

L'évolution des représentations d'étudiants tunisiens à travers la conception itérative d'un système d'apprentissage en ligne

The evolution of representations of tunisian students through the iterative design of an e-learning system

Elassaad Elharbaoui, Fathi Matoussi

Université Virtuelle de Tunis, Tunis, Tunisie

Jean Gabin Ntebutse

Université de Sherbrooke, Centres de recherche CÉRTA et CRIRES, groupe PeD-TICE, Canada

Mossadok Ben-Attia

Laboratoire de bio-surveillance et environnement, Faculté de Bizerte, Tunisie

Résumé

L'essor de l'intégration des pratiques numériques en éducation, notamment lors des processus d'ingénierie pédagogique des Systèmes d'Apprentissage (SA) en ligne, influence la qualité des communications, des productions et des connaissances construites par les apprenants dans des contextes d'enseignement à distance. Nous pensons que la prise en considération, lors de la phase d'analyse des besoins d'apprentissage constitutive du modèle (ADDIE), des obstacles épistémologiques générés par les représentations des apprenants pourrait orienter le concepteur du cours en ligne dans le choix de situations d'apprentissage efficaces. Cette stratégie pédagogique permettrait la construction des connaissances après une phase de diagnostic suivie de remédiation des difficultés dues aux représentations développées par les apprenants. Le cas développé dans cette contribution est la comparaison de l'évolution des représentations liées au concept de « photopériodisme chez les animaux d'élevage » de deux groupes d'étudiants de Master en agro-alimentaire. L'analyse comparative des réponses des deux groupes d'apprenants à un même questionnaire, nous a permis de mettre en évidence l'importance de la conception itérative dans l'évolution des représentations des apprenants voire même le dépassement d'obstacles épistémologiques générés par celles-ci.

Mots clés : E-learning, ingénierie techno-pédagogique, Modèle ADDIE, Système d'apprentissage en ligne, conception itérative

Abstract

The rise of the integration of digital practices in education, particularly in the pedagogical engineering processes of E-Learning Systems (LS), influences the quality of communication, productions and knowledge constructed by learners in teaching contexts at a distance. We consider that the analysis of Learning Needs constituting the model (ADDIE) should take into account the epistemological obstacles generated by the representations of the learners in terms of the choice of effective learning situation. This pedagogical strategy would allow the construction of epistemic knowledge after a phase of diagnosis followed by remediation of the difficulties due to the representations developed by the learners. The case study developed in this paper is a comparison of the evolution of representations related to the concept of "Photoperiodism in livestock" in two groups of students in the agro-food master and belonging to the same class. By comparing the answers of the two groups of learners to the same questionnaire, we have succeeded in highlighting the importance of iterative design in the evolution of the representations of the learners and even the overcoming of the epistemological obstacles generated by it, this.

Keywords: E-learning, techno-educational engineering, ADDIE model, e-learning system, Iterative design

I. Introduction

Ces dernières années ont connu un essor phénoménal de l'usage et de l'intégration des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) dans les différents parcours éducatifs de l'enseignement supérieur. Ces technologies numériques, au service de l'enseignement supérieur, sont entrain de participer à la naissance d'un nouveau mode d'enseignement/apprentissage en ligne. En Tunisie, l'enseignement universitaire à distance a vu le jour avec la création en 2002 de l'Université Virtuelle de Tunis (UVT) comme espace pour la conception des cours en ligne, la diffusion du savoir scientifique, l'évaluation des acquis des apprenants et aussi probablement comme un levier pour la recherche universitaire en technologies éducatives. C'est dans ce contexte que le présent travail prend origine. En effet l'essentiel du travail entrepris consiste à l'itération d'un cycle de conception, d'expérimentation et d'évaluation d'un prototype (version) du SA (Paquette, 2002). Les deux versions du cours en ligne issus de l'itération constituent des supports pour les apprentissages de concepts de chronobiologie tels que : «rythmes biologiques», «jour court» et «jour long». Chaque prototype fait l'objet d'apprentissage d'un groupe de 24 étudiants tirés par randomisation à partir d'une classe de 1^{ère} année de Master en agro-alimentaire. Avant même l'enseignement à distance, ces étudiants ont développé un ensemble d'idées coordonnées et d'images cohérentes des concepts objet d'apprentissage à savoir «rythme biologique» et «photopériodisme». Ces idées sont mobilisées par ces étudiants pour comprendre le monde physique et biologique qui les entoure et pour raisonner face à des situations problèmes. En didactique de la biologie, le modèle explicatif du monde physique que développe l'apprenant, correspond à des conceptions où représentations considérées comme des obstacles à la construction des connaissances scientifiques (Brousseau, 1989). L'étude des représentations des apprenants constitue un outil fondamental dans l'enseignement de la biologie. En effet, à partir de leur identification avant apprentissage, la vérification de leur persistance après apprentissage suivi de leur comparaison, permettraient certainement à l'enseignant d'évaluer le niveau de maîtrise des concepts objet d'apprentissage. De ce fait, l'enseignant pourra caractériser l'écart entre les représentations et le savoir scientifique à construire par l'apprenant. Ainsi, l'étude des représentations des apprenants, dans un nouveau mode d'enseignement à distance, permettrait à l'enseignant d'une part de tester l'efficacité du dispositif d'enseignement/apprentissage conçu et d'autre part d'apporter les réajustements nécessaires au dispositif en fonction des besoins des apprenants. En nous inspirant, d'une part, de l'apport de la conception itérative dans l'affinement et l'amélioration des prototypes du SA et, d'autre part, de l'importance de la prise en considération des représentations des apprenants lors de la conception et la re-conception de tels cours en ligne, nous essayerons à travers cette contribution de trouver des éléments de réponse à la question suivante: l'adoption de la démarche de conception itérative du SA en ligne axée sur le modèle ADDIE et associée à la prise en considération des représentations est-elle susceptible de favoriser l'évolution des représentations que se font les étudiants tunisiens, en 1^{ère} année du mastère en agro-alimentaire, sur le concept « photopériodisme chez les caprins » ?

II. Processus pédagogiques de conception des prototypes de (SA) en ligne

Dans le cadre de l'enseignement universitaire à distance nous avons mobilisé des dispositifs E-learning composés de ressources éducatives variées, d'infrastructures humaines et technologiques, de services, de matériels et d'un environnement numérique dont l'objectif inhérent est l'apprentissage. Ces dispositifs constituent des systèmes d'apprentissage en ligne (SA) qui s'articulent essentiellement sur trois modèles à savoir le modèle de connaissances constituant l'objet d'apprentissage, le modèle pédagogique spécifiant les processus d'apprentissage et de formation, et le modèle médiatique définissant les matériels pédagogiques et les infrastructures qui soutiennent l'apprentissage (Paquette, 2002). L'essentiel du travail de recherche envisagé consiste en la conception, la diffusion, l'expérimentation, l'évaluation et la re-conception des prototypes du SA en ligne. Il s'agit d'un processus pédagogique selon une approche de conception itérative (boucles de conception) (Wang et Hannafin, 2005) qui nécessite des connaissances théoriques et des compétences pratiques en ingénierie pédagogique. Lors des processus de conception et de re-

conception des prototypes du SA en ligne entrepris, nous nous référerons au modèle ADDIE (Basque 2004) tout en prenant en compte les représentations des apprenants relatives au concept « photopériodisme chez les caprins ».

A. Le modèle ADDIE appliqué aux prototypes du SA en ligne

D'après Basque (2004), le cycle de vie d'un dispositif d'apprentissage en ligne est défini selon le modèle ADDIE constitué de cinq phases (Analyse, Design, Diffusion, Implantation et Évaluation) entre lesquelles existent des boucles de rétroactions. Au cours de la première phase, celle de l'Analyse, nous analysons certain nombre de composantes qui peuvent orienter le projet du développement du système d'apprentissage (*ibid.*). Dans le contexte de l'enseignement universitaire en Tunisie, l'enseignement en présentiel, de type magistral, se trouve influencé par l'absentéisme important des étudiants aux différentes séances d'apprentissage et se heurte aux difficultés liées aux déplacements des étudiants pour joindre les séances d'apprentissage, *etc.* Ce type d'enseignement et d'ailleurs limité au papier peint et aux tableaux blancs comme support pour l'enseignement. L'évolution phénoménale de l'usage des interfaces de communication sociale (Twitter, Facebook, LinkedIn...) a influencé considérablement la vie quotidienne des étudiants et elle a révolutionné les communications (Barlette, 2013). Dans ces espaces de communication virtuelle, ni le temps ni l'espace contraignent le partage et le mutualisme de la culture individuelle et même collective. Concernant la deuxième phase consacrée au design (D) (premier cycle de conception) et celle réservée au re-design (deuxième cycle de conception), nous sommes appelés à spécifier certains points essentiels à savoir les objectifs de l'apprentissage, l'ensemble des éléments de son contenu, les stratégies pédagogiques et le choix des outils numériques. Au terme des apprentissages en ligne envisagés, les étudiants (les deux groupes d'étudiants en mastère agro-alimentaire) seront capables de connaître les « caractéristiques des rythmes biologiques », les « rythmes saisonniers de la reproduction des caprins » et « l'implication des jours courts dans les rythmes saisonniers chez les caprins ». Dans cette phase de design, les prototypes du SA comportent, en l'occurrence, des activités de communication synchrones par tchat et asynchrones par forum de discussion. C'est au cours de la phase ayant trait au Développement (D) que nous parviendrons à mettre les deux prototypes du SA en ligne en spécifiant le contenu d'apprentissage, les outils numériques, les stratégies pédagogiques et le mode d'évaluation. Nous utilisons les outils numériques, mis à notre disposition par l'UVT via MOODLE. Parmi ces outils nous citons, l'outil « Forum », l'outil « Tchat », l'outil « Atelier », l'outil « Glossaire » *etc.* Quant à la quatrième phase dédiée à l'implantation (I), une fois que le cours est élaboré, il sera diffusé aux étudiants concernés. Ces derniers après leurs inscriptions sur la plateforme organisationnelle, obtiennent des coordonnées d'accès aux espaces du cours en ligne. La dernière étape, celle de l'évaluation (E) est une étape déterminante dans le processus du design pédagogique. Évaluer c'est porter un jugement sur les différentes caractéristiques du système d'apprentissage et donc forger un avis sur la réussite de la formation en ligne. Dans le cadre de notre recherche, nous avons mené dans un premier temps un travail d'évaluation du premier prototype du SA en ligne qui a touché les différents aspects didactiques, pédagogiques et technologiques de la première version du cours en ligne. L'objectif est d'évaluer la qualité, l'efficacité, la pertinence et la fiabilité du prototype du SA, et son impact sur les apprentissages en ligne. La prise en considération des résultats de l'évaluation de ce premier prototype, lors de la phase de re-conception permettra son affinement et donc l'élaboration d'une seconde version plus fiable et plus pertinente (Wang et Hannafin, 2005). Lors de la re-conception, les affinements ont touché plus particulièrement la communication en ligne par « Tchat » et par « Forum de discussion » et le parcours d'évaluation adopté. Dans le premier prototype le « Tchat » est aléatoire, le « Forum » est sous forme de « Question réponse ». Le « Tchat » et le « Forum de discussion » utilisés dans la première version du cours E-learning constituent des outils médiatiques pour la communication en ligne et n'ont pas fait l'objet d'activités d'apprentissage coordonnées par l'enseignant. Cependant dans la deuxième version, ces outils ont favorisé d'une part la dynamisation du travail collaboratif entre les pairs et d'autre part un suivi et une meilleure gestion des communications par l'enseignant. Ceci s'est concrétisé par des rencontres synchrones planifiées par l'enseignant via l'outil « Schedule » du MOODLE et selon des créneaux (10 intervenants par créneau). Lors de la création des créneaux, nous avons pris en considération la disponibilité de l'enseignant et nous avons laissé à l'étudiant le choix des créneaux adéquats. Les

discussions via l'outil forum sont organisées par l'enseignant selon des thèmes bien précis. Ce choix permettra d'une part l'organisation des discussions et d'autre part l'aisance de la gestion de communications par l'enseignant et la diffusion de ses Feedback. Certes dans la première version, du SA, l'évaluation des connaissances est assurée par l'enseignant via l'outil médiatique « Devoir », cependant, lors de la deuxième version, nous avons planifié un parcours d'évaluation à quatre phases via l'outil numérique « Atelier »: Au niveau de la première et de la seconde phase, et au fil de ce parcours force est d'allouer le temps pour la remise des devoirs dont l'attribution aléatoire aux évaluateurs (étudiants) est effectuée par l'ordinateur. Quant à la troisième phase, l'évaluation des devoirs y est attribué selon les mêmes grilles utilisées (voir annexe II) lors de l'évaluation des connaissances dans le premier prototype. La phase ultime est celle consacrée à la vérification des notes attribuées et à la re-évaluation des devoirs par l'enseignant, une attribution de note finale s'ensuit. Il convient de signaler qu'au niveau du premier prototype du SA, l'évaluation par l'enseignant est foncièrement subjective en ce sens que l'apprenant ignore les critères que l'enseignant a utilisés pour l'évaluation des devoirs. Il ne reçoit pas les corrections de sa production et les feedbacks de l'enseignant qui constituent deux critères importants dans la progression de l'apprentissage et la construction des connaissances scientifiques. En ce qui concerne la seconde version du cours E-learning, elle repose sur l'évaluation par les pairs qui offre à l'apprenant l'opportunité d'évaluer le travail de son collègue (le nom du propriétaire du devoir apparaît devant l'évaluateur). Le devoir à évaluer est accompagné de deux grilles d'évaluation des connaissances (voir annexe II) avec des indicateurs précis élaborés préalablement par l'enseignant (l'expert du contenu). Cette évaluation par les pairs permet à l'apprenant de revoir ses acquis et de les confronter avec ceux de ses pairs. L'objectif est double. Il s'agit de la consolidation des connaissances construites et la planification des remédiations aux difficultés d'apprentissage rencontrées. Cependant cette évaluation par les pairs pourrait montrer une subjectivité liée essentiellement aux relations entre apprenants. Il s'agit d'une sorte de dérive de l'évaluation due à une sympathie de l'évaluateur avec son copain, que nous proposons d'appeler « *effet de copinage* »

B. Les représentations relatives au concept « photopériodisme chez la caprins »

Les apprenants manifestent à priori des idées toutes faites mobilisées en situations canoniques (Schneeberger, 1997). Ces idées constituent le « déjà-la conceptuel » (Astolfi et Develay, 1989) qualifié de représentations. La réflexion didactique (Abrougui, 1997 ; Clément, 1993 ; Roger et Guéry, 1991 ; Schneeberger, 1997 ; Simonneaux, 1995 ...) affirme que pour améliorer l'efficacité de l'enseignement des sciences, les didacticiens prennent en compte les représentations des apprenants, ce qui implique un renouvellement des pratiques d'enseignement auquel les formateurs peuvent contribuer en s'appuyant sur la didactique des sciences. Il faut alors concevoir des dispositifs d'enseignement/apprentissage centrés sur l'étude des représentations et leur utilisation pour l'amélioration des apprentissages. Dans les contextes éducatifs, l'étude des représentations des apprenants selon Giordan et De Vecchi (1987) (cité par Anne-Marie, 1988) constitue un intérêt double aussi bien pour l'apprenant que pour l'enseignant. L'apprenant développe avant tout apprentissage des représentations lui permettant de trouver des réponses aux situations canoniques de son vécu. Ces connaissances préalablement stockées produisent des réponses adaptées selon les situations particulières et constituent des contraintes à la construction des connaissances scientifiques (Duroux, 1983). Ces représentations jouent un rôle de tremplin dans l'apprentissage où l'apprenant en s'appuyant sur ses représentations parvient à élaborer des connaissances scientifiques relatives aux concepts objet d'apprentissage. Pour l'enseignant l'identification des représentations en amont de tout processus d'enseignement/apprentissage lui permet de connaître et de distinguer les connaissances de ses apprenants. L'analyse, en amont des apprentissages, des représentations des apprenants lors de la conception des situations d'apprentissage, permet à l'enseignant de se rendre compte de l'écart entre les représentations et le savoir scientifique à construire. C'est à la base de cette analyse que l'enseignant fixe les objectifs d'apprentissage les plus adaptés à la situation éducative déjà identifiée. Nous pouvons ainsi correspondre les représentations à des indicateurs qui aident l'enseignement lors l'élaboration du dispositif d'enseignement/apprentissage en ligne. Notons aussi que la caractérisation des représentations après apprentissage permet à l'enseignant de mesurer l'impact des ses stratégies pédagogiques et didactiques sur l'apprentissage et d'envisager de

nouveaux cycles de conception itérative. L'objectif est double. Il s'agit de la progression des représentations et l'affinement continu des dispositifs E-learning. Dans le cadre de notre recherche, nous parvenons à identifier certaines représentations relatives aux concepts « déterminisme du rythme biologique », « périodicité des rythmes biologiques » « identité de la photopériode circadienne ». Nous avons utilisé le questionnaire (voir annexe I) afin de caractériser les représentations qui renvoient à chacun des thèmes cités. Pour le premier thème les apprenants associent les rythmes biologiques soit uniquement à une identité génétique (déterminisme génétique) (Forrisier et Clément, 2003) soit à une identité environnementale (sous l'influence unique des facteurs de l'environnement). Si l'apprenant admet l'idée de l'identité génétique du rythme biologique il exprime la représentation « le tout génétique ». À l'inverse, s'il exprime l'idée de l'identité environnementale du rythme biologique, il s'inscrit dans la représentation du « tout environnemental ». Si l'apprenant ne se reconnaît pas dans les deux identités ci-dessus, c'est qu'il a certainement une connaissance scientifique du concept rythme biologique. Il est parfaitement conscient que le rythme biologique émane des facteurs génétiques et des synchroniseurs externes (facteurs environnementaux). Ainsi les rythmes biologiques sont des variations physiologiques reproductibles dans le temps et possèdent une identité « épigénétique » (génétique et environnementale). Concernant le second thème, le rythme biologique pourrait inclure trois types de périodicités: le rythme biologique est dit circadien si la période est comprise entre 20 et 28 heures, infradien si la période est supérieure à 28 heures et ultradien si la période inférieure à 20 heures. Si l'étudiant coche l'alternative de réponse « oui » en répondant au second item du questionnaire (voir annexe I), c'est qu'il s'inscrit exclusivement dans une représentation « circadienne ». Si l'apprenant coche « non » il doit justifier ce choix. S'il présente comme justification la deuxième proposition de périodicité (période supérieure à 28 heures), c'est qu'il s'inscrit dans une représentation « infradienne ». S'il exprime comme justification la troisième proposition de périodicité (période inférieure à 20 heures), c'est qu'il détient une représentation « ultradienne » du rythme biologique. Par contre, l'apprenant qui exprime une connaissance scientifique doit définir et justifier à la fois les trois périodicités différentes du rythme biologique. Ce qui renvoie au caractère périodique des rythmes biologiques. Quant au troisième thème, nous y identifions trois définitions de la « photopériode circadienne ». Elle est associée à l'alternance de phase d'éclairement et de phase d'obscurité et à une durée de 24 heures. Les apprenants qui expriment cette définition prouvent des connaissances scientifiques. Nous identifions aussi soit la représentation « lumineuse » de la photopériode circadienne qui correspond uniquement à la phase d'éclairement (photophase) et à une durée inférieure à 24 heures dans la journée, soit une représentation « obscure » de la photopériode circadienne qui identifie la scotophase ou la phase obscure de la journée et dont la période est inférieure à 24 heures. En se référant aux divers critères caractéristiques de chacune des deux représentations et de la connaissance scientifique déjà édictées, nous avons regroupé les réponses des étudiants aux trois questions (3, 4 et 5) du questionnaire (voir annexe I) par triplet. Nous sommes parvenus à identifier deux types de triplet de réponses. Un premier type de triplets concordants qui définissent des connaissances bien agencées. Ces triplets peuvent décrire soit les représentations « lumineuse » et « obscure » de la photopériode circadienne soit la connaissance scientifique. L'apprenant qui coche la première proposition de réponse relative au troisième item exprime la représentation « lumineuse » de la photopériode circadienne. Cet apprenant doit obligatoirement cocher la deuxième alternative de réponse (durée de la photopériode circadienne inférieure à 24 heures) relative au quatrième item. Il doit aussi représenter (cas du cinquième item) par hachure dans le cadran correspondant à l'hiver une durée d'éclairement inférieur à 12 et dans le cadran relatif à l'été une durée d'éclairement supérieur à 12 heure. Il est appelé aussi à représenter par une flèche, dans chaque cadran, une durée de la photopériode qui coïncide strictement avec la partie hachurée. L'apprenant qui détient la représentation « circadienne » ne doit choisir que les secondes propositions de réponses relatives au troisième et quatrième item. Pour représenter la durée de la photopériode, la flèche que dessine l'apprenant dans chaque cadran doit correspondre scrupuleusement à la partie non hachurée (en face de la partie hachurée). Quant à l'apprenant qui développe la connaissance scientifique, il doit cocher les deux propositions de réponses relatives à la troisième question et la première alternative de réponse concernant la quatrième question. Dans chaque cadran (cinquième question), cet apprenant doit dessiner une flèche qui décrit tout le cadran (durée de 24 heures)

indépendamment des hachures. Le second type de triplet de réponses est dépourvu de cohérence et d'assonance (accord). Pour chaque triplet, deux réponses au moins sont distinctes. Ce regroupement définit des réponses aléatoires ou traduit des représentations non stabilisées

III. Méthodologie

A. Échantillon

Le public cible, retenu pour les deux cycles de conception itérative du SA en ligne, est constitué de deux cohortes d'apprenants (24 étudiants dans chaque cohorte) d'une même classe d'étudiants en 1^{ère} année de Master en agro-alimentaire inscrits tous pour suivre à distance le même cours en ligne mais en deux temps différents. Le dit cours porte sur le concept de « photopériodisme chez les animaux d'élevage ». Le premier groupe d'étudiants suit le premier prototype (version) du cours en ligne. Le second groupe exploite lors de son apprentissage la seconde version du cours en ligne dont les caractéristiques techno-pédagogiques et didactiques sont plus affinées. Nous notons aussi que les deux prototypes du SA en ligne sont conçus par Mr Mossadok Ben-Attia (professeur de physiologie animale à la faculté de Bizerte et directeur du projet de recherche) et scénarisés puis mis en ligne par Elassaad Elharbaoui (chercheur). Ce dernier a assuré conjointement avec Mr Ben-Attia le tutorat à distance. Les deux cohortes (24 étudiants par groupe) qui ont servi à cette étude ont été constituées par tirage au sort, sans remise, à partir d'une population mère (formée par l'ensemble des étudiants en première année de master). Le choix de ce type d'échantillonnage est justifié par les besoins de la recherche, nous pensons que la technique de randomisation permettrait de tirer des conclusions valides par rapport aux traitements appliqués à chacun de ces deux groupes. Pour la mise en œuvre de ce type d'échantillonnage, nous procédons d'abord à l'identification de chaque apprenant par son nom, à l'inscription de celui-ci sur un bout de papier que nous déposons dans une urne. Enfin pour la constitution des deux échantillons, nous procédons au tirage au hasard sans remise. Les 24 premiers papiers portent les noms d'étudiants constituant le premier échantillon (premier groupe) et les 24 noms qui suivent lors du tirage forment le second échantillon (second groupe)

B. Méthode de recueil des données

L'essentiel du travail entrepris est axé sur la conception itérative de prototypes du SA en ligne associée à la prise en considération des représentations du « photopériodisme chez les caprins ». Il s'agit de deux cycles successifs de conception, d'expérimentation, d'évaluation et de re-conception du cours en ligne. Pour expliciter ce qui est déjà avancé, nous émettons l'hypothèse de recherche suivante : la conception itérative des systèmes d'apprentissage en ligne axée sur le modèle ADDIE (variable indépendante), permet l'évolution des représentations, d'étudiants en 1^{ère} année de Master d'agro-alimentaire, relatives aux concepts objet d'apprentissage (variable dépendante). Pour la concrétisation de cette hypothèse nous avons recours à la conception, à la diffusion en ligne du questionnaire (annexe I) et au recueil des réponses des deux groupes en pré- et en post-test des apprentissages en ligne soutenus par les deux prototypes du SA. Nous désignons par (1a) les résultats du pré-test du premier groupe, (2a) ceux du deuxième groupe, (1b) les résultats du post-test du premier groupe et (2b) ceux du second groupe. Ainsi, l'expérience envisagée dans cette contribution consiste, en une comparaison de variables qualitatives de groupes indépendants, dans un premier temps entre (1a et 2a) puis dans un second temps entre (1b et 2b). Le questionnaire comporte cinq questions dont deux (Q1 et Q2) traitent respectivement le « déterminisme des rythmes biologiques » et la « périodicité des rythmes biologiques », les trois questions restantes (Q3, Q4 et Q5) portent sur la caractérisation de « l'identité biologique de la photopériode circadienne ». L'analyse des résultats du pré-test (1a vs. 2a) ne montre pas des différences significatives entre les deux groupes d'apprenants. En conséquence, les deux groupes appartiennent à la même population mère et développent, avant apprentissage en ligne, les mêmes représentations des concepts déjà édictés (hypothèse H0). Les apprenants de ces deux groupes partagent ainsi des compétences proches. Ils sont tous titulaires d'une licence en sciences biologiques et ayant suivi le même parcours éducatif universitaire. Cette homogénéité des deux groupes constitue une condition obligatoire pour la

validation de l'hypothèse de recherche déjà décrite. En effet, si les apprenants des deux groupes sont différents, nous ne pouvons ni infirmer ni confirmer si la conception itérative a permis l'évolution des représentations par comparaison des résultats des deux groupes (1b et 2b). Les données (concernant le pré- et le post-test) sont exprimées sous forme de pourcentages et/ou de fréquence et les variables qualitatives ont été analysées par les tests d'indépendance des variables binaires : test de khi deux, de Yates et test exact de Fisher. Les résultats ne sont considérés significatifs que lorsque le risque d'erreur $p \leq 0,05$.

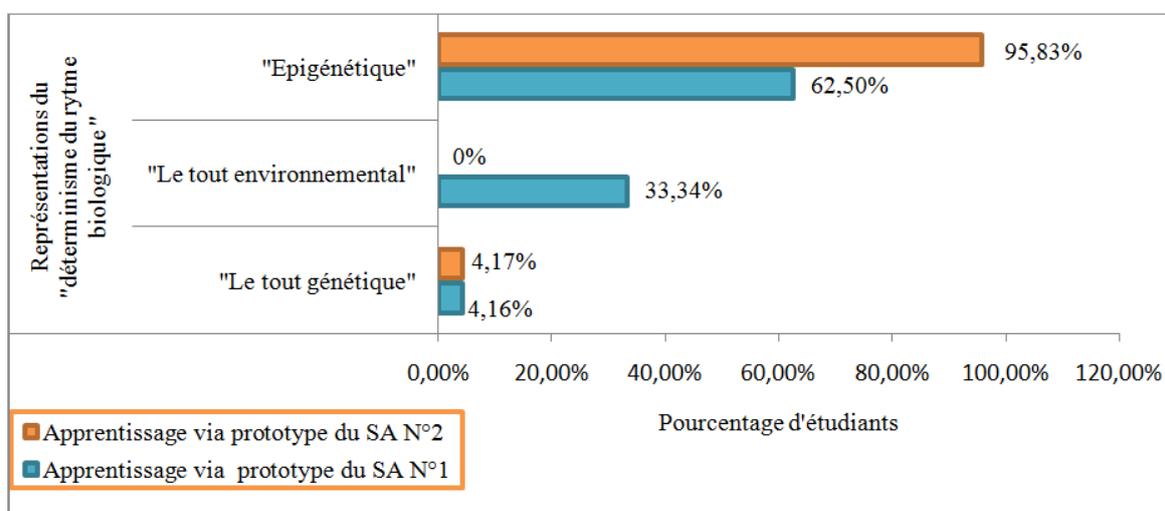
C. Les résultats

Les résultats ci-dessous montrent l'évolution des représentations des deux groupes d'apprenants (1b et 2b) portant sur les trois concepts, objet d'apprentissages en ligne, soutenus par deux prototypes issus de l'itération d'un même SA. Il s'agit des concepts « déterminisme des rythmes biologiques », « périodicité des rythmes biologiques » et « identité biologique de la photopériode circadienne »

1. Thème(1) : déterminisme des rythmes biologiques

La *figure (1)* ci dessous illustre la comparaison des réponses (1b vs. 2b) des deux groupes d'apprenants à la question traitant le concept du « déterminisme du rythme biologique ».

Figure 1. Comparaison des représentations des groupes (1b et 2b) relatives au concept « déterminisme du rythme biologique »



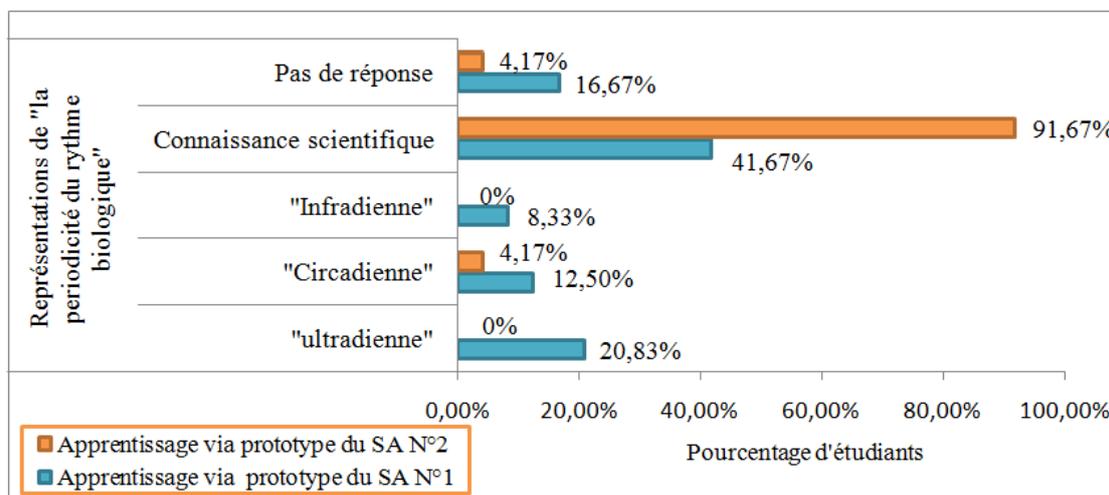
D'après la figure ci-dessus, nous remarquons que la représentation « du tout génétique » chez les apprenants du groupe (2b) persiste même après conception itérative. Nous assistons à la disparition de la représentation du « tout environnemental » chez les étudiants de ce même groupe par rapport au groupe 1b ($\chi^2_{v=1} = 6,13$; $p < 0,05$). Les connaissances scientifiques « épigénétique » ont connu une importante évolution après apprentissage en ligne soutenu par le second cours E-learning. Les connaissances scientifiques « épigénétique » sont développées en post-test par plus d'étudiants du groupe 2b que du groupe 1b (95,8% vs. 62,5% ; $p \leq 0,01$ par le test exact de Fisher). En effet, les étudiants du groupe (2b) ont acquis des connaissances à la fin du second cours E-learning, qui semble plus affiné. Bien que la conception itérative permet le changement conceptuel (Giordan et Girault, 1994). de la représentation du « tout environnemental », elle s'avère sans effet significatif sur la progression de la représentation-obstacle « le tout génétique », qui persiste même avec la même intensité. La persistance de cette représentation pourrait être expliquée par la complexité même du concept « la génétique » qui est toujours considéré par les étudiants comme déterminant du fonctionnement des organismes vivants. Il s'agit d'un domaine d'étude fréquemment présent dans les parcours éducatifs des étudiants de Master 1^{ère} année en agro-alimentaire dont le profil épistémique

regroupe divers concepts rattachés à la génétique. Le concept « génétique » intègre un réseau conceptuel très alambiqué et génère des représentations en interaction dynamique. Cette complexité systémique pourrait être à l'origine de la résistance de la représentation en question même après itération.

2. Thème (2) : Le rapport entre rythme biologique et sa périodicité

Les réponses des groupes d'apprenants (1b et 2b) relatives au thème «la périodicité des rythmes biologiques» sont regroupées dans l'histogramme ci-dessous (figure 2).

Figure 2. Comparaison des représentations des groupes (1b et 2b) relatives au concept « la périodicité du rythme biologique »

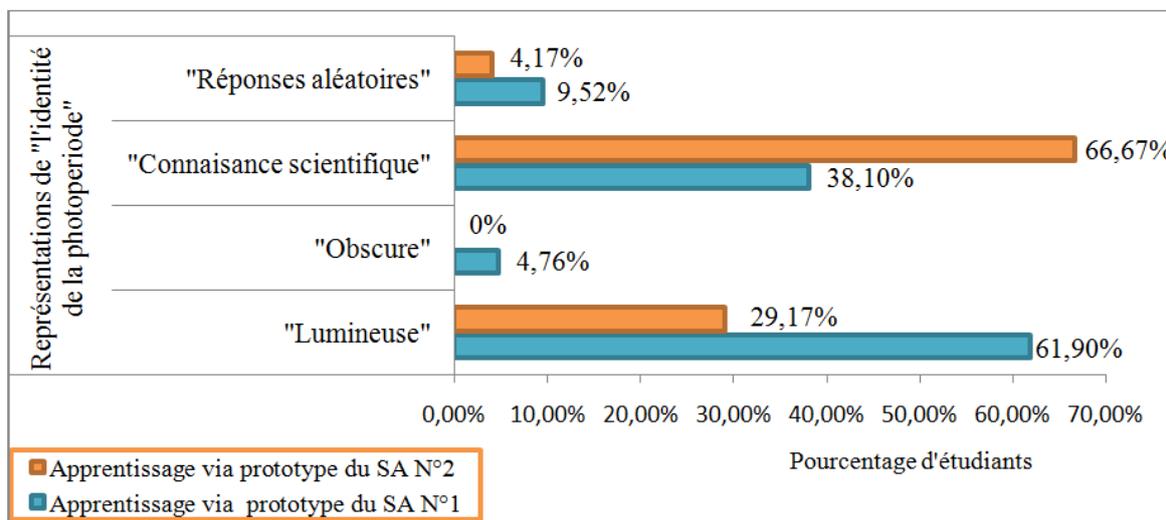


L'analyse descriptive de l'histogramme ci-dessus permet de révéler qu'un seul étudiant du groupe (2b) évoque une représentation « circadienne » par rapport à trois étudiants du groupe (1b). Les représentations « ultradienne » et « infradienne » disparaissent après itération. Nous distinguons aussi qu'une grande majorité d'étudiants du groupe (2b) ont développé des connaissances scientifiques par rapport à ceux du groupe 1b (91,7% vs. 41,7% ; $p < 0,001$ par le test exact de Fisher). Nous remarquons aussi une évolution des tentatives de «non réponse». Un seul étudiant du groupe (2b) s'abstient de répondre à la question par rapport à quatre étudiants du groupe (1b). Bien que l'analyse descriptive révèle une évolution des représentations « ultradienne » et « infradienne » chez les étudiants du groupe (2b), ces résultats restent non significatifs ($\chi^2_{v=4} = 3,95$; $p > 0,05$). Nous pouvons donc conclure que la conception itérative n'influence pas les représentations relatives au concept « périodicité des rythmes biologiques ». Les différences entre les deux groupes d'étudiants sont nettement significatives pour les résultats liés aux connaissances scientifiques où nous identifions l'écart le plus important entre les valeurs observées et celles théoriques (10/16 et 22/16 respectivement pour le groupe (1b) et (2b)). Nous pouvons conclure que la conception itérative n'a pas généré de réels changements conceptuels des représentations relatives à « la périodicité des rythmes biologique ».

3. Thème (3) : L'identité biologique du concept « la photopériode circadienne et sa périodicité »

La figure (3) ci-dessous illustre les fréquences de réponses relatives aux représentations «lumineuse», «obscur», connaissance scientifique et les réponses aléatoires.

Figure 3. Comparaison des représentations des groupes (1b et 2b) relatives à « l'identité biologique de la photopériode circadienne »



D'après la figure ci-dessus, nous remarquons que même après conception itérative la représentation « lumineuse » demeure présente chez sept étudiants du groupe (2b) parmi 24 et chez 13 étudiants parmi 24 du groupe (1b). Quant à la représentation « obscure », elle a disparu lors de l'apprentissage soutenu par la seconde version du cours E-learning (SA). L'itération a permis l'évolution des connaissances scientifiques, qui sont présentes chez huit étudiants du groupe (1b) alors qu'elles se trouvent prépondérantes chez les seize étudiants du groupe (2b). Après apprentissage en ligne soutenu par le second prototype du SA en ligne, nous assistons à la diminution de la fréquence des réponses aléatoires (un seul étudiant du groupe (2b) par rapport à deux étudiants du groupe (1b)). À partir de la comparaison des représentations relatives à l'identité biologique de la photopériode et sa périodicité, nous observons qu'il y a une absence de différence significative des réponses entre les groupes d'étudiants (1b) et (2b) ($\chi^2_{v=3} = 3,29$; $p > 0,05$). En conséquence l'itération n'a pas d'influence sur l'évolution des représentations de « l'identité biologique de la photopériode circadienne ». Celle-ci ne permet pas de vrai changement conceptuel relatif aux représentations « obscure ». Cependant nous assistons à une différence nettement significative entre les deux groupes d'étudiants en rapport avec la connaissance scientifique où l'écart entre les effectifs observés et théoriques est le plus important (8/12 et 16/12 respectivement pour (1b) et (2b)). Bien que la conception tienne en compte des représentations relatives à « l'identité biologique de la photopériode circadienne », elle a montré un manque de capacité à faire progresser la représentation « lumineuse » où l'écart entre les valeurs observées et les valeurs théoriques entre les deux groupes est important (13/10 et 7/10 respectivement pour (1b) et (2b)). La résistance de cette représentation pourrait être liée essentiellement à l'étymologie¹ du mot « photopériode » dont le préfixe « photo » du grec « photos » qui évoque le terme « lumière » ou éclaircissement. Le terme « photo » est très présent comme préfixe dans certaines expressions attachées aux divers domaines à savoir (photosynthèse, photolyse...) en biologie, (photométrie, photons, photoélectrique) en sciences physiques, (photo, photocopie, photogramme...) en arts photographiques *etc.* En d'autres termes ce préfixe, étant toujours identifié à la lumière, persiste toujours avec la même signification dans l'esprit de l'apprenant générant sa résistance à la construction de connaissances scientifiques. Les réponses aléatoires pourraient être entraînées essentiellement par à l'absence de la prise en considération de l'interdépendance des trois questions révélant « l'identité biologique de la photopériode circadienne » par l'apprenant lors de la présentation des ses réponses. Le manque de concentration lors des

¹ Discipline diachronique (histoire de la langue et l'étude de ses évolutions) de la linguistique, qui cherche à établir l'origine formelle et sémantique d'une unité lexicale.

réponses aux questions pourrait générer aussi les propositions aléatoires.

V. Discussion

Les deux prototypes du SA en ligne ont permis aux étudiants d'une part de développer certaines connaissances scientifiques et, d'autre part, au travers les processus d'évaluation des connaissances de les tester après apprentissage en ligne. Nous pouvons dire que la réussite des apprentissages en ligne envisagés se manifeste par l'évolution de certaines représentations, considérées comme obstacles à l'apprentissage, en connaissances scientifiques. Lors de la re-conception du 1^{er} prototype du SA en ligne, les étudiants du premier groupe participent à l'affinement des aspects didactiques en répondant au même questionnaire après apprentissage en ligne. L'identification, lors de la première itération, des changements conceptuels et des cas de résistance de certaines représentations, oriente nos choix des situations didactiques les plus adaptés afin de dépasser de telles représentations. Ceci s'est concrétisé par la disparition de certaines représentations (« le tout environnemental », « ultradienne », « infradienne » et « obscure ») et une bonne assimilation des concepts objets d'apprentissage chez les étudiants du groupe(2b). Cependant l'adoption de l'approche de conception itérative s'avère inefficace dans le cas des apprentissages du concept « la photopériode circadienne ». En effet l'apprentissage en ligne soutenu par la version affinée du SA en ligne n'a pas fait évoluer certaines représentations comme la représentation « lumineuse ». La résistance de cette représentation réside dans la complexité même du concept « photopériode » généralement interconnecté à divers concepts ce qui crée un réseau conceptuel et donc une écologie conceptuelle rendant le dépassement de cette représentation-obstacle comme tâche difficile. Cette résistance des représentations a été toujours dévoilée par plusieurs recherches en didactique de la biologie, qui travaillent sur la genèse et la « progression des représentations ou conceptions des apprenants ». Hashweh (1996) considère que le rapport étroit des représentations avec le monde physique contribue à les placer sous le signe d'un « automatisme psychique » inconscient qui persiste et résiste à toute forme de changement malgré l'aspect censé erroné de ces représentations. Nous notons de plus que le processus d'enseignement/apprentissage en ligne diffère considérablement de celui en présentiel. En effet l'absence de l'enseignant inhibe dans certains cas la progression des étudiants dans leurs apprentissages en ligne (Ben Henda, 2001). Dans le contexte du E-learning l'apprenant mis en situation de problème ne trouve pas à ses côtés l'enseignant pour l'aider à dépasser l'obstacle qu'il affronte. L'absence alors de cette « nourriture intellectuelle » favorise la persistance des représentations. Cette contribution a fait surgir aussi des limites de la méthodologie de recherche. En effet les effectifs d'étudiants considérés réduits (24 étudiants dans chaque groupe) limitent l'efficacité des tests statistiques appliqués à l'ensemble du corpus d'analyse. Nous pensons que si les effectifs d'étudiants dans chaque groupe étaient importants, les valeurs observées auraient pu évoluer autrement.

VI. Conclusion et perspectives

Le travail de recherche entrepris, nous montre que la réussite d'un projet d'enseignement à distance soutenu par les technologies numériques ne réside pas uniquement dans le perfectionnement des dispositifs E-learning mais peut aller jusqu'à diagnostiquer les besoins, les attentes et les contraintes à l'apprentissage que développe l'apprenant avant tout enseignement en ligne. Les étudiants entrent dans le processus d'apprentissage en ligne muni de certaines connaissances cohérentes leur permettant de comprendre leur monde physique et de trouver des explications aux situations canoniques rencontrées lors des apprentissages. Ces connaissances définissent des représentations considérées comme obstacles à l'apprentissage en ligne. En effet la détermination des représentations, leur prise en considération lors des phases de conception et de re-conception et le suivi de leur évolution après apprentissage en ligne participe à la construction des connaissances scientifiques et à la remédiation aux obstacles épistémologiques qu'elles génèrent. L'adoption de la conception itérative dans le traitement des représentations constitue une piste de réflexion pour la progression

des représentations et la construction des connaissances scientifiques dans des contextes éducatifs de E-laerning. Cependant cette approche devrait être entretenue par un perfectionnement continu des aspects techno-pédagogiques du SA à chaque cycle de conception itérative. En conséquence l'identification des représentations associée à l'affinement continu des prototypes du SA en ligne met à la disposition des apprenants des dispositifs de E-learning qui instaurent des conditions meilleures pour la réussite des apprentissages en ligne et la construction des connaissances scientifiques probantes. Les résultats qui découlent de cette recherche prouvent que l'adoption de la conception itérative (deux cycles de conception itérative) par prototypage associée à la prise en considération des représentations en amont (pré-test) du processus d'ingénierie pédagogique axé sur le modèle ADDIE, permet d'une part, le perfectionnement continu des SA et d'autre part, le dépassement des représentations et la construction des connaissances scientifiques. Cependant ces deux cycles de conception itérative montrent certaines limites à faire progresser les représentations résistantes (celle du « tout génétique » du rythme biologique et la représentation « lumineuse » de la photopériode circadienne). Comme perspective de ce travail de recherche, nous nous proposons de mener une nouvelle itération susceptible de permettre une meilleure progression des représentations des apprenants.

Références

- Abrougui, M. (1997). *La génétique humaine dans l'enseignement secondaire en France et en Tunisie. Approche didactique*. Thèse soutenue à l'Université Lyon 1.
- Drouin, A.-M. (1988). Giordan (André), Vecchi (Gérard de) - Les Origines du savoir: Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques [Compte-rendu]. *Revue française de pédagogie*, 84(1), 95-97.
- Astolfi, J.-P. et Develay, M. (1989). *La didactique des sciences*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Barlette, Y. (2013). *Impact des réseaux numériques dans les organisations*. Paris : Presses des MINES.
- Basque, J. (2004). En quoi les TIC changent-elles les pratiques d'ingénierie pédagogique du professeur d'université ? *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, 1(3), 7-13. [En ligne] <http://www.ritpu.org/img/pdf/basque.pdf>
- Ben Henda, M. (2001). Le pourquoi et le comment de l'E-Learning. *Revue Maghrébine de documentation*, 11, 199-216. [En ligne] http://www.benhenda.com/hdr/documents/Articles/2001_eLearning_mahmoud_benhenda.pdf
- Brousseau, G. (1989). Les obstacles épistémologiques et la didactique des mathématiques. Dans N. Bednarz et C. Garnier. (dir.), *Construction des savoirs* (pp. 41-63). Montréal : Editions Agence d'ARC.
- Clément, P. (1993). *Conceptions sur le cerveau : santé et normalisation*. Dans J.-C. Beaune (dir.), *La philosophie du remède* (pp. 154-174). Seyssel : Champ Vallon
- Duroux, A. (1983). La valeur absolue : difficultés majeures pour une notion mineure. *Petit x, IREM de Grenoble*, 3, 43-67.
- Forissier, T. et Clement, P. (2003). Teaching «biological identity» as genome/environment Interactions. *Journal of Biological Education*, 37(2), 85-90.
- Giordan, A et Girault, Y. (1994). *Utilisation des conceptions en didactique des sciences*. Dans A. Giordan, Y. Girault et P. Clément (dir.), *Conceptions et connaissances*. (pp. 47-70). Berne : Peter Lang.
- Hashweh, M. Z. (1996). Effects of science teachers'epistemological beliefs in teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1), 47-63.

Paquette, G. (2002). *L'ingénierie pédagogique. Pour construire l'apprentissage en réseau*. Sainte-Foy : Presses de l'Université du Québec.

Roger, A et Guéry, F. (1991). *Maîtres et protecteurs de la Nature*. Seyssel : Champ Vallon.

Schneeberger, P. (1997). Place du concept de représentation dans la formation des enseignants. Un exemple dans le domaine de la biologie-géologie. *Revue de Recherches en Éducation*, 2, 263-282.

Simonneaux, L. (1995). *Les bio-technologies de la reproduction animale chez les bovins. Approche didactique et muséologique*. Thèse soutenue à l'Université de Lyon 1.

Wang, F. et Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 5-23.

Annexes

Annexe I : Questionnaire

Pour les questions (Q1, Q2, Q3), ci-dessous, cochez la proposition de réponse que vous considérez convenables

(Q1) Les rythmes biologiques

- sont déterminés génétiquement (sont des caractères innés génétiquement transmis)
- peuvent être influencés par des facteurs de l'environnement (synchroniseurs externes: bruits/silence, odeurs, rotation de la terre autour d'elle-même et autour du soleil, jeûne/alimentation).
- dépendent de la génétique et des facteurs de l'environnement

(Q2) Les rythmes biologiques possèdent une période comprise entre 20 et 28 heures

- oui
- non : Justifiez votre réponse
-

(Q3) La photopériode circadienne

- correspond à la quantité de lumière émise par le soleil durant le jour.
- correspond à la période d'obscurité
- correspond à l'alternance d'une phase d'éclairement et d'obscurité.

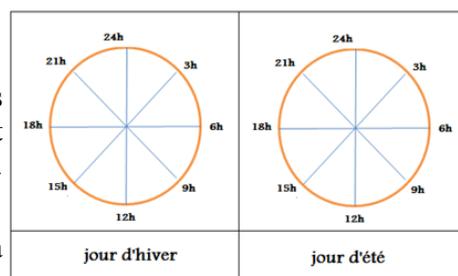
(Q4) La durée de la photopériode

- est de 24 heures
- est inférieure à 24 heures

(Q5) Jours courts/ jours longs et photopériode

A) Représentez, sur les cadrans ci-dessous, par des hachures, la durée de la phase d'éclairement correspondant à une journée (de durée 24) d'hiver et une journée d'été. (24 h est la durée d'une journée)

B) Représentez, sur chaque cadran, la durée de la photopériode à l'aide d'une flèche qui tourne dans le sens des aiguilles d'une montre.



Annexe II : Grilles d'évaluation des connaissances

Tableau I. Grille d'évaluation des connaissances relatives à l'activité d'apprentissage « Généralités sur les rythmes biologiques »

Description de la tâche	Après exploitation du texte portant sur les généralités des rythmes biologiques répondez aux questions suivantes : 1. Justifiez l'affirmation suivante : «Les rythmes biologiques sont entraînés génétiquement et son sous contrôle de facteurs de l'environnement » 2. Identifiez les différents types de rythmes biologiques et leurs caractéristiques.		
Thèmes	Critères	Indicateurs	Scores attribués
Déterminisme du rythme biologique	Déterminisme environnemental	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Influence des facteurs de l'environnement ☒ Influence des synchroniseurs 	10 points
	Déterminisme génétique	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Héritaire ☒ transmission génétique 	10 points
Périodicités des rythmes biologiques	Rythme ultradien	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Périodicité inférieure à 20 heures ☒ Rythme à haute fréquence 	5 points
	Rythme circadien	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Périodicité entre 20 et 28 heures. ☒ Rythme nechtyméaux 	5 points
	Rythme infradien	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Périodicité entre supérieure à 28 heures ☒ Rythme à basse fréquence 	5 points

Tableau II. Grille d'évaluation des connaissances relatives à l'activité d'apprentissage « Saisonnalité de la reproduction des caprins »

Description de la tâche	Après exploitation de la séquence vidéo qui explicite l'activité sexuelle chez les caprin, répondez aux questions suivantes : 1. Identifiez les mois de l'année où la durée d'éclairement dans une journée est inférieure à 12heures et les mois où la durée d'éclairement dans une journée est supérieure à 12 heures. 2. Comment pouvez-vous qualifier le jour de l'année dont la durée d'éclairement est inférieure à 12 heures et les jours dont la durée d'éclairement est supérieure à 12 heures ? 3. Identifiez la saison au cours de laquelle les chèvres sont en activité œstrale (période de la saison sexuelle naturelle) ? 4. Déterminez la période où la reproduction des caprins s'effectue par traitement photopériodique. 5. Justifiez la nomination des caprins comme étant des «espèces à jours courts» 6. Si la durée de la photopériode circadienne est de 24 heures, donnez alors ses caractéristiques.		
Thèmes	Critères	Indicateurs	Scores attribués
Jour court/Jour long	Jour court	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Mois d'Octobre, Novembre, Décembre, Janvier et Février ☒ Ne pas accepter les mois de septembre et mars (comporte les équinoxes (durée d'éclairement égale à 12 heures) 	10 points
	Jour long	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Mois d'Avril, Mai, Juin, Juillet et Aout ☒ Ne pas accepter les mois de septembre et mars (comporte les équinoxes (durée d'éclairement égale à 12 heures) 	10 points
La saisonnalité de la reproduction des caprins	Saison de la reproduction naturelle	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Automne ☒ Transition des jours longs aux jours courts ☒ Transition de l'été à l'automne 	points
	La contre saison	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Hiver ☒ Traitement photopériodique ☒ Créer des jours courts lors des jours longs 	5 points
	Espèces à jour court	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Reproduction en Automne ☒ Transition jour long au jour court ☒ Transition de l'Été à l'Automne ☒ Mois d'octobre et Novembre, Décembre Janvier et Février ☒ Durée d'éclairement inférieure à 12 heures 	10 points
Identité biologique de la photopériode circadienne	La photopériode circadienne	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Alternance de deux phases ☒ Deux phases ☒ Éclairement et obscurité ☒ Photophase et scotophase 	5 points

