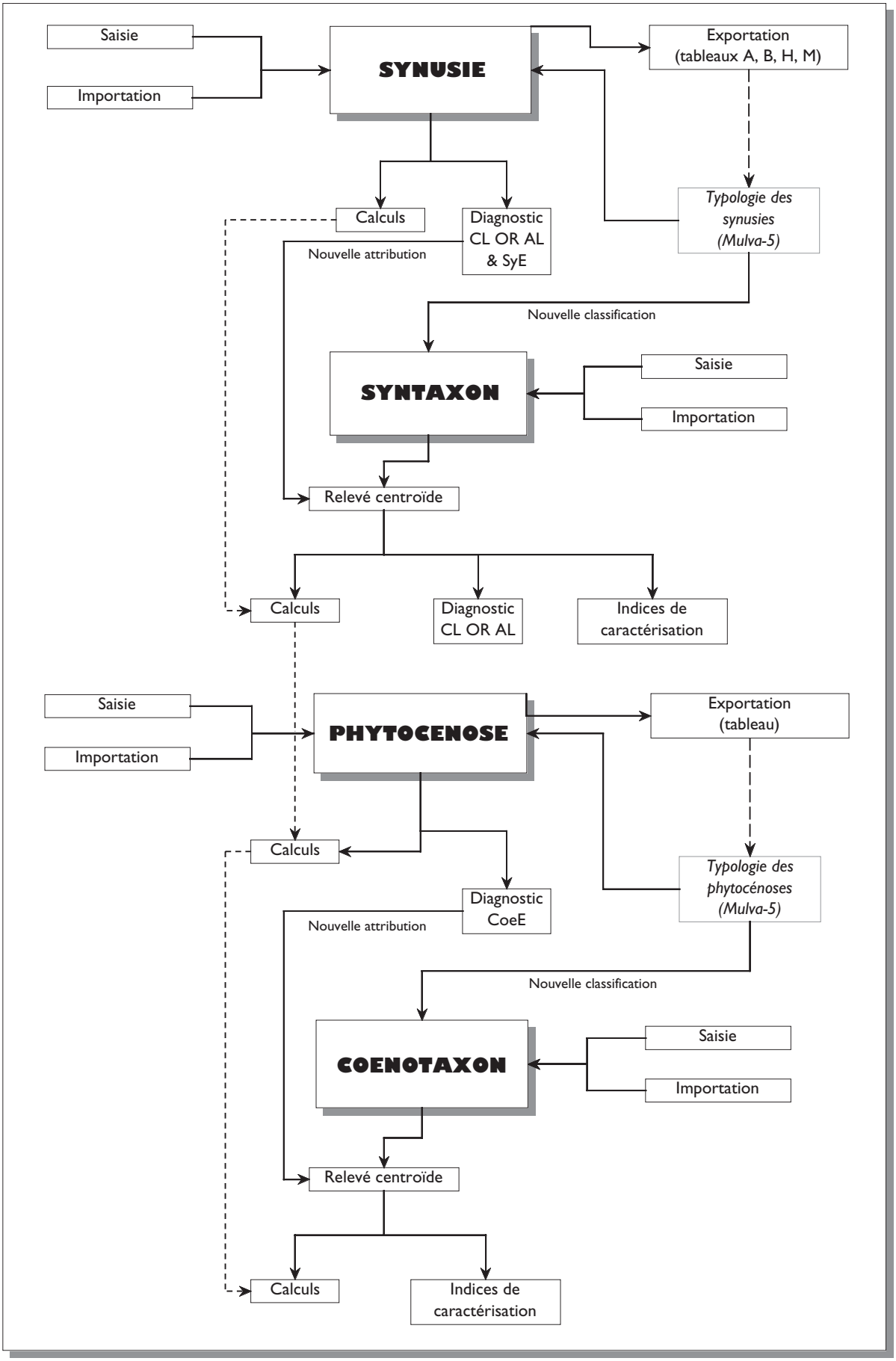
BOUCHÉ M. 1990. *Écologie opérationnelle assistée par ordinateur.* Masson, Paris.

BRUELHEIDE H. 2000. A new measure of fidelity and its application to defining species groups. *Journal of Vegetation Science, 11*: 167-178.

CORLEY M.F.V., CRUNDWELL A.C., DÜLL R., HILL O., & SMITH A.J.E. 1981. Mosses of Europe and the Azores: an annotated list of species, with synonyms from the recent literature. *J. Bryol., 11*: 609-689.

ELLENBERG H., WEBER H.E., DÜLL R., WIRTH V., WERNER W. & PAULISSEN D. 1991. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobot., 18.*

Encadré 5 : Organigramme de la gestion des données dans *Phytobase*



GALLANDAT J.-D., GILLET F., HAVLICEK E. & PERRENOUD A. 1995. *Typologie et systémique phyto-écologiques des pâturages boisés du Jura suisse*. Rapport PATUBOIS. 3 vol, 4 annexes, 1 CD-ROM.

GILLET F. 1993. Guide d'utilisation de Patubase 3, base de données phyto-écologiques. *Documents du Laboratoire d'écologie végétale,* Université de Neuchâtel.

GILLET F. 1998. Guide d'utilisation de Patubase 4, base de données phyto-écologiques. *Documents du Laboratoire d'écologie végétale,* Université de Neuchâtel.

GILLET F. 2000. Guide méthodologique de la phytosociologie synusiale intégrée. *Documents du Laboratoire d'écologie végétale,* Université de Neuchâtel.

GILLET F., BESSON O. & GOBAT J.M. (2002) PATUMOD: a compartment model of vegetation dynamics in wooded pastures. *Ecological Modelling, 187, 3*: 267-290.

GILLET F., DE FOUCAULT B. & JULVE, P. 1991. La phytosociologie synusiale intégrée : objets et concepts. *Candollea, 46*: 315-340.

GROLLE R. 1983. Hepatics of Europe including the Azores: an annotated list of species, with synonyms from the recent literature. *J. Bryol., 12*: 403-459.

JULVE P. 1993. Synopsis phytosociologique de la France (communautés de plantes vasculaires). *Lejeunia, N.S. 140*: 1-160.

JULVE P. 1998. Types biologiques et leurs divisions utilisables en phytosociologie synusiale. http://perso.wanadoo.fr/philippe.julve/SYNUSIA.htm#types

JULVE P. 2003. Baseflor : Index botanique, écologique et chorologique de la flore de France - Baseveg : Répertoire synonymique des groupements végétaux de France. http://perso.wanadoo.fr/philippe.julve/catminat.htm et http://www.tela-botanica.org/

JULVE P., DE FOUCAULT B. & GILLET F. 1997. Classification synusiale de la végétation de la France et de la Suisse. *Documents du Laboratoire d'écologie végétale,* Université de Neuchâtel.

LANDOLT E. 1977. Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. *Veröff. geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, 64*: 1-208.

LAUBER K. & WAGNER G. 2000. *Flora Helvetica - Flore illustrée de la Suissse*. Haupt, Bern.

LEGENDRE, P. & LEGENDRE, L., 1998. *Numerical Ecology*. 2nd English Edition. Elsevier, Amsterdam.

TUTIN T.G. *et al.* 1964-1980. *Flora Europaea*. Vols 1-5. Cambridge University Press, Cambridge.