

INTRODUCTION A UNE ÉPISTÉMOLOGIE DE L'INVARIANCE APPLICATIONS A LA BOTANIQUE ET A LA PHYTOSOCIOLOGIE

par Bruno DE FOUCAULT

Résumé. — On montre comment le concept très simple d'invariance par un groupe de transformations permet de rapprocher des notions aussi diverses que symétrie, taxonomie, objectivité, prévision, achèvement, structuralisme. On insiste particulièrement sur ce dernier point évoquant les structures en mathématiques, en sciences humaines et, surtout, en botanique (formes biologiques, éléments phytogéographiques, convergences) et en phytosociologie (formations végétales, structures systématiques, statistiques, topographiques, dynamiques, physiographiques).

Summary. — We show how the very simple concept of invariance by a group of transformations allows to bring together some notions as diverse as symmetry, taxonomy, objectivity, prediction, completion, structuralisme. We insist particularly on the latter, calling up structures in mathematics, human science, botany (biologic forms, phytogeographic elements, convergence) and phytosociology (vegetal formations, systematic, static, topographic, dynamic, physiographic structures).

Mots-clés : Invariance par un groupe de transformations, symétrie, taxonomie, système, structuralisme.

L'objet du présent article est le résultat de réflexions menées depuis plusieurs années, et dont une partie s'est concrétisée dans quelques chapitres d'une thèse d'Etat récemment soutenue (B. DE FOUCAULT 1984), l'autre partie étant inédite et réservée à des publications ultérieures plus élaborées. Ce que je veux y mettre en évidence, c'est la portée épistémologique fondamentale d'un concept très simple, l'invariance par un groupe de transformations, que j'illustrerai à l'aide d'exemples concrets empruntés aux mathématiques, aux Sciences humaines et naturellement aux Sciences biologiques.

Nous verrons que divers concepts, usuellement utilisés par les scientifiques de toutes disciplines, se ramènent simplement à celui-ci.

I. - L'INVARIANCE PAR UN GROUPE DE TRANSFORMATIONS.

C'est une notion très simple qui se cache sous une étiquette apparemment obscure. Etant donnés deux objets A et B, on peut concevoir réellement ou virtuellement (c'est-à-dire par la pensée) une transformation t qui change A en B :

$$A \xrightarrow{t} B = t(A)$$

L'essentiel est de remarquer que, si la transformation t n'est pas trop intense, les objets A et B auront des éléments communs ; il restera en B des éléments de A qui seront donc communs à A et B . Ces éléments n'auront pas changé, pas varié, lors de la transformation : on dira qu'ils constituent globalement un invariant par cette transformation. Cet invariant I vérifie l'équation qualitative :

$$t(I) = I$$

Voilà donc exposée l'idée essentielle. Je n'insisterai par contre pas sur la notion de groupe, ici secondaire. Signalons simplement qu'elle est prise au sens mathématique du terme, un groupe étant un ensemble d'éléments muni d'une opération satisfaisant à certaines propriétés.

II. - PREMIERES APPLICATIONS.

Quelques exemples vont permettre d'illustrer dès maintenant cette idée.

1. - Notions de symétrie.

Considérons une figure géométrique simple comme un cercle de centre O et un point M_1 de ce cercle. Par une rotation, je peux transformer ce point M_1 en un point M_2 , qui appartient encore au cercle. Plus généralement, par la même rotation, je peux transformer tous les points du cercle en d'autres points qui appartiennent encore au cercle. Ce cercle est donc un invariant par la transformation que constitue cette rotation. C'est pour cela qu'il possède une certaine symétrie, caractérisée par cette transformation ; il y en a évidemment une infinité d'autres.

Nous obtenons ainsi la définition la plus précise de la symétrie : on qualifiera de symétrique, une figure invariante par un groupe de transformations. Ajoutons rapidement, sans insister, que la physique moderne a généralisé ce concept de symétrie, en l'appliquant aux lois physiques et non plus aux figures. Une loi admet une certaine symétrie si sa forme est invariante par un certain groupe de transformations. Par là, on rejoint la théorie de la relativité d'EINSTEIN.

2. - La taxonomie.

La taxonomie peut être définie comme la science de la classification des objets, des formes, des êtres, pas seulement des êtres vivants. Son but essentiel finalement, est de réunir au sein de catégories homogènes, de classes, des individus qui se ressemblent plus entre eux qu'ils ne ressemblent aux autres. Deux formes concrètes appartiendront à la même catégorie si elles possèdent des caractères communs. En d'autres termes, ces caractères communs sont des invariants dans le passage d'une forme à l'autre de la même catégorie (ici, la transformation est virtuelle). En définitive, la taxonomie est la définition de catégories caractérisées par des invariants morphologiques à travers des transformations virtuelles.

Il n'est pas nécessaire d'insister longtemps sur l'application immédiate à la botanique : deux plantes appartiennent à la même espèce, ou unité systématique supérieure, parce qu'elles possèdent des caractères communs, invariants dans le passage de l'une à l'autre. En phytosociologie, la combinaison floristique originale d'un groupement végétal est un invariant à travers les individus d'association de ce groupement.

3. - L'objectivité.

On parle beaucoup d'objectivité dans les sciences, dont ce serait la qualité essentielle. Avec le physicien B. d'ESPAGNAT (1981), on doit reconnaître deux types d'objectivité :

— l'objectivité forte, qui s'appliquerait à un énoncé ne faisant aucune référence à la communauté des observateurs humains ;

Dans les deux cas, surtout le second, l'objectivité est donc ce qui reste invariant à travers un changement d'observateur ; ici, la transformation est virtuelle, n'ayant lieu qu'en pensée.

III. - NOTION DE SYSTEME.

La notion de système doit être évoquée pour introduire ultérieurement le structuralisme. C'est un concept très à la mode (systémique, théorie générale des systèmes, J. EUGÈNE 1981), s'appliquant diversement à la biologie, l'industrie, l'économie...

1. - Définition.

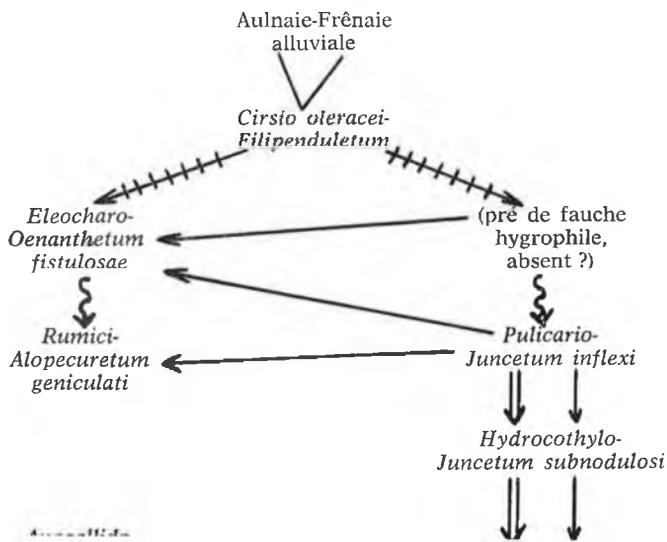
C'est encore une notion très simple, qui peut se définir comme un ensemble d'éléments en interrelation. Un système est donc plus que la somme de ses éléments, à cause de la présence des relations entre éléments.

Ainsi défini, ce concept s'introduit partout. Dès le XIX^e siècle, CUVIER considère l'organisme vivant comme un système dont les organes, qui sont les éléments, agissent et réagissent entre eux. Au début du XX^e siècle, DE SAUSSURE considère une langue parlée comme un système de mots réunis par des relations. En anthropologie, LÉVI-STRAUSS (1949) conçoit les parentés comme des systèmes ; les éléments sont les individus, que les relations de parenté réunissent. Une œuvre musicale est un système dont les notes sont les éléments et la mélodie, les relations.

2. - Exemples phytosociologiques.

Ce concept s'introduit aussi facilement en phytosociologie. Notons d'abord, par exemple, que le synsystème est un système dont les éléments sont les unités hiérarchiques et les relations, les rapports d'inclusion entre ces unités.

Il est plus intéressant de remarquer que, dans une région naturelle aux caractéristiques géologiques et climatiques données, la végétation consiste en une somme d'éléments, les individus d'association ou, à un niveau supérieur d'abstraction, les groupements végétaux, en interrelations. Le meilleur exemple est donné par les systèmes prairiaux hygrophiles que j'ai surtout étudiés. Voici une illustration simple, correspondant au système hygrophile des vallées secondaires du Nord de la France :



Les relations sont symbolisées par des flèches de formes différentes, ayant la signification suivante :

-  relation dynamique régressive
-  exploitation en fauche
(pointe tournée vers les groupements dérivés)
-  exploitation en pâture, piétinement (id.)
-  relation topographique
(pointe tournée vers les niveaux topographiques inférieurs)
-  évolution vers un groupement hygrophile oligotrophe
-  relation de voisinage

Ce sont souvent des transformations réelles se déroulant dans l'espace et dans le temps. D'ailleurs, en général, elles sont peu intenses et laissent donc des invariants. Mais cet aspect des systèmes nous mènerait trop loin.

3. - Etude d'un système.

L'étude d'un système fait l'objet de deux étapes successives essentielles :

— connaissance des éléments simplement en eux-mêmes, les groupements végétaux en phytosociologie ; c'est la démarche *intra*, telle que l'ont dégagée PIAGET et GARCIA (1983) ;

— reconnaissance des relations entre ces éléments, lesquelles apportent un début d'explication, de déterminisme, de ceux-ci ; c'est la démarche *inter* de PIAGET et GARCIA, qui succède à l'*intra*.

La considération de régions diversifiées montre l'existence de plusieurs systèmes, souvent assez distincts au niveau de leurs éléments, parce qu'un facteur essentiel du milieu a changé. Ainsi, dans le Nord de la France, j'ai pu mettre en évidence plusieurs systèmes hygrophiles dépendant de caractères édaphiques : système acide (très localisé), système alcalin (répandu dans les petites vallées et le Marquenterre), système subhalophile (en arrière des estuaires), système des falaises marneuses suintantes du Boulonnais, système dunaire hygrophile. Je passe sur les autres systèmes que j'ai pu étudier dans l'Ouest et le Sud-Ouest de la France.

La description des systèmes s'arrête donc là, au niveau de l'*inter*. On peut pourtant aller beaucoup plus loin et montrer qu'au-delà de cette réelle diversité, il existe des points communs entre ces systèmes, des invariants dans le passage d'un système à un autre. Pour préciser au mieux ce point, on peut introduire la démarche structuraliste, ou démarche *trans* de PIAGET et GARCIA, qui succède à l'*intra* et l'*inter*.

IV. - LE STRUCTURALISME : UNE LOGIQUE DE LA DIVERSITE.

A l'image de celui de système, le concept de structure est très à la mode, tendant à envahir progressivement la plupart des sciences, surtout humaines. Que recouvre-t-il donc ?

A. - Définitions.

En cherchant à le définir, j'ai cru devoir distinguer fermement deux sens, souvent confondus, en tout cas mal séparés :

— la structure architecturale (en abrégé A-structure) est un concept concret qui peut se définir comme l'organisation, l'agencement, l'architecture d'une forme complexe. Dans ce sens, ce concept est utilisé en pédologie (structure d'un horizon), en chimie et en biologie (structure d'une molécule, d'une enzyme), en géologie (structurologie), en économie ; c'est encore cette idée qui sous-tend le concept de structure d'une communauté végétale (mosaïque, stratification) ;

— la structure formelle (F-structure) recouvre tout autre chose : c'est un

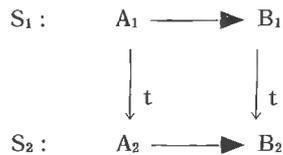
C'est une catégorie, une classe, caractérisée par un invariant à travers un changement de système, par exemple. Le structuralisme, c'est justement la recherche de tels invariants et la définition de F-structures, par lesquels s'affirme l'existence d'une logique dans la diversité de ce qui nous entoure.

Si différents que soient ces deux concepts de A-structure et de F-structure, il est clair que des éléments de la structure architecturale d'une forme donnée peuvent se retrouver à travers l'architecture d'autres formes ; ils sont donc invariants par le changement de forme et peuvent, dès lors, être interprétés comme caractérisant des F-structures. Cette situation, assez fréquente, explique sans doute les confusions entre structure architecturale et structure formelle, qu'il était bon de distinguer clairement au départ.

B. - Homologies, isomorphismes.

Comme on le voit, le structuralisme se réduit donc à un cas particulier d'invariance par un groupe de transformations, sur laquelle je ne reviendrai pas. On insistera plutôt sur deux nouveaux concepts qui s'y rattachent.

Soit deux systèmes concrets simplifiés S_1 et S_2 , formés de deux éléments et d'une même relation \longrightarrow . Au moyen d'une transformation t , en général virtuelle, on peut associer les éléments A_1 et A_2 , B_1 et B_2 .



Des éléments qui, comme A_1 et A_2 ou B_1 ou B_2 , se correspondent dans une transformation virtuelle, seront dits homologues.

Par ailleurs, les deux systèmes S_1 et S_2 ne diffèrent finalement que par leurs éléments homologues, non par la relation entre ces éléments. Celle-ci est un invariant par la transformation t . Deux tels systèmes concrets seront dits isomorphes s'ils ne diffèrent que par la nature de leurs éléments, toute propriété vraie dans l'un des systèmes étant vraie dans l'autre.

En définitive, le structuralisme constitue donc une sorte de taxonomie qui chercherait des propriétés invariantes, au lieu de caractères invariants. Par suite, de la même manière que la taxonomie définit des catégories, appelées taxons et caractérisées par des invariants morphologiques, le structuralisme définira des catégories, appelées F-structures, réunissant des individus isomorphes entre eux, caractérisées par des propriétés invariantes entre eux. On dira, par ailleurs, que chaque individu est une réalisation concrète de la F-structure, qui est abstraite.

C. - Applications aux mathématiques.

Je n'irai pas très loin dans cette voie. Je voudrais simplement signaler que les grandes structures mathématiques qualitatives, progressivement dégagées au cours du XIX^e siècle (groupe, anneau, corps, espace vectoriel) sont véritablement des F-structures. Elles concernent les relations entre les objets, indépendamment de la nature même de ces objets. Le mathématicien place dans une même structure, sans les distinguer, les diverses réalisations isomorphes de cette structure. Pour cette raison, elles sont très générales et peuvent s'appliquer à de nombreux cas particuliers qui en sont des réalisations concrètes. Ce concept permet donc une véritable taxonomie des objets mathématiques.

Comme l'a reconnu P. VALÉRY dans ses *Cahiers*, le concept de nombre lui-même est en fait une catégorie, une étiquette commune à des pluralités s'appliquant les unes sur les autres. De même, le concept de mesure peut être considéré comme

Un autre exemple est donné par la classification des courbes par PONCELET, CHASLES et leurs successeurs, au XIX^e siècle. On rangera dans une même catégorie, des courbes qui possèdent un même invariant, quantitatif ou numérique, par des transformations géométriques données. La plus achevée de ces classifications constitue une partie de la topologie, développée surtout par H. POINCARÉ vers la fin du XIX^e siècle : cette taxonomie rangera dans une même catégorie des objets semblables qui laissent des invariants par des transformations particulières appelées homéomorphismes (la sphère et le tore appartiendront à des catégories distinctes, l'un d'eux ne pouvant être déformé continûment en le second).

D. - Applications aux sciences humaines.

On s'accorde généralement à reconnaître en Cl. LÉVI-STRAUSS, anthropologue français, l'inventeur de la démarche structuraliste. D'après les raisonnements précédents, on appréciera l'universalité de cette démarche, laquelle peut effectivement s'appliquer aux sciences humaines. Il ne paraît pas y avoir de taxonomie possible, au sens des sciences naturelles, dans les sciences de l'homme. C'est le structuralisme qui la remplace, en quelque sorte.

On peut faire remonter cette démarche dans les sciences humaines au moins à MONTESQUIEU. Quand celui-ci parle de *L'Esprit des Loix* (1748), l'« esprit » correspond en fait à une structure formelle ; une phrase de son introduction l'indique assez clairement : « J'ai d'abord examiné les hommes et j'ai cru que dans cette infinie diversité de lois et de mœurs, ils n'étaient pas uniquement conduits par leur fantaisie... Ce n'est pas le corps des lois que je cherche, mais leur âme » ; ici encore, le mot « âme » évoque la F-structure.

L'engagement structuraliste ne commence cependant vraiment qu'au XX^e siècle, grâce aux réflexions et aux travaux de LÉVI-STRAUSS en anthropologie. Il étudie d'abord un certain nombre de systèmes de parenté (australien, chinois, indien) et recherche une logique de ces divers systèmes, a priori fort variables et complexes, en dégagant des « récurrences », autrement dit des invariants. Par ailleurs, G. DUMEZIL recherche la structure commune à divers mythes des peuples indo-européens de l'antiquité par leur confrontation. En histoire des sciences, M. SERRES montre que tous les savoirs scientifiques d'une époque donnée sont isomorphes. En psychanalyse, LACAN pose que l'inconscient est structuré comme un langage et développe les conséquences de cet isomorphisme. En musicologie, l'analyse des styles des compositeurs correspond à la recherche d'invariants à travers les œuvres musicales ; ces invariants caractérisent les styles propres (N. RUWET, J.-J. NATTIEZ 1975).

E. - Applications à la botanique et à la phytosociologie.

1. AU NIVEAU DES PLANTES ET DES ESPÈCES.

Si la botanique est l'étude générale des plantes, celle-ci peut se réaliser à divers niveaux, où divers concepts s'introduisent par invariance.

On peut concevoir d'abord un niveau statique. Nous avons vu qu'on pouvait réaliser une taxonomie des plantes en recherchant des invariants morphologiques caractérisant des classes, parmi lesquelles l'espèce végétale est le niveau fondamental. Mais on peut s'intéresser à d'autres propriétés et chercher si elles présentent des invariances. Par exemple, les formes biologiques de RAUNKIAER (1905) sont des catégories abstraites réunissant des espèces ayant des caractères architecturaux communs, invariants. On dégage ainsi les concepts abstraits d'arbre ou phanérophyte, arbuste ou nanophanérophyte, chamaephyte, hémicryptophyte, thérophyte. Ces structures biologiques sont de bons exemples de A-structures devenues F-structures par invariance.

On peut s'intéresser aussi à la répartition géographique des végétaux sur notre planète, à leur chorologie, et ranger dans une même catégorie chorologique les

à travers toutes les espèces de cette catégorie abstraite. Par exemple, l'élément phytogéographique boréo-atlantique du Nord de la France est composé de *Cochlearia danica*, *Thalictrum minus* ssp. *dunense*, *Pyrola rotundifolia* var. *arenaria*... alors que l'élément subatlantique - subméditerranéen comprend *Anagallis tenella*, *Ornithopus perpusillus*, *Oenanthe crocata*, *Cicendia filiformis*... (J.-R. WATTEZ et J.-M. GEHU 1973).

A un niveau plus dynamique, on peut encore considérer l'évolution des espèces et leurs phylums, ou séries évolutives. Par synthèse au niveau de divers phylums, on pourra remarquer l'existence d'invariants morphologiques. Ces invariants évolutifs à travers des phylums distincts sont généralement appelés des « convergences ». Ils apparaissent en général sous l'effet de facteurs écologiques voisins s'exprimant dans des régions éloignées. Ainsi les plantes cactiformes représentées par des familles phylogénétiquement bien différentes, quoique proches au niveau appareil végétatif de leurs espèces (*Cactaceae*, *Didiereaceae*, *Euphorbiaceae*, *Asclepiadaceae*) constituent un exemple classique de convergence végétale. On pourrait encore citer l'exemple des grands phanérophytes scapeux des hautes montagnes tropicales d'Afrique (*Dendrosenecio*, *Asteraceae* ; *Lobelia*, *Lobeliaceae*) et d'Amérique du Sud (*Espeletia*, *Culcitium*, *Asteraceae* ; *Puya*, *Pourretia*, *Bromeliaceae*). On pourrait prendre enfin le cas des plantes carnivores (*Droseraceae*, *Sarraceniaceae*, *Nepenthaceae*, *Cephalotaceae*, *Lentibulariaceae*) ; à ce propos, on remarquera que la convergence masque parfois les véritables affinités phylogénétiques des espèces ; ainsi, on ne sait pas encore très bien si l'ordre des *Sarraceniales* est naturel ou artificiel, c'est-à-dire construit simplement sur des convergences. Il existe aussi des exemples en zoologie : ainsi on peut citer la convergence morphologique entre le Requin (poisson), l'Ichtyosaure (reptile éteint) et le Dauphin (mammifère). Le milieu n'est cependant probablement pas le seul élément explicatif : ainsi peut-on évoquer la convergence remarquable entre l'œil des Céphalopodes et celui des Vertébrés.

2. AU NIVEAU DES COMMUNAUTÉS VÉGÉTALES.

Elevons-nous d'un niveau et passons des plantes aux communautés végétales. Là encore, si divers caractères ou diverses propriétés attachés aux communautés concrètes restent invariants par un changement de communautés, on pourra définir des catégories abstraites, syntaxons ou F-structures phytosociologiques.

L'une des premières approches dans la connaissance de la végétation a été la phytogéographie, née au cours du XIX^e siècle, et qui a précédé la phytosociologie. Outre la distribution des espèces végétales (§ E-1), cette discipline se propose de décrire le groupement des végétaux entre eux pour forger des paysages. Un des concepts fondamentaux de la phytogéographie est celui de « formation végétale ». Une formation végétale est, finalement, une F-structure qui rassemble des unités paysagères ayant un caractère commun, invariant, la dominance d'un type biologique au sens de RAUNKIAER. En fonction de la nature de cet invariant, du type dominant, on définit les catégories suivantes, valables à travers la végétation mondiale comme le montrent ces exemples :

— Roselière : formation à grands hémicryptophytes, souvent des monocotylédones à pollinisation anémophile et floraison discrète. Ex. : roselière à *Phragmites australis*, roselière saumâtre à *Scirpus maritimus*, roselières néotropicales à *Eleocharis mutata*, à *Cladium jamaicense* (B. DE FOUCAULT 1978).

— Mégaphorbiaie : formation à grands hémicryptophytes, souvent des dicotylédones luxuriantes, à floraison vive et pollinisation entomophile : mégaphorbiaie subalpine à *Adenostyles alliariae*, planitiaire à *Filipendula ulmaria*.

— Pelouse xérophile à chamaephytes succulents : pelouses à *Sedum album*, *S. reflexum*, *S. anglicum*, *Sempervivum montanum* ; en Guadeloupe, falaises surchauffées par le soleil à *Borreria dusii* - *Melocactus intortus*.

— Lande à chamaephytes plus ou moins éricoïdes : l. atlantique à *Ulex minor*, *Erica tetralix*, *E. cinerea*, *E. ciliaris*, *Helianthemum alyssoides*, subatlantique à *Calluna vulgaris*, subalpine à *Rhododendron ferrugineum*, landine à *Loiseleuria procumbens*, lande boréale à *Empetrum nigrum*, *Cornus suecica*, *Betula nana*, *Vaccinium* sp. pl.

— Manteau, haie, hallier, fourré à nanophanérophytes : manteau primaire à *Amelanchier ovalis* de la vallée de la Seine, manteau à *Sambucus nigra*, manteau dunaire thermo-atlantique à *Daphne gnidium* ou néotropical à *Suriana maritima* - *Mallotonia gnaphalodes*.

Au-delà de la phytogéographie et de cette étape essentielle de reconnaissance des formations végétales, la phytosociologie se propose de rechercher des invariants plus précis, plus fins que ceux de nature biologique. Elle s'attachera de préférence à des invariants floristiques, dans une approche taxonomique aboutissant à la définition de syntaxons, dont l'association végétale qui est le niveau fondamental.

Une fois accomplie cette définition syntaxonomique, on pourra rechercher d'autres invariants, qui révéleront l'existence d'une logique à travers la diversité végétale de notre planète. C'est donc plutôt une démarche structuraliste que l'on doit adopter en l'étendant à la phytosociologie sigmatiste.

On peut tout d'abord reconnaître des structures systématiques, des relations répétitives entre un type de végétation et un groupe d'espèces végétales. De bons exemples sont donnés par la végétation flottante des *Lemnetea minoris* et la famille des Lemnaceae (*Lemna*, *Spirodela*, *Wolffia*), la végétation halophile et la famille des *Chenopodiaceae* (*Salicornia*, *Suaeda*, *Halimione*, *Arthrocnemum*, *Halocnemum*, *Beta*, *Atriplex*, *Salsola*), la végétation des mangroves tropicales et les *Myrtales* (*Rhizophoraceae*, *Combretaceae*, *Sonneratiaceae*). Le rôle des *Rosaceae* est bien connu dans les manteaux préforestiers européens (*Rubus*, *Rosa*, *Prunus*, *Crataegus*, *Amelanchier*, *Cotoneaster*, *Sorbus*, *Mespilus*). Si l'on considère une unité systématique supérieure, le super ordre des *Rosidae*, incluant *Rosales*, *Fabales* et *Myrtales*, cette structure peut s'étendre à de nombreux manteaux du monde, même tropical.

Au niveau de plusieurs classes phytosociologiques, on peut reconnaître des structures statiques, ou structures architecturales, devenant F-structures par invariance, entre des communautés homologues ne relevant pas forcément des mêmes unités supérieures :

— La végétation des sources européennes relève de la classe des *Montio-Cardaminetea* ; on y observe une structure à feuilles ou folioles arrondis : *Cardaminetum amarae*, *Cardaminetum flexuosae* avec les *Chrysosplenium*, *Chrysosplenio-Sibthorpietum europeae* (B. DE FOUCAULT 1980) ; cette structure se réalise concrètement aussi en Guadeloupe, où les sources et suintements ombragés sont peuplés de deux espèces à feuilles rondes, *Lindernia microcalyx* (B. DE FOUCAULT 1983) et *Pilea nummulariaefolia*.

— La végétation vivace des gazons oligotrophes amphibies relève de la classe des *Littorelletea uniflorae* ; la structure est l'opposé de la précédente : petites plantes à feuilles fines, subulées ou filiformes, ou plantes aciculaires (*Isoetes*, *Eleocharis acicularis*...). Cette structure se retrouve dans des sites homologues en région tropicale, ainsi sur les sommets de la Guadeloupe, où l'on peut étudier un *Eleocharetum maculosae* ressemblant beaucoup à l'*Eleocharetum acicularis* (B. DE FOUCAULT 1983).

— La végétation des tourbières bombées oligotrophes holarctiques relève de la classe des *Oxycocco-Sphagnetum*, avec de petites phanérogames sous-ligneuses dont beaucoup d'*Ericaceae*, rampant sur des coussins de sphaignes. Sur les plus hauts sommets de la Guadeloupe, cette structure se concrétise en le *Gaultherio swartzii* - *Sphagnetum erythrocalicis* (B. DE FOUCAULT 1983).

Enfin, revenant à la systématique, au-delà de l'étude isolée des systèmes phytosociologiques particuliers, on peut dégager de très intéressantes structures, plus ou moins difficiles à percevoir selon les cas. De fait, après l'étude systématique des prairies hygrophiles de l'Ouest au Nord de la France, une synthèse m'a permis de dégager des invariants en cherchant ce qui ne changeait pas en passant d'un système concret à un autre. Ces invariants ne sont pas les éléments eux-mêmes des systèmes, mais plutôt des propriétés communes à des éléments homologues ou les relations entre les éléments. Voici quelques exemples de structures systématiques :

a) Structures topographiques : ce sont les plus faciles à dégager, car elles se rattachent au concept de transect, un transect étant une suite de groupements végétaux organisés le long d'un gradient topographique. En conditions méso-eutrophes, la structure est :

1. prairie mésophile
non inondable
- ↓
2. prairie hygrophile
de niveau moyen
- ↓
3. prairie de bas niveau,
longuement inondable
- ↓
4. prairie flottante
ou roselière

avec, par exemple, les réalisations concrètes suivantes :

	1	2	3
Massif armoricain	<i>Luzulo-Cynosuretum</i>	<i>Oenanthe peucedanifoliae</i> <i>Brometum racemosi</i>	<i>Eleocharo-Oenanthetum fistulosae</i>
Vallée de la Loire	à préciser (Arrhénathéraie)	<i>Senecio-Oenanthetum mediae occidentale</i>	<i>Gratiolo-Oenanthetum fistulosae</i>
Marais subhalophiles thermo-atlantiques	à préciser	<i>Trifolio squamosi-Oenanthetum silaifoliae</i>	<i>Ranunculo-ophioglossifolii-Oenanthetum fistulosae</i>

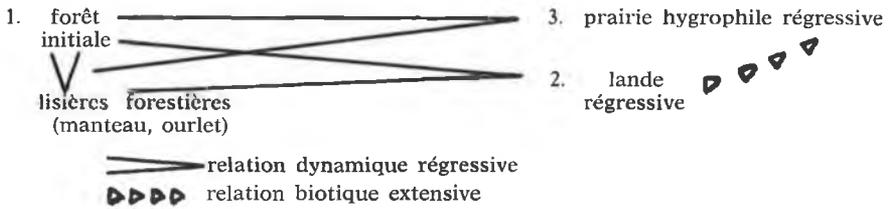
En conditions oligotrophes, dans les bas-marais, on a :

1. prairie mésophile
- ↓
2. prairie oligotrophe
hygrophile charnière
- ↓
3. bas-marais tourbeux ↔ 4. groupement pionnier régressif sur tourbe dénudée

avec les réalisations concrètes suivantes :

	1	2	3	4
Massif armoricain	<i>Luzulo-Cynosuretum</i>	<i>Cirsio dissecti-Scorzoneretum</i>	<i>Caro verticillati Juncetum acut.</i>	<i>Anagallido-Pinguiculetum lusitanicae</i>
Marquenterre	?	<i>Hydrocotylo-Juncetum subnodulosi</i>	<i>Cirsio dissecti-Schoenetum</i>	<i>Anagallido-Eleocharetum quinqueflorae</i>
Montagnes de Guadeloupe	pelouses culminales à <i>Bromeliaceae</i>	?	<i>Juncetum guadalupensis</i>	?

de forêts, dont la dégradation peut aboutir à l'installation de prairies forestières plus ou moins hygrophiles, qui peuvent présenter des relations avec les lisières forestières, les landes régressives, les bas-marais :



structure présentant les réalisations concrètes suivantes :

	1	2	3
Massif armoricain	<i>Ilici-Fagion</i>		<i>Cirsio dissecti-Scorzoneretum Caro verticillati-Molinietum</i>
Jurassique de l'Ouest de la France	chênaie pubescente	landes à <i>Erica ciliaris</i> , <i>E. tetralix</i>	<i>Blackstonio-Silaetum silai</i>
Landes de Gascogne	chênaie à <i>Quercus pyrenaica</i>	landes à <i>Erica scoparia</i>	<i>Erico scopariae-Molinietum</i>
Pays basque, Chalosse	chênaie à <i>Quercus pyrenaica</i>	landes à <i>Erica vagans</i>	<i>Cirsio filipenduli-Molinietum</i>

c) Structures physiographiques : relation entre végétation thérophytique des *Isoeto-Nanojuncetea* (*Cicendietum filiformis*, *Isolepido-Stellarietum uliginosae...*) et végétation hémicryptophytique oligotrope dans les chemins forestiers inondables, au bord des fossés à niveau variable, dans les pannes de dunes :

	Vég. hémicryptophytique	Vég. thérophytique
Domaine climatique thermo-atlantique	<i>Lobelio-Agrostietum caninae</i>	<i>Radiolo-Cicendietum filiformis</i> à <i>Microcala pusilla</i>
Domaine climatique eu-atlantique	<i>Carici binervis-Agrostietum caninae</i>	- <i>Radiolo-Cicendietum filiformis</i> sans <i>M. pusilla</i> - <i>Isolepido-Stellarietum</i>
Domaine climatique nord-atlantique	<i>Carici demissae-Agrostietum caninae</i>	<i>Radiolo-Cicendietum filiformis</i>
Dunes nord- et eu-atlantiques	<i>Carici scandinavicae-Agrostietum maritimae</i>	<i>Centaurio-Saginetum moniliformis</i>

La conclusion de cela, et d'autres observations et réflexions structurales non développées ici, est que, finalement, en dépit de leur diversité, tous les systèmes prairiaux fonctionnent de la même manière. Ce sont des réalisations concrètes, isomorphes, d'une structure formelle unique, faite de règles universelles. Celle-ci limite les fantaisies de la diversité en posant des contraintes. Tout cela tient, en fait, à l'identité des phénomènes écologiques qui régissent les systèmes. Le structuralisme trouve finalement ses racines profondes dans la théorie des catastrophes : comme le dit R. THOM (1980), « la théorie des catastrophes explique la répétition morphologique par l'isomorphisme des situations dynamiques de conflit qui les engendrent ». Par exemple, les œuvres musicales d'un compositeur possèdent une F-structure commune parce qu'elles possèdent un invariant causal, leur auteur. Ces remarques permettent, par suite, de substituer à une multiplicité de déterminismes isolés (ceux de chaque système), un petit nombre de déterminismes globaux (ceux des structures).

F. - Structuralisme et prévision.

Au-delà du caractère catégoriel du structuralisme, c'est-à-dire de la possibilité

individus homologues, l'intérêt de cette démarche réside aussi dans le fait qu'elle permet la prévision. Le structuralisme autorise la prévision parce qu'une F-structure renferme un « potentiel de réalisations » (W.C. LÖCHER, à propos de l'œuvre du graveur hollandais M.C. ESCHER). En effet, après avoir reconnu ces F-structures par voie abstractive, progressant du particulier au général, on peut poser des prévisions par la démarche inverse, descendant du global des structures au particulier des réalisations concrètes.

D'ailleurs, LÉVI-STRAUSS envisageait déjà ainsi l'extension du structuralisme, car, disait-il, celui-ci doit permettre de « découvrir l'emplacement de langues disparues, futures ou simplement possibles ». Les raisonnements de CUVIER sont exemplaires à cet égard : après avoir mis en évidence les lois structurales de l'anatomie animale comparée, il va pouvoir prédire une structure concrète (A-structure) sur des données paléontologiques minimales. MENDELÉEV prédisant les propriétés d'éléments chimiques inconnus à partir de son tableau périodique incomplet utilise implicitement des principes structuraux, qui ne devaient être dévoilés que par l'avènement des théories quantiques atomiques.

En phytosociologie, il existe différents niveaux de prédiction. Le plus important est la prévision sur le papier d'associations inconnues dont on va vérifier l'existence sur le terrain. Dans beaucoup de cas, ce sont les F-structures phytosociologiques qui permettent ces prévisions, comme le montre l'exemple suivant : des réalisations concrètes :

Caro verticillati-Juncetum acutiflori \longleftrightarrow *Anagallido-Pinguiculetum lusitanicae*
Primulo-Schoenetum ferruginei \longleftrightarrow *Triglochino-Scirpetum pauciflorae*

on extrait la F-structure

bas-marais \longleftrightarrow groupement régressif sur tourbe dénudée

En l'appliquant au bas-marais concret alcalin atlantique, le *Cirsio dissecti-Schoenetum nigricantis*, on en déduit qu'il doit exister un groupement atlantique régressif sur tourbe alcaline dénudée. Les recherches de terrain ont permis de trouver un « *Scirpetum pauciflorae* atlantique » dénommé *Anagallido tenellae-Eleocharetum quinqueflorae* mais aussi un « *Pinguiculetum lusitanicae* alcalin » ou *Juncus subnodulosi-Pinguiculetum lusitanicae* (B. DE FOUCAULT 1984).

On pourrait évoquer encore un autre genre de prévision sur la base du structuralisme, bien qu'il soit plus hasardeux que le précédent. En IV-E-2, on a montré l'existence de structures architecturales répétitives, liées à des conditions de vie plus ou moins précises, pouvant donner lieu à la définition de structures formelles : plantes crassulentes des pelouses xérophiles, feuilles rondes des plantes des sources... La prévision consiste ici à déduire de l'observation de l'architecture d'une plante donnée, l'écologie habituelle de cette plante, son comportement sociologique, résumant les conditions dans lesquelles elle vit. La démarche est un peu la même en musicologie : des analyses musicales A-structurales précises permettent en effet de reconnaître des invariants à travers les œuvres d'un compositeur d'une école fixée dans l'espace (ethno-musicologie) et le temps (périodes musicales historiques). Si l'on est fin musicologue, par la reconnaissance de ces F-structures, on peut, à un certain risque d'erreur près, prévoir l'auteur d'une œuvre nouvellement entendue. De ce point de vue, des compositeurs tels que J.-S. BACH, Cl. DEBUSSY, G. MAHLER ont décrit des œuvres fortement structurées. Pour la botanique et la phytosociologie, le risque d'erreur est encore élevé dans l'état actuel de nos connaissances sur les rapports entre les milieux, les structures végétales et les stratégies adaptatives. Il est cependant tentant de poser de telles anticipations à partir de plantes cultivées ou à partir de photographies ou dessins des flores d'autres pays.

CONCLUSION.

En guise de conclusion, je reviendrai sur le premier concept introduit ici, la symétrie. Si on le considère sous l'angle sémantique le plus large, celui de l'invariance, on s'aperçoit finalement que la taxonomie et le structuralisme se ramènent à une symétrisation. Sur la base d'autres réflexions non développées ici, on est amené à dire que toute la science est à la recherche de la symétrisation maximale, au-delà de laquelle il n'y aurait plus rien à dire et à chercher. La science pourrait être considérée comme achevée. En ce sens, la symétrie est un achèvement, une mise en ordre définitive. Et la démarche épistémologique que constitue la prévision va bien dans cette direction de la symétrisation maximale. Prévoir, c'est inventer pour rétablir une symétrie et achever. Cela est très net dans le cas de la démarche de MENDELÉEV, inventant des corps chimiques nouveaux pour remplir les cases vides de son tableau périodique des éléments, désirant par là même l'achever. La prévision exige, cependant, la vérification des principes posés a priori. L'échec de la prévision maintient une dissymétrie latente qui permet d'aller plus loin, d'approfondir les causes de cet échec : alors que la symétrie est achèvement, la dissymétrie est enrichissement.

En définitive par cette volonté délibérée d'achever en symétrisant, le scientifique ne se distingue plus guère de l'artiste soucieux de polir son œuvre jusqu'à ce qu'il décide de son achèvement. La symétrisation est, en quelque sorte, l'esthétique de la science. Voilà comment on peut, partant de l'invariance, évoquer successivement la symétrie, l'ordre, la prévision, en rapprochant finalement, en une esthétique commune, déterminée par le désir d'achèvement, la Science et l'Art.

BIBLIOGRAPHIE

- ESPAGNAT B. (d'), 1981. — A la recherche du réel. 194 p. Paris.
- EUGÈNE J., 1981. — **Aspects** de la théorie générale des systèmes. Une recherche des universaux. 248 p. Paris.
- FOUCAULT B. (de), 1978. — **Premières observations phytosociologiques** sur le marais de Saint-Louis (Marie Galante, Guadeloupe). *Doc. Phytosoc. NS II* : 181-189. Vaduz.
- FOUCAULT B. (de), 1980. — **Les prairies permanentes** du Bocage virois (Basse-Normandie, France) : typologie phytosociologique et essai de reconstitution des séries évolutives herbagères. *Doc. Phytosoc. NS V* : 1-109. Vaduz.
- FOUCAULT B. (de), 1983. — **Nouvelles observations phytosociologiques** sur la végétation aquatique et subaquatique à la Guadeloupe (Antilles françaises) : de la végétation phanérogamique marine aux bombements à sphaignes culmineaux. *Coll. Phytosoc. X, végétations aquatiques*, Lille, 1981 : 255-277. Vaduz.
- FOUCAULT B. (de), 1984. — **Systémique, structuralisme** et synsystème des prairies hygrophiles des plaines atlantiques françaises. Thèse, Rouen, 675 p.
- LÉVY-STRAUSS C., 1949. — Les structures élémentaires de la parenté. Paris, 631 p.
- NATTIEZ J.-J., 1975. — Fondements d'une sémiologie de la musique. 448 p. Paris.
- PIAGET J. et GARCIA R., 1983. — Psychogenèse et histoire des sciences. 310 p. Paris.
- RAUNKIAER C., 1905. — Types biologiques pour la géographie botanique. *Kun. Dansk. Vidensk. Selsk.* : 347-438. Copenhague.
- THOM R., 1980. — Modèles mathématiques de la morphogénèse. Paris, 315 p.
- WATTEZ J.R. et GEHU J.M., 1973. — L'élément phytogéographique atlantique dans la partie ouest du Nord de la France. 41 p. Lille.