

VOIE GÉNÉRALE

2^{DE}

1^{RE}

T^{LE}

Sciences de la vie et de la Terre

ENSEIGNEMENT
 SPÉCIALITÉ

L'INFORMATION GÉNÉTIQUE, SA TRANSMISSION, SON EXPRESSION, SA VARIATION.

Thème

Thème 1 - La Terre, la vie et l'organisation du vivant.

Note d'intention

Cette fiche a pour objectif de donner une vision globale de ce thème dans l'enseignement des SVT au lycée : enjeux éducatifs - notions clés à renforcer ou à construire - points de vigilance - cohérence et complémentarité des programmes en articulation avec le cycle 4 pour aider à la prise en compte de la progressivité des apprentissages et à l'approche spiralaire – pistes pour problématiser - sitographie.

Mots-clé

Division cellulaire, mitose, méiose, diploïde, haploïde, méiose, cycle cellulaire eucaryote, fuseau mitotique ou méiotique, réplication semi conservative, ADN polymérase, clone, allèles, mutations, nature et fréquence des mutations, mutations spontanées et induites, systèmes de réparation.

Références au programme

Transmission, variation et expression du patrimoine génétique.

Enjeux éducatifs du thème

Au collège

Dans les anciens programmes, la génétique était essentiellement abordée en prenant appui sur l'espèce humaine. Dans les nouveaux programmes, l'approche est différente ; elle est centrée sur l'évolution du vivant.

	Programmes de 2009	Programmes de 2015
Thème d'étude	Diversité et unité des êtres humains	Le vivant et son évolution
Objectifs	Montrer que l'information génétique est responsable de l'unité de l'espèce humaine mais également de la diversité des individus dans l'objectif de lutter contre les préjugés et les stéréotypes pouvant mener au racisme. On montre que de nombreux caractères peuvent se présenter dans la population humaine sous des formes très variables. Cette partie du programme participait ainsi pleinement à l'éducation à la citoyenneté et aux droits de l'Homme.	On montre tout au long du cycle 4, comment l'information génétique est responsable des caractères des individus, par quels mécanismes elle est transmise d'une génération à l'autre, enfin, comment les divisions cellulaires assurent la stabilité et la diversité des individus. Il s'agit ici de donner aux élèves une explication scientifique au monde qui les entoure et notamment à l'organisation du vivant et à son évolution.

Retrouvez éduscol sur



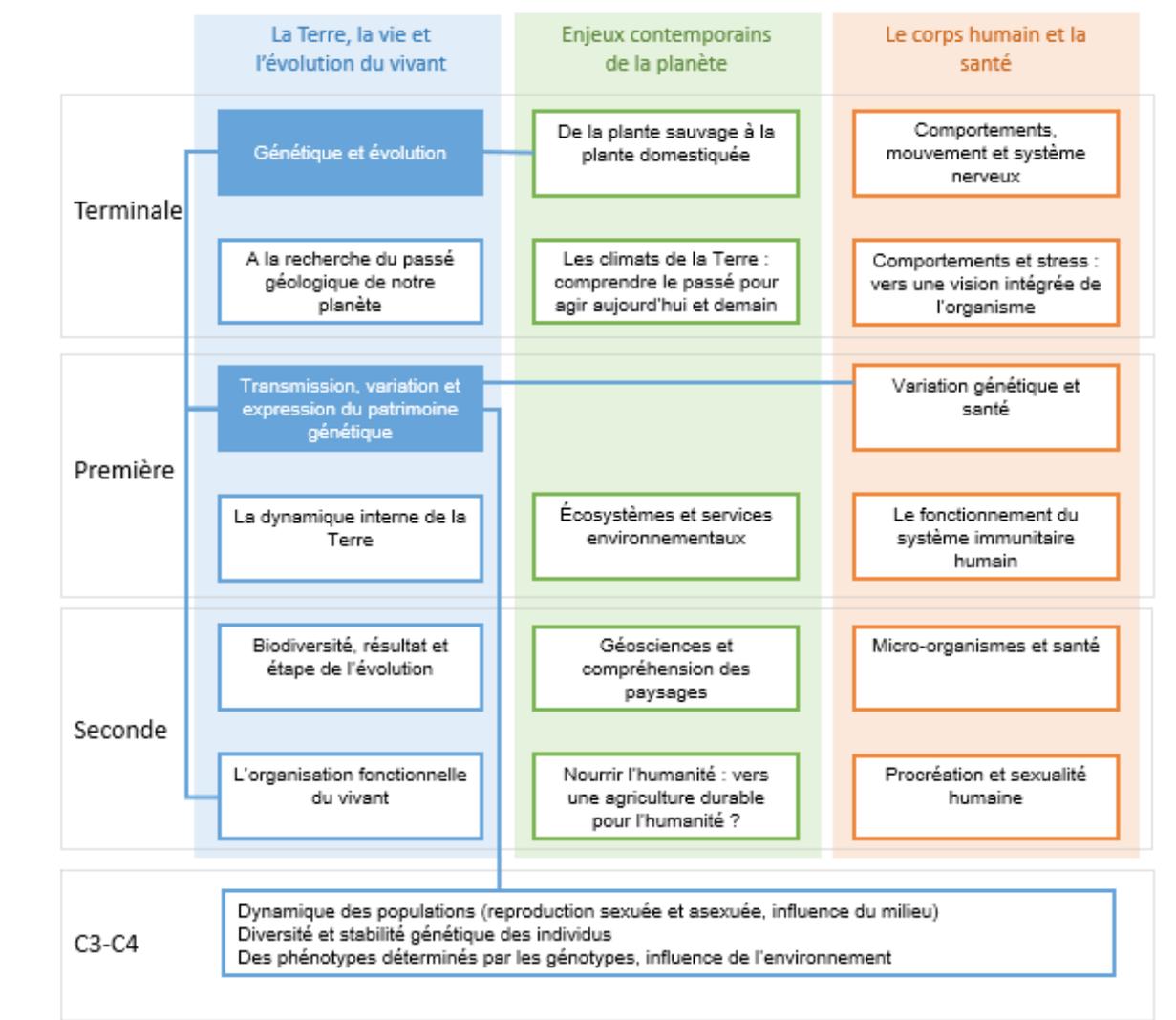
Ainsi, les collégiens ont une vision générale de l'expression et de la transmission de l'information génétique qui n'est plus centrée sur la reproduction humaine mais qui s'applique à toutes les espèces. Les professeurs peuvent s'appuyer sur des exemples très variés pour développer les notions de reproduction sexuée, de diversité du vivant, de phénotype...

Au Lycée

Quel que soit le niveau d'étude, les notions de génétique sont abordées dans le thème principal « La Terre, la vie et l'organisation du vivant ». En classe de 1^{ère} et de terminale, les notions développées pourront être reprises dans les autres grandes thématiques « Le corps humain et la santé » ou « Enjeux contemporains de la planète ». Ainsi, il s'agit de donner une explication scientifique cohérente du vivant et de son évolution mais également, d'aborder les grands enjeux sociétaux.

Vision synoptique du thème

Place du sous-thème dans les programmes de SVT du secondaire



Retrouvez éduscol sur



Notions à consolider, notions à construire et limites

Cohérence avec le cycle 4

Le lien entre l'information génétique, les chromosomes et l'ADN est établi. Les élèves savent que l'information génétique est contenue dans le noyau des cellules, qu'elle se présente sous forme de chromosomes composés d'ADN (la structure moléculaire n'est pas abordée, seul le nom de la molécule est cité).

Les caractères d'un individu dépendent de l'information génétique transmise par les parents et de l'environnement (des exemples simples sont traités, comme l'influence de la température sur la couleur du pelage de certains animaux ou de l'influence de l'exposition au soleil sur la coloration de la peau).

Ils apprennent à repérer les caractères propres à une espèce et la diversité que ces caractères peuvent prendre au sein d'une même population. Les notions de « gène » (fragment de chromosome qui détermine un caractère), « d'allèle » et de « mutation » sont abordées.

Ils apprennent que le nombre d'individus au sein d'une population peut subir des variations (dynamique des populations) en fonction des modalités de la reproduction (sexuée/ asexuée) et des facteurs du milieu (richesse en nourriture, présence de prédateurs, conditions du milieu comme la disponibilité en eau, la température, la pollution...).

Au niveau de la transmission de l'information génétique d'une génération à l'autre, les divisions cellulaires mitose et méiose sont abordées dans le but d'expliquer la stabilité génétique des individus d'une génération à l'autre. **Seules les phases de division cellulaire permettant d'expliquer le maintien du nombre de chromosomes sont expliquées.**

- Le comportement des chromosomes en 1^{ère} division de la méiose permet d'expliquer la réduction du nombre de chromosomes dans les gamètes. Ce nombre, propre à l'espèce, est rétabli au moment de la fécondation.
- Le comportement des chromosomes en anaphase permet d'expliquer le maintien du nombre de chromosomes lors des mitoses qui interviennent pour former le nouvel individu à partir de la cellule œuf ou lors de la reproduction asexuée.

La reproduction sexuée est également source de diversité par les mécanismes liés à la méiose et à la fécondation. L'étude s'effectue uniquement à l'échelle du **phénotype** : on montre par exemple que dans un élevage (petits mammifères, drosophiles...), la descendance peut présenter des combinaisons de caractères différents de celles observées chez les parents. On en déduit que des brassages se sont effectués lors de la formation des gamètes et de la fécondation. Les mécanismes chromosomiques des brassages ne sont pas au programme.

Au niveau du collège, les études sont menées uniquement au niveau du phénotype macroscopique. Des explications sont données par l'étude de mécanismes à l'échelle cellulaire (comportement des chromosomes lors des divisions). C'est au lycée que les mécanismes seront expliqués au niveau moléculaire (ADN).

En seconde, la structure de la molécule d'ADN est étudiée. Les élèves savent depuis le collège, que toutes les cellules d'un organisme possèdent la même information génétique ; ils apprennent en classe de seconde qu'une partie seulement de l'ADN s'exprime dans les cellules spécialisées définissant ainsi le type de métabolisme de la cellule en fonction notamment de leur équipement enzymatique. Cette approche est différente de celle des anciens programmes de seconde où l'universalité de l'ADN représentait un argument en faveur de l'unité du vivant.

Rappels

Les attendus de fin de cycle 4

Expliquer l'organisation du monde vivant, sa structure et son dynamisme à différentes échelles d'espace et de temps.

Connaissances et compétences associées

- Expliquer sur quoi reposent la diversité et la stabilité génétique des individus.
- Expliquer comment les phénotypes sont déterminés par les génotypes et par l'action de l'environnement.
- Relier, comme des processus dynamiques, la diversité génétique et la biodiversité.
 - Diversité et dynamique du monde vivant à différents niveaux d'organisation ; diversité des relations interspécifiques.
 - Diversité génétique au sein d'une population ; hérabilité, stabilité des groupes.
 - ADN, mutations, brassage, gène, méiose et fécondation.

Ressources d'accompagnement de la mise en œuvre des programmes de cycle 4 en SVT

[Idées clés pour enseigner](#)

Parties du sous-thème	Des notions...
Les divisions cellulaires des eucaryotes.	Des notions à consolider ¹ <ul style="list-style-type: none"> • La mitose est une reproduction conforme. • La méiose est à l'origine de cellules qui contiennent la moitié des chromosomes par rapport à la cellule initiale.
	Des notions nouvelles à bâtir <ul style="list-style-type: none"> • Notions de cellules haploïdes et diploïdes. • Les différentes phases du cycle cellulaire des cellules eucaryotes. • La notion de fuseau mitotique ou méiotique.
La réplication de l'ADN.	Des notions à consolider <ul style="list-style-type: none"> • Une cellule qui entre en division possède des chromosomes à deux chromatides (ou bras) identiques.
	Des notions nouvelles à bâtir <ul style="list-style-type: none"> • Chaque chromatide est formée d'une molécule d'ADN. • La réplication semi-conservative de l'ADN, rôle de la polymérase. • La notion de clone cellulaire.

1. À considérer comme des prérequis, indispensables pour aborder le programme de seconde : ils peuvent être réexpliqués, remobilisés, mais ne doivent pas faire l'objet de démarches spécifiques pour être redémontrés.

Parties du sous-thème	Des notions...
Mutations de l'ADN et variabilité génétique.	Des notions à consolider <ul style="list-style-type: none"> • Les mutations sont des phénomènes aléatoires. • Elles sont à l'origine de la diversité génétique observée dans une population (apparition de nouveaux allèles).
	Des notions nouvelles à bâtir <ul style="list-style-type: none"> • Étude des mutations à l'échelle moléculaire : erreurs lors de la réplication de l'ADN, molécule endommagée en dehors de sa réplication. • Le rôle des agents mutagènes sur la fréquence des mutations. • Les mécanismes de réparation. • Les différentes conséquences en fonction des cellules mutées.
L'histoire humaine lue dans son génome.	Des notions à consolider <ul style="list-style-type: none"> • Une population est caractérisée par une diversité génétique. De nombreux caractères existent sous des formes différentes. • Des liens de parenté peuvent être établis au sein des grands groupes d'êtres vivants, dont Homo sapiens.
	Des notions nouvelles à bâtir <ul style="list-style-type: none"> • La comparaison de séquences génomiques entre individus fossiles et actuels. • Retracer les principales étapes de l'histoire humaine récente.
L'expression du patrimoine génétique.	Des notions à consolider <ul style="list-style-type: none"> • Les gènes, fragments de chromosomes ou d'ADN, déterminent les caractères de l'individu. • La structure moléculaire de l'ADN.
	Des notions nouvelles à bâtir <ul style="list-style-type: none"> • L'information génétique se présente sous forme d'une séquence de nucléotides. • Le phénomène de transcription, le rôle de l'ARNm. • Le phénomène de traduction, la notion de codon, de code génétique. • Le phénotype dépend du patrimoine génétique de la cellule et de son expression sous l'influence de facteurs internes et externes.
Les enzymes, des biomolécules aux propriétés catalytiques.	Des notions à consolider <ul style="list-style-type: none"> • Les enzymes sont des molécules qui facilitent les réactions chimiques s'effectuant dans l'organisme. Au collège, les élèves ont évoqué les enzymes dans le cadre de la digestion des aliments et de leur simplification en nutriments.
	Des notions nouvelles à bâtir <ul style="list-style-type: none"> • La spécificité enzymatique en terme de substrat et en terme de réaction catalytique. • La notion de produit.

Retrouvez éduscol sur



Précisions - limites	
Les divisions cellulaires des eucaryotes	<ul style="list-style-type: none"> • Les divisions cellulaires (mitose et méiose) sont ici abordées dans l'objectif d'étudier le maintien des caractères au cours des générations, notamment le nombre de chromosomes caractéristiques de l'espèce. Les mécanismes à l'origine de la diversité génétique engendrée par la méiose (brassages intra et interchromosomique) seront abordés en classe de terminale. • Le fuseau de division est simplement évoqué. Les mécanismes cellulaires concernant sa mise en place, son rôle, sa composition, sont hors programmes.
La réplication de l'ADN	<ul style="list-style-type: none"> • On limite l'étude à la synthèse des brins néoformés par complémentarité avec les brins de la molécule initiale sous l'action de l'ADN polymérase.
Mutations de l'ADN et variabilité génétique	<ul style="list-style-type: none"> • On différencie clairement les mutations spontanées et induites. • Aucune exhaustivité n'est attendue au niveau des différents types de mutations ou des agents mutagènes. • Les mécanismes de réparation de l'ADN sont présentés mais ne sont pas détaillés.
L'histoire humaine lue dans son génome	<ul style="list-style-type: none"> • Il ne s'agit pas ici d'étudier la lignée humaine mais de montrer comment les techniques actuelles permettent de comparer les génomes des individus actuels et fossiles et de retracer quelques grands événements de l'histoire récente de l'Homme (migrations, métissages, élevage...).
L'expression du patrimoine génétique	<ul style="list-style-type: none"> • On se limite à l'intervention des ARNm en tant qu'intermédiaires entre le gène et la protéine. Les mécanismes moléculaires faisant intervenir les ARNr et les ARNt sont hors programme. On insistera sur la notion d'information génétique, représentée par la séquence de nucléotides de l'ADN et de l'ARNm, et le codage de cette information sous forme de triplets de nucléotides déterminant la séquence d'acides aminés de la protéine.
Les enzymes, des biomolécules aux propriétés catalytiques	<ul style="list-style-type: none"> • On se limite à étudier la spécificité de l'enzyme pour son substrat et pour la réaction catalytique. Les facteurs influençant l'activité enzymatique (compétition au site actif, influence des facteurs du milieu sur la vitesse de la réaction enzymatique) sont hors programme.

Le sous-thème dans un tableau synthétique

L'information génétique, sa transmission, son expression, sa variation	
Objectifs et points de vigilance	<p>Les rôles de la méiose et de la mitose dans le maintien des caractères d'une génération à l'autre :</p> <ul style="list-style-type: none"> • en étudiant au niveau moléculaire la réplication semi-conservative de l'ADN qui précède toute division cellulaire ; • en étudiant le comportement des chromosomes lors des divisions cellulaires ; • en comprenant comment la méiose assure la production de cellules haploïdes. La diploïdie étant rétablie lors de la fécondation.
	<p>Le rôle des mutations dans la variabilité génétique observée au sein d'une population :</p> <ul style="list-style-type: none"> • en comprenant qu'une mutation est une modification aléatoire de la séquence de nucléotide d'un gène provoquant une modification de l'information portée par ce gène ; • en comprenant que certains facteurs peuvent augmenter la fréquence des mutations ; • en déterminant les conditions nécessaires pour que la mutation persiste et soit transmise à la descendance.
	<p>Le lien entre génotype et phénotype de l'individu :</p> <ul style="list-style-type: none"> • en étudiant au niveau moléculaire le codage de l'information génétique et son expression dans une cellule par le biais de la transcription et de la traduction ; • en étudiant le rôle de molécules responsables de la spécificité cellulaire, telles que les enzymes.
	<p>L'utilité des connaissances actuelles pour reconstituer l'histoire humaine :</p> <ul style="list-style-type: none"> • en montrant que la comparaison de séquences génomiques entre espèces actuelles et fossiles permet de reconstituer les principales étapes de l'histoire humaine.

Retrouvez éduscol sur



Quelques pistes pour problématiser

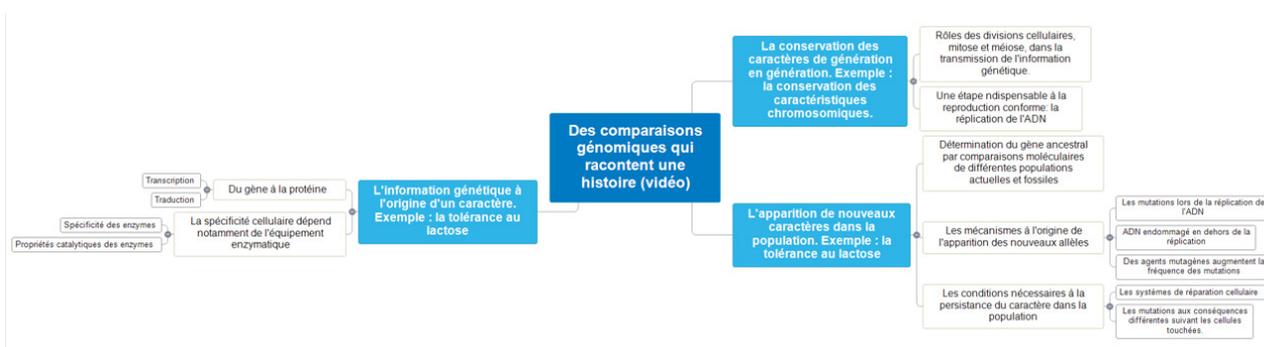
Selon les démarches d'investigation engagées (ou initiées lors d'une problématisation), les différentes parties du sous-thème peuvent être abordées dans des ordres divers.

Le programme de 1^{ère} doit s'appuyer sur les connaissances acquises au collège (transmission de l'information génétique au cours des générations et mécanismes à l'origine de la diversité des individus) et en seconde (spécialisation des cellules, notamment via leur équipement enzymatique).

A titre d'exemple² la carte heuristique ci-dessous part d'une problématisation possible : l'exploitation d'une vidéo montrant comment la paléogénomique permet de retracer une partie de l'histoire humaine, amène le professeur à introduire plusieurs problématiques qui serviront de fil rouge tout au long du thème.

- **Comment les caractères propres à l'espèce sont-ils conservés de génération en génération ?** L'étude des génomes anciens, réalisée sur des fossiles, montre qu'une partie non négligeable de notre génome a été conservée au cours de notre histoire. L'étude des divisions cellulaires et de leurs rôles respectifs dans le maintien des caractères permettra de répondre à cette première question. On montrera le rôle principal de la réplication de l'ADN.
- **Comment de nouveaux caractères peuvent-ils apparaître au sein d'une population ?** La vidéo présente des cas de métissage entre les populations humaines. On pourra également s'interroger sur l'apparition d'un nouveau caractère et de sa persistance dans certaines populations. Dans la carte heuristique présentée, on s'intéresse à l'apparition dans la population humaine des allèles responsables de la tolérance au lactose. D'autres exemples peuvent bien sûr être traités.
- **Quel est le lien entre le génome et les caractères.** Comment l'ADN peut-il être responsable d'un caractère ? Ce sera l'occasion d'étudier les phénomènes de transcription et de traduction permettant la synthèse d'une protéine. L'étude peut être réalisée au travers de la synthèse d'une enzyme, la lactase, dont on étudiera par la suite la spécificité.

Exemple de vidéo qui pourrait être utilisée pour introduire l'étude de ce thème : « Les dernières étapes de l'évolution humaine et le peuplement de l'Eurasie vues par la paléogénomique » - Site « PlanetVie ».



[Cliquez ici pour obtenir l'image en taille réelle](#)

2. **L'exemple présenté ici n'a pas vocation à être modélisant** – il a vocation à montrer qu'un outil tel qu'une carte heuristique peut contribuer à l'organisation des idées, à leur structuration, pour servir notamment de trame aux démarches qui vont être mises en œuvre, aux scénarios pédagogiques qui vont être construits.

Retrouvez éducol sur

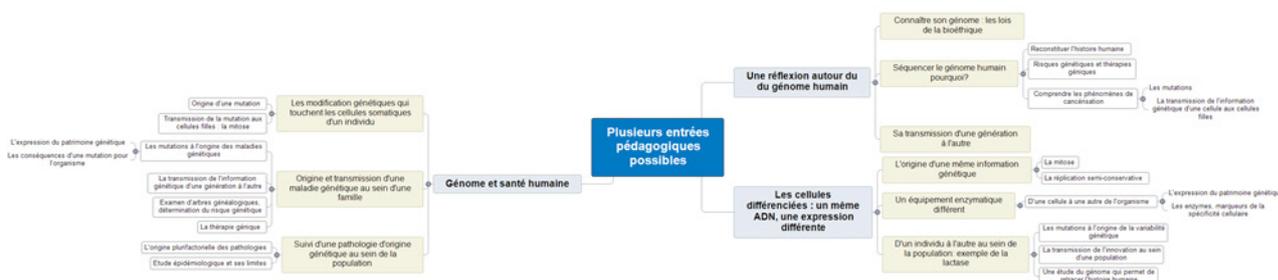


D'autres approches pédagogiques possibles.

Cette partie du programme peut être mise en relation avec des notions abordées dans les classes précédentes, comme la notion de cellules différenciées, ou avec des notions vues dans d'autres parties du programme de 1^{ère}, comme la santé humaine.

Suivant l'entrée choisie par le professeur, plusieurs points de la transmission et de l'expression du patrimoine génétique peuvent être traités dans des contextes concrets.

La carte heuristique présentée ci-dessous montre des approches possibles et ne se veut pas exhaustive.



[Cliquer ici pour obtenir l'image en taille réelle](#)

Quelques ressources

Sitographie

Un site en anglais pour se remettre dans l'histoire des découvertes en génétique : [sciencedirect.com](https://www.sciencedirect.com)

Le site internet du [Collège de France](https://www.college-de-france.fr/)

L'encyclopédie [universalis](https://www.universalis.fr/)

Ifé – Plateforme ACCES :

- [mutations, mutagènes et réparation de l'ADN](#)
- [l'ADN support de l'information génétique](#)
- un dossier très complet avec des exemples d'exploitation pédagogique sur [la tolérance au lactose](#) (son origine génétique, les études paléogénomiques qui permettent de déterminer le phénotype ancestral, le développement de l'élevage dans l'histoire humaine...)

Le site de National Geographic : « [Le concept de races, une hérésie scientifique](#) »

Le site PlanetVie : « [Évolution humaine et peuplement de l'Eurasie vues par la paléogénomique](#) »

Le projet « [LeCHE](#) », projet de recherche européen sur les débuts de l'élevage et la consommation de lait.

Retrouvez éducol sur



Des ressources numériques.

Téléchargement d'un [logiciel](#) permettant de construire un langage python

Logiciel [Geniegen](#)

Logiciel [Rastop](#)

Retrouvez éduscol sur

