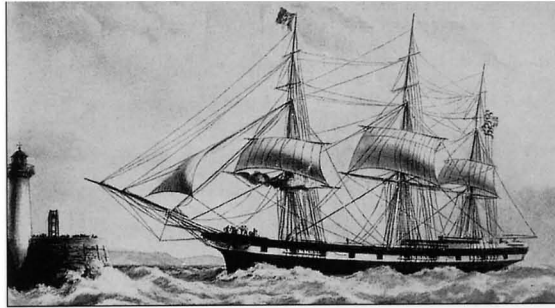




Explorateurs des lacs et de la mer

JEAN-PAUL SCHAEER

Introduction

Durant le XIX^e siècle, période de gloire des sciences naturelles neuchâteloises, les expéditions scientifiques vers des terres lointaines entreprises par des naturalistes attachés à Neuchâtel se trouvent incontestablement dominées par le voyage de Frédéric DuBois de Montperreux au Caucase de 1831 à 1834, et par celui de Johann Jakob von Tschudi en Amérique du Sud de 1838 à 1843. Certes, ce dernier n'est pas neuchâtelois, mais son expédition, principalement focalisée sur le Pérou, est bien de notre pays. En effet, elle fut financée par une souscription organisée par MM. Coulon père et fils, qui permit de rassembler 4000 francs, auxquels le roi de Prusse en ajouta 2000. A cette époque, les naturalistes neuchâtelois qui ont le plus voyagé ne sont pourtant pas ces personnages qui ont exploré les continents, mais bien ceux qui ont porté leurs regards vers les secrets de l'océan, un monde qui jusqu'alors avait été largement ignoré. Souvent mal connus du public de notre pays, ces chercheurs se placent pourtant dans l'enchaînement de l'essor scientifique neuchâtelois du début du XIX^e siècle, caractérisé par un intérêt focalisé sur les domaines aquatiques: Louis Agassiz pour les poissons, Arnold Guyot pour les lacs, leur morphologie sous-lacustre et leur régime thermique.

Au niveau mondial, durant les XVIII^e et XIX^e siècles, les puissances maritimes ont donné, dans le Pacifique surtout, une importante impulsion à la recherche de terres

destinées à l'établissement de nouvelles colonies et de nouveaux marchés. Cet élan a favorisé la connaissance scientifique de ces nouveaux territoires. Les expéditions françaises de L.A. Bougainville (1767-1770), J. F. La Pérouse (1785-1788), J. Dumont d'Urville (1826-1829 et 1837-1840), celles de l'Anglais Cook (1768-1771, 1772-1775 et 1776-1780) illustrent ce mouvement¹ où des scientifiques se trouvent ainsi associés aux visées impérialistes des nations. Au cours du temps, les expéditions essentiellement scientifiques tendent à s'individualiser, rendant les buts stratégiques et commerciaux moins apparents. Le périple de Darwin autour du globe, à bord du *Beagle*, illustre cette tendance. Durant la seconde moitié du XIX^e siècle, c'est dans ce cadre que des scientifiques neuchâtelois ont trouvé, aux Etats-Unis, des conditions leur permettant de participer à l'exploration du domaine océanique afin de poursuivre en zone marine des recherches que leurs devanciers avaient abordées, à l'époque de la première Académie de Neuchâtel, sur les lacs jurassiens. Comme eux, ils se sont passionnés pour ce milieu, sa faune, sa topographie et les sédiments qu'on y rencontre.

Louis Agassiz (1807-1873)

Lorsque Agassiz quitte Neuchâtel pour les Etats-Unis en 1846, son avenir est nettement plus incertain qu'il n'y paraît. Son départ est certes motivé par un vieux désir de participer à une expédition scientifique vers des territoires encore mal connus. En 1829, il avait déjà offert ses services à Humboldt pour l'accompagner, en tant qu'assistant, dans le voyage que le savant allemand s'appêtait à entreprendre dans l'Oural, mais trop jeune et encore peu connu, il n'avait pas été retenu. Avec le temps, la notoriété acquise à Neuchâtel par ses travaux sur les poissons et ceux consacrés aux glaciers le place maintenant parmi les grands savants de son temps. De plus, depuis sa visite à Paris, il entretient avec Humboldt des relations privilégiées. Celui-ci, en sa qualité de conseiller du roi de Prusse, fait même le nécessaire pour que ce prince de Neuchâtel lui accorde une substantielle bourse afin de financer l'expédition qu'il projette d'entreprendre aux Etats-Unis. En contrepartie, Agassiz s'engage à rapporter des territoires qu'il visitera des collections scientifiques destinées tant aux musées de Berlin qu'à celui de Neuchâtel. Tout paraît donc parfaitement planifié, mais on n'a pas tenu compte qu'Agassiz connaît à Neuchâtel une situation financière fort délicate, qu'il vit séparé de son épouse et que son désir de réaliser une expédition scientifique se trouve surpassé par son ambition d'être appelé à la tête d'une des grandes institutions scien-



Louis Agassiz (1807-1873), avant son départ pour l'Amérique.

tifiques mondiales où il espère enfin trouver, sans restriction aucune, tous les moyens de conduire les grands projets scientifiques qui se bousculent dans sa tête.

Au moment où Agassiz arrive aux États-Unis, la jeune nation cherche à faire reconnaître son étonnant potentiel. Dans plusieurs milieux, on est conscient des graves lacunes qui subsistent dans l'éducation supérieure, tout particulièrement dans le domaine des sciences. Pour éviter la médiocrité locale, les étudiants qui s'orientent vers ces disciplines, et qui en ont les moyens, se rendent en Europe, en Allemagne surtout, afin d'acquérir une formation de qualité que la jeune nation n'est pas encore capable d'offrir. Pour accélérer le transfert des connaissances dans ces domaines, on invite des savants confirmés à présenter, au cours de stages de quelques mois, des conférences dans les villes les plus importantes du pays. Comme ces invitations sont largement rétribuées, Agassiz s'empresse d'accepter ce type d'appel. Cela va lui permettre de réaliser d'importants gains pour éteindre une partie de ses dettes et, en même temps, satisfaire sa passion pour l'enseignement. Afin de mieux répondre à cette offre, il s'installe provisoirement, pense-t-il, à Boston et diffère de près de deux ans le départ de son expédition. Il met ce temps à profit pour se faire apprécier et examiner les possibilités de trouver, dans cette jeune nation, les responsabilités et surtout les moyens qu'il recherche.

L'expédition au lac Supérieur

Lors de sa première expédition, qui se déroule de la mi-juin à la fin août 1848, Agassiz explore la rive nord du lac Supérieur. De Boston, deux semaines de voyage, d'abord en train, puis en bateau depuis le lac Huron, sont alors nécessaires pour parvenir à pied d'œuvre dans ces régions qui, au-delà du lac Érié, sont encore très peu colonisées et essentiellement peuplées d'Indiens.

Quinze personnes accompagnent Agassiz. Parmi elles, on note neuf étudiants, dont six se destinent aux sciences naturelles, alors que les trois autres sont engagées dans des études de droit. Quatre naturalistes déjà formés et deux personnalités influentes de la bonne société de Boston complètent l'équipe. La composition de celle-ci illustre parfaitement l'esprit qui va rapidement permettre à Agassiz de conquérir l'Amérique pour en devenir l'un des scientifiques les plus influents de son temps. L'expédition vers le lac Supérieur est certes destinée à explorer la flore, la faune et la géologie de ces régions, mais c'est aussi l'occasion de faire partager à toute la troupe qui l'accom-

LAKE SUPERIOR:
ITS
PHYSICAL CHARACTER, VEGETATION, AND ANIMALS,

COMPARED WITH THOSE OF OTHER AND SIMILAR REGIONS.

BY
LOUIS AGASSIZ.

WITH A NARRATIVE OF THE TOUR,

BY
J. ELLIOT CABOT.



AND
CONTRIBUTIONS BY OTHER SCIENTIFIC GENTLEMEN.

ELEGANTLY ILLUSTRATED.

BOSTON:
GOULD, KENDALL AND LINCOLN,
59 WASHINGTON STREET.
1850.



Paysage boisé de l'île de Saint-Ignace sur la rive nord du lac Supérieur.

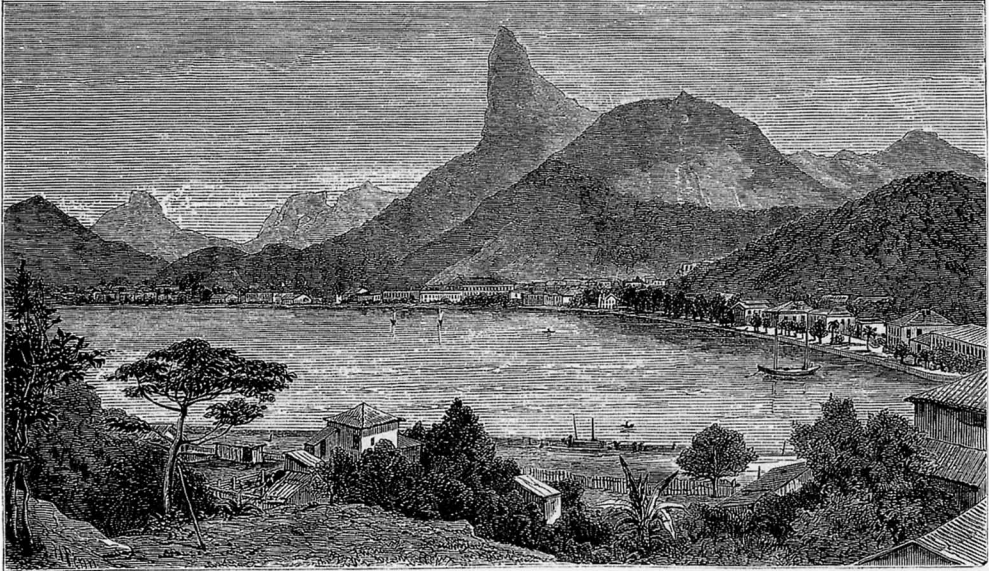
pagne et à tous ceux qui en seront informés les nobles sentiments que procure l'étude des beautés de la nature. Dans cette aventure, Agassiz espère gagner à sa cause aussi bien ceux qui occupent des positions importantes que ceux qui aspirent à en obtenir, qu'ils appartiennent au monde de la science ou à celui des affaires. Pour parvenir à ses fins, il a même emporté un tableau noir. C'est un accessoire essentiel de la tournée car, à chaque arrêt important, Agassiz l'utilise pour soutenir la ferveur de sa troupe, commenter les dernières observations et les placer dans la perspective des connaissances scientifiques les plus récentes. La tournée achevée, un ouvrage en présentera la chronique. Il sera fort bien reçu, tant par ceux qui cherchent simplement à mieux connaître la diversité de leur pays que par ceux qui désirent s'instruire à travers les commentaires didactiques qu'Agassiz présente sur la faune, la végétation et l'évolution des paysages dans le temps. L'ouvrage comporte une importante analyse des poissons qu'Agassiz a identifiés dans ces régions, ainsi qu'un notable inventaire de la flore qui se trouve comparée à celle du Jura.

Les récifs de Floride

Dès son arrivée aux Etats-Unis, dans l'espoir d'obtenir des facilités pour étudier les faunes marines, Agassiz entre en contact avec le Coast Survey (Service de l'inspection des côtes) et son directeur, le D^r Alexandre-Dallas Bache. Rapidement, celui-ci est acquis à l'idée qu'une collaboration avec le naturaliste neuchâtelois sera des plus profitables pour les deux parties. En été 1847 déjà, il offre à Agassiz une place à bord du *Bibb*, petit navire chargé d'effectuer des relevés morphologiques dans la baie de Boston, pour qu'il puisse entreprendre, en pleine mer, les études de son choix. Durant l'hiver 1851, Bache met à la disposition d'Agassiz l'un de ses bateaux avec tout son équipage lui permettant d'étudier les récifs et les écueils s'étendant au large de la Floride. Pour le Coast Survey, les résultats de cette mission aboutissent à des informations permettant de mieux comprendre le développement des îlots, des récifs et des canaux qui les séparent. Ces données, rapidement intégrées dans les cartes maritimes d'un secteur où la navigation est difficile, sont jugées particulièrement utiles. Agassiz estime que les constructions récifales présentes au large du continent sont en fait l'extension récente et actuelle de récifs plus anciens couvrant une bonne part de la Floride. D'après leur type d'évolution, ils paraissent différents de ceux que Darwin a étudiés dans le Pacifique. Le rapport scientifique final de cette première prise de contact avec les récifs ne sera publié qu'après la mort d'Agassiz, grâce aux bons soins de son fils.

Le voyage au Brésil

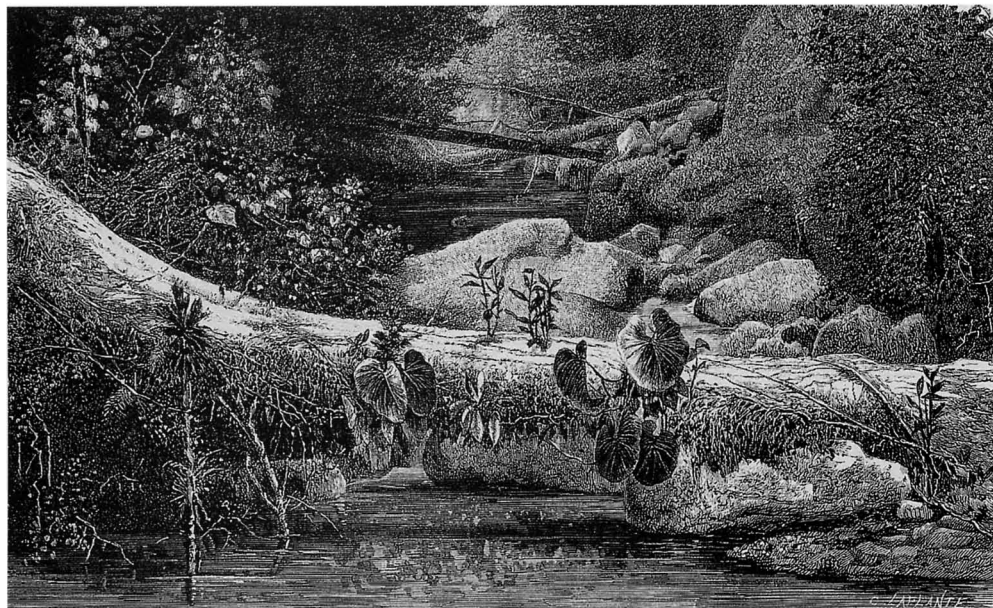
Après son expédition au lac Supérieur, accaparé par ses multiples occupations liées au rôle qu'il entend jouer dans la science américaine grâce à la création de l'Académie des sciences des Etats-Unis et celle d'un grand musée, Agassiz n'a plus l'occasion d'entreprendre une nouvelle expédition de pareille envergure. Avec les années, il paraît être au faite de sa gloire et l'on pourrait croire que tout lui sourit. C'est cependant le temps où commencent à surgir des fissures dans l'empire qu'il a édifié autour de sa personne. Il a ainsi dû faire face aux premières révoltes de ses propres étudiants, peu satisfaits des méthodes autoritaires qu'il pratique pour se réserver tous les droits sur la production scientifique qu'il dirige. Il y a surtout eu la sortie de *L'origine des espèces* de Darwin, ouvrage qui rejette les créations divines et répétées du monde vivant telles qu'il les soutient. La gravité du conflit qui s'engage sur ce sujet le touche d'autant plus qu'il est conscient que l'argumentation de Darwin est basée sur les observations



Baie de Botofago dans les faubourgs de Rio de Janeiro.

et les réflexions d'un naturaliste dont il reconnaît les mérites. En outre, il constate que les propositions de cette nouvelle théorie sont souvent très bien reçues par ses meilleurs élèves et par les naturalistes américains dont il apprécie les compétences scientifiques. Durant l'hiver 1864-1865, accablé par les charges qui pèsent sur ses épaules, Agassiz se trouve si fatigué qu'il aspire, durant un temps, à un changement qui l'éloignerait de tous ses soucis. En attendant, afin de reprendre confiance, il s'engage dans une série de conférences publiques où il sait qu'il va retrouver un auditoire qui, une fois encore, sera sensible à son charme et aux objections avancées pour contrer Darwin. Il tient surtout à présenter à ses auditeurs l'idée que, dans un passé récent, les glaciers ont recouvert la terre entière en entraînant une totale destruction des flores et des faunes anciennes. Celles actuellement présentes ne peuvent donc être que le résultat d'une création nouvelle et ne sauraient être nées de l'évolution d'organismes anciens. Pour apporter les preuves définitives de cette vision, il lui paraît nécessaire que de nouvelles études soient rapidement conduites, par des chercheurs hautement qualifiés, dans les régions équatoriales comme celles de l'Amérique du Sud.

Nathaniel Thayer, riche homme d'affaires qui, à plus d'une occasion, a déjà apporté son soutien à Agassiz, lui propose de prendre à sa charge l'ensemble des frais occa-



Végétation exubérante équatoriale dans le bassin de l'Amazonie.

sionnés par une expédition que le naturaliste dirigerait au Brésil. Une telle offre n'est pas de celles qu'Agassiz peut refuser. L'expédition se fera donc, et rapidement, en prenant même des proportions compatibles avec l'enthousiasme légendaire du savant. Le 1^{er} avril 1865, quelques jours avant que la reddition de Lee mette pratiquement fin à la guerre de Sécession, dix-huit personnes s'embarquent de New York à destination de Rio pour cette nouvelle aventure: Madame et Monsieur Agassiz, un ami médecin et sa femme, quatre assistants chevronnés, le dessinateur Burckhardt, un préparateur, sept étudiants de diverses disciplines, ainsi que l'un des beaux-frères d'Agassiz. Pour le savant, comme lors de la tournée au lac Supérieur, une telle expédition ne saurait se passer d'enseignement. Dès que le bateau rencontre les effets du Gulf Stream, et par la suite régulièrement, Agassiz rassemble sur le pont tout son monde, ainsi que des invités potentiels comme le capitaine, afin de faire le point sur les meilleures façons de conduire les observations scientifiques, pour affiner les sensibilités à la diversité des espèces et pour que toute sa troupe bénéficie au mieux des avantages d'une telle tournée. Parvenu à Rio, Agassiz ne peut résister à la joie de présenter quelques conférences. A sa requête et à celle de son épouse, pour la première fois, les femmes brési-

liennes sont invitées à de telles manifestations. L'empereur Dom Pedro II se fait un honneur d'assurer la gratuité de tous les déplacements de l'expédition et met un officier de haut rang à sa disposition pour faciliter tous les problèmes d'intendance. Durant les trois premiers mois passés au Brésil, Agassiz focalise son attention sur les paysages de la région de Rio. Il est rapidement persuadé d'y reconnaître des roches moutonnées et d'autres aspects de la morphologie glaciaire. Pour lui c'est la preuve que, dans un passé récent, des glaciers recouvraient ces zones tropicales et en avaient fait disparaître toute trace de vie. Agassiz quittera le Brésil convaincu que les faunes et la végétation observées sont des créations nouvelles, différentes de celles qui avaient existé avant l'époque glaciaire.

Après ce séjour dans les régions côtières, Agassiz et sa troupe se rendent dans le bassin de l'Amazone pour en étudier les poissons, la végétation luxuriante, mais aussi les populations autochtones et africaines d'un pays qui n'a pas encore aboli l'esclavage. Poussant leurs investigations presque jusqu'au pied des Andes, remontant des affluents du fleuve principal, ils prélèvent une multitude d'échantillons, au total près de 80 000 dont la grande majorité, hélas, ne sera pas étudiée du vivant d'Agassiz. En janvier 1868 paraît le livre que Madame Agassiz a rédigé sur l'expédition brésilienne. Cette belle et plaisante narration se trouve régulièrement enrichie par les exposés qu'Agassiz avait adressés à ses compagnons. Comme à l'ordinaire, l'œuvre rencontre un beau succès populaire mais, cette fois, est pratiquement ignorée des milieux scientifiques.

Le tour de l'Amérique du Sud

En septembre 1869, Agassiz est frappé par une attaque cérébrale qui le laisse totalement paralysé et même incapable de parler. Après une année de repos, grâce aux bons soins et au calme dont on l'entoure, il se remet suffisamment pour reprendre toutes ses activités. Son ami, Benjamin Peirce, nouveau directeur du Coast Survey, lui offre alors de diriger, à bord du *Hassler*, le nouveau bateau de recherche² de son service, une expédition autour de l'Amérique du Sud. Ce bâtiment est équipé des derniers perfectionnements technologiques devant permettre d'entreprendre dragages, prélèvements de faunes et de sédiments jusqu'aux plus grandes profondeurs. Une fois encore, Agassiz ne peut résister à une telle offre. A la veille de ce départ, bien que toujours opposé à la théorie de l'évolution, il est devenu moins critique face à plusieurs propositions et commentaires de Darwin. Il est persuadé que le voyage qui a tant inspiré

son collègue britannique lui donnera la possibilité de mieux évaluer les points faibles de son argumentation. Son ami, l'océanographe W. Thomson, l'a informé récemment qu'il a découvert dans l'Atlantique des faunes anciennes que la science considérait comme éteintes. Avec les nouveaux équipements dont il va disposer, Agassiz espère que dans l'Atlantique Sud et le Pacifique, lieux encore inexplorés, il aura la chance de mettre la main sur des faunes des anciennes périodes géologiques, peut-être des ammonites ou même des trilobites ! Sur ce plan-là, les résultats de l'expédition seront particulièrement décevants. Malgré la présence de Pourtalès, spécialiste des faunes profondes, aucune espèce primitive ne sera ramenée des profondeurs. Du reste, les équipements du *Hassler* ne répondent pas aux attentes. Ils exigent de nombreuses escales pour pallier leurs maladies de jeunesse et l'on finit même par renoncer à leur utilisation. Dans la région du détroit de Magellan, Agassiz a cette fois et sans contestation possible la joie de reconnaître tous les éléments essentiels de la morphologie glaciaire qu'il recherche si avidement. Alors qu'il espérait prouver que l'ensemble du continent avait été couvert par une vaste calotte de glace, une fois parvenu à quelque 400 km au sud de Santiago en remontant les côtes du Chili, il doit constater que, durant l'époque glaciaire, les glaciers étaient confinés à la haute chaîne des Andes et à son piedmont immédiat, laissant ainsi toute la chaîne côtière libre de glace. Aux Galápagos, Agassiz, fatigué, se contente de confirmer les observations de Darwin. Les évolutions proposées par son collègue britannique lui paraissent cependant douteuses, tant celles-ci devraient se produire rapidement sur des îles volcaniques aussi jeunes. La théorie de l'évolution n'explique donc pas tous les changements observés.

Comme lors de ses autres expéditions, Agassiz a tenu à maintenir les causeries scientifiques que lui inspirent les régions traversées et les faunes rencontrées. Avec l'âge, ces exercices, qui ne lui demandaient antérieurement presque aucun effort, absorbent maintenant une bonne partie de ses forces et exigent de fréquentes périodes de récupération durant lesquelles la recherche active de chacun se trouve mise en attente. A San Francisco, les témoignages d'admiration et de reconnaissance qui l'accueillent au terme de ce long voyage marin sont ressentis avec beaucoup d'émotion. Mais sa fatigue est si profonde qu'il renonce à une excursion dans la vallée de Yosemite où l'invitaient pourtant les magnifiques paysages glaciaires reconnus depuis peu.

Voyages à l'intérieur des terres américaines

En dehors des expéditions lacustres et maritimes, Agassiz a entrepris plus d'un voyage à l'intérieur des Etats-Unis dans le dessein d'étendre ses connaissances géologiques, faunistiques et paléontologiques. Dès son arrivée, il se rend dans les principales villes de l'Est, visite les chutes du Niagara ainsi que la région des White Mountains. L'enseignement qu'il donne durant deux hivers au collège médical de Charleston lui permet de prendre contact avec les Etats du sud. Lors de sa seconde visite, avant de regagner Boston, il effectue une grande série de conférences qui le conduit à La Nouvelle-Orléans et de là, en remontant la vallée du Mississippi, jusqu'à Chicago. En 1868, il est le guide scientifique d'une tournée réunissant des membres du Congrès et des hommes d'affaires désireux de visiter les territoires de l'Ouest. De Chicago, sous la garde d'une escorte de cavalerie, cette troupe se rend ainsi dans le Wyoming et à Denver. Pour Agassiz, c'est l'occasion d'observer des traces glacières dans les Montagnes Rocheuses, d'admirer à leur pied quelques remarquables gisements fossilifères et, comme à l'ordinaire, d'entretenir ses compagnons de voyage des beautés de la nature.

Louis François de Pourtalès (14 mars 1824- 17 juillet 1880)

La carrière scientifique de Louis François de Pourtalès s'inscrit en totalité dans les liens qu'il a entretenus avec Louis Agassiz et son fils Alexandre. Né à Neuchâtel, François reçoit ses premières leçons de sciences naturelles de sa gouvernante allemande qui, dès son enfance, au cours de promenades, l'initie à la botanique. Par son père, le comte Louis de Pourtalès, il acquiert de solides bases en mathématiques. Etudiant à l'Académie de Neuchâtel, Agassiz est impressionné par les aptitudes et le sérieux de celui qui devient l'un de ses élèves favoris. Bien qu'il ne soit âgé que de 17 ans, il l'entraîne au glacier de l'Aar pour en faire son assistant personnel avec la mission de le seconder dans les relevés météorologiques. Par la suite, François se rend d'abord à Bonn pour y commencer des études de médecine, mais assez rapidement bifurque vers une formation d'ingénieur qu'il effectue à Francfort-sur-le-Main puis à Berlin. Sérieusement malade, il doit revenir à Neuchâtel. Après son rétablissement, au début de 1847, il est de ceux qui, avec Desor, forment le premier contingent de naturalistes neuchâtelais qui rejoignent leur maître en Amérique. Pourtalès se trouve bientôt engagé au Coast Survey où il poursuivra sa carrière jusqu'en 1873. Le décès de son père en 1870 l'ayant placé à l'abri de soucis matériels, il met alors ses connaissances et sa compé-

tence à la disposition du Musée de zoologie comparée où, jusqu'à sa mort, il travaille comme collaborateur scientifique et administratif bénévole, avec un dévouement exemplaire.

Bien que modeste, probablement trop modeste, Pourtalès a joué un rôle important dans les premiers développements de l'océanographie aux Etats-Unis, à une époque où le Coast Survey, sous l'influence des directeurs Bache puis Peirce, et avec l'appui de Louis Agassiz, se trouve parmi les institutions les plus actives de cette nouvelle discipline. Les travaux de Pourtalès se sont essentiellement déroulés au large de la côte est de l'Amérique, du Main jusque dans la partie nord de la mer des Caraïbes. Les nombreuses missions qu'il a alors entreprises en ont fait le meilleur connaisseur de la morphologie marine, des sédiments et des faunes de ce large secteur de la bordure atlantique.

Dès le début de son engagement au Coast Survey, Pourtalès participe à des relevés topographiques dans la région des récifs de Floride. En 1854, il est affecté au Service des marées; mais, assez rapidement, l'étude des fonds marins et de la vie qu'on y rencontre est placée au centre de sa recherche. A cette époque, une large part de la communauté scientifique considère que, dans l'océan, la vie se trouve limitée à une mince tranche d'eau s'étendant de la surface jusque vers 300 mètres de profondeur où les effets de la lumière se font encore sentir. On estime qu'au-delà, privées de leur source vitale, les faunes ne rencontrent plus les conditions leur permettant d'assurer leur développement.

Au Coast Survey, lors de l'établissement de la topographie sous-marine par sondage, on procède à des prélèvements de sédiments au moment où les appareils touchent le fond. Pourtalès est chargé d'utiliser ces matériaux pour établir une synthèse couvrant la totalité de la côte est des Etats-Unis. La carte qu'il publie en 1870, basée sur l'étude de quelque 7000 échantillons, montre qu'au large du plateau continental et au sud, dans les régions placées sous l'influence du Gulf Stream, les sédiments ont partout une composition calcaire liée à l'activité biologique. Le long des côtes, par contre, du cap Cod jusqu'à la Floride, sur les larges étendues peu profondes du plateau continental, les sédiments sont des sables essentiellement quartzeux. Particulièrement purs près du rivage, en allant vers le large ils se chargent de fragments d'organismes marins calcaires dont les espèces sont révélatrices de la profondeur des prélèvements. Au-delà de 100 mètres, les coquilles de globigérines deviennent l'élément

Louis Agassiz et Louis-François de Pourtalès examinant des oursins fossiles
au Musée de zoologie comparée à Harvard. ▷



dominant de cette contamination biologique. Localement, à la limite du plateau continental, Pourtalès signale la présence de sables verdâtres dont la coloration est liée à la glauconite qui imprègne et transforme insensiblement des coquilles de foraminifères. Toutes ces données générales, comme celles où Pourtalès montre que les apports glaciaires sont présents jusqu'au sud du New Jersey, n'ont, pour l'essentiel, pas été modifiées par les recherches ultérieures.

Ses études des sédiments marins le conduisent à reconnaître qu'assez souvent les fragiles coquilles des foraminifères planctoniques, comme les globigérines, prélevées dans des sédiments même profonds, restent magnifiquement préservées. Constatant que, dans ces milieux, elles conservent encore leur délicate couleur rose et ne présentent aucun dommage lié au transport ou à la dissolution, il admet que ces organismes doivent avoir été prélevés dans des lieux très proches de ceux où ils vivaient. Quelques années plus tard, près de La Havane, il a l'occasion d'observer ces mêmes foraminifères flottant en surface. Il est ainsi convaincu que ceux-ci, comme d'autres organismes marins flotteurs, ont la possibilité de vivre et de se déplacer dans une large tranche d'eau de l'océan, s'étendant de la surface jusqu'à des profondeurs situées bien au-delà de celles atteintes par la lumière.

Portalès est sollicité pour participer aux premiers sondages et dragages entrepris entre La Havane et Key West, à l'extrémité de la Floride, afin de reconnaître la nature des fonds marins sur lesquels on envisage de poser un câble télégraphique. Au cours de cette recherche, il montre que les faunes des grandes profondeurs, tout en étant aussi variées et abondantes que celles des zones côtières peu profondes, se composent d'espèces fort différentes et que, au-delà des édifices de coraux qui bordent la côte, le fond marin s'enfonce d'abord régulièrement sur près de deux miles. Cette zone est caractérisée par une absence presque totale de vie animale macroscopique, mais est couverte par une grande abondance de débris de coraux et de gastéropodes provenant des récifs voisins. Au-delà de profondeurs de 90 à 300 brasses (100-500 m), il situe un important palier, large de 5 miles, qu'Alexandre Agassiz nommera « Plateau Pourtalès ». Celui-ci s'étend parallèlement aux récifs sur plus de 30 miles. Il est constitué de calcaires récents formés par l'accumulation de débris d'organismes (coraux, échinodermes gastéropodes) vivant sur ce substrat. Ce matériel biologique, bien que poreux, se trouve rapidement consolidé et induré par plusieurs actions biologiques, dont celle des algues. Selon Pourtalès, ce plateau calcaire, qui s'accroît continuellement, pourrait bien représenter la zone d'enracinement de futurs récifs dès que les accumulations de débris auront suffisamment réduit la profondeur des eaux pour que les coraux constructeurs puissent s'y installer. Cette proposition aura une grande incidence

sur le regard qu'Alexandre Agassiz portera sur le développement des constructions récifales.

Pourtalès étudiera une importante partie des faunes profondes qu'il a récoltées au cours de ses campagnes de dragages, tout particulièrement celles des coraux (page 91). Il sera associé à l'expédition du *Hassler*, cette grande croisière autour de l'Amérique du Sud dirigée par un Louis Agassiz très affaibli. Il y aura la responsabilité des dragages. Comme d'autres biologistes, il part avec l'espoir que ces recherches le mettront en contact avec des faunes disparues. Suite au décès d'Agassiz, c'est à François de Pourtalès que reviendra la tâche de publier les quelques résultats scientifiques de cette aventure.

Alexandre Agassiz (17 décembre 1835-27 mars 1910)

Alexandre Agassiz est né à Neuchâtel quelques mois avant que son père ne s'engage dans l'étude des glaciers. A l'âge de 5 ans, il se trouve déjà mêlé à une expédition scientifique. Avec sa mère, souvent porté par le guide Leuthold, il se rend à «l'Hôtel des Neuchâtelois» où son père poursuit ses recherches sur le glacier de l'Aar. Il passe sa première jeunesse à Neuchâtel. Au départ de son père pour les Etats-Unis, alors que sa mère malade se rend, avec ses deux filles, chez son frère en Allemagne, Alexandre reste à Neuchâtel pour y poursuivre sa scolarité. En 1848, au décès de leur mère, les trois enfants rejoignent leur père à Boston où celui-ci ne tarde pas à se remarier avec celle qui, bien que de treize ans seulement l'aînée d'Alexandre, devient l'âme de la famille. Les rapports qui s'établissent entre ces enfants et leur belle-mère seront toujours très affectueux, avec Alexandre surtout.

A Boston, Alex (c'est le nom que chacun adopte alors) poursuit ses études et acquiert, à la Lawrence Scientific School, une double formation d'ingénieur et de biologiste. Au contraire de son père, il est peu attiré par l'enseignement, même s'il accepte pour un temps d'être instructeur de latin, français et mathématiques à l'école de jeunes filles que sa belle-mère a ouverte pour faire face aux dépenses occasionnées par les recherches scientifiques de son mari.

Ses études terminées, Alex, grâce aux relations de son père, est engagé à son tour par le Coast Survey. Il est d'abord envoyé sur la côte ouest de l'Amérique, qu'il rejoint en passant par le golfe du Mexique et l'isthme de Panama. Avec une équipe de topographes, il participe à des relevés au sud de l'île de Vancouver où le mauvais temps et le brouillard perturbent souvent les opérations. Sans travail durant la période d'hiver,

il retourne à Panama d'où il adresse sa démission au Coast Survey, cette carrière lui paraissant être sans avenir.

En 1860, il est engagé en tant qu'«agent» au Musée de zoologie comparée. Il se marie et, par cette alliance, renforce les liens que sa famille a établis avec les cercles aisés de Boston. A partir du voyage de son père au Brésil, il se voit confier des charges administratives au Musée qui se trouve enfin convenablement géré. Ses recherches scientifiques s'orientent vers l'embryologie des échinodermes. Elles conduisent à quelques publications dont un important catalogue, richement illustré, consacré aux Acéphales de l'Amérique du Nord.

L'exploitant minier

Bien que satisfait par ses activités scientifiques, Alexandre Agassiz est conscient que celles-ci ne peuvent lui apporter l'indépendance financière à laquelle il aspire. Une première expérience minière, tentée dans les charbonnages de Pennsylvanie, se révèle peu concluante. En 1866, son beau-frère et des investisseurs de Boston, qui ont acquis des droits miniers sur les bords du lac Supérieur, le prient de se rendre sur place pour en évaluer le potentiel. Enthousiasmé par les teneurs de cuivre natif qu'il observe, il emprunte 10 000 dollars pour devenir partenaire de cette affaire. L'année suivante, au cours d'une nouvelle visite, il se rend compte que l'extraction du minerai, son traitement et son transport s'avèrent malheureusement beaucoup plus difficiles et surtout beaucoup moins lucratifs que prévu. Pour éviter de tout abandonner, il persuade ses associés de renoncer à leurs dividendes et même d'augmenter leurs investissements. Ayant obtenu des fonds supplémentaires, il prend en main toute l'exploitation, procède à l'achat de nouveaux équipements, construit de nouvelles voies ferrées, améliore l'approvisionnement de la mine en eau. Pendant presque deux ans, il reste sur place, en se battant contre les éléments, les hommes et parfois la malchance. Il parvient à transformer une affaire qui était proche de la débâcle en une entreprise prospère et bien conduite. Malgré les soucis et les efforts que lui demandent ces travaux, il n'abandonne pas totalement les sciences naturelles, se permettant d'étudier de près la vie des castors qui peuplent alors ces lieux isolés. Après avoir remis sur pied les deux mines qu'il contrôle, Agassiz passera chaque année quelque temps sur les bords du lac Supérieur, s'assurant de leur bonne marche et prenant les mesures nécessaires afin d'assurer une exploitation aussi judicieuse que possible. D'abord directeur financier, il devient rapidement directeur général d'une compagnie qui de 1400 employés en

1873 passe à 5600 en 1909. Réputée pour sa gestion sociale progressive, cette affaire peut, entre 1869 et la fin de 1909, faire état d'un bénéfice cumulé de 110 millions de dollars de l'époque, transformant en multimillionnaires ses principaux investisseurs, Agassiz n'étant pas le plus important.



Alexandre Agassiz, vers 1860.

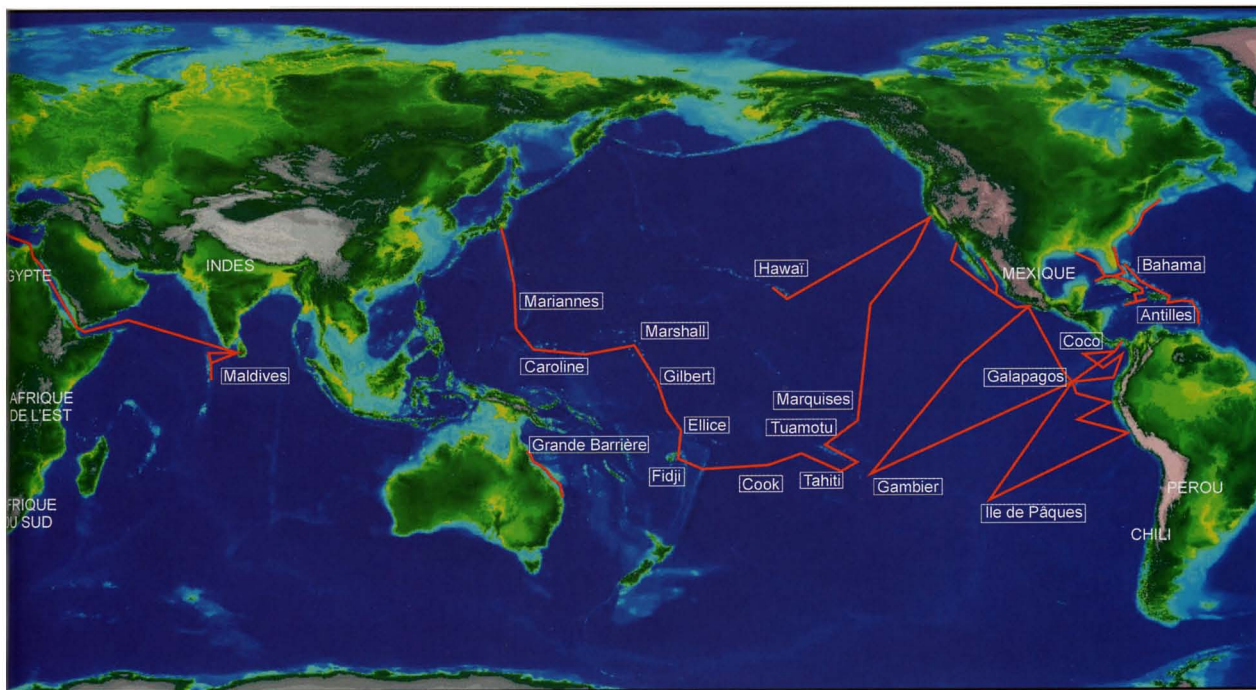
Voyage en Europe et activités scientifiques

Dès 1869, année des premiers bénéfices miniers, Alex Agassiz reprend ses études sur les oursins. Assez rapidement, cependant, les fatigues accumulées lui imposent de prendre du repos ou de changer, durant un temps au moins, ses activités. A cet effet, il entreprend avec sa famille une vaste tournée européenne qui le conduit en Grande-Bretagne, Irlande, France, Italie, Suède, Suisse et Allemagne. Bien introduit dans les milieux scientifiques par des recommandations de son père, il rend visite à de nombreux savants pour rassembler les matériaux nécessaires à la mise au point de ses tra-

vaux sur les oursins. Il veille également à renforcer les liens que le nouveau Musée de Cambridge a établis avec le monde savant de l'Europe. Avant son départ des Etats-Unis, il a suivi avec une grande attention les recherches entreprises par Pourtalès au large des côtes est des Etats-Unis et dans les Caraïbes, où son ami a récolté des faunes vivant à plus de 1000 mètres de profondeur. A Dublin, Wyville Thomson, à qui il rend visite, est à la veille d'entreprendre la grande expédition du *Challenger*. Il lui apprend que, lors d'une récente croisière dans l'Atlantique, il ramena des organismes vivant à 5000 mètres de profondeur. Agassiz comprend que ces découvertes ouvrent un tout nouveau domaine de recherche ne demandant qu'à être exploité. A son retour à Cambridge, tout paraît annoncer de belles et heureuses années de travail. Son père, dont la santé s'est améliorée, embarque en compagnie de Pourtalès sur le *Hassler* pour effectuer le tour de l'Amérique du Sud, sur les traces de Darwin. La fin de 1872 est marquée par la sortie de presse de son travail sur les Echinides, ouvrage de 770 pages avec 87 planches d'illustrations. En 1873, la première école d'été de biologie marine organisée par Louis Agassiz rassemble durant un mois, sur l'île de Penikese, en pleine nature face à l'océan, quarante jeunes enseignants américains en biologie, afin d'assurer leur recyclage. Mais 1873 c'est aussi ce terrible mois de décembre où Alex perd son père puis, huit jours plus tard, sa jeune femme emportée par une pneumonie. Tout est alors différent.

Recherches minières, archéologiques et lacustres

Au-delà de cette fin d'année, Agassiz ne sera plus jamais le même; il est perpétuellement angoissé, en particulier par sa santé qu'il croit constamment menacée. Réalisant que son père n'est pas parvenu à assurer l'avenir du Musée qu'il a créé, il va consacrer une large part de son énergie et de ses moyens pour que cette institution ne périsse pas et trouve un second souffle digne de son créateur. Dans un premier temps, il cherche également à sauver l'école d'été de biologie marine. Mais celle-ci n'étant plus soutenue par l'élan de son fondateur, elle sera définitivement abandonnée. Conscient de cet échec, Alex Agassiz s'efforce de la remplacer par l'important soutien qu'il apporte personnellement à la biologie marine pratiquée à Harvard, mettant tous les équipements dont il dispose dans sa résidence d'été à la disposition de jeunes chercheurs. En automne, partiellement remis, il se rend d'abord à Panama. De là, il gagne le Chili, puis le Pérou, afin de s'informer des exploitations de cuivre de ses principaux concurrents. Débarquant à Valparaiso, il remonte la côte en direction du nord et s'arrête dans



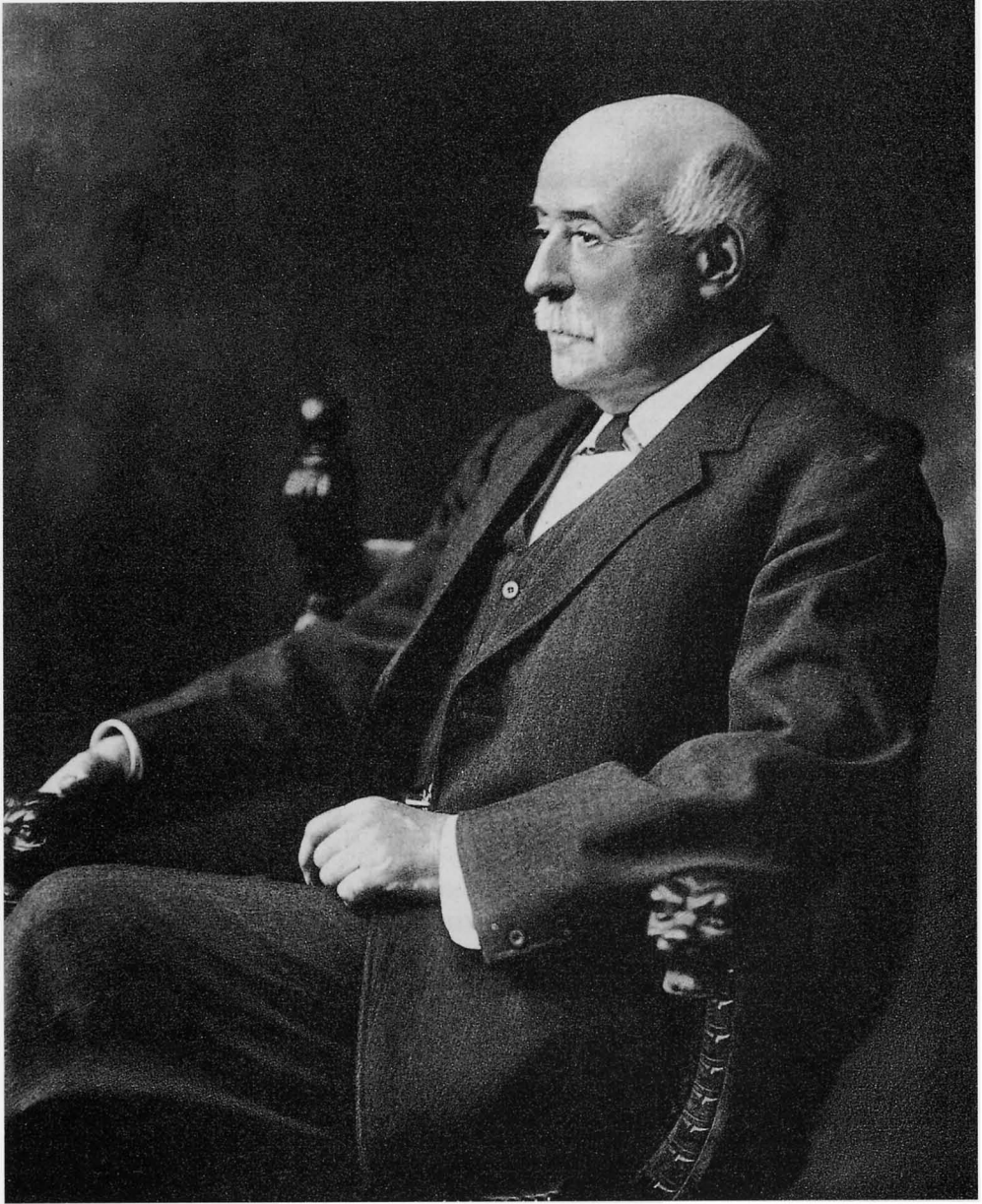
Les grands voyages d'Alexandre Agassiz.

une suite de ports lui permettant de gagner les différents districts miniers qui s'égrènent à l'intérieur des terres. Pour les atteindre, il doit parfois parcourir à cheval, dans des conditions précaires, de 50 à 70 km quotidiennement. Restant préoccupé par les phénomènes naturels, comme Darwin, il est impressionné par la série de plages marines soulevées qui s'étagent tout au long de la côte, où il observe même des coraux récents fixés sur des roches situées à près de 1000 m d'altitude. Dans le désert d'Atacama, il visite les gisements de nitrates dans les bassins fermés du pied des Andes. Au port de Pisagua, dans l'attente du prochain bateau, il explore d'anciennes tombes incas, dont il prélève le contenu pour en faire don à l'annexe archéologique du Musée de zoologie comparée. Durant tout ce voyage, il loge de préférence chez des Européens de diverses nationalités, actifs dans ces régions perdues. Il y trouve régulièrement un accueil chaleureux. Lorsqu'il doit se rendre à l'hôtel, il s'adapte plus ou moins bien à une nourriture qui est loin de lui plaire, mais supporte mal la fréquente obligation de partager

sa chambre avec d'autres voyageurs de passage, des Espagnols principalement, qui ne cessent de fumer du matin au soir. De plus, bien qu'ils se distinguent par des vêtements de choix, presque tous paraissent avoir un urgent besoin de douche ou de bain.

Etant parvenu au Pérou et avant de quitter l'Amérique du Sud, Agassiz se rend au lac Titicaca d'où il espère gagner Cuzco. L'état déplorable des pistes et le peu de temps dont il dispose le contraignent à abandonner ce dernier projet. Sa visite au grand lac des Andes vise essentiellement deux objectifs: d'une part acquérir des objets archéologiques récents et anciens, d'autre part entreprendre une étude préliminaire de la morphologie, des sédiments et de la faune de cette remarquable étendue d'eau. Toujours parfaitement organisé, il s'est fait précéder sur les lieux par l'un de ses fidèles assistants avec l'équipement nécessaire pour effectuer sondages, dragages et mesures de température. La profondeur maximale de 244,6 m qu'il mesure est bien proche de celle qui est actuellement admise (269 m). Les températures relativement élevées de 55° à 58° F (14° C) qu'il enregistre en profondeur, peu différentes des valeurs relevées en surface, sont une surprise. Intrigué par cette situation, il remet tous ses instruments de mesure à un capitaine de bateau, le priant de poursuivre cette recherche au cours des prochaines saisons. A sa profonde déception, la faune de ce grand lac d'altitude, bien qu'abondante, est très pauvre en espèces, tout particulièrement chez les poissons. Alors que la population des mollusques est conforme à celle des domaines continentaux, celle des crustacés révèle des affinités marines marquées. Au cours de ses prospections archéologiques, observant des objets que les populations locales semblent avoir abandonnés, il est surpris de constater que ceux-ci prennent une grande valeur dès qu'il désire les acquérir. Très marqué par sa culture, à l'étranger comme dans son propre pays, Alexandre Agassiz, le savant tout autant que l'homme d'affaires pragmatique, éprouve toujours de grandes difficultés à se placer dans des perspectives qui s'écartent de celles de son milieu. Toute sa vie, il n'en continuera pas moins à se montrer bienveillant vis-à-vis des étrangers et à témoigner une curiosité marquée pour les civilisations anciennes.

Dans cette première grande expédition, Alexandre montre toute l'étendue de ses intérêts, qui sont autant miniers que scientifiques (biologie et géologie) et culturels. Par la suite, chaque année durant la période hivernale, lorsque sa santé et celle de ses proches ne le retiennent pas, il fuit les frimas de Boston à destination de pays plus cléments, mais aussi pour bénéficier des contacts scientifiques et culturels de l'Europe, poursuivre ses recherches océanographiques, parfaire ses connaissances minières et parfois aussi prendre contact avec de nouveaux territoires, de nouvelles cultures. Dans le domaine scientifique, bien qu'il soit très sensible au mal de mer, celle-ci sera



Alexandre Agassiz (1835-1910).

toujours son champ d'action préféré. De 1877 à 1894, il orientera principalement ses recherches vers la connaissance des fonds marins et de leur faune; par la suite, les récifs de coraux deviendront son principal sujet d'étude.

Recherche sur la nature et les faunes des fonds marins

En 1877, le Coast Survey met à la disposition d'Agassiz le *Blake*, un vapeur de 350 tonnes, de 140 pieds de long à ligne de flottaison, afin d'étendre, sur la côte est des Etats-Unis et surtout dans la mer des Caraïbes, les recherches entreprises par Pourtalès. Avec ce bateau, Agassiz effectue trois importantes missions. De décembre 1877 à mars 1878, il explore une vaste zone du golfe du Mexique située entre la Floride, Cuba et le Yucatan. A la fin de 1878, embarquant à Washington, il gagne la Floride, les Bahamas, Cuba, la Jamaïque, les Grandes et Petites Antilles. De ces régions, il acquiert une connaissance alors rarement égalée, même si ses contacts avec les terres se limitent souvent aux zones côtières avec des appréciations obtenues depuis le pont du bateau. Quelques escales dans des baies calmes, pour passer la nuit, lui permettent un contact plus intime avec ces paysages enchanteurs, aux morphologies variées, où les pics volcaniques sculptés par les ravines profondes de l'érosion tropicale côtoient les récifs de coraux et leurs plages de sables clairs. Il est conscient qu'avec l'augmentation des facilités de communication, ces régions ne tarderont pas à devenir des centres touristiques estimés par ceux qui, durant la mauvaise saison, recherchent alors la douceur du climat en Floride ou celle du sud de l'Europe. A ses yeux, les amoureux de la nature trouveront là, dans une ambiance idéale, la plus belle variété de sites que l'on puisse souhaiter.

En 1880, la troisième croisière du *Blake* concentre son attention sur la côte est des Etats-Unis, du Main au nord jusqu'à la Géorgie au sud. Deux volumes richement illustrés, dédiés à la mémoire de Pourtalès, présentent, en 1882, sous une forme semi-vulgarisée, les principaux résultats scientifiques obtenus. A l'aide de cartes en couleurs, dont les grandes lignes ne seront pas sensiblement modifiées avant la fin des années 1930, Agassiz donne une vue générale de la morphologie complexe des fonds marins de ces régions, ainsi que des données sur la thermique des eaux en fonction de la profondeur. Ces dernières, jointes à celles dont on dispose alors grâce aux travaux du *Challenger*, couvrent une large part de l'Atlantique. Celles de surface font particulièrement bien ressortir l'influence du Gulf Stream, tandis que celles des profondeurs soulignent l'homogénéité thermique des fonds marins avec, en tous lieux,

des températures voisines de 4° C. La qualité des travaux reflète la parfaite entente qui s'est rapidement établie entre le chercheur et les officiers du navire. Au cours des croisières successives, elle a conduit à l'amélioration de plusieurs appareils de sondage et de dragage où les compétences de l'ingénieur minier et celles des marins se sont idéalement alliées. Les lourdes cordes de chanvre utilisées antérieurement pour soulever les équipements pesants ont ainsi été avantageusement remplacées par des câbles, alors que les instruments légers sont descendus au moyen de minces fils d'acier, semblables à ceux des cordes de piano. Les opérations de sondage se trouvent ainsi fortement écourtées même si une mesure de température par 1500 m de fond demande encore près d'une heure et demie.

Les équipements embarqués sur le *Blake* apportent des améliorations particulièrement appréciées pour effectuer des opérations dans les zones profondes. Ils permettent de compléter les premiers résultats que Pourtalès avait acquis sur les sédiments. Pour ceux-ci, Agassiz reconnaît l'importance de l'apport des organismes planctoniques vivant dans les eaux superficielles. A leur mort, leurs coquilles descendent vers la profondeur, comme les flocons de neige tombant du ciel. Elles s'accumulent lentement sur le fond sous forme de boues calcaires gorgées d'eau qui, avec le temps, peuvent se transformer en roches solides et compactes. Au large des Antilles, à plus d'une occasion, Agassiz peut également observer de grands radeaux dérivants, formés de branchages, de cannes à sucre et de bambous dans lesquels vivent des lézards, des gastéropodes terrestres. Ces faits illustrent les possibles migrations de faunes et de flores entre le continent et des îles, même éloignées. A plusieurs reprises, à quelques centaines de kilomètres des côtes, les dragages effectués par plus de mille mètres de profondeur remontent de telles masses végétales. Fossilisées, elles seraient certainement interprétées comme des dépôts continentaux ou tout au moins côtiers. Elles illustrent les dangers d'interprétations hâtives basées sur des critères qui paraissent à première vue si évidents.

Les dragages du fond marin, entrepris avec de nouveaux chaluts spécialement adaptés, rapportent des profondeurs une abondante moisson d'animaux, parfois étranges, dont plusieurs espèces étaient encore inconnues. Ils sont présents jusque dans les zones les plus profondes, où ils se nourrissent de la pluie de matière organique tombant de la tranche d'eau supérieure. Adaptés à des milieux sans lumière, ils migrent parfois vers des zones côtières à la recherche d'une nourriture plus abondante. Agassiz pense alors que le milieu marin ne compte que deux zones où se rencontre la vie. Celle de surface, qui s'étend jusqu'à quelques centaines de mètres; elle est habitée par des animaux et végétaux qui bénéficient des effets de la lumière. Une seconde zone de

vie, également épaisse d'une centaine de mètres, surmonte le plancher marin ; au-delà des zones côtières, elle est caractérisée par l'absence de vie végétale. Entre ces deux domaines, Agassiz situe une sorte de grand désert où toute vie est absente. Il n'abandonnera jamais cette idée contestée, estimant que les prises signalées par ses contradicteurs sont des accidents sans signification résultant le plus souvent de prélèvements effectués avec des filets mal adaptés et ne garantissant nullement la profondeur des prises.

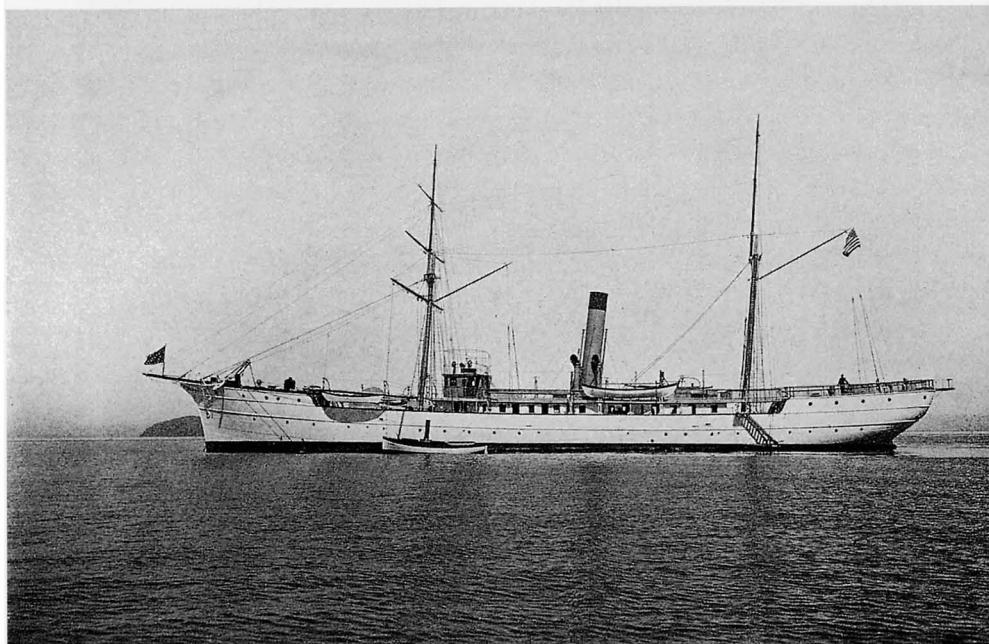
Panama – Galápagos – golfe de Californie

De 1891 à 1905, Alexandre Agassiz effectue cinq expéditions d'exploration scientifique dans le Pacifique et ses îles à bord de l'*Albatros*. La première, à l'ouest et au sud de l'Amérique centrale, est encore orientée sur l'étude des faunes peuplant les fonds marins ; c'est aussi l'occasion d'une première visite aux îles Galápagos pour remonter ensuite le long de la côte ouest de l'Amérique jusqu'au golfe de Californie. Le gouvernement des Etats-Unis, par sa Commission de la pêche, a mis à sa disposition l'*Albatros*, une belle unité de recherche de 1100 tonnes et de plus de 70 mètres de long, qui n'est en service que depuis 1882. Pour pouvoir en disposer durant ses campagnes, Agassiz doit cependant assurer les frais que demandent les équipements spéciaux qu'il désire embarquer, les ravitaillements en charbon, ainsi que les autres dépenses de fonctionnement. Quittant New York en février 1891, en compagnie de son fidèle dessinateur, Agassiz rejoint Panama où il doit embarquer. Il effectue la traversée de l'isthme en chemin de fer. Ingénieur de formation, il ne peut qu'exprimer sa tristesse face aux restes du vaste chantier qui, sous les ordres de Lesseps, aurait dû permettre la construction du canal. La récente faillite de la compagnie française s'est soldée ici par un abandon massif de bâtiments, matériaux et machines qui, sans surveillance, se dégradent rapidement dans cet environnement tropical que la technologie de l'époque s'était pourtant promis de vaincre.

Les dragages pratiqués au cours de cette première croisière de l'*Albatros* dans le Pacifique montrent que les faunes sont nettement moins abondantes que celles des Caraïbes. Dès que les prises parviennent à bord, Agassiz participe immédiatement à un premier tri, afin de mettre en lieu sûr tout ce qui paraît intéressant. Ce matériel soigneusement conservé sera, par la suite, mis à la disposition des meilleurs spécialistes, sans distinction de nationalité. Cette générosité, cette confiance dans la collaboration internationale occasionnent malheureusement quelques fâcheux effets.

Plusieurs des savants mis à contribution ne livreront jamais leurs analyses et, de ce fait, les rapports de synthèse qu'Agassiz se promettait de faire ne verront pas le jour.

Lors de son passage aux Galápagos, Agassiz n'éprouve aucun désir d'y conduire de nouvelles recherches pouvant se placer dans la suite de celles que Darwin y avait entreprises. Il se contente de rassembler les faunes et les flores que le savant avaient décrites, afin d'en faire don au Musée. Celui-ci aura ainsi l'occasion de présenter ces matériaux dans ses prochaines expositions. Homme de science, il est aussi homme d'affaires. Il se montre ainsi très intéressé par l'initiative d'un entrepreneur européen qui s'est installé sur l'une de ces îles pour y exploiter une ferme avec un élevage de 20 000 têtes de bétail, auquel s'ajoutent des cultures de canne à sucre, des pêcheries et des jardins potagers. Cette exploitation avait d'abord utilisé une main-d'œuvre de prisonniers que les autorités de l'Equateur avaient mise à la disposition de l'entrepreneur. Mais, assez rapidement, celui-ci avait dû renoncer à cette solution financièrement avantageuse, car elle entraînait de trop fréquentes difficultés disciplinaires en



L'Albatros, navire d'exploration du Coast Survey, mis à disposition d'Alexandre Agassiz.



Alexandre Agassiz en mer à l'ouverture des chaluts.

plaçant sa famille dans un climat d'insécurité permanent. Pour y remédier, il est parvenu à engager des salariés qui ont accepté cette vie d'isolement pour autant qu'ils puissent la partager avec leur famille. Au moment du passage d'Agassiz, ils forment une colonie de quelque 300 personnes. L'ensemble de leur production, dont celle de la viande salée sur place, est envoyé mensuellement sur le continent par bateau. Le maître des lieux convie Agassiz et les officiers de l'*Albatros* à un repas où la qualité de cette production locale devrait être appréciée. Mais elle est servie dans des conditions hygiéniques déplorables et chacun en vient à regretter l'alimentation monotone du bateau.

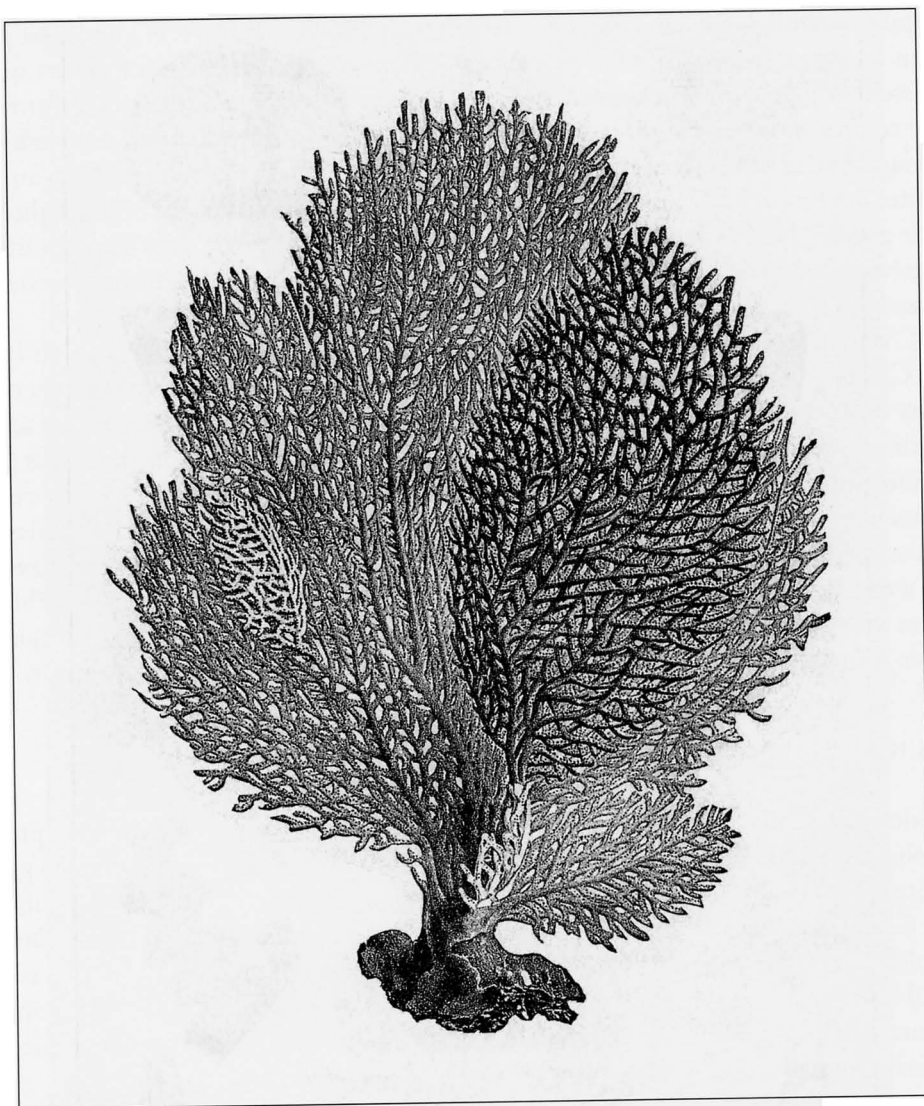
C'est ensuite le retour en mer et la remontée vers le nord. Les dragages au large des Galápagos se révèlent décevants du fait que les chaluts se montrent très peu opérants sur les fonds volcaniques rencontrés. Sur le chemin du Mexique, dans les zones marines très profondes, les prises également insatisfaisantes évoquent des fonds particulièrement stériles. Lors de l'escale d'Acapulco, où il faut se ravitailler en charbon, Agassiz renonce à descendre dans un hôtel tant ceux qui lui sont offerts paraissent peu accueillants et malpropres. Ici rien n'a encore changé depuis son premier passage il y a trente ans, et même depuis que les caravelles espagnoles provenant des Philippines transbordent leurs trésors à destination de Madrid. Agassiz est bien loin d'imaginer la métamorphose que ces plages et cette zone côtière connaîtront bientôt.

Les récifs de coraux

Au-delà de l'année 1884, le problème du développement des récifs de coraux prend de plus en plus d'importance dans la vie scientifique d'Agassiz, devenant même prioritaire à partir de 1896 et jusqu'à la fin de sa vie. Il sera marqué par des expéditions à la Grande Barrière de Corail, aux Fidji, dans le Pacifique central, pour se terminer aux Maldives. Ces explorations avaient été précédées par des recherches sur les récifs aux Hawaï, dans les Caraïbes, aux Bahamas et aux Bermudes, où le savant accordait encore une grande attention aux faunes des profondeurs et à la morphologie du plancher océanique.

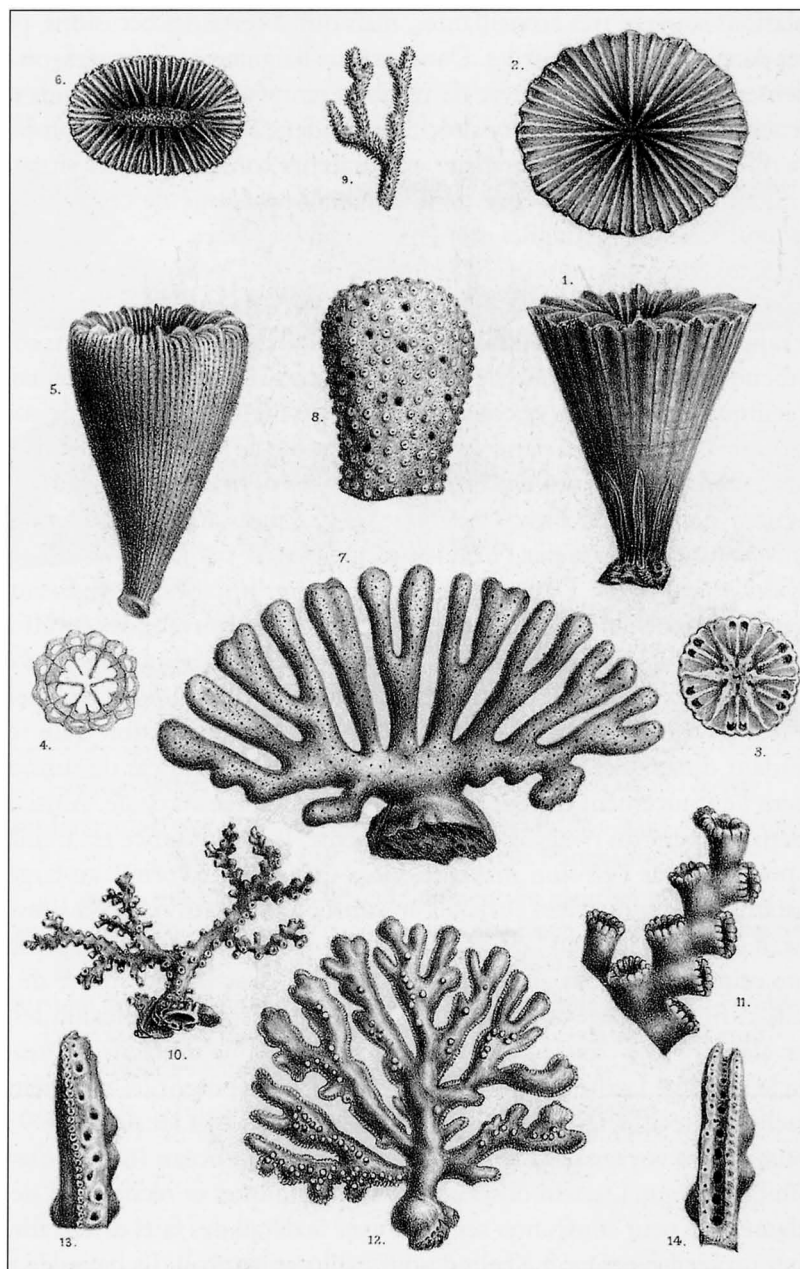
Darwin et les récifs

La découverte des îles du Pacifique par Cook et les autres explorateurs du XVIII^e siècle a rapidement conduit à un vif engouement pour ces contrées lointaines, habitées par



Coraux de l'ordre des gorgonidés, récoltés au large de la Floride
et décrits par Alexandre Agassiz.

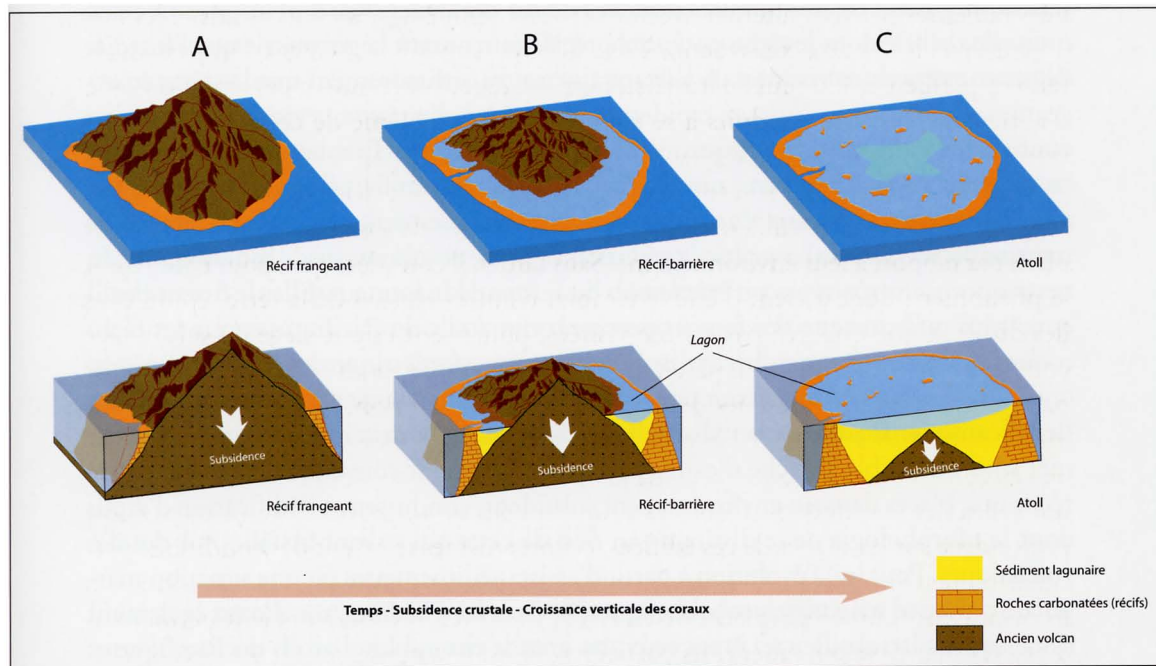
Coraux des profondeurs décrits et illustrés par Louis François de Pourtalès. ▷



des populations souvent très accueillantes, mais qui, à certaines occasions, pouvaient se montrer particulièrement hostiles. Dans les eaux baignant ces paysages, où des journées radieuses peuvent alterner avec de terribles tempêtes, les hauts-fonds et les fréquents écueils liés aux constructions récifales rendent alors la navigation particulièrement périlleuse. Plusieurs naturalistes explorateurs confrontés à ces situations et à d'autres ont ainsi été conduits à se pencher sur le problème de ces solides édifices construits pourtant par de fragiles et minuscules organismes.

En 1835, au cours de son tour du monde, alors que Darwin se trouve au Chili, il assiste à un très fort tremblement de terre qui soulève de vastes régions de plusieurs pieds par rapport à leur environnement. Sans tarder, il considère que, pour compenser le phénomène dont il vient d'être le témoin, d'autres régions de la terre, comme les îles du Pacifique qu'il n'a pas encore visitées, pourraient être le siège de subsidence compensatoire. Cette idée lui paraît même susceptible de rendre compte de plusieurs particularités morphologiques des récifs et de leur évolution. Ses études ultérieures lui permettent de proposer l'hypothèse que, dans les océans équatoriaux, l'histoire de ces constructions débute par l'installation de coraux sur les flancs immergés des nouvelles îles volcaniques. Dans ces eaux chaudes et limpides, en se fixant à faible profondeur sur les roches de ces édifices, ces organismes trouvent des conditions particulièrement favorables. Depuis ces zones proches du rivage en direction du large, ils colonisent toutes les surfaces où ils rencontrent des profondeurs leur permettant d'assurer leur développement. Ils participent ainsi à la construction d'un récif frangeant, bordant directement l'île sur laquelle ils s'appuient. En cas de subsidence, ils compensent l'enfoncement de leur base par une croissance verticale. Ainsi, ils s'éloignent insensiblement du rivage. Proches de la côte, leur croissance est freinée par les troubles provenant de l'érosion insulaire, alors qu'elle est favorisée au large par des eaux constamment renouvelées et riches en substances nutritives. Si la subsidence se maintient, il se forme ainsi au large, séparée de la côte par les eaux peu profondes du lagon, une ceinture de récifs appelés récifs-barrière. Avec la persistance de la subsidence, celle-ci finit par faire disparaître dans les flots les reliques volcaniques érodées. Il ne reste alors qu'une couronne plus ou moins continue de récifs, nommée atoll, qui encercle un large lagon à fond plat dans lequel se déposent les sédiments carbonatés arrachés au récif, augmentés par ceux de la production locale (page 93).

Au cours de son voyage dans le Pacifique Sud et dans l'océan Indien, c'est surtout depuis son bateau que Darwin observe les îles volcaniques et récifales. A deux occasions seulement, il peut confronter ses idées avec le détail des faits de terrain, à Tahiti pour visiter un récif-barrière, à Keeling pour explorer un atoll. La base de sa théorie,



Schématisation de la théorie de l'évolution des récifs selon Darwin:

- A) sur les bords d'une île volcanique récente, les récifs de coraux se développent proches du rivage: ce sont les **récifs frangeants**;
- B) avec la subsidence de l'île (enfouissement du plancher océanique), la croissance verticale des coraux conduit à l'établissement d'un **récif-barrière** séparé de la côte par un lagon;
- C) la poursuite de la subsidence entraîne la submersion d'une île de plus en plus érodée. La croissance verticale des coraux conduit à la formation d'un **atoll**, couronne récifale circulaire entourant un lagon peu profond.

Illustration établie par Christophe Dupraz.

liant l'évolution des îles récifales à la subsidence, repose donc sur fort peu d'observations personnelles, mais elles sont d'une remarquable qualité. C'est avec ce matériel réduit, et grâce à de nombreuses données de ses devanciers, qu'il peut proposer une nouvelle théorie dont le riche potentiel précise tout autant la géométrie que l'histoire de ces constructions vivantes ne laissant apparaître ordinairement que les têtes émergentes. Cette théorie s'impose rapidement par sa simplicité et une vision qui se trouve confirmée lorsqu'elle est confrontée à des faits nouveaux. Etablie pour expliquer le passage des récifs frangeants aux récifs-barrière et aux atolls, elle prédit que l'épaisseur des calcaires récifaux s'accroît en passant des premiers aux derniers. Faute de moyens permettant de connaître la géométrie interne et submergée de la base des récifs, ces propositions n'ont pas pu être testées du temps de son auteur. Elles le furent beaucoup plus tard, lorsque des forages percèrent des atolls du Pacifique et que les techniques de la sismique pétrolière permirent l'analyse géométrique de ces constructions.

Pour Darwin, les atolls n'ont pas obligatoirement pris naissance sur la marge d'une île volcanique. Il admet que des roches sédimentaires consolidées, situées en haute mer sous une faible tranche d'eau, peuvent parfaitement convenir à l'installation de récifs qui, placés dans un environnement subsident, conduisent à l'édification d'atolls dont la morphologie ne se distingue en rien de ceux qui se sont installés sur des îles volcaniques. Pour lui, l'évolution à partir d'assises sédimentaires est une situation marginale qui ne se rencontre probablement que dans les Caraïbes, où elle est également associée à de la subsidence. A ses yeux, les grands ensembles d'atolls du Pacifique et de l'océan Indien ne paraissent pas s'être développés à partir d'un enracinement sur des assises indurées. Certes, ces dernières, situées à faible profondeur mais bordées par des zones marines profondes, ont la possibilité d'être colonisées par les coraux. Sous l'effet de la subsidence, elles peuvent conduire à la formation d'atolls, sans passer par les stades précurseurs de récifs frangeants puis de récifs-barrière. Pour Darwin, il est peu probable que les grands groupes récifaux du Pacifique et de l'océan Indien se soient développés de cette façon.

Par ses propositions d'une évidente simplicité et reposant sur des faits accessibles à chacun, la théorie de Darwin s'est imposée avec une grande rapidité. Avec le temps cependant, plusieurs savants, dont Agassiz fils, se sont interrogés sur la validité de propositions paraissant par trop réductrices pour rendre compte de la grande diversité des paysages coralliens. Les critiques ont été d'autant plus vives que ceux qui les formulaient ne prenaient en compte que les propositions centrales de sa théorie et en ignoraient les interrogations, les possibles réserves. La position d'Agassiz est particulièrement édifiante à ce sujet. Sa critique est essentiellement focalisée sur le problème

de la subsidence, la difficulté de la mettre en évidence et la gêne qu'on éprouve à évaluer son influence sur la croissance des coraux. En permanence, il ignore que Darwin avait envisagé la formation de récifs à partir de niveaux indurés ou érodés. La critique d'Agassiz aurait gagné en force s'il était parvenu à montrer que de telles situations étaient en fait assez fréquentes et qu'il lui était possible d'en présenter plusieurs exemples en ayant simplement recours à des faits.

Depuis cette époque et jusqu'à nos jours, le développement des récifs est resté un problème de grande actualité scientifique, qui s'est trouvé renforcé lorsqu'on a constaté que d'anciennes formations récifales servaient parfois de piège au pétrole ou à des métaux comme le cuivre, le zinc et le plomb. L'exploitation des récifs de coraux par l'industrie touristique a probablement joué dans le même sens, surtout au moment où l'on a constaté que de vastes colonies de ces organismes étaient actuellement menacées ou même en voie de destruction. Trop fragiles, ils ne paraissent pas capables de résister aux pollutions humaines, tout particulièrement à celle de l'augmentation de la température des eaux, conséquence du réchauffement de la planète.

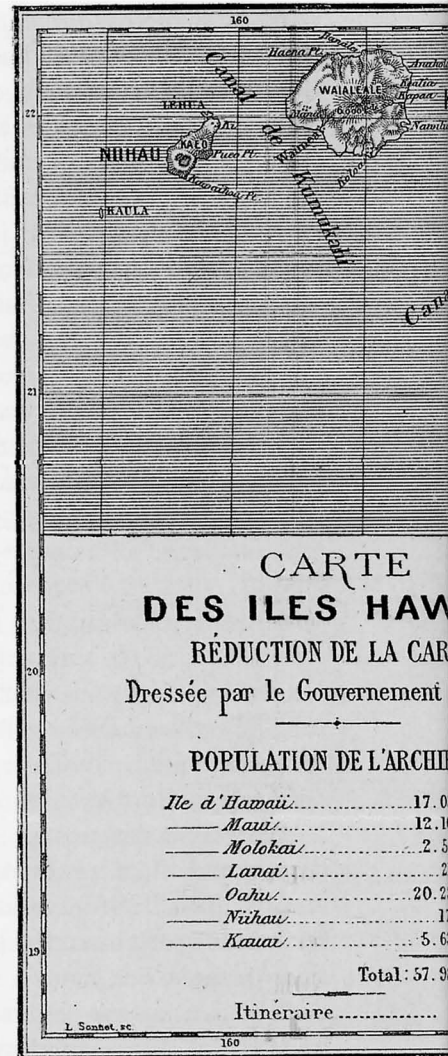
Visite d'Agassiz aux îles Hawaï (1885)

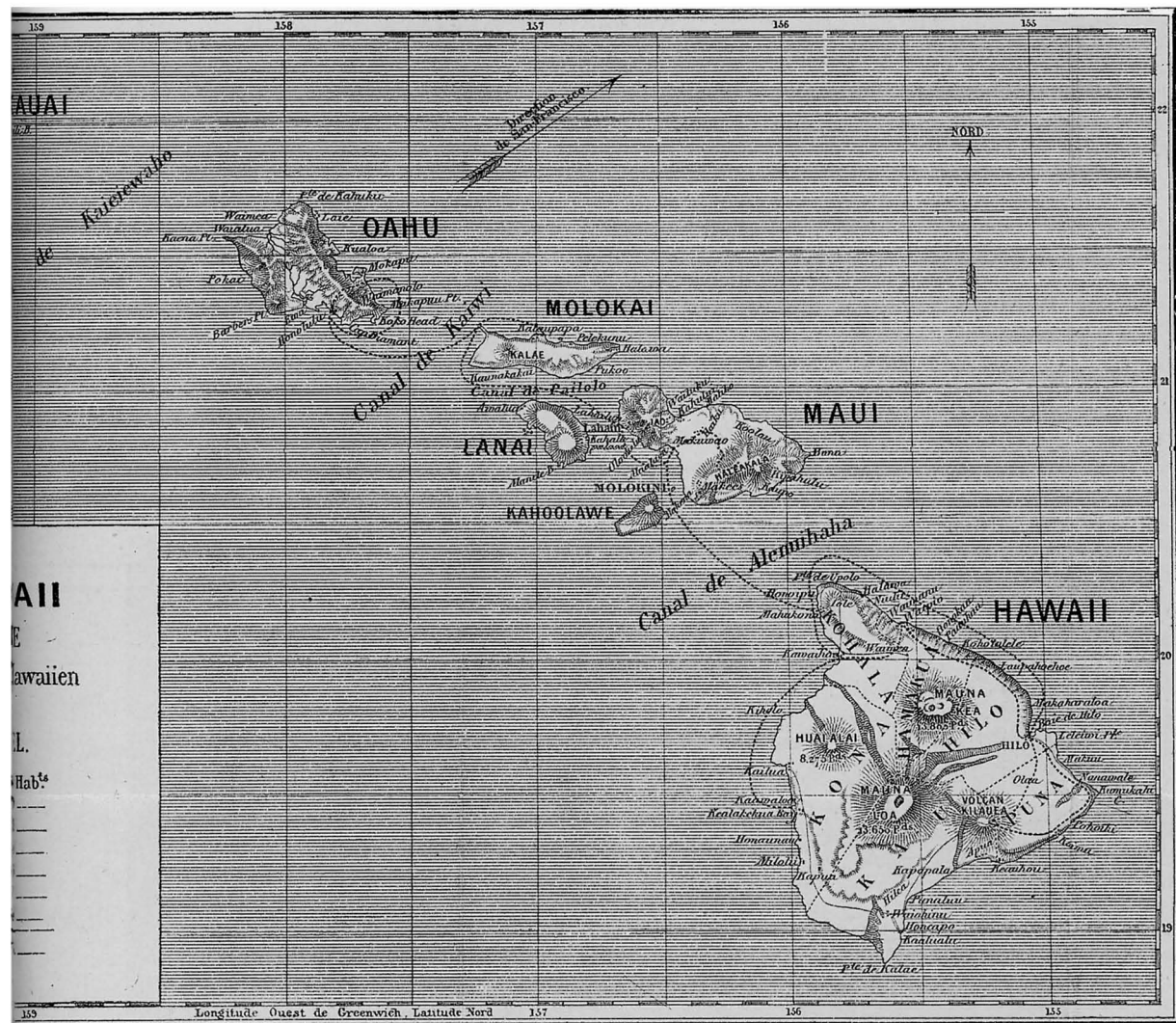
Durant la première partie de l'année 1885, toujours pour éviter les basses températures hivernales de Boston, Agassiz se rend aux Hawaï qui s'appellent encore îles Sandwich, nom que James Cook leur a donné après les avoir découvertes en 1778. A cette époque, les populations autochtones polynésiennes, installées dans l'archipel depuis le IV^e siècle, comptaient près de 300 000 habitants. Sans résistance face aux maladies d'origine asiatique et européenne, ils ne sont plus que 70 000 en 1853, auxquels s'ajoutent déjà près de 1700 résidents d'origine européenne et américaine. Depuis 1824, se trouvent parmi ces derniers une importante colonie de missionnaires et les premiers planteurs de canne à sucre. Politiquement, ces îles forment alors un royaume dont l'indépendance est reconnue par la France, la Grande-Bretagne et les Etats-Unis, nations qui toutes intriguent pour y imposer leur domination. En 1851, le souverain place son pays sous la protection des Etats-Unis. En 1864, son successeur impose une constitution lui accordant d'importants pouvoirs qu'il utilise pour importer dans son royaume la première vague de travailleurs japonais. De nos jours, cette ethnie forme le 25 % de la population, alors que celle d'origine locale est réduite à 12 %. Avec l'aide des intérêts sucriers américains, la monarchie locale est finalement renversée en 1893 et l'archipel devient territoire américain dès 1900. Agassiz arrive ainsi dans ces îles

à une époque cruciale de leur destin. Durant la traversée qui le conduit à destination, les bons rapports qu'il établit avec le roi du sucre californien, l'homme qui contrôle en fait presque tout l'archipel, lui procurent des recommandations qui lui permettent de trouver un toit dans les divers centres sucriers et de rayonner à sa guise depuis ces bases. L'audience que lui accorde le roi et les quelques contacts qu'il noue avec les populations locales le persuadent que celles-ci, en s'effaçant par trop devant le pouvoir blanc, facilitent ainsi la mainmise américaine.

Comme à l'ordinaire lorsqu'il le peut, Agassiz effectue à cheval ses investigations à l'intérieur des terres. Il est impressionné par les paysages, tout particulièrement ceux de l'île Maui où il fait l'ascension de l'un de ses deux volcans éteints. De la bordure de la caldiera, d'où émergent plusieurs petits cônes, il est émerveillé par la vue qui s'étend à la ronde sur les vastes paysages baignés par l'océan.

L'archipel des Hawaï, situé presque entièrement au nord du 20^e parallèle, se trouve entouré par les eaux dont les températures sont toute l'année plus froides, de 4° C, que celles du Pacifique équatorial. Il occupe de ce fait une position à la marge septentrionale des récifs de coraux de cet océan. Cette situation a peut-être joué un rôle non négligeable dans le choix d'Agassiz. Sur les pentes de ces volcans récents ou encore actifs, donc typiques des récifs frangeants, il pouvait espérer trouver un environnement où il serait plus facile de saisir les conditions d'implantation de ces organismes et d'envisager leur histoire ultérieure. Pour ses recherches en mer, effectuées dans d'excellentes conditions, il utilise des embarcations locales, pilotées par d'habiles marins de la région. Il les complète par des observations le long des falaises côtières et des excursions à l'intérieur des terres. Ici, comme dans ses investigations antérieures, grâce à l'accumulation de nouvelles données récoltées avec une grande impartialité, il espère être conduit à formuler de



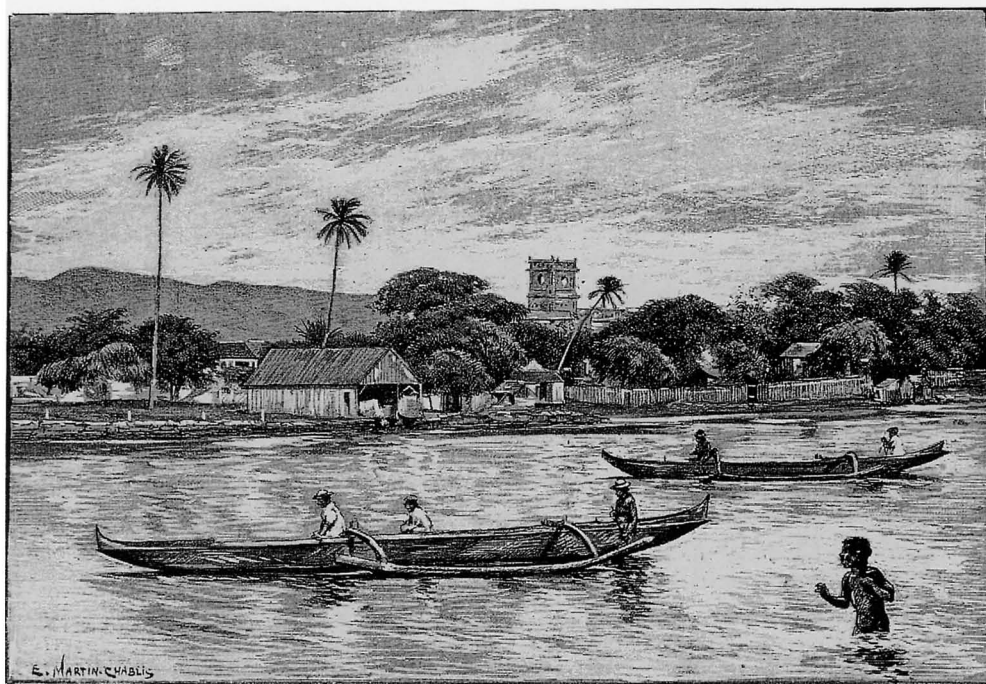


nouvelles propositions. Il ne se rend cependant pas compte qu'en permanence son esprit critique accorde une attention privilégiée aux faits qui paraissent en contradiction avec les propositions de ses adversaires. Ainsi, il s'intéresse aux indices de récifs soulevés, qui le conduisent à conclure que ces îles ont subi un net soulèvement. Par contre, il met régulièrement en doute les corrélations pouvant être faites entre les traces de

subsidence (enfouissement du plancher océanique) et la croissance des coraux. En 1889, lors de son passage au retour de sa mission aux îles Fidji, il apprendra qu'à 40 mètres de profondeur, un forage, après avoir traversé les roches des récifs actuels, a rencontré d'autres formations calcaires qui sont rapportées à des récifs plus anciens. Malheureusement, les échantillons de ce forage et d'autres qui sont descendus à plus de 300 m ne sont pas conservés. Comme diverses complications peuvent être envisagées pour expliquer ces données, Agassiz est d'avis qu'il n'est pas possible de les utiliser dans le but d'y voir les effets de la subsidence.

Les Bahamas (1893)

La région des Bahamas s'étend sur une surface équivalant à plus de sept fois celle de la Suisse; la moitié est occupée par des hauts-fonds, rarement plus profonds que



Honolulu – Pirogues à balancier dans le port, vers 1885.

10 m, alors que les terres émergées n'en couvrent que le 4%. On compte quelque 700 îles, dont une trentaine seulement sont habitées. La plupart ne sortent des eaux que de quelques mètres, rarement de plus de 30 m. Ce sont les têtes émergées d'un large plateau sous-marin séparant la Floride des Antilles, où se situent de profonds chenaux marins dépassant souvent 1000 m. Face à l'Atlantique, cette vaste zone est bordée par un escarpement haut de 4000 m ou plus.

Au cours de ses expéditions antérieures avec le *Blake*, à la recherche de faunes profondes, Agassiz avait déjà touché quelques-unes de ces îles. Cette fois, ses objectifs sont surtout orientés vers la formation des récifs, même s'il compte encore étendre ses connaissances sur cette province maritime par des sondages et des dragages. A cet effet, il fait installer sur le *Wild Duck*, une goélette que l'océanographe écossais J. M. Forbes a mise à sa disposition, des équipements appropriés qui lui ont été prêtés par la Commission américaine de la pêche. Bénéficiant des remarquables connaissances d'un pilote local, le faible tirant de son bateau fait merveille pour naviguer dans des eaux souvent très peu profondes afin d'atteindre des points particulièrement intéressants mais qui paraissaient inaccessibles. Ces avantages ont cependant leur prix. En effet, le bateau se montre très mal adapté en vue d'affronter, en mer ouverte, les hautes vagues des alizés. Dans ces situations, les descentes des lignes de dragage et de sondage deviennent si dangereuses qu'Agassiz doit totalement renoncer à ces opérations. La mission se voit donc réduite à n'aborder pratiquement dans cet archipel que les problèmes morphologiques, géologiques et biologiques en les étendant à la côte nord, toute proche de Cuba. En trois mois, avec les trois collaborateurs qui l'accompagnent, dont son fils Maximilien, le photographe de l'expédition, ils parcourront quelque 4500 miles.

Lors de ses explorations antérieures, Agassiz avait considéré que la suite de barres rocheuses, observée le long des côtes de Cuba, devait être rapportée à des formations récifales de plus en plus anciennes et de plus en plus soulevées. Au cours de cette nouvelle mission, il reconnaît que seule la première terrasse, située à une altitude de 10 m, appartient à des récifs récents. Les niveaux calcaires plus élevés, encore à coraux, sont par contre des formations tertiaires plissées formées dans un environnement bien différent de celui des récifs actuels. Ils ne peuvent donc pas être mis en parallèle avec les récifs récents.

De l'exploration des Bahamas, Agassiz retient la grande importance des sables éoliens présents sur toutes les îles, tout particulièrement celles qui sont exposées aux alizés. Il admet que, dans un passé récent, une très large partie du plateau des Bahamas était émergée, exposant ainsi les sables de ces plages à l'action du vent. Il y a donc eu

de la subsidence, mais celle-ci paraît faible. Malgré les nombreux lieux visités, Agassiz ne parvient pas à identifier les roches qui servent de base aux récifs actuels. Afin de résoudre ce problème, qu'il juge fondamental, et de reconnaître l'épaisseur de ces formations, il envisage même de mettre sur pied une campagne de forage qui devrait percer les récifs en Floride, aux Bahamas, à Cuba et peut-être aux Bermudes. Pour l'heure, il juge que les incertitudes touchant la nature des roches situées sous les récifs ne permettent aucune proposition sérieuse touchant l'origine et le développement de ces constructions. Il reste persuadé que les propositions d'importante subsidence avancées par Darwin et d'autres n'ont pas leur place dans ce contexte régional. Des indices de soulèvement et de subsidence sont incontestables, mais les relations entre ce dernier phénomène et la croissance des coraux lui paraissent incertaines.

Les Bermudes (1894)

Situé à 920 km des côtes américaines, à près de 400 km au-delà de la bordure du plateau continental, cet archipel appartient pleinement au domaine océanique atlantique. Il rassemble quelque 140 îles, dont 120 possèdent un nom alors qu'une vingtaine seulement sont habitées. Ces terres, dont la largeur de chacune dépasse rarement 4 km, s'étendent sur environ 40 km en direction sud-ouest-nord-est. Les îles principales, très proches les unes des autres, sont actuellement reliées par des ponts qui les regroupent en un ensemble connu sous le nom de Great Bermuda. C'est un territoire de basses collines (altitude maximale 100 m) qui, malgré des précipitations annuelles importantes (près de 1500 mm), ne possède ni lac ni rivières, les eaux de pluie étant totalement absorbées par les roches très poreuses couvrant l'ensemble de l'archipel. En ce qui concerne les récifs de coraux, les Bermudes occupent une position septentrionale extrême, caractérisée par l'absence de l'ordre des madrépores, principaux constructeurs de ces édifices.

Agassiz se rend dans ces îles à la fin de l'hiver 1894. Pour une fois, il a passé la mauvaise saison dans la région de Boston, afin de mettre de l'ordre dans ses activités minières et scientifiques par trop perturbées par ses dernières absences prolongées. Dès son arrivée aux Bermudes, il prend ses quartiers à Hamilton, alors la capitale, où, pour ses excursions en mer, il dispose d'un petit remorqueur. Comme certains de ceux qui l'ont précédé, Agassiz est immédiatement frappé par les anciennes formations éoliennes qu'il rencontre partout, tant à l'intérieur des terres que dans les falaises du bord de mer. Sur le large plateau peu profond qui s'étend de la côte aux brisants,

une multitude d'îlots et d'écueils bordent l'archipel. On considère généralement qu'il s'agit de récifs vivants ou anciens qui auraient été légèrement soulevés. Les surfaces de ces édifices, situées au-dessous de la zone de battement des eaux, sont tapissées d'une multitude d'organismes vivants et morts – algues, anémones de mer, bryozoaires, coraux – qui semblent confirmer la présence de récifs vivants. En attaquant ce tapis d'organismes au marteau, on constate cependant qu'il ne s'agit, en fait, que d'un mince revêtement recouvrant des édifices totalement constitués de sables éoliens plus ou moins consolidés. Le placage d'organismes, souvent peu épais, qui les recouvre, leur assure une protection face à l'érosion marine. La position et la morphologie de ces écueils et de ces îlots ne sont donc pas conditionnées par les organismes qui s'y développent, mais sont déterminées par les roches éoliennes sur lesquelles ces faunes se sont installées. Ces édifices ont la particularité de présenter toute la variété des morphologies rencontrées dans de grands ensembles récifaux : récifs frangeants, récifs-barrière et atolls. Ici, ces structures qui existent côte à côte ne sont pas, comme le voudrait la théorie de Darwin, le résultat d'une évolution dans le temps. Selon Agassiz, dans la mesure où ces petits édifices des Bermudes peuvent être pris comme modèles pour expliquer l'édification des grands récifs, on doit conclure que la subsidence n'est pas un élément dominant, ni pour assurer leur croissance, ni pour engendrer les différents types de récifs. Dans les paysages visités, les coraux ne jouent qu'un rôle mineur. Ils ne prennent de l'importance qu'à la limite de l'escarpement marquant le passage aux eaux profondes, là où se situent les brisants externes.

Plus encore qu'aux Bahamas, les Bermudes offrent à Agassiz des arguments lui montrant que les récifs n'ont qu'une faible importance dans la constitution du paysage marin bordant ces îles. Il estime que la morphologie générale de cet archipel est essentiellement déterminée par une ancienne et vaste terre qui a été recouverte d'une épaisse formation éolienne. Soumises à l'érosion à la suite d'une modeste subsidence, ce sont pourtant les caractéristiques de ce paysage ancien qui sont responsables des traits actuels les plus marquants de ces îles.

En 1914, quatre ans après la disparition d'Agassiz, un forage à la recherche d'eaux artésiennes, après avoir traversé 200 m de sédiments calcaires, entrait dans les roches volcaniques formant le soubassement de l'archipel. Cette découverte plaçait l'évolution de ces îles dans une perspective bien différente de celle qui avait été envisagée jusqu'à cette date. Elle montrait encore une fois l'importance de la subsidence des édifices volcaniques.

Retour aux récifs de Floride

Durant l'hiver 1894-95, Agassiz visite à nouveau les récifs bordant la Floride. C'est ici qu'il avait, en compagnie de son père, participé à sa première expédition océanographique. Celle-ci avait, du reste, manqué de mal se terminer. A la suite d'une chute au travers d'une écoutille, Agassiz avait été retrouvé sans connaissance et l'on avait même craint pour sa vie.

Après presque cinquante ans, il revient donc sur les mêmes lieux, examinant parfois les mêmes affleurements qu'il avait visités. Il se rend compte que l'expérience accumulée a transformé son regard. Les visions qui s'étaient antérieurement imposées avaient été fortement marquées par les exposés de son père. Ce que celui-ci voyait ne correspondait pas uniquement aux faits observés mais était aussi influencé par son approche théorique, par son expérience. Alexandre est maintenant conscient que l'image qui s'impose à l'observateur attentif, même chez celui qui se veut impartial, reste marquée par son itinéraire et par les considérations théoriques qui imprègnent toute enquête. Ses récentes visites aux Bahamas et aux Bermudes le conduisent à rechercher en priorité tous les indices sédimentaires anciens ayant pu jouer un rôle pour favoriser l'implantation des récifs. Le poids qu'il donne à cette approche tend à reléguer dans l'ombre d'autres indices révélateurs du développement des récifs. En Floride, des études toutes récentes, basées sur des techniques totalement inconnues du temps d'Agassiz, viennent de proposer une histoire fort complexe de l'évolution de ces paysages où se seraient succédé treize transgressions au cours des 325 000 dernières années. Ces nouvelles propositions montrent les limites des observations, même bien conduites, que pouvait mener Agassiz ou Darwin.

La Grande Barrière de Corail

La Grande Barrière de Corail, la plus grande construction récifale vivante actuellement présente sur la terre, s'étend sur une longueur de 2000 km face au Pacifique, sur la bordure nord-est du continent australien. Elle est baignée par des eaux dont les températures restent comprises entre 21° et 29° C. En fait, il ne s'agit pas d'une barrière continue. En venant du large, le bord externe du plateau continental est longé par l'alignement d'une multitude de récifs de diverses tailles qui en forment les éléments externes. Ces récifs sont séparés par de nombreuses passes donnant un accès au reste du plateau continental, où d'autres récifs se développent dans une zone dont

la tranche d'eau est ordinairement inférieure à 50 m. Dans cette vaste zone s'étendant jusqu'à la côte sur une largeur de 23 à 290 km, on rencontre tous les types de récifs: récifs frangeants, récifs-barrière, atolls émergeants, etc. Alors qu'au nord, les récifs occupent la totalité d'un plateau continental d'une largeur réduite, dans la partie centrale et méridionale où cette surface s'accroît, ils sont plus dispersés, présents surtout en position externe mais pouvant parfois occuper des positions à faible distance des côtes. A l'époque des recherches d'Agassiz, la Grande Barrière est déjà bien connue, surtout par l'importante étude scientifique que lui a consacrée Jukes en 1847, auteur qui se rallie à la subsidence proposée par Darwin.

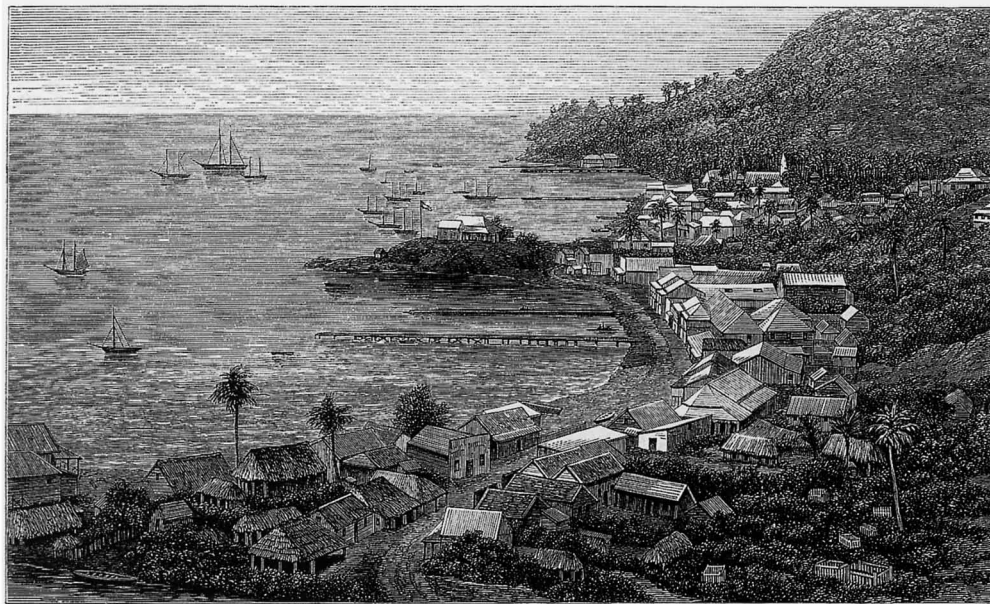
Par la célébrité que cette province avait acquise, Agassiz se devait de l'englober dans ses recherches. Comme à l'ordinaire, avant son départ il voue tous ses soins à la préparation de sa campagne, sans compter sur les dépenses jugées nécessaires. Un petit cargo est affrété spécialement en Australie et transformé pour recevoir dans de bonnes conditions Agassiz, son fils Alexandre et deux assistants du Musée. Afin d'être totalement indépendants durant cette croisière, tout le ravitaillement nécessaire aux deux mois de navigation prévus est embarqué avant le départ. Dans plusieurs ports, des réserves de charbon sont constituées pour être disponibles en cas de besoin. Des Etats-Unis, Agassiz fait expédier vers l'Australie tout un matériel scientifique (des treuils spéciaux destinés aux sondages et aux dragages, des filets et des chaluts) afin que la recherche ne soit pas entravée par l'utilisation d'équipements qui ne lui seraient pas familiers. Il fait même intervenir ses relations dans la haute administration américaine et britannique pour que les tensions politiques, existant alors entre la Grande-Bretagne et les Etats-Unis, ne perturbent pas son entreprise. Il néglige cependant un point. Certains marins et chercheurs l'ont mis en garde sur la difficulté d'opérer sur la Grande Barrière durant la période du printemps. Fort de certains conseils et de ses disponibilités, c'est pourtant peu avant Pâques qu'il arrive au port de Brisbane où l'attend son bateau. L'embarquement est encore différé afin de permettre certains aménagements jugés nécessaires, bien que ceux-ci ne puissent débiter qu'après les fêtes religieuses. Dès les premiers jours de navigation, le travail de recherche est fortement perturbé par des vents violents qui ne faibliront que rarement durant toute la campagne. Les possibilités de sondage et de dragage sont tellement réduites que l'équipement, spécialement venu des Etats-Unis, ne peut pratiquement pas être utilisé. Au terme de la mission, Agassiz a beau faire état d'une croisière lui ayant permis de naviguer tout au long de la Grande Barrière, il sait parfaitement que les résultats scientifiques en sont fort modestes. Durant les deux mois qu'il a passés dans la région, il n'a disposé que de cinq journées assez favorables pour travailler en fonction des buts fixés.

Cependant, il quitte l'Australie convaincu que la théorie de Darwin ne rend pas compte des faits observés. Contrairement à la schématisation proposée par Jukes, il relève qu'au-delà des récifs marquant la bordure du plateau continental, la profondeur des fonds marins reste accessible aux sondages. Il montre que le talus qui fait suite à la Grande Barrière est en fait moins pentu que celui qui borde le continent plus au sud, là où les récifs n'existent plus. Le continent australien est marqué sur sa face pacifique par une intense érosion dont les traces sont visibles, aussi bien sur le continent qu'en mer. Les récifs se sont simplement installés sur des îles qui représentaient d'anciens points hauts de la zone continentale érodée. La subsidence des zones côtières est tout au plus une manifestation secondaire qui s'ajoute aux effets de l'érosion.

Les îles Fidji

Dès son retour d'Australie, malgré l'échec partiel de sa dernière exploration, Agassiz est plus que jamais convaincu que la diversité des récifs ne se laisse pas enfermer dans une théorie aussi globale que celle de la subsidence. Afin de lui porter un coup décisif, après plusieurs consultations, il décide de se rendre aux Fidji où ses prédécesseurs, Darwin et Dana, ont trouvé des arguments pour formuler leurs propositions. Cet archipel de près de 300 îles, dont une centaine habitées, semble se prêter particulièrement bien à une telle entreprise puisqu'on y rencontre toute la variété des constructions récifales – atolls, barrières, récifs frangeants, pitons volcaniques et hautes falaises calcaires. Situées sous l'influence des alizés, ces îles bénéficient d'un climat humide avec des températures hivernales régulièrement supérieures à 20° C. Les reliefs, qui couvrent les deux tiers de ces terres, sont occupés par une dense forêt tropicale, ne laissant aux zones habitées qu'un étroit liseré proche du rivage. Dans les zones alluviales des deux principales îles, la culture de la canne à sucre est pratiquée depuis 1879, donc peu de temps avant l'arrivée d'Agassiz. Elle a entraîné un important afflux d'Asiatiques, indiens surtout, dont les descendants, qui ne se sont pratiquement pas mélangés aux autochtones, forment de nos jours la moitié de la population. Depuis 1874, l'archipel fait partie de la couronne britannique en tant que colonie ayant obtenu son indépendance. Au moment de sa visite, Agassiz estime que plusieurs de ces îles présentent encore, mieux que partout ailleurs dans le Pacifique Sud, les conditions de vie paisibles et heureuses qui devaient exister avant que, à ses yeux, ne se fasse sentir l'influence des missionnaires et des commerçants.

Ayant quitté Boston au début octobre 1897, Agassiz et sa troupe parviennent fin novembre à Suva, capitale de l'archipel. En ce lieu, ils prennent possession d'un petit vapeur de 300 tonnes, affrété en Australie et commandé par le capitaine qui les avait conduits sur la Grande Barrière. Dans cette nouvelle aventure, afin de pouvoir naviguer en toute sécurité dans les eaux difficiles parsemées de hauts-fonds et de passes dangereuses, on embarque également un pilote local. Pour cette campagne, Agassiz a engagé aux Etats-Unis une équipe de foreurs qui sera chargée de percer les récifs actuels afin d'en connaître l'épaisseur et de préciser la nature des roches sur lesquelles ces constructions sont installées. Par cette opération, il désire aussi concurrencer la Société royale britannique qui, à la même époque, se propose de forer un récif des îles Ellice, au nord des Fidji. Avant son départ des Etats-Unis, Agassiz a été informé que ses concurrents britanniques ont traversé 250 m de roches récifales et qu'ils s'apprêtent à poursuivre leur opération. Pour sa part, il plante son forage sur un petit îlot en bordure d'un atoll de plus de 10 km de diamètre. Il y laisse une équipe de trois foreurs, épaulée par quatre indigènes, des provisions et du matériel pour entreprendre en six semaines un forage qui devrait, pense-t-il, assez rapidement traverser la faible



Iles Fidji – Levuka et son port, vers 1875.

épaisseur des récifs récents pour trouver des roches volcaniques ou éventuellement des calcaires formés par d'autres organismes que les coraux. Il est persuadé que cette opération ne manquera pas de porter un sérieux coup à la théorie de la subsidence. Mais, après la visite de quelques îles, il change complètement de point de vue, considérant même que sa proposition de forer dans cet archipel était un mauvais choix. Sans tarder, il retourne vers ses foreurs, qui ont atteint une profondeur de 25 m en se maintenant toujours dans les calcaires récifaux. Au vu des résultats, il les prie d'abandonner leur opération. Il est persuadé que les calcaires forés appartiennent à une zone soulevée dont les roches peuvent être facilement étudiées dans les pentes et les falaises des îles voisines, où les conditions d'observation sont nettement meilleures que celles offertes par un forage. Celui-ci devra être considéré comme un exercice pour préparer d'autres actions du même genre, devant être entreprises dans des situations plus favorables. Lorsqu'il est informé que le forage de la Société royale a atteint une profondeur de plus de 300 m, en restant toujours dans des calcaires récifaux, il prétendra, comme d'autres adversaires de la théorie de Darwin, avec de bonnes et de moins bonnes raisons, que plusieurs interprétations peuvent toujours être données en fonction des résultats d'un seul forage. Il ira jusqu'à dire que ce moyen d'investigation est en fait très peu approprié pour résoudre, dans les récifs, le problème de la subsidence.

Agassiz quitte les Fidji avec la conviction que sa mission a été une parfaite réussite. Elle s'est déroulée dans d'excellentes conditions météorologiques permettant un travail régulier, en disposant d'un bateau particulièrement bien adapté aux conditions de navigation locales. Contrairement aux attentes entretenues par les descriptions de ses devanciers, il estime que cette région est très peu favorable pour étudier les effets de la subsidence, car les traces de soulèvement y sont par trop évidentes et fréquentes. Pour lui, l'archipel comprend deux types d'îles : celles qui ont évolué à partir d'une large table calcaire et celles qui prennent appui sur une assise volcanique. Toutes deux ont été soumises à une longue et intense érosion qui a sculpté dans ces masses rocheuses de profondes ravines, des reliefs saillants et de hautes falaises. Les entablements calcaires, surtout à l'intérieur des terres, ont été particulièrement sensibles à l'action des eaux acidifiées par la végétation. L'érosion prolongée fait disparaître presque tous les reliefs aussi bien dans les îles calcaires que dans celles d'origine volcanique, ne laissant que des plates-formes nivelées. C'est sur ces résidus de dégra-

dation et d'érosion, où se situent parfois quelques anciens vestiges calcaires ou volcaniques, que les coraux se développent pour former divers types de récifs. Dans cette perspective, la subsidence ne joue au plus qu'un rôle minime, les récifs et les atolls n'étant qu'un assez mince revêtement qui drape une ancienne surface d'érosion.

A son retour, Agassiz, une fois de plus, s'en prend à Darwin. Il lui reproche de n'avoir jamais passé plus de dix jours dans une région récifale. Il déplore les effets d'une théorie populaire et tenace, d'autant plus qu'elle a été essentiellement édifiée en chambre sur des considérations cartographiques – une bien mauvaise façon de travailler pour un naturaliste. Il est plus que jamais persuadé que les récifs de coraux ne peuvent pas être enfermés dans une loi universelle. Chaque district doit être examiné pour lui-même.

Le Pacifique tropical

A la fin du XIX^e siècle, les îles du Pacifique situées à l'est des Philippines et de la Nouvelle-Guinée, de part et d'autre de l'Equateur entre les Tropiques, sont des territoires assez mal connus, au statut politique souvent mal défini. On y connaît quelque 10 000 îles qui se trouvent peuplées depuis près de 33 000 ans. C'est au cours du XVI^e siècle que des navigateurs européens découvrent les premières d'entre elles, alors que d'autres ne le seront que durant le XVII^e siècle. Par la suite, des navigateurs hollandais et britanniques en intensifient l'exploration. Au cours de ses voyages entre 1771 et 1779, James Cook reconnaît l'ensemble de ces archipels et en précise les principales données géographiques. Aventuriers, matelots échoués, missionnaires et quelques commerçants forment la première vague de la colonisation européenne. Les plus libres sont poussés par l'espoir de rapides profits, d'autres sont déjà là à la recherche du paradis perdu, alors que d'autres encore s'y rendent pour sauver des âmes. Ceux-ci se trouvent souvent confrontés aux conflits opposant les différentes tendances du christianisme ou sont pris entre les intérêts de larges compagnies commerciales, elles-mêmes soutenues par les visées expansionnistes des nations d'où elles proviennent. Dans la première phase de la colonisation, la paix locale n'est cependant que rarement bouleversée par des rivalités dues à l'établissement de monarchies éphémères. Avec les annexions ou l'établissement de protectorats, certains de ces conflits prennent déjà plus d'ampleur, mais ne conduisent pas à des confrontations généralisées. De nos jours, en dehors de la France, de l'Angleterre et des Etats-Unis qui restent présents, on oublie que l'Allemagne surtout mais aussi la Hollande furent des puissances assez actives dans cette partie du monde. Avant la Première Guerre mondiale, l'Allemagne possédait les Marshall, la Nouvelle-Guinée du nord-ouest, les Mariannes, les Carolines, etc. Dans les grandes îles, la colonisation a souvent été accompagnée par l'établissement de plantations pour lesquelles on a fait appel à de la main-d'œuvre chinoise ou indienne, contribuant ainsi à une modification fondamentale des ethnies. Lorsque Agassiz visite ces îles, il arrive dans des sociétés en mutation. De larges secteurs, dont les grandes îles, sont déjà fortement marqués par l'influence de l'homme blanc, mais quelques rares îlots échappent encore presque complètement aux influences extérieures.

Durant l'hiver 1898-99, s'étant déchargé des tâches administratives du Musée, Agassiz se rend d'abord en Afrique du Sud pour y visiter les mines de diamant. Mais les questions relatives aux récifs occupent toujours son esprit. Depuis son retour des Fidji, il songe à une grande tournée dans le Pacifique équatorial. A cet effet, il obtient que l'*Albatros* soit à nouveau mis à sa disposition. Avec ses collaborateurs habituels,

il embarque sur cette unité à San Francisco, dans les derniers jours d'août 1899, pour sa plus longue croisière qui le conduit dans la plupart des archipels situés entre les îles Marquises et le Japon, où il arrive en mars 1900.

En repartant avec l'*Albatros*, le bateau avec lequel il avait déjà pu explorer une partie du Pacifique, Agassiz espérait retrouver l'équipement qui lui avait anciennement donné tant de satisfactions. Les ans ont cependant passé sur des machines qui ont vieilli et ont rarement été utilisées. Elles ont perdu leur ancienne fiabilité. Pour Agassiz, cette situation est liée à la négligence dont font régulièrement preuve les organismes d'Etat auxquels des biens sont confiés. De ce fait, il devra limiter sondages, dragages et mesures de température. En gagnant les îles Mariannes pourtant, en plein Pacifique par plus de 3800 m de profondeur, un seul dragage apporte sur le pont une demi-tonne de nodules de manganèse. Un autre filet descendu près des Tonga remonte de 6660 m, à l'étonnement de chacun, une grenouille verte en caoutchouc, mais aussi des éponges siliceuses, des radiolaires et des matériaux volcaniques. Comme Pourtalès l'avait établi pour les globigérines, Agassiz peut montrer que les coquilles de radiolaires qui tapissent le fond de cet océan proviennent des zones peu profondes où vivent ces organismes.

Au cours de cette longue croisière, pour rendre compte des particularités morphologiques des récifs qu'il rencontre, Agassiz utilise les modèles qu'il a développés au cours de ses précédentes campagnes, tout en les adaptant. Il considère ainsi que les récifs des Tuamotu dérivent d'une large plate-forme calcaire tertiaire, presque totalement érodée jusqu'au niveau de la mer. Sur ce plateau, les vents alizés et les vagues qu'ils génèrent transportent et accumulent, sous forme de rides, les sables arrachés à ce soubassement et aux coraux qui s'y établissent. Ces amas constamment alimentés finissent par former de véritables îles où la végétation peut finalement s'installer. Les îles de la Société, avec leurs pitons volcaniques, présentent les mêmes plates-formes d'érosion que celles des Fidji, souvent plus étendues encore. Elles se distinguent également par des barrières récifales que forment des guirlandes de petites îles, où s'accumulent des sables et des débris arrachés à la plate-forme récifale toute proche. Au-delà des Fidji, n'ayant pas observé les roches sur lesquelles reposent les récifs, Agassiz reste réservé quant à leur histoire, mais propose tout de même que leur évolution a dû être comparable à celle des autres îles du Pacifique équatorial.

Les conditions climatiques favorables rencontrées au cours de cette grande tournée ont certainement contribué à son succès dans l'esprit d'Agassiz. Le sentiment de bonheur qu'il en rapporte paraît accru par les bons contacts qu'il établit facilement avec les populations locales. L'accueil très chaleureux que lui réservent des populations fidjiennes qu'il revoit après deux ans d'absence le touche si profondément qu'il

se sent l'un des leurs. Ses relations avec les autorités administratives, marquées par des repas interminables dans les possessions françaises et une réception de type opéra bouffé que lui offre le roi des Tonga, paraissent avoir été des événements assez bien acceptés. Aux Marshall, alors administrées par l'Allemagne, il se plaît à souligner la grande efficacité des quelques fonctionnaires de ces territoires isolés, qui contraste avec la pompe imposée par les très nombreux bureaucrates des Fidji qui, en fait, ne songent qu'à écrémer les revenus locaux. Agassiz réserve ses jugements les plus sévères aux comportements des Européens et des missionnaires établis dans ces îles, qui, à ses yeux, ne sont là que pour piller les populations locales en les contraignant à acheter leur production, tout en volant leur terre. Cela est fait au nom de la diffusion de la civilisation, avec la contrainte de ne réaliser que ce que le pouvoir juge bon. Pour Agassiz, les missionnaires bénéficient en tout de situations privilégiées qu'illustrent la grandeur de leurs habitations, le nombre de leur personnel. Aux îles Ellice, des serviteurs de la religion locale gouvernent les populations d'une main de fer, infligeant des amendes à toutes occasions, imposant le dimanche cinq services à l'église, contraignant les populations à porter des vêtements si mal adaptés au climat qu'ils provoquent des maladies de la peau. « Quel plaisir il y aurait pour un homme énergique et courageux à venir parmi ces insulaires pour les aider à résister à de telles agressions » écrit-il. Agassiz n'est pas moins conscient des abus de pouvoir pratiqués par les rois locaux qui traitent leurs sujets comme de simples esclaves.

Les Maldives

Au retour d'une visite en Europe effectuée durant l'hiver 1900-01, Agassiz se lance dans la préparation d'une mission dans l'archipel des Maldives. Située au sud-ouest de la pointe méridionale de la péninsule Indienne, prolongée au nord par l'archipel indien des Laccadives et au sud par celui des Chagos, cette guirlande de récifs s'étend dans l'océan Indien en gardant une direction nord-sud sur plus de 2000 km. Ces territoires ont certainement été habités dès le V^e siècle avant J.-C. Au cours de l'histoire, ils ont d'abord subi des influences indiennes et arabes, avant de se trouver placés sous la domination portugaise puis anglaise. L'archipel compte quelque 1800 îles, beaucoup plus si l'on inclut les petits îlots. L'altitude n'y est jamais supérieure à 1,8 m. Sur les 200 îles habitées, une vingtaine seulement a une population dépassant



1000 personnes. Les Maldives forment actuellement une république, alors que, à l'époque d'Agassiz, c'était un sultanat musulman.

Les premières recherches scientifiques entreprises dans l'archipel sont celles de Moresby, qui en établit une excellente cartographie. Darwin n'a pas visité ces îles, mais a admis, en se basant sur les données de la littérature, que l'archipel présente tous les caractères de récifs liés à la subsidence.

Pour sa croisière, Agassiz affrète l'*Amra*, un navire presque aussi grand que l'*Albatros*, sur lequel, comme à l'ordinaire, il apporte de substantielles améliorations d'équipement. Prévoyant une mission de trois mois, et afin de mettre tous les atouts de son côté, il a engagé le capitaine W. Pigot, un marin éprouvé connaissant parfaitement les eaux de ces régions et qui, de plus, est un ami du sultan. Dans le ravitaillement embarqué, il n'a pas oublié vin, soda et glace, tout en sachant que celle-ci disparaîtrait assez rapidement.

Les conclusions qu'Agassiz apporte concernant la formation des récifs des Maldives s'appuient sur des observations morphologiques pratiquées en surface, et surtout sur des considérations touchant la topographie des fonds marins obtenues par septante-neuf nouveaux sondages profonds (allant de 400 m à plus de 2500 m) auxquels s'ajoutent les nombreuses données bathymétriques anciennes couvrant surtout les zones peu profondes. En fonction de ces relevés, il estime que les récifs des Maldives sont établis sur une suite de plateaux, dérivant d'une ride sous-marine soulevée et bordée de part et d'autre par des zones marines de plus de 2000 m de profondeur. Dans les parties hautes de ces structures tabulaires, les coraux ont trouvé des conditions favorables à leur développement. Ils ont édifié de vastes couronnes (jusqu'à 80 km de diamètre) vaguement circulaires, formant des guirlandes de hauts-fonds, d'écueils et d'îles sableuses alimentées par les apports constants de particules détritiques arrachées aux constructions par les vagues et l'activité biologique. Sur leurs bordures, les apports nutritifs du large maintiennent une excellente croissance des coraux. Aux Maldives, contrairement aux conditions rencontrées dans le Pacifique, de très nombreuses passes interrompent la continuité de la couronne bordière des grands atolls. Elles assurent ainsi une excellente alimentation des faunes présentes dans les lagons, permettant un très beau développement des coraux et conduisant à la formation d'écueils, d'îles et même de petits récifs, dont certains, appelés faros, encerclent à leur tour de petits lagons.

Pour Darwin, les fortes pentes, de l'ordre de 45° , rencontrées au large de plusieurs atolls des Maldives, suggèrent que les constructions récifales se poursuivent jusqu'à de grandes profondeurs. Agassiz ne partage pas cette opinion et ne donne aucun commentaire pour expliquer le soulèvement de la ride sur laquelle les récifs se seraient installés.

L'expédition des Maldives, comme celles qui l'ont précédée, est l'objet d'une publication importante, très riche d'observations locales mais sans exposé synthétique. Plus que jamais Agassiz s'est efforcé de ne rapporter que ce qu'il a vu, dans un texte descriptif qui fait abstraction de toute théorie générale. A cette époque, il a le projet de publier un ouvrage semi-populaire, rassemblant ses idées sur le problème de l'édification des milieux récifaux. Il n'est malheureusement pas parvenu à mener ce projet à chef. Les recherches biologiques qu'il poursuit, ses engagements miniers et ceux du Musée, son âge (il a alors dépassé 64 ans), ont certainement joué un rôle important. A notre avis cependant, sa volonté de rester totalement impartial et attaché aux seuls faits visibles fut certainement son principal handicap. A l'époque de ses investigations surtout, il n'était guère possible de présenter, sans suppositions, sans extrapolations, l'évolution de ces constructions biologiques dont seules les têtes percent les eaux, alors que toutes les structures profondes restent inaccessibles au regard. Tout au long de son enquête, il a formulé ses objections à la théorie de Darwin, sans toujours réaliser que celles-ci étaient basées sur les modèles que sa propre imagination avait construits, certes avec des faits, même si ceux-ci n'étaient pas indépendants de la vision qu'il avait forgée et qui soutenait inéluctablement son regard scrutateur. Au contraire de Darwin, l'image ou les images qu'Agassiz portait en lui n'ont donc jamais été présentées sous une forme simple et synthétique. De ce fait, étant soustraites à la critique, elles n'ont jamais pu être testées, éventuellement réfutées. Elles n'ont pas fait l'objet d'un débat qui aurait pu les améliorer et aurait certainement contribué à maintenir le souvenir de ce grand connaisseur des récifs. Toutes les propositions de Darwin relatives aux récifs n'ont pas été acceptées, mais après plus de cent cinquante ans, son idée centrale de lier le développement récifal à la subsidence (et aux changements de niveaux marins) reste une contribution majeure des sciences géologiques.

Autres grands voyages

Grand explorateur de la mer, de ses faunes et des récifs, Agassiz a également été un grand voyageur des zones continentales qu'il a parcourues en réponse à des motiva-

tions scientifiques, minières, culturelles ou climatiques. Ses voyages au Chili et au Pérou (1874-75), au Mexique (1881-82 et 1897), au Japon (1891-1892) et en Afrique du Sud (1898-1899) reflètent ses intérêts pour les mines de cuivre, mais visent aussi à s'informer des nouvelles techniques d'exploitation. Partout il porte une grande attention aux populations rencontrées, aux vestiges des civilisations qui ont marqué les territoires visités, en s'efforçant d'acquérir, pour son Musée, des objets archéologiques. D'autres voyages, aux Indes (1893-1894), en Algérie (1888-1898), en Afrique de l'Est (1907-1908) paraissent être essentiellement guidés par la recherche des conditions climatiques qu'il affectionne. Durant cette dernière expédition, malgré ses 72 ans, Agassiz se rend dans des contrées que l'Allemagne et la Grande-Bretagne se partagent depuis 1880 seulement, le Kenya n'étant même remis à la Couronne qu'à partir de 1895. Lors de déplacements effectués en chemin de fer, il est impressionné par les grands troupeaux de la faune sauvage. Il saisit l'occasion de cette visite en terre africaine pour effectuer des dragages dans l'un de ses grands lacs. Son choix se porte sur le Nyassa, mais ses chaluts ne recueillent malheureusement rien d'intéressant. Ses visites dans les villes d'Europe ont été nombreuses, en Allemagne, Grande-Bretagne, France surtout, mais aussi en Scandinavie, Irlande, Italie et Suisse. Il y rencontre ses correspondants scientifiques, s'attarde dans les musées pour étudier des collections zoologiques, mais ne néglige pas d'autres préoccupations culturelles. En 1901, à Paris qu'il visite assez régulièrement dans les dernières années de sa vie, en parcourant les galeries d'art, il s'étonne des très nombreux achats faits par les touristes américains. Pour sa part, il admire particulièrement les toiles des impressionnistes et en acquiert quelques-unes. Son fils Maximilien n'appréciant pas les œuvres de Monet, il renonce à l'achat d'une toile de ce peintre qui lui plaisait pourtant beaucoup.

Derniers voyages

Dès 1883, Alexandre envisage de se défaire de la direction du Musée. Mais ce n'est qu'en 1898, à l'âge de 63 ans, qu'il donne finalement sa démission. Par de multiples arrangements, il veille cependant à préserver son influence sur l'institution qu'il a tant soutenue. Il y maintiendra ses activités scientifiques en disposant de collaborateurs directement attachés à sa personne.

Avec l'âge, Alexandre Agassiz ne vit que quelques mois par année à Cambridge et dans la région. Très fréquemment, ses déplacements se prolongent par des séjours en Europe, où il estime trouver des conditions de travail et d'environnement scien-

tifique bien supérieures à celles des États-Unis. Chaque année, au printemps et en automne, il maintient les visites d'inspection de son empire minier afin d'en contrôler sur place les installations et la bonne marche des affaires. Jusqu'au terme de sa vie, la politique scientifique et financière du Musée reste au centre de ses préoccupations. En 1901-1902, il dégage d'importantes sommes pour permettre une extension des bâtiments essentiellement destinée à la géologie. Au cours des ans, les dépenses occasionnées par la gestion des collections lui paraissent de plus en plus disproportionnées face aux apports scientifiques que ses activités sont susceptibles de générer. A ses yeux, la biologie moderne est plus largement dépendante des travaux de terrain et de laboratoire que de ceux qui pourraient naître d'anciennes récoltes dont la préservation demande de constants investissements d'argent et de temps.

Dans ses derniers voyages lointains, Agassiz montre son attachement à la mer, Galapagos – île de Pâques (1904-05), visite des Caraïbes en famille (1906-1907), avec pourtant deux visites en Egypte (1905-1906 et 1909-1910). Lors de ce dernier voyage, il avait aussi songé à se rendre en Indonésie, mais des raisons de santé l'engagent à renoncer à des pays où un éventuel recours à la médecine pourrait être difficile. A Paris où il séjourne sur le chemin de retour, il est témoin des importants dégâts occasionnés par les graves inondations dans la capitale française. C'est ensuite Londres, où il retrouve de nombreux amis scientifiques. Le 23 mars, il embarque sur l'*Adriatic* pour la traversée de l'Atlantique. Au matin du dimanche 27 mars 1910, celui qui avait tant donné pour connaître l'océan est retrouvé sans vie dans sa cabine, en pleine mer.

Les récifs, regards actuels

Au terme de cette présentation du parcours d'Agassiz dans les récifs, il nous paraît nécessaire de donner quelques indications sur la vision que la science actuelle porte sur ce sujet. Nous pouvons le faire en revenant dans les Maldives où, depuis quelques années, d'anciens étudiants géologues de Neuchâtel participent, avec d'autres groupes, à des recherches sur la constitution et l'histoire de cet archipel. Ces investigations ont bénéficié des nombreux avantages offerts par les techniques modernes pratiquées par l'exploration pétrolière. Elles ont permis entre autres:

- a) de dresser la topographie des fonds marins avec une précision comparable à celle des terres émergées;
- b) de suivre l'allure des différentes strates qui tapissent le fond marin;
- c) de les percer par forages;
- d) de déterminer avec précision l'âge des couches traversées;
- e) de reconnaître les milieux dans lesquels ces sédiments se sont formés;
- f) de placer toutes ces données en relation avec l'histoire de la Terre, en particulier de situer, au cours des âges, les variations du niveau marin.

Les profils dressés par ces chercheurs au travers des récifs des Maldives montrent que ceux-ci se sont développés, comme Agassiz le proposait, sur d'anciennes assises

sédimentaires. Ils y ont subsisté durant des millions d'années en étant soumis à la subsidence proposée par Darwin. Afin de se maintenir malgré la subsidence, ils ont été contraints de croître pour porter leur tête à des profondeurs compatibles avec leur survie. Même si Agassiz et Darwin ont avancé de bonnes propositions, ce sont celles de ce dernier qui rendent le mieux compte des structures rencontrées. Durant le dernier million d'années, les fréquentes et importantes variations du niveau marin (supérieures à 100 m) ont certainement conduit à des périodes d'érosion, aux époques de basses eaux, et à des périodes de croissance accélérée lorsque le niveau marin montait rapidement. Au cours des derniers milliers d'années, la stabilité du niveau marin a conduit à un relatif équilibre au niveau des récifs, l'érosion compensant les effets de la croissance. Des modifications de second ordre se sont probablement produites au niveau des grands lagons. A long terme, face au réchauffement de la planète et à l'augmentation du niveau des océans, les coraux parviendront très probablement à s'adapter aux nouvelles conditions, pour autant qu'ils survivent aux pollutions humaines. Ils ne réussiront cependant pas à éviter l'inondation des terres des Maldives, puisque celles-ci ne sont pas situées sur des colonies de coraux vivants.

L'après-Agassiz

Durant sa maturité et jusqu'à la fin de sa vie, Alexandre Agassiz reste un scientifique fort respecté par ses pairs. Il entretient d'excellents rapports avec de très nombreux savants réputés du monde entier, il est docteur *honoris causa* de Cambridge, membre de l'Académie des sciences des Etats-Unis, membre associé de celle de France, médaillé de la Royal Geographical Society de Londres, décoré de l'ordre du Mérite en Allemagne. De nos jours, en dehors de quelques spécialistes, il est très largement ignoré dans le monde scientifique et, de ce fait, du public en général. Cette profonde éclipse a certainement plusieurs causes. De son vivant, sa renommée était liée à ses travaux biologiques, océanographiques et à ceux qu'il avait consacrés aux récifs, domaine où sa connaissance intime des diverses provinces récifales était inégalée. Son soutien à la recherche scientifique, ses actions pour la promotion de la collaboration scientifique internationale, son héritage paternel et sa richesse personnelle ont certainement joué leur rôle dans l'appréciation qui a été faite de lui durant sa vie. Avec les années, ces jugements ont perdu une large part de leur pouvoir suggestif et n'ont pas été remplacés par une image forte et simplifiée de sa contribution scientifique ou de sa personnalité. En biologie, en océanographie, Agassiz fut pourtant à la pointe du progrès.

Ses travaux biologiques sur des espèces nouvelles et sur la révision de certains groupes en ont fait un excellent représentant de ces travailleurs oubliés, pourtant si indispensables à la recherche. En océanographie, ses précieux apports n'ont pas connu l'impact des grandes expéditions, comme celles du *Challenger*, en partie parce qu'ils n'étaient pas aussi systématiques. La production scientifique d'Agassiz sur les récifs contient d'utiles données, mais exclusivement critiques et très régionales, qui ont conduit à une sorte de message inachevé, presque stérile, sur lequel il a été difficile de s'appuyer. Une certaine dispersion, l'absence de percées dans un domaine particulier n'ont pas favorisé l'émergence d'une image simple et porteuse. De nos jours, le faible crédit dont jouit Alexandre Agassiz nous amène à nous interroger sur les critères de nos appréciations. Le plus souvent, on s'accorde à glorifier des personnages d'exception qui, s'ils ne sont pas des Léonard de Vinci, doivent de préférence être reconnus comme les grands phares d'une discipline bien particulière dans laquelle ils se sont distingués par des idées particulièrement novatrices. Alexandre Agassiz, au contraire, est un homme d'exception et à un très haut niveau par sa double réussite d'homme d'affaires et de savant, deux activités rarement associées. Certes, dans ces deux cheminements, il n'est pas parvenu à se hisser au sommet des hiérarchies reconnues. A nos yeux, Alexandre Agassiz s'impose pourtant comme une personnalité digne d'intérêt, de respect et d'admiration. Avec l'espoir que ces lignes le fassent mieux connaître dans le pays qui l'a vu naître.

NOTES

- ¹ Cf. *Navigateurs, explorateurs et aventuriers*, Michel Schlup et al., Neuchâtel, Bibliothèque publique et universitaire, 2000.
- ² Le bateau honore Ferdinand Rudolph Hassler, premier directeur du Coast Survey. Ce personnage, né à Aarau en 1770, étudie les mathématiques et les sciences à Berne puis, dès 1793, à Paris. Revenu en Suisse en 1798, il y occupe diverses fonctions mais, en 1805, à la suite de l'occupation de son pays par les troupes françaises, il s'expatrie aux Etats-Unis. En 1807, Jefferson l'appelle comme professeur de mathématiques à West Point. Peu intéressé par l'enseignement, il est nommé en 1812 directeur du US Coast Survey, mais se trouve révoqué de son poste en 1817 par le Congrès, peu satisfait de son activité. En 1830, il est rappelé par le président Andrew Jackson pour s'occuper de la standardisation des poids et mesures de la nation américaine, puis deux ans plus tard, reprend le poste de directeur du Coast Survey, position qu'il occupe jusqu'à son décès en 1843.