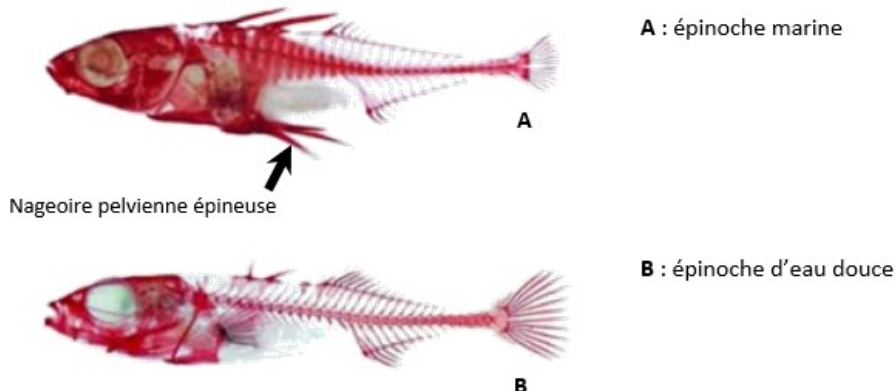


2^{ème} PARTIE - Exercice 2 - Pratique d'une démarche scientifique ancrée dans des connaissances. 5 points.

Les épinoches à trois épines (*Gasterosteus aculeatus*) sont des poissons qui se présentent sous deux formes selon le lieu où ils vivent : épinoche marine et épinoche d'eau douce. Par ailleurs leurs prédateurs varient selon les milieux de vie.

A l'aide des documents ci-dessous et de vos connaissances, proposez une hypothèse sur les mécanismes à l'origine de la morphologie des épinoches d'eau douce.

Document 1 : morphologie des épinoches en fonction de leur milieu de vie.



En fonction de leur milieu de vie (mer ou eau douce), les épinoches présentent une nageoire pelvienne épineuse proéminente sur leur face ventrale ou n'en présentent pas. La présence d'une nageoire pelvienne épineuse protège des gros poissons. En revanche, son absence rend les épinoches moins vulnérables vis-à-vis des larves d'insectes prédatrices surtout présentes en eau douce, qui ont plus de mal à s'accrocher.

D'après Cresko et al.2004. Parallel genetic basis for repeated evolution of armor loss in Alaskan threespine stickleback populations. Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A. 101/6050-6055

Document 2 : expression du gène PITX1 impliqué dans la mise en place de la nageoire pelvienne épineuse au cours du développement des épinoches.

Les biologistes ont recherché les endroits de l'organisme où l'on peut détecter la présence d'ARNm du gène PITX1 au cours du développement. Ces territoires sont colorés en grisé par la méthode utilisée sur des embryons d'épinoche. Les flèches indiquent la zone d'expression du gène PITX1 observé sur la face ventrale des embryons d'épinoche.



D'après Genetic and developmental basis of evolutionary pelvic reduction in threespine sticklebacks Shapiro et colli. Nature 428, 717-723

Document 3 : données moléculaires sur le gène PITX1.

Document 3a : comparaison des séquences du gène PITX1 impliqué dans le développement de la nageoire pelvienne épineuse chez les deux formes d'épinoches.

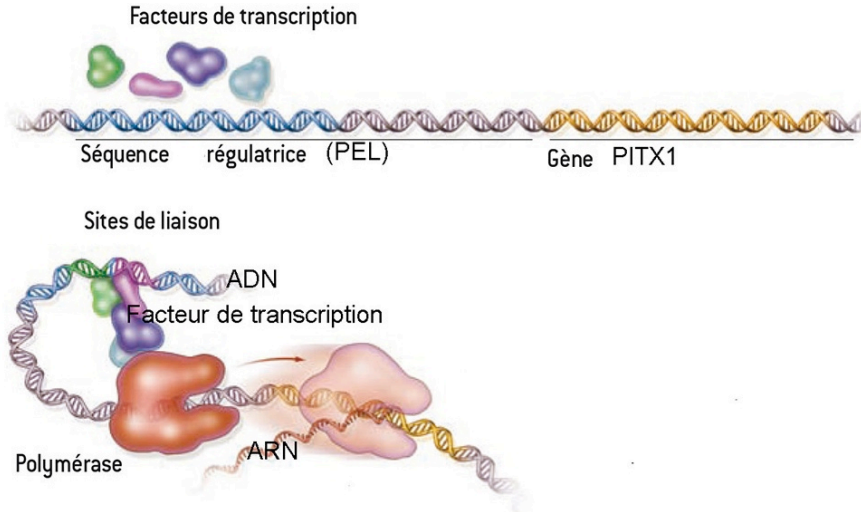
	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	
Traitement	◀	▶	0								
PITX1-CDS-Marine.a	◀	▶	0	GGGGGGTGGAGAACTCCAGCAGCGAGTCCTCGGACGCCGAGCCGCCAGAGAAAGGAGCCGCCGCCGAGCCGCCAGCGATGACGGGACCCGGACGACC							
PITX1-CDS-Eau-Dou	◀	▶	0	-----							
Sélection : 0/3 lignes	◀	▶									

D'après le logiciel Anagène.

La portion du gène étudié est représentative des résultats obtenus sur l'ensemble du gène. La première ligne correspond au gène de l'épinoche marine et la deuxième ligne au gène de l'épinoche d'eau douce. Chaque tiret indique une identité de nucléotide.

Document 3b : la régulation de l'expression du gène PITX1.

Des segments d'ADN appelés séquences régulatrices présents à côté des gènes, contrôlent l'expression des gènes. Ces séquences de régulation jouent un rôle central dans l'évolution de la morphologie des animaux.



L'expression du gène PITX1 est activée lorsque des facteurs de transcription se lient à des sites de fixation de la séquence régulatrice PEL. Le complexe ainsi formé déclenche la transcription du gène PITX1 en un ARNm par l'enzyme ARN polymérase.

D'après janvier 2009, Pour La Science n°375

Document 4 : expériences de transgénèse sur une épinoche lacustre.

Une séquence régulatrice du gène PITX1 a été identifiée en 2010 et a été appelée « PEL ». Pour détecter si des changements dans cette séquence pouvaient être à l'origine du changement morphologique, les chercheurs ont réalisé une expérience de transgénèse.

Ils ont injecté dans des œufs d'épinoche d'eau douce, une construction génique comprenant la région régulatrice « PEL » des Epinoches marines et le gène PITX1 noté ([pel-PITX1]). Les résultats de cette transgénèse montrent chez l'épinoche d'eau douce une nageoire pelvienne épineuse.

1^{ère} partie. Mobilisation des connaissances. 3 points. Entourer la bonne réponse pour chaque catégorie de QCM.

1. Le genre Homo :

- a. est constitué par l'homme et tous les grands primates actuels ;
- b. comprend l'intégralité des représentants de la lignée humaine ;
- c. est associé à la production d'outils complexes ;
- d. est apparu il y a environ 55 à 60 millions d'années.

2. Le genre Homo se distingue des autres primates par :

- a. la présence d'ongles plats ;
- b. un dimorphisme sexuel marqué ;
- c. une bipédie avec bassin long (ou os iliaque long) et étroit ;
- d. une bipédie avec un trou occipital avancé.

3. Les différents représentants du genre Homo :

- a. ont tous strictement les mêmes caractères dérivés (= mêmes innovations évolutives) ;
- b. ont des liens de parenté incertains ;
- c. sont très diversifiés actuellement ;
- d. sont tous arboricoles.

4. L'Homme et le chimpanzé, se distinguent surtout par :

- a. des caryotypes très différents ;
- b. des séquences nucléotidiques très différentes ;
- c. la position et la chronologie d'expression de certains gènes ;
- d. l'absence d'un ancêtre commun.

5. Un primate :

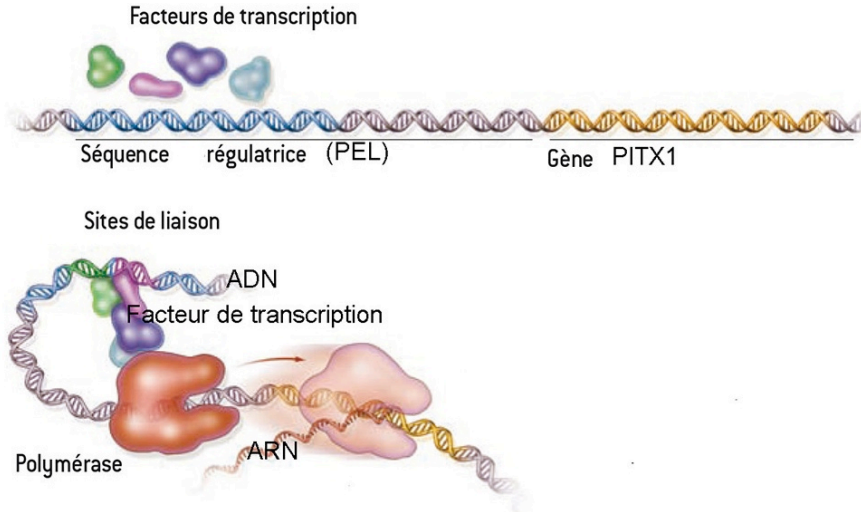
- a. est un singe dépourvu de queue ;
- b. est caractérisé par la présence d'un pouce opposable ;
- c. possède un nez à la place d'une truffe ;
- d. a une mâchoire de forme parabolique.

6. Le phénotype des grands primates s'acquiert :

- a. uniquement au cours du développement prénatal ;
- b. au cours du développement pré- et post natal uniquement sous l'effet de l'information génétique ;
- c. uniquement au cours du développement postnatal ;
- d. au cours du développement pré- et post natal sous l'effet de l'information génétique et de l'environnement.

Document 3b : la régulation de l'expression du gène PITX1.

Des segments d'ADN appelés séquences régulatrices présents à côté des gènes, contrôlent l'expression des gènes. Ces séquences de régulation jouent un rôle central dans l'évolution de la morphologie des animaux.



L'expression du gène PITX1 est activée lorsque des facteurs de transcription se lient à des sites de fixation de la séquence régulatrice PEL. Le complexe ainsi formé déclenche la transcription du gène PITX1 en un ARNm par l'enzyme ARN polymérase.

D'après janvier 2009, Pour La Science n°375

Document 4 : expériences de transgénèse sur une épinoche lacustre.

Une séquence régulatrice du gène PITX1 a été identifiée en 2010 et a été appelée « PEL ». Pour détecter si des changements dans cette séquence pouvaient être à l'origine du changement morphologique, les chercheurs ont réalisé une expérience de transgénèse.

Ils ont injecté dans des œufs d'épinoche d'eau douce, une construction génique comprenant la région régulatrice « PEL » des Epinoches marines et le gène PITX1 noté ([pel-PITX1]). Les résultats de cette transgénèse montrent chez l'épinoche d'eau douce une nageoire pelvienne épineuse.

1^{ère} partie. Mobilisation des connaissances. 3 points. Entourer la bonne réponse pour chaque catégorie de QCM.

1. Le genre Homo :

- a. est apparu il y a environ 55 à 60 millions d'années ;
- b. est constitué par l'homme et tous les grands primates actuels ;
- c. comprend l'intégralité des représentants de la lignée humaine ;
- d. est associé à la production d'outils complexes.

2. Le genre Homo se distingue des autres primates par :

- a. une bipédie avec bassin long (ou os iliaque long) et étroit ;
- b. une bipédie avec un trou occipital avancé ;
- c. la présence d'ongles plats ;
- d. un dimorphisme sexuel marqué.

3. Les différents représentants du genre Homo :

- a. ont tous strictement les mêmes caractères dérivés (= mêmes innovations évolutives) ;
- b. sont tous arboricoles ;
- c. ont des liens de parenté incertains ;
- d. sont très diversifiés actuellement.

4. L'Homme et le chimpanzé, se distinguent surtout par :

- a. la position et la chronologie d'expression de certains gènes ;
- b. l'absence d'un ancêtre commun ;
- c. des caryotypes très différents ;
- d. des séquences nucléotidiques très différentes.

5. Un primate :

- a. est un singe dépourvu de queue ;
- b. a une mâchoire de forme parabolique ;
- c. est caractérisé par la présence d'un pouce opposable ;
- d. possède un nez à la place d'une truffe.

6. Le phénotype des grands primates s'acquiert :

- a. uniquement au cours du développement postnatal ;
- b. au cours du développement pré- et post natal sous l'effet de l'information génétique et de l'environnement ;
- c. uniquement au cours du développement prénatal ;
- d. au cours du développement pré- et post natal uniquement sous l'effet de l'information génétique.

2^{ème} PARTIE - Exercice 2 - Pratique d'une démarche scientifique ancrée dans des connaissances. 5 points.

Problématique : on cherche une hypothèse sur le mécanisme à l'origine de l'absence de nageoire pelvienne épineuse chez les épinoches d'eau douce.

Document 1.

- Les épinoches marines ont une nageoire épineuse sur leur face ventrale, pas les épinoches d'eau douce.
- La nageoire pelvienne épineuse protège des gros poissons (avantage en milieu océanique) ; son absence rend les poissons moins vulnérables aux larves d'insectes prédatrices (avantage en eau douce).

Document 2.

- On recherche les endroits où s'exprime le gène PITX1 (via la présence d'ARNm), a priori impliqué dans la mise en place de la nageoire pelvienne épineuse au cours du développement.
- On constate que ce gène s'exprime face ventrale, au niveau du territoire de la nageoire pelvienne épineuse, chez l'épinoche marine. Il ne s'exprime pas en revanche chez l'épinoche d'eau douce (qui n'a pas de nageoire pelvienne épineuse).
- Le gène PITX1 semble donc impliqué dans la mise en place de cette nageoire.

Document 3a.

- En comparant les deux séquences du gène PITX1 chez les deux formes de poissons, on ne remarque aucune différence sur l'ensemble des séquences (= aucune mutation).
- Ce n'est donc pas une mutation qui expliquerait la différence d'expression.

Document 3b.

- On trouve des séquences régulatrices en amont des gènes : ces séquences contrôlent l'expression des gènes, et peuvent jouer un rôle majeur dans l'évolution de la morphologie des animaux.
- C'est le cas pour le gène PITX1, précédé de la séquence de régulation PEL.
- Si des facteurs de transcription se lient à cette séquence régulatrice PEL, cela déclenche la transcription du gène PITX1 (synthèse d'ARNm via l'ARN polymérase), puis probablement sa traduction (= expression du gène).
- Ce n'est donc pas le gène PITX1 qui est modifié entre les deux formes d'épinoche, mais la séquence PEL (différente chez l'épinoche d'eau douce ? absente ? On ne peut le préciser ici).

Document 4.

- Par transgénèse, on introduit une construction génique contenant la séquence PEL et le gène PITX1 dans des œufs d'épinoche d'eau douce. Cette dernière acquiert alors une nageoire pelvienne épineuse.
- Cela confirme bien le rôle de la séquence régulatrice PEL (*en fait, elle diffère entre les deux épinoches par une mutation*).

Connaissances :

- S'agissant des gènes impliqués dans le développement, des formes vivantes très différentes peuvent résulter de variations dans la chronologie et l'**intensité d'expression** de gènes communs, plus que d'une différence génétique.
- Sous l'effet de la **pression du milieu**, la diversité des populations change au cours des générations.
- L'évolution est la transformation des populations qui résulte de ces différences de survie et du nombre de descendants.

Conclusion. Les épinoches marines et d'eau douce diffèrent notamment par l'absence d'une nageoire pelvienne épineuse chez la forme d'eau douce. On connaît au moins un gène impliqué dans la mise en place de cette nageoire : le gène PITX1. Ce dernier ne s'exprime pas chez la forme d'eau douce. Pourtant les séquences de ce gène sont strictement identiques chez ces deux poissons. L'absence d'expression s'explique alors par la modification d'une séquence régulatrice située en amont du gène chez la forme d'eau douce. *Cette non expression présente d'ailleurs un avantage en eau douce, les épinoches étant moins vulnérables aux larves d'insectes prédatrices (cas de sélection naturelle). L'expression du gène est par contre un avantage en mer.*

Qualité de la démarche	Éléments scientifiques tirés des documents et issus des connaissances	
Démarche cohérente qui permet de répondre à la problématique	Suffisants dans les deux domaines.	5
	Suffisants pour un domaine et moyen pour l'autre ou moyen dans les deux.	4
Démarche maladroite et réponse partielle à la problématique	Suffisants pour un domaine et moyen pour l'autre ou moyen dans les deux.	3
	Moyen dans l'un des domaines et insuffisant dans l'autre.	2
Aucune démarche ou démarche incohérente	Insuffisant dans les deux domaines.	1
	Rien	0

1. Le genre Homo : c. est associé à la production d'outils complexes ;

2. Le genre Homo se distingue des autres primates par : une bipédie avec un trou occipital avancé.	3. Les différents représentants du genre Homo : ont des liens de parenté incertains ;
4. L'Homme et le chimpanzé, se distinguent surtout par : la position et la chronologie d'expression de certains gènes ;	5. Un primate : est caractérisé par la présence d'un pouce opposable ;

6. Le phénotype des grands primates s'acquiert : au cours du développement pré- et post natal sous l'effet de l'information génétique et de l'environnement.