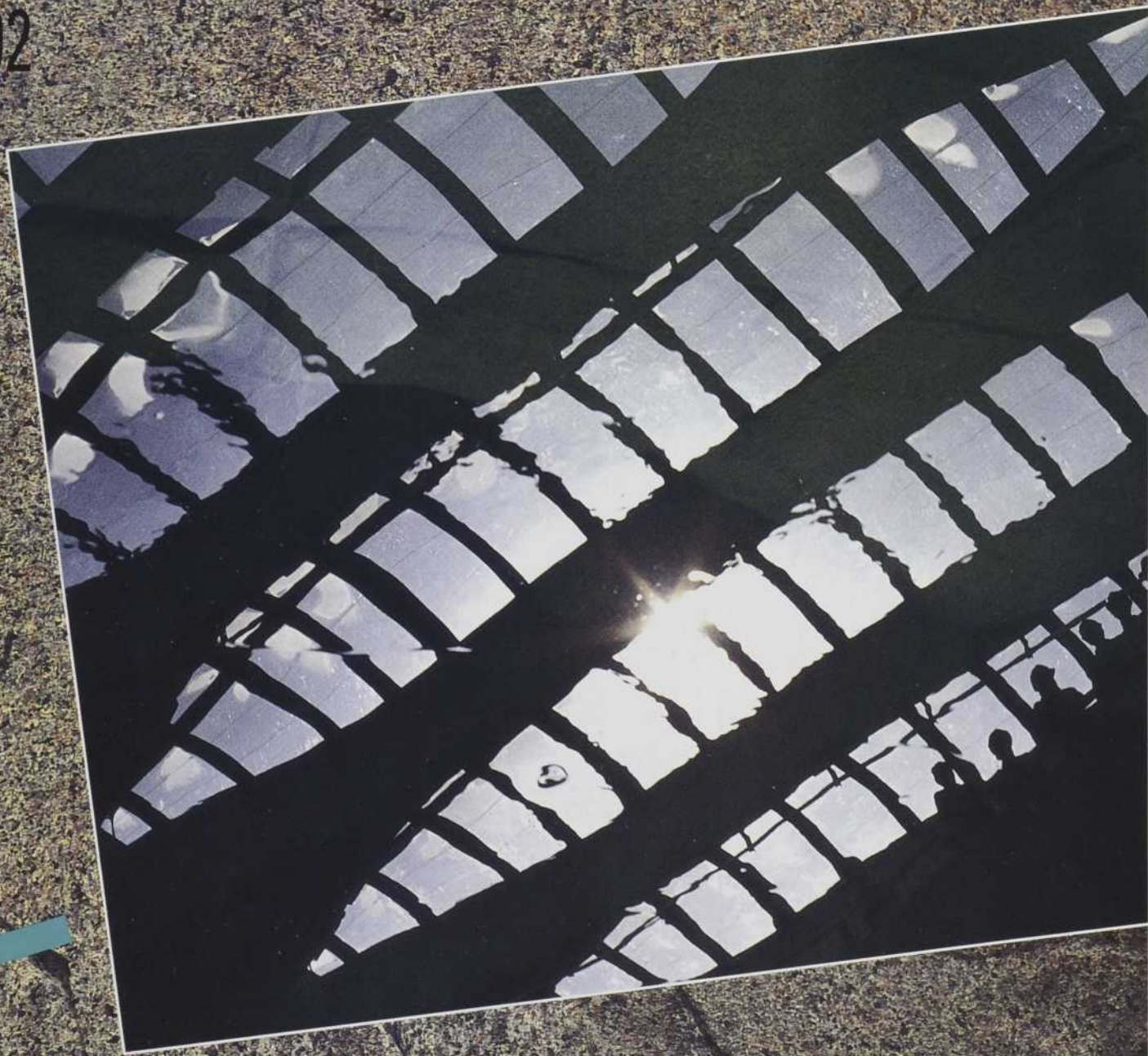


C I E N C E

# LA MAISON DE LA VIE

CONCEPTION, RÉALISATION ET MISSION DU BIODÔME DE MONTRÉAL

1992



Québec 



Enseignement supérieur  
et Science  
Québec

## TABLE DES MATIÈRES

• Introduction .....	2
• Une muséologie nouvelle .....	4
• La gérance du projet .....	5
• Le recyclage du Vélodrome .....	6
• La fabrication des écosystèmes ...	8
• La conception des écosystèmes ..	16
• La mission scientifique .....	21
• La mission éducative .....	23

La réalisation de ce cahier thématique sur le Biodôme de Montréal a été rendue possible grâce au soutien financier du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Science (MESS)

### Coordination :

Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Science (MESS)  
Direction du développement scientifique

### Responsable du projet :

André Lemelin, MESS

### Coordination rédactionnelle :

René Vézina

### Journalistes :

Marie-Claude Ducas, Jeanne Morazain,  
Danielle Quellet, René Vézina

### Recherche iconographique et photographie :

Ève-Lucie Bourque

### Illustration :

Jacques Goldstyn

### Photographie de la couverture :

Ève-Lucie Bourque

### Révision :

André Lemelin, Renée Dolbec

### Réalisation :

Magazine *Québec Science*  
2875, boul. Laurier, Sainte-Foy (Québec)  
G1V 2M3 - Tél. : (418) 657-3551

Conception graphique : Richard Hodgson

### Impression :

Imprimerie l'Éclaireur

### Séparation de couleurs :

Graphiscan Itée

Nous tenons à remercier le personnel du Biodôme de Montréal pour sa collaboration à la réalisation de ce projet.

Imprimé sur papier contenant 50 % de fibres recyclées et 20 % de fibres désencrées (post-consommation)

# UN MUSÉE POURRA

**Vu** d'en haut, le Biodôme fait penser à un trilobite, ou à de grandes fougères perdues au cœur du Parc Olympique. Malgré la grisaille de son béton, on lui trouve des airs de parenté avec la verdure du Jardin botanique, juste de l'autre côté de la rue Sherbrooke. Il faut croire que c'était écrit dans le ciel : ce bâtiment splendide, magnifiquement éclairé par la lumière du jour, joint maintenant les rangs des équipements montréalais consacrés aux sciences naturelles et à l'environnement. Le vert l'a finalement emporté sur le gris.

L'ouverture du Biodôme de Montréal inaugure une ère nouvelle dans la muséologie scientifique. Pour la première fois, on propose au public une formule basée sur la notion d'écosystèmes. Ici, ce n'est plus l'individu qui compte, mais sa relation avec le milieu. La vie, comme la nature, est une chaîne complexe et délicate. En offrant un voyage dans le merveilleux, le Biodôme sert aussi une mise en garde : « Voici ce qui existe et qu'il faut protéger », dit-il en substance. L'émerveillement se double d'un éveil aux réalités environnementales.

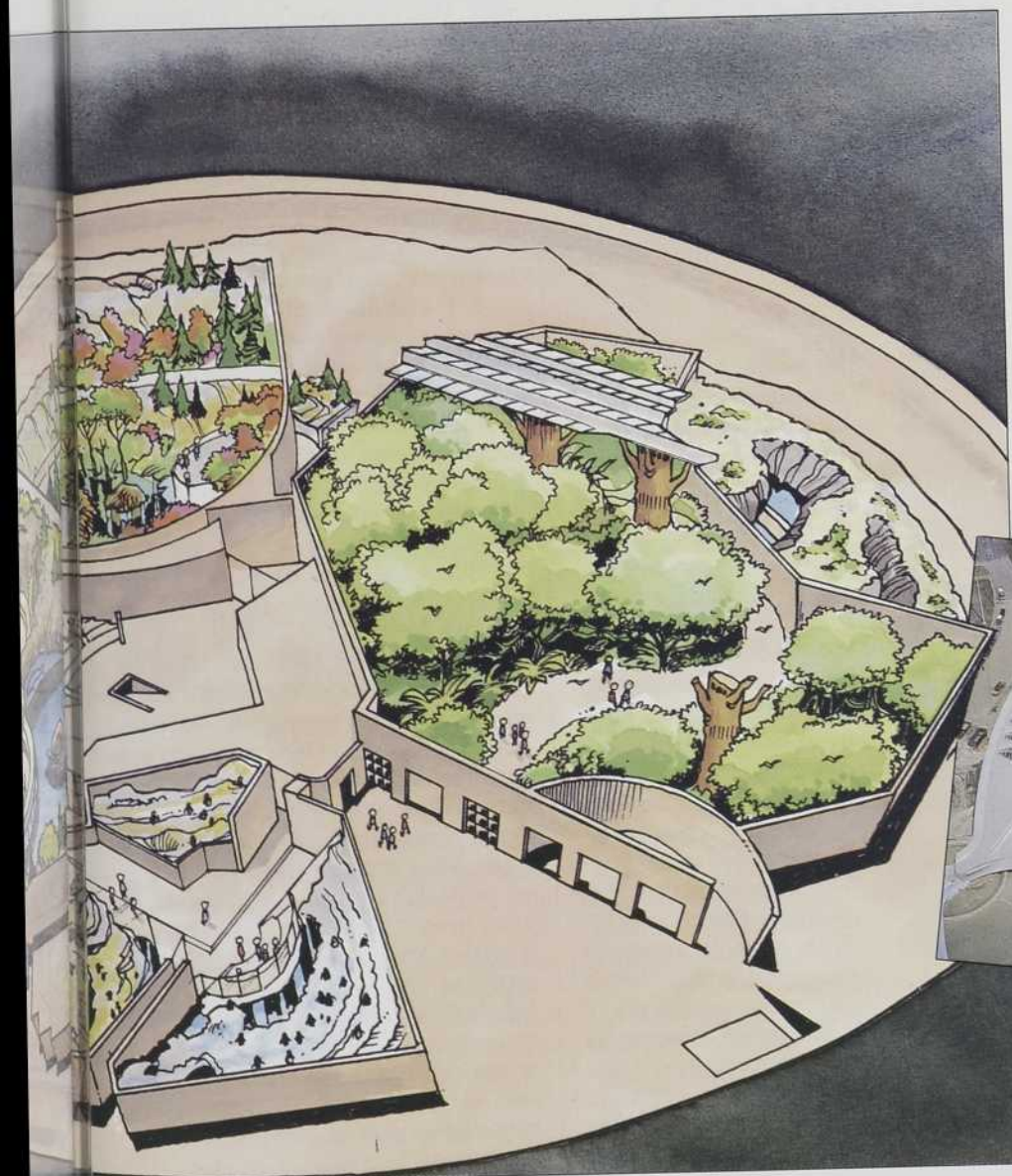
Mais elle est si vaste, cette nature... Il a bien fallu choisir. Charité bien ordonnée commençant par soi-même, c'est l'Amérique qui attend les visiteurs au Biodôme. Quatre écosystèmes y sont reproduits, proposant au visiteur des paysages connus, ou d'autres plus étranges. On retrouve les régions polaires du Nord et du Sud, le milieu marin représenté par l'estuaire du Saint-Laurent, la forêt laurentienne avec ses bouleaux, ses érables et ses castors et finalement la luxuriante forêt tropicale telle qu'on la retrouve de ce côté-ci du globe. C'est elle, la véritable vedette du Biodôme, le plus grand défi et la plus belle réussite. Impact garanti, ne serait-ce que par l'atmosphère chaude et humide qui attend les promeneurs à leur entrée dans cette serre exotique et animée. Le carrefour de l'environnement complète le voyage avec des renseignements supplémentaires pour élargir encore les perspectives.

Le résultat est saisissant, à un point tel qu'on oublie les prouesses nécessaires à la réalisation de tout le projet. Au début, il



ya eu l'idée, qui n'était pas si évidente. Puis sont venus la conception, les réaménagements sur papier, les choix difficiles et les commandes plus exigeantes les unes que les autres. Vous ne verrez pas de barreaux au Biodôme : les contentions sont naturelles. Vous ne verrez pas non plus de systèmes d'égout : toute l'eau usée est recyclée. Vous ne verrez même pas tous les animaux : les petites chauves-souris pollinivores, par exemple, sont nocturnes. Elles sortent à leur

# LA SUITE DU MONDE



plus importants au monde, au Parc des îles, qui s'enrichira bientôt de la Biosphère réinventée, et occupe une situation privilégiée entre fleuve et montagne. Ce n'est pas un rêve : la ville est à cet égard mieux dotée que jamais.

Tout au long des pages qui vont suivre, nous vous proposerons un regard éclaté sur les ambitions et les secrets du Biodôme. La réalité parle éloquentement par elle-même, aussi ne décrivons-nous pas ce que vous apercevrez du premier coup d'œil. Mais pourquoi cette roche sonne-t-elle creux ? Où sont les fils ? Comment les arbres ont-ils été sélectionnés ? Les bouleaux apprécieront-ils un hiver moins rigoureux ?

Et les caïmans sont-ils en plastique ou bien réels ?



Eve-Lucie Bourque

De la conversion du bâtiment aux programmes d'éducation, en passant par les subtilités du système hydraulique et les relations qu'entreteniront les différents pensionnaires, d'innombrables questions surgissent avec l'ouverture de ce musée nouveau genre. Comprendre la façon dont on l'a modelé est aussi passionnant que le résultat final, vous verrez !

Jacques Goldstyn

heure, et contribuent au cycle biologique en butinant de fleur en fleur dans l'obscurité.

Le génie québécois a trouvé dans le Biodôme un terrain d'élection pour l'innovation et l'excellence. La recherche scientifique, elle, profitera de ces installations de pointe, qui permettront d'améliorer nos connaissances des mécanismes essentiels au maintien de la diversité biologique. Et tout un programme d'animation et d'éducation attend le public qui voudra prolonger l'expé-

rience. L'équipe de Pierre Bourque, directeur du Jardin botanique et parrain du Biodôme, est prête à relever le défi. Les plus jeunes sont l'objet d'une attention particulière, puisqu'ils devront à leur tour décider du sort de ce monde.

Montréal reçoit du gouvernement du Québec un équipement de premier plan qui consolide sa vocation de capitale internationale de l'environnement. Le Biodôme s'ajoute au Jardin botanique, déjà un des

**RENÉ VÉZINA**

responsable de la coordination rédactionnelle

# L'INGÉNIERIE CULTURELLE AU TRAVAIL

**Biodôme signifie, littéralement, maison de la vie. C'est là un nouveau terme, pour un nouveau type de musée qui réinvente un art ancien : celui du musée naturaliste. Et les ambitions de cette maison de la vie sont à la mesure de l'exceptionnel bâtiment qui l'abrite.**



Eve-Lucie Bourque

**De fausses balanes criantes de vérité : le souci de la perfection jusque dans les moindres détails.**

Le concept semble tout naturel, mais il faut bien voir qu'il marque une mini-révolution dans le monde de la muséologie scientifique. Les anciens musées de sciences naturelles parlaient de biologie, de taxonomie, en présentant des squelettes ou des animaux empaillés ou encore des herbiers soigneusement montés. L'important était de bien classer la Nature en grandes familles. La démarche était compréhensible : éblouis par la fabuleuse diversité de

la vie, les humains sentaient le besoin de mettre de l'ordre dans la maison pour mieux la connaître.

Nous savons aujourd'hui la grande richesse de notre univers. Il nous faut maintenant comprendre l'importance des liens qui lui permettent d'évoluer en harmonie. L'importance des collections du Biodôme ne se mesure pas à leur quantité ni à leur qualité : tout repose sur ces relations établies dans les écosystèmes par les composantes animales, végétales et même minérales, puisqu'on reconnaît l'influence déterminante du relief et des types de sol. Le visiteur est ainsi à même de développer une vision plus globale de la planète au contact d'une nature plus vraie, où ne dominent pas

les cloisons. Oui, le Biodôme prêche pour une meilleure conscience environnementale, mais il le fait en privilégiant le merveilleux, non pas le reproche !

Certes, il était évident que les formes organiques du Vélodrome de monsieur Taillibert évoquaient une serre, si bien qu'on a d'abord songé à y installer un jardin intérieur. Mais ce n'est qu'avec le mûrissement du projet qu'il fut décidé de transformer le Vélodrome en équipement culturel majeur voué à l'éducation et à la diffusion des valeurs écologiques. Du même coup, le Biodôme récupérait les mandats de l'Aquarium et du Jardin zoologique de Montréal, qui avaient tous deux besoin d'une bonne cure de rajeunissement. Aujourd'hui fermés, ils renaissent sous cette forme moderne.

Claude Benoît, présidente du groupe-conseil Métamorphoses et autrefois rattachée à la Commission d'initiative et de développement culturels de la Ville de Montréal, la CIDEK, a participé à la mise au monde du Biodôme comme chef de projet pour le volet « programmation ». À ses yeux, il s'agit d'une percée significative de « l'ingénierie culturelle » québécoise, au même titre que les autres prouesses d'ingénieurs qui ont permis la conversion du Vélodrome. Il faut dire que le Biodôme s'inscrit bien dans l'effervescence des dernières années qui a permis à Montréal de s'enrichir d'équipements comme l'Insectarium, le Jardin japonais et le Jardin de Chine, autant de créations remarquables de l'équipe du Jardin botanique. « Le Biodôme participe de ce mouvement de recherche, de conservation, d'éducation et d'animation, mais il innove en mettant les visiteurs en contact plus étroit avec la beauté, la dynamique et la fragilité du vivant. Voilà le pourquoi de cette approche par écosystèmes », précise Claude Benoît. Une approche plus intimiste, pourrait-on ajouter, qui ne s'attache pas qu'aux « vedettes » : les vers de terre y trouvent leur place, eux qui sont essentiels à un sol de bonne qualité, tous les jardiniers le confirmeront !

« Il y a une progression dans chacun des itinéraires », précise Anne Charpentier, actuellement responsable de la muséologie au Biodôme. « Il ne s'agit pas seulement d'aligner quatre milieux. Le carrefour de l'environnement, au centre, est conçu de manière à prolonger l'expérience en montrant le rôle de premier plan que tiennent les humains dans l'environnement. » On peut bien, par ailleurs, déplorer le triste sort des forêts tropicales dans les chansons, mais la démonstration de leur extraordinaire vitalité,

**L**e Biodôme n'est ni un aquarium, ni un jardin zoologique, ni un jardin botanique. On y trouve pourtant des poissons, des animaux et des plantes. Mais leur place, ici, est bien différente. Jusqu'à présent, ils nous étaient présentés de façon séparée, même s'il est bien évident que la nature, elle, ne fonctionne pas avec des compartiments. Voilà la raison d'être de cette approche par écosystèmes, qui cherche moins à montrer un nombre record d'espèces végétales ou animales qu'à mettre en évidence les relations étroites qui les unissent. Le Biodôme est un musée, mais un musée sans vitrines et sans cages apparentes. C'est la dynamique de la vie qui devient le sujet central d'exposition.

pourtant si fragile, laisse une empreinte autrement plus marquante. Les activités d'animation et d'éducation iront dans ce sens. Voilà pourquoi le sous-sol du Biodôme cache une écolothèque, une salle de découvertes et d'autres lieux réservés à l'animation.

Pour l'instant, il n'y a qu'un seul Biodôme, mais le terme pourrait bien devenir générique. Il y a eu un jour un premier aquarium, un premier jardin zoologique, le Québec s'est donné la première « maison de la vie ». D'autres, ailleurs, pourraient suivre. Claude Benoît en est ravi, bien que, probablement inspirée par sa formation de biolo-

giste, elle en discerne nettement les limites : « S'il nous faut construire des biodômes, s'il faut nous rappeler la magie de la vie en la présentant entre quatre murs, c'est que nous en avons perdu des morceaux. Il ne faudrait pas qu'ils deviennent notre mémoire de la Terre originelle. » Le Biodôme de Montréal n'a heureusement pas ce mandat pour l'instant. En fait, il joue la carte de la conscience plus que celle de la mémoire, suggérant qu'il vaut mieux agir que de vivre avec des souvenirs.

RENÉ VÉZINA

de consulter : biologistes, zoologistes et botanistes... Si on avait utilisé l'approche habituelle en construction, il n'aurait probablement pas été possible de concilier autant d'expertises, dans autant de disciplines.

En outre, le fait de suivre de si près chaque étape avait l'avantage de permettre un contrôle étroit des coûts. Si un certain aspect s'annonçait plus cher que prévu, on pouvait immédiatement chercher une solution de rechange, ou se rattraper dans d'autres secteurs où les réductions de coûts étaient plus faciles.

Le respect du budget était important au point d'avoir priorité sur l'échéancier. Ce qui coûte cher, dans beaucoup de projets de construction, ce sont les retards à rattraper. L'échéance prend le pas sur toute autre considération, et on paie, en quelque sorte, des « frais d'accélération ». Rien de tel pour le Biodôme. « Nous aurions ouvert en retard si cela avait été nécessaire pour respecter le budget », dit Serge Talbot. Heureusement, on a pu éviter cette solution extrême. Il existait au départ une marge de manœuvre de deux mois qui, si elle a disparu en cours de route, a permis à tout le monde de terminer à temps. Cette marge de manœuvre était notamment prévue pour l'acclimatation des plantes. Les délais entre les différentes étapes ont pu être resserrés sans que cela nuise au succès des opérations.

Le fait d'avoir à transplanter des végétaux pendant le déroulement des travaux est d'ailleurs un autre aspect inusité de ce contrat peu banal. C'est comme s'il fallait meubler une maison pendant sa construction. Mais avec des meubles fragiles, exigeant des soins méticuleux : on ne pouvait pas installer les plantes et les arbres dans n'importe quel ordre, ni à n'importe quel moment. La période idéale de transplantation pour les arbres de la forêt laurentienne, par exemple, était l'automne. Quant aux arbres tropicaux, ils devaient arriver assez tôt pour avoir le temps de se remettre de leur voyage et d'être pimpants pour l'ouverture. Autant de choses qu'il a fallu orchestrer, au jour le jour. « L'équipe du Jardin botanique représentait heureusement un incomparable réservoir de compétences », dit Serge Talbot. Et elle n'a jamais ménagé ses efforts. « Dans ce projet, c'est d'ailleurs une des choses qui nous a sauvés, en plus de la concertation constante entre spécialistes de toutes disciplines : le dévouement de ceux qui s'occupent des êtres vivants du Biodôme. »

MARIE-CLAUDE DUCAS

LA GÉRANCE DU PROJET

## LA CHARRUE AVANT LES BŒUFS, S.V.P.

**Pour réaliser le Biodôme, il a fallu rompre avec bon nombre de traditions dans le domaine de l'architecture et de la construction. Les appels d'offres et les travaux ont commencé avant même que les plans définitifs ne soient achevés.**

Les plans ont changé plusieurs fois en cours de route. Plus tard, on a commencé à meubler et à décorer l'intérieur pendant que la construction battait encore son plein.

C'est ce qui s'appelle, dans l'argot du métier, l'approche *fast-track*. Traditionnellement, en construction, les différentes étapes sont franchies, l'une après l'autre. En *fast-track* on les conduit simultanément, en les réajustant au besoin, au fur et à mesure. On réserve cette approche à des projets complexes qui doivent être achevés dans des délais très courts. « En fait, c'était la seule façon d'arriver à faire le Biodôme », dit Serge Talbot, architecte à la Régie des installations olympiques, qui a supervisé la gestion des travaux.

La décision d'aller de l'avant a été arrêtée en 1989 et l'échéance visée pour la fin des travaux était la Saint-Jean-Baptiste de 1992, au cœur des célébrations du 350<sup>e</sup> anniversaire de la ville de Montréal. En octobre 1989, les responsables de la gestion avaient choisi les architectes, Tétrault,

Parent, Languedoc et Associés, et la firme qui assurerait la gérance de la construction, A. Janin et Cie, toutes deux de Montréal. Janin avait déjà plusieurs projets importants à son actif, dont la Maison de Radio-Canada et le Complexe Desjardins.

Ces entrepreneurs et architectes ont dû soumettre leurs plans à l'approbation de spécialistes qu'ils ont rarement l'habitude



Eve-Lucile Bourque

# LE TRIOMPHE DU RECYCLAGE

**Transformer le Vélodrome olympique en musée de l'environnement n'était pas seulement une commande technique impressionnante. C'était aussi une idée audacieuse, au point d'apparaître saugrenue de prime abord.**

Quel rapport pouvait-il y avoir entre deux fonctions si différentes ? Il y en avait pourtant un, inspiré de la structure même du bâtiment : la structure de ce vélodrome apparaît comme une gigantesque serre. Il suffisait d'y penser ! Ceux qui connaissaient bien le bâtiment ont d'ailleurs été littéralement conquis dès la présentation du projet.

Le plafond est composé à 60 pour cent d'acrylique transparent. Seule une mousse opaque, glissée entre les deux épaisseurs des panneaux d'acrylique, filtre la lumière et empêche le soleil d'entrer directement. Dès que la mousse a été retirée, au début des travaux, le vélodrome est devenu la grosse bulle transparente qui abrite aujourd'hui plantes et animaux.

Les travaux de transformation n'ont d'ailleurs pas été aussi compliqués qu'on pourrait le croire. « Il n'y avait aucune démolition à faire ! », explique Johanne Falcon, ingénieure. « Il a suffi d'enlever la piste. Nous nous retrouvions ensuite avec un vaste espace vide, que nous pouvions subdiviser et aménager à notre guise. »

Ses allures de petit frère à côté du gros stade nous font parfois oublier les dimensions impressionnantes du Vélodrome : il est long de plus de 180 mètres et large de plus de 120 ; la voûte dépasse 36 mètres à son point le plus élevé. À titre de comparaison, la patinoire du Forum de Montréal fait 26 mètres sur 60, la largeur de l'amphithéâtre ne dépasse guère les 100 mètres et le plafond est haut d'une vingtaine de mètres. « S'il avait fallu construire un édifice à partir de zéro, le Biodôme aurait été impensable avec le budget dont nous disposions », dit

Jean-Pierre Doyon, chef de la Division des opérations.

## Réutilisation maximale

Ingénieurs et constructeurs ont quand même eu fort à faire avec le réaménagement intérieur. Et aujourd'hui, même ceux qui connaissent le vélodrome de fond en comble sont complètement désorientés ! L'ancien « niveau zéro », celui du centre de la piste de course cycliste, est devenu le sous-sol. On y a placé une bonne partie de l'appareillage sophistiqué qui assurera le fonctionnement du Biodôme, comme les tuyaux, les systèmes de filtrage et de refroidissement de l'eau. Le plancher des écosystèmes,

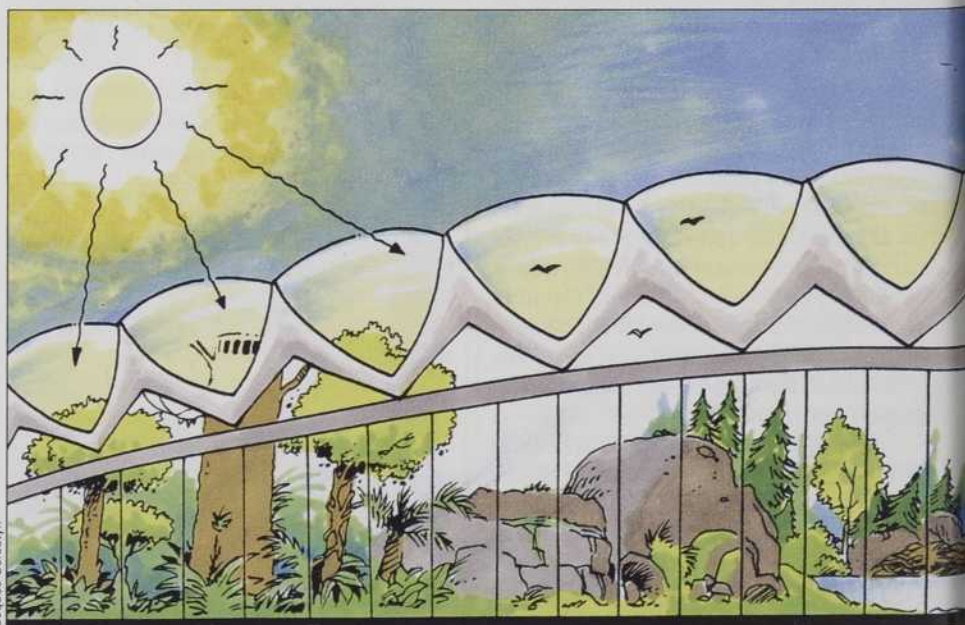
sur lequel se promèneront les visiteurs, a été construit à l'ancien « niveau 200 ».

Plutôt que d'enlever ou de démolir, on a tiré parti le plus possible de ce qui existait. Les gradins sont tous restés en place. Ils servent d'assise aux falaises du Saint-Laurent marin, aux banquises du monde polaire, aux rochers de la forêt laurentienne et à la grotte de la forêt tropicale. On a conservé les quelques locaux que l'on trouvait dans le vélodrome, comme l'ancienne salle de presse et l'atelier de mécanique, pour en faire, entre autres, la clinique vétérinaire. Les systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation qui étaient déjà en place ont presque tous repris du service.

Certains de ces « recyclages » sont proprement étonnants. Ainsi, tout était déjà en place pour la fabrication du froid polaire ! Le vélodrome comportait une patinoire, qui n'a d'ailleurs servi que deux fois. Les refroidisseurs au glycol, employés dans la fabrication de la glace, servent maintenant à la climatisation des écosystèmes de l'Arctique et de l'Antarctique. Évidemment, étant donné les besoins très particuliers et très précis du Biodôme, il a aussi fallu beaucoup de nouvel équipement. Le bâtiment est malgré tout réutilisé à 99 pour cent, ce qui, vu son changement radical de fonction, représente une véritable prouesse de récupération.

## Un édifice intelligent

Tout le Vélodrome, qui est en quelque sorte une grosse coquille, repose sur quatre points d'appui. L'un, du côté est, est le point



Jacques Goldstyn



Eve-Lucie Bourque



Ville de Montréal

**Le Biodôme sorti de sa chrysalide, et tel qu'il apparaissait dans sa vie antérieure ...**

de départ des trois arches principales qui soutiennent toute la voûte. Les trois autres, du côté opposé, sont les points d'arrivée de ces arches. Comme le tout repose sur une base rocheuse, mais fracturée, les arches sont attachées par des câbles d'ancrage scellés en profondeur dans du roc plus solide.

La stabilité de l'ouvrage dépend entièrement de ces quatre points d'appui ; on a donc installé toute une batterie d'instruments à l'affût de leurs moindres déplacements. Les variations de mouvement des fondations, la tension des câbles d'ancrage et la moindre variation d'angle de la voûte sont mesurés par une multitude de senseurs placés un peu partout dans l'édifice.

Tous ces instruments, mis en place dès la construction du Vélodrome, dans les années 70, ont fait l'objet d'une cure de rajeunissement. Comme le Biodôme, avec ses bassins, sera beaucoup plus humide, on a ajouté des hygromètres dans la voûte pour mesurer constamment le degré d'humidité. Et surtout, on a informatisé toutes les mesures. Il faut se souvenir que les micro-ordinateurs n'existaient tout simplement pas il y a vingt ans ! Il fallait plusieurs semaines pour établir le bilan de santé du Vélodrome. On devait pour cela relever des centaines de mesures, les compiler et les comparer à une table de mesures normales, et reprendre périodiquement cette lourde procédure.

Désormais, toutes les données sont constamment stockées et analysées par

ordinateur. La moindre anomalie sera signalée dès son apparition. Gérard Ballivy, ingénieur-géologue, responsable de cet aspect du Biodôme, avait travaillé à l'installation de l'équipement au moment de la construction du Vélodrome. « Le Biodôme, conclut-il, sera intelligent au point de nous prévenir immédiatement s'il se sent mal ! »

## La Norvège à la rescousse

**T**rès vite, au moment de la conception du Biodôme, s'est posé l'épineux problème de l'entretien de la voûte. Plus question d'aller planter une grue ou un échafaudage au cœur d'un bassin ou de la forêt tropicale ! Or, la voûte a besoin d'une multitude de soins réguliers. Les lanternes (ces verrières d'acrylique qui laissent entrer la lumière) doivent être tenues rigoureusement propres. L'équipement pour la ventilation de la voûte et les gicleurs, maintenant obligatoires pour la prévention des incendies, doivent être scrupuleusement entretenus.

Une firme de Montréal, Échafaudage Du-For, a songé à une solution simple et brillante : l'installation de monorails, permettant aux responsables de l'entretien de circuler sur des plates-formes. Mais plusieurs problèmes subsistaient encore. Le système prévu, en acier, coûtait cher. Il risquait aussi d'être difficile à installer et, une fois en place, d'être trop lourd et trop apparent. De plus, pour avoir accès à n'importe quel point de la voûte, il fallait pouvoir se déplacer verticalement à certains endroits, ce qui semblait impossible.

C'est une rencontre imprévue, à peine deux semaines avant la date fixée

pour le dépôt des offres, qui allait apporter des solutions. En effet, en visitant un salon spécialisé à Boston, Benoît Duplessis, vice-président de Du-For, rencontre par hasard le président de Koltek, une firme norvégienne spécialisée dans les systèmes d'accès sur monorails. Koltek pouvait déjà résoudre presque tous les problèmes du Biodôme. Ses monorails en aluminium sont moins chers, plus légers et plus faciles à adapter à différentes structures. De plus, un dispositif permet, justement, des déplacements verticaux.

M. Duplessis fonde alors sa propre entreprise, Magik, qui perfectionne la technologie norvégienne. Comme les rails, qui devaient suivre les nombreuses courbes de la voûte, étaient à peu près impossibles à fabriquer en usine, Magik a mis au point une machine portable permettant de les mouler sur place, au fur et à mesure. Elle a aussi imaginé une plate-forme télescopique qui, en couvrant deux rangées de lanternes, demande deux fois moins de rails. C'est ainsi que l'on pourra laver les lanternes ou réparer la ventilation sans traumatiser les oiseaux tropicaux, déranger les castors ou irriter les lynx...

MARIE-CLAUDE DUCAS

# LE FAUX AU SERVICE DU VRAI

**La commande des scientifiques aux architectes-paysagistes et ingénieurs responsables de l'aménagement intérieur du Biodôme était audacieuse. La réponse l'a été tout autant : elle repose à la fois sur l'imagination et la technologie.**

**R**econstituer quatre écosystèmes habités à l'intérieur d'un bâtiment originellement conçu pour un autre usage impose mille et une contraintes. L'équilibre d'un écosystème est fragile. Il se maintient dans des conditions très précises de température, d'humidité, d'éclairage, de géomorphologie, de sol, en présence d'une faune et d'une flore particulières dont les territoires sont bien circonscrits. La nouvelle vocation du Biodôme s'accompagne d'exigences nombreuses. On attend d'un musée qu'il fasse voir et comprendre de façon intéressante, agréable, sécuritaire ; on exige d'un laboratoire écologique qu'il fonctionne dans des conditions rigoureuses, scientifiquement établies et maintenues. Le Biodôme doit relever ces deux défis.

Comment, dans de telles conditions, faire cohabiter des milieux différents, sains et parfaitement contrôlés ? En créant d'immenses décors où le vrai et le faux se côtoient sans jamais détruire l'illusion, en donnant à l'ensemble un caractère d'authenticité.

## Du faux pour de bonnes raisons

Quatre écosystèmes, quatre tableaux. Chaque tableau représente un morceau de paysage typique d'une zone climatique. Ces tableaux sont l'œuvre des architectes-paysagistes. Ce sont eux qui ont conçu et placé tous les éléments du décor, les vrais comme les faux, en tenant compte de données biologiques et scientifiques, d'objectifs éducatifs, de règles esthétiques, de l'architecture du bâtiment et de ses composantes techniques ; qui ont traduit le concept en

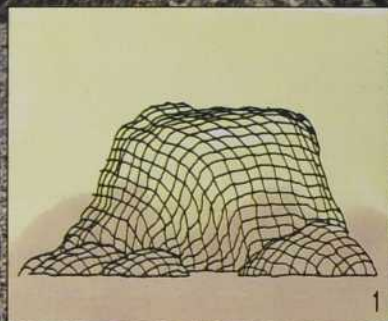
plans, dessins de construction ou d'implantation, maquettes, matériaux, coûts.

La firme Williams, Asselin, Ackaoui et Associés, de Montréal, a pris la direction des opérations. Elle s'est adjoint deux experts internationaux : Maurizio Russo, un spécialiste des pierres, et Robert Hartwig, un maître de l'horticulture, surtout tropicale. Les scientifiques n'étaient jamais bien loin.

Cette équipe d'experts a façonné pour chaque écosystème un relief accidenté, riche en courbes et en niveaux. Cette succession de dalles et de plans d'eau étagés découpe une ossature puissante, étanche, non corrosive, capable de retenir des tonnes d'eau, de recevoir la couche de terre de 1,5 m qui recouvre les aires de plantation, de soutenir les structures d'acier et les murets qui servent d'assises aux rochers. Des rochers – il faut bien le dire puisqu'il n'y paraît pas – qui sont tous faux.

Ces rochers préfabriqués, formant falaises, corniches, plateaux, berges, littoral, composent l'essentiel du décor sculpté qui sert d'habitat aux animaux et aux plantes du Biodôme. Il y a aussi de faux arbres, dont les quatre colosses qui dominent la forêt tropicale, et de faux accessoires, les moules et les crustacés qui s'accrochent aux parois du bassin du Saint-Laurent par exemple. On a aussi garni de quelques plantes artificielles des endroits en retrait, escarpés et difficilement accessibles.

Pourquoi faire un si grand usage du faux ? Les raisons ne manquent pas. Même avec toute la foi du monde, il était impensable de déplacer autant de rochers. Une question de coût, mais aussi de poids : la vraie roche est beaucoup trop lourde. Une sculpture évidée en béton l'est beau-



La pre  
une re  
coup  
comme  
quatre  
elles  
tous  
aimen  
frid,  
habite  
gents  
cale,  
neur  
la voi  
les ar  
fonct  
barre  
des d  
des  
la fâc  
atres  
ils ce  
quon  
tropi  
directe  
La lan  
fée, ce



Eve-Lucie Bourque

**La peintre Christiane Gagnon faisant une retouche sur de fausses balanes.**

coup moins. En outre, elle peut servir de camouflage. Ces structures cachent les quartiers de nuit et les grottes des animaux, elles dissimulent des passages, camouflent tous les systèmes vitaux du Biodôme qui alimentent en eau, en air, en chaleur, en froid, en humidité, en énergie les différents habitats.

Et les arbres, alors ? Les arbres géants, si caractéristiques de la forêt tropicale, n'auraient pu se développer à l'intérieur du Biodôme, malgré la hauteur de la voûte. En plus de servir de canalisations, les arbres artificiels remplissent d'autres fonctions bien précises. Ici, ils servent de barrières afin de circonscrire les territoires des différentes espèces. Là, ils accueillent des hôtes, singes ou oiseaux, qui ont la fâcheuse habitude d'endommager les arbres sur lesquels ils s'installent. Ailleurs, ils cachent un dispositif particulier. Pourquoi pensez-vous que l'anaconda de la forêt tropicale se prélassse près de la vitrine, directement sous les yeux des visiteurs ? La branche sur laquelle il se tient est chauffée, ce qui l'attire.

## Le paradoxe du faux et du vrai

Le travail de conception des rochers illustre bien le paradoxe de faire vrai à partir du faux. Des observations sur le terrain ont permis de saisir l'âme de la pierre. Des esquisses et des photos ont été rapportées d'expéditions sur des sites naturels en Mauricie, dans Charlevoix, au Costa Rica. Pour les îles sub-antarctiques et le Labrador, renseignements et photos ont été fournis par des consultants. Des scénarios géomorphologiques vraisemblables ont été élaborés à partir de cette recherche. Ils ont guidé les architectes-paysagistes dans le choix et la disposition des éléments.

Les tableaux ont été bâtis autour de la roche dominante de chaque écosystème. Le gneiss abonde dans la forêt laurentienne, le granite découpe les falaises du Saint-Laurent marin, le calcaire est très présent dans la forêt tropicale, le schiste et le basalte caractérisent les zones sub-arctique et sub-antarctique. Mais on n'a pas négligé, pour autant, les détails. Ainsi ce n'est pas par hasard si les cailloux et le gravier au pied de la cascade de la forêt tropicale sont différents des rochers voisins. Ils sont la conséquence de l'érosion d'un rocher en amont ; l'eau les a charriés jusqu'au pied de la chute.

## La fabrication des illusions

Les responsables du Biodôme ont recruté le grand spécialiste des faux décors, Merv Larson, de Tucson, en Arizona. Larson avait comme partenaire québécois la firme Andramon, qui a profité de ce transfert de savoir-faire. En contrepartie, Andramon a réuni des ouvriers et des artistes pour modeler, sculpter et peindre ces rochers. Le résultat est étonnant.

Le béton est un matériau polymorphe – on peut lui donner les formes les plus diverses – et d'une grande plasticité. Il était le matériau tout désigné pour ces travaux de sculpture. La recette a été modifiée afin de contrer son grand ennemi, l'humidité, qui, en provoquant une expansion de la structure de métal, le fait craquer. On a donc dosé différemment les ingrédients pour que le béton contienne le moins d'eau possible. On a remplacé la cendre volcanique, habituellement utilisée par Larson, par de la fumée de silice, une matière que l'on trouve

en abondance au Québec et qui imperméabilise davantage. On a ajouté des fibres de polypropylène pour éviter le fissurage de retrait au moment du séchage. Ces modifications ont quelque peu affecté la malléabilité du béton, ce qui a rendu plus difficile le travail des sculpteurs. Les résultats ne laissent rien soupçonner.

La fabrication des rochers fait appel à deux techniques de base. La première, schématisée par les illustrations de la page 8, a été utilisée pour les rochers dont la surface est uniforme ou qui sont éloignés des visiteurs. La forme désirée est obtenue grâce à des tiges métalliques (1). Cette structure est ensuite recouverte de béton projeté (2). Des sculpteurs modèlent alors les différents blocs à la truelle ou au ciseau (3).

Pour les rochers les plus exposés à la vue on utilise plutôt une technique de moulage. Un rocher naturel offrant les caractéristiques recherchées est recouvert de latex. Le moule ainsi obtenu est tapissé de plâtre, de fibre de verre et de béton. Ces moulages, préfabriqués à Tucson, sont d'un prix plus élevé, mais le réalisme poussé de cette technique en vaut bien la différence.

Dans l'une et l'autre technique, la touche finale appartient aux peintres (4). Ce travail exige une minutie de tous les instants, un contrôle parfait du pinceau et du vaporisateur, un œil exercé, un sens peu commun des textures, une maîtrise absolue des techniques pointillistes d'application des couleurs. Le produit fini : des rochers qui ressemblent à s'y méprendre à des rochers authentiques, au point que le gneiss de la forêt laurentienne, avec ses reflets rosés et cuivrés, semble réagir à la lumière.

Les autres éléments artificiels du décor ont été soit préfabriqués à Tucson, soit sculptés et peints sur place selon des techniques similaires, avant de se fondre à leur tour dans la végétation naturelle propre à chaque écosystème. Les arbres, arbustes, vignes et plantes sélectionnés répondent à trois critères : authenticité, esthétique, fonction. Nombre de végétaux ont en effet été utilisés pour camoufler les divisions entre les territoires des animaux, pour estomper les arbres artificiels. Qui peut aujourd'hui distinguer, exception faite peut-être des quatre géants de la forêt tropicale, les faux arbres des vrais ? Qui peut situer la frontière entre le contour sculpté d'un étang et son littoral marécageux, entre la berge érodée artificielle du ruisseau et le sous-bois où fleurit le trille et se répand la fougère ? Le vrai et le faux ne font plus qu'un au service de la vie.

# DU MOMENT QUE LA BASE EST SOLIDE...

**Au Biodôme, dans un contexte de climats si différents, le béton subit des contraintes énormes. De plus, il est loin de présenter les angles droits auxquels sont habitués les ingénieurs ! Pour le Groupe SM, responsable de l'ingénierie de structure du Biodôme, le défi était donc de taille.**

Chacun des écosystèmes reconstitués du Biodôme repose sur une infrastructure de béton et d'acier très accidentée qui lui donne son relief. Cette base supporte des pressions énormes. Elle exerce également de fortes pressions sur les murs et fondations du Biodôme, occasionnant d'importants problèmes d'appui et de répartition du poids.

Le béton peut épouser les formes les plus diverses. Armé de tiges métalliques, il résiste à des efforts de flexion et de traction élevés. Il a donc tout naturellement servi de matériau pour construire les infrastructures. Par contre, sa sensibilité aux conditions climatiques – le béton a tendance à prendre de l'expansion et à éclater sous l'effet de la chaleur, à se contracter et à se fissurer sous l'influence du froid – ne pouvait être négligée dans un contexte de climats contrastés comme celui du Biodôme.

Lorsque les variations se produisent à l'intérieur d'un même écosystème, le problème prend des proportions nouvelles. Dans le monde polaire, notamment, le béton subit plusieurs passages du chaud au froid et vice-versa. Les ingénieurs ont multiplié les calculs pour évaluer ses mouvements, d'autant plus qu'ils devaient tenir compte d'une contrainte de masse et d'un problème

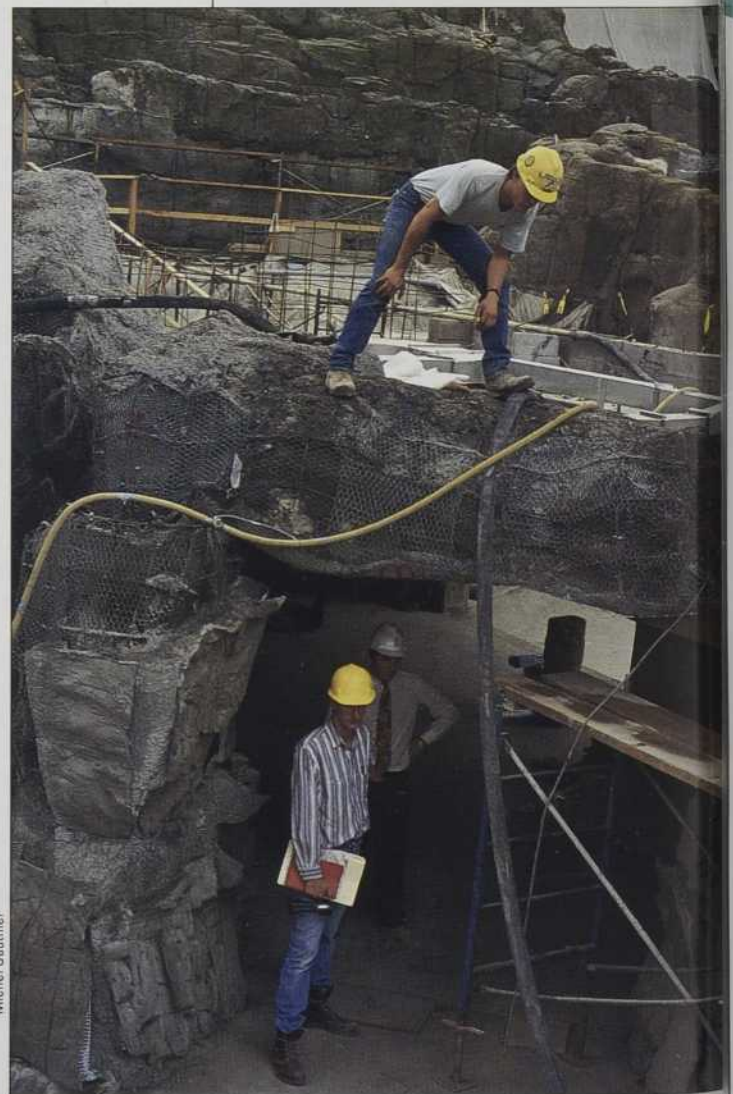
d'appui. Sans ordinateur, l'équation ne serait probablement pas encore résolue.

Travailler dans un bâtiment recyclé amène des contraintes supplémentaires et la configuration des lieux peut être à l'origine de nombreux problèmes. Ce fut le cas lors pour la construction des deux bassins du Saint-Laurent marin : le bassin-estuaire et le bassin d'isolation, qui sont reliés par un passage bétonné.

L'estuaire du fleuve est représenté par un bassin d'une profondeur de 6,2 m avec quelques hauts fonds pour le repos des mammifères marins. Il contient 2,5 millions de litres d'eau. C'est un bassin hors terre. Ses côtés ne sont donc pas soutenus par le sol environnant. D'où la nécessité de l'asseoir solidement sur le roc de fondation. En dégagant le roc du sol meuble qui le recouvrait, on a découvert une faille de 5,5 m de profondeur qu'il a fallu bétonner. Le bassin d'isolation, lui, s'est retrouvé 6 m dans les airs parce qu'il fallait contourner et surplomber les anciens gradins du Vélodrome et certains équipements mécaniques. Pour appuyer ce bassin et satisfaire aux normes sismiques, des contrevents et des murs de refend ont dû être construits.

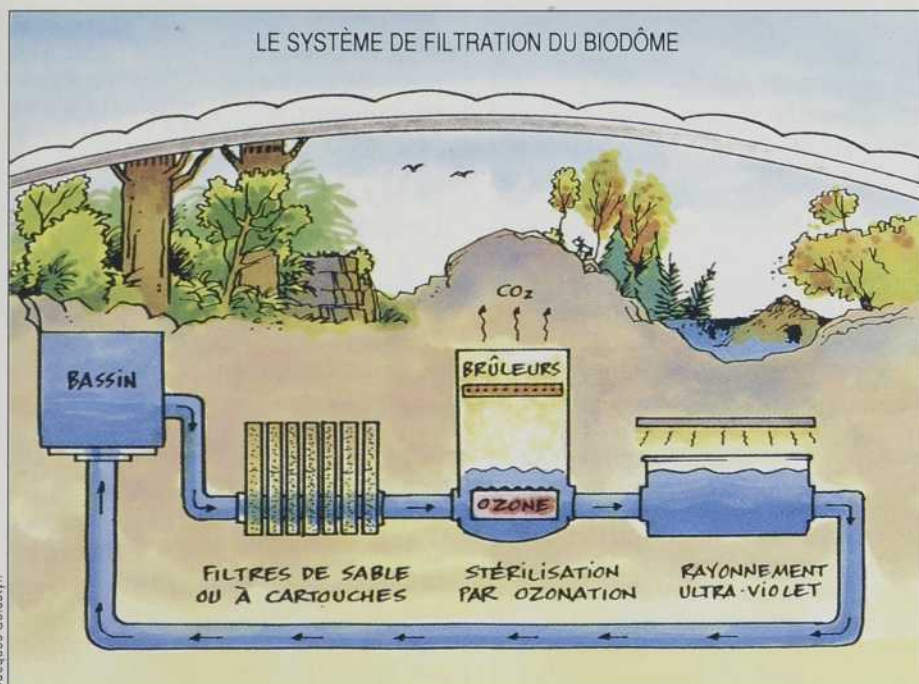
Le béton a beau être polymorphe, il y a des formes qu'il aime moins que d'autres. En fait, il affectionne uniquement les lignes continues. Le bassin de l'estuaire du Saint-Laurent déroge à cette règle. La place sous-marine aux parois translucides, d'où les visiteurs observent la faune marine comme s'ils étaient dans un bathyscaphe, a la forme d'une demi-rotonde. Ses arêtes deviennent des points de contraintes maximales. Pas question d'ajouter de l'acier d'armature : la trop grande rigidité de la structure représenterait un risque de fissuration. On a donc choisi de consolider les arêtes en ajoutant du béton, surtout à la base.

Le béton a aussi façonné les falaises de granite qui encavent l'estuaire du Saint-Laurent. Partout dans cet univers marin, de la fumée de silice et des superplastifiants entrent dans la composition du béton pour réduire sa teneur en eau, le rendre moins poreux et plus imperméable. Sans la solidité et l'étanchéité du béton les écosystèmes n'auraient tout simplement pas pu être reproduits.



Michel Gauthier

## LE SYSTÈME DE FILTRATION DU BIODÔME



Jacques Goldstyn

L H Y D R A U L I Q U E

# UNE EAU PROPRE, PROPRE

***Sous tous les climats et toutes les latitudes, l'eau est indispensable à la vie. Pas étonnant que le Biodôme consomme de façon continue près de quatre millions de litres d'eau, douce ou salée.***

L'eau du Biodôme se partage entre les nombreux bassins, étangs, marécages, cascades, rivières qui découpent les différents paysages ; elle circule dans le réseau complexe de canalisations qui dessert les zones de végétation.

Cette eau doit être chimiquement aussi pure que possible, afin de créer des milieux aquatiques sains, et de mieux contrôler les apports nourriciers des plantes. Cette pureté est aussi gage de limpidité, une caractéristique fort importante si on veut que les visiteurs puissent observer facilement, derrière les baies vitrées, les mammifères de l'estuaire du Saint-Laurent, les piranhas des tropiques, les castors dans leurs cabanes inondées ou encore ces champions nageurs que sont les manchots.

Des systèmes hydrauliques ont été mis au point pour pomper, traiter, acheminer l'eau puisée directement de l'aqueduc

municipal. Les méthodes de filtration, les procédés de stérilisation font appel aux techniques écologiques de pointe. L'eau utilisée au Biodôme emprunte plusieurs parcours qu'elle refait constamment, car elle est presque entièrement recyclée et réutilisée. Cette régénération constante de la même eau en circuit fermé constitue un véritable tour de force, dans l'esprit du développement durable.

### Le système sanguin du Biodôme

Le Biodôme compte 46 plans d'eau, incluant 20 bassins de réserve, où vivent la faune et la flore aquatiques de chacun des écosystèmes. Chaque plan d'eau a son propre système hydraulique : on ne mélange jamais les eaux de deux bassins afin d'éviter toute contamination et la propagation des mala-

dies. L'alimentation et la régénération de leurs eaux forment un réseau complexe, à l'image de notre système sanguin.

Il faut descendre dans le ventre du Biodôme pour apprécier des yeux et des oreilles l'ampleur de ces installations fort discrètes en surface. Dans les sous-sols s'alignent et grondent quelque 50 pompes, autant d'unités de filtration et de réservoirs de toutes tailles, une trentaine d'émetteurs ultraviolets, une vingtaine d'échangeurs, quatre tours d'ozone, deux tours de percolation et, enfin, un labyrinthe de conduites de toutes grosseurs.

La conception de ces différents systèmes a nécessité des essais en laboratoire d'hydraulique. Elle a aussi donné lieu à des échanges entre les ingénieurs-conseils responsables, Bouthillette, Parizeau et Associés, de Montréal, et la firme Enartec de San Diego, spécialisée dans les systèmes pour aquariums, dont l'expérience a été précieuse pour déterminer les débits et les vitesses, choisir les produits, etc. Cette collaboration a également permis d'introduire et de mettre à l'essai au Québec des techniques nouvelles et plus écologiques.

### À l'heure de l'écologie

L'eau du Biodôme ne contient pas de chlore. Elle subit un traitement mécanique ou bactériel adapté au nombre et à la nature des polluants. La tuyauterie ne contient aucun métal. Elle ne produit donc aucune émanation toxique qui pourrait menacer la faune aquatique.

Le nettoyage des eaux allie filtration et stérilisation. Deux procédés de filtration sont utilisés. Le moins élaboré fait passer l'eau à travers des filtres, au sable ou à cartouches, qui retiennent les matières en suspension. Si nécessaire, l'eau poursuit sa course à travers des filtres biologiques. Ces filtres utilisent des bactéries qui éliminent les déchets organiques solubles dans l'eau. Quant à la stérilisation, qui détruit les micro-organismes, élimine les odeurs et rend l'eau limpide, elle se fait soit par ozonation, soit à l'aide de rayons ultraviolets.

Les grands bassins du Saint-Laurent, du monde polaire, le lac aux castors de ceux de la forêt laurentienne sont stérilisés par ozonation. Dans ce procédé, l'eau est mise en contact avec de l'ozone. Cet isotope de l'oxygène réduit les concentrations d'ammoniacale, brûle les matières organiques, détruit les phénols et les éléments pathogènes en plus d'aérer l'eau. L'ozone est

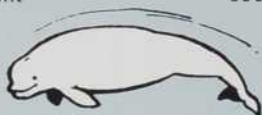
## Le Saint-Laurent dépollué en 90 minutes

**L**e bassin de l'estuaire du Saint-Laurent contient 2 500 000 litres d'eau salée. Cette eau a été fabriquée sur place, à partir de l'eau de l'aqueduc. Après avoir été pompée, l'eau séjourne dans un réservoir le temps que le chlore s'évapore. Cette eau déchlorée est alors chauffée à l'aide d'un échangeur de vapeur pour dissoudre une trentaine de sels différents. Une fois refroidie, elle est salée avant d'être transférée dans les bassins. La fabrication se poursuit à petite échelle dans le but de compenser les pertes dues à l'évaporation.

La filtration des eaux de cet immense bassin se fait en deux étapes. Dans un premier temps, l'eau traverse six filtres de sable de 3,7 m de diamètre sur 4 m de hauteur. Elle passe ensuite à travers un filtre à percolation. Ce filtre est composé de 180 000 billes synthétiques, ou percolateurs, colonisées par des bactéries. Les billes ont un diamètre de 9 cm et sont faites

de matière plastique perforée afin de maximiser la surface où les colonies bactériennes peuvent se fixer. La stérilisation finale est obtenue par ozonation. Il faut 90 minutes pour régénérer l'eau de tout le bassin.

Pour éviter le rejet à l'égout de l'eau salée au moment des lavages à contre-courant des filtres, un système de filtration secondaire traite et récupère l'eau de « mer ». La partie non récupérée sert de nouveau au lavage des filtres. La production de l'eau salée est coûteuse : on en perd donc le moins possible. Le système hydraulique du Saint-Laurent marin comprend encore deux machines auxiliaires : l'une qui reproduit le bruit des vagues frappant les rochers ; l'autre qui produit ces vagues et fait onduler les plantes aquatiques. Ce n'est pas uniquement pour créer de l'ambiance : ce beau mouvement assure la reproduction des plantes.



produit par un générateur placé dans une tour d'environ 9 m de haut. L'ozone entre en contact avec l'eau au pied de la tour et s'évapore vers le sommet, où il est brûlé avant d'être rejeté à l'extérieur sous forme de CO<sub>2</sub>.

Pour les bassins de moindre capacité, comme la rivière de la forêt tropicale, qui est en fait une succession de petits bassins distincts, on se contente de faire circuler l'eau à travers des tubes contenant des lampes émettant des rayons ultraviolets. Le temps et l'intensité d'exposition dépendent des bactéries à éliminer.

Le Saint-Laurent marin, avec son large estuaire, requiert plusieurs systèmes hydrauliques (voir l'encadré « Le Saint-Laurent dépollué en 90 minutes »). La présence de mammifères marins y rend particulièrement complexe le traitement de ses eaux. Même chose au lac des castors, où les pensionnaires rongent chacun, tous les jours, six arbres de 4,5 m de long et d'un diamètre d'environ 4 cm. Les techniques écologiques avancées choisies par les concepteurs du Biodôme auront certes la chance de démontrer toute leur efficacité.

D'un écosystème à l'autre, la température des plans d'eau varie

considérablement. À l'intérieur d'un même écosystème, elle est constante. Elle est de 10 °C dans le bassin du Saint-Laurent et le lac des castors. Elle atteint 25 °C dans la rivière

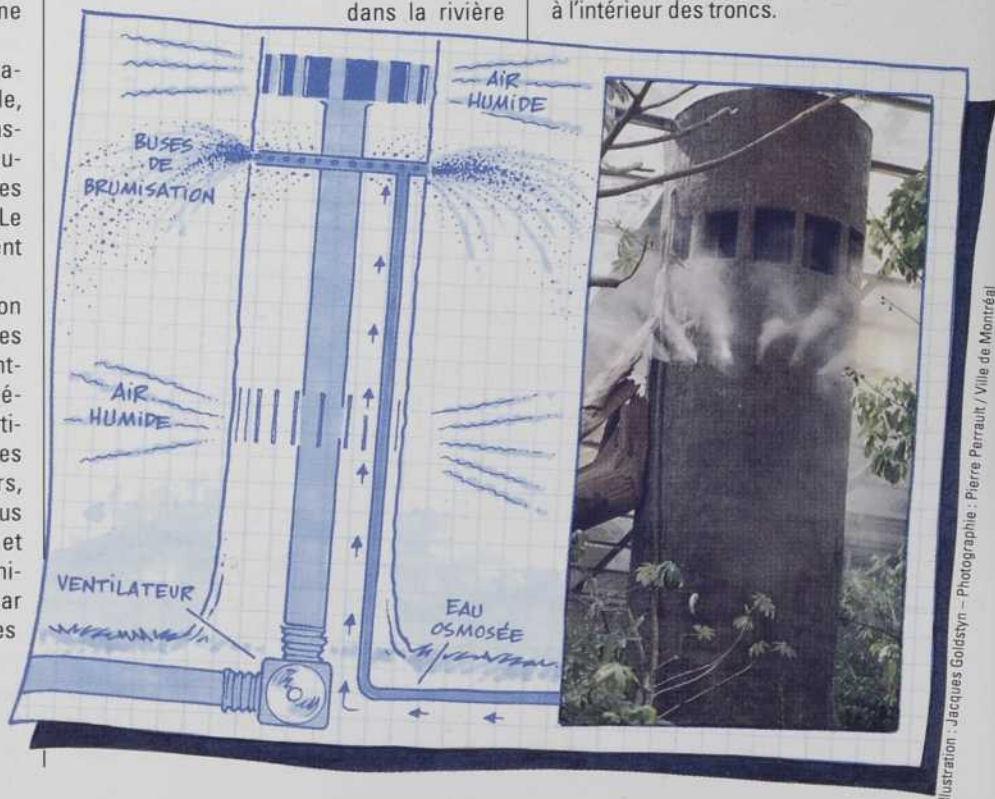


Illustration : Jacques Goldsby - Photographie : Pierre Perrault / Ville de Montréal

de la forêt tropicale. Une chaîne d'échangeurs de chaleur (eau / vapeur) et de froid (eau / eau glacée) amène l'eau à la température voulue pour la faire passer d'un écosystème à l'autre.

### Le système capillaire du Biodôme

La végétation des écosystèmes est alimentée en eau par un réseau de canalisations aux ramifications multiples qui font penser à nos vaisseaux capillaires. Y circule une eau déminéralisée par osmose inverse, un traitement effectué à l'intérieur même du Biodôme.

Il n'y a pas que l'arrosage traditionnel qui fournisse aux plantes l'eau et l'humidité dont elles ont besoin. En certains endroits, des tuyaux perforés enfouis dans le sol produisent un suintement régulier. Ailleurs, le sol est saturé d'eau au point de se transformer en boue humide.

Dans la forêt tropicale, l'humidité relative est maintenue à 80 pour 100 en tout temps au moyen de la brumisation. De très fines gouttelettes d'eau sont projetées dans l'air et sur le feuillage où elles se maintiennent en suspension, provoquant un effet de brume. Les buses ou petits tuyaux courts qui servent à cet arrosage microscopique forment couronne autour du tronc des quatre arbres géants qui dominent cette forêt. Les tuyaux d'alimentation sont dissimulés à l'intérieur des troncs.

# LES TROPIQUES À MONTRÉAL

**Une visite au Biodôme donne des sueurs. Des sueurs chaudes dans la forêt tropicale et, l'été, dans la forêt laurentienne. Des sueurs froides sur les falaises du Saint-Laurent marin et durant l'hiver laurentien.**



Eve-Lucie Bourque

Pour créer dans un même bâtiment quatre écosystèmes aussi bien caractérisés – cinq en fait, l'Arctique et l'Antarctique ayant des saisons opposées et des climats différents – il faut respecter plusieurs conditions, résoudre bien des problèmes.

***Sous sa bulle de verre, la forêt tropicale illustre bien le concept de « contention climatique ». Dans le même bâtiment se côtoient les climats tropicaux, tempérés et polaires, complètement isolés les uns des autres.***

## La contention climatique

Pour conserver leur personnalité, les écosystèmes doivent être totalement indépendants et complètement isolés les uns des autres. C'est ce qu'on appelle la contention climatique. Au Biodôme, cette contention devait être réalisée sans nuire à la signature architecturale de l'édifice, sa voûte en lanterneaux. On a donc retenu – sauf pour la forêt tropicale, qui pose des problèmes particuliers – des solutions qu'on pourrait qualifier de légères. En effet, on a édifié des cloisons verticales entre les écosystèmes, mais des cloisons qui n'atteignent pas la voûte.

Dans chaque écosystème, l'atmosphère n'est donc vraiment contrôlée que dans l'espace compris entre le sol et le sommet de ces cloisons. Les arbres de la forêt laurentienne en ont fourni une preuve éclatante à leur premier printemps. Les bourgeons des arbres des falaises et de la cime des grands arbres ont débouffé prématurément : la chaleur plus élevée près de la voûte ayant signalé la fin de leur dormance hivernale, ils se sont parés de jeunes feuilles plus tôt que les autres.

Des passages relient les écosystèmes. Ces zones sont appelées, à juste titre, des écotransits. Une soufflerie forme un véritable rideau d'air qui repousse l'air qui chercherait tout naturellement à sortir ou à entrer au moment de l'ouverture des portes. L'air froid est attiré par l'air chaud et vice-versa. Par exemple, en hiver dans la forêt laurentienne, il faut empêcher l'air intérieur d'aller vers l'écotransit plus chaud. En été, c'est l'air de l'écotransit plus frais qui cherche à entrer. L'opération du rideau d'air est donc inversée selon les saisons.

Dans la forêt tropicale, où l'air est particulièrement chaud et humide, de telles méthodes s'avéraient énergivores et trop coûteuses. La forêt tropicale a donc été placée sous bulle. L'opération s'annonçait relativement simple jusqu'à ce que les architectes et les scientifiques fassent connaître leurs exigences : ni ombre au sol causée par les structures, ni colonnes visibles. La première condition a été respectée en orientant et en disposant avec précision les fermes et autres éléments structuraux de la verrière. Pour satisfaire à la seconde, on a dû dissimuler les colonnes dans les quatre arbres géants de la forêt tropicale. Ces colonnes sont autoportantes et s'ajustent aux mouvements de la voûte de verre.

Quant au monde polaire, il comprend en fait deux écosystèmes : l'Arctique et

l'Antarctique, ou plus précisément les zones sub-arctique et sub-antarctique. L'écart de température entre les deux (le premier est à  $-2^{\circ}\text{C}$  et le second à  $-15^{\circ}\text{C}$ ) est suffisamment grand pour qu'il soit préférable de séparer les deux écosystèmes.

## La création des climats

Ce n'est pas tout d'isoler les climats. Encore faut-il établir dans chaque zone le bon climat et lui permettre d'évoluer en fonction de l'heure du jour et des saisons. La marge de manœuvre est parfois très mince. Ainsi, un écart d'un degré seulement pourrait compromettre la dormance hivernale des arbres de la forêt laurentienne.

En plus d'être séparées l'une de l'autre, les zones arctique et antarctique sont isolées de l'extérieur, ce qui permet d'exercer un meilleur contrôle. En été, il faudra déshumidifier, sinon le paysage se trouverait noyé dans la brume ou la neige perpétuelle, au grand dam des visiteurs. En hiver, par contre, il faudra maintenir un froid intense et un faible taux d'humidité.

## Les poumons du Biodôme

Environ 500 000 litres d'air à la seconde circulent dans le système de ventilation du Biodôme. Près du quart de cet air est constamment renouvelé : le Biodôme en reçoit et en évacue 120 000 litres par seconde. L'air qui sort des bouches d'aération est dirigé de façon à favoriser la croissance de la flore sans gêner les animaux ou le public.

L'air du Biodôme est chauffé, refroidi, déshumidifié en fonction des besoins de chaque écosystème. Il est aussi filtré. La filtration se fait à l'aide de filtres à poche conventionnels de la meilleure qualité. Partout, au moins 85 pour 100 des particules sont éliminées. En certains endroits, l'efficacité des filtres atteint 99,9 pour 100. C'est le cas dans le monde polaire où la densité animale est forte. Comme il faut davantage de pression pour pousser l'air à travers des filtres aux perforations très petites, le système de filtration du Biodôme est assez énergivore.

Il était rentable de conserver les systèmes de ventilation-climatisation déjà en place, quitte à les modifier pour accroître leur efficacité. Des raisons économiques justifient également la décision d'alimenter le Biodôme en eau refroidie et en vapeur à partir de la centrale thermique du com-

plexe olympique. En cas de panne, une génératrice d'urgence se portera au secours du vivant.

Des contraintes d'ordre esthétique sont venues compliquer encore le travail de la firme d'ingénieurs Pageau, Morel et Associés, qui avait décroché le contrat de ventilation, climatisation, régulation et énergie. Les conduites d'air, les grilles, les diffuseurs devaient être cachés à la vue des visiteurs, sinon très discrets. L'imagination

est venue à bout de tous les obstacles. En plus de dissimuler les colonnes, les grands arbres évidés de la forêt tropicale servent de conduites de ventilation pour acheminer l'air à des rainures situées à mi-hauteur et à des diffuseurs motorisés placés plus haut. La végétation a servi de paravent. Les rochers sont devenus des passages. Les visiteurs en oublient qu'ils parcourent des univers où rien n'est laissé au hasard.

L É C L A I R A G E

# QUE LA LUMIÈRE SOIT !

*Grâce à sa voûte sculptée par 58 lanterneaux et à ses parois latérales largement vitrées, la lumière naturelle pénètre abondamment dans le Biodôme. Pourtant, là encore, on a dû faire appel à la technologie pour aider la nature.*



Eve-Lucie Bourque

**L**a longueur du jour, l'angle du soleil, le niveau d'ensoleillement influencent les saisons et les climats. On imagine facilement le défi de reproduire sous un même ciel, en profitant de la lumière natu-

relle, des climats opposés. Dans tous les écosystèmes – sauf celui des tropiques – les jours sont plus courts en hiver qu'en été. Ils ne sont toutefois pas être d'égale durée d'un écosystème à l'autre. C'est donc à partir

de ce photopériodisme fort variable que les systèmes d'éclairage ont été conçus.

Il y avait cependant des préalables à respecter : mesurer les conditions qui prévalent normalement à l'intérieur du Biodôme au cours des quatre saisons de l'année mont-réalaïse et établir des projections adaptées à la faune et à la flore qui y seront installées. Cette tâche a été remplie par un spécialiste américain qui disposait du logiciel approprié.

Il n'est pas étonnant d'apprendre que c'est dans la forêt tropicale que l'addition d'éclairage est le plus nécessaire. Sous les tropiques, la durée du jour est de douze heures toute l'année et les rayons solaires frappent plus directement. Au Biodôme, en été, l'éclairage n'est pas vraiment un problème, mais en hiver, il faut compenser largement le manque de lumière par des niveaux qui peuvent atteindre 16 000 lux à certaines périodes et dans certaines sections. Inutile de dire que cela contribue au chauffage ! Par comparaison, la norme habituelle dans les bureaux est de 650 lux.

Cet éclairage artificiel intense fonctionne autant que possible en dehors des heures de visite, de 6 heures à 10 heures du matin par exemple. Le visiteur ne risque donc pas de voir plusieurs soleils dans le ciel équatorien causés par les cercles jaunes des lampes au sodium. Reste à savoir si les oiseaux colorés des régions équatoriales, qui sont habitués à des journées et à des nuits de douze heures, s'acclimateront à des journées plus longues et à des nuits plus courtes.

# LE BIODÔME SOUS SURVEILLANCE

***Un espion électronique veille à la bonne marche des systèmes vitaux du Biodôme, commande et gère les opérations électromécaniques nécessaires à la vie des écosystèmes. Il est aussi discret qu'ultra-sophistiqué.***

Des boîtes anonymes, d'un vert discret, se fondent dans les murs de ciment. Elles ont l'air d'autant plus petites et inoffensives, qu'elles sont installées à côté de réservoirs immenses, de pompes et de filtres qui n'arrêtent pas de gronder. Ces boîtes sans personnalité sont en fait des automates programmables. Il y en a dix-neuf dans les sous-sols du Biodôme. Elles forment un réseau relié à une salle de contrôle, d'une simplicité tout aussi désarmante : sur une table, un micro-ordinateur, devant un opérateur. Tous les systèmes hydrauliques, électriques, d'éclairage, de ventilation-climatisation, etc., sont branchés à ce réseau de surveillance, lui-même relié à celui du complexe olympique.

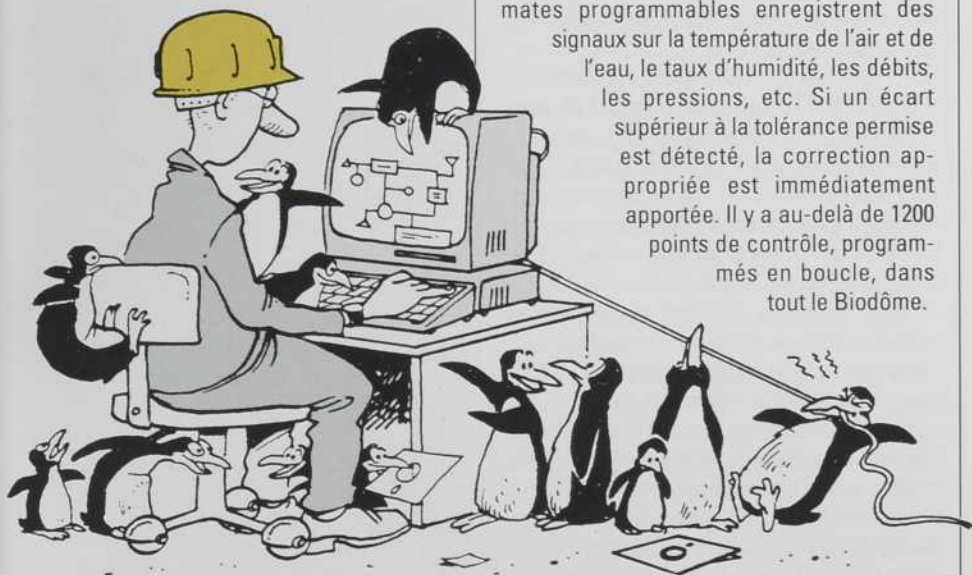
Comment fonctionne cet ensemble à la fine pointe de la technologie ? Les automates programmables enregistrent des signaux sur la température de l'air et de l'eau, le taux d'humidité, les débits, les pressions, etc. Si un écart supérieur à la tolérance permise est détecté, la correction appropriée est immédiatement apportée. Il y a au-delà de 1200 points de contrôle, programmés en boucle, dans tout le Biodôme.

Les systèmes électromécaniques sont donc entièrement préprogrammés. La séquence de filtration et de stérilisation de l'eau du bassin de l'estuaire du Saint-Laurent, du pompage au lavage à contre-courant des filtres, se poursuit sans interruption de façon complètement automatique. Tous les systèmes hydrauliques du Biodôme sont munis de lecteurs et de valves qui se ferment ou s'ouvrent automatiquement en fonction des relevés et sans intervention humaine.

L'opérateur de garde peut néanmoins intervenir en tout temps pour vérifier les consignes et les changer au besoin. Chaque système peut être actionné manuellement si c'est nécessaire. Des génératrices d'urgence sont prêtes à entrer en action en cas de panne d'énergie. De plus, des appareils et des pièces de rechange sont gardés en inventaire afin de remédier rapidement à toute défaillance. Les systèmes de traitement et de distribution de l'eau, de l'air, de la température, de l'humidité doivent fonctionner efficacement en tout temps et avec la précision nécessaire au maintien de milieux de vie sains, adaptés aux différentes espèces. Il ne faut courir aucun risque : le vivant n'attend pas.

Il a fallu attendre que tous les plans d'eau soient pleins et que tous les systèmes fonctionnent en même temps pour confirmer la justesse des plans jetés sur papier. Mais ce n'est que lorsque les quatre saisons se seront succédé que les scientifiques sauront si leurs données et leurs estimations étaient réellement justes.

JEANNE MORAZAIN



# UNE PLANÈTE VIVANTE SOUS UN TOIT

**Tout était à inventer au Biodôme. Le choix des écosystèmes, celui des espèces végétales et animales, la création des milieux et, surtout, la façon d'y maintenir les équilibres vitaux.**



Ève-Lucie Bourque

Le petit arbre tordu passerait facilement inaperçu s'il ne forçait l'admiration par l'opiniâtreté avec laquelle il s'accroche à la falaise. L'écosystème du Saint-Laurent marin compte pourtant quelques attractions marquantes, dont le grand bassin des bélugas. Mais ces bonsaïs sauvages québécois, qu'on appelle des *krummholtz* – terme allemand qui signifie *bois tordu* –, sont tout aussi importants dans la représentation de cet écosystème

rigoureux. À leur façon, ils reflètent bien la philosophie du Biodôme, basée sur l'authenticité plutôt que sur les éclats.

Le Biodôme compte plus de 4000 spécimens végétaux, répartis approximativement en 400 espèces. Le monde animal, lui, est composé d'environ 5000 individus appartenant à quelque 275 espèces. C'est à la fois beaucoup et peu. Par comparaison, un jardin zoologique traditionnel propose beaucoup plus d'oiseaux et d'animaux... en cages ou en enclos. La collection végétale du Jardin botanique de Montréal est quant à elle 75 fois plus riche que celle du Biodôme. Mais le défi est ici d'ordre qualitatif. C'est celui de la diversité écologique, qui consiste à faire coexister, dans quatre écosystèmes, monde animal, monde végétal et monde minéral. Chaque animal, chaque végétal, chaque rocher participe d'une façon ou d'une autre au maintien et à l'évolution de son écosystème.

La mise en place de ces représentations a exigé de leurs concepteurs un sens aigu de l'équilibre, voire du compromis. Par quoi commencer, puisque tout était à inventer ? « Nous nous sommes d'abord entendus sur les écosystèmes, et les espèces ont suivi. Le contraire eût été de l'improvisation », souligne Serge Parent, biologiste chargé du Saint-Laurent marin et des milieux aquatiques. « Bien sûr, il a fallu épurer nos premiers élans, tenir compte de l'espace, privilégier les symboles si possible, comme le castor et l'érable pour la forêt laurentienne. En fait, je nous comparerais à des peintres impressionnistes : nous reproduisons une réalité en tenant compte de certaines limites, mais aussi en innovant. »

Une fois arrêté le choix des écosystèmes, on a commencé par concevoir le dessin du relief. Puis est venu le choix des végétaux. « La réussite d'un milieu adéquat pour les plantes permet d'assurer après coup la présence des animaux », déclare d'entrée de jeu Robert Davidson, agronome venu du Jardin botanique, responsable notamment de la forêt tropicale. « Et c'est tout un défi. On sait comment garder des animaux à l'intérieur, même si certaines pratiques de jardins zoologiques sont contestables. Mais pour les végétaux, il y a peu de précédents, surtout en ce qui concerne une forêt tropicale. »

## UNE FORÊT TROPICALE AU PAYS DES ARPENTS DE NEIGE

Quelle forêt ! Quelle exubérance ! À elle seule, elle regroupe les trois quarts de la famille végétale du Biodôme. Elle se divise en une forêt primaire à maturité, dense, avec une voûte feuillue, et une forêt secondaire présentée à deux étapes de sa croissance. Un spectacle incongru au 45<sup>e</sup> parallèle, au royaume de l'hiver ! La partie est encore plus compliquée du fait de la présence des animaux et des oiseaux. Il a donc fallu soigneusement planifier en tenant compte de quelques grandes variables.



Pierre Perrault / Ville de Montréal

Premièrement, la lumière. Les agronomes du Biodôme ont fait appel à un expert américain, Leonard Kersch, spécialiste des analyses de lumière pour les atriiums. Différentes informations comme la latitude de Montréal, l'architecture du bâtiment et le mouvement des saisons ont été digérées par un ordinateur qui a établi des cartes d'éclairage, pour bien disposer les différents éléments de la forêt tropicale. La forêt primaire, par exemple, est la plus avide de lumière. Les photopériodes, c'est-à-dire la durée de l'éclairage nécessaire à la croissance et à la fructification des plantes, ont aussi été calculées. Des systèmes d'appoint ont par la suite été installés pour suppléer aux carences.

Venaient ensuite les questions de chaleur et d'humidité. Les forêts tropicales sont appelées pluvieuses pour de bonnes raisons : elles reçoivent trois mètres de pluie par année ! La taille des feuilles peut quadrupler après de fortes précipitations. C'est principalement du fait de cet énorme besoin d'humidification qu'on a dû mettre l'écosystème tropical sous cloche, sinon la structure du bâtiment aurait fini par souffrir. La température, elle, oscille entre 26 degrés le jour et 20 la nuit.

Puis il a fallu déterminer quelle eau on utiliserait pour l'arrosage et quelle sorte de terre servirait de support. Cette dernière



Jacques Golustyn

question était délicate : la terre ne devait pas peser trop lourdement sur la structure, elle devait bien se drainer, contenir juste assez d'éléments nutritifs et de bactéries mais pas de mauvaises herbes... Le choix s'est finalement porté sur une base de terre jaune sablonneuse portant un terreau organique fait de tourbe décomposée, de sable et de compost. La table était mise, restait à accueillir les invités.

### Reproduire, oui, piller, non

Au départ, il fallait respecter un impératif absolu : tous les spécimens doivent se retrouver dans la forêt tropicale américaine, du bassin amazonien jusqu'à l'Amérique centrale. Les collections du Jardin botanique de Montréal, celles de jardins botaniques du sud des États-Unis et la nature du Costa Rica ont été mises à contribution. Un pépiniériste américain a servi de courtier pour assurer l'approvisionnement à partir de ces deux dernières sources.

La partie costaricaine a fourni le plus d'émotions. Le Biodôme a d'abord pris contact avec une équipe du Museo Nacional, et on s'est entendu pour prélever des spécimens condamnés puisqu'ils étaient situés sur le tracé d'une route en construction ou sur un ranch en expansion. Une récolte réduite au strict nécessaire. Dans l'état actuel des forêts tropicales, il n'était pas question d'aller dégarnir le milieu naturel. Les racines principales des arbres et arbus-

tes désignés ont préalablement été coupées afin d'encourager la production de racines secondaires. Puis sont venues la grande opération et le transfert, obligatoire, à Miami, avec une longue quarantaine d'un an dans une serre fabriquée sur place. Durant cette période s'est déroulé un véritable chassé-croisé d'influences politiques, les autorités du département américain de l'Agriculture ayant regimbé pour accorder l'indispensable certificat phytosanitaire.

Finalement, une dizaine de camions de 15 mètres sont arrivés au Biodôme ! Avec les éléments du Jardin botanique, les effectifs de la forêt tropicale se chiffrent finalement à 3500 spécimens de 275 espèces. Des arbres à contreforts aux troncs énormes, mais aussi des arbustes, des lianes, des plantes grimpantes, des épiphytes, ces plantes colorées qui croissent sur d'autres sans les parasiter.

Rien n'a été laissé au hasard. Avec l'aide des deux meilleurs botanistes du Costa Rica, des fiches d'information complètes ont été établies sur chacun des spécimens. On y précise leur habitat, leur sociabilité, leur comportement, les relations écologiques qu'ils entretiennent avec les animaux et les oiseaux, et bien d'autres renseignements. « Notre plus belle réussite, je pense, commente Robert Davidson, c'est d'être restés fidèles au concept malgré les difficultés. S'il était dit, par exemple, que le *canatea* poussait au bord de l'eau en forêt primaire, nous l'y avons installé. La nature peut maintenant reprendre ses droits. »





Eve-Lucile Bourque

## Défense de manger son voisin !

Le monde animal aussi reprend ses droits, lui qui attendait en coulisses. Plus de mille poissons, des centaines de reptiles, d'oiseaux et de mammifères, des amphibiens, des vers de terre... Du piranha commun aux ouistitis, en passant par les minuscules colibris, les perroquets géants, les caïmans, les chauves-souris, les capybaras et tous leurs voisins. La forêt tropicale résonne de couleurs et de bruits, même si certains, comme les paresseux, ne se montreront jamais très pressés ! Des jardins zoologiques et des marchands d'animaux ont été mis à contribution, mais les oiseaux de certaines espèces viennent également du Costa Rica, où ils ont été capturés. Il a fallu un an de travail, y compris une période d'acclimatation au Costa Rica et l'inévitable quarantaine à Miami. Le double stress de la capture et du voyage en avion tuerait les oiseaux si on ne leur donnait pas la chance de se remettre de leurs émotions.

Le biologiste Michel Delorme résume ainsi la philosophie de base pour la faune : « Cohabitation, oui, compétition, non. » En l'absence quasi complète de contention, le pari est audacieux. On a éliminé dès le départ, il est vrai, les prédateurs trop dangereux. Pas de félins, par exemple, ou de grands singes qui pourraient dégarnir les nids des oiseaux. Les caïmans sont pour leur part bien isolés sur leur berge, encore qu'un oiseau imprudent pourrait bien y

laisser des plumes. Pour le reste, des diètes équilibrées calmeront les appétits.

Les oiseaux ont d'ailleurs des passe-droits, puisqu'on a justement sélectionné des arbres producteurs de fruits dont ils sont friands. Ils pourront bénéficier d'une relative tranquillité dans la voûte de la forêt primaire. Tout ne leur est cependant pas permis. Les perroquets, par exemple, agissent comme de véritables défoliants, et leur laisser le champ libre serait catastrophique pour la forêt tropicale du Biodôme. On les a donc installés sur une petite île dont ils ne peuvent s'envoler, faute de quelques plumes enlevées aux ailes. La plupart des chauves-souris, elles, demeureront dans une caverne située à l'entrée, sauf pour celles qui sont pollinivores et qui arriveront bientôt, en juillet, après avoir été capturées *in situ* à Trinité-et-Tobago.

Pour la majorité, cependant, ces animaux et oiseaux viennent d'échanges avec des jardins zoologiques. Le cheptel a été formé avec soin pour donner la meilleure idée possible de l'importance mais aussi de la fragilité de l'écosystème tropical. « Il faut évidemment faire des compromis, trouver des astuces pour assurer toute cette coexistence », dit Michel Delorme. « Mais nous n'écartons pas la possibilité de faire des expériences, d'introduire des insectes... l'essentiel est de trouver un point d'équilibre pour que l'écosystème évolue vraiment. »



Fred Klus / MILCP

**Quelques-uns des habitants du Biodôme, dans l'ordre habituel : le caïman, le castor, le manchot macaroni et le lynx.**

**A**vant de commencer à réunir les collections du Biodôme, il a fallu choisir. Quels écosystèmes, parmi les milliers qui existent sur la planète, allait-on y reproduire ? Et par la suite, parmi la multitude de plantes et d'animaux qui vivent dans ces écosystèmes, lesquels pourrait-on « transplanter », lesquels devrait-on laisser de côté ?

Pour les régions, les concepteurs ont assez vite décidé de se limiter aux Amériques, entre autres pour des raisons économiques. D'un pôle à l'autre, toutefois, les possibilités restaient vastes. Les régions ont été choisies à la fois en fonction de leur importance sur la planète, de leur particularité, et parfois de leur familiarité pour le public québécois. Ainsi, lorsqu'on a décidé qu'il fallait un milieu marin, on a presque automatiquement opté pour le Saint-Laurent. Il n'existe pas beaucoup de fleuves dans le monde qui soient si importants, ni qui aient un estuaire si large. C'est un peu la même chose pour la forêt laurentienne : ce milieu, en plus d'être tout à fait représentatif du Québec, est très

Ville de Montréal



# de Noé, les choix en plus

riche, peuplé à la fois de feuillus et de conifères. Le Biodôme permet de bien montrer cette cohabitation entre les différentes espèces d'arbres.

Le choix de la forêt tropicale s'est fait, lui aussi, pratiquement d'emblée : incomparable par sa beauté et sa diversité, cette forêt contient à elle seule la moitié de toutes les espèces animales existant sur la planète. « C'est aussi le site numéro un des problèmes environnementaux », ajoute Daniel Gagnon écologiste à l'UQAM, qui a dirigé la sélection des écosystèmes et des collections. « D'importantes parties de la forêt amazonienne, qui est le poumon de notre planète, sont détruites tous les jours. Beaucoup d'espèces d'animaux et de plantes sont disparues, beaucoup d'autres sont menacées. Nous avons une chance unique de sensibiliser les gens à ce problème. »

Il n'était néanmoins pas possible de reproduire ces écosystèmes en entier, avec tous leurs animaux et leurs plantes. Il a donc fallu faire des compromis, tout en tâchant d'avoir des espèces à la fois caractéristiques de leur milieu, intéressantes à observer, et surtout capables de cohabiter dans la bonne entente !

En résumé, les choix ont été guidés par des préoccupations à la fois esthétiques et pratiques, et devaient être conformes à l'approche toute spéciale qui est celle du Biodôme.

Ainsi, on ne retrouve pas de grands singes sauteurs dans la forêt tropicale. Il aurait été presque impossible de les confiner à un endroit, et de les empê-

cher d'aller manger des œufs et des oisillons. Par contre, on y a placé d'autres petits primates menacés d'extinction mais aussi des paresseux, des perroquets... « Ce qui compte, c'est de donner une bonne idée de l'habitat et des interactions entre les espèces qui y vivent », dit Daniel Gagnon. « Nous ne voulions pas, au départ, d'animaux spectaculaires. Ils sont souvent trop gros ou trop agressifs pour pouvoir être gardés dans le Biodôme. Et puis, les gens n'ont pas absolument besoin de voir des originaux pour bien comprendre ce qu'est la forêt laurentienne... »

Quant à la conservation des écosystèmes, on compte le plus possible sur l'équilibre naturel. La nutrition des plantes, par exemple, devrait être assurée par les engrais naturels que représentent les excréments d'animaux... Comme la concentration d'animaux, en fait, sera un peu plus importante que dans la « vraie » nature, on introduira au besoin diverses espèces de vers de terre, pour aider à décomposer ce que les plantes ne pourront absorber.

Le seul problème vraiment grave, en fait, serait une invasion d'insectes dommageables pour les plantes et les arbres de la forêt tropicale. Pour cela, on a prévu un programme de lutte biologique. On introduira de petites guêpes qui s'attaquent aux larves des insectes nuisibles, mais sont sans danger pour les plantes... et pour les visiteurs !

MARIE-CLAUDE DUCAS

## UN MONDE POLAIRE, DEUX RÉALITÉS

À l'opposé de l'habitat tropical, le monde polaire se fait beaucoup plus discret. Mais il n'est pas pour autant un désert. Parce qu'il est nécessaire d'y maintenir des températures plus froides, les visiteurs devront se contenter d'observer de l'extérieur les deux volets de cet écosystème, qui sont en fait deux grands réfrigérateurs. Là s'arrête cependant la parenté, puisque le sud et le nord sont bien différents, ce que confirme la présentation.

L'Arctique est un océan. Les températures y sont moins extrêmes qu'en Antarctique, un continent de glace qui ne profite pas de l'influence adoucissante de la mer. Il fera donc plus froid dans le monde polaire du Sud, qui reproduit les îles sub-antarctiques des manchots. Une soixantaine d'individus de quatre espèces s'ébattront sur de la neige fraîche concassée qui tombera tous les soirs. Neige fraîche, parce qu'autrement ils attraperaient des infections aux pattes auxquelles ils pourraient succomber !

Le Nord, lui, illustre la côte rocheuse du Labrador où les températures relativement plus douces abritent une vie étonnamment diversifiée et même un peu de végétation. Le choix s'est porté ici aussi sur les oiseaux, près de 150 individus de la famille des alcidés, des macareux moines, des guillemots, des marmettes, des petits pingouins. S'ajouteront des canards, et peut-être aussi un grand corbeau. Comme ces oiseaux ne sont pas nombreux dans les jardins zoologiques, on les a capturés avec l'aide du Service canadien de la faune.

« À 10 000 km de distance, manchots et alcidés se ressemblent, et pourtant ces espèces n'ont aucune parenté, aucun lien biologique. » Biologiste et responsable des collections vivantes au Biodôme, Rachel Léger y voit l'occasion d'expliquer un concept intéressant, celui de la convergence évolutive. « Avec leur ventre blanc et leur dos noir, ils ont développé, chacun de leur côté, des atouts pour tromper leurs prédateurs. »

Les deux autres écosystèmes, la forêt laurentienne et le Saint-Laurent marin, ont des allures nettement plus familières. Et encore, on se sent transporté par des odeurs et des scènes qui agissent sur les sens en rappelant des souvenirs. La forêt, par exemple, n'est pas figée, à preuve ces petites pousses d'érable qui agrémentent le sous-bois. La senteur de l'eau salée, plus en aval, n'est pas illusoire : c'est un véritable milieu marin qui s'agite ici, avec ses cris de mouettes, de sternes et de fous de Bassan.



Pierre Bernier / MLCP

## UN HYMNE AU BOUCLIER CANADIEN

Les castors et les érables règnent dans la forêt laurentienne, dont la géographie s'inspire du Parc de la Mauricie. La formation géologique du Bouclier canadien a servi de point de départ aux concepteurs. Les associations végétales ont suivi, selon les reliefs, et ensuite les animaux, les oiseaux et les poissons. Le castor est le grand ingénieur, lui qui crée, par ses barrages et ses étangs, des milieux riches d'une vie variée. Des noms connus l'accompagnent : omble de fontaine, truite grise, porc-épic, raton laveur, merle d'Amérique, gros-bec errant, sittelle à poitrine rousse... Les oiseaux ont été capturés au nord et au sud de Montréal avec l'aide de l'Association québécoise des groupes d'ornithologues. En tout, la faune comprend quelque 350 individus. À part les lynx, qu'on a jugé plus sage de loger à l'écart au pied d'une falaise, ce beau monde se promène en toute liberté, ou presque. Autrement, les castors se feraient un délice de cette belle forêt laurentienne si tendre à leurs dents de rongeurs !

### La belle au bois dormant

La forêt reproduit principalement une érablière à bouleau jaune, mais il y a aussi une sapinière, une tremblaie et une pinède, révélatrices de conditions physiques variées. Le milieu compte une centaine d'espèces, toutes confondues. Même si ces végétaux sont adaptés à ce climat, il n'est pas simple pour autant de maintenir en vie une forêt nordique à l'intérieur. En effet, les végétaux s'endorment pendant quelques mois, l'hiver, et ils ne le font pas par dépit. Le repos leur est, comme à nous, physiologiquement nécessaire pour reprendre des forces. Il fallait donc reproduire cette dormance.

« Nous sommes une des premières institutions à aborder ce cycle à l'intérieur », précise Stéphane Labelle, agronome responsable de la flore laurentienne et maritime. La recette de la dormance est encore mal connue, mais on pense que le gel n'est pas indispensable : un froid de 4 ou 5 degrés, la nuit, serait suffisant. « Nous voudrions rallonger l'été et raccourcir l'hiver », ajoute-t-il. « Le printemps pourrait commencer dès février. » Quant au reste, ce ne sont pas que les grands arbres qui méritent l'attention des agronomes. On peut prélever des fleurs, comme les sabots de la vierge, et



Eve-Lucie Bourque

**La forêt laurentienne, tapissée d'un véritable sous-bois.**

les transplanter, mais les faire revivre année après année est un tout autre défi.

### L'APPEL DU LARGE

Dominé par son impressionnant bassin, l'écosystème marin frappe par la beauté austère qui s'en dégage. La végétation y est plus pauvre, soumise à la rigueur du climat. Ici, les oiseaux sont apparemment rois, du moins jusqu'à ce que les bélugas viennent animer le grand plan d'eau. C'est dans ces quelque 2,5 millions de litres d'eau salée que le milieu trouve sa plus grande animation. Au moins 23 espèces de poissons y prennent place. Les flétans, morues et sébastes seront accompagnés d'une multitude d'invertébrés, du crabe aux étoiles de mer, qui prolifèrent dans ces eaux froides.

Ici, pas de compartiments à la manière des aquariums. Imaginez ! Tous ces animaux marins, gros et petits, se côtoyant... et se re-

**C'est la première fois que des fous de Bassan seront gardés en captivité.**

gardant parfois avec appétit. « Oui, il y aura sans doute des *soustractions* », dit Serge Parent en employant un euphémisme de circonstance. « Mais telle est la condition en l'absence de barrières, qui conviennent mal à l'approche du Biodôme. » Il glisse immédiatement sur un autre aspect fondamental. « Une des mesures du succès du Biodôme sera sa capacité à permettre aux espèces de se reproduire. Prenez le cas du béluga, par exemple. On a longtemps cru qu'il ne se reproduisait pas en captivité. Nous avons déterminé qu'il fallait deux mâles pour une femelle pour réunir les conditions idéales. Dans la mesure du possible, nous fonctionnerons donc avec des unités reproductives. »

Serge Parent voit grand, comme tous ses collègues, mais après tout, n'est-ce pas là le principe moteur du Biodôme, ce microscope qui montre la globalité des relations ? Bien sûr, les écosystèmes ne peuvent pas tout présenter, et c'est la raison d'être du carrefour de l'environnement, avec ses renseignements complémentaires. Car l'expérience du visiteur ne devrait pas se limiter à l'enchantement. Le Biodôme est une biosphère protégée. À l'extérieur, le combat est tout autre, et les « soustractions » sont potentiellement plus néfastes. Les concepteurs du Biodôme ont pu à force d'ingéniosité recréer des milieux naturels. Mais ils ne pourraient pas recréer une planète. Mieux vaut veiller à sa bonne santé.

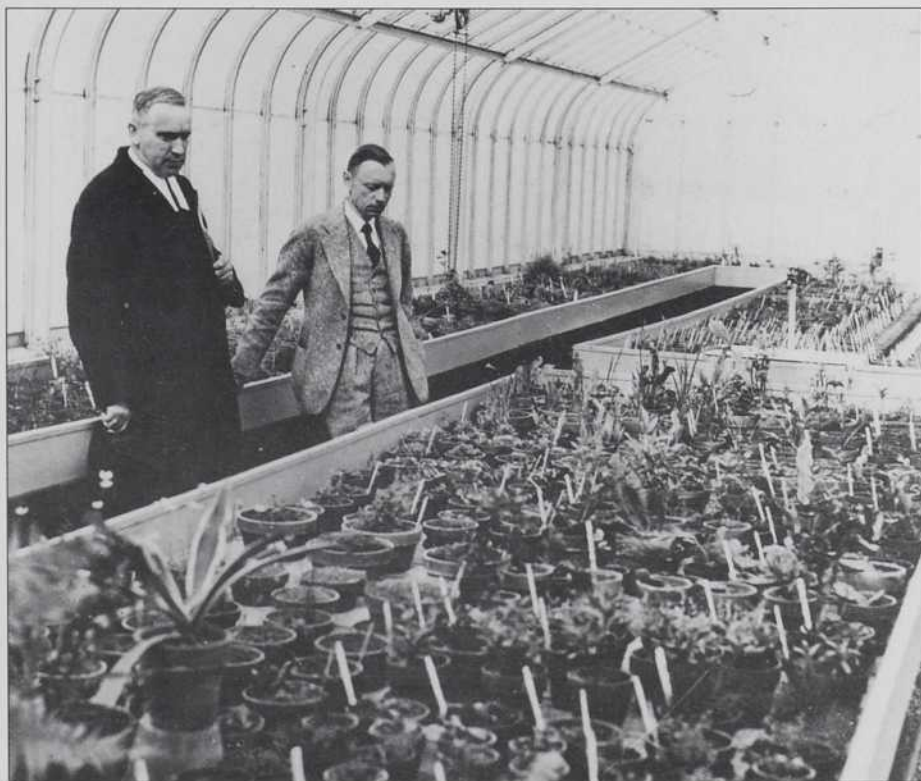
**RENÉ VÉZINA**



Pierre Perrault / Ville de Montréal

# LA NATURE EN LABORATOIRE

**Plus de six décennies ont passé depuis le rêve initial de Marie-Victorin. Le Jardin botanique est devenu réalité, et les sciences naturelles ont acquis droit de cité à la Ville de Montréal.**



Jardin botanique de Montréal

Il y a quelques années, la métropole se dotait de l'Insectarium. Aujourd'hui, le Biodôme participe de la même philosophie, qui fait une place importante à la recherche.

Le Biodôme est un grand musée vivant qui ne se contente pas d'exposer. Il regroupe aussi une équipe de chercheurs, à la Division de la recherche et du développement scientifique, qui produiront des travaux en écologie, en biologie de la conservation et en sciences de l'environnement. Daniel Gagnon est responsable de la planifi-

**Le frère Marie-Victorin et Henry Teuscher, architecte du Jardin botanique, dans une serre de production en 1936.**

cation scientifique de ce jardin original : « Le but premier du Biodôme est d'éduquer à l'environnement. Pour l'atteindre, une recherche active et vivante est essentielle. »

Les quatre écosystèmes du Biodôme sont de véritables laboratoires scientifiques, uniques au monde. Comme l'explique Daniel Gagnon, « leur complexité moindre que les

écosystèmes naturels devrait en faciliter l'entretien et l'étude scientifique ».

La plupart des recherches menées sur le terrain présentent un inconvénient majeur, celui des variations imprévisibles des conditions d'étude : l'impact des changements climatiques, pluie, sécheresse ou différences de température, sur les caractéristiques physico-chimiques des sols et de l'eau peut faire varier les relevés scientifiques. Les écosystèmes du Biodôme seront, eux, entièrement contrôlés. Cette stabilité permettra de poursuivre des expériences dans des conditions impossibles à maintenir en milieu naturel. Certains appareils de mesure sophistiqués, fragiles ou difficiles à déplacer, pourront aussi être utilisés sur place.

L'eau, les sols, les plantes et les animaux constituent les principaux secteurs d'activités de recherche au Biodôme. Les principaux thèmes de recherche s'articulent autour de deux grands axes : la biologie de la conservation et les processus écologiques.

Axe commun à presque tous les grands aquariums, jardins zoologiques ou jardins botaniques, la biologie de la conservation, comme son nom l'indique, s'intéresse aux espèces dans le but d'assurer leur conservation. La démographie, la reproduction, les habitats naturels et la diversité génétique des plantes et des animaux sont au cœur de ses préoccupations. Par exemple, les chercheurs espèrent un jour voir se reproduire un jeune couple de perroquets installé dans la forêt tropicale du Biodôme. Ces superbes oiseaux bleus au bec noir, au tour des yeux jaune, appartiennent à l'espèce des aras hyacinthes, en voie de disparition en Amérique du Sud. Il faudra sans doute attendre quelques années avant qu'ils ne deviennent un couple reproducteur, mais leur observation permettra d'étudier leur comportement et, qui sait, peut-être de relancer l'espèce en région tropicale.

Puis, il y a les processus écologiques. Cet axe de recherche est unique au monde. Il peut être développé en raison même de l'originalité des installations du Biodôme et du souci d'authenticité. « Nous bénéficions des représentations d'écosystèmes les plus complexes existant à l'heure actuelle », précise son concepteur Daniel Gagnon. « Nous avons des sols, des arbres, des insectes, des oiseaux, de l'eau, de l'humidité, une véritable tranche de l'écosystème, mais simplifiée. Grâce à la possibilité du contrôle, nous pourrions obtenir des mesures inédites. » Des études sur l'écophysiologie

# Le spa des bélugas

**A** l'été de 1991, on repêchait dans les eaux du Saint-Laurent, près de Forestville sur la Côte-Nord, un bébé béluga en détresse d'à peine trois jours qu'on a baptisé Bob. Un ouragan avait été fatal à sa mère. S'il n'était mort prématurément une dizaine de jours après son sauvetage, il aurait dû être transféré dans l'État de New York. L'Aquarium du Québec, qui l'accueillait temporairement à Sainte-Foy, n'était pas en mesure d'assurer des soins prolongés. Jusqu'à maintenant, le Québec n'était pas équipé pour prendre soin des mammifères marins en détresse. La construction du Biodôme a été l'occasion de concevoir et de mettre sur pied un tel centre.

Les « explorateurs » de l'écosystème du Saint-Laurent marin du Biodôme se retrouveront devant un rocher qui masque un véritable décor à la James Bond. En effet, derrière la paroi, cachés à leur vue, les vétérinaires du Centre de sauvetage et de réhabilitation des mammifères marins s'affaireront à soigner les animaux en difficulté repêchés dans le Saint-Laurent. Ceux-ci seront accueillis dans deux bassins, camouflés par le roc, qui pourront, grâce à un panneau étanche et rétractable dissimulé dans ce mur de fausse roche, communiquer avec celui du Saint-Laurent marin. C'est là que dauphins, phoques, bélugas, blessés ou malades, auront la chance de se refaire une santé.

Des cliniques de sauvetage d'animaux sauvages existent déjà à travers le monde. Les zoos de Londres et de la Caroline du Nord, par exemple, accueillent les oiseaux et les petits mammifères blessés pour les soigner avant de les remettre en liberté. Presque tous les zoos du Québec tentent de secourir, lorsque c'est nécessaire, un animal sauvage blessé mais peu d'entre eux sont équipés d'un véritable centre de soins pouvant accueillir un grand nombre. Un vétérinaire québécois a même gardé, faute de meilleur endroit pour le soigner, un phoque... dans sa baignoire !

Si les experts du Biodôme sont en mesure de recueillir des petits animaux terrestres envoyés par la Société protectrice des animaux ou par le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, leur véritable mission consiste à sauver des cétacés, comme les bélugas ou les dauphins à flancs blancs, ou des pinnipèdes, c'est-à-dire des phoques. Cette tâche n'est pas simple et pose des problèmes multiples, comme l'a démontré le sauvetage de Bob.

Le Centre de sauvetage et de réhabilitation des mammifères marins du Biodôme comblera cette lacune. Il a été conçu à l'image de celui de Laguna Beach en Cali-

d'un tube inséré dans l'estomac, gavage ou injections d'antibiotiques. Ceux qui exigent peu d'interventions et dont la condition physique le permettra seront installés dans le Centre de réhabilitation. Une fois rétablis, les animaux seront retournés à leur milieu naturel. S'ils ne peuvent se réadapter à la nature, ils seront transférés dans un aquarium d'accueil.

Cependant, le séjour d'un mammifère au Biodôme coûte très cher : « Il ne serait pas souhaitable d'avoir des pensionnaires toute l'année, explique la responsable des collections vivantes,

Rachel Léger, car les ressources mobilisées à ces occasions sont considérables. » En effet, les équipes de vétérinaires québécois ou étrangers, les techniciens et les médicaments font rapidement grimper la facture.

Le Centre de sauvetage et de réhabilitation des mammifères marins peut recevoir jusqu'à quatre bêtes simultanément, avec un maximum de deux bélugas. Certains pensionnaires resteront moins longtemps sous surveillance : les phoques, par exemple, sont plus rapidement autonomes que les bélugas puisqu'ils ne sont allaités que quelques jours avant de commencer à manger des poissons. « Si nous prenons la peine de déplacer un animal pour l'amener à Montréal, c'est qu'il a besoin de soins, explique Rachel Léger. Nous pourrions donc le garder, parfois, jusqu'à une année complète. »

Si Bob avait pu être sauvé, il aurait fallu le garder pendant plusieurs mois avant de tenter de le remettre dans son habitat naturel. Heureusement, les cas comme le sien sont rares ; le précédent remontait à une dizaine d'années. Au-delà des déclarations d'intention pour la sauvegarde de la faune marine, le Centre de sauvetage et de réhabilitation des mammifères marins du Biodôme constitue un premier geste concret pour assurer la survie de ces animaux malades.



« Bébé Bob » est nourri par ses sauveteurs.

fornie, qui accueille surtout des otaries, des éléphants de mer et des phoques communs. Les experts du Biodôme travailleront en étroite collaboration avec ceux de l'Institut national d'écotoxicologie du Saint-Laurent, situé à Rimouski. Cet institut mène déjà une campagne d'information visant la récupération des animaux marins en difficulté. Si un de ces animaux est repéré, il sera conduit au Biodôme où on tentera de le sauver.

Deux solutions se présenteront alors, en fonction de son état de santé. En plus des deux bassins du Centre de réhabilitation, la Clinique vétérinaire du Biodôme, située au sous-sol, est elle aussi équipée de bassins pouvant recevoir des mammifères. C'est là que se retrouveront les patients nécessitant des interventions ou des soins fréquents, fluidothérapie ou nourriture à l'aide

# LE GOÛT DE LA TERRE

végétale, l'écologie des sols et les écosystèmes aquatiques permettront d'élargir les connaissances, notamment sur la photosynthèse, l'impact des apports nutritifs par les défécations animales, la décomposition et le recyclage des éléments nutritifs ou les organismes aquatiques en milieu artificiel.

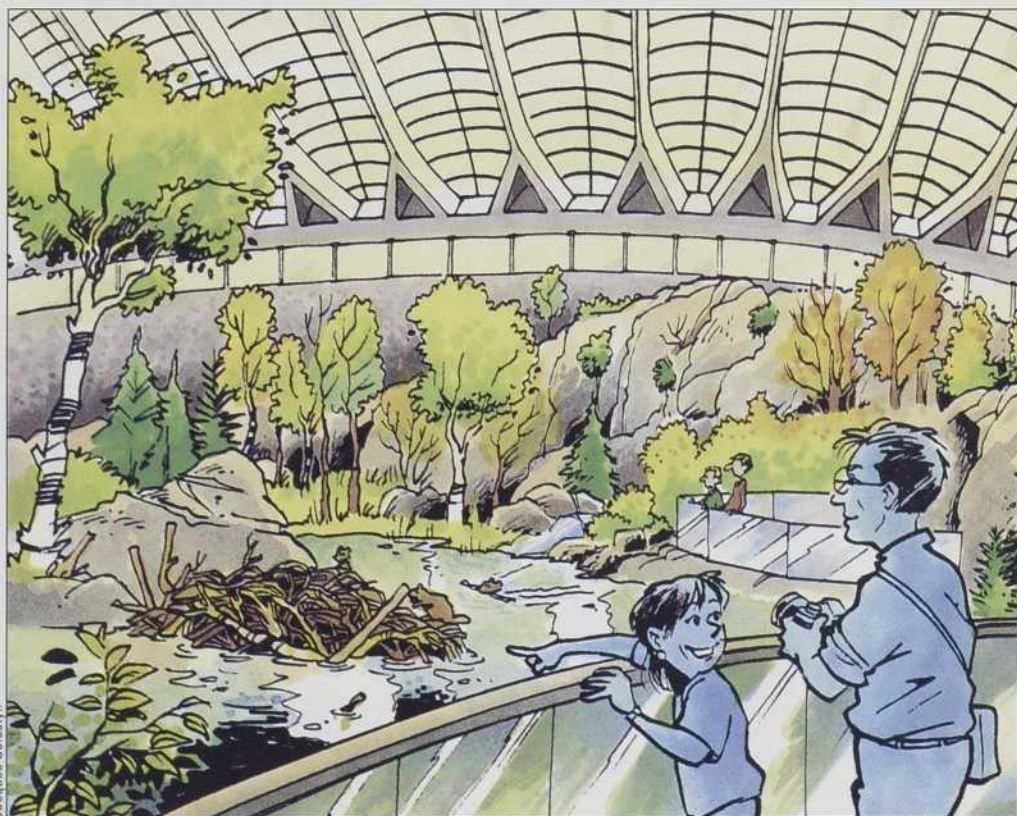
Les activités de recherche ne seront pas confinées aux laboratoires du Biodôme, loin de là. L'un des chercheurs, par exemple, est spécialiste de la forêt tropicale, qui compte parmi les écosystèmes les plus menacés du globe. Nul doute qu'il se rendra sur le terrain pour valider les recherches effectuées au Biodôme. Des contacts déjà établis avec des collègues du Costa Rica lui faciliteront ses séjours en Amérique centrale. Même scénario pour ses collègues de Montréal, qui effectueront sans cesse des allers et retours entre le terrain et le laboratoire.

À l'instar des groupes de recherche universitaires, fédéraux ou provinciaux, la reconnaissance nationale et internationale de cette équipe de recherche municipale sera fonction de la qualité de ses publications. Des chercheurs des universités québécoises, de l'Institut Maurice-Lamontagne, du Centre Saint-Laurent ou du Jardin botanique, intéressés à poursuivre des travaux en collaboration avec le groupe du Biodôme, ont déjà été pressentis. Les différents locaux et les trois laboratoires (analyse de l'eau, analyse des sols et des tissus organiques et biologie animale) constituent une structure d'accueil de qualité pour des étudiants qui veulent poursuivre des recherches dans le cadre d'études de doctorat ou d'études postuniversitaires.

Au-delà de la recherche fondamentale, les activités scientifiques au Biodôme assureront le maintien et le développement des collections vivantes. Il faudra aussi répondre aux problèmes qui se poseront en cours de route.

Le véritable défi scientifique reste en bout de ligne la préservation des milieux naturels. Daniel Gagnon insiste sur l'importance de la recherche scientifique pour une telle institution : « Chaque fois que le Jardin botanique a été menacé de disparition, c'est la levée de boucliers des chercheurs et des scientifiques qui en a assuré la survie. Le Biodôme survivra grâce à la qualité des recherches. » Nul doute que le frère Marie-Victorin serait fier des retombées de son initiative.

DANIELLE OUELLET



Jacques Goldstyn

***Le grand défi du Biodôme c'est de faire réaliser au visiteur qu'il est partie intégrante de la nature, qu'il est lui-même un élément de l'écosystème.***

La Terre est une planète vivante et l'être humain compte parmi ses principaux acteurs. Si on l'aime, on aura le goût de la protéger, d'en prendre soin. Communiquer à tous, enfants ou adultes, spécialistes ou profanes, le goût de la Terre, tel est le but des concepteurs des programmes d'animation et d'éducation du Biodôme.

La découverte du Biodôme débute à l'Écosphère, première station d'information, point de départ et d'arrivée du circuit. C'est aussi un lieu de rassemblement et de détente qui prépare le visiteur à son exploration du vivant en situant les quatre écosystèmes représentés dans la biosphère à l'échelle planétaire et, surtout, en lui expli-

quant en quoi consiste cette notion d'écosystème.

Une fois dans la forêt tropicale, la forêt laurentienne, le Saint-Laurent marin ou le monde polaire, la découverte sera la plus stimulante possible. La mission d'éducation du Biodôme suppose que le visiteur assure lui-même son propre apprentissage. Les responsables précisent qu'ils ne veulent tenir personne par la main : les prises de conscience individuelles suscitées par les découvertes donneront le goût de mieux gérer et de mieux conserver le patrimoine naturel. Pour atteindre cet objectif de sensibilisation et d'éducation, textes et illustrations agrémentent les parcours, sans

compter le livret-guide, les dispositifs interactifs et audiovisuels, les débats ou les conférences et la documentation de toutes sortes.

Outre ces moyens traditionnels d'interprétation, le Biodôme proposera une approche d'animation originale appelée « maraudage » : « Il s'agit d'un type d'animation très libre qui respecte le rythme d'apprentissage des visiteurs », précise Jacinthe Leroux, responsable de l'animation au Biodôme. Un ou plusieurs animateurs identifiés comme tels circuleront dans chacun des sentiers qui traversent les écosystèmes. Ils répondront aux questions des visiteurs et interviendront de façon ponctuelle auprès de ceux qui sembleront s'interroger sur les phénomènes observés. Eux-mêmes observateurs attentifs de la vie des écosystèmes, ils seront en mesure de signaler à une clientèle non avertie tout événement ponctuel, comme, par exemple, un accouplement. Tout le contraire d'un discours imposé et sans cesse répété, le maraudage permet d'adapter la transmission de l'information aux besoins des gens et aux circonstances.

Au-delà de la découverte générale des écosystèmes, les différentes techniques d'animation au Biodôme s'adressent aussi à des clientèles spécialisées, notamment aux élèves du primaire et du secondaire. Déjà, les programmes d'études élaborés par le ministère de l'Éducation prévoient une sensibilisation aux problèmes environnementaux. Plusieurs activités prévues au Biodôme compléteront le travail des enseignants, à qui on fournira des ressources, des outils ou un savoir pour les aider à remplir leur mission d'éveil à l'environnement.

Les « expéditions éducatives » du primaire permettront à des groupes scolaires, dès la rentrée de l'automne 1992, de découvrir plus particulièrement l'un des quatre écosystèmes. La préparation débutera en classe, avant même l'arrivée au Biodôme. Différentes activités préalables sont prévues. Une fois sur place, c'est en toute liberté que les enfants exploreront à leur guise l'écosystème qu'ils auront choisi de visiter, après qu'un animateur les aura entretenus pendant une trentaine de minutes. Au cours de cette véritable fête des sens, ils tenteront de relever un défi particulier : il pourra s'agir d'une carte mystère remise par l'animateur, sur laquelle est décrit un animal qu'ils devront trouver et reconnaître. Observation et autodécouverte, telles sont les qualités principales à développer au cours de ces expéditions. Une fois leur mandat de reconnaissance rempli, les élèves reviendront à la salle

polyvalente où l'animateur complètera les connaissances scientifiques.

Les adolescents participeront, eux aussi, à cette magie de la découverte. Le Carrefour de l'environnement, une salle de projections multimédias au centre du

---

*De l'émerveillement  
à la prise de conscience environ-  
nementale,  
l'aventure du Biodôme  
suscitera chez le visiteur  
des émotions et des réactions  
qui l'amèneront  
à apprivoiser et surtout à aimer  
la planète Terre.*

---

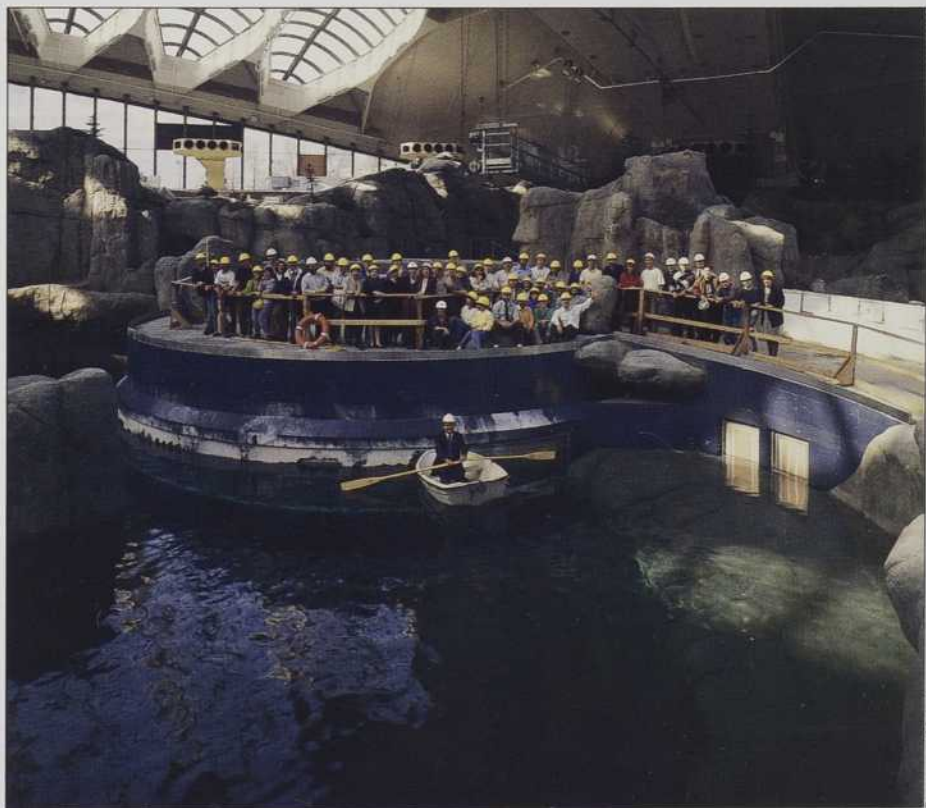
Biodôme, offrira des activités de groupes adaptées à leurs champs d'intérêt. Des mises en situation sur des questions environnementales les inciteront à trouver des solutions et à s'impliquer activement dans les mouvements de conservation de l'environnement. On leur demandera aussi de participer directement à l'organisa-

tion des fins de semaine prévues à leur intention.

L'apprentissage par les sens sera particulièrement encouragé dans un lieu grand comme trois salles de classe, appelé Naturalia. Une soixantaine de personnes, jeunes ou moins jeunes, pourront y avoir accès à la fois, sur réservation, avec pour consigne de « toucher s'il vous plaît ». Naturalia est une salle d'exploration active où se retrouveront animaux naturalisés, ossements, squelettes ou plantes diverses. Se déplacer dans l'eau, manger sans être mangé, sentir et goûter, voilà quelque-uns des thèmes qui seront abordés dans Naturalia.

Tout près de Naturalia se trouve l'Éco-lothèque, un centre d'information et de références sur l'environnement, l'écologie et la nature. En plus des publications diverses du Biodôme – carte-dépliant, journal, guides de visite et guides d'ateliers éducatifs –, de petites expositions, les Actualités environnementales, y apportent un complément d'information. On prévoit enfin des activités éducatives s'adressant à toute la famille, pour une meilleure compréhension de la complexité des relations à la base de notre planète vivante.

**DANIELLE OUELLET**



**Le directeur du Jardin botanique et parrain du Biodôme, Pierre Bourque, a mené sa barque à bon port avec l'aide d'une équipe importante, dont on n'aperçoit ici qu'une partie.**