

## **Dispositif didactique pour l'enseignement-apprentissage de la paléontologie : exemple de la phylogénèse**

**<sup>a</sup>Bérédougou KONE, <sup>b</sup>Moussa Bakary COULIBALY et <sup>a</sup>Lansenou TRAORE**

**<sup>a</sup>Ecole Normale Supérieure de Bamako/Mali**

**<sup>b</sup>Lycée Askia Mohamed/Mali**

### **Résumé**

Cet article propose un dispositif pédagogique visant à aider les élèves à mieux comprendre les étapes de la construction d'un arbre phylogénétique. L'objectif est de résoudre un problème d'apprentissage des contenus liés à la phylogénèse en classe de terminale. L'expérimentation s'est déroulée dans une classe de terminale de 38 élèves. Pour vérifier la pertinence du dispositif, l'essai est précédé et suivi d'un test de connaissances des élèves. Lors du prétest, le dépouillement a donné seulement 3 productions acceptables, soit 8% par rapport à l'arbre phylogénétique attendu contre 34, soit 9-% lors du post-test. Bien que le test ait été administré juste après l'essai, les résultats du post-test sont des indices que le dispositif est porteur.

**Mots-clés :** apprentissage, arbre phylogénétique, enseignement, géologie, phylogénèse.

**Abstract :** Teaching aid for teaching and learning paleontology: example of phylogenesis

This article proposes a teaching method aimed at helping students better understand the construction of a phylogenetic tree. The objective is to solve a problem of learning content related to phylogenesis in the final year of high school. To verify the relevance of the device, the test is preceded and followed by a test of the students' knowledge. During the pretest, the analysis gave only 3, or 8% acceptable productions in relation to the expected phylogenetic tree against 34, or 9-% during the post-test. Although the test was administered immediately after the trial, the post-test results are indications that the device is safe.

**Keywords :** learning, phylogenetic tree, teaching, geology, phylogenesis

## **Introduction**

La phylogénèse est la succession des espèces animales ou végétales que l'on suppose descendre les unes des autres et qui constituent un phylum, autrement dit, c'est la filiation des espèces vivantes au cours de l'évolution. Au Mali, la phylogénèse figure dans le contenu du programme de géologie enseigné en classe de Terminale Sciences Expérimentales (TSEXP). Les apprentissages portent sur la lecture, l'analyse de matrices caractères/taxons, la construction d'arbres phylogéniques (cladogrammes) et leurs interprétations.

Les résultats d'une étude portant sur l'impact de la formation initiale sur le développement professionnel des enseignants de Sciences de la vie et de la terre (SVT) au lycée ont montré que sur 125 enseignants interrogés, 99 ont confirmé avoir des faiblesses dans certaines disciplines académiques parmi lesquelles la géologie vient en première position. La raison est que la plupart de ces enseignants sont rentrés à l'École Normale Supérieure avec une licence en biologie, et ils affirment en plus qu'au cours de leur formation dans ladite école, la grande partie des contenus qui leur sont enseignés en géologie ne prennent pas en compte ce qui est enseigné au lycée et notamment la phylogénèse (Koné et *al.*, 2023). Si ce contexte justifie les difficultés d'une mise en œuvre d'enseignements efficaces sur la phylogénèse, comment aider les enseignants et les élèves pour l'enseignement-apprentissage de la phylogénèse ? C'est pour résoudre cette problématique que nous avons élaboré ce dispositif pour lire et comprendre une matrice caractères/taxons ; construire un arbre phylogénique et l'interpréter.

Nous partons de l'hypothèse que l'enseignement-apprentissage de la géologie au lycée apparaît difficile du fait de la nature même des savoirs, des représentations erronées des élèves, du rapport des enseignants sur les savoirs en rapports avec la phylogénèse, des insuffisances qu'ils ont en termes de compétences didactiques.

La mise à l'essai est menée par un étudiant stagiaire que nous avons encadré dans une classe de TSEXP avec un effectif de 38 élèves. L'essai est précédé et suivi d'un exercice pour tester les connaissances des élèves sur la phylogénèse et leurs savoir-faire pour sa construction d'un arbre phylogénétique.

Dans la première partie nous présentons la méthodologie mise en œuvre, la seconde partie porte sur les résultats et la discussion.

### **1. Méthodologie**

Dans un premier temps, nous avons recherché les difficultés des professeurs de SVT pour enseigner la phylogénèse en classe de TSEXP ainsi que les causes. Pour se faire, nous avons administré un questionnaire à 12 professeurs de SVT à partir d'un échantillonnage raisonné dans 4 lycées de Bamako. Dans un second temps, nous nous sommes intéressés aux élèves de la classe de

TSEXP. Le dispositif est mis à l'essai dans une classe de 38 élèves au Lycée Askia Mohamed, une classe dans laquelle est affecté le stagiaire. Ceci a facilité la mise en œuvre du dispositif.

**La situation d'apprentissage** mise en œuvre par le professeur tuteur en classe avant la mise en œuvre du dispositif se présente comme suit :

Construction d'un arbre phylogénétique : la construction d'un arbre phylogénétique a pour but de reconstituer les relations de parentés entre les êtres vivants. On cherche « qui est plus proche de qui » non « qui descend de qui ».

Principe de reconstruction :

Il est basé sur l'étude d'un échantillon :

- on détermine les caractères homologues comparables.
- on polarise les états du caractère, état ancestral (-) ou état dérivé (+).
- on regroupe les êtres vivants qui portent le même état dérivé d'un caractère.

Seuls les états dérivés des caractères homologues sont utilisés pour établir des parentés.

**Tableau1 : matrice des caractères de la collection grenouille, tortue, crocodile, pigeon.**

Caractères	Grenouille	Tortue	Crocodile	Pigeon
Amnios (a)	-	+	+	+
Gésier (b)	-	-	+	+
Mandibule (c)	-	-	+	+
Bec corné (d)	-	+	-	+
Ailes (e)	-	-	-	+
Colonne vertébrale (f)	-	-	-	-

«+»= caractère dérivé présent ; « - »=caractère dérivé absent

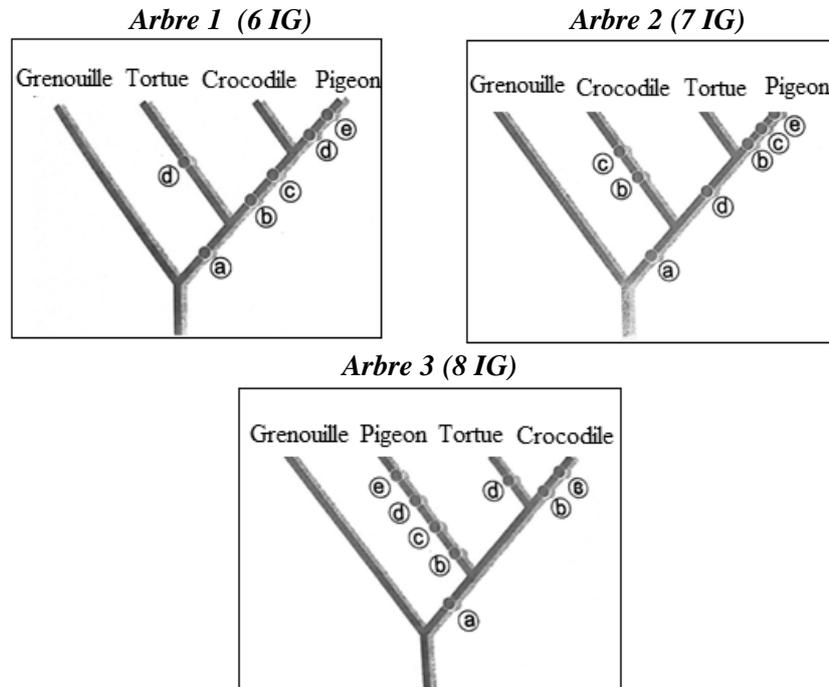
Les caractères indiquent le développement embryonnaire d'un être vivant

Consigne : à partir de l'exploitation du texte et du tableau 1 :

- 1) Construis trois arbres phylogénétiques et précise le nombre d'innovations génétiques (IG) de chaque arbre.
- 2) Détermine l'arbre le plus parcimonieux. Justifie ta réponse.
- 3) La tortue a-t-elle le caractère mandibule dans un état dérivé ou ancestral ?
- 4) A partir des réponses aux questions précédentes donne :
  - a) une définition à la phylogenèse,
  - b) un nom aux différentes étapes de développement d'un être vivant, depuis l'état embryonnaire jusqu'à l'état adulte.

### **Production attendue**

- 1) Les arbres phylogénétiques



**Figure 1 : les arbres phylogéniques attendus pour la situation d'apprentissage proposée par l'enseignant**

- 2) L'arbre le plus parcimonieux ou le plus probable : arbre 1  
Justification : il a le plus petit nombre d'innovations génétiques.
- 3) La tortue possède le caractère mandibule dans un état ancestral.
- 4.a) La phylogénèse est l'étude de la lignée évolutive d'une espèce.
- 4.b) L'ontogénèse : elle étudie le développement embryonnaire d'un individu depuis la fécondation jusqu'au stade adulte.

### **La mise en œuvre du dispositif en classe**

Pour vérifier les acquis des élèves sur la situation d'apprentissage déjà administrée sur la phylogénèse, on a proposé aux élèves l'exercice 1 sous forme de devoir à faire à la maison. Nous avons pris le temps de corriger les productions des élèves et d'analyser les résultats afin de bien préparer la première séance d'intervention pour la mise en œuvre de notre dispositif.

Pour cette première séance, le stagiaire a commenté les productions des élèves. La deuxième séance est consacrée à la mise en œuvre du dispositif. L'activité du stagiaire a consisté expliquer aux élèves comment lire et analyser une matrice, la procédure de construction de l'arbre phylogénétique et l'interprétation. La troisième séance est consacrée à la résolution de l'exercice 2 par les élèves. Toujours sous forme de devoir, mais cette fois-ci en classe, pour éviter qu'ils ne se fassent aider par d'autres personnes. Les productions sont récupérées et corrigées. Nous avons ensuite procédé à une analyse de ces productions pour pouvoir faire une classification par rapport aux réponses attendues.

- Exercice 1 : pré-test administré avant la mise en œuvre du dispositif  
 Question : à partir de la matrice espèces/caractères suivante, élabore un arbre phylogénique des 5 espèces représentées

**Tableau 2 : matrice du pré- test**

: caractère dérivé présent - : caractère dérivé absent		Espèces				
		Escargot	Lézard	Souris	Homme	Carpe
Caractères	<b>a. Yeux et bouche</b>	+	+	+	+	+
	<b>b. Vertèbres</b>	-	+	+	+	+
	<b>c. doigts</b>	-	+	+	+	-
	<b>d. Bipédie permanente</b>	-	-	-	+	-
	<b>e. Poils</b>	-	-	+	+	-

- Exercice 2 : post-test administré après la mise en œuvre du dispositif  
 Question : à partir de la matrice espèces/caractères suivante, élabore un arbre phylogénique des 5 espèces représentées.

**Tableau 3 : matrice du post-test**

: caractère dérivé présent - : caractère dérivé absent		Espèces				
		Cheval	Crocodile	Lézard	Perroquet	Tortue
Caractères	<b>Acide ornithurique (a)</b>	-	+	+	+	+
	<b>Amnios (b)</b>	+	+	+	+	+
	<b>Fenêtre antéorbitaire (c)</b>	-	+	-	+	-
	<b>Fenêtre sous-orbitaire (d)</b>	-	+	+	+	-
	<b>Plumes (e)</b>	-	-	-	+	-

- **Le dispositif mis à l'essai** : il comprend des éléments théoriques à faire comprendre aux élèves, l'analyse de la matrice, la méthodologie pour construire l'arbre phylogénétique, son interprétation. Ces éléments sont expliqués aux élèves et à la fin un support leur est remis servant de résumé sur la phylogénèse leur permettant de s'exercer de façon autonome. Le caractère innovant du dispositif réside sur le fait que nous avons pris le soin de décrire soigneusement la procédure afin de comprendre les constituants d'une matrice, pour pouvoir élaborer un arbre phylogénique. Cela permet à chaque apprenant de se mettre à niveau si les explications et les

démonstrations du professeur en classe ne leur permettent pas de saisir certaines étapes de la démarche.

Pour les éléments théoriques sur l'arbre phylogénétique, il s'agit des composantes de l'arbre (Figure 2), l'emplacement des innovations génétiques (IG), la place des espèces dans l'arbre phylogénétique et les liens de parenté.

L'axe vertical représente le temps, son extrémité supérieure correspond au temps présent (actuel). Les feuilles de l'arbre représentent les taxons (espèces). Les lignes ou traits qui lient l'axe aux feuilles sont les branches. Elles représentent des lignées évolutives et retracent l'histoire des unités taxonomiques depuis leurs ancêtres communs jusqu'aux espèces actuelles.

Le point où diverge deux branches de l'arbre s'appelle un nœud. Il correspond à l'ancêtre commun aux deux lignées qu'il sépare. Les sommets des branches sont occupés par les espèces.

La place des espèces dans l'arbre phylogénétique : par exemple l'Homme, le Gorille, l'Orang-outan sont placés sur l'axe du temps actuel, ce sont des espèces vivantes. L'australopithèque qui est situé en dessous de l'axe horizontale (indiquant le temps actuel) est un fossile.

Les liens de parenté représentés par l'arbre phylogénétique : plus l'ancêtre commun à deux espèces est récent, plus les relations de parenté qui existent entre elles sont étroites. De même plus deux espèces ont des états dérivés de caractères en commun, plus leurs relations de parenté sont étroites. Exemple : l'Homme et l'australopithèque ont un ancêtre commun plus récent que celui partagé par l'Homme et le gorille.

L'emplacement des innovations génétiques (IG) : une IG correspond à l'apparition d'un état dérivé d'un caractère. Si pour les espèces de l'arbre, on connaît les états primitifs et dérivés d'un caractère, on place des IG en considérant qu'elles sont apparues avant le dernier ancêtre commun à toutes les espèces partageant le même état dérivé. Exemple : si l'Homme, le gorille et l'australopithèque possèdent le même état dérivé d'un caractère l'IG est placée sur l'axe de l'évolution avant les branches qui portent ces espèces. Chez l'Orang-outan où le caractère dérivé est absent (état primitif), l'IG est placée sur l'axe de l'évolution après la branche qui le porte. A partir de ces éléments il est intéressant de dresser le portrait de l'ancêtre commun à plusieurs espèces grâce à l'arbre phylogénétique : les ancêtres communs représentés aux nœuds de l'arbre possèdent tous les états dérivés de caractères que partagent les descendants.

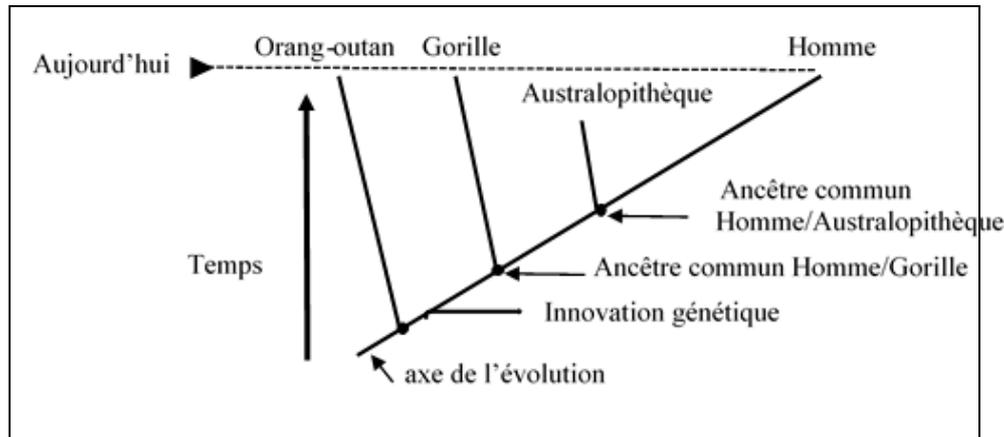


Figure 2 : exemple de l'arbre phylogénétique

### La méthodologie pour tracer un arbre phylogénétique

On a besoin d'outils et d'une bonne maîtrise du vocabulaire et la matrice taxons/caractères

- *Le vocabulaire à maîtriser* : est relatif aux données anatomiques indispensables pour établir la parenté entre espèces. Il s'agit des notions de caractères homologues, d'états ancestraux et d'états dérivés, ancêtre commun, innovation génétique, taxons.

Organe homologue/organe analogue : un organe anatomique est homologue chez deux espèces s'il possède la même organisation structurale, les mêmes connexions avec les structures voisines et la même origine embryologique, que sa fonction soit identique ou non chez les deux espèces. Exemple l'aile du pigeon et le membre antérieur de l'Homme. Si deux espèces partagent des caractères homologues, cela indique qu'elles les ont hérités d'un même ancêtre commun et qu'il existe entre eux des liens de parenté. Deux pièces anatomiques analogues n'ont pas la même structure, même si leur fonction est identique. Exemple : l'aile du pigeon et l'aile de l'insecte. Les caractères analogues ne permettent pas d'établir des liens de parenté entre les êtres vivants.

Etat ancestral/état dérivé : chaque caractère homologue existe sous un état ancestral (primitif) et sous un état dérivé. L'état dérivé provient d'une évolution de l'état primitif au cours du temps. Par exemple : le caractère "présence de réserves" dans l'œuf existe à l'état ancestral chez les animaux qui ont beaucoup de réserves dans l'œuf, alors que l'état dérivé de ce caractère correspond à la "présence de peu de réserves" dans l'œuf (exemple des mammifères). On considère que deux espèces sont d'autant plus proches qu'elles ont en commun un nombre élevé d'états dérivés de caractères. Les espèces sont donc considérées comme d'autant plus étroitement apparentées qu'elles partagent un grand nombre d'états dérivés de caractères. Par exemple, chez trois espèces, l'Homme, le chimpanzé et le crapaud, on étudie trois caractères homologues : l'allaitement, les mâchoires et le placenta

(tableau 4). On peut déterminer le nombre d'états dérivés partagés par ses espèces :

**Tableau 4 : états primitifs et dérivés des trois caractères homologues**

	Allaitement	Mâchoires	Placenta
<b>Etat primitif (-)</b>	-	-	-
<b>Etat dérivé (+)</b>	+	+	+

- *les outils à manipuler* : la matrice taxons/caractères (tableau 5) : c'est un tableau présentant les caractéristiques des espèces étudiées (taxons) et les états (primitifs, dérivés) des caractères. Il faut savoir le lire et l'interpréter pour pouvoir élaborer un arbre phylogénétique.

**Tableau 5 : état de caractères (dérivé ou primitif) des trois espèces (Homme chimpanzé, crapaud)**

	Allaitement	Mâchoires	Placenta
<b>Homme</b>	+	+	+
<b>Chimpanzé</b>	+	+	+
<b>Crapaud</b>	-	+	-

« + » = présent et « - » = absent

- *Construction de l'arbre phylogénétique* : avant de tracer l'arbre phylogénétique, il est important d'élaborer un tableau de recensement des états dérivés partagés par les espèces de la matrice que l'on compare deux à deux.

Pour l'exemple des trois espèces : Homme, chimpanzé et crapaud, la comparaison se présente comme suit

**Tableau 6 : recensement du nombre d'états dérivés partagés par ces espèces comparées deux à deux**

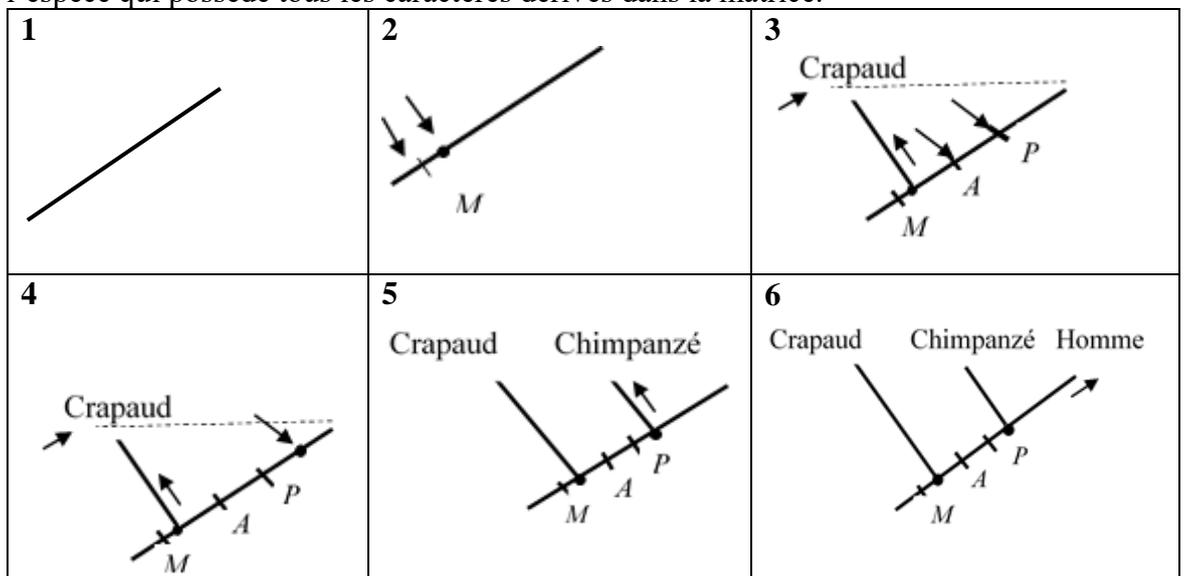
	Homme	Crapaud	Chimpanzé
<b>Homme</b>		<b>1 (présence de mâchoires)</b>	<b>3</b>
<b>Crapaud</b>			<b>+ (présence de mâchoires)</b>
<b>Chimpanzé</b>			

Après cette comparaison, on identifie les degrés de parentés entre les espèces et cela oriente l'emplacement des espèces les unes par rapport aux autres, les ancêtres communs, les innovations génétiques.

**Les étapes à suivre** (figure 3):

- tracer un axe d'évolution (axe oblique) ;
- la première espèce à être placée est celle qui a le plus de caractères ancestraux (primitifs) : les mâchoires
- placer un nœud (ancêtre commun de tous ses descendants) ;

- tracer un trait pour représenter la 1<sup>ère</sup> branche de l'arbre (perpendiculaire à l'axe d'évolution) à partir du nœud jusqu'au niveau de l'axe horizontal (aujourd'hui) limitant le sommet de l'arbre : ensuite noter en haut de cette branche le nom de l'espèce qui a le plus de caractères ancestraux ;
- placer un second nœud (en suivant le sens de la lecture de l'arbre) ;
- tracer une branche à partir du nœud jusqu'au sommet de l'arbre : noter le nom de l'espèce qui possède le nouveau caractère et celle qui ne possède pas les autres caractères ;
- procéder de la même façon pour placer les autres espèces, ancêtres communs et IG ;
- pour terminer mettre au sommet de l'axe d'évolution (dernière branche) l'espèce qui possède tous les caractères dérivés dans la matrice.



M ; mâchoires ; A : allaitement ; P : placenta

Figure 3 : étapes de la construction de l'arbre phylogénétique représentant les relations de parenté

### Interprétation de l'arbre phylogénétique

Les deux espèces qui ont l'ancêtre commun le plus récent sont donc l'Homme et le chimpanzé car elles partagent trois états dérivés de caractères. Le crapaud, qui ne partage qu'un seul état dérivé de caractère avec l'Homme et le chimpanzé, partage un ancêtre commun plus ancien avec ces deux espèces : leur lien de parenté est donc moins étroit.

## 2. Résultats

### - Les causes des difficultés des professeurs pour enseigner la phylogénèse

Après le dépouillement des fiches de questionnaires renseignées par les 12 professeurs, il ressort qu'aucun d'eux n'a eu une formation continue pour l'enseignement de la géologie depuis leur entrée en fonction. Tous les 12 affirment avoir des difficultés pour enseigner efficacement la phylogénèse. Les causes évoquées (Figure 4) sont : - l'absence de ce contenu dans le

programme de formation des enseignants à l'Ecole normale supérieure, - l'absence de formation continue, - le fait même que le contenu soit difficile à comprendre.

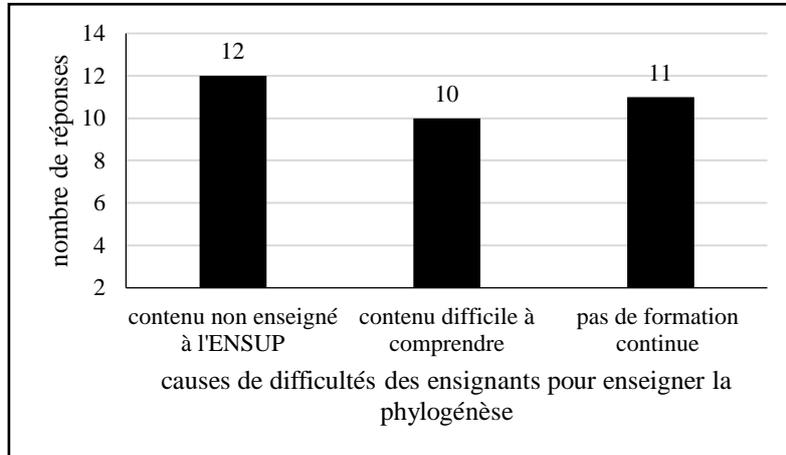


Figure 4 : causes évoquées par les enseignants sur leurs difficultés à enseigner la phylogénèse

#### - L'évolution des acquis des apprentissages des élèves

Après l'analyse des productions des élèves à la suite du pré-test et du post-test, nous avons obtenu les résultats représentés par le figures 5. Les productions attendues des élèves pour le pré-test (exercice 1) administré après la situation d'apprentissage du professeur tuteur, et donc avant la mise en œuvre du dispositif expérimental et celles du post-test (exercice 2) administré après la mise à l'essai du dispositif, étaient la présentation d'arbres phylogénétiques présentant le minimum d'innovations génétiques.

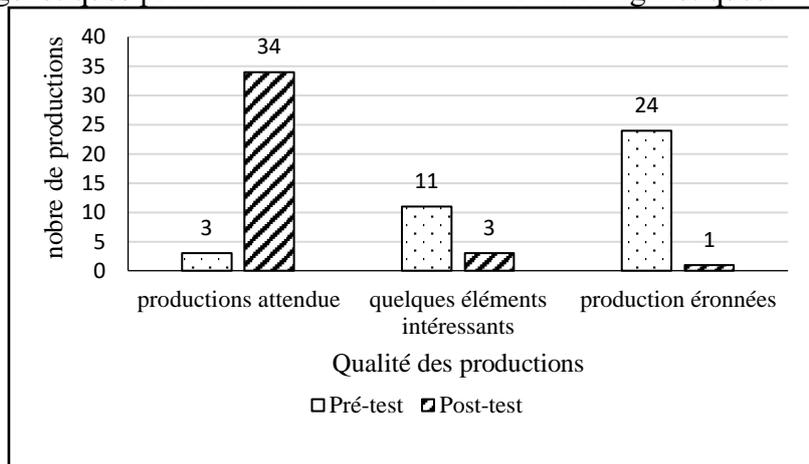


Figure 5 : résultats de l'exercice 1 (pré-test) et de l'exercice 2 (post-test)

Pour déterminer les liens de parenté il fallait que les élèves maîtrisent la procédure de comparaison des espèces deux par deux.

Pour l'exercice 1, nous avons proposé le tableau 7 ci-dessous.

**Tableau 7 : comparaisons des espèces 2 par 2**

	Escargot	Lézard	Souris	Homme	Carpe
Escargot		1	1	1	1
Lézard			3	3	2
Souris				4	2
Homme					2
Carpe					

1, 2 ; 3, 4= nombre d'états dérivés en commun entre deux espèces

- l'Homme et la souris partagent 4 états dérivés de caractères, ils sont donc plus proches ;
- le lézard est plus proche de la souris et de l'Homme aussi, ils partagent 3 états dérivés ;
- la carpe est plus proche de lézard avec 2 états dérivés de caractères ;
- l'escargot reste le plus éloigné de toutes les espèces.

On a donc dans l'ordre : escargot-tortue-lézard -souris-homme

Pour l'exercice 2 les élèves devraient pouvoir faire le tableau 8

- le perroquet et le crocodile partage 4 états dérivés de caractères, ils sont donc plus proches ;
- le lézard est plus proche du crocodile avec 3 caractères dérivés ;
- le perroquet et le lézard sont aussi plus proches avec 3 caractères ;
- la tortue est plus proche du perroquet avec 2 caractères dérivés ;
- le cheval est le plus éloigné de toutes.

**Tableau 8 : comparaisons des espèces 2 par 2**

	Cheval	Crocodile	Lézard	Perroquet	Tortue
Cheval		1	1	1	1
Crocodile			3	4	2
Lézard				3	2
Perroquet					2
Tortue					

1, 2 ; 3, 4 = nombre d'états dérivés en commun entre deux espèces

### **Les productions des élèves comparées aux productions attendues**

Pour l'exercice 1, seulement trois production d'élèves sur 38, soit 8% sont conformes à l'arbre phylogénétique attendu (figure 6 a), 24 productions sont erronées et les 11 autres ont fait apparaître sur une ou deux branches des innovations génétiques ou encore l'espèce qui doit occuper la première ou la dernière branche ne l'est pas.

Pour l'exercice 2, 34 productions d'élèves, soit 90% sont conformes à l'arbre phylogénétique attendu (figure 6 b), 3 productions présentent une à deux erreurs et une production est erronée.

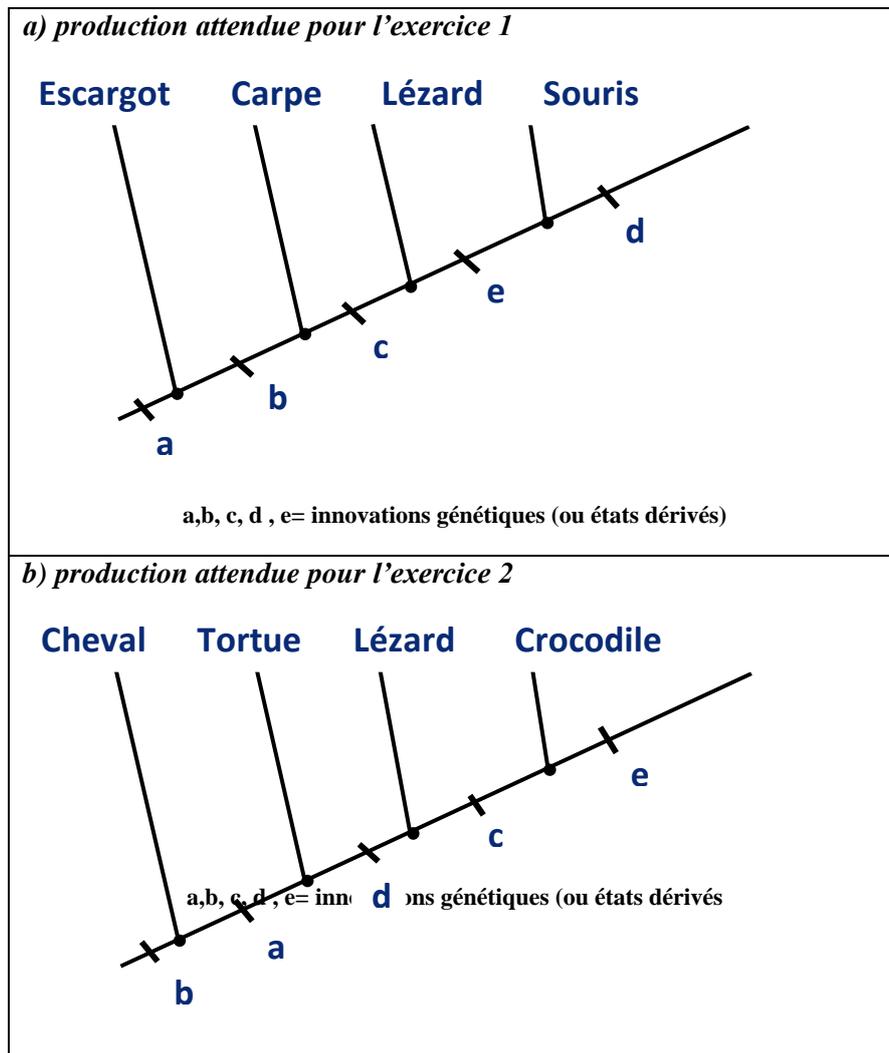


Figure 6 : les arbres phylogénétiques attendus pour l'exercice 2 du post-test

### 3. Discussion

Les résultats du pré-test nous indiquent qu'à la suite du cours dispensé par le professeur tuteur, les élèves avaient des acquisitions faibles sur la phylogénèse car seul 8% avait pu produire l'arbre phylogénétique attendu. Mais on a constaté une nette amélioration après la mise en œuvre du dispositif. Il semble que les élèves ont mieux maîtrisé la procédure de construction de l'arbre phylogénétique. La situation d'apprentissage proposée par le professeur tuteur justifie en partie cette faiblesse. La présentation de cette situation sur la fiche d'activité donnée aux élèves montre que ces derniers n'ont pas été préparés en amont. Il semble que l'enseignant n'a pas fait de démonstration portant sur la lecture, la compréhension d'une matrice et la procédure d'élaboration d'un arbre phylogénétique. Nous nous accordons avec Koné et *al.* (2023) que les insuffisances trainées par les

enseignants en géologie lors de leur formation initiale expliquent aussi les pratiques habituelles chez eux. Cela confirme les réponses des enseignants interrogés qui, affirment tous les 12 n'avoir pas eu des enseignements sur la phylogénèse à l'École normale. Dix d'entre eux trouvent que l'enseignement de ce contenu est difficile. Les enseignants ont donc dû apprendre la main à la pâte et avec d'autres collègues. Dans ce contexte, c'est seulement lorsqu'ils sont affectés dans une classe de TSEXP qu'ils abordent pour la première fois la notion de phylogénèse. Ceci traduit l'incohérence dans les programmes de formation des enseignants et les programmes enseignés au lycée.

A cela, il faut ajouter le manque de ressources didactiques pour ce contenu et des situations d'apprentissage qui accrochent peu les élèves. C'est d'ailleurs cela que nous constatons dans les classes avec la plupart des contenus de géologie. Ce manque de motivation des élèves en cours de géologie est soutenu par Rassou (2017). Selon cet auteur, les élèves sont très peu impliqués dans les cours de géologie car les enseignants disposent de peu de ressources didactiques pour mettre les élèves en activité, ce qui rend l'enseignement de cette matière difficile, de plus les enseignants n'ont pas eux-mêmes été bien formés pour l'enseignement de la géologie. De même selon Lakhroufi (2014) l'enseignement-apprentissage de la géologie est confronté à des difficultés aussi bien pour les enseignants que pour les élèves. Nous soutenons comme Koné et *al.* (2023) et Rassou (2017), que le manque de ressources didactiques, le manque de pratiques expérimentales en classe, l'absence des formations initiales ou continues des professeurs de SVT en géologie sont les principales difficultés qui influencent les apprentissages de la géologie. Ainsi, selon Rassou (2017), l'absence des laboratoires géologiques au sein des établissements scolaires et l'absence de sortie de terrain en géologie et de travaux en laboratoires constituent les principales causes des difficultés de l'enseignement de la géologie. Il nous semble important de souligner que la nature même des savoirs en géologie, la compréhension difficile des phénomènes géologiques, la question de temps géologique difficilement perceptible par l'esprit humain, le non accès direct au déroulement des phénomènes, sont des obstacles à l'apprentissage et aussi l'enseignement efficace ses contenus. Sur le point, nous sommes confortés par les auteurs comme Rassou (2017), Sanchez et Prieur (2006), Raabet (2002), Trend (2000). Gould (1990), selon lesquels les difficultés d'enseignement et d'apprentissage de la géologie sont largement liées aux rapports que la discipline entretient avec le temps. Il s'agit des difficultés à appréhender des temps longs, à élaborer un raisonnement diachronique, à saisir le rôle de la contingence dans l'histoire géologique. Ainsi donc pour Chalak et El Hage (2011), des obstacles épistémologiques, didactiques, idéologiques, économiques, curriculaires et professionnelles peuvent être à la base des résistances que rencontre l'enseignement de la géologie.

## Conclusion

Le dispositif mis en œuvre a donné des résultats encourageants, car 90% des élèves ont pu produire l'arbre phylogénétique attendu car une véritable évolution des acquisitions est confirmée par les résultats du post-test. Par contre, les pré-test, ont montré une faiblesse des acquisitions des élèves qui se rapportent aux difficultés évoquées par les enseignants, notamment l'absence de contenus enseignés sur la phylogénèse dans le programme de formation initiale des enseignants.

A la suite de la mise en œuvre du dispositif, nous pouvons croire que les élèves ont mieux appris la phylogénèse. Il peut donc être un outil pour aider les enseignants et les élèves pour l'enseignement-apprentissage de ce contenu de géologie en TSEXP. Il est important d'initier des formations continues des enseignants, centrées sur la didactique de l'enseignement des contenus de géologie et pour ce cas précis de la phylogénèse en mobilisant les ressources pédagogiques audiovisuelles et des modèles géologiques permettant de simplifier quelques concepts pour permettre d'accéder à une explication des problèmes scientifiques et phénomènes géologiques complexes comme la phylogénèse.

## Références bibliographiques

- Gould, S. J. (1990). *Aux racines du temps*. éd. Grasset et Fasquelle. 352 p.
- Koné, B., Traoré, I. S., Yanoga, A.Y. (2023). « Impact de la formation initiale sur le développement professionnel des enseignants ». *Collection Recherches & Regards d'Afrique* vol. 2, n° 15, p. 41-57
- Lakhloufi, A. (2014). « Pourquoi l'étude de la géologie n'as pas réussi au Maroc ? » *Centre des Etudes et des Recherches de l'Evaluation, de l'Education et de la Formation*.
- Raab, T. et Frodeman, R. (2002). « What's it like to be a geologist ? Phenomenology of geology and its practical implications. » *Philosophy and Geography* n°5, pp. 69-81., consulté le 15 août 2024. URL : [https://www.researchgate.net/publication/200043251\\_](https://www.researchgate.net/publication/200043251_)
- Rassou, K. K., Fouad, K. et Benbrahim, M. (2017). « Difficultés Relatives A L'enseignement-Apprentissage De La Géologie En Classes Secondaires Qualifiantes Cas De La Délégation d'Inzegane Ait. » *European Scientific Journal* Vol.13, No.18, p. 294-313, consulté le 15 août 2024. doi : 10.19-44/esj.2017.v13n18p294, consulté le 29 juillet 2024, URL:<http://dx.doi.org/10019044/esj.2-17.v13n18p294>
- Sanchez, E. (2008). « Quelles relations entre modélisation et investigation scientifique dans l'enseignement des sciences de la terre ? », *Éducation et didactique*, vol 2 - n°2, p. 93-118, consulté le 12 août 2024, URL : <https://hal.science/hal000528933> 5

- Sanchez, E. et Prieur, M. (2006). Démarche d'investigation dans l'enseignement des sciences de la Terre : activités élèves et scénarios. Scénariser l'enseignement et l'apprentissage : une nouvelle compétence pour le praticien ? 8<sup>e</sup> Biennale de l'éducation. Lyon : INRP/APRIEF., consulté le 1- août juillet 2024, URL : [http://www.inrp.fr/archives/colloques/scenario2006/actes/sanchez\\_prieur.pdf/](http://www.inrp.fr/archives/colloques/scenario2006/actes/sanchez_prieur.pdf)
- Trend, R. (2000). « Conceptions of geological time among primary teacher trainees, with reference to their engagement with geoscience, history, and science. » *International Journal of Science Education*, n°22(5), pp. 539–555.