



La peau des requins et des raies

Auteur : Pascal DEYNAT

Docteur de l'université Paris VII – Denis Diderot, Responsable du projet Odontobase

Quiconque a déjà touché un requin a pu réaliser à quel point la peau en était tantôt lisse dans un sens, tantôt rugueuse dans l'autre. La raison ? Le développement d'un revêtement cutané très particulier, quasiment invisible à l'œil nu, et constitué de milliers de denticules dont les pointes sont orientées vers l'arrière du corps chez la majorité des espèces (Reif [13])

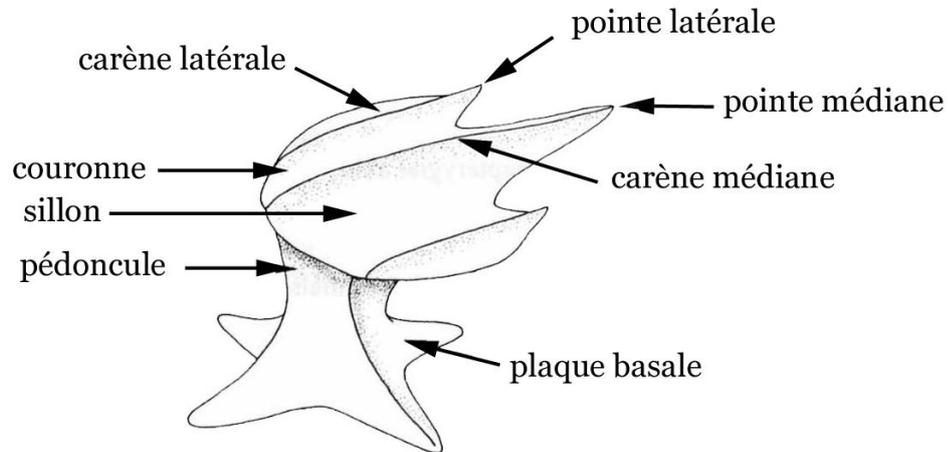
Ces éléments caractéristiques, également appelés odontodes ou écailles placoides, se sont différenciés il y a plus de 420 millions d'années et recouvrent le corps de la majorité des quelque 1 150 espèces de requins et de raies actuellement recensées.

Contrairement aux écailles dermiques des poissons osseux, les denticules cutanés doivent leur nom à leur structure dermo-épidermique similaire à celle d'une dent. Une coupe histologique permet en effet de constater la présence de couches dentaires typiques (cavité pulpaire et dentine), ainsi que d'une couche de tissu hyperminéralisé appelé émailloïde ou énameloïde (Reif [11, 12]), recouvrant superficiellement les précédentes. La dureté de ces structures permet aux denticules et aux dents de franchir plus facilement les barrières du temps chez les espèces fossiles, dont le cartilage est rapidement détruit après la mort.

Comme les dents, les denticules cutanés sont détruits puis remplacés continuellement durant toute la vie de l'animal (Bertin [1]). Il n'existe ainsi pas de croissance continue de ces structures chez les espèces actuelles, à l'exception des éléments de grande taille constitués par les épines dorsales des Squaliformes (requins épineux), des Hétéroodontiformes (requins dormeurs) et des Holocéphales (chimères), les boucles des quelques espèces de Potamotrygonidae (pastenagues d'eau douce) et de Rajidae (raies au sens strict) et les « dents » rostrales des Pristiformes (poissons-scies) (Reif [11, 13]).

Variations morphologiques.

Les denticules cutanés ont été particulièrement bien étudiés depuis la fin du XIX^e siècle, tant d'un point de vue morphologique que d'un point de vue structural. Généralement constitués d'une plaque basale, d'un pédoncule et d'une couronne, ils présentent une grande polymorphie selon les espèces considérées, mais également selon leur emplacement à la surface du corps et le degré de maturité du spécimen examiné (Burdak [2]).



Représentation schématique d'un denticule cutané typique (Source du dessin : FAO).

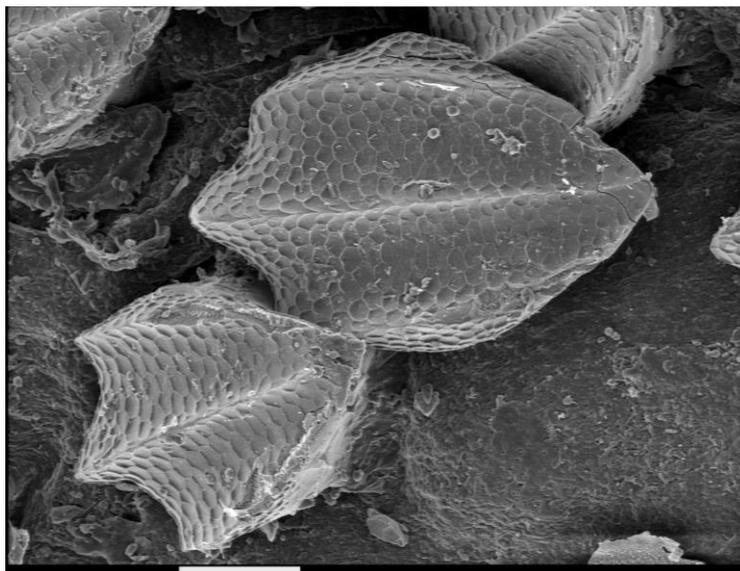
Ils sont présents chez la majeure partie des espèces de requins chez lesquels ils recouvrent toutes les faces du corps, mais également la paupière mobile des Carcharhiniformes (requins de fond), voire même la cavité buccopharyngée chez certaines espèces (*Galeus*). Ils sont cependant presque entièrement absents de la face ventrale des Squatiniformes (anges de mer) (Deynat & Séret [8]), et c'est essentiellement chez les raies au sens large (Batoïdes) et certaines espèces de requins, tel le requin bouclé *Echinorhinus brucus* (Bonnaterre, 1788), que les denticules cutanés présentent une différenciation en structures annexes telles qu'épines, denticules hypertrophiés, boucles, tubercules et aiguillons (Deynat [5, 7]).



Boucle de raie bouclée *Raja clavata* (Linné, 1758).



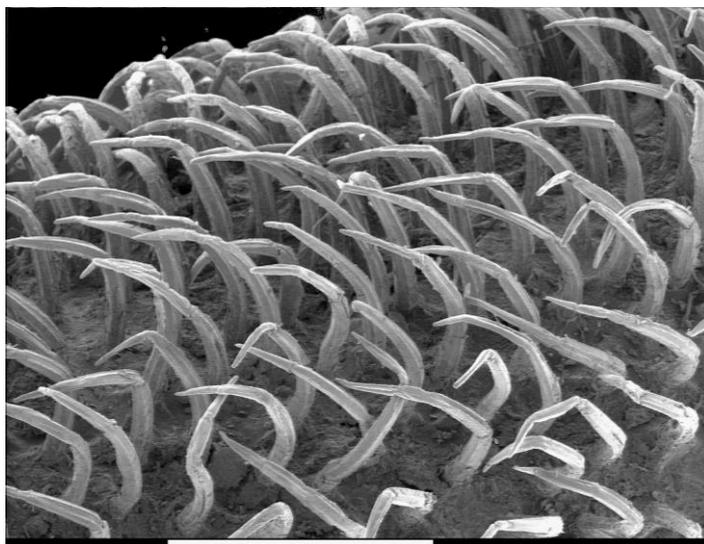
Chez les espèces actives, tels les Lamnidae (requins-taupes) ou les Carcharhinidae (requins requiem), les denticules présentent généralement une petite taille alors qu'ils peuvent atteindre plusieurs millimètres chez les centrines (*Oxynotus*) et les pailonas (*Centroscymnus*). Chez les Carcharhinidae, la couronne des denticules peut se parer d'un relief superficiel en forme de nid d'abeille, très reconnaissable dans la distinction des espèces.



Relief alvéolaire des denticules du requin bleu *Prionace glauca* (Linné, 1758).

Barre blanche = 1 mm (Odontobase®).

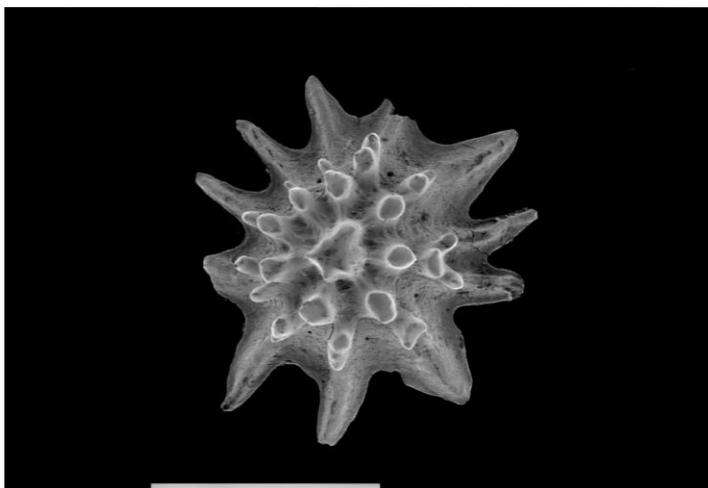
Chez les espèces plus indolentes, tels les requins-nourrices (Ginglymostomatidae), les denticules cutanés sont plus massifs, à couronne relevée et largement espacés. Certaines espèces comme les anges de mer (Squatinidae) présentent des denticules pointus et redressés sur la face dorsale du corps et d'autres en forme de dragées, disposés ponctuellement sur leur face ventrale. Les variations morphologiques sont très importantes selon les divers taxons, et certaines espèces présentent des denticules en forme de poils, de feuilles ou de tridents très caractéristiques.



Denticules en forme de poils du sagre commun *Etmopterus spinax* (Linné, 1758).

Barre blanche = 1 mm (Odontobase®)

Chez les raies, les denticules ont entièrement disparu chez les torpilles (Torpédiniformes) et la plupart des raies de l'ordre des Myliobatiformes (pastenagues ou raies armées), à l'exception des Mobulidae (raies mantas), des Urolophidae (raies rondes) ou des Potamotrygonidae (pastenagues d'eau douce), chez lesquels la forme étoilée de la couronne est très caractéristique. Les denticules recouvrent la totalité de la surface du corps chez les guitares de mer (Rhinobatidae) et la majorité des espèces de poissons-scies (Pristidae), tandis que les raies « classiques » (Rajidae) présentent un revêtement cutané épars, principalement constitué de denticules étoilés à couronne pointue, localisés dans la région antérieure du disque, ou de denticules myrmécoïdes recouvrant toute sa surface (Deynat & Séret [8], Deynat [6]).



Denticule étoilé de la raie d'eau douce *Potamotrygon henlei* (Castelnau, 1855).

Barre blanche = 1 mm (Odontobase®)

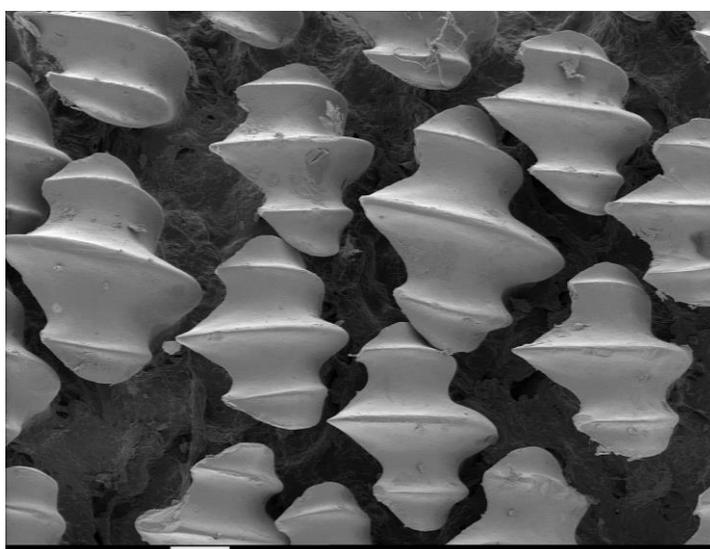
Hydrodynamisme et fonctions apparentées

La question des variations morphologiques de ces structures a débouché sur de grandes interrogations durant les dernières décennies, et c'est essentiellement au paléontologue allemand Wolf-Ernst Reif que nous devons les premières hypothèses quant à leurs fonctions potentielles. En étudiant l'arrangement, la morphologie et la disposition des denticules cutanés selon les modes de vie des espèces considérées, il mit en évidence plusieurs hypothèses en relation avec l'écologie des espèces, telles que la résistance à l'abrasion, la luminescence, la défense et l'hydrodynamisme (Reif [12]).

Si certaines de ces fonctions ne paraissent actuellement plus justifiées, un large consensus met en évidence le rôle des denticules cutanés dans la réduction des forces de frottements chez les espèces actives (Rashi & Musick [9], Rashi & Tabit [10]).

Chez les espèces prédatrices actives tels les Carcharhinidae ou les Lamnidae, la couronne des denticules est en effet pourvue de carènes et de sillons parallèles recouvrant plus ou moins complètement leur surface, suppléés parfois par un relief micro-alvéolaire, tandis que les denticules sont étroitement imbriqués les uns aux autres comme les tuiles d'un toit.

Les études menées ultérieurement ont ainsi pu démontrer que, lors de la nage, l'eau empruntait ces canaux naturels, favorisant ainsi un écoulement laminaire du fluide au cours du déplacement. En y rajoutant la présence d'un mucus variablement développé selon les espèces et jouant un rôle de surfactant, cet écoulement laminaire induit une réduction des forces de frottement, permettant à l'animal une économie d'énergie d'environ 6 % et le rendant de plus « hydrodynamiquement silencieux », avantage certain pour un prédateur actif.



Denticules cutanés carénés du requin taureau *Carcharias taurus* Rafinesque, 1810.

Barre blanche = 1 mm (Odontobase®)

Usages

De par la rugosité et la dureté des denticules cutanés, la peau des requins a été peu utilisée dans l'industrie de la maroquinerie, à l'exception notable du galuchat, dont le développement fut mis en place en France au XVIII^e siècle par monsieur... Galluchat (De Caunes & Perfettini [4]).



Cette peau traitée et colorée vient encore de nos jours embellir certains meubles ou objets décoratifs, mais il s'agit principalement de peaux de pastenagues appartenant aux genres *Hypolophus* ou *Himantura*, caractérisées par leurs tubercules perlés et leurs denticules en forme de cœur.

En dehors du galuchat, la peau des requins débarrassée de ses denticules est également utilisée pour la fabrication de gants ou de bracelets-montres en raison de sa grande résistance, neuf fois supérieure à celle du cuir traditionnel. Les denticules cutanés donnent à la peau leur texture très abrasive qui permit autrefois leur usage dans le polissage des bois précieux, et l'on raconte qu'au début du xx^e siècle, un maroquinier farceur avait créé un portefeuille en peau de requin recouverte de ses denticules. S'il était facile de le ranger en poche, on ne pouvait l'extraire qu'en ayant découpé cette dernière au préalable avec une paire de ciseaux. Autres temps, autres mœurs...



Poudrier recouvert de galuchat (coll. P. Deynat).

Bionique

Forts de leurs particularités hydrodynamiques, il paraissait évident que les denticules cutanés intéresseraient un jour l'ingénierie et l'industrie. La mise en évidence de la réduction des forces de frottement intéressa donc tout naturellement les industries navales, automobiles et aéronautiques dans un premier temps. Dans les années 1970, Américains et Soviétiques tentèrent d'utiliser les caractéristiques de la peau des dauphins et des requins pour revêtir leurs sous-marins et tenter de devenir invisibles aux yeux de leurs adversaires, sans grand succès. C'est essentiellement dans les années 1990 et 2000 que ces études, suppléées par le développement des nouvelles technologies, permirent d'effectuer des simulations informatiques et de mettre au point des revêtements biomimétiques pouvant être utilisés sous certaines conditions. On notera ainsi les riblets utilisés sur les avions d'Airbus A320 ou la coque des catamarans (Castelnau [3]), mais également la combinaison de natation mise au point par la société Speedo. Les recherches les plus récentes, basées sur l'étude de véritables denticules, permettent l'élaboration de revêtements synthétiques biomimétiques, réellement calqués sur le vivant et dont l'utilisation s'avère des plus prometteuses (Wen *et al.* [14]).



Ainsi, de par leurs caractéristiques morphologiques et d'arrangement, les denticules cutanés s'avèrent de précieux objets d'étude tant dans la recherche fondamentale que dans la recherche appliquée. L'étude morphologique des denticules permet d'apporter de précieuses indications sur l'identification des individus, et parfois des espèces quand seuls des échantillons de peaux sont disponibles, qu'il s'agisse de l'archéozoologie, de la paléontologie des formes récentes ou du commerce des espèces protégées dans le cadre du *finning* (Deynat [7]). L'étude de leur fonction hydrodynamique est utilisée dans le développement de nouvelles technologies liées à la réduction des forces de frottement et aux économies d'énergie.

Pour en savoir plus :

- [1] BERTIN L. (1958). Denticules cutanés et dents. *In : Traité de zoologie. Anatomie, systématique, biologie. Agnathes et poissons. Anatomie, éthologie, systématique* (Grassé P.P., ed.). XIII (1) : 505-531. Masson Paris.
- [2] BURDAK V.D. (1979). *Morphologie fonctionnelle du tégument écailleux des poissons* ; trad. du russe par D. de Faget, adapté par F.J.Meunier et J.Y. Sire (1986). Muséum national d'histoire naturelle, Ichtyologie générale et appliquée, Paris, 147 p. Suppl. à *Cybium*, Bulletin de la Société française d'ichtyologie, vol. 10, n° 3 supplément.
- [3] CASTELNAU D. (1996). La vitesse au ras des dents. *Sciences et Vie junior*, 86 : 20-22.
- [4] DE CAUNES L. & PERFETTINI J. (1994). *Galuchat*. Les Éditions de l'amateur, Paris, 183 p.
- [5] DEYNAT P.P. (1998). Le revêtement cutané des raies (Chondrichthyes, Elasmobranchii, Batoidea). II : Morphologie et arrangement des tubercules cutanés. *Annales des sciences naturelles, Zoologie* 19(3-4) : 155-172.
- [6] DEYNAT P.P. (2000). Les denticules myrmécoïdes, un nouveau caractère diagnostique pour les Rajidae (Chondrichthyes, Batoidea). *Annales des sciences naturelles, Zoologie*, 21(2) : 65-80.
- [7] DEYNAT P. (2010). *Les requins. Identification des nageoires*. QUAE, Paris, 319 p.
- [8] DEYNAT P.P. & SÉRET B. (1996). Le revêtement cutané des raies (Chondrichthyes, Elasmobranchii, Batoidea). I : Morphologie et arrangement des denticules cutanés. *Annales des sciences naturelles, Zoologie*, 17(2) : 65-83.
- [9] RASHI W.G. & MUSICK J.A. (1984). Hydrodynamic aspect of Shark Scales. *Special Report in Applied Marine Science and Ocean Engineering*, 272 :1-82.
- [10] RASHI W. & TABIT C. (1992). Functional aspects of placoid scales. A review and update. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 43 :123-147.
- [11] REIF W.E. (1979). Morphogenesis and histology of large scales of batoids (Elasmobranchii). *Paläontologische Zeitschrift*, 53 : 26-37.
- [12] REIF W.E. (1982). Morphogenesis and function of the squamation in sharks. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie - Abhandlungen*, 164 : 172-183.
- [13] REIF W.E. (1985). Squamation and ecology of sharks. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 78 : 1-255.
- [14] WEN L., WEAVER J.C. & LAUDER G.V. (2014). Biomimetic shark skin: design, fabrication and hydrodynamic function. *The Journal of Experimental Biology*, 217 : 1656-1666.