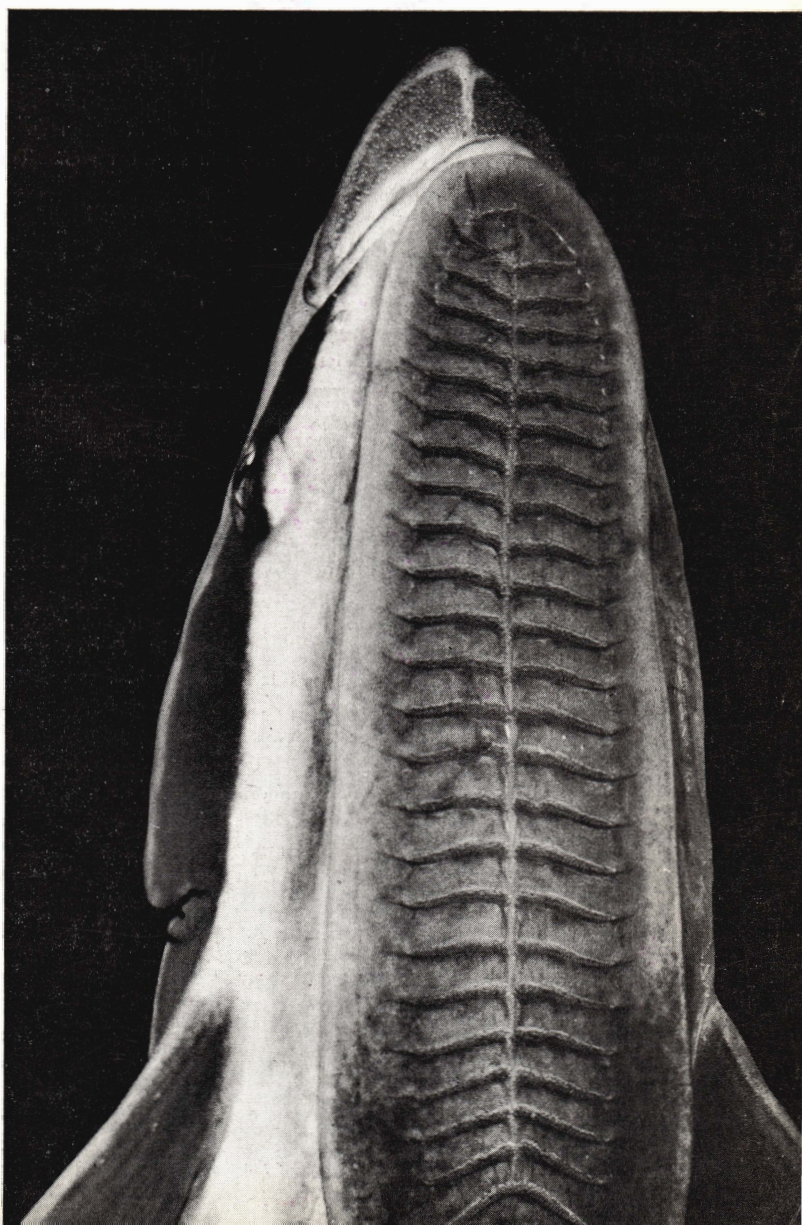


Les naturalistes belges

49-7
août-
septembre
1968

Publication mensuelle
publiée
avec le concours
du Ministère de
l'Éducation nationale
et de la Fondation
universitaire



LES NATURALISTES BELGES

Association sans but lucratif, 65, Av. J. Dubrucq, Bruxelles 2.

Conseil d'administration :

Président : M. G. MARLIER, chef de travaux à l'Institut royal des Sciences naturelles.

Vice-présidents : M. H. BRUGE, professeur ; M. J. DUVIGNEAUD, professeur ; M. R. RASMONT, professeur à l'Université de Bruxelles.

Secrétaire et organisateur des excursions : M. L. DELVOSALLE, docteur en médecine, 25, avenue des Mûres, Bruxelles 18. C.C.P. n° 24 02 97.

Trésorier : M^{lle} P. VAN DEN BREEDE, professeur.

Bibliothécaire : M^{lle} M. DE RIDDER, inspectrice.

Organisation des conférences : M^{lle} G. ROOSE, professeur.

Administrateur : M. F. STOCKMANS, chef de travaux à l'Institut royal des Sciences naturelles et professeur à l'Université libre de Bruxelles.

Rédaction de la Revue : M. C. VANDEN BERGHEN, Chargé de cours à l'Université de Louvain, 65, av. Jean Dubrucq, Bruxelles 2.

Protection de la Nature : M^{me} L. et M. P. SIMON.

Section des Jeunes : M. A. QUINTART, Institut royal des Sciences naturelles, 31, rue Vautier, Bruxelles 4. Les membres de la Section sont des élèves des enseignements moyen, technique ou normal ou sont des jeunes gens âgés de 15 à 18 ans. Les Juniors (cotisation : 50 F) reçoivent un ou deux numéros de la Revue. Les Étudiants (cotisation : 125 F) reçoivent la série complète. Tous participent aux activités de la Section.

Secrétariat et adresse pour la correspondance : M. Pierre VAN GANSEN, 20, av. De Roovere, Bruxelles 8, Tél. 23.23.40.

Local et bibliothèque, 31, rue Vautier, Bruxelles 4. — La bibliothèque est ouverte les deuxième et quatrième mercredi du mois, de 14 à 16 h ; les membres sont priés d'être porteurs de leur carte de membre. — Bibliothécaires : M^{lle} M. DE RIDDER et M^{me} M. VAN GIJTE-DE REU.

Cotisations des membres de l'Association pour 1968 (C.C.P. 2822.28 des Naturalistes Belges, 20, avenue De Roovere, Bruxelles 8) :

Avec le service de la Revue :

Belgique :

Adultes 175 F

Étudiants (ens. supérieur, moyen et normal), non rétribués ni subventionnés, âgés au max. de 26 ans 125 F

Allemagne fédérale, France, Italie, Luxembourg, Pays-Bas 175 F

Autres pays 200 F

Avec le service de 1 ou 2 numéros de la Revue : Juniors (enseignements moyen et normal) 50 F

Sans le service de la Revue : tous pays : personnes appartenant à la famille d'un membre adulte recevant la Revue et domiciliées sous son toit 25 F

Notes. — Les étudiants et les juniors sont priés de préciser l'établissement fréquenté, l'année d'études et leur âge.

Tout membre peut s'inscrire à notre section de mycologie ; il suffit de le mentionner sur le coupon de versement. S'il s'inscrit *pour la première fois*, il doit en aviser le secrétaire de la section, afin d'être informé des activités du *Cercle de mycologie*. Écrire à M^{me} Y. GIRARD, 34, rue du Berceau, Bruxelles 4.

Pour les versements : C.C.P. n° 2822.28 Les Naturalistes belges
20, av. De Roovere, Bruxelles 8.

LES NATURALISTES BELGES

SOMMAIRE

GLANSDORFF (N.). Le code génétique	345
QUINTART (A.) et PLISNIER-LADAME (F.). <i>Eosphargis gigas</i> (OWEN, 1861). A propos d'une tortue géante récemment exposée dans les salles de l'I.R.Sc.N.B.	366
DELVOSALLE (L.). Observations faites durant le séjour des Naturalistes Belges en Yougoslavie (juillet 1966)	382
<i>Bibliothèque</i>	398

Le code génétique

par N. GLANSDORFF (*)

... Parfois aussi, il peut se faire que les enfants ressemblent à un aïeul, parfois même ils reproduisent les traits d'un bisaïeul, car le corps des parents renferme une quantité d'éléments divers, provenant de la souche primitive, et transmis de père en fils. C'est ainsi que Vénus met au jour des visages de différentes sortes, et reproduit les traits des ancêtres, comme leur voix et leur chevelure ; car tout cela provient d'une semence déterminée tout autant que la face, le corps et les membres. Au reste, une fille peut provenir de la semence paternelle, comme l'on voit des fils formés de la substance de leur mère. Toujours en effet l'enfantement est produit par un double germe ; seulement toute créature tient davantage de celui des deux auquel il ressemble le plus : fait facile à constater, qu'il s'agisse d'un descendant mâle ou femelle.

LUCRÈCE, *De Rerum Natura*, IV, 1218-1232.

Lucrèce s'exprimait en ces termes voici 2 millénaires ; il faut bien avouer que 1850 ans plus tard on n'était guère plus avancé et qu'on avait même, parfois, reculé. La véritable science de l'hérédité ne date que d'un siècle et ce n'est pas à plus de 25 ans qu'il faut faire remonter la première étape significative que l'on ait franchie vers le déchiffrement du code génétique, en l'occurrence la découverte

(*) Conférence prononcée le 22 janvier 1968.

du rôle biologique des acides désoxyribonucléiques dans la transformation des pneumocoques, par AVERY, MAC LEODD et MAC CARTHY (1944). Le problème du code n'est certes qu'un des aspects de la génétique ; avant qu'il fut posé utilement, c'est-à-dire en termes de structures moléculaires, les concepts de chromosome, de mutation et de gène étaient déjà familiers. Presqu'en même temps que WATSON et CRICK élaboraient le schéma de structure des acides désoxyribonucléiques (1953), une étape essentielle de génétique formelle — c'est-à-dire dégagée de préoccupations biochimiques immédiates — était franchie : notre représentation du gène passait d'une architecture globulaire complexe à une structure linéaire, fragment de chromosome et unité de fonction biologique, aux limites définissables par le test de complémentation.

A cette époque, on savait déjà que le rôle d'un gène devait consister, dans la plupart des cas, à déterminer la structure et la spécificité d'action d'une protéine. Or les protéines se réduisent aussi, malgré leur apparente complexité de formes, à des ensembles linéaires, chaînes polypeptidiques aux maillons constitués par des acides aminés. Établir une correspondance entre ces deux types d'ensembles linéaires, de manière qu'aux sous-unités de l'un correspondent les sous-unités de l'autre, nous paraît aujourd'hui une démarche évidente. En réalité, la colinéarité gène-protéine n'allait nullement de soi ; pour qu'elle se présentât comme une hypothèse raisonnable il fallut attendre que la structure de la molécule d'ADN fut élucidée. C'est donc à partir de 1953, date à laquelle Watson, Crick, Wilkins, Stokes et Wilson publièrent les résultats de leurs investigations, que nous retracerons les principales étapes du déchiffrement du code génétique.

Le gène est composé de nucléotides, la protéine d'acides aminés, et l'on a de bonnes raisons d'admettre que les propriétés essentielles d'une protéine sont déterminées par la séquence de ses acides aminés. Le problème du code génétique est donc d'élucider le processus de transfert d'information qui traduit une séquence de nucléotides en une séquence d'acides aminés. Avec le recul dont nous disposons aujourd'hui, nous pouvons distinguer les deux aspects principaux de la question :

1° Quels sont les éléments — c'est-à-dire les molécules — qui interviennent dans le transfert de l'information génétique ?

2° Comment est « composée » l'écriture génétique — Quelles en sont les lettres, les mots et les ponctuations ? Autrement dit, quel est le « dictionnaire génétique » ?

Certes, le fait de dégager ces deux sous-questions de l'ensemble

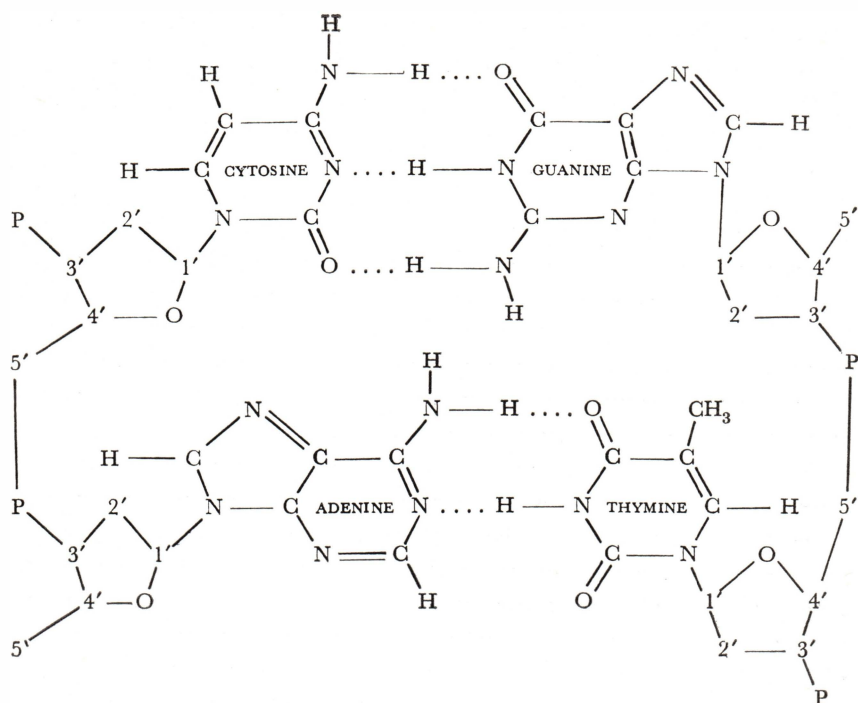


FIG. 1. — Schéma de 2 paires de nucléotides successives dans un ADN bicaténaire.

de la biologie moléculaire est assez arbitraire, puisque le problème du code est intimement lié à ceux qui concernent le contrôle de l'expression des gènes et la synthèse des protéines. Justifions cette distinction en posant dès l'abord que nous nous limitons à l'information génétique, à sa nature et son transfert, en somme, pour ne pas déroger à nos habitudes, aux aspects « linguistiques » de la question.

LES ORGANES DE DÉTENTION ET DE TRANSFERT DE L'INFORMATION GÉNÉTIQUE.

L'ADN.

La molécule d'ADN génétiquement active est dans la plupart des organismes vivants une double hélice. Les deux brins sont formés d'une chaîne de pentoses réunis par des liens phosphoesters. La fig. 1 fait ressortir que cette liaison joint l'atome de C n° 3 d'un pentose au C. n° 5 du suivant. L'orientation d'une fibre est donc 3'-5' ou 5'-3', suivant le point de référence choisi. Dans les molé-

cules d'ADN telles qu'on les trouve dans la nature les deux brins sont antiparallèles : un lien 3'-5' est opposé à un lien 5'-3', ce qui permet de schématiser à l'extrême une double hélice d'ADN de la manière suivante :



Les extrémités opposées d'une même fibre et les extrémités voisines de deux fibres opposées sont donc chimiquement différentes. Nous soulignerons plus loin l'importance de cette disposition.

A chacun des pentoses s'attache, dirigée vers l'axe de la molécule, une des bases puriques (adénine ou guanine) ou pyrimidiques (cytosine ou thymine). Rappelons que l'originalité essentielle du travail de Watson et Crick a consisté, alors que l'architecture générale et les composants de l'ADN étaient déjà connus, à découvrir que les bases devaient être tournées vers l'intérieur et jointes 2 à 2 par une liaison chimique relativement faible — le pont hydrogène — de telle manière que l'adénine forme une paire avec la thymine et la guanine avec la cytosine (ou l'hydroxyméthylcytosine chez certains virus). Les deux fibres sont donc complémentaires grâce à ce type d'association, qui se répète tout au long de la molécule.

L'importance de cette complémentarité ne pourrait être sous-estimée. En effet, elle permet de comprendre :

1° comment l'ADN est biosynthétisé puisque chaque fibre est le négatif de la fibre opposée ; le processus de duplication est donc essentiellement un processus de copie automatique ;

2° comment deux brins d'acides nucléiques peuvent se reconnaître, pourvu qu'ils présentent des séquences complémentaires opposables. La cellule peut donc effectuer des « montages » d'acides nucléiques, un peu comme nous confectionnerions des puzzles. Nous verrons que ces possibilités de synthèse par copie et de reconnaissance par complémentarité de structure sont les clefs du mécanisme qui assure le transfert de l'information génétique.

L'ARN messenger.

Bien qu'in vitro, dans des conditions très spéciales, une fibre d'ADN puisse être directement traduite en chaîne polypeptidique, il n'en est pas de même in vivo. L'ordre des nucléotides qui constituent un gène contient certes toute l'information nécessaire à l'enchaînement correct des acides aminés d'une chaîne polypeptidique mais dans le décodage de cette information la cellule utilise un relais : l'ARN messenger. Ce n'est pas ici le lieu de retracer la genèse et le

développement de cette découverte. Rappelons cependant que ses racines sont déjà lointaines ; certaines remontent au temps — voici presque 30 années — où Brachet, Jeener et d'autres, parmi lesquels au premier chef Caspersson, montraient que les acides ribonucléiques (ARN) devaient jouer un rôle important dans la synthèse des protéines. On sait maintenant qu'une enzyme ; l'ARN polymérase, est capable de copier l'une des deux fibres d'un ADN bicaténaire, pour délivrer dans le cytoplasme une molécule complémentaire du point de vue de sa composition en bases. Cette chaîne complémentaire n'est cependant pas identique à la fibre qui dans la molécule d'ADN elle-même forme le complément de celle que l'ARN polymérase utilise comme matrice ; elle est non seulement composée d'acide ribonucléique (un groupe OH au lieu d'un des groupes H du pentose de l'ADN), mais la thymine en est absente ; elle est remplacée par l'uracile, capable de s'apparier avec l'adénine tout comme le fait la thymine. Faisons ici deux remarques :

1° La polymérase sélectionne l'une des deux fibres de l'ADN. A posteriori cela nous paraît « logique ». La synthèse de deux molécules d'ARN messager complémentaires, donc différentes, conduirait en effet à la synthèse de deux protéines entièrement différentes par gène. On sait aujourd'hui que la polymérase « lit » la fibre informatrice dans le sens 5'-3' (voir le schéma de structure). Ceci entraîne à son tour deux conséquences importantes du point de vue de l'organisation de la molécule d'ADN :

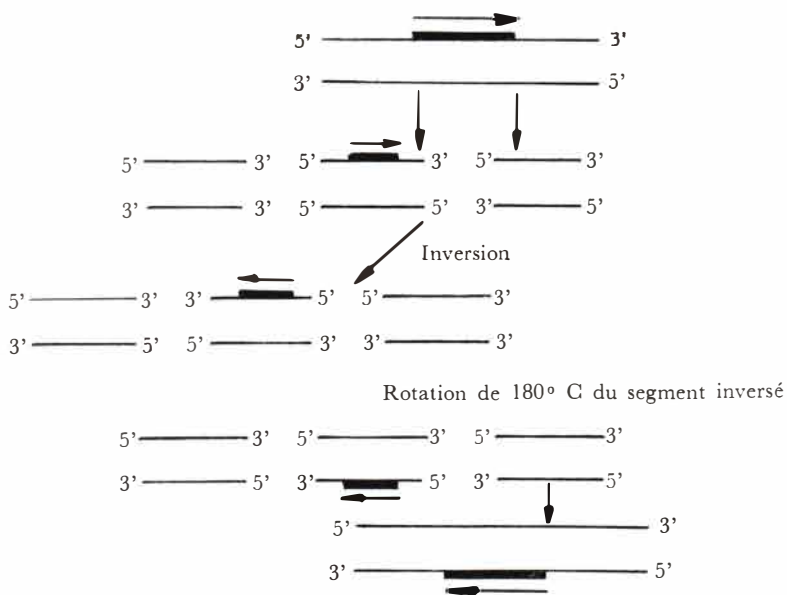
a) Deux gènes dont les fibres informatrices ne sont pas les mêmes seront « lus » en sens opposés.

b) Toute inversion d'une portion d'ADN modifie la disposition relative des parties informatrices de la molécule. Le schéma ci-contre en fournit la démonstration (voir page suivante).

Nous pouvons aussi prédire que deux gènes dont les polarités sont opposées ne se « lisent » pas sur la même fibre.

La molécule d'ARN messager est la matrice directement utilisée par la cellule dans la synthèse des protéines. Le décodage de l'information qu'elle contient s'effectue sur une particule cytoplasmique — le ribosome — composée d'ARN et de protéines, dont la structure n'est que très imparfaitement connue.

La séquence de nucléotides est la seule différence qualitative qui puisse permettre de distinguer deux molécules de messager ; on a donc considéré qu'elle devait déterminer l'ordre des acides aminés dans les différentes protéines. Cependant le mécanisme qui devait assurer



cette colinéarité posait un problème théorique que Crick a soulevé en 1957, montrant que l'on ne pouvait concevoir un alignement direct d'acides aminés sur une chaîne de nucléotides ; l'affinité relativement faible des deux types de molécules l'une pour l'autre et le manque de points de reconnaissance spécifiques que présenterait leur association en sont les raisons. Dès lors, Crick prédit que l'enchaînement des acides aminés devait mettre en jeu des « adapteurs » capables de reconnaître le message à l'une de leurs extrémités et de fixer un acide aminé à leur extrémité opposée par un mécanisme enzymatique hautement spécifique. L'alignement côte à côte sur un ribosome de deux adapteurs réaliserait alors les conditions nécessaires à la formation du lien peptidique adéquat. On pouvait s'attendre à ce que la rencontre du messager et de l'adaptateur fasse intervenir une fois de plus l'appariement des bases qui joue un si grand rôle dans la structure de l'ADN et la synthèse des messagers.

La même année déjà, les adapteurs entraient dans le domaine des faits, sous la forme d'acides nucléiques auxquels on donne aujourd'hui des noms divers : adapteurs, ARN de transfert ou S-ARN (ARN solubles). Nous reviendrons plus loin sur le rôle essentiel que jouent ces molécules dans le décodage de l'information génétique. A ce stade voyons comment l'essentiel de leurs propriétés informatrices pouvait être prévu, et l'avait été, en effet, grâce au génie pénétrant de Crick.

Il existe 4 nucléotides différents dans les messagers ; on trouve dans les protéines 20 acides aminés différents. Comment, avec 4 lettres, doit-on construire un dictionnaire qui permette de choisir sans ambiguïté parmi 20 objets ? Avec des mots de deux lettres nous n'y arriverions pas : 16 combinaisons seulement sont possibles. Si nous prenons les lettres 3 par 3 nous pouvons former 64 triplets, ce qui est plus que suffisant. Il était donc probable, à priori, que les unités du code — les codons — fussent des triplets de nucléotides. Corollairement, il fallait poser par hypothèse l'existence d'anticodons, formés de 3 nucléotides également, et complémentaires aux codons. Chaque adaptateur aurait un anticodon et serait spécifique d'un acide aminé.

Nous retracerons à présent les principales étapes qui ont abouti au déchiffrement des codons et des anticodons. La succession des résultats obtenus se présente comme suit :

1° La manière dont la cellule organise la lecture des codons portés par les messagers, indépendamment de la signification de ces derniers ; ceci se rapporte plus à la structure de la « phrase » génétique qu'à son vocabulaire.

2° L'identification des codons.

3° L'identification des anticodons.

LE DICTIONNAIRE GÉNÉTIQUE.

Structure de la phrase génétique.

Soit une séquence de nucléotides, représentés ici par leurs lettres initiales : AGCUCGACGUCAAGU... On peut penser que la lecture de cette séquence procède à partir d'un point fixe dans un sens bien déterminé. S'il n'en était pas ainsi on devrait s'attendre à ce que la signification du message différât d'une lecture à l'autre. Il est également probable, a priori, que les unités du code ne se chevauchent pas. Admettons un instant que ce chevauchement ait lieu, et, pour fixer les idées, que l'unité du code soit le triplet ; le mécanisme de traduction reconnaîtrait successivement, en partant de la gauche, les codons suivants :

AGC
GCU
CUG
UCG... etc.

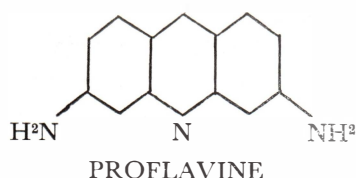
Dans ces conditions, une mutation qui remplacerait une base par une autre devrait amener la substitution de 3 acides aminés dans la

protéine correspondante. Dans un même ordre d'idées, on devrait s'attendre à ce que les séquences d'acides aminés trouvées dans la nature ne soient pas quelconques ; le fait qu'un codon possède des nucléotides en commun avec 4 autres (ses 2 voisins de gauche et ses 2 voisins de droite) devrait se refléter, en effet, par certaines restrictions dans les possibilités de voisinage des acides aminés. Dès avant la conclusion des expériences que nous allons évoquer, on disposait de résultats sur la composition des protéines-normales ou mutées — qui rendaient le chevauchement très improbable. Pour ne citer qu'un exemple il était déjà clair que l'anémie dite « en faucille » provenant d'une altération de l'hémoglobine résultait du remplacement d'un seul acide aminé par un autre à la suite d'une mutation.

Nous avons déjà vu que le triplet de bases était le candidat le plus probable au rôle d'unité du code. Intégrant cette notion aux deux précédentes on pouvait présenter comme hypothèse de travail le schéma suivant : un code non chevauchant, composé de triplets, déchiffré à partir de points fixes. A l'aide d'une méthodologie purement génétique, extraordinairement simple en regard des résultats attendus, Crick et ses collaborateurs, après avoir formulé cette hypothèse, lui ont apporté un soutien expérimental impressionnant. Nous allons nous efforcer d'en restituer ici l'essentiel.

Le système expérimental utilisé par ces auteurs était basé sur les données dont on disposait à l'époque (1960-1961) sur le mécanisme de la mutagenèse par les agents chimiques. D'un grand nombre d'études consacrées aux mutations provoquées par diverses substances dans le matériel héréditaire du bactériophage T4 et du colibacille, on avait conclu que la plupart de ces mutations devait correspondre au remplacement d'une paire de nucléotides par une autre ; au niveau du messenger cela devait correspondre au remplacement d'un nucléotide par un autre. Un très grand nombre de ces mutations entraînent la formation de protéines partiellement ou non fonctionnelles mais identifiables par les techniques immunologiques qui permettent de reconnaître la protéine sauvage de manière spécifique. Très souvent, donc, l'altération apportée par ce type de mutation dans la constitution de la protéine ne se traduit pas par un phénotype entièrement négatif ; la fonction endommagée ne disparaît pas complètement.

Parmi les autres catégories de mutations un groupe très homogène attirait l'attention : celui des mutations induites chez le bactériophage par les acridines, famille de colorants dont un représentant — la proflavine — est figuré à la page suivante.



Les mutations produites par les acridines se présentent à l'analyse topographique comme les précédentes, c'est-à-dire comme des modifications extrêmement localisées du gène (ponctuelles, à la limite de l'analyse). Elles conduisent cependant à une disparition totale de la fonction altérée, sans produire de phénotypes intermédiaires. Une des explications possibles a priori était que ces mutations, bien que ponctuelles, ne conduisaient pas seulement à une modification locale du texte génétique mais introduisaient dans ce texte des accidents qui influençaient la signification du message dans toute une portion du gène. L'analogie qui existe entre les messages du langage génétique et ceux du langage humain, permet aisément de se représenter comment une telle situation peut apparaître. Rappelons-nous :

I come to bury Caesar, not to praise him.

Comparons les types de fautes suivants :

I came to bury Caesar, not to praise him.

I come to bury Caesar, to praise him.

Il est probable que la foule romaine eût réagi aux deux premières versions à peu près de la même manière mais que la troisième, bien que modifiée elle aussi de manière très localisée, eût fortement compromis tout le reste de la prestation de Marc Antoine.

Ce que l'on savait des propriétés chimiques des acridines suggéra à Crick, Brenner et d'autres, quel devait être le type de faute produit par ces substances dans un message génétique. Non seulement ces acridines possèdent-elles une certaine affinité pour les molécules d'ADN mais encore peuvent-elles s'insérer dans la double hélice entre deux bases voisines, en distendant la molécule, ou à la place d'une base lors du dédoublement de la molécule. On pouvait dès lors concevoir qu'un ADN ainsi maltraité acquit ou perdit une paire de bases après sa duplication.

Si le modèle de lecture orientée de codons non chevauchants présenté plus haut est vrai et si les mutations acridines sont bien ce que l'on pense, on peut élaborer toute une série d'expériences au

résultat rigoureusement prévisible. Il saute aux yeux qu'un tel programme expérimental, tant qu'il s'appuie sur une méthodologie génétique ne peut que renforcer ou diminuer notre sentiment de la cohérence des arguments débattus mais non apporter une preuve de ce que l'on avance : on se sert en effet, pour analyser un modèle hypothétique, d'un outil (les mutations acridines) dont le fonctionnement (le mécanisme d'action des acridines) est lui aussi hypothétique. L'aventure valait cependant la peine d'être tentée, comme nous allons le voir ; en outre elle présente, par le contraste des techniques mises en œuvre et le but visé, un côté esthétique qu'il serait dommage de ne pas souligner. Ce type de démarche intellectuelle illustre fort bien le rôle qu'a joué et que joue encore la génétique en biologie.

Reprenons la séquence de nucléotides écrite plus haut et supposons qu'une molécule d'acridine provoque la soustraction d'une base, de manière à obtenir la séquence ci-dessous :

AGCUCGACGUCAAGU

AGCUGACGUCAAGU

Si la lecture procède en partant de A, de gauche à droite et de triplet en triplet, il est clair qu'à partir du deuxième, le sens du message génétique est entièrement modifié par rapport à la séquence originale. Si la séquence brouillée est suffisamment longue, on ne doit plus s'attendre à ce que le gène ainsi muté produise rien de comparable à la protéine émise par le gène sauvage et l'on s'explique le phénotype entièrement négatif des mutants acridines. Si les acridines peuvent réellement ajouter des bases aussi bien qu'en retrancher, on peut concevoir qu'en traitant le mutant lui-même par une de ces substances on provoque dans un certain nombre de cas l'insertion d'une base dans le voisinage immédiat du triplet qui s'était vu diminuer d'une unité au cours de la phase précédente. Soit donc, pour fixer les idées :

AGCUCGACGUCAAGU

AGCUGACGUCAAGU

AGCUGACGUUCAAGU

Le résultat immédiat c'est que la phase de la lecture est rétablie, de telle manière qu'au delà de la nouvelle base insérée, le message reprend son sens initial. Bien sûr, entre le site du retrait et celui de l'insertion (sur une longueur de 2 triplets dans le cas présent) la signification du texte génétique n'est plus la même, mais on peut penser que dans un certain nombre de cas cette altération ne soit pas

suffisante pour rendre la protéine correspondante totalement inefficace. Autrement dit, certaines combinaisons entre un retrait et une addition de nucléotides, tous deux successivement provoqués par une acridine, doivent donner un phénotype intermédiaire entre le phénotype muté et le phénotype sauvage. Dans la pratique, cela signifie qu'une mutation induite par une acridine doit être induite à réverser vers un type partiellement fonctionnel par cette même acridine. C'est bien ce que l'on observe dans le cas des mutants du phage T4.

Ces combinaisons d'addition et de soustraction à l'intérieur d'un gène peuvent être schématisées de la manière suivante : + — ou — +. Voici donc un cas où la combinaison de 2 mutations à l'intérieur d'un gène rétablit un phénotype positif. Chacune de ces mutations peut être séparée de l'autre par recombinaison de manière à les obtenir sur des ADN différents. Jusqu'il y a peu, l'attribution du signe + ou — à une mutation particulière était d'ailleurs une affaire de convention ; tout ce que l'expérimentateur pouvait faire c'était reconnaître des mutations de signes différents ; d'un côté une collection de mutants +, de l'autre une série de mutants —.

Crick et ses collaborateurs ont alors exploité cet outil de la manière suivante. Les études de Benzer qui avaient précisé le concept de gène par la définition opérationnelle de l'unité de fonction du matériel génétique (le cistron) avaient porté sur 2 cistrons adjacents du matériel génétique du phage T4, représentés ci-dessous :



Mutations + et — peuvent être obtenues dans le cistron A comme dans le cistron B ; les mutations en A n'affectent pas le fonctionnement du gène B et vice-versa. Ceci suggère qu'il existe une ponctuation du code entre les deux gènes, telle qu'un déphasage de lecture dans l'un ne s'étende pas au voisin. Le gène B a ceci de particulier que son extrémité gauche n'est pas essentielle à l'accomplissement de sa fonction ; on connaît en effet un mutant chez lequel l'extrémité droite de A et l'extrémité gauche de B sont détruites par une délétion : la phénotype de cet organisme est A⁻ B⁺. Comme nous allons le voir, l'utilisation magistrale de ces propriétés quelque peu inattendues a permis à Crick et ses collaborateurs de renforcer considérablement la vraisemblance de leur modèle.



Toute ponctuation entre A et B a ici disparu ; A ne fonctionne plus, mais B est encore actif, *sauf si l'on introduit dans la portion de A restée intacte, une mutation acridine + ou —*. On échappe difficilement à la conclusion que la lecture procède en A et B de gauche à droite, de telle manière qu'un déphasage de la lecture en A s'étende jusqu'à l'extrémité droite de B. On doit dès lors s'attendre à ce que la combinaison d'une mutation + avec une mutation — dans le gène A rétablisse la phase et permette à nouveau l'expression de B ; il en est ainsi pour autant que les deux mutations + et — soient très proches l'une de l'autre, sinon B reste inactif ; ceci n'était pas précisément prévu mais a été très vite interprété de manière correcte. Supposons que le code recèle des triplets « non-sens », dépourvus de signification en termes d'acides aminés ; et incapables d'assurer la propagation d'une chaîne polypeptidique, c'est possible puisqu'on dispose en principe de 64 triplets pour 20 acides aminés et qu'en outre on a toute raison de penser que le code utilise des codons de cette sorte comme ponctuations capables d'arrêter la lecture aux endroits appropriés. Or, entre une mutation + et une mutation — la succession des triplets est devenue totalement différente de ce qu'elle était chez le sauvage dans la même région ; au plus cette séquence déphasée sera longue, plus grand sera le risque qu'elle présente un codon non-sens ; dans ce cas la combinaison + — ne devra pas donner de résultats positifs.

Cet ensemble d'expériences laisse subsister peu de doutes sur l'existence d'un processus de lecture orienté, déchiffrant successivement des codons non chevauchants. Un dernier groupe d'expériences a montré que le nombre de bases contenues par un codon devait être 3 ou un multiple de 3. Dans la portion du gène A que laisse subsister la délétion déjà décrite, on peut insérer par recombinaison plus d'une mutation acridine de même signe ; nous savons déjà qu'une mutation + (ou —) sise en A inactive B ; 2 mutations de même signe conduisent au même résultat, mais, fait remarquable, il est possible par insertion de 3 mutations + ou — très voisines l'une de l'autre, de réactiver B. En d'autres termes, l'addition ou la soustraction de 3 bases rétablit la phase. L'unité la plus probable du code est donc, comme prévu, le triplet de nucléotides.

Il n'était guère possible d'aller plus loin dans l'analyse du code génétique avec le seul arsenal du microbiologiste : pipettes, tubes à essais, boîtes de Pétri. La vérification, point par point, de la théorie du code et l'identification des codons devait venir surtout de la biochimie, qui constitue, avec le type d'analyse génétique évoqué ici, ce qu'on est convenu d'appeler « biologie moléculaire ».

Les codons.

Analyser le code au niveau moléculaire revient en somme à reproduire *in vitro* une ou plusieurs étapes du déchiffrement effectué par la cellule, mais à l'aide de séquences de nucléotides synthétiques, dont la composition est connue de l'expérimentateur. Cette approche, développée systématiquement depuis 1961 par de nombreux auteurs, a inspiré une série de recherches dont beaucoup peuvent à bon droit figurer comme des exploits qui dépassent largement le cadre technique. Il serait cependant difficile dans les limites de cet exposé d'en fournir un compte-rendu qui fasse entièrement justice à l'ingéniosité et au soin apportés à ces études ; nous rappellerons ici l'essentiel de la méthodologie utilisée et, bien entendu, les résultats atteints.

Les outils, tout d'abord. Les biochimistes se sont essentiellement servi, tout comme les généticiens, de ce que la nature leur offrait. Nous venons de voir avec quel à propos le phénomène de recombinaison entre ADNs de bactériophages avait été utilisé pour établir une théorie générale du code. Le déchiffrement de celui-ci a mis en jeu les enzymes qui dans la cellule même manipulent les nucléotides et les séquences de nucléotides, et des méthodes de synthèse empruntées à la chimie organique.

NIRENBERG et MATTHEI, en 1961, firent le premier pas dans cette direction en utilisant un messager synthétique ne contenant que le ribonucléotide de l'uracile : le polyuridilate ou polyU. Ces chaînes de polyU peuvent être synthétisées enzymatiquement à l'aide de nucléotides diphosphates (diphosphouridine dans le cas présent) par la polynucléotide phosphorylase. Le polyU, incubé *in vitro* dans un extrait cellulaire contenant des ribosomes, des adaptateurs, les 20 acides aminés et les autres facteurs nécessaires à la synthèse des protéines provoque la formation de polyphénylalanine, chaîne polypeptidique composée uniquement de phénylalanine. Ceci établissait la composition d'un premier codon : UUU, qui devait donc « signifier » : phénylalanine.

Nous limitant aux étapes les plus déterminantes des nombreuses études amorcées par ce résultat, rappelons ici le principe d'une tentative de déchiffrement du code, particulièrement originale, appliquée par Nirenberg, ses collaborateurs et bien d'autres chercheurs au cours des années qui suivirent. Le travail a consisté à

1° Synthétiser les 64 triplets concevables ;

2° Avec chacun de ces trinuécléotides réaliser l'expérience suivante ; on incube ensemble, à basse température, des ribosomes,

LE DICTIONNAIRE GÉNÉTIQUE (CODONS)

		deuxième lettre				gène lettre	
première lettre	{	U	C	A	G		
		U	phenylalanine	sérine	tyrosine	cystéine	U
			id.	id.	id.	id.	C
			leucine	id.	non-sens	non-sens	A
			id.	id.	non-sens	tryptophane	G
		C	id.	proline	histidine	arginine	U
			id.	id.	id.	id.	C
			id.	id.	glutamine	id.	A
			id.	id.	id.	id.	G
		A	isoleucine	thréonine	asparagine	sérine	U
			id.	id.	id.	id.	C
			id.	id.	lysine	arginine	A
			methionine	id.	id.	id.	G
		G	valine	alanine	aspartate	glycine	U
			id.	id.	id.	id.	C
			id.	id.	glutamate	id.	A
			id.	id.	id.	id.	G

les adaptateurs préalablement chargés de leurs acides aminés respectifs et un échantillon de l'un des 64 triplets. On s'attend à ce que seul un adaptateur qui correspond au triplet choisi forme avec ce dernier et un ribosome un complexe relativement stable dans les conditions de l'expérience ; à l'aide d'isotopes radioactifs judicieusement distribués dans les acides aminés fixés à leurs adaptateurs, il est alors possible après filtration du mélange de savoir quel adaptateur a été fixé et, par conséquent, d'établir la relation acide aminé-triplet. Ces expériences ont permis de faire des progrès considérables dans la connaissance du code, infirmant ou confirmant bon nombre d'hypothèses suggérées par des travaux antérieurs inspirés par les premières recherches de Nirenberg et Matthei. Leur apport principal consiste dans la connaissance de l'ordre des nucléotides qui composent les triplets ; ils ne permettent cependant pas d'aboutir à une certitude absolue sur le sens suivant lequel un polynucléotide est lu dans la cellule ; la chaîne est elle déchiffrée dans le sens 3'-5' ou 5'-3' ? Autrement dit, un triplet 5'XYZ3' doit il être énoncé XYZ ou ZYX ?

Avant de répondre à cette question, indiquons le principe d'une 3^e approche, la plus élaborée de toutes, mise au point et appliquée par Khorana et ses collaborateurs. Illustrons la par un exemple. Les auteurs synthétisent les décadésoxynuécléotides TCTCTCTCTC et AGAGAGAGAG ; dans un mélange de ces 2 substances, incubé

en présence des 4 désoxynucléotides (T, C, A et G) et de la DNA polymérase, se forment de très longues hélices doubles du type :

... TCTCTCTCTCTCTC...
... AGAGAGAGAGAGAG...

Ces ADN synthétiques sont alors « copiés » in vitro par l'ARN polymérase ; en présence d'U et de C l'extrait cellulaire fera la chaîne de ribonucléotides UCUCUCU... ; en présence d'A et de G elle fera ... AGAGAGA... La chaîne UCUCUCU incubée à son tour en présence de ribosomes, d'adapteurs et des 20 acides aminés provoque la formation d'une chaîne polypeptidique où la sérine et la leucine alternent régulièrement. Le lecteur verra facilement qu'un tel résultat, sans réellement aboutir au déchiffrement des codons leucine et sérine, n'est compatible qu'avec un code formé de triplets. Un code formé de doublets ou de groupes de 4 bases aurait fourni des chaînes sérine-sérine-sérine ou leucine-leucine-leucine etc... D'autres expériences du même type, utilisant des chaînes où une séquence de 4 nucléotides se répète régulièrement, ont permis de démontrer que les triplets du code ne se chevauchent pas.

A la question concernant la polarité de lecture des messagers (3'-5' ou 5'-3') on sait aujourd'hui qu'il faut répondre 5'-3'. En effet, un polynucléotide de quelque longueur, de formule 5'AAAAA-AAAA...AAC3', forme une chaîne peptidique lysine-lysine-lysine... lysine-asparagine ; or, fait significatif, c'est le groupement COOH de la lysine terminale qui est engagé dans le premier lien peptidique lysine-lysine et non l'NH₂, qui reste libre ; du côté de l'asparagine c'est le groupe COOH qui est libre et l'NH₂ qui se lie à la lysine précédente ; comme l'on savait depuis 1961 par les travaux de Dintzis que la formation des chaînes polypeptidiques — en l'occurrence celles de l'hémoglobine — progresse dans le sens H₂Nlibre → ----- COOH libre, on pouvait conclure à une polarité de lecture 5'-3'.

L'aboutissement de ces recherches fut l'établissement du dictionnaire génétique représenté ci-contre. Ce tableau ne livre que les codons ; nous verrons plus loin ce qu'il faut penser des anti-codons et des difficultés imprévues que leur identification a soulevées. La première lettre (côté 5') est donnée par la colonne de gauche, la seconde par la rangée qui surmonte le tableau et la troisième est à chercher à droite à l'intérieur de chaque case.

Le dictionnaire génétique.

Quelque satisfaisante que soit la contemplation de ce tableau, une mise en garde s'impose. Ces résultats sont l'aboutissement de recherches in vitro ; il est donc essentiel de déterminer

1° Si ce dictionnaire est aussi celui que la cellule utilise in vivo ;

2° Si ces résultats, obtenus presque exclusivement à l'aide d'extraits de colibacille, sont valables pour d'autres organismes.

On peut actuellement répondre oui aux 2 questions. Parmi les arguments les plus déterminants nous insisterons particulièrement sur la composition de protéines produites in vivo par des gènes mutés. Une forte proportion de mutations spontanées ou provoquées par des agents mutagènes tels que l'acide nitreux, consistent en substitutions d'une base par l'autre, événement le plus simple et le plus probable, en effet. On doit donc s'attendre à ce que les substitutions d'acides aminés subies chez divers mutants par une protéine bien connue, telle que la tryptophane synthétase d'*Escherichia coli*, apparaissent d'après le tableau ci-contre comme le résultat du remplacement d'une seule base par une autre. Il en est bien ainsi et ceci répond à la première question. Dans le même ordre d'idées, la séquence des acides aminés du lysozyme (protéine de bactériophage) produit par un virus chez lequel les acridines ont provoqué un retrait suivi, dans son voisinage, d'une addition de nucléotides dans le gène de structure de cette protéine, est parfaitement compatible avec le dictionnaire issu des recherches in vitro, si l'on convient que la polarité de lecture des ARN messagers est bien 5'-3'. Qu'un tel résultat soit le fruit du hasard est d'une improbabilité pratiquement inconcevable. Enfin, les substitutions encourues par l'hémoglobine humaine et la protéine du TMV (virus de la mosaïque du tabac) sont identiques à celles que l'on observe chez les protéines de bactéries et de bactériophages ; ceci répond à la deuxième question et, de par la dispersion des matériaux étudiés dans le monde vivant, suggère même que le code soit universel.

L'étude du code génétique est loin de s'achever avec la découverte de la correspondance qui, par l'intermédiaire des adaptateurs lie un codon bien déterminé à un acide aminé. L'identification des anticodons et, parmi les codons eux-mêmes de ceux qui jouent le rôle de ponctuation des messages génétiques constituent deux problèmes importants.

1° Les anticodons.

Le lecteur aura remarqué qu'un seul acide aminé peut être spécifié par plusieurs triplets ; suivant la terminologie cryptologique, le code est « dégénéré ». La complémentarité supposée entre codons et anticodons conduisait à imaginer qu'à chaque codon correspondait un seul anticodon mais au cours des années 1965 et 1966 on dut

se rendre à l'évidence illustrée ici par un exemple particulièrement démonstratif : une préparation extrêmement pure (donc réduite selon toute vraisemblance à une seule espèce moléculaire) d'un adaptateur spécifique de l'alanine « reconnaît » 3 codons ne différant, il est vrai, que par la dernière de leurs 3 lettres : GCU, GCC, GCA. A cette époque, la séquence complète des nucléotides qui constituent certains adaptateurs était connue, ainsi que la structure de ces derniers ; celle-ci rappelle, si l'on peut se permettre une analogie aussi grossière, celle d'un décapsulateur de bouteilles du modèle le plus courant ; la hampe est formée d'une chaîne bihélicoidale de ribonucléotides ; à la partie inférieure vient s'attacher l'acide aminé ; la partie supérieure forme une boucle où les deux chaînes de nucléotides qui forment la hampe ne sont pas entrelacées ; dans cette boucle ainsi dégagée on devrait s'attendre à trouver l'anticodon. En ce qui concerne l'adaptateur spécifique de l'alanine on y trouve, en effet, les nucléotides C et G (complémentaires aux deux premiers des 3 codons cités plus haut) suivis d'un troisième, le nucléotide de l'inosine, précurseur métabolique de l'adénine et de la guanine ; or l'inosine peut établir des ponts H suivant la configuration classique avec la cytosine, troisième nucléotide de l'un des codons considérés. Crick fit remarquer dans un article de 1966, déjà classique par sa rigueur et sa puissance de prévision, que l'inosine prise dans la chaîne de nucléotides pourrait aussi former des ponts H avec l'adénine ou l'uracile (lettres terminales des 2 autres codons) pourvu qu'elles subisse au niveau de la liaison base-pentose un léger déplacement par rapport à la disposition que l'on rencontre dans une double hélice d'ADN ; si l'on compare les appariements A-U (type classique) et A-I, figurés ci-dessous, on se rend compte, en effet, que la paire A-I, formée de deux purines, est plus large que les paires purine-pyrimidine habituelles (A-T, A-U, G-C). Compte tenu des distorsions concevables, Crick fit alors l'inventaire de toutes les paires possibles entre A, U, G, C et I (la thymine n'est pas en cause puisqu'il s'agit ici d'ARN). Il fit cet examen non seulement du point de vue purement chimique mais aussi en considérant les appariements qui introduiraient dans le code une ambiguïté fâcheuse si la nature les utilisait. Le résultat de cet examen théorique de la question fut le tableau ci-dessous qui présente les prédictions de ce que Crick lui-même appelle la « wobble » theory (nous avons traduit wobble par déplacement ou distorsion ; il serait encore plus exact de dire ballottage). L'exemple de l'adaptateur de l'alanine, suivi rapidement de quelques autres, suggérerait que ce ballottage ne se produisit qu'au niveau de la troisième base d'un codon, l'appariement des deux pre-

mières étant fermé. La théorie prédit par conséquent que les codons d'un même acide aminé qui diffèrent par le premier ou le deuxième nucléotide mettent en jeu des adaptateurs différents ; la latitude conçue dans le cadre de la wobble theory serait strictement limitée au troisième nucléotide du codon.

L'audace et l'ampleur de cette théorie sont aussi remarquables que son exactitude, aujourd'hui établie. C'aurait été beaucoup déjà, par une théorie approximative, de stimuler la recherche ; c'est une rare leçon de méthodologie scientifique de voir à quel point un cerveau qui s'arme de logique pure peut devancer l'expérience.

Le code génétique, limité aux codons, paraît universel ou du moins très répandu. Il serait étonnant, a priori, qu'il en soit de même pour les anticodons puisque l'U ou la C, par exemple, peuvent s'apparier aussi bien avec I qu'avec G. De fait, on constate d'un organisme à l'autre une certaine variation dans la composition des anticodons ; la levure, par exemple, fait un plus grand usage de l'I que le colibacille.

ANTICODON	CODON
U	A G
C	G
A	U
G	U C
I	U C A

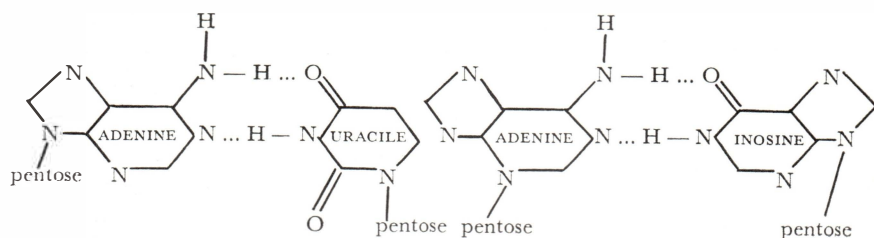


FIG. 2. — Paires A-U et A-I

2° Les ponctuations.

Toute émission de messages utilise un système de ponctuations. Celles qu'a priori l'on peut s'attendre à rencontrer dans le code génétique sont de deux natures : ponctuations de transcription, qui déterminent le déclenchement et l'arrêt de la synthèse des messagers, et ponctuations de traduction, qui déterminent le déclenchement et l'arrêt de la lecture des messagers (ou d'une portion de messenger). Au sujet des ponctuations de transcription on ignore pratiquement tout ; nous sommes mieux renseignés en ce qui concerne la traduction. Les premiers renseignements que l'on ait obtenus concernent les ponctuations de fin de traduction, celles qui arrêtent la synthèse d'une chaîne polypeptidique. Le lecteur pourrait se demander pourquoi de telles ponctuations sont nécessaires alors qu'en principe il suffirait de lire un messenger jusqu'au bout sans qu'il soit nécessaire d'en indiquer la fin par un signe particulier. En réalité, la nécessité de tels signaux apparaît si l'on se rappelle que les êtres vivants — surtout les bactéries semble-t-il — synthétisent un certain nombre de messagers qui rassemblent sur une seule chaîne de nucléotides l'information contenue dans plusieurs gènes adjacents. Ces groupes de gènes dont l'expression est ainsi coordonnée ont reçu le nom d'opérons. Un messenger polygénique synthétise donc plusieurs protéines ; le mécanisme de lecture doit donc rencontrer à la fin de chaque traduction de gène une ponctuation qui permette d'individualiser les différentes protéines produites par un messenger de ce type.

Le lecteur aura remarqué dans le tableau du dictionnaire 3 codons qualifiés de « non-sens » : UAG, UAA et UGA. On sait à présent, par l'étude de certains mutants et par des expériences in vitro que ces triplets ne correspondent à aucun acide aminé et sont capables d'arrêter la progression d'une chaîne polypeptidique, jouant le rôle d'un signal « stop ». On ne sait lequel de ces codons (ou combien d'entre eux) sont réellement utilisés in vivo ; des arguments indirects font penser que UAA soit le candidat le plus probable.

Quant aux ponctuations — ou plutôt aux signaux — qui indiquent le point de départ de la traduction d'un message, celles que nous connaissons se présentent sous forme de triplets (2 au moins : AUG et GUG) qui, lorsqu'ils opèrent à l'intérieur de la portion de messenger qui correspond à un gène, déterminent respectivement l'insertion de la méthionine et de la valine. Dans leur rôle de signal de départ, placés en début de message, l'un et l'autre codent pour la N-formylméthionine, substance dont l'intervention dans les synthèses protéiques n'est que

transitoire ; avant la formation de la protéine complète le groupement formyl ou la N-formyl-méthionine toute entière sont éliminés. Il reste à déterminer le mécanisme par lequel ces codons changent de signification suivant leur position sur le messager (la clef se trouve probablement dans la structure du ribosome) et le degré de généralité de ce mécanisme, observé jusqu'à présent chez les bactéries. Nous avons considéré implicitement tout à l'heure que n'importe quel codon peut être, *in vitro*, le point de départ d'une chaîne polypeptidique ; ceci reste vrai mais avec un rendement beaucoup plus faible que par le mécanisme que nous venons d'évoquer.

CONCLUSIONS.

Le bilan de ce qui est acquis dans le domaine des recherches consacrées au code génétique est facile à dresser ; il peut se résumer au tableau des 64 codons, « sens » et « non-sens », que vient compléter celui des anticodons, dans la composition desquels une certaine variation se manifeste, dont la « wobble » theory nous donne la clef en termes de structures chimiques. Existe-t-il des anticodons qui correspondent aux 3 codons non-sens ? Nous n'en savons rien. Un second niveau auquel la variation est théoriquement possible est le code, encore non déchiffré, qui détermine la rencontre des adaptateurs et des enzymes qui chargent chacun de ces derniers de l'acide aminé approprié ; on sait très peu de choses à ce sujet. Est-ce à dire que le tableau des 64 codons constitue la seule partie réellement universelle du langage génétique ? A-t-il au contraire donné naissance à plusieurs « dialectes » ou encore le dictionnaire génétique de certains organismes est-il aussi différent de celui que nous connaissons que le finnois l'est du français ? Non seulement nous manquons du moindre indice au sujet d'une éventuelle variation, mais encore sommes nous bien incapables d'avancer *a priori* les raisons pour lesquelles elle pourrait exister : nous ignorons en effet s'il existe une cause profonde, d'ordre structural, qui lie tel acide aminé à tel codon plutôt que tel autre ; le problème de l'universalité du code génétique est indissolublement lié à celui de sa structure. A cet égard, il serait du plus haut intérêt d'étudier le code utilisé par des organismes tels que *Desulfovibrio desulfuricans* et les photosynthétiques adaptés à l' H_2S , bactéries vivant dans des conditions véritablement sataniques qui pourraient ressembler à celles qui ont régné aux origines de la vie sur terre. Si des codes différents ont pu s'établir, c'est sans doute chez ces organismes que la découverte d'un éventuel « fossile vivant » est la plus probable. Il serait non moins intéressant de voir si

des organismes extraterrestres, comme il en existe probablement sur Mars, quel que soit leur degré d'organisation, utilisent un code identique ou voisin du nôtre. On saisit du même coup l'importance de la stérilisation des appareils de recherche interplanétaires. Serions-nous condamnés, pour des motifs stratégiques ou de prestige, à redécouvrir le code génétique d'un quelconque bacille terrestre dont nous aurions préalablement infecté une planète étrangère ? Puissent les biologistes convaincre les militaires et paramilitaires engagés dans cette aventure, avant qu'il ne soit trop tard. Déjà certains considèrent comme probable la souillure de Vénus par sa récente prise de contact avec l'un de nos projectiles. Le problème des réserves naturelles est décidément plus vaste qu'on serait parfois tenté de le croire, puisque même la biologie moléculaire nous y conduit.

Il est temps de mettre un point final à ce survol de 15 années de recherches. Pour les lecteurs qui le trouveraient par trop superficiel, nous ne pouvons faire mieux que citer ici quelques références de la revue *Scientific American*, qui présente la caractéristique appréciable de publier régulièrement des articles de synthèse plus approfondis que ceux des ouvrages de vulgarisation scientifique et cependant écrits pour des praticiens de disciplines très diverses. Les articles principaux sont les suivants :

- Octobre 1962 : The genetic code, F. H. C. Crick.
 - Mars 1963 : The genetic code, M. W. Nirenberg.
 - Octobre 1964 : The genetic code of a virus, H. Fraenkel-Conrat.
 - Février 1966 : The nucleotide sequence of a nucleic acid (S-RNA), R. H. Holley.
 - Avril 1966 : Antibiotics and the genetic code, L. Gorini.
 - Octobre 1966 : The genetic code, F. H. C. Crick.
 - Mai 1967 : Gene structure and protein structure, C. Yanofsky.
-

Eosphargis gigas (OWEN, 1861)

A propos d'une tortue géante récemment exposée dans les salles de l'I.R.Sc.N.B.

par A. QUINTART

Premier Assistant à l'I.R.Sc.N.B., Service Éducatif

et F. PLISNIER-LADAME

Assistante à l'I.R.Sc.N.B., Section des Vertébrés fossiles

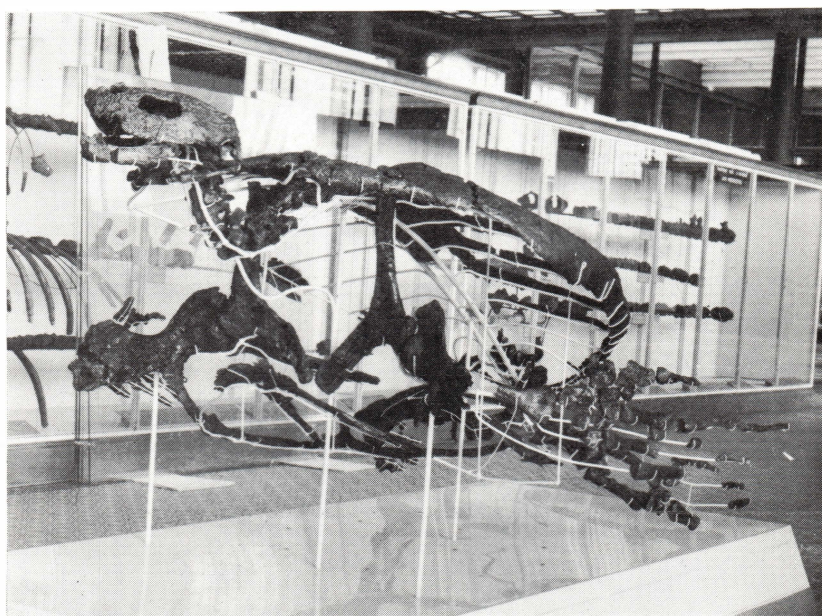


FIG. 1. — La tortue de QUENAST, *Eosphargis gigas*, montée dans la Salle des Vertébrés fossiles de Belgique.

1. INTRODUCTION.

De nos jours, les tortues géantes croisent rarement au large des côtes de la Manche et de la Mer du Nord.

C'est pourquoi il faut signaler la pêche récente (1967) d'une tortue luth de grande taille, à douze milles de Granville (côtes normandes, près de la baie du Mont Saint-Michel).

Cette tortue de 380 kg mesurait 2 mètres de long sur 1 mètre de large.

La capture de ces tortues qui vivent normalement dans des eaux plus chaudes, reste un événement car, d'après F. M. BERGOUIGNIUX (1955), on n'en aurait capturé qu'une quarantaine d'individus de 1558 à 1955.

La température de l'eau semble bien être le facteur qui limite l'aire d'expansion de cette tortue. En effet, R. DUGUY (1968) vient de montrer que les tortues luth ont été observées près des côtes de la Charente maritime (La Rochelle) à des moments où la température de l'eau de surface dépassait 17° C.

Il faut féliciter les pêcheurs normands d'avoir ramené à terre leur étrange pêche et regretter qu'aucune Institution n'ait essayé de la maintenir en vie dans un grand aquarium.

La tortue luth, *Dermochelys (Sphargis) coriacea* LINNÉ, est représentée dans les collections de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique par un exemplaire de taille moyenne en provenance du Cap de Bonne Espérance.

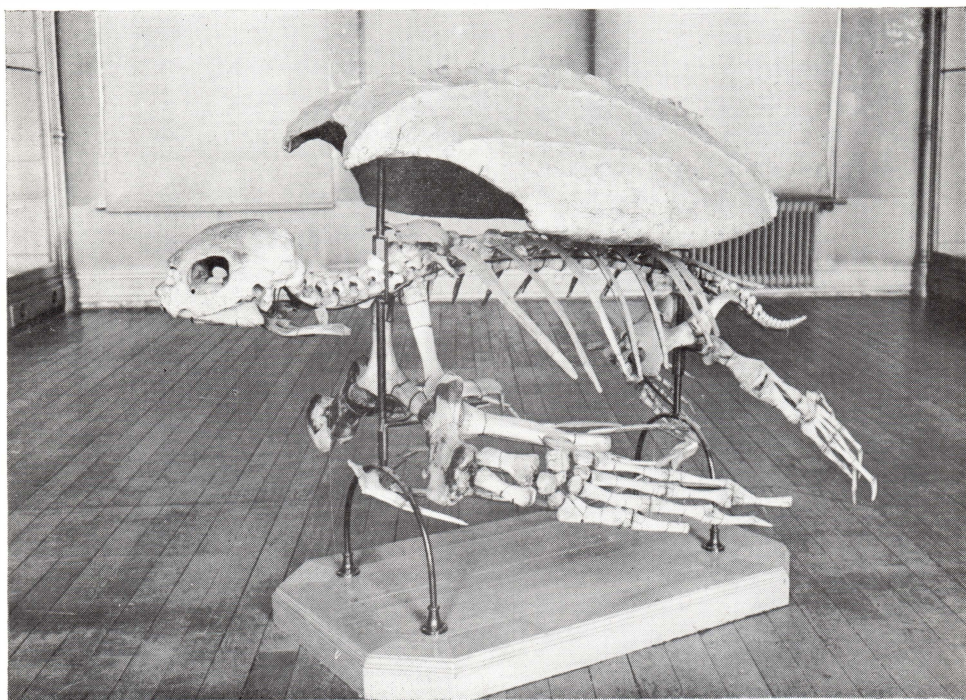


FIG. 2. — Une tortue luth de taille moyenne.

A des fins didactiques, la distance entre la carapace et la colonne vertébrale a été accrue lors du montage. (Voir explication dans le texte). (Collection I.R.Sc.N.B.).

Cette pièce, achetée par le Musée en 1884 (fig. 2), est exposée dans la salle des squelettes et moulages (Salle V) actuellement inaccessible au public (*).

Le caractère important de la tortue luth réside dans la possession d'une carapace tout-à-fait indépendante du squelette, alors que chez toutes les autres tortues actuelles, des éléments vertébraux et les côtes font partie de la carapace.

Sur l'exemplaire photographié, la distance entre la carapace et la colonne vertébrale a été accrue, lors du montage du squelette, pour montrer que la carapace n'avait aucun rapport avec les côtes et les vertèbres.

Il s'agit là d'un caractère tout-à-fait exceptionnel chez les tortues, phénomène tellement important que beaucoup d'auteurs (L. DOLLO, 1901, ..., F. M. BERGOUNIOUX, 1955) en avaient fait la caractéristique d'un des deux sous-ordres des Tortues : le sous-ordre des Athèques.

Cette carapace particulière est formée d'un tissu épais et rigide dans lequel est pris une mosaïque de très petites plaques osseuses d'origine dermique.

La consistance de l'ensemble rappelle le cuir d'où le nom de tortue cuir qui fut également donné à cette tortue.

Dans l'Antiquité, les Grecs l'avaient utilisée comme instrument de musique en tendant des cordes à l'intérieur de la carapace ; le terme « luth » rappelle cette utilisation originale.

Le ventre est protégé par un plastron constitué par les mêmes éléments que la carapace.

Cependant, il reste des traces de la carapace osseuse typique des tortues :

- 1) une plaque nuchale dans la région du cou qui, sans doute, a été conservée car c'est sur elle que s'insèrent les muscles permettant la rétraction de la tête ;
- 2) un plastron ventral réduit à un anneau et formé de plusieurs pièces.

Mais ce n'est point cette tortue que nous voulions vous présenter mais bien la nouvelle venue de la Salle des Vertébrés fossiles de Belgique, la tortue de Quenast qui a pour nom scientifique *Eosphargis gigas* (OWEN, 1861) (fig. 1).

(*) Cette galerie est malheureusement inaccessible aux personnes visitant individuellement le Musée et ce depuis plusieurs années. Les groupes peuvent la visiter en adressant une demande au Service Éducatif.

Cette salle est en cours de rénovation grâce à l'activité conjuguée du Dr. G. E. QUINET, chef de la Section des Vertébrés fossiles et du Dr. J. G. DE BROUWERE, chef des Services Scientifiques généraux.

Il nous est agréable de rendre hommage ici au soin avec lequel Messieurs J. DEKLEERMAEKER et L. NUYTS, préparateurs de la Section des Vertébrés fossiles, ont monté le squelette.

2. DÉCOUVERTE DE LA TORTUE DE QUENAST, *Eosphargis gigas*.

C'est en août 1906 que le Directeur des Carrières de Quenast, Monsieur A. HANKAR-URBAN, signale au Musée d'Histoire Naturelle, la découverte d'ossements importants.

Ceux-ci se révélèrent être les éléments du squelette presque complet d'une gigantesque tortue marine fossile.

Afin de connaître la place exacte de toutes les pièces, celles-ci ne furent pas dégagées de l'argile sur le terrain, mais tout l'ensemble, pièces fossiles et argile, fut entouré d'une gaine de plâtre et transporté dans les laboratoires de l'I.R.Sc.N.B. où se fit le dégagement des différents éléments.

Cette tortue constitue un des représentants les plus colossaux de l'ordre des Chéloniens (Tortues).

Sa longueur totale approximative serait de 2,65 mètres tandis que la largeur maximum de la carapace est de 1,33 mètre.

Déjà en 1907, L. DOLLO s'exprimait ainsi à son sujet : « montée, elle deviendra l'une des pièces capitales de la Salle des Vertébrés des Galeries Nationales du Musée de Bruxelles. Malheureusement, sa préparation — qui est délicate — a dû être interrompue, pour assurer la prochaine réouverture de nos Galeries comparatives, réclamée par l'opinion publique*. Je n'attends que son achèvement pour élaborer mon mémoire définitif ».

Hélas, il a fallu attendre 60 ans et l'initiative du Dr. G. E. QUINET, pour que cette gigantesque tortue sorte enfin de l'ombre et soit offerte à l'admiration du public.

Observons la, avant d'indiquer sa valeur systématique et son âge.

3. OBSERVATION DE LA TORTUE DE QUENAST.

a) La tête, fort bien conservée, a cependant été écrasée dans sa partie droite, d'où son aspect asymétrique. S'il n'y a qu'une seule narine externe, celle-ci est de grande taille. Sur les côtés du crâne, derrière les orbites, les régions temporales (fig. 3) ne possèdent pas d'ouvertures, de fenêtres dit-on, ce qui indique que les Tortues font

(*) Voir la note au bas de la page précédente.



FIG. 3. — Tête de la tortue de Quenast. On voit, à l'avant de la mâchoire inférieure, la gouttière où venaient s'encastrent les pièces cornées du bec.

L'appareil hyoïdien forme un espèce de collier incomplet autour du cou.

partie du groupe des Reptiles sans fenestration temporale, les Reptiles anapsides, groupe auquel appartiennent également les reptiles les plus anciens.

b) Les mâchoires des tortues ne portent pas de dents. Elles sont recouvertes de gaines cornées, l'ensemble de ces gaines formant généralement un bec. Aucun élément de ce bec corné ne s'est conservé mais l'on observe très bien dans chaque mâchoire la gouttière où venaient s'encastrent ces éléments cornés (fig. 3).

c) Un espèce de collier semble entourer le cou immédiatement sous le crâne. Il est formé de plusieurs pièces (fig. 3) : sous l'extrémité postérieure de chaque mâchoire, il y a un os allongé et très arqué ; ces deux os viennent s'articuler à l'avant à une pièce osseuse en forme de plancher. Cet ensemble constitue l'appareil hyoïdien.

Parmi les Vertébrés terrestres c'est chez les Tortues qu'il est le mieux ossifié. Chez les poissons, ces os soutiennent les corbeilles branchiales ; ils sont plus nombreux et ont une forme d'arcs ; on les appelle arcs viscéraux car ils font partie du squelette viscéral. Chez les tortues il ne reste plus que trois arcs viscéraux. Les portions ventrales des arcs hyoïdiens se soudent et forment une espèce de plancher, le corps de l'hyoïde.

Cet exemplaire fossile ne présente qu'une seule paire d'arcs post-hyoïdiens ; ce sont les longues baguettes osseuses qui longent chaque demi-mâchoire inférieure.

Le rôle ordinaire de l'appareil hyoïdien est de soutenir la langue, le larynx et la partie antérieure de la trachée.

d) Le cou est arqué. Cette position permet à l'animal de mettre la tête plus ou moins entièrement sous la protection de la carapace en cas de danger. Dans d'autres circonstances, ce cou pouvait être tendu.

Au cours du mouvement de rétraction de la tête, le cou se fléchit en S et, comme on peut le constater, le plan dans lequel s'inscrit cet S est vertical. Il s'agit d'une particularité qui caractérise tous les exemplaires du sous-ordre des Tortues Cryptodires.

e) Il ne faut pas comparer la carapace d'une tortue fossile à l'aspect extérieur des tortues actuelles. En effet, de leur vivant et quelque temps après leur mort, si les conditions de conservation sont bonnes, les tortues sont complètement recouvertes de pièces épidermiques cornées : les écussons. — Nous savons déjà que sur ce point la tortue luth fait exception.

C'est avec ces écussons que l'on confectionne les objets en écaille.

Chose curieuse, ces écussons n'ont ni la même taille ni la même forme que les pièces osseuses qui constituent la carapace proprement dite.

Puisqu'ils n'ont pas été fossilisés nous n'en parlerons plus.

Toutes les pièces qui se trouvent à la partie dorsale de l'animal font partie de la carapace osseuse qui malheureusement n'a pas été entièrement conservée ; cependant, il reste un grand nombre de plaques osseuses dont l'ensemble permet de se faire une bonne idée de ce qu'était la carapace complète.

L'essentiel est de remarquer que la carapace est entièrement soudée à la colonne vertébrale et, que les côtes se sont également étalées et font partie intégrante de certaines plaques osseuses.

A l'exception de la plaque antérieure, toutes les plaques de la carapace qui se trouvent dans l'axe de l'animal sont nettement différentes des autres (fig. 4).

Ce n'est pas étonnant puisque ces plaques sont les apophyses épineuses de la 2^e à la 9^e vertèbre dorsale.

A l'avant on observe une grande plaque, la plaque antérieure ou nuchale, sur laquelle s'inséraient les muscles du cou ; elle est d'origine dermique, comme toutes les autres plaques que nous allons examiner par la suite.

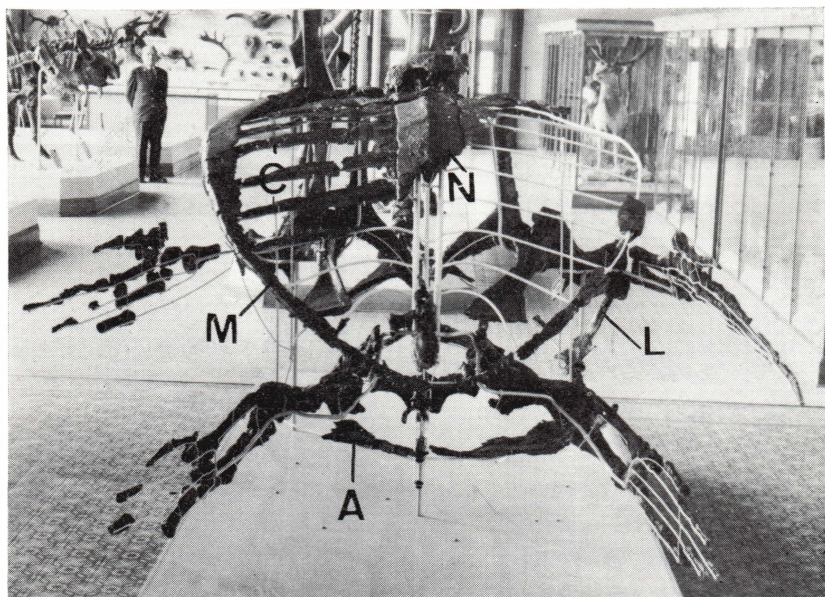


FIG. 4. — Vue postérieure de la tortue de Quenast.

●n distingue les plaques neurales (N), les plaques costales (C) séparées par des ouvertures et les plaques marginales (M) de la carapace, ainsi que l'anneau (A) du plastron ventral et ses processus latéraux (L).

La région des côtes est protégée par de grandes plaques costales. On peut voir sur les quelques plaques costales plus ou moins bien fossilisées de cet exemplaire que les côtes sont étroitement soudées à ces plaques osseuses costales.

En effet, on observe des espèces de rayons sur la partie médiane de ces plaques costales ; ces rayons seraient l'axe des côtes mieux fossilisées que le reste de la plaque.

Les espaces entre les plaques costales sont non seulement dus à une fossilisation incomplète des plaques, mais aussi à la présence de réelles ouvertures dans la carapace entre ces plaques.

D'autre part, l'épaisseur des plaques costales était réduite par rapport à ce qui se présente chez d'autres tortues.

Ces deux caractères, présence d'ouvertures et moindre épaisseur des plaques costales indiquent une adaptation à la vie marine ; ces animaux devant flotter facilement, un allègement de la carapace se serait produit.

Les plaques marginales sont plus nombreuses et sont ici mieux conservées que les précédentes. L'angle qui existe entre leur partie

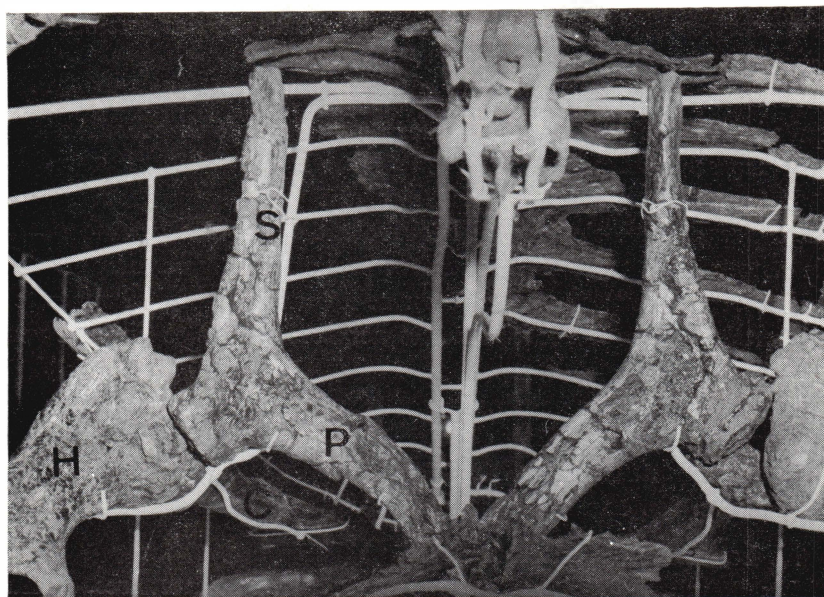


FIG. 5. — La ceinture pectorale et les humérus de la tortue de Quenast. S : scapulum, C : coracoïde, P : précoracoïde, H : humérus.

dorsale et leur partie latérale est de plus en plus aigu en allant de l'avant vers l'arrière.

f) Le plastron ventral, en réalité ventro-latéral est formé uniquement de plaques provenant de l'ossification du derme. C'est une chose étonnante de voir que des animaux dotés d'une protection externe osseuse soient dépourvus de sternum et de côtes ventrales.

Ici, comme chez beaucoup de tortues, le plastron ventral est réduit à un espèce d'anneau car la partie centrale et les parties latérales ne sont plus ossifiées. Cependant quatre baguettes osseuses partent de cet anneau en direction des flancs. Aucun élément des écussons épidermiques cornés n'a été conservé.

g) La ceinture pectorale.

C'est l'élément le plus spectaculaire de cette tortue. Si l'on se place devant l'exemplaire en question, on remarque que les ceintures sont enfermées dans la boîte osseuse que forme la carapace, la ceinture pectorale est donc à l'intérieur des côtes. Elles sont aisément visibles par suite de l'absence d'ossification dans la région ventro-latérale du plastron (fig. 5).

Dans la région antérieure de la cage thoracique on trouve de part

et d'autre de l'axe de symétrie deux espèces de V dont les branches très écartées sont épaisses ; ils ne se touchent que par une seule de leurs branches.

Avec les deux autres grandes pièces à grand axe antéro-postérieur qui viennent se souder à la pointe de chaque V, ils constituent la ceinture scapulaire.

La branche de chaque V qui se dirige vers la carapace dorsale, est un scapulum, c'est-à-dire l'équivalent de la plus grande partie de notre omoplate. Les deux autres branches de V se dirigent vers le bas et viennent se rejoindre au centre dans la région ventrale : ce sont les précoracoïdes ; enfin les dernières pièces se dirigent vers l'arrière, ce sont les coracoïdes.

Ceux-ci sont fortement aplatis et très développés. Ces deux os, précoracoïdes et coracoïdes, ne nous sont pas familiers car ils se sont réduits complètement lors du passage des Reptiles aux Mammifères. Par contre, remarquons l'absence de clavicule chez les Tortues.

h) Les membres antérieurs.

Les membres forment des espèces de palettes natatoires. L'humérus est très court et massif. Il ne peut se déplacer que dans un plan horizontal, vers l'avant ou vers l'arrière. L'avant-bras et la main ne forment qu'une seule rame natatoire, les doigts étant réunis dans une palette commune. La main ne peut se fléchir et les mouvements principaux des tortues marines se font donc au niveau du coude. Alors que l'humérus, le radius et le cubitus sont relativement courts, les tarses et les trois phalanges de chaque doigt sont très longs. On retrouve ici une adaptation commune à tous les Vertébrés tétrapodes retournés à la vie marine. C'est un bel exemple de convergence par adaptation à des conditions d'existence identique.

i) Ceinture pelvienne et membres postérieurs.

La forme globuleuse des tortues due à leur tronc court et large est bien mise en évidence par la proximité des pièces de la ceinture antérieure et celle de la ceinture postérieure.

La bassin est libre. Un des pubis est très bien conservé, il est extraordinairement large et grand. L'ilion se dirige vers la carapace dorsale tandis que les ischions se dirigent vers la région ventrale et s'y soudent l'un à l'autre.

j) Les membres postérieurs.

Ils forment des palettes natatoires comme les membres antérieurs.

Il faut remarquer que le fémur est beaucoup plus petit que l'humérus (membre antérieur). Cette particularité est une caractéristique des tortues marines (G. R. WIELAND, 1900).

4. POSITION SYSTÉMATIQUE DE LA TORTUE *Eosphargis gigas*.

Le fragment de squelette qui fut mis à jour le premier est un fémur très incomplet que R. OWEN dessina en 1849 sans pouvoir le déterminer.

Cette pièce avait été trouvée dans l'argile plastique de Londres à l'embouchure de la Tamise.

Par la suite, cette couche d'argile livra une partie de crâne que R. OWEN décrivit en 1861. Il considéra que ces deux pièces appartenaient à une espèce de tortue inconnue jusqu'ici à laquelle il donna le nom de *Chelone gigas* OWEN 1861.

Cet auteur put encore déterminer en 1880 un nouveau crâne et des fragments de squelettes trouvés également dans cette argile de Londres (London Clay).

Ces différentes pièces furent revues en 1889 par R. LYDEKKER ; chose intéressante, cet examen eut lieu en compagnie de deux Belges, G. A. BOULENGER qui fit carrière au British Museum et L. DOLLO, Conservateur au Musée d'Histoire naturelle de Belgique.

R. LYDEKKER (1889) publia les conclusions de cet examen : la tortue en question est différente des autres *Chelone*. C'est pourquoi, il créa le genre nouveau *Eosphargis* de telle sorte que la tortue s'appelle depuis lors, *Eosphargis gigas* (OWEN, 1861).

De plus, compte tenu de l'absence de vestiges de carapace osseuse et en se basant sur la présence de nombreux caractères communs avec *Dermochelys* (la tortue luth) R. LYDEKKER plaça le genre *Eosphargis* dans le sous-ordre des Athèques. Il faut rappeler que depuis E. D. COPE (1886) l'ordre des Tortues ou Chéloniens était divisé en deux sous-ordres : les Thécophores dont la carapace osseuse est étroitement soudée aux vertèbres et aux côtes et les Athèques chez lesquelles les pièces osseuses de la carapace n'ont pas de relation avec les vertèbres et les côtes. La tortue luth (*Dermochelys*) décrite dans l'introduction fait partie de ce sous-ordre des Athèques qui comporte très peu d'espèces et qui, d'ailleurs, n'est plus que rarement considéré comme un des sous-ordres des Tortues, comme nous allons le voir bientôt.

Les choses en étaient là, lorsque fut découverte en Belgique la tortue qui nous occupe (1906). Le squelette était beaucoup plus complet que tout ce que l'on possédait alors et une révision générale se révéla indispensable.

Eosphargis gigas possède une carapace soudée intimement avec les vertèbres et les côtes et cette carapace n'est que légèrement réduite (L. DOLLO, 1907).

L. DOLLO, (1907) considère que cette pièce deviendra « l'une des pièces capitales de la salle des Vertébrés fossiles de Belgique ».

De plus « elle fournira une contribution importante au problème de l'origine des Athèques ».

Malheureusement, L. DOLLO n'a jamais eu le temps de publier une étude détaillée de cette pièce et personne ne l'a encore fait jusqu'ici.

Les systématiciens modernes ont-ils confirmé cette prévision de L. DOLLO ?

On constate que la valeur du caractère « athèque » diminue et que cette diminution a entraîné le rejet de la division des Chéloniens en Thécophores et Athèques.

Actuellement l'ordre des Tortues est divisé en trois nouveaux sous-ordres : le sous-ordre des Amphichelydiens, le sous-ordre des Cryptodires dont nous avons vu la caractéristique principale — le pli du cou en un S situé dans un plan vertical — et le sous-ordre des Pleurodires dont le cou n'est pas rétractile mais se rabat sur les côtés du corps.

C'est ainsi que E. E. WILLIAMS (1950), A. Sh. ROMER (1956) et P. P. GRASSE (1965) placent toutes les tortues athèques dans une simple superfamille, celle des Dermochelyidea qui, à son tour, est introduite sans hésitation dans le nouveau sous-ordre des Cryptodires.

Les travaux les plus récents vont encore plus loin car R. ZANGERL et R. SLOAN (1960) considèrent que ce caractère ne mérite pas de définir une superfamille mais seulement une famille et ils nous livrent une classification des tortues dont nous retiendrons uniquement les éléments qui nous intéressent.

Ordre des Chéloniens.

Sous-ordre des Cryptodires.

Superfamille des Chelonioidea.

4 familles dont les Dermochelyidae.

Mais pourquoi porter tant d'intérêt aux Dermochelyidae, à ces anciens Athèques ?

L'étude détaillée que vient de publier E. NIELSEN (1959, 1963) d'*Eosphargis breineri* (E. NIELSIEN, 1959) trouvé au Danemark va nous l'expliquer.

Les *Eosphargis* sont bien des membres primitifs de la famille des Dermochelyidae. Il y a tellement de caractères communs entre *Eosphargis* et *Dermochelys*, la tortue luth, que l'on doit les considérer comme étroitement apparentés ; la présence d'une carapace encore

bien développée et soudée aux côtes et aux vertèbres étant la seule différence importante.

Entre *Eosphargis* et la tortue luth, il y a des millions d'années et il est probable que dans cette famille la vie marine a entraîné une réduction de la carapace.

C'était là une des idées fondamentales de L. DOLLO (1901).

D'ailleurs la carapace de *Eosphargis* montre déjà un début de réduction (les ouvertures et la moindre épaisseur). Pour cette raison et pour de nombreux autres caractères qu'il met en évidence, E. NIELSEN (1963) conclut que *Eosphargis* représente par certains caractères un stade intermédiaire entre les Chelonioidiens primitifs (espèces à caractère primitif de la superfamille des Chelonioidea) et la tortue luth actuelle (*Dermochelys*). On doit donc les classer dans la même famille, la famille des Dermochelyidae. Cependant, les différences qui existent, notamment, dans l'humérus et le bassin, ne permettent pas de considérer *Eosphargis* comme un ancêtre direct de la tortue luth.

La carapace particulière que l'on trouve chez la tortue luth et chez quelques tortues fossiles n'est plus qu'une adaptation à la vie marine et n'est pas un caractère qui oblige à séparer ces tortues des autres, ce que l'on faisait en les plaçant dans un sous-ordre à part, le sous-ordre des Athèques.

On peut en conclure que R. LYDEKKER (1889) avait raison en considérant l'étroite parenté qui existe entre *Eosphargis* et la tortue luth mais la chose était facile pour lui car il ne connaissait pas la carapace importante de *Eosphargis*.

D'autre part, L. DOLLO avait bien vu que *Eosphargis* « fournirait une contribution importante au problème de l'origine des Athèques » (L. DOLLO, 1907) c'est-à-dire de la famille des Dermochelyidae dans la conception actuelle et que les Athèques, c'est-à-dire les Dermochelyidae « sont des Thécophores marins extrêmement spécialisés » (L. DOLLO, 1903).

Il faut remarquer le rapport des longueurs de l'humérus et du fémur (tableau).

Comme G. R. WIELAND (1900) et L. DOLLO (1903) l'avaient indiqué et comme R. ZANGERL et R. E. SLOAN (1960) l'ont démontré le plus grand développement de l'humérus est dû à ce que « l'appareil de propulsion des tortues se trouve dans leurs membres antérieurs, les membres postérieurs ne jouant plus qu'un rôle subordonné de direction (L. DOLLO, 1903).

TAILLE DE *Eosphargis gigas* EN COMPARAISON AVEC D'AUTRES TORTUES DE LA MÊME FAMILLE

Les mesures de *Eosphargis gigas* sont prises sur l'exemplaire de l'I.R.Sc.N.B. Les mesures de *Eosphargis breineri* ont été publiées par E. NIELSEN (1963) et celles de *Dermochelys coriacea* par H. VÖLKER (1912).

LONGUEUR	<i>Eosphargis gigas</i>	<i>Eosphargis breineri</i>	<i>Dermochelys coriacea</i>
L. totale	265 cm (approximatif)	—	150 cm
L. tête	43,20 cm	23 cm	22 cm
L. carapace	189 cm	—	—
L. plaque nuchale	10,70 cm	—	14 cm
L. queue	(incomplète) 23 cm	—	—
L. humérus	49 cm	27 cm	27 cm
L. radius	27,50 cm	12,50 cm	11 cm
L. cubitus	20 cm	—	—
L. otopode (main)	70 cm	—	64 cm
L. fémur	29 cm	16 cm	15 cm
L. tibia	23 cm	12,50 cm	—
L. péroné	22 cm	> 9 cm	10,50 cm
L. otopode (pied)	59 cm	—	—
LARGEUR			
l. tête	(calculée) 32 cm	—	—
l. carapace	133 cm	—	—
l. plaque nuchale	17,50 cm	—	21 cm
cou étendu	51 cm	—	31,5 cm
			L. 8 cervicales
cou rétracté	39 cm	—	—
distance entre plaque nuchale et crâne, le cou étant rétracté	9 cm	—	—

5. AGE GÉOLOGIQUE.

La tortue de Quenast a été trouvée dans une argile, l'argile plastique des Flandres, qui appartient à l'étage yprésien inférieur qui lui-même fait partie de l'Éocène c'est-à-dire du début de l'Ère Tertiaire.

Cette localisation donne à cette pièce une ancienneté approximative de 55 à 60 millions d'années.

A Quenast cette argile plastique s'est déposée sur le socle de roches éruptives au fond d'une mer, la mer yprésienne, qui recouvrait une grande partie de la Belgique il y a 60 000 000 d'années (fig. 6).

Afin de pouvoir exploiter les roches éruptives (microdiorite),

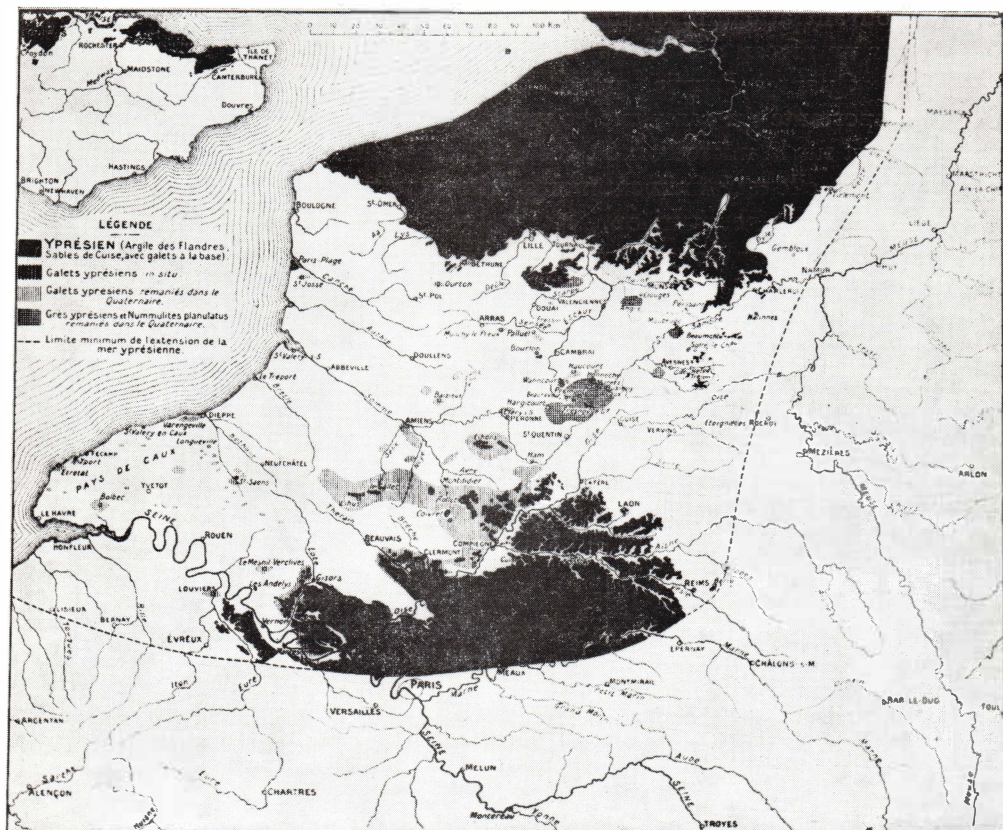


FIG. 6. — Extension de l'Yprésien marin dans le bassin franco-belge. (D'après M. LERICHE, 1937).

pour en faire, notamment, les fameux pavés de Quenast, on est obligé d'enlever la couche d'argile qui les recouvre ce qui a valu la découverte de la tortue qui nous occupe, d'un serpent (M. LERICHE, 1926) et de plusieurs poissons qui ont fait l'objet d'une révision par E. CASIER en 1946.

Le terme « Argile plastique » a été introduit en 1810 : « toute la surface de la craie est recouverte d'une couche d'argile, nous l'appellerons « plastique » car elle prend et conserve aisément les formes qu'on lui imprègne, est onctueuse et tenace ».

Quant à E. CASIER (1946) il caractérise la stratigraphie de Quenast de la façon suivante : « A la partie supérieure de carrière de microdiorite (*), l'Yprésien est représenté par une couche d'argile

(*) La microdiorite est une roche éruptive.

pouvant atteindre quinze mètres de puissance et reposant parfois sur un niveau de base plus ou moins graveleux.

« Quant à l'argile, qui constitue la partie de beaucoup la plus importante du complexe et repose en beaucoup d'endroits directement sur la microdiorite dont elle remplit les anfractuosités superficielles, elle est infiniment moins riche en restes de Poissons et la faune en est très peu variée ».

Ce qui est étonnant c'est qu'une autre formation un rien plus récente, l'argile de Londres (London Clay) est au contraire très riche en fossiles de nombreuses espèces et c'est, d'ailleurs, dans cette formation que l'on a trouvé les premiers fragments d'*Eosphargis* ainsi que nous l'avons déjà dit.

Cependant malgré sa relative pauvreté en fossile, le gisement de Quenast nous a livré une tortue fossile de très grande valeur.

BIBLIOGRAPHIE

- BERGOUIGNIUX, F. M., 1955. *Chelonia*, in *La sortie des eaux. Naissance de la Tétrapodie. L'exubérance de la vie végétative. La conquête de l'air. Amphibiens - Reptiles - Oiseaux*. Tome V du Traité de Paléontologie, J. Piveteau, Paris.
- CASIER, E., 1946. *La faune ichtyologique de l'Yprésien de la Belgique. Mémoire du Musée Royal d'Histoire Naturelle de Belgique*, n° 104, 267 pp.
- DOLLO, L., 1901. *Sur l'origine de la Tortue Luth. (Dermochelys coriacea)*. *Bull. de la Soc. Roy. des Sci. Médic. et Natur. de Bruxelles*, **59**, 17-39.
- DOLLO, L., 1903. *Sur l'évolution des Chéloniens marins (Considérations bionomiques et phylogéniques)*. *Bull. de la Classe des Sciences, Académie Royale de Belgique*, n° 8, 801-850.
- DOLLO, L., 1907. *Nouvelle note sur les Reptiles de l'Eocène inférieur de la Belgique et des régions voisines (Eosuchus lerichei et Eosphargis gigas)*. *Bull. de la Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrologie*, **21**, 81-86).
- DUGUY, R., 1968. *Note sur la fréquence de la Tortue Luth (Dermochelys coriacea L.) près des côtes de la Charente-Maritime*. *Annales de la Soc. des Sci. Nat. de la Charente-Maritime*, **4**, Fasc. 8.
- GRASSE, P. P., 1965. *Ordre des Chéloniens ou Tortues*, in *Zoologie II — Vertébrés*. GRASSE, P. P. et DEVILLERS, Ch., Coll. Précis de Sciences biologiques, Masson, 745-753).
- GULINCK, M. et HACQUAERT, A., 1954. *Eocène*, in *Prodrome d'une description géologique de la Belgique*, P. FOURMARIER, 451-493.
- LERICHE, M., 1926. *Sur les vertébrés de l'Argile d'Ypres (Yprésien) et sur les « Palaeophis » de l'Éocène de la Belgique*. *Bull. de la Soc. belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie*, **36**, 13-24.
- LERICHE, M., 1937. *Compte rendu de la Session extraordinaire de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie et de la Société géologique de Belgique, tenue dans le Nord et l'Est de l'Ile-de-France*. *Bull. de la Soc. belge de Géologie*, **47**, 549-655.

- Lexique stratigraphique international, volume 1, Europe — fasc. 4a, VII, France, Belgique, Pays-Bas, Luxembourg ; Tertiaire. Centre National de la Recherche scientifique, Paris, 1957.
- LYDEKKER, R., 1889. *On remains of eocene and mesozoic Chelonia and a tooth of (?) Ornithopsis*. *Quart. Journ. of the Geol. Soc. of London*, **45**, 227-246.
- NIELSEN, E., 1959. *Eocene Turtles from Denmark*. Meddelelser fra Dansk Geologisk Forening, København, **14**, 96-114.
- NIELSEN, E., 1963. *On the Post-cranial skeleton of Eosphargis breineri* NIELSEN. Meddelelser fra Dansk Geologisk Forening. København, **15**, 281-313.
- OWEN, R., 1849. *Fossil Reptilia of the London Clay*. *Paleontographical Society*, London, Chelonia, Crocodilia & Ophidia.
- OWEN, R., 1880. *Monograph on the Fossil Reptilia of the London Clay*. *Chelone gigas*. *Palaeontographical Society*, London, **2**, 1-4.
- OWEN, R. et BELL, R., 1849. *Monograph on the Fossil Reptilia of the London Clay*. Part. I. *Chelonia*. *Palaeontographical Society*, London, 79 pp.
- ROMER, A. Sh., 1956. *Osteology of the Reptiles*. The University of Chicago Press, 772 pp.
- VÖLKER, H., 1913. *Ueber das Stamm-Gliedmassen und Hauptskelet von Dermochelys coriacea L.* *Zool. Jahrb. für Anat.* **33**, Part 3.
- WIELAND, G. R., 1900. *Observations on certain well-marked stages in the evolution of the Testudinate humerus*. *Am. Journal of Science*, **9**, 413-424.
- WILLIAMS, E. E., 1950. *Variation and selection in the cervical central articulation of living turtles*. *Bull. of the Amer. of Naturl. Hist.*, New York, **94**, 509-561.
- ZANGERL, R., 1960. *The vertebrate of the Selma formation of Alabama. Part V. An advanced Cheloniid sea Turtle*. *Fieldiana: Geology memoirs*. Chicago Natural History Museum, Chicago, **3**, n° 5 et 6, 281-312.
- ZANGERL, R. et SLOAN, R. E., 1960. *A New specimen of Dermatochelys lowi WILLISTON. A primitive Cheloniid Sea Turtle from the Cretaceous of South Dakota*. *Fieldiana, Geology*. Chicago Natural History Museum, Chicago, **14**, n° 2, 7-40.

Observations faites durant le séjour des Naturalistes Belges en Yougoslavie (juillet 1966)

par L. DELVOSALLE

La première partie du séjour a eu lieu à **Senj**, petite localité du littoral croate à 80 km au SE de Rjeka, géographiquement (mais non administrativement) en Dalmatie septentrionale, à hauteur de l'extrémité NW du Velebit, arc montagneux de 120 km de long, parallèle à la côte et faisant partie du vaste système des plissements dinariques. Ceux-ci débutent au NW, au contact des Alpes Juliennes, par les plissements du Karst, puis par ceux du Gorski Kotar, du Kapela, du Karst dit liburnique, ensuite du Velebit, puis de nombreuses chaînes jusqu'en Grèce septentrionale.

Le **Velebit**, anticlinal de calcaires crétacés, culmine à 1758 m d'altitude ; il est flanqué à l'E de plateaux karstiques (jurassiques ou triasiques) de 700 à 1100 m d'altitude tandis qu'à l'W il domine directement un littoral si récemment effondré que l'érosion n'a pas encore pu modeler le relief ; les différents « canaux » séparant les 2 ou 3 rangées parallèles d'îles sont peu profonds et un abaissement du niveau des eaux de 40 m seulement rattacherait la plupart des îles au continent.

LE CLIMAT

Tout comme la végétation, il est fort contrasté : tous deux ne peuvent être considérés à la latitude de Senj comme franchement méditerranéens que dans les îles (comme dans le S de la péninsule d'Istrie) ; sur la côte proprement dite ils ne deviennent méditerranéens que vers Zadar, soit 200 km plus au SE. Quelques chiffres sont assez significatifs : à Senj, la moyenne de janvier est 4° 9 : celle de juillet 24° 3 ; mais ces moyennes ne donnent pas une idée suffisante des variations brusques de température possibles en toutes saisons ; il est ainsi caractéristique de constater que la moyenne des minima de janvier est — 1° et le maximum absolu de 49° 3 ; il y a en moyenne 8 jours de neige par an. Ces variations sont en relation avec la fréquence et l'intensité des vents dont le plus important est la **bura** (bora, en italien) vent froid soufflant du N, spécialement lorsque la Mer Adriatique est parcourue par des dépressions cyclo-

niques. Soufflant parallèlement à la barrière montagneuse, rien ne l'arrête sur la côte et elle peut atteindre la vitesse de 200 km/h (chiffre extrême mais des vitesses de 100 km ne sont pas rares) ; elle souffle surtout en hiver et en automne : sur 108 jours de bura annuels, il y en a 37 pour les 3 mois d'hiver mais tout de même 5 en juillet. Par contre les versants W des îles sont relativement abrités et vers Split son influence s'atténue. D'autres vents interviennent encore : le scirocco, chaud et humide, du SW, et le jugo, chaud et sec du S ; plus des vents locaux et des brises de mer. Il tombe à Senj 1268 mm d'eau par an avec un maximum en automne mais tout de même 20 % du total en été ; seul juillet est relativement sec avec 52 mm de moyenne. Tout cela n'a donc rien de très méditerranéen et l'on ne s'étonnera pas de l'absence, dans la région de Senj, de l'Olivier et du Chêne vert. Ces pluies tombant en averses copieuses, sont très rapidement absorbées par un sol calcaire très fissuré et ne sont que de faible profit pour une végétation qui, au moins dans les altitudes inférieures à 400 m, présente un caractère xérophytique net.

En montagne la température moyenne baisse de 0° 8 par 100 m, ce qui est beaucoup à côté des Alpes (0° 5). La pluviosité atteint 3000 mm et la neige persiste sur les sommets jusqu'à fin juin ; là où sévissent les vents (surtout aux cols) la végétation se présente en coussinets et les hêtres qui dominent dans l'ensemble sont fort rabougris vers 800 m alors qu'ils forment de beaux peuplements dans des sites plus abrités vers 1000 m comme dans les gorges jusqu'à 250 m seulement d'altitude.

Le versant E du Velebit est très différent par son climat comme par sa végétation de type continental : Gospic, à 565 m d'altitude et à 30 km à vol d'oiseau de la côte, a — 3° 1 de moyenne en janvier et 20° 4 en juillet. Les pluies restent notables en quantité et surtout elles sont mieux réparties ; elles permettent un développement forestier optimum, du moins là où l'Homme n'a pas exagéré ses prélèvements.

Quant aux îles leurs températures minimales sont évidemment relevées par l'influence marine ; les pluies restent abondantes, par ex. à Cres 1041 mm avec une évaporation potentielle de 1006 mm, spécialement sur les versants W ; les versants E sont arrosés ; cependant les chiffres enregistrés ici n'expliquent pas l'extraordinaire désolation des côtes orientales des îles de Krk, de Rab et surtout de Pag réduites à des déserts pierreux absolument blancs. La bura y sévit intensément ; elle y projette assez loin des particules d'eau salée qui stérilisent ces pentes. Mais l'homme est le principal responsable de cette désolation : les Vénitiens ont détruit toute végétation arborescente

sur de vastes étendues ; une recolonisation n'a pu se produire qu'aux endroits où les conditions n'étaient pas trop défavorables (les versants W) mais les versants opposés n'offraient au départ que des conditions limites pour une végétation arborescente ; une fois coupée et le peu d'humus entraîné, ce milieu était définitivement perdu pour les arbres. Tout comme sur le continent voisin, l'élevage a longtemps sévi et accentué la dégradation. De nos jours il est en net déclin et une reconversion se constate en faveur de la vocation touristique de ces régions d'une part et de l'autre en faveur de plantations de conifères (Pin d'Alep dans les régions inférieures ; Pin noir dans celles plus élevées).

LA VÉGÉTATION :

Parmi les plantes les plus intéressantes vues, nous signalerons, en les groupant par étage de végétation :

A. Région inférieure (sur le continent de 0 à 300 m environ) :

L'étage de végétation le plus chaud n'est pas franchement méditerranéen ; on ne trouve donc pas d'Olivier, de Chêne vert, de Pin d'Alep, de Cistes, de Lentisque. Le seul arbre à feuilles persistantes est le Pistachier (*Pistacia terebinthus*) ; il est accompagné d'arbres et d'arbustes à feuilles caduques tels *Paliurus aculeatus* (l'Épine du Christ), le Charme oriental (*C. orientalis*), et un peu plus haut par l'Érable de Montpellier, le Charme Houblon (*Ostrya carpinifolia*) et l'Arbre à perruques (*Cotinus coggygria*). De vastes surfaces, spécialement là où les pentes sont douces, sont couvertes de cette formation (les environs de Crikvenica par exemple). On y note aussi *Juniperus oxycedrus*, *Asparagus acutiflorus*. Sur les versants dénudés des îles (Pag par exemple) subsistent seuls de cet étage *Juniperus oxycedrus* accompagné de *Euphorbia spinosa*. Les pentes plus raides sont généralement dépourvues d'arbres et d'arbustes ; là sont des éboulis calcaires, plus ou moins fixés, colonisés assez lâchement par des plantes de port ramassé, souvent ligneuses à la base et présentant diverses adaptations xérophytiques : feuilles coriaces, villosité marquée, réduction de la surface foliaire etc.

Au N de Senj on remarque surtout l'abondance d'une Sauge : *Salvia officinalis* ssp *minor* tandis qu'au S (par ex. vers Jablanac et Starigrad) ces éboulis sont colonisés par les curieuses touffes arrondies de *Drypis spinosa* ssp *Jacquiniana*, Caryophyllacée très épineuse (cas plutôt rare dans cette famille) de dispersion centre-est méditerranéenne ; sur les roches plus fixes elle est souvent remplacée par *Inula candida*, belle espèce très caractéristique par le tomentum blanc



FIG. 1. — *Drypis spinosa* subsp. *jacquiniana* vers Karlobag ; remarquer la disposition caractéristique de l'inflorescence.

et épais du feuillage ; c'est une espèce typiquement adriatique puisqu'on ne la trouve : 1° que sur la côte yougoslave depuis Jablanac au N jusqu'à Kotor au S (elle pénètre peu à l'intérieur) ; 2° du côté italien de l'Adriatique, uniquement dans le massif du Gargano. (Fig. 1-2).

Ces trois espèces caractéristiques sont d'ordinaire accompagnées d'un groupe d'espèces que l'on a l'habitude de qualifier de « karstiques » car elle abondent sur les plateaux du Karst d'Istrie et de Slovénie ; ce sont notamment : *Euphorbia fragifera* (les carpelles sont rouges et fortement verruqueux, ce qui les fait ressembler à de petites fraises), divers *Centaurea*, spécialement *C. rupestris* à fleurs jaunes et feuilles pennatilobées, *Centaurea alba* (= *C. splendens*) à bractées de l'involucre très blanches et scarieuses. Des Labiées en touffes serrées remplacent ici le Thym absent : *Satureia variegata* et *S. subspicata* (non encore fleuris). Dans les fentes des rochers, en début de floraison, se remarque une Campanule (*C. pyramidalis*) dont l'inflorescence finit par dépasser 1 m de long. Une autre Campanule saxicole mais acaule : *C. fenestrellata* (du groupe complexe de *C. garganica*) est déjà défleurie ; mais début juin elle est très spectaculaire par ses fleurs vio-



FIG. 2. — *Inula candida*, partie inférieure de la Paklenica.

lettres étroitement agglomérées comme en bouquets ; c'est là aussi une espèce « adriatique ». Parmi des espèces de dispersion plus large qui se rencontrent encore sur ces pentes on peut noter une Immortelle : *Helichrysum italicum* qui remplace *H. stoechas*, plus occidental, *Scrofularia laciniata*, un petit Genêt peu épineux : *Genista sylvestris*, des *Rhamnus* très prostrés : *R. intermedia*, *R. pumila*, quelques Graminées à caractère plutôt « steppique » : *Stipa aristella*, *Andropogon Gryllus* et *A. ischaemum* ou simplement xérophiles comme *Melica ciliata* ; enfin une Crucifère : *Alyssoides* (= *Vesicaria*) *sinuata*. Les annuelles ne sont pas très nombreuses : *Bupleurum baldense* ssp. *veronense* (= *B. aristatum*), *Polycnemum majus*, *Orlaya grandiflora*, *Delphinium paniculatum*. A proximité des quelques habitations apparaissent des espèces plutôt rudérales comme *Stachys italica*, un *Marrubium* très laineux : *M. candidissimum*, et divers Chardons : *Scolymus hispanicus*, *Centaurea calcitrapa*, *Cirsium* (= *Picnomon*) *acarna*.

Le passage dans la partie inférieure de la **Paklenica** (dans le parc national du même nom) montre une flore déjà plus méditerranéenne comme en témoignent trois Labiées : *Teucrium flavum*, *T. polium* et *Sideritis romana* ; d'autre part *Sedum ochroleucum* et *Crucianella angustifolia* ainsi que des Euphorbes (*E. myrsinites*). A noter dans les roches calcaires en surplomb une espèce endémique du NW de la Yougoslavie (elle n'existe qu'ici et dans les gorges voisines) : *Arenaria*

orbicularis. Ce genre de station convient d'ailleurs bien à des plantes extrêmement localisées, comme il s'en rencontre notamment dans les Alpes maritimes ou insubriennes. Une autre espèce, *Micromeria croatica*, poussant elle dans les fentes plus éclairées, est aussi particulière au NW de la Yougoslavie. La flore halophile est très réduite au niveau du littoral : on ne peut guère y signaler que *Statice cancellata* à tige particulièrement rameuse et *Catapodium loliaceum*, une petite Graminée.

Ceci nous amène à dire un mot de l'île de Rab où la flore est nettement plus méditerranéenne — et la végétation déjà trop avancée. Le Pin d'Alep domine ; (sur le continent il n'apparaît qu'au S. de Zadar) ; on rencontre aussi le Myrte et diverses espèces de culture.

B. Etage des collines de 300 à 800 m :

C'est essentiellement celui de la chênaie thermophile où se retrouvent l'Érable de Montpellier et l'Ostrya auxquels s'ajoutent un autre Érable, *Acer obtusatum* (très proche d'*A. italicum*, d'Europe SW), le Chêne pubescent et l'Orne (*Fraxinus ornus*) ; dans les ravins apparaît déjà le Hêtre et vers 600 m le Pin noir d'Autriche et parfois le Sapin annoncent l'étage suivant. Parmi les espèces herbacées de cet étage on note *Buphtalmum salicifolium* (il nous accompagnera par la suite à l'intérieur du pays), *Dorycnium germanicum*, *Seseli Gouani*, *Digitalis levigata* (qui remplace ici *D. lutea*, plus occidentale), *Cephalanthera rubra*, *Iberis carnosus* etc. (Fig. 3).

C. Etage montagnard de 800 à 1200 m :

Ici domine très nettement la hêtraie. *Fagus* peut se rencontrer plus haut (1650 m) ou plus bas mais c'est ici qu'il atteint son développement optimal. Nous avons pu observer au-dessus du col de Vratnik, vers 800-900 m, une belle hêtraie encore riche en espèces plutôt thermophiles : *Satureia grandiflora*, *Lamium orvala*, *Viburnum lantana* (f. *velebitica*), *Centaurea axillaris* v. *carniolica* (du groupe de *C. montana*). Mais déjà apparaissent les espèces typiques des hêtraies dinariques : *Cardamine chelidonia*, *Peltaria alliacea*, *Dentaria polyphylla*, *Festuca Sieberi* mêlées à d'autres se retrouvant dans la plupart des hêtraies : *Actaea spicata*, *Cyclamen europaeum*, *Lilium martagon*, *Dentaria bulbifera*, *Laser trilobum* et diverses espèces plus banales d'humus forestier doux. La strate arbustive de ces hêtraies est réduite : *Viburnum* et un Nerprun qui se rencontrera fréquemment par la suite dans les Alpes slovènes : *Rhamnus carniolica* (= *R. alpina* ssp. *fallax*). Une coupe récente montre un envahissement par des plantes herba-



FIG. 3. — Chênaie thermophile à *Acer monspessulanum* dominant, vers 500 m d'altitude au-dessus de Jablanac.

cées vigoureuses : *Pyrethrum macrophyllum*, *Scopolia carniolica*, Solanée spéciale aux régions dinariques, *Calystegia sylvatica* (voisine de notre *C. sepium* mais à fleurs plus grandes). Des rochers ombragés hébergent *Moehringia muscosa* et *Corydalis ochroleuca*. Quant aux pelouses voisines on y note deux Hellébores : *H. niger* qui est aussi très abondant dans les Alpes orientales et *H. multifidus*, plus spécial au Karst et aux chaînes dinariques ; ces pelouses renferment aussi *Gentiana utriculosa*, *Knautia illyrica*, *Verbascum lanatum*, *Geranium phaeum* et bien d'autres espèces encore ; un peu plus au S dans le Velebit, dans ces mêmes conditions, se rencontre aussi *Hedrianthus graminifolius*, d'un genre de Campanulacées voisin des *Phyteuma*, de répartition SE européenne.

D. et E. : **Étages supérieurs** du Velebit : comme ils n'ont pas été parcourus lors du séjour, nous serons très brefs à leur sujet :

D. ÉTAGE PRÉALPIN : de 1200 à 1500 m :

Les Conifères se substituent au Hêtre : il s'agit soit du Sapin soit du Pin noir d'Autriche, accompagnés de Genévriers : *Juniperus communis*, *nana*, *sabina*.

E. ÉTAGE SUBALPIN : de 1500 m au sommet :

Juniperus nana s'y associe avec le Pin mugho que nous retrouverons dans les Alpes slovènes.

L'étage alpin n'existe pas dans le Velebit.

LE KARST

ou Kras des Slovènes et des Croates, ou Carso des Italiens.

Il a été traversé rapidement à l'aller comme au retour et quelques observations ont été faites à Ferneti (frontière), Postojna et Senadole. Il ne faut pas s'imaginer le Karst comme un plateau calcaire à paysage lunaire ; certes des parties fort arides, quasi steppiques y existent (par exemple près de Senadole) mais le pays est très varié d'aspects : les plissements dinariques y ont formé plusieurs massifs allongés NW-SE qui atteignent 1600 m (le Nanos par exemple) ; il y a aussi des zones schisteuses. On peut sommairement distinguer deux Karst. L'inférieur (traversé près de Trieste et, en moins typique, à Senadole) est le plus aride, le plus riche en espèces méditerranéennes : *Euphorbia niceensis*, *Cytisus nigricans*, *Ferulago galbanifera*, grande Ombellifère caractéristique du paysage, *Trinia glauca*, *Plantago carinata*, *Bupleurum baldense* ; d'autres, subméditerranéennes : *Allium carinatum*, *Linum tenuifolium*, *Asparagus tenuifolius*, *Prunus mahaleb* ; d'autres plutôt steppiques : *Stipa pennata* (très abondante à Senadole mais déflurie), *Andropogon gryllus*, *Veronica spicata*, *Eryngium amethystinum* et surtout des espèces « dinariques-karstiques » : *Centaurea rupestris*, *Satureia subspicata*, *Athamantha Haynaldii*, *Medicago prostrata*, *Onobrychis arenaria* etc.

L'élément méditerranéen se renforce encore dans le S de l'Istrie où apparaît le Chêne vert et les Cistes (*C. monspeliensis*).

Par contre le Karst supérieur est bien plus humide et verdoyant ; les pelouses longtemps enneigées même vers 900 m ne sont guère différentes de celles des Alpes orientales et les forêts recouvrent encore de vastes étendues ; le Hêtre et le Sapin y dominent avec leur flore typique.

Dans la zone de transition, par exemple à Postojna, la forêt est plus thermophile et l'on y note, toujours sous *Fagus* et *Abies*, des arbustes comme *Staphylea pennata*, *Rhamnus fallax* et des espèces herbacées : *Lamium orvala*, *Geranium nodosum*, *Satureia grandiflora*, le Tamier et une curieuse Graminée « pontique » *Oryzopsis virescens*.

Le Karst « liburnique » :

Il est situé entre le Karst proprement dit et le Velebit ; un arrêt y a été effectué vers Breze (à hauteur de Novi Vinodolski sur la côte), entre 650 et 950 m d'altitude, c.-à-d. à la partie inférieure de la forêt de Hêtre-Sapin où se retrouvent bien des espèces caractéristiques déjà vues au dessus du col de Vratnik ; parmi celles qui n'avaient pas été vues au col de Vratnik (ce qui ne veut pas dire qu'elles n'existent pas au Velebit) on a surtout remarqué en bordure de la route une magnifique Composée : *Telekia speciosa*, de dispersion E-alpine-dinarique, *Danaea* (= *Physospermum*) *verticillata*, *Lilium bulbiferum*, *Vicia dumetorum*, *Melittis melissophyllum*, *Adenostyles glabra* et *Salix grandifolia*. L'aspect est donc sensiblement plus alpin qu'au Velebit. Quant aux pelouses situées vers 700 m on y retrouve *Ferulago galbanifera* en compagnie de *Filipendula hexapetala*, *Gentiana cruciata*, *Centaurea rupestris*, *Scorzonera villosa* et *Cytisus capitatus*.

A Veprinac, au dessus d'Opatja :

Un court arrêt vers 400 m dans une forêt relativement thermophile à Chêne pubescent et Chataignier a permis de récolter quelques espèces intéressantes dont *Epimedium alpinum*, Berbéridacée Est alpine, *Asarum europaeum*, *Lactuca quercina*, *Aristolochia pallida*, *Cerastium sylvaticum* et des espèces « océaniques » qui bénéficient du climat relativement humide qui y règne l'été : *Tamus*, *Ruscus*, *Primula acaulis*. Plus bas, vers 200 m, le Charme oriental est fort abondant.

BLAD ET LES ALPES SLOVENES

Ces Alpes sont peu élevées comparées aux autres : 2850 m au Triglav, point culminant d'ailleurs de la Yougoslavie, mais profondément découpées par les vallées elles présentent des dénivellations notables et des pentes particulièrement raides.

Leur climat relativement continental et, somme toute, peu méditerranéen se caractérise par une pluviosité importante, même en été et par la fréquence des inversions thermiques hivernales dans les vallées ; ainsi sont raréfiées les espèces subméditerranéennes que la latitude et l'altitude sembleraient devoir y admettre : rareté ou absence du Buis, du Chêne pubescent, de l'Amelanchier, du Fustet et de bien d'autres espèces fréquentes dans les Alpes du Dauphiné par exemple. L'orientation dinarique (NW-SE) des chaînes ajoute d'ailleurs une série de barrières aux espèces méridionales ; il n'y a guère que la vallée de la Soca (Isonzo des Italiens) à permettre une pénétration des méditerranéennes. Par contre, les espèces centre-E

européennes ou même pontiques ou sarmatiques ont pu s'y introduire sans difficulté. Certaines sont thermophiles mais supportent néanmoins des hivers rigoureux mais secs. Enfin les glaciations, tout en ayant modelé le relief (les lacs de Bled et de Bohinj et la topographie tourmentée de leurs environs) ont laissé de vastes espaces dégagés qui ont offert des refuges aux espèces tertiaires ; l'endémisme Est-alpin y est donc notable et nous aurons l'occasion plus loin de signaler quelques unes des espèces les plus remarquables rencontrées. Enfin il est intéressant de noter certaines espèces présentes aux deux extrémités des Alpes (par exemple d'une part au Dauphiné et de l'autre en Carinthie et Slovénie) et manquant dans les Alpes centrales (avec parfois quelques rares stations sur les derniers contreforts italiens des Alpes). On peut ici citer : *Horminum pyrenaicum*, *Scabiosa graminifolia*, *Cytisanthus radiatus*, *Petrocallis pyrenaica*, *Athamanta cretensis*, *Ranunculus seguieri* etc. Enfin nous signalerons aussi, par la suite, divers cas de vicariance.

Environs de Bled :

Le lac : le pH de l'eau est élevé mais la faible quantité de matières organiques expliquent la pauvreté de la flore : *Cladium mariscus*, *Phragmites*, *Nymphaea alba*, *Potamogeton perfoliatus* et *Scirpus lacustris* ; rien d'autre.

Par contre les bois et taillis des collines qui, entre 450 et 650 m, surplombent directement le lac, présentent des facies très variés suivant l'exposition.

A l'exposition S, par exemple sous le château, croit une chênaie thermophile à caractère pontique même ; sous le couvert du Chêne pubescent avec de nombreux arbustes : l'Orne (*Fraxinus ornus*), l'Ostrya, *Tilia cordata* et comme espèces herbacées : *Helleborus niger*, *Lithospermum officinale*, *Clematis recta*, *Carex alba*, *Melittis*, *Lathyrus niger*, *Symphytum tuberosum* etc. Dans les clairières, nombreuses sont les thermophiles : *Astragalus cicer*, *Brunella grandiflora*, *Cytisus capitatus*, *Filipendula vulgaris* (= *hexapetala*), *Gentiana cruciata*, *Allium carinatum* et *A. scorodoprasum*, *Thesium bavarum*, *Trifolium alpestre*, diverses Ombellifères : *Peucedanum cervaria* et *P. oreoselinum*, *Laserpitium latifolium* etc. ; sur les suintements apparaissent diverses espèces du Molinietum : *Cirsium pannonicum*, *Galium boreale*, *Parnassia*, *Tofieldia calyculata*, *Epipactis palustris*.

Par contre, à l'exposition N on trouve à cette même altitude (relativement basse compte tenu de la latitude) de belles hêtraies avec leurs caractéristiques : *Cyclamen europaeum*, *Viola mirabilis*, *Lunaria rediviva*, *Actea spicata*, *Dentaria digitata*, *Anemone trifolia*, *Rubus sa-*



FIG. 4. — *Hacquetia epipactis* dans une hêtraie à Bled vers 600 m d'altitude ;
genre monotypique d'Ombellifères.

xatilis, en compagnie d'espèces plus montagnardes : *Gentiana asclepiadea*, *Aruncus sylvestre*, le Lis martagon, *Melampyrum nemorosum* si curieux par ses bractées violettes, *Prenanthes purpurea*, *Veronica latifolia* (= *urticaefolia*). On y remarque aussi tout un lot d'espèces plutôt « orientales » : *Hacquetia epipactis*, curieuse Ombellifère voisine des *Sanicula*, *Aposeris foetida*, défleuri mais reconnaissable aisément à la découpe des feuilles, *Galium aristatum*, *Vicia dumetorum*, *Lamium orvala*.

Le mont Sija :

Immédiatement au S du lac de Bohinj, le plus grand des Alpes slovènes.

L'extrémité actuelle du téléphérique, à 1500 m, est située dans l'étage subalpin. Il est caractérisé dans toutes les Alpes orientales calcaires par la dominance du Pin Mugho, vicariant oriental du Pin à crochets des Pyrénées et des Alpes W ; haut de 2-3 m au maximum il frappe immédiatement l'attention par son port prostré et sa ramification dès la base ; parfois il se présente en peuplements purs, quasi infranchissables ; parfois il est accompagné de divers arbustes, surtout *Rhododendron hirsutum* qui manque lui aussi dans les Alpes occi-

dentales et *Rhodothamnus chamaecistus*, autre Éricacée, plus basse mais à fleurs plus grandes. *Rhodothamnus* n'existe que dans les Alpes orientales (Dolomites comprises) et en Sibérie. Comme autres arbustes ou plantes ligneuses, au moins à la base, relevons encore *Sorbus chamaespilus*, *Lonicera coerulea*, le Genévrier nain, *Senecio abrotanifolius* et des Saules rampants : *Salix myrsinites*, *S. nigricans*, *S. Waldsteiniana*. Les espèces herbacées sont variées : *Trollius*, *Saxifraga rotundifolia*, *Laserpitium peucedanoides*, *Homogyne discolor*, *Lycopodium selago*, *Veratrum album*, *Heracleum austriacum*, *Clematis* (= *Atragene*) *alpina*, *Astrantia bavarica*.

Un peu plus loin, la limite inférieure de l'étage alpin est atteinte vers 1650 m (exposition N) : pelouses à *Dryas*, *Pedicularis verticillata* et *P. rostro-spicata*, *Gentiana verna*, *Ranunculus hybridus*, *Pulsatilla alpina*, *Crepis aurea* (à fleurs orange vif), *Horminum pyrenaicum*, *Stachys Jacquinii*, *Leucorchis albida* ; les éboulis fixés hébergent *Valeriana saxatilis*, *Achillea clavennae*, *Heliosperma alpestre* (Caryophyllacée voisine des *Silene*, à graines couvertes de tubercules les rendant pareilles à de minuscules soleils) et *Veronica* (= *Paederota*) *lutea* (genre ou sous-genre très spécial aux Alpes SE). Près des dernières taches de neige se rencontre *Soldanella alpina*. Un petit lac est colonisé par une Linaigrette alpine très caractéristique : *Eriophorum Scheuchzeri* ; elle obtient beaucoup de succès auprès des photographes qui sont malheureusement gênés par des dépôts de déblais colonisés par *Rumex alpinus*, antipathique nitrophile. (Fig. 5).

Les Alpes de Kamnik :

A proximité de la frontière autrichienne :

L'itinéraire a traversé entre 700 et 900 m la partie moyenne et supérieure de la Hêtraie, accompagnée çà et là de quelques Sapins ; diverses espèces vues à Bled s'y retrouvent ; signalons en plus : *Homogyne sylvestris* (les Alpes E possèdent trois *Homogyne* contre 1 pour les Alpes W), *Cerastium sylvaticum*, *Euphorbia carniolica*, *Cardamine trifolia*, très caractéristique par la face inférieure pourpre des folioles (photosynthèse possible au printemps même plutôt froid avant la foliaison du Hêtre ?). Sur roches calcaires fort ombragées est récolté *Sedum hispanicum*, espèce centre européenne en dépit de son nom, avec *Silene Hayekiana*. Un peu plus haut ont été récoltés : *Laburnum alpinum*, *Thalictrum aquilegifolium*, *Nelamphyrum sylvaticum*.

Une vaste coupe permet à des espèces plus héliophiles de croître : *Galeopsis speciosa*, *Carduus glaucus*, *Cirsium erisithales* et sur rochers l'autre espèce de Véronique du sous-genre *Paederota* : *V. bonarota* spéciale elle aussi aux Alpes du SE.



FIG. 5. — *Eriophorum scheuchzeri*, linaigrette alpine caractéristique, au mont Sija, dans une petite pièce d'eau, à 1600 m d'altitude.

Le plateau de Pokljuka :

A 15 km au NW de Bled un vaste plateau situé entre 1100 et 1300 m d'altitude est recouvert d'une forêt quasi continue de Sapins et d'Épicéas ; mais on y trouve aussi des tourbières très intéressantes dont la présence sur un sol calcaire étonne (les dolines y sont parfois visibles) ; le développement d'une flore franchement acidophile s'explique sans doute par la rigueur du climat hivernal et la longue influence des glaciations (localement). Certaines de ces tourbières sont bombées ; elles sont le refuge de nombreuses espèces boréales dont plus d'une doit se trouver ici à sa limite S de dispersion. Ces tourbières bombées sont colonisées comme dans toutes les Alpes E par le Pin Mugho (le même qui colonise les éboulis calcaires !) ; les Pins laissent entre le centre et les bords une partie plus déprimée à Sphaignes et à 2 Linaigrettes caractéristiques : *Eriophorum vaginatum* et la beaucoup plus grêle (et plus rare) *E. alpinum* (Fig. 6) ; comme sphagnicoles on y trouve des espèces qui nous sont familières : *Drosera rotundifolia*, *Oxycoccus*, *Andromeda polifolia*, *Juncus filiformis*, *Rhynchospora alba* ; seules les atlantiques (*Erica*) manquent. Les *Carex* abondent :



FIG. 6. — *Eriophorum alpinum*, linaigrette boréo-alpine au plateau de Pokljuka, vers 1200 m d'altitude, dans les parties les plus basses d'une tourbière à Spaignes colonisée dans sa partie plus élevée (à l'arrière plan) par le Pin Mugho.

C. pauciflora, *C. limosa*, *C. Davalliana*, *C. stellulata*, *C. rostrata*, *C. Hostiana* etc. Enfin sur les parties les plus sèches apparaissent les espèces de landes : *Arnica*, *Antennaria*, les 3 *Vaccinium*. Un 2^e type de tourbière moins acide et non bombée se rencontre aussi ; ici c'est le Pin sylvestre qui les habite ; il est de faible vitalité et envahi de Lichens ; on passe ainsi à la prairie tourbeuse riche en Orchidées : *Orchis maculata*, *O. incarnata* et une forme curieuse (de *O. Traunsteineri* ?) avec *Valeriana dioica*, *Scirpus compressus*, *Willemetia stipitata*, voisine des *Crepis*, de dispersion alpine-orientale.

Dans les forêts de Sapins voisines on note les caractéristiques *Luzula luzulina* (= *flavescens*), d'immenses tapis de Lycopodes (*annotinum* et *clavatum*), deux petites Orchidées très abondantes : *Listera cordata* et *Corallorhiza*, quatre espèces de Pyroles (*minor*, *rotundifolia*, *secunda* et *uniflora* (= *Moneses u.*)) et dans les tapis de mousses *Ptilium crista-castrensis*. Signalons encore un peu plus loin *Equisetum sylvaticum*, *Gentiana asclepiadea* et *Anemone trifolia*.



FIG. 7. — Le col de Vrsic, à 1600 m d'altitude, dans les Alpes slovènes : colonisation des éboulis calcaires par le Pin Mugho, caractéristique des Alpes orientales.

Le col de Vrsic :

A 1600 m, dans les Alpes Juliennes il fait communiquer la vallée de la Soca et de la Save creusées dans les calcaires triasiques souvent friables et donnant d'immenses coulées d'éboulis contrastant avec les falaises plus résistantes et très abruptes ; le paysage fait songer aux Dolomites. L'itinéraire a parcouru, entre 1600 et 2000 m d'altitude tantôt la crête, tantôt le versant SW du col vers le Prisjonik ; la flore y est extrêmement riche.

L'étagesubalpins'arrête ici vers 1650 m, ce qui est relativement bas ; on retrouve à ce niveau de nombreuses espèces déjà vues au mont Sija (*Rhododendron hirsutum*, *Rhodothamnus*, *Sorbus chamaemespilus*) avec les derniers buissons d'*Alnus viridis* et *Daphne striata*. *Helleborus niger* (déjà vu à Bled, 1200 m plus bas) ; les éboulis sont colonisés jusque vers 1650 m par *Pinus mugho* et plus haut par *Thaspi rotundifolia* et *Linaria alpina* accompagnées de 2 espèces plus spécialement dolomiticoles : *Aquilegia einseleana* et *A. nigricans* ; sur les pentes moins fortes à pelouses rases, on note une minuscule Orchidée alpine : *Chamaeorchis alpina* avec *Dryas*, abondance d'Edelweiss, *Paradisialia liliastrium* et d'autres Orchidées encore : *Gymnadenia odoratissima* et *Nigritella nigra* ; des Pédiculaires (*P. rostro-capitata*, *P. elongata*, *P. rosea*), des Fétuques (*F. pumila*, *F. laxa*) et le caractéristique *Carex firma* des pe-

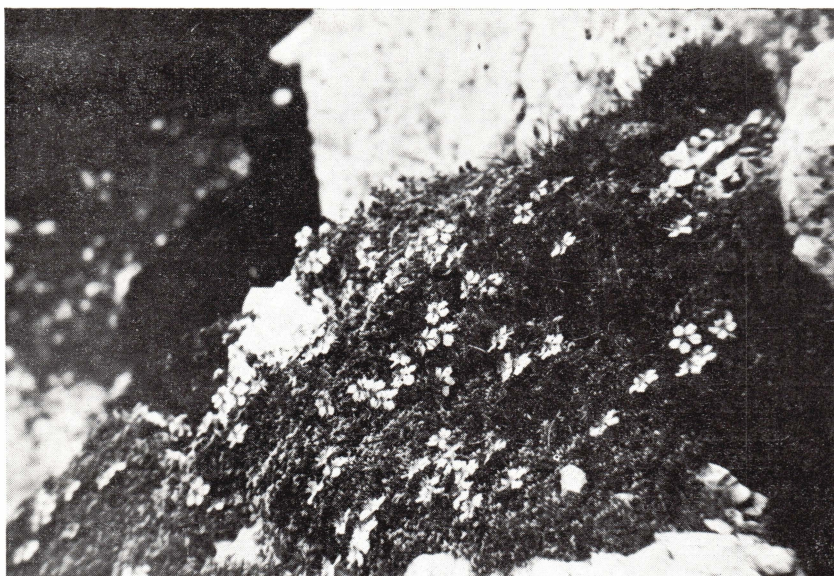


FIG. 8. — *Potentilla clusiana* au col de Vrsic, altitude 1600, endémique des Alpes orientales.

louses calcaires de l'étage alpin. La flore plus proprement saxicole est très riche et bien caractérisée ; plusieurs espèces sont propres aux Alpes orientales : *Potentilla clusiana* à fleurs roses et *P. nitida*, des Saxifrages (*S. caesia*), *Heliosperma alpestre*, des Joubarbes (dont *Sempervivum Schottii*) et de nombreuses autres espèces de plus vaste dispersion : *Gentiana Clusii*, *Achillea atrata* et *A. clavennae*, *Silene acaulis*, *Juncus monanthos*, *Viola biflora*, des *Minuartia* (*M. sedoides*, *M. laricifolia*) et bien d'autres encore.

Au col même des buissons d'un Genêt sont en fleurs ; il s'agit de *Cytisanthus radiatus*, espèce des Alpes orientales et (RR) occidentales mais manquant dans les centrales, très ancienne espèce tertiaire qui s'est maintenue dans les massifs « refuges ».

Dans la descente du col vers Krajnska gora l'étage subalpin s'enrichit du Melèze et l'on note en bordure de la route *Cirsium carniolicum*, espèce vicariante et proche de *C. rufescens* des Pyrénées ; on y voit aussi *Senecio abrotanifolius* à tige plutôt ligneuse à la base, vicariante de *S. adonidifolius* des Pyrénées et du Massif central. Il s'agit là d'un groupe d'espèces affines très intéressant ; d'une origine tertiaire commune elles se sont différenciées : 1° à l'extrême W, dans la cordillère carpétaine d'Espagne en *S. delphini folius* ; à l'W *S. adonidifolius* ; à l'E des Alpes : *S. abrotanifolius* et dans les Carpathes et Balkans : *S. carpathicus*. Les deux premières sont calcifuges, les deux autres (sauf une race *tirolensis*) sont calcicoles.

Bibliothèque

Nous avons reçu :

Ami de la Nature (P), n° 11, 1967.

L'homme contre la nature — Connaissez-vous le Schnepfenried —
La Creusaz sur les Marcottes...

Amoeba, n° 5, 1967.

Loopkevers in opgespoten land — Stookpietenverslag 1967 — Beschrijvingsbrief congres 1967...

Annales de Limnologie, t. 3, fasc. 2, 1967.

Étude sur *Stentor polymorphus*, 1 — Rôle de la productivité organique dans le lac Léman à l'aide de ^{14}C — Diptères Psychodidae recueillis par M. A. THOMAS dans les Pyrénées...

Annales Soc. roy. Zool. Belgique, T. 97, n° 2, 1967.

Morphologie de l'organe buccal ventral de *Marphysa bellui* (Polychète, Eunicidae) — Une salpe peu commune — Données nouvelles sur la variabilité morphologique de *Brachionus falcatus* ZACH...

Aquariumwereld, 8/20, 1967.

Aziatische probleemvissen — De anesthesie van de vis — De noordelijke purpersalamander...

Atomes, juin 1967.

Les transplantations d'organes. I : aspects cliniques — Id. II : La base immunologique : les groupes insulaires — Le vol hypersonique — Machines à apprendre...

Biologisch Jaarboek Dodonaea, 35, 1967.

Ostracoden van het Breede Water, het Quakjeswater en het Vogelmeer — Raderdieren uit Griekenland — Het vermogen tot regeneratie en differentiatie bij plantemeristemmen...

Bulletin des Naturalistes de la Vallée du Loing et de Fontainebleau, n° 11-12, 1967

Excursions — Protection de la nature — Météorologie...

Bulletin de Jardin botanique national de Belgique, 37, 3, 1967.

Typification et nomenclature de quelques espèces du genre *Scleroderma* Pers. — Teneur en Zn et en Pb de quelques Gastéromycètes des terrains calaminaires belges — Notes sur *Scirpus americanus* dans le Sud-Ouest de la France (Dept. Landes)...

Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle, T. 39, n° 2, 1967.

Carrefour aéro-digestif du Toupaye — Sur 5 nouvelles espèces de Poissons du Vietnam — Contribution à la connaissance des Péridiniens microscopiques du Canal de Mozambique...

Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon, n° 9, 1967.

Notes d'ornithologie scandinave — Action de la Gibbériline sur la morphologie et la biochimie de *Sempervivum tectorum* — Qu'est-ce que *Harpalus decipiens* DEJEAN...

Bulletin 1966 édité par les Réserves ornithologiques et naturelles de Belgique.

Essai de réacclimatation de la Cigogne blanche dans la réserve du Zwin, à Knocke (Belg.) — L'éthologie, perspective nouvelle pour la

réserve du Zwin — Reportage photographique commenté, réalisé dans nos principales réserves...

Bulletin d'information n° 32 de l'*Équipe spéléo de Bruxelles*, s.d.

La région de Surice-Romedenne — Reconnaissance en Suisse — De-
vant la TV en E.U. : « a first look in a cave »...

Cahiers des Naturalistes, T. 23, n° 1, 1967.

Notes écologiques et biogéographiques sur les Coléoptères de Grèce,
de Yougoslavie et d'Italie, I. — La végétation des Stations thermales,
III — Action inhibitrice de l'extrait du Champignon *Stereum insignum*
QUÉLET sur la germination...

Conseil national de la politique scientifique — Rapport 1966.

Fédération belge des sociétés scientifiques, 1967, I.

Gloria maris, n° 12, 1967.

Het geslacht Lambis, II — De schelp in de kunst, II — Onze Auricu-
lida...

Jeunesse scientifique Belge, n° 41, X/1967.

Lettre à un Rhétoricien — Les jeunesses scientifiques il y a 10 ans —
10 ans d'activités scientifiques...

Jeunesse scientifique E.C., sept.-nov. 1967.

Monographie de Grivegnée — La genèse des monstres — Walvissen
en « flippers »...

Lacerta, 26^e année, n° 1, 1967.

Onderzoek over mondtrot bij hagedissen — Orchideeën in het terrarium
— Aantekeningen over amfibien en reptielen in Suriname...

Levende Natuur (de), n° 10, 1967.

Het rivierenlandschap bedreigd — De vegetatie van de Dollart en de
Dollartplannen — Het kweken van insecten in huis...

Natuurhistorisch maandblad, n° 10, 1967.

De onthulling van het Thyssemonument — De Geulhemergroeve —
Interessante waarnemingen...

Natura, n° 10, 1967.

De grauwe franjepoot — Schijnbare gelijkheid — Kruisbekken...

Natura mosana, vol. 20, n° 3, 1967.

Spores et pollens — Une plante à éclipses : *Senecio congestus* (R. Br.).
DC — La croissance du Lycopode Petit-cypres et l'outil mathématique...

North Queensland Naturalist (The), july 1967.

Mimicry — Birds of Hunters Creek, Julatten, N. Queensland — A
Twilight Supper...

Oiseaux (Nos), oct. 1967.

La migration d'automne des Rapaces diurnes aux cols de Cou et de
Brétolet (III) — Quelques notes d'ornithologie dans la région de
Lido degei Estenzi (Italie) — Le XVI^e congrès international d'orni-
thologie...

Pêcheur belge (le), n° 11, 1967.

Le mort des truites de l'Our — Chassons le Brochet — Encore la Meuse..

Praxis der Naturwissenschaften (die), n° 11, 1967.

Bestimmungübungen im Klassenunterricht — Die Chemotaxis des
Pantoffeltierchens — Blumenhöfe...

Revue roumaine de Biologie — Série de Zoologie, T. 12, 1967.

n° 4 : Le morphologie de l'apex abdominal chez les Hyménoptères symphytes orthandriques et strophandriques — Le système génital femelle de l'ordre Geophilomorpha — L'importance de l'équilibre osmotique pour l'activité des muscles lisses...

n° 5 : Studies on the systematics of Cultrinae (Pisces, Cyprinidae) with description of a new genus — Le système génital femelle de *Scutigera coleoptrata* — L'influence d'un traitement thermique des aliments sur la glycémie de la carpe...

n° 6 : Recherches histochimiques sur le glycogène du myocarde chez les vertébrés — Corrélations spléno-boursiennes chez les oiseaux domestiques — Effets de l'alloxane sur les îlots pancréatiques et sur la glycémie des Amphibiens...

Schweizer Naturschutz, oct. 1967.

Natur- und Heimatschutz im Tessin — Aus der Geschichte des Elementaler Waldes — Faut-il « aménager » la nature?...

Schweizerische Zeitschrift für Pilzkunde — Revue suisse de mycologie, n° 11, 1967.

Fam. XV. Russulaceae — Die Papierchromatographie...

Stentor, oct. 1967.

Herfstkamp Veerse Meer — Zomerkamp Genk — De IYF...

Terre et la Vie (la), n° 3, 1967.

Recherches écologiques dans la Savane de Lambo (Côte d'Ivoire)...

Vie et Milieu, Série A (Biologie marine), T. XVIII, fasc. I A — 1967.

Alginolyse et association bactérienne en milieu marin — Recherches complémentaires sur la sexualité d'*Asterina gibbosa* PENNANT de Banyuls — Quelques aspects de l'embryogénèse des Prosobranches (Moll.)...

Zoo, 33^e année, n° 2, oct. 1967.

Pose de la première pierre du complexe pour fauves, rapaces, ours, animaux nocturnes et dauplins — Programme d'hiver...

Une invasion de Cassenoix

Des Cassenoix (*Nucifraga caryocatactes*) sont signalés actuellement en plusieurs provinces de notre pays. M. P. MAYEUR nous signale avoir observé la présence de cet oiseau originaire des régions montagneuses et orientales à Blicquy (20 août) et à Belœil (26 août).

LES NATURALISTES BELGES A.S.B.L.

But de l'Association : Assurer, en dehors de toute intrusion politique ou d'intérêts privés, l'étude, la diffusion et la vulgarisation des sciences naturelles, dans tous leurs domaines.

Avantages réservés à nos membres : Participation gratuite ou à prix réduit à nos diverses activités et accès à notre bibliothèque.

Programme

Dimanche 22 septembre : Excursion botanique en Campine anversoise sous la direction de M. DE LANGHE. Départ à 8 h 30 de la JOC (Bruxelles, boulevard Poincaré). Passage à Anvers-Central vers 9 h 30. Retour prévu vers 19 h.

S'inscrire en versant avant le 18 septembre la somme de 130 F (80 F au départ d'Anvers) au C.C.P. n° 2402.97 de L. Delvosalle.

Du samedi 5 octobre (14 h) au samedi 8 octobre : Exposition de champignons dans l'Orangerie du Jardin botanique national, 236, rue Royale, Bruxelles 3. L'exposition sera ouverte de 10 h à 12 h et de 14 h à 17 h, sauf le samedi (de 14 h à 17 h). L'entrée est libre pour nos membres sur présentation de leur carte.

Dimanche 13 octobre : Excursion mycologique dans la Forêt de Soignes. Rendez-vous aux Quatre-Bras (arrêt du tram 45) à 10 h. Retour en fin de matinée ou en fin d'après-midi.

Dimanche 20 octobre : Excursion ornithologique, guidée par M^{me} M. DE RIDDER, au Braakman, en Flandre zélandaise. Départ à 8 h 30 de la JOC (Bruxelles, boulevard Poincaré). Retour prévu pour 19 h.

S'inscrire avant le 15 octobre en versant la somme de 130 F au C.C.P. n° 2402.97 de L. Delvosalle.

Mercredi 13 novembre, à 20 h, au Jardin botanique national, 236, rue Royale, Bruxelles 3 : Causerie par M. J. DE LANGHE, ingénieur civil : Fleurs de Sardaigne. Projection de diapositives.

* * *

Voyage de la Toussaint, du jeudi 31 octobre au dimanche 3 novembre. Excursions dans le Grand Duché de Luxembourg et dans les régions allemandes voisines : géologie, cryptogamie, ornithologie. Trois jours de pension complète à Echternach dans un bon hôtel chauffé. En train jusqu'à Arlon et ensuite circuit en car. Régions parcourues : le Keuper et le Muschelkalk ; l'Oesling ; la Moselle entre Trèves et Bernkastel ; le grès de Luxembourg.

Prix total : 1400 F ; supplément pour une chambre à une personne : 200 F. S'inscrire entre le 1 septembre et le 10 octobre en versant cette somme au C.C.P. 2402.97 de L. Delvosalle.

Section des Jeunes

25 septembre : Groupe du cycle supérieur : excursion dans la forêt de Soignes.

16 octobre : Groupe du cycle inférieur : excursion dans la forêt de Soignes.

23 octobre : Groupe du cycle supérieur : dissection d'un oiseau.

13 novembre : Groupe du cycle inférieur : dissection d'un oiseau.

Pour tous renseignements s'adresser à M. A. QUINTART, Institut royal des Sciences naturelles, 31, rue Vantier, Bruxelles 4.

INSTITUT NATIONAL DE CINÉMATOGRAPHIE SCIENTIFIQUE

CYCLE DE QUATRE SÉANCES DE FILMS SCIENTIFIQUES D'INTÉRÊT GÉNÉRAL

PALAIS DES CONGRÈS A BRUXELLES, Salle Albert I^{er} (entrée Jardins), à 20 h 30, les lundi 21 octobre, mardi 19 novembre 1968, jeudi 30 janvier et jeudi 20 mars 1969.

L'Institut national de Cinématographie scientifique présentera, au cours de cette saison, une sélection des meilleurs films de la production mondiale récente, choisis notamment au cours du XXII^e Congrès de l'Association internationale du Cinéma scientifique, qui aura lieu, cette année, à Rome. Les films de Sciences naturelles constituent le plus souvent plus de la moitié du programme.

Abonnement aux quatre séances : 200,- francs

Tarif spécial pour étudiants : 160,- francs

Prix des places par séances : 60,- francs ; pour étudiants : 50,-

Les abonnements peuvent être obtenus par versement au C.C.P. n° 774.06 de l'Institut National de Cinématographie scientifique, 31, rue Vautier, Bruxelles 5. (+ 5 francs pour frais d'envoi).

Pour tous renseignements téléphoner au (02)49.15.68.

De pareils cycles de projection ont lieu à Mons et à Anvers.

Cercle de Mycologie de Bruxelles

Secrétariat : M^{me} Y. GIRARD, 34, rue du Berceau, Bruxelles 4.

Les membres s'intéressant aux champignons peuvent s'inscrire au Cercle de Mycologie de Bruxelles. Il leur suffit d'indiquer, sur le coupon de versement de leur cotisation aux Naturalistes Belges, la mention « Cercle de Mycologie » et d'aviser la Secrétaire afin d'être tenu au courant des activités du Cercle.

Office de détermination. Tous les lundis, à partir du 2^e lundi d'octobre et jusqu'aux gelées, un office de détermination de champignons fonctionne au Jardin Botanique National de Belgique, 236, rue Royale, de 20 à 22 h. Il est ouvert gratuitement à tous. Pendant sa période de fonctionnement, une petite exposition permanente des apports les plus intéressants est installée dans le hall d'entrée du Jardin Botanique.

Notre couverture

Le remora, *Echeneis naucratis*, possède une nageoire dorsale modifiée en disque adhésif avec lequel il peut s'attacher à des requins, des tortues ou même à des bateaux. La photo montre le disque d'un animal attaché à la paroi vitrée d'un aquarium. Le bourrelet ovale est en contact étroit avec la vitre et les lames transversales sont dressées (ca. 1/2 Gr. Nat.).

(Photo Hendrik VAN DEN BERGH).