



NCIS : enquêtes spéciales

Quand Gibbs et Abby s'invitent dans ton labo !

Projet en lien avec la séquence 26 : « génétique » enseignée en 11H.



Images : <https://www.premiere.fr/Series/News-Series/NCIS-Pauley-Perrette-se-dit-curieusement-terrifiee-par-Mark-Harmon>

Démarches orientantes

Mélanie Revaz et Julian Cuadra Leon

Table des matières

<i>Introduction</i>	3
Description du projet	3
Objectifs du projet	3
<i>Cadre général</i>	3
Cadre légal	3
Plan d'études	4
<i>Notions théoriques</i>	5
Le principe d'infusion	5
Sentiment d'efficacité personnelle	5
Principe de collaboration	5
Principe de mobilisation	5
<i>Plans d'action du projet en classe</i>	6
Différents contextes	6
Journées Sportives et Culturelles (JSC)	6
Options Compétences Orientées Métiers (OCOMs)	6
Cours de sciences 11 ^{ème}	6
Planification des séquences	7
Séquence d'introduction au chapitre 26	8
Séquence de conclusion au chapitre 26	11
<i>Moyens requis et coûts</i>	14
Prérequis des élèves	14
Moyens logistique et financiers	14
<i>Difficultés et régulations</i>	15
<i>Bilan réflexif (Synthèse personnelle)</i>	15
<i>Bibliographie</i>	17
<i>Annexes</i>	18
Annexe 1 : Programme d'une semaine des JSC	18
Annexe 2 : Dossier de l'élève pour la semaine spéciale JSC et pour les OCOMs	18
Annexe 3 : Options de Compétences Orientées Métiers	25
Annexe 4 : Isolation de l'ADN	26
Annexe 5 : Coup de pouce possible pour la situation-problème	27
Annexe 6 : Séquences de conclusion : La valise ADN du Musée d'Histoire Naturel	27
Annexe 7 : quelques exercices pour aller plus loin	33

Introduction

Description du projet

Dans le cadre du cours « démarches orientantes », il nous a été demandé de mettre sur pied un projet pouvant être appliqué dans un cycle d'orientation, en adoptant une approche orientante pour les élèves. Pour cela, nous avons choisi de l'appliquer à des cours de sciences. Depuis plusieurs années déjà nous avons pu tester cette démarche pendant les Journées Sportives et Culturelles des CO fribourgeois. Avec des collègues enseignantes en sciences, nous avons créé une semaine d'activité autour des séries télévisées *Les Experts/ NCIS* enquêtes spéciales afin de faire découvrir les métiers de la police de sûreté et de faire un lien entre la théorie en sciences et ce qui est utilisé régulièrement dans ce milieu. Nous allons brièvement vous parler de ce projet mis en place sur beaucoup d'heures, mais pour ce cours nous avons adapté le projet au PER et à la planification annuelle afin de le rendre accessible à un grand nombre d'enseignants sans avoir une trop grande contrainte en termes de temps utile à cette démarche. Effectivement nous avons adapté le projet pour l'intégrer à l'enseignement de la séquence 26 en 11^{ème} Harmos.

Objectifs du projet

Notre séquence sur la découverte des métiers de la police scientifique est étroitement liée aux sciences Naturelles et va se faire dans le cadre du cours sur la génétique en 11^{ème} année Harmos. L'objectif principal étant de faire découvrir, de valoriser et de se rendre compte de la grande diversité des métiers en lien avec les sciences naturelles qui sont relativement peu connus dans un monde où les métiers de cadres (chef d'entreprise, avocat, employé de commerce etc.) sont mis en avant. Cette séquence va donc faire le lien entre la vie scolaire et professionnelle (interdisciplinarité avec les cours d'éducation des choix (EDC)).

A 14-15 ans les élèves ont déjà vu une série TV en lien avec des enquêtes policières, ce choix permet donc de donner une motivation supplémentaire aux élèves. De plus en effectuant une analyse d'ADN complète nous pourrons leur faire réaliser les erreurs dans ces films où ils mettent un échantillon dans une machine et les résultats apparaissent comme par « magie ». Nous en ferons ainsi des experts qui peuvent repérer les fausses représentations en lien avec le métier de laborantin ou chercheurs en sciences forensiques. Travailler la génétique devient donc très motivant.

Cadre général

Cadre légal

Le présent projet intègre parfaitement certains éléments de la Loi sur le Cycle d'orientation de 2009. Si l'on se réfère aux missions et aux buts de cette loi (Art. 4), on retrouve la notion d'orientation progressive vers les choix que le jeune sera appelé à faire, à travers le renforcement de ses connaissances et compétences. Il est notamment question de développer les savoirs des élèves à travers un enseignement de qualité et exigeant, orienter de manière personnalisée les élèves par rapport à leurs goûts et aptitudes et développer des compétences transversales chez les élèves, telles que la collaboration et la communication.

La voie de formation de l'élève par rapport à ses goûts et aptitudes est l'une des principales priorités dans l'article dédié à l'orientation progressive de la loi de 2009 (Art. 53). L'élève reçoit pour cela une éducation aux choix professionnels, dispensée normalement par le titulaire de classe. Cela lui permet de connaître différents profils de métiers et découvrir différents types de formation et parcours scolaires possibles. Dans cette optique, notre projet leur permet de connaître des métiers spécifiques aux sciences, dans un enseignement intégrant les plans d'études de cette discipline et en permettant aux autres acteurs scolaires de collaborer à travers une approche orientante.

Plan d'études

Ce projet prend tout son sens par la richesse qu'il propose pour le développement des capacités transversales inscrites dans le Plan d'études romand (PER). Bien entendu, il répond également aux spécificités de la discipline par rapport à ses objectifs et thèmes à aborder pour la 3^{ème} année du cycle d'orientation.

Capacités transversales

La collaboration est l'une des capacités transversales développées dans ce projet. De ce fait, les élèves vont souvent se retrouver à deux pour réaliser les différentes expériences proposées dans les activités. Dans celles-ci, ils auront l'occasion d'échanger des points de vue, entendre et prendre en compte des divergences (prise en compte de l'autre). Ils auront aussi l'occasion de développer leur « connaissance de soi » à travers le jugement de la qualité et de la pertinence de leurs propres actions, la confiance mutuelle dans le groupe et l'exploitation des forces de chacun pour surmonter une difficulté.

Les stratégies d'apprentissage rentrent également en jeu dans les activités proposées dans ce projet. De ce fait, les élèves vont devoir lire un protocole expérimental et devoir s'y référer tout au long des expériences. Il est question pour les élèves de mettre en évidence les informations importantes, de comprendre les étapes de la démarche et de les appliquer en groupe. Ils devront également réaliser un rapport individuellement et évaluer leur réussite en tenant un regard critique et en opposant les résultats en collaborant avec d'autres groupes. Par conséquent, les descripteurs que l'on retrouve dans le PER comme « la gestion d'une tâche », « l'acquisition de méthodes de travail » et « le choix et la pertinence de la méthode » sont directement touchés.

La communication est non seulement développée par son lien logique avec la collaboration, mais aussi à travers l'analyse et l'exploitation des ressources mises à disposition par l'enseignant-e. L'élève devra ainsi formuler des questions, répondre à des questions à partir des résultats obtenus dans les expériences, sélectionner les ressources pertinentes à la bonne réussite des activités, mais aussi anticiper de nouvelles utilisations en faisant des liens entre ce qui a été appris avec d'autres savoirs ou éléments du quotidien.

Enfin, **la démarche réflexive** est bien entendu au centre des activités, notamment à travers l'élaboration d'une opinion personnelle et plus spécifiquement en cernant la question de la réflexion, en identifiant les faits et en vérifiant l'exactitude. Il est aussi question pour les élèves de se remettre en question en prenant de la distance par rapport aux résultats, aux représentations qu'ils auraient au préalable et en comparant les chemins, les procédures et les stratégies utilisées par les autres. Toutes ces démarches et interrogations permettront aux élèves de se faire une idée personnelle sur les activités et éventuellement de développer un intérêt pour ce type de « métier ».

Objectifs liés aux sciences naturelles dans le PER

Voici les objectifs directement liés avec les sciences naturelles dans le PER :

MSN 38/4	<i>Analyser l'organisation du vivant et en tirer des conséquences pour la pérennité de la vie en comparant les fonctions de cellules, de tissus, d'organes, d'appareils et de systèmes</i>
MSN 38/1 et 3	<i>Analyser l'organisation du vivant et en tirer des conséquences pour la pérennité de la vie en décrivant des aspects de l'organisation de la vie : La détermination des caractéristiques du vivant et l'appropriation des différents niveaux d'organisation de la vie.</i>
MSN 38/2 et 5	<i>Analyser l'organisation du vivant et en tirer des conséquences pour la pérennité de la vie en décrivant simplement la transmission d'information génétique d'une génération à l'autre : Mode de reproduction et transmission d'informations</i>

Notions théoriques

Des liens peuvent être mis en évidence entre plusieurs notions théoriques liées à l'approche orientante et notre projet.

Le principe d'infusion

Ce principe intègre l'école et le contenu des cours au monde du travail. Le but est de proposer aux élèves des liens entre la vie scolaire et la vie professionnelle et leur permettre de mieux se connaître, vivre de nouvelles expériences et développer de nouveaux intérêts. Ce principe répond également à un besoin très présent chez les jeunes, qui est celui de donner du sens à l'école et aux activités.

Notre projet respecte parfaitement le principe d'infusion car il permet aux élèves de connaître de nouveaux métiers dans la discipline des sciences naturelles, plus spécifiquement celle des sciences forensiques. De plus, il est facile de donner du sens aux activités, par la contextualisation de celles-ci et leur permettre d'expérimenter de façon ludique les savoirs appris pendant ce chapitre et donner la possibilité de développer de nouveaux intérêts.

Sentiment d'efficacité personnelle

Le sentiment d'efficacité personnelle désigne les croyances qu'un individu a sur leur efficacité ou ses compétences à accomplir une tâche avec succès. Ce sentiment peut évoluer en fonction de l'expérience active de maîtrise, l'apprentissage social, la persuasion par autrui et l'état physiologique et émotionnel. En ce qui concerne plus spécifiquement son lien avec l'orientation professionnelle, il est important de garder en tête que les personnes acquièrent des intérêts durables pour une activité dans laquelle ils se sentiront compétents.

Ce sentiment d'efficacité est ainsi touché directement dans notre projet, car c'est à travers deux expériences concrètes, à l'aide d'un protocole claire, une collaboration entre les élèves (entre pairs) et le soutien de l'enseignant-e, qu'ils pourront les réaliser sans trop de difficulté. De plus, le fait de proposer une séance d'introduction et une séance de conclusion sous cette forme permet de faire le lien avec des situations similaires dans le passé et avoir le sentiment de progresser.

Principe de collaboration

Ce principe peut faire référence aux capacités transversales du PER décrites plus haut, mais il implique également une collaboration entre les différents acteurs d'une approche orientante, dont les enseignants, les titulaires, l'établissement et tout autre intervenant dans ce processus de transition. Elle est primordiale pour permettre une efficacité plus grande dans les informations et capacités que l'on veut transmettre aux jeunes dans leur orientation.

Notre projet prend en compte ce principe car les activités proposées ont un lien spécifique avec la discipline des sciences naturelles et permet une approche orientante, tout en travaillant le programme ordinaire de 3^{ème} année. Ce projet nous a également permis de collaborer entre enseignants de disciplines différentes et de prendre conscience de la possibilité pour chaque enseignant de proposer différentes activités en lien avec des métiers, tout en respectant les programmes d'études et la Loi sur le Cycle d'orientation. Enfin, il est possible de transposer les activités de ce projet dans une journée spéciale ou une semaine d'activité sportive et culturelle (SSAC), comme cela se fait dans le canton de Fribourg (cf. annexes) et où la collaboration entre les différents acteurs de l'orientation est encore plus importante.

Principe de mobilisation

Ce principe vise à rendre l'élève actif et le motiver à entreprendre une démarche personnelle pour son avenir professionnel ou scolaire. Il est donc souhaité que le jeune montre un désir de réussir et arrive à se projeter un avenir basé sur ses intérêts et expériences.

Encore une fois, le fait de travailler sous forme d'expériences concrètes, de rendre l'élève plus ou moins autonome, de le laisser échanger avec ses pairs pour se faire une vraie idée et communiquer un avis rend l'élève

actif et responsable de ses apprentissages et de sa réussite. Le fait de donner un vrai sens aux apprentissages à travers une situation du quotidien rend également les activités particulièrement attractives pour les élèves.

Plans d'action du projet en classe

Différents contextes

Nous avons travaillé ce sujet dans différents contextes : soit lors d'une semaine d'activité (JSC), soit pendant 2 mois à raison de 2 périodes par semaine (OCOM). Pour ce projet de démarche orientante nous avons adapté ce projet pour le présenter pendant les cours de sciences réguliers en 11^{ème} harmos, soit en introduction et conclusion du cours de génétique (séquence 26). Nous allons brièvement présenter les 3 contextes.

Journées Sportives et Culturelles (JSC)

Dans les CO fribourgeois une fois par année il y a une semaine de journées sportives et culturelles. En alternance une année en hiver, une année au printemps. C'est pendant cette semaine que s'organise les camps de ski, snowboard, peau de phoque ou alors camps de voile, vélo, randonnée en fonction de la saison. Pendant cette semaine les enseignants peuvent construire une activité sur une semaine soit en lien avec leur branche soit faire découvrir une de leur passion... Au CO de la Tour-de-Trême il y avait le choix d'une 50aine d'activités pour les 900 élèves allant de la fabrication de bijoux en macramé au cours de danse du Monde en passant par des activités sportives, l'équitation ou création d'un film avec des effets de sciences fiction. C'est dans ce contexte qu'avec une collègue enseignante de sciences nous avons voulu présenter la semaine des « Experts ». Nous avons donc créé toute une série d'expériences à faire en classe et des activités en extérieur. Vous trouverez le planning d'une de ces semaines en annexe 1 et le document des élèves avec les expériences faites en classe en annexe 2. Nous avons eu la chance de visiter la police de sûreté de Fribourg que je recommande vivement. Là les élèves sont partagés en plusieurs groupes et vont rencontrer 3 « experts » qui nous présentent leurs métiers avec passion. Nous avons donc rencontrer une laborantine qui va détecter des produits chimiques mais également prélever les traces de sang (qui sont ensuite envoyées au laboratoire à Lausanne), un expert en empreintes de chaussures et pneus, qui nous a montré comment son expertise a permis de retrouver les coupables sur plusieurs enquêtes (personnellement je ne savais pas que l'on pouvait être expert en traces de chaussures et, qui plus est, que ce serait si passionnant de l'entendre parler de son métier pendant 30 minutes !) puis finalement un expert en empreintes digitales.

Options Compétences Orientées Métiers (OCOMs)

Cette même séquence organisée dans le cadre des JSC a aussi été enseignée en cours d'Options Compétences Orientées Métiers sur le canton de Vaud. Les OCOMs sont des options pour les élèves de voie générale et le but est de faire le lien entre le monde professionnel et la branche enseignée (voir Annexe 3). Il y a des options éducation nutritionnelle, arts visuels, activités créatrices et manuelles, des options radios, MITICs, droit et économie et nous avons dès l'an dernier présenter les OCOMs sciences à l'EPS du Pays-d'Enhaut. C'est dans le cadre de ces cours que la séquence préparée pour une semaine de JSC a pu être adaptée et présentée aux élèves des cours OCOMs sciences.

Cours de sciences 11^{ème}

Afin de rendre cette séquence plus « universelle » et réalisable au sein de l'enseignement des sciences en Suisse Romande, nous avons utilisé et adapté une partie de ce travail pour proposer deux séquences d'enseignement : une en introduction du chapitre de la génétique (séquence 26) et une autre en conclusion de ce même chapitre. Ce chapitre se voit en 11^{ème} année Harmos. Ces séquences d'introduction et de conclusion du chapitre 26 vont permettre de faire le lien entre la théorie et le concret, cela va également permettre de présenter les sciences forensiques et les métiers de la police scientifique aux élèves. En plus de ces séquences d'enseignement, ayant assisté plusieurs fois à celle du canton de Fribourg qui est extrêmement bien adaptée aux élèves et très bien organisée, nous ne pouvons que recommander d'organiser une sortie pour pouvoir visiter un centre de la police de sûreté (pour les contacter: Police cantonale Fribourg, **Secteur communication et prévention**, T +41 26 305 16

13, Email communication.police@fr.ch), sur Vaud à Lausanne ils proposent aussi des visites, par contre nous n'avons pas d'informations spécifiques pour le canton du Valais.

Planification des séquences

Voici les Objectifs spécifiques des 2 séquences présentées :

Objectifs spécifiques	Critères de vérification des objectifs	Dispositifs d'évaluation diagnostique/ formatrice/ formative envisageables
Les élèves sont capables de s'approprier l'utilisation de nouveaux outils	Ils vont s'entraîner à pipeter de manière précise et en suivant les instructions détaillées donnée par oral et sous forme de documents papiers.	On fait pipeter diverses quantités aux élèves dans un tube eppendorf et on contrôle la quantité finale dans le tube on peut ainsi voir si la technique est maîtrisée (premier cran, appuyer plus fort pour déposer la dernière goutte, éviter le bulle d'air, précision du « pipetage »...) On va également faire un gel d'agar agar alimentaire pour s'entraîner à déposer quelques microlitres au fond des puits avant de faire l'expérience proprement dite avec de l'ADN.
Les élèves sont capables de rechercher, observer et organiser des informations.	Ils vont entreprendre diverses expériences en fonction de la situation problème, de la consigne et du matériel à disposition dans la salle de TP.	Le compte rendu parlera des extractions réalisées. Il devra (même s'ils sont faits par d'autres binômes) comparer des extractions sur au moins un échantillon animal, un végétal et un échantillon non vivant. Il est important que les élèves aient utilisé le vert de méthyle pour démontrer que la substance extraite est bien de l'ADN.
Les élèves sont capables de réaliser, manipuler et appliquer les consignes.	Les élèves sont capables de suivre un protocole donné de manière rigoureuse et font preuve de précision (pas de bulle d'air, micropipettage de toutes petites quantités...)	Isolation de l'ADN de divers tissus, les élèves vont obtenir une méduse. On peut vérifier que la quantité d'alcool et de filtrat dans le tube est conforme à ce qui est demandé. L'alcool et le filtrat forment 2 phases non mélangées. La paillasse est en ordre et rangée en fin de manipulation.
Les élèves sont capables de raisonner et démontrer	Ils vont mettre en relation les informations sur la fiche « référence d'un article : le vert de méthyle » afin de démontrer que la méduse isolée dans le protocole est bien de l'ADN.	Le vert de méthyl est utilisé pour colorer la méduse extraite, sa coloration en vert nous permet de déduire que c'est de l'ADN. Et surtout, la non-coloration de l'échantillon non-biologique nous montre que l'ADN n'est présent que dans le vivant.
Les élèves sont capables de raisonner, argumenter et démontrer en proposant une expérience <i>Localiser l'ADN dans le noyau des cellules.</i>	Ils vont devoir proposer une expérience pour démontrer que l'ADN est localisé dans le noyau.	En colorant une préparation de cellules d'oignons avec du vert de méthyl sur une lame on va pouvoir précisément localiser l'ADN dans la cellule grâce à une observation au microscope.
Les élèves sont capables de communiquer de manière scientifique.	Les élèves vont devoir expliquer à l'écrit les différentes étapes de leur démarche.	Ils vont devoir organiser leurs données dans un ordre logique : <ul style="list-style-type: none"> - Présenter les manipulations réalisées et les résultats. - Comparer avec d'autres échantillons - Conclure - Proposer un protocole de localisation de l'ADN, donner le résultat sous forme de dessin puis conclure.
Les élèves sont capables de travailler en autonomie	Ils vont devoir suivre un protocole avec des nouveaux outils et après s'être entraînés pendant un cours ils sont capables de suivre le protocole	Il effectue leur manipulation rigoureusement et sans demander de l'aide trop souvent.

Ainsi en travaillant comme un scientifique avec cette situation problème et cette démarche scientifique, les élèves sont à même de mieux comprendre le travail de laborantin ou de chercheur en biologie moléculaire et, dans ce cas illustré avec une situation de scène de crime, ils sont particulièrement sensibilisés aux techniques et métiers de laborantin en lien avec les sciences forensiques. Pour aller plus loin, nous pouvons leur faire visualiser une, deux séquences de série où ils font une recherche de profil ADN et en mettant les échantillons dans une centrifugeuse (qui sert uniquement à faire tourner les échantillons) et de là il en sort des résultats, ce qui est impossible ! On fait ainsi de nos élèves des experts en expérience de biologie moléculaire et on les rend ainsi capable de repérer des représentations erronées présentées dans ces séries.

Séquence d'introduction au chapitre 26

Le tableau ci-dessous présente en détail, une **séance d'enseignement** sur 1x 90 minutes puis 1x45 minutes en introduction au chapitre 26.

Tableau de planification d'une séance didactique :

Objectifs spécifiques	Activités de l'enseignant (tâches, consignes, régulations prévues...)	FST	Activités attendues des élèves		
Réactiver leurs connaissances	Contrôler les acquis. L'enseignant demande : Est-ce que vous vous rappeler comment on peut différencier le vivant du non-vivant ? Donner quelques exemples de chacun et les critères de classification. Est-ce que vous vous souvenez ce qu'est une cellule ? Petit rappel si nécessaire.	Interactif avec l'enseignant	Les élèves doivent réactiver les notions suivantes : Qu'est-ce que le vivant et le non-vivant. Savoir ce qu'est une cellule et connaître sa structure.	5'	5'
Qu'est-ce que l'ADN ?	Avez-vous déjà entendu parler d'ADN ? Qu'est-ce que c'est selon vous ? et où pouvons-nous le trouver ? Faire noter sur une feuille les représentations des élèves quant à l'ADN...	Individuel	Les élèves notent sur un papier (selon modèle de Marie-Pierre Chevron) leur représentation de l'ADN. L'enseignant les récupère et nous pourrions poser les mêmes questions en fin de séance ou même en fin de séquence 26 et nous pourrions ainsi leur rendre pour qu'ils puissent comparer leurs réponses avant/après.	4'	9'
S'approprier la situation-problème	Lancer la situation. L'enseignant distribue les documents élèves (article le matin dimanche + consigne pour les élèves) et leur demande de lire le document. Une fois la lecture terminée, demander s'il y a des questions. L'enseignant relis la consigne à voix haute : A l'aide des documents et du matériel disponibles dans la salle, tu dois convaincre Martial que l'inspecteur de la police scientifique Maurice Clopet a raison lorsqu'il affirme que « <i>l'ADN est présent dans toutes les cellules des êtres vivants</i> » et uniquement des êtres vivants. Tu dois également proposer une manipulation qui permettrait à Sylvain de localiser l'ADN dans une cellule. A la fin de ton travail rédige un compte rendu de ton étude pour lui proposer les résultats et la conclusion ainsi que la proposition d'expérience pour la localisation de l'ADN.	Individuel	Les élèves lisent le début du document et après écoutent la consigne.	3'	12'
Faire le lien entre le document écrit et l'activité demandée	S'assurer que l'activité puisse commencer L'enseignant présente le matériel à disposition. Il laisse un espace pour des questions concernant le matériel à disposition. Il fait attention de ne pas répondre à la question de la situation proposée.	Individuel	Les élèves regardent le matériel et posent des questions si nécessaire uniquement en lien avec le protocole expérimental.	3'	15'

	Il demande aux élèves de former des groupes de 2 ou impose les groupes puis demande aux élèves de démarrer le travail.	Groupe de 2	Les élèves forment rapidement les groupes et font l'expérience.	5'	20'
Travailler la planification.	Une fois les groupes formés, l'enseignant propose de commencer à élaborer une stratégie et planifier les expériences à effectuer.	Groupe de 2	Les élèves essayent de planifier des expériences pour répondre aux questions.	10'	30'
Entrer dans la démarche expérimentale	L'enseignant propose aux élèves de commencer les manipulations. Elle passe dans les rangs. Chaque groupe reçoit 2 jokers (issus de jeux de cartes) à utiliser pour des coups de pouce si besoin.	Groupe de 2	Les élèves commencent les expériences suivant le protocole d'extraction d'ADN	40'	70'
Apprendre la collaboration	Elle propose également aux groupes de discuter entre eux pour savoir ce que chacun fait...				
Interprétation des résultats	Les élèves interprètent leurs résultats. Ils peuvent collaborer entre groupe et partager leurs résultats.	En groupe, chacun peut échanger avec des membres d'un autre groupe.		20'	90'
Rédaction d'un rapport Élaboration d'un protocole	L'enseignante leur annonce que le travail est à rendre de manière individuelle.	Individuel	Pendant ce cours les élèves doivent écrire un compte rendu afin de répondre aux questions de Martial.	35' - 40'	35'- 40'
Apprendre la collaboration et le respect de chacun	L'enseignant propose aux élèves qui paraissent prêt à échanger leurs idées de circuler et comparer leur rapport. (Ramasser le travail à la fin du cours en vue d'une mise en commun de leurs résultats en introduction à la suite de la séquence 26)	Interactif classe/enseignant	Un modèle commun doit être proposé par chaque groupe avec une argumentation.	5'	45'
Acquérir des nouvelles connaissances	L'institutionnalisation se fait par une mise en commun gérée par l'enseignant au tableau qui va trier les arguments des élèves pour arriver à la bonne réponse.	Individuel	Les élèves écoutent et posent des questions si nécessaire.	10'	
Stabiliser les connaissances à acquérir	Les élèves ont établi un protocole pour localiser l'ADN dans les cellules. L'enseignante valide le « bon protocole » par oral puis l'enseignante va plus loin, elle précise que l'on va pouvoir colorer des chromosomes et observer des mitoses au microscope.... Mais qu'est-ce qu'une mitose... suite dans la séquence 26	Individuel	Les élèves reçoivent un protocole pour visualiser une mitose sur les cellules de racine d'oignon de jacinthe.	5'	
La suite du cours sur la séquence 26 avec fiches d'activités du classeur peut commencer...					

Voici les documents élèves :

Articles de journal : L'ADN joue un rôle crucial dans les enquêtes criminelles !



Le Matin Dimanche

Des offres fantastiques pour la Lancia Ypsilon Elefantino sur lancia.ch

PEOPLE

Et un bébé de plus à Monaco!

www.lematin.ch

Dimanche 1er JUIN 2014 • N° 152 • FR. 4.30 (TVA 2.3% INCLUS) • € 3.45

AVEC LES MAGAZINES

ÉCONOMIE

Comment séduire les touristes européens

Pour attirer ceux du Sud, il faut faire naître l'émotion. Pour séduire ceux du Nord, il faut parler argent. www.lematin.ch

Une découverte essentielle dans l'affaire des bois de Forêtneuve

Un poignard, maculé du sang et porteur de l'ADN du petit Rudy et de son meurtrier présumé, a été retrouvé proche du petit corps découvert sans vie vendredi dernier dans les bois de Forêtneuve. Selon le commandant de la police cantonale Markus Bisquet, le poignard a été retrouvé « *caché dans des bosquets à une cinquantaine de mètres du corps du petit Rudy et 20 mètres en contrebas de la route empruntée par le meurtrier présumé* ». Selon le laboratoire de la police scientifique, le sang retrouvé sur le poignard contenait des cellules de la victime et de l'auteur présumé du meurtre. « *C'est à partir de ces cellules que l'ADN du coupable a été extrait* » a déclaré Maurice Clopet, l'inspecteur de la police scientifique qui travaille sur l'affaire. Ce dernier nous a expliqué que: « *toutes les cellules des êtres vivants contiennent de l'ADN, une molécule qui porte une sorte de carte d'identité génétique de l'individu auquel elle appartient.* »

LIRE PAGE 3

Pourquoi le président « Dieu merci,

Consignes données à l'élève :

Martial élève de 11H, a lu le Matin dimanche à propos de la récente affaire du meurtre à Forêtneuve. Il est très surpris par les propos de l'inspecteur de la police scientifique Maurice Clopet. S'il est certain que les animaux possèdent bien de l'ADN, il n'est pas convaincu que ce soit vrai pour les autres êtres vivants. De plus, alors qu'il a observé la structure d'une cellule en classe de 10^{ème}, il n'arrive pas à se remémorer où se localise l'ADN dans les cellules car il n'a pas souvenir de l'avoir vu lorsqu'il a observé des cellules au microscope.

A l'aide des documents et du matériel disponible dans la salle, tu dois convaincre Martial que l'inspecteur de la police scientifique Maurice Clopet a raison lorsqu'il affirme que « ***l'ADN est présent dans toutes les cellules des êtres vivants*** » et uniquement des êtres vivants.

Tu dois également proposer une manipulation qui permettrait à Sylvain de **localiser l'ADN dans une cellule**. A la fin de ton travail rédige un compte rendu de ton étude pour lui proposer les résultats et la conclusion ainsi que la proposition d'expérience pour la localisation de l'ADN.

Support de travail :

Sur une pailasse il y a :

- De nombreux échantillons au choix : kiwi, banane, oignon, foie de veau, saumon, champignons, levure fraîche, levure chimique, talc, sable fin.
 - Le matériel nécessaire à la réalisation de l'extraction de l'ADN : (voir protocole)
 - Les protocoles d'extraction d'ADN adaptés au divers échantillons utilisés (Annexe 4 pour le kiwi)
- Ne pas faire allusion à la coloration au vert de Méthyl à la fin de l'expérience. L'élève devra y penser pour démontrer que la méduse correspond bien à de l'ADN.
- La référence d'un article du catalogue de vente de matériel scientifique www.jeulin.fr

Vert de méthyle acétique (125 mL)

Ref:107127

6,10 € TTC

Référence : Colorant Biologique Coloration des noyaux (ADN en vert). Contient 1 % d'acide acétique. EN SAVOIR PLUS

EN STOCK

Remarque : Ce produit est réservé aux établissements scolaires et universitaires. Veuillez nous contacter avec le compte client adéquat, ou nous contacter.

Quantité souhaitée : 1

Ajouter au comparateur Ajouter aux produits préférés

Les résultats attendus :

La manipulation effectuée permet de récupérer ce qu'il y a à l'intérieur de la cellule. Ce composant est coloré par le vert de méthyle (colorant spécifique de l'ADN), c'est donc de l'ADN.

Tous les échantillons d'être vivants sur lesquels on a fait la manipulation en classe ont abouti aux mêmes résultats : présence d'une méduse blanche qui se colore au vert de méthyle, donc leurs cellules contiennent toutes de l'ADN. En revanche les échantillons non vivants n'en contiennent pas.

L'ADN est donc bien présent uniquement dans les cellules vivantes. Bien entendu on ne peut pas tester tous les êtres vivants sur Terre, mais on peut penser que nos résultats sont généralisables et que l'ADN est bien présent dans les cellules de tous les êtres vivants.

Quant à sa localisation dans les cellules, on peut réaliser une préparation microscopique en colorant des cellules au vert de méthyle pour savoir où il se trouve. La partie colorée en vert sera celle qui contient l'ADN.

En annexe 5, vous trouverez des exemples de coup de pouces pour les élèves.

Séquence de conclusion au chapitre 26

Nous avons travaillé en introduction du chapitre 26 avec une situation-problème qui présentait une affaire criminelle. Ceci nous a permis de réaliser l'importance de l'ADN dans les enquêtes scientifiques. Et d'introduire le cours de génétique que nous avons ensuite poursuivit avec les activités des MER officiel du chapitre 26. Là, les élèves en apprennent un peu plus sur la génétique, les mitoses, méioses etc... et pour aller plus loin, on peut leur parler d'empreintes génétiques... ils ont sûrement entendu parler de test de paternité par exemple ou alors de l'identification d'un suspect par preuve par ADN... mais qu'est-ce que cela signifie exactement. Donc pour conclure ce chapitre, on va les mettre eux dans la peau d'un Expert et ils vont devoir à partir de 4 échantillons d'ADN, 1 prélevé sur l'arme du crime et les 3 autres sont l'ADN des suspects, identifier quel est le coupable dans l'histoire de meurtre du petit Rudy.

Proposition de séances :**Séance 1 : 2x45 min**

Initiation à l'utilisation des micropipettes

Théorie – lecture du protocole – exercices

Préparation du TAE et du gel d'agarose

Étiquetage des microtubes

Séance 2 : 2x45 min

Digestion enzymatique – migration par électrophorèse – révélation du gel

Dépôt de colorant dans un gel d'agar agar (préparé en avance par l'enseignant)

Théorie – exercices

Séance 3 : 1x 45 min

Analyse des résultats

Extension possible :

Discussion des différents métiers de la police scientifique, visite de la police de sûreté du canton et/ou visionnage d'un film sur la police scientifique

Exemple Tuerie du grand Bornand :Police Judiciaire : <https://www.youtube.com/watch?v=3ioYvq28tCw>

1^{er} cours de 90 minutes

Objectifs spécifiques	Activités de l'enseignant (tâches, consignes, régulations prévues...)	FST	Activités attendues des élèves	Tps	Tps tot
Faire émerger leurs conceptions préalables	Évaluer les conceptions préalables L'enseignant demande : Est-ce que vous avez déjà entendu parler de test ADN ? Si oui dans quel domaine ?	Interactif avec l'enseignant	EN fonction de la réponse des élèves : on peut s'attendre à : - Diagnostique d'une maladie héréditaire - Test de paternité - Identification d'un suspect...	5'	5'
Explication de l'empreinte génétique	Théorie principe de l'empreinte génétique : ADN polymorphisme etc etc	Magistral	L'enseignant explique ce qu'est une empreinte génétique	5'	10'
1 ^{ère} chose savoir utiliser les micropipettes	Démonstration de l'utilisation d'une micropipette Avec l'aide de l'annexe 6.1 expliquer chaque étape de l'utilisation d'une micropipette. Infos sur le site : https://www.bioutils.ch/informations-pratiques/utilisation-des-micropipettes	L'enseignant	Les élèves écoutent et observent comment faire	5'	15'
S'entraîner à prélever précisément de petite quantité de liquide. Lire le protocole de manière détaillée et commencer à faire les exercices.	Entraînement : utilisation d'une micropipette Préparer des tubes marqués 20ul et d'autres marqués 78ul. Les élèves vont prélever 20ul d'eau dans un tube eppendorf puis vont s'échanger les tubes pour se mettre d'accord sur la quantité prélevée et la précision. Puis ils prélèvent 78ul et vont vérifier vers l'enseignant.	Individuel	La moitié des élèves vont à un poste pour s'entraîner avec la micropipette. Chacun prélève 20ul puis ils échangent les tubes et essaie de vérifier la quantité que l'autre a prélevé. Puis chacun prélève 78ul dans un tube et va vérifier vers l'enseignant si c'est précis.	20'	35'
	Lecture du protocole	Individuel	Pendant que certain s'entraîne avec la micropipette les autres lisent le protocole	20'	55'
Résumé du protocole	L'enseignant demande aux élèves de venir 1 à 1 au tableau blanc puis de faire un résumé du protocole.	Au tableau l'un après l'autre puis l'enseignant donne des compléments d'information	Les élèves essayent de planifier des expériences pour répondre aux questions.	10'	65'
Nommer les microtubes	Constitue des groupes puis pour chaque groupe demande de préparer les microtubes	Groupe de 2, 3, ou 4	Les élèves nomment les microtubes.	10'	75'
Dilution du TAE Préparation du gel d'agarose	L'enseignant peut préparer le TAE en avance, puis chaque groupe va préparer un gel d'agarose.	En groupe, chacun prépare un gel d'agarose	Les élèves suivent le protocole pour préparer des gels d'agarose avec petit peigne. Puis laisser le gel refroidir jusqu'au cours suivant.	15'	90'

2^{ème} cours de 90 minutes

Objectifs spécifiques	Activités de l'enseignant (tâches, consignes, régulations prévues...)	FST	Activités attendues des élèves	Tps	Tps tot
Réactiver leurs connaissances	Rappel sur l'utilisation de la micropipette L'enseignant a préalablement préparer tous les postes de travail pour que les élèves puissent directement commencer	L'enseignant en frontal.	Les élèves écoutent.	5'	5'
Digestion enzymatique	Vérifie que chaque groupe sait quoi faire.	Par groupe	Les élèves suivent le protocole, Prépare le mélange pour la digestion enzymatique, centrifuge les échantillons et les laisse digérer pendant plusieurs heures dans un incubateur.	10'	15'
S'entrainer à charger un gel d'agar agar avec du colorant.	Pendant la digestion enzymatique les élèves peuvent s'entrainer à pipeter au fond 'un gel d'agarose.	Par groupe	Les élèves essayent de charger du colorant au fond des puits du gel d'agar agar.	20'	35'
Préparer la cuve d'électrophorèse (déposer GEL dans cuve + TAE9 Colorer les échantillons et les charger dans les puits du gel.	S'assurer que l'activité puisse commencer que la cuve d'électrophorèse est correctement installée.	Individuel	Les élèves préparent la cuve pour la migration	5'	40'
	Les élèves vont préparer le gel. Et après vérification de l'enseignante ils peuvent commencer la migration.	L'un après l'autre	Les élèves chargent précisément les échantillons dans les puits.	15'	55'
	Migration dur gel d'electrophorèse	Par groupe	Les élèves essayent de répondre aux questions dans le dossier.	20'	75'
Révéler les résultats de la migration puis prendre une photo.	L'enseignant aide les élèves à révéler les résultats sous lampe UV.	Par groupe	Les élèves suivent le protocole et écoutent l'enseignante.	10'	85'
Rangement et Interprétation des résultats	Les élèves rangent et ont la possibilité d'interpréter leurs résultats. Ils peuvent collaborer entre groupes et partager leurs résultats.	Par groupe	Rangement et début d'interprétation des résultats si l'élève en a besoin.	5"	90'

Pendant la séance 3, nous allons analyser le résultat pour identifier quel suspect est coupable. Nous pouvons également faire des exercices avec les élèves pour être certains qu'ils ont compris le principe d'empreintes génétiques (voir des exemples d'exercices dans l'annexe 7). On peut également parler plus grandement des différents métiers de la police scientifique, il existe plusieurs documentaires pouvant illustrer les différents aspects et différentes spécialités. On peut également faire intervenir un enquêteur en classe qu'il vienne parler de son métier s'il n'y a pas la possibilité de faire une visite de la police de sûreté.

Moyens requis et coûts

Avant la réalisation de ce projet il est important que vérifier les paramètres suivants afin que le projet aboutisse dans les meilleures conditions.

Il est avant tout très important que l'enseignant en sciences aie une certaine expertise des de la biologie moléculaire (extraction d'ADN, digestion enzymatique, migration sur gel et révélation des résultats). L'enseignant peut se renseigner auprès du musée d'histoire naturelle qui prête la valise ADN ou auprès d'autres collègues s'il a besoin d'informations complémentaires.

Prérequis des élèves

Pour que les élèves puissent entrer en apprentissage il est important que les savoirs suivants soient maîtrisés : ils doivent connaître la structure d'une cellule, ils doivent différencier le vivant du non-vivant. Ils ont déjà entendu parler d'ADN mais n'ont pas besoin d'en savoir beaucoup plus, en fait c'est une situation-problème d'introduction à la séquence 26 en 11^{ème} Harmos.

Les savoirs faire suivants sont maîtrisés : utilisation du microscope, préparation de lame, ils doivent être capable d'extraire des informations d'un fait observé, suivre un protocole donné, proposer des expériences et finalement expliquer à l'écrit les étapes d'une démarche.

Pour pouvoir faire la séquence de conclusion, ils doivent avoir déjà entendu parler d'ADN et savoir que cette molécule est unique entre chaque individu. Ils doivent également comprendre qu'une partie du matériel génétique vient du père et l'autre de la mère. Ainsi ils peuvent comprendre le principe du test de paternité et d'identification d'un suspect. Avant de faire la démarche à proprement parler nous devons absolument les entraîner à utiliser une micropipette.

Les savoirs faire suivants sont maîtrisés : doivent être capable d'extraire des informations d'un fait observé, suivre un protocole donné de manière précise, respecter les règles de sécurité en laboratoire (danger : Rayonnement UV, Produit mutagène...) et ils doivent être capable d'anticiper pour gérer le temps de manipulation et le temps d'incubation.

Moyens logistique et financiers

Le projet se déroule dans une salle de sciences, l'enseignant doit au préalable réservé la valise ADN auprès du musée d'histoire naturelle de Fribourg (gratuite avec une caution de 50chf) et avoir commandé un kit Empreinte et diagnostic génétique, polymorphismes de restriction DT-03 en 1 exemplaire auprès de l'ecole-adn.fr celui-ci coûte 139 euros (hors frais de douane et port) ce kit peut s'utiliser pour faire plusieurs fois l'expérience dans plusieurs classes en parallèle ou sur plusieurs années.

Il faut acheter le petit matériel pour l'isolation de l'ADN (sel, liquide vaisselle, ethanol) et avoir du vert de méthyl (c'est du matériel généralement disponible dans les laboratoires et n'engendre pas de coût supplémentaire).

Il faut également avoir de la verrerie : tube éprouvette, vert de montre... etc

Il faut avoir de l'eau déminéralisée pour reconstituer le TAE et avoir à disposition un réfrigérateur pour stocker les gels d'agarose et l'ADN. Le reste du matériel est fourni dans la valise à ADN.

Il faut également avoir à disposition un appareil photo et pouvoir redistribuer les photos des résultats à chaque groupe et l'afficher au tableau blanc pour l'interprétation des résultats.

Afin de projeter les vidéos disponibles sur internet, il est aussi important d'avoir un projecteur et écran de projection ou un tableau interactif.

Il faut également prévoir les photocopies des documents à donner aux élèves.

Il n'y a pas de coût supplémentaire de formateur puisque c'est le professeur de sciences qui va prendre la responsabilité de mettre en place cette séquence.

Il y aura des coûts supplémentaires si nous planifions une visite de la police de sûreté. La visite étant généralement gratuite il faut uniquement prévoir les coûts de transport.

En conclusion les coûts sont relativement peu élevé pour cette activité, mais il s'agit d'une mise en place assez importante.

C'est donc une séquence d'enseignement/apprentissage qui est relativement facile à mettre en place: elle n'exige pas de gros moyens financiers, mais par contre une maîtrise des outils de biologie moléculaire par l'enseignant et une anticipation quant à la commande de matériel venant de France et la « réservation » de la valise ADN aux dates souhaitées. De plus l'avantage de cette séquence est qu'elle ne représente pas une grosse contrainte horaire car on a une activité qui donne du sens à ce chapitre de la génétique, fait le lien entre le monde professionnel et les savoirs enseignés et qui est très attractive et enrichissante pour les élèves et l'enseignant.

Difficultés et régulations

Une des principales difficultés concerne le fait d'avoir un enseignant de sciences qui maîtrise les outils de la biologie moléculaire.

Une seconde difficulté qui peut être anticipée concerne la motivation des élèves. Étant donné que les élèves ne choisissent pas de métiers mais qu'on leur présente les sciences forensiques on peut avoir un groupe d'élèves très motivés ou alors grandement démotivés et désintéressés. Pour pallier ce problème nous pouvons justement montrer des extraits de la série des Experts et essayer de faire identifier les erreurs dans la série... le fait de voir un « film » peut donner une motivation supplémentaire au travail pour les élèves qui sont moyennement motivés. De plus nous avons décidé de faire travailler les élèves par groupe. L'interaction et la collaboration permettent d'augmenter la motivation.

La difficulté majeure consiste en la complexité des savoirs savants. Il est donc très important de vulgariser au maximum les différentes activités et de simplifier et présenter le protocole, afin que nos élèves ne soient pas surmenés. Nous sommes relativement proche de la zone proximale des élèves c'est pour cela que nous étudions cette séquence qu'en 11^{ème} Harmos. Malheureusement la proximité avec la phase de réalisation rend ce choix pas idéal car la séquence reste plutôt dans l'exploration des métiers et en 11^{ème} Harmos, beaucoup d'élèves auront alors comme priorité l'élaboration de leur candidature. Cependant dans le cas de la semaine des JSC ou OCOMs sciences où nous avons des élèves relativement motivés qui choisissent cette activité nous pouvons accueillir des élèves plus jeunes, idéalement de 10^{ème} Harmos.

Bilan réflexif (Synthèse personnelle)

La démarche orientante est très importante pour nos élèves du CO, car ils arrivent à un stade où ils doivent faire des choix pour leur avenir. Il est important de leur présenter un panel de métiers afin qu'ils s'orientent au mieux en fonction de leur choix, de leur capacité et de leur désir.

Avoir un interlocuteur spécialiste qui présente un métier de manière passionnée peut avoir un effet très positif sur les élèves. En effet, ce n'est pas seulement via le conseiller en orientation que l'élève peut trouver sa voie mais chaque enseignant et adulte de son entourage peut y jouer un rôle. Le projet présenté dans ce travail nous a permis de mettre en évidence concrètement le rôle que nous pouvons jouer en tant qu'enseignant. Pour donner du sens à nos enseignements, il est important de rendre les choses plus concrètes, de faire le lien entre la théorie vue en cours et son utilité pratique et finalement de le confronter à la réalité du monde de l'emploi.

Notre projet s'inscrit dans cette direction : faire un lien entre le quotidien du métier de police scientifique et le concept abordé dans le chapitre de la génétique.

Faire prendre conscience à l'élève qu'un large choix de métiers liés aux sciences existe, permet de valoriser davantage cette branche. Ainsi, tout en suscitant l'intérêt et la motivation des élèves, cette séquence leur permet d'ouvrir leurs horizons professionnels. En réalisant ce travail, nous confirmons donc le fait qu'il n'y a pas que les enseignants d'éducation au choix qui jouent un rôle dans la planification de l'avenir professionnel des élèves mais que tous les enseignants ont un rôle important à jouer dans la démarche orientante, ne serait-ce que pour faire découvrir les métiers liés à son domaine d'enseignement. En collaborant nous avons pris conscience de l'importance de soutenir les élèves durant cette phase de transition de l'école obligatoire à de nouvelles formations académiques ou professionnelles.

Ainsi, ce projet nous permet, en tant qu'acteurs indéniables de l'orientation, de développer les intérêts des élèves, de traiter les savoirs dans une forme ludique et attrayante pour les élèves, de prendre en compte les différentes exigences liées aux lois scolaires et plans d'études, mais aussi de développer une grande diversité de compétences transversales chez les élèves, profitables à leur développement personnel et leurs futurs projets.

Bibliographie

Deci & Ryan (1993): Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik, pp. 223-239.

Loi sur le Cycle d'orientation, (2009). https://www.aveco.ch/documents/Loi_nouveau_CO.pdf

Pelletier, D. (2004). Pour une approche orientante : la clé de la réussite scolaire et professionnelle. Sainte-Foy, Québec : Septembre éditeur.

Plan d'études romand.

<https://www.plandetudes.ch/home>

Rondier, M. (2004). « *A. Bandura. Auto-efficacité. Le sentiment d'efficacité personnelle* », *L'orientation scolaire et professionnelle*. Paris : De Boeck. 33/3, pp. 475-476.

Annexes

Annexe 1 : Programme d'une semaine des JSC

Semaine :	13		Dans la peau des experts							
	LUNDI		MARDI		MERCREDI		JEUDI		VENDREDI	
	matin	après-midi	matin	après-midi	matin	après-midi	matin	après-midi	matin	après-midi
Activités	Laboratoire sur les traces de la police scientifique		Laboratoire scientifique	Laboratoire scientifique	Police de sûreté	Entrainement des chiens de Police avec le commandant Bertrand Privet.	Laboratoire scientifique	Laboratoire scientifique	Préparation de la scène de crime	Résoudre une enquête criminelle
Horaire	9h-14h		9h-11h30	13h30-15h45	8h-11h30	13h30-15h45	9h-11h30	13h30-15h45	9h-11h30	13h30-15h45
Lieu	Epruvette, UNIL		CO la Tour	CO la Tour	Fribourg	Granges-Paccot	CO la Tour	CO la Tour	CO la Tour	CO la Tour
Rendez-vous	Parking CO la Tour-de-Trême		Salle 2.06	Salle 2.06	Train Gare de Bulle, 7h30	Parking CO la Tour-de-Trême	Salle 2.06	Salle 2.06	Salle 2.06	salle 2.06
Matériel	plumier, feuilles		plumier, feuilles	plumier, feuilles	plumier, feuilles	plumier, feuilles	plumier, feuilles	plumier, feuilles	plumier, feuilles	plumier, feuilles
Repas	pic-nic		libre	libre	pic-nic	libre	libre	libre	libre	libre
Responsable	Sandrine Castella		Sandrine Castella	Mélanie Revaz	Sandrine Castella	Mélanie Revaz	Mélanie Revaz	Mélanie Revaz	Sandrine Castella	Sandrine Castella
N° de tél.	076/429.80.28		076/429.80.28	078/788.08.28	076/429.80.28	078/788.08.28	078/788.08.28	078/788.08.28	076/429.80.28	076/429.80.28

REMARQUES
En cas de maladie/absence, l'élève doit téléphoner au secrétariat de l'école au xxx avant 8h00

Annexe 2 : Dossier de l'élève pour la semaine spéciale JSC et pour les OCOMs

Voici le dossier qui a été donné aux élèves pour les OCOMs de 2020-2021 dans le canton de Vaud :

Dans la peau des experts



Établissement secondaire du Pays-d'Enhaut



OCOM Sciences

Automne 2020



Mélanie Revaz

1. Sécurité et bonnes pratiques de laboratoire

Ce travail pratique requiert rigueur, habileté et respect des règles d'hygiène et de sécurité. Il faut donc prêter attention aux consignes suivantes :

- ✓ *Le matériel de laboratoire est fragile et onéreux*
Manipulez-le avec le plus grand soin, en particulier les centrifugeuses, micropipettes et générateurs d'électrophorèse.
- ✓ *Le matériel biologique est sensible à la température et aux contaminations*
Veillez à la propreté des plans de travail, des mains et du matériel de paillasse. Respectez les indications de température notamment pour le stockage des enzymes.
Annotez clairement tous les tubes en précisant leur contenu et l'opérateur.
- ✓ *Certains appareils et produits sont potentiellement dangereux*
En particulier, la manipulation des gels contenant le Midori Green (cancérogène) doit se faire avec des gants en latex. Les UV peuvent provoquer de graves brûlures. En cas d'exposition directe, il convient donc de porter des gants et de se protéger avec un masque adapté.

Une zone de travail dédiée à l'utilisation du Midori Green doit être aménagée.
En particulier, on place un papier absorbant sous les cuves d'électrophorèse.
Avant rangement dans la valise, tout le matériel est nettoyé méticuleusement afin d'éliminer toute trace de Midori Green (cuve, support, chambre de révélation ...).

► En cas de doute, ne pas hésiter à demander de l'aide.

Expérience 1 : Les portraits robots :

Les témoins peuvent aider la police à établir un portrait robot du suspect (des suspects). Il existe des dessinateurs spécialisés dans la réalisation de portraits robots uniquement sur base des descriptions de témoins. Mais dans la plupart des cas, le témoin feuillette un « catalogue » d'yeux, nez, bouches, coiffures... et construit ainsi, partie après partie, le visage du suspect. Il est curieux de voir comme une autre forme de nez peut changer tout un visage. Tu peux essayer avec tes amis...

1. Crée ton catalogue de parties de visages pour portraits robot

Ce qu'il te faut :

Appareil photo digital Ordinateur et imprimante Papier Couteau stanley

Règle Sous-main

1. Demande à autant d'amis que possible d'être « modèle ».



2. Fais-les s'asseoir l'un après l'autre pour les prendre en photo ; ils doivent regarder droit devant eux.



3. Assieds-toi droit devant ton ami(e), à une distance moyenne. Veille à ce que tu prennes toutes les photos à la même distance avec le même zoom.

4. Prends une photo du visage. Cadre également le visage toujours de la même façon.

5. Imprime les photos toujours aux mêmes dimensions.

6. Découpe les photos au couteau stanley, comme indiqué sur le dessin.

7. Crée ton « catalogue » de nez, yeux, oreilles, bouches... et compose des portraits robots à volonté.

Va visiter le site : <http://www.artnatomia.net/uk/artnatomya.html>

Ce site vous permet de voir les différentes expressions que peut prendre un visage.

Puis passer au 2^{me} site internet où vous pourrez faire un portrait robot.

<http://flashface.ctapt.de/> sur tablette ou smartphone (malheureusement devenu payant)

Police Mobile tool NI de mLabECA gratuit avec de la publicité sur tablette ou smartphone

Expérience 2 : Les traces digitales

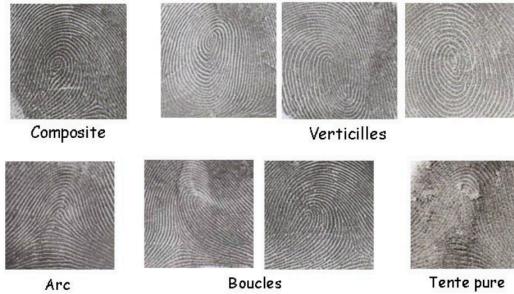
Objectif : s'entraîner à déposer délicatement des traces digitales, puis les révéler correctement.



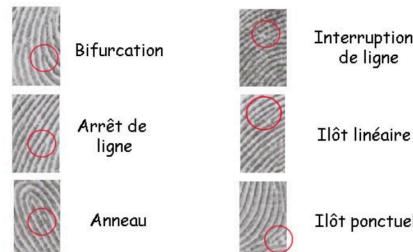
Protocole :

1. Déposer des traces digitales sur des objets.
2. Relever ces traces.
3. A la loupe binoculaire, étudier ces traces selon les critères suivants :

a. La forme du centre de l'empreinte.



b. Enfin une analyse plus minutieuse des minuties ou points caractéristiques permettra de comparer deux empreintes pour dire si elles sont identiques.



Source : <http://www.police-scientifique.com/empreintes-digitales/type-de-dessin-et-classification>

4

Expérience 3 : Recherche de cheveux ou de poils :

Sur une scène de crime, on peut retrouver des cheveux. Grâce au microscope, on peut déterminer s'il s'agit de cheveux de la victime ou non.

Voyn des exemples de cheveux :



A toi d'observer les tiens.

1. Prends un de tes cheveux.
2. Place-le sur une lame porte-objet. Mets une goutte d'eau. Couvre ton cheveu d'une lamelle couvre-objet.
3. Observe ton cheveu au microscope.

Expérience 4 : Révéler l'encre utilisée, la chromatographie

Dans une grande entreprise, trois personnels sont retrouvés morts, effondrés sur leur bureau, un pistolet dans une main, l'autre tenant un stylo. Un texte expliquant qu'ils ont mis fin à leurs jours, écrit avec une encre de la même couleur que celle du stylo qu'ils tiennent dans leur main, trempe dans un verre contenant un fond d'alcool fort. L'alcool a imbibé le papier et décomposé l'encre du stylo en séparant ses différents composants : le texte est à peine visible. Bizarre, bizarre : s'agit-il de suicides concertés ou de meurtres maquillés en suicides ?



Comment comparer des stylos :

1. Au feutre, au stylo stabilo fin, écrit un mot sur du papier filtre.
2. Tu peux utiliser plusieurs couleurs.
3. Trempe le bas du papier dans une soucoupe d'eau.
4. Assure-toi que le papier ne peut pas tomber dedans et laisse-le tremper cinq minutes.

Que se passe-t-il ?

L'eau absorbée par le papier filtre entraîne l'encre sur son passage. Les produits chimiques, dont ceux constituant l'encre, avancent chacun à un rythme différent, et l'encre se sépare. Cela crée des motifs. Cette façon de séparer des produits chimiques s'appelle la chromatographie.

Expérience 5 : Décrypter un message codé

Le jus de citron contient de l'acide citrique, c'est une substance organique qui est carbonisée en passant dans la flamme. Le papier lui est un bon combustible...

Ce qu'il te faut :

- Jus de citron
- Verre de montre
- Cure-dent
- Bec Bunsen ou réchaud à alcool
- Feuille de papier

A faire : ATTENTION AUX BRÛLURES ET AU PAPIER QUI PEUT S'ENFLAMMER

1. Verser un peu de jus de citron dans un verre de montre.
2. A l'aide d'un cure-dent, écrire un message secret en repassant plusieurs fois sur chaque lettre pour obtenir un trait d'épaisseur 1mm.
3. Laisser sécher.
4. Allumer le bec Bunsen.
5. Passer rapidement la feuille dans la flamme (elle ne doit pas s'enflammer et, si elle le faisait, la jeter dans l'évier le plus proche et faire couler de l'eau).
6. Le message apparaît progressivement.

Expérience 6 : Décrypter un message codé bis

Le lait contient des matières organiques qui sont carbonisées en passant dans la flamme. Le papier lui est un bon combustible...

Ce qu'il te faut :

- Lait
- Verre de montre
- Cure-dent
- Bec Bunsen ou réchaud à alcool
- Feuille de papier

A faire : ATTENTION AUX BRÛLURES ET AU PAPIER QUI PEUT S'ENFLAMMER

1. Verser un peu de lait dans un verre de montre.
2. A l'aide d'un cure-dent, écrire un message secret en repassant plusieurs fois sur chaque lettre pour obtenir un trait d'épaisseur 1mm.
3. Laisser sécher.
4. Allumer le bec Bunsen.
5. Passer rapidement la feuille dans la flamme (elle ne doit pas s'enflammer et, si elle le faisait, la jeter dans l'évier le plus proche et faire couler de l'eau).
6. Le message apparaît progressivement.

Les Romains l'utilisaient déjà :

« Tuta quoque fallitique oculos e lacte recenti littera : carbonis puluere tange, leges. Fallit et umidul quae flet acumin lini, et feret occultas pura tabella notas. »

« Elle est sûre aussi et trempe les yeux, la lettre de lait frais : saupoudre-la de poussière de charbon et l'irras. Elle trempera aussi, celle qui sera écrite avec la pointe humide d'une tige de lin, et la tablette intacte portera des caractères cachés. »



5

6

Expérience 7 : Décrypter un message codé ter
L'encre effaçable réagit aux différences de températures.

Ce qu'il te faut :

- Stylo effaçable
- Bec Bunsen ou réchaud à alcool
- Feuille de papier

ATTENTION AUX BRÛLURES ET AU PAPIER QUI PEUT S'ENFLAMMER

A faire :

1. A l'aide d'un stylo effaçable, écrire un message secret
2. Allumer le bec Bunsen.
3. Passer rapidement la feuille dans la flamme (elle ne doit pas s'enflammer et, si elle le faisait, la jeter dans l'évier le plus proche et faire couler de l'eau).
4. Le message disparaît progressivement.
5. Pour le faire réapparaître laisser le message dans un congélateur

Expérience 8 :

Comment détecter des traces de sang qui ont été lavées ?

On se propose de révéler des traces latentes laissées éventuellement par du sang sur un linge suspect. On sait que les globules rouges sanguins sont bourrés d'une protéine, l'hémoglobine, qui assure le transport de l'oxygène dans le sang. Lorsqu'un linge a servi à essuyer du sang, il contient le plus souvent des traces d'hémoglobine même s'il a été lavé car les protéines se fixent aisément à divers supports et l'hémoglobine est la protéine la plus abondante du sang (15 g/L en moyenne) auquel elle confère en outre sa couleur rouge.

Matériel :

- Eau oxygénée à 10 volumes.
- Compte gouttes.
- Un morceau d'étoffe de coton.
- Echantillon de sang.

Protocole :

Le professeur vous distribue un morceau de tissu. Il est tâché. Vous allez tester si la tâche est du sang ou non. Pour le savoir, nous allons utiliser de l'eau oxygénée. Nous pouvons tester l'eau oxygénée en versant un peu de sang dans un support et y verser quelques gouttes d'eau oxygénée.

Déposer quelques gouttes d'eau oxygénée sur la tâche. Si vous voyez une décoloration du tissu (il devient plus blanc) ou l'apparition d'une mousse blanche, cela veut dire que la tâche était du sang. Dans le cas contraire, il s'agissait de peinture.



Source : <http://tpe-inps.e-monsite.com/pages/experience-n-1.html>

8

Révéler des traces de sang

Nous allons révéler des traces de sang qui ont été auparavant nettoyées. Pour ce faire, le professeur va aller faire quelques traces de sang dans une salle qui nettoiera. Puis, vous pourrez aller essayer de retrouver les traces de sang.

Utilisation :

Le révélateur de sang BLUESTAR® FORENSIC produit une chimiluminescence bleue très lumineuse et persistante ne nécessitant pas l'obscurité totale pour être visible. Cependant, en cas de dilution importante du sang, la révélation sera plus facilement détectable et le risque de rater un indice plus faible si le produit est vaporisé dans l'obscurité totale.

À l'intérieur: Fermez toutes les fenêtres, occultez toutes les sources lumineuses extérieures et éteignez toutes les lumières.

À l'extérieur: Attendez la nuit et faites éteindre toutes les sources de lumière de l'environnement urbain de la zone à traiter. Si nécessaire, placez-vous entre la source de lumière parasite et la zone à traiter en faisant écran avec votre corps (par exemple en cas de pleine lune).

Habitez vos yeux au noir en restant dans l'obscurité durant au moins cinq minutes. Vos pupilles se dilatent et vous verrez ainsi mieux la réaction du BLUESTAR® FORENSIC.

- Rendez-vous sur une scène de crime potentiel.
- Sprayer avec du Bluestar Forensic
- Décrivez vos observations :

Explication

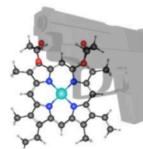
Le Bluestar réagit avec l'aide du groupe hème comme catalyseur pour atteindre un état excité. Cela signifie que certains électrons de la molécule se sont déplacés dans une orbite supérieure. Ils reviennent cependant presque instantanément dans leur orbite initiale en libérant de la lumière.

Sources : <http://www.bluestar-forensic.com>
https://fr.wikipedia.org/wiki/Affaire_Flactif

Expérience 9 : Du sang Fluorescent

Comment peut-on prouver la présence d'infimes taches de sang ou de traces de sang apparemment nettoyées..

Le groupe hème, partie importante de la molécule d'hémoglobine :



Introduction

Le sang joue un rôle crucial dans la criminalistique. En utilisant les traces de sang retrouvées sur les lieux du crime, il est possible d'épingler l'auteur d'un crime ou les personnes qui y sont impliquées, la succession des événements ou la localisation des faits. Les criminels tentent souvent d'effacer les traces de sang laissées sur l'arme ou le lieu du crime. Mais même des traces de sang qui ne sont apparemment plus visibles, peuvent être détectées par la technique qui va suivre.

Une méthode simple et rapide qui permet de détecter des traces infimes de sang à peine visibles est basée sur la chimiluminescence. La chimiluminescence est un phénomène de réaction chimique ayant comme conséquence la production de lumière.

Scène de crime :

L'affaire Flactif ou tuerie du Grand Bornand est une affaire criminelle française qui a défrayé la chronique en 2003, à la suite de la disparition et des meurtres le 11 avril 2003 d'un promoteur immobilier nommé Xavier Flactif, 41 ans, de sa femme Graziella, 36 ans, et de leurs trois enfants âgés de sept à dix ans, au Grand-Bornand en Haute-Savoie.

Le 21 avril 2003, le procureur d'Annecy, Denis Robert-Charron, ouvre une information judiciaire pour « enlèvements et séquestrations » à la suite de la disparition inexplicable de la famille Flactif, dont on est sans nouvelle depuis presque dix jours, l'alerte ayant été donnée par le beau-fils de Xavier Flactif, Mario Leblanc venu les rejoindre en vacances.

L'enquête se base d'abord sur une éventuelle fuite vers l'étranger, peut-être liée aux affaires du père. En effet, le promoteur avait d'importants soucis à ce niveau-là (chantiers en retard, dettes, impayés...), et s'était déjà retrouvé par le passé sous la surveillance de la brigade financière à la suite d'une affaire d'escroquerie. D'ailleurs, les sociétés civiles dont il dispose au Grand-Bornand sont toutes au nom de sa compagne Graziella Ortolano. De plus, le véhicule familial est retrouvé dans le parking de l'Aéroport international de Genève.

Dans un premier temps, au vu de ces éléments et de la personnalité rusée de Flactif, les enquêteurs trouvent cette thèse de la fuite plausible, mais n'écartent pas la piste criminelle. En effet, de nombreuses traces de sang, soigneusement lavées mais visibles au révélateur Bluestar, vont être retrouvées par la police scientifique dans la luxueuse habitation des victimes, puis dans leur véhicule.

Une douille d'arme à feu ainsi que des morceaux de dents sont également découverts. Des gendarmes-spéléologues fouillent alors des cavités environnantes à la recherche des corps, et des prélevements ADN sont effectués sur une centaine de résidents du coin. En vain...

Expérience 10 : Isoler de l'ADN

L'extraction de l'ADN est une technique permettant d'isoler les molécules d'ADN à partir de cellules ou de tissus.

Ce qu'il te faut :

- | | |
|---|-----------------------|
| un demi fruit par groupe (banane ou kiwi) | une paire de pinces |
| un mortier et pilon | une cuillère à café |
| un entonnoir | de l'eau |
| un papier filtre | du sel de cuisine |
| un tube à essais | du liquide vaisselle |
| un verre de montre | de l'alcool 90% |
| | du bleu de méthylène. |

Protocole :

1. Désorganisation de la paroi végétale

Couper le demi fruit en petits morceaux et l'écraser à l'aide du mortier afin d'obtenir une purée homogène. Transférer cette purée dans un tube à essai. Ajouter un peu d'eau tiède (assez pour recouvrir le hachis de fruit) et ajouter une cuillère à café de sel. Bien mélanger à l'aide de la cuillère.

Le sel est indispensable à la réussite de l'expérience, il permet d'augmenter la force ionique, c'est-à-dire l'agitation entre les molécules qui se trouvent dans votre "soupe".

2. Désorganisation et dissolution des membranes

Rajoutez 2 cuillères à café de liquide vaisselle sur cette soupe, mélanger en tournant lentement. Le mélange devient visqueux. Laissez agir 5 minutes.

Les membranes qui ferment les cellules sont constituées de graisse (les phospholipides) lorsque l'on met du liquide vaisselle sur la cellule, la membrane se dissocie, la cellule éclate. Le liquide vaisselle peut ensuite agir sur la membrane qui entoure le noyau et la dissocier à son tour.

3. Placer le papier filtre dans l'entonnoir. Filtrer l'ensemble en versant le tout dans l'entonnoir au-dessus d'un nouveau récipient, un liquide visqueux s'écoule. Presser avec la cuillère pour obtenir le maximum de liquide. Ce liquide s'appelle le filtrat.

4. Isolement de l'ADN

Reprendre un peu de ce filtrat dans un tube à essais et rajouter la même quantité d'alcool très délicatement en inclinant le tube. Très doucement car vous devez séparer deux phases (deux parties distinctes). Attendre 15 minutes, une substance se forme dans l'alcool au contact des 2 liquides, c'est l'ADN qui précipite. Vous verrez alors apparaître de petites bulles d'air emprisonnées dans une sorte de méduse, qui s'échappe de la phase aqueuse pour "précipiter" dans l'alcool : On appelle cela la méduse d'ADN.

5. Coloration de l'ADN

Prélever la « méduse d'ADN », puis la déposer dans un verre de montre. Verser quelques gouttes de bleu de méthylène dans le verre de montre afin d'y colorer l'ADN. Rincer à l'eau distillée pour montrer que la coloration verte persiste sur l'ADN.

9

10

Pour en revenir à l'affaire Flactif du Grand-Bornand...

Alors que le mystère sur ce qui a pu se passer reste entier, l'ADN parle dès le 8 juillet 2003 : c'est celui d'un mécanicien du 30 ans, David Hotyat, locataire d'un chalet appartenant aux Flactif, sa compagne Alexandra Lefebvre, ancienne employée de ménage chez les victimes, ainsi qu'un autre couple, Stéphane Haremza et son épouse Isabelle. Tous originaires du Nord, ils avaient emménagé en Haute-Savoie en 2001. La gendarmerie ne les interpellait que le 16 septembre 2003, après la saison, et une série d'écoutes téléphoniques, afin de confondre tous les complices et déterminer leurs rôles respectifs dans le meurtre, ainsi que leurs mobiles.

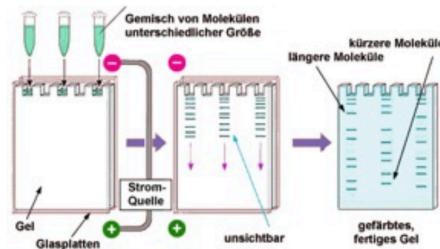
Avant leur interpellation, le couple Hotyat avait été interrogé par la presse au début de l'enquête, notamment dans l'émission Sept à huit sur TF1. Le mécanicien et surtout sa compagne avaient égrené les griefs accumulés contre leur propriétaire, lui reprochant son côté « fort en queue », parlant de location au noir, de travaux inachevés, critiquant le mode de vie des Flactif, et véhiculant des rumeurs sur de prétendus comportements crapuleux de ces derniers. Cette attitude volontairement accusatrice et teintée de haine à l'égard des victimes amena les enquêteurs à s'intéresser de plus près au couple Hotyat qu'ils placent sur écoutes téléphoniques, lesquelles apprennent que David Hotyat refuse dans un premier temps de se soumettre aux tests ADN, ce qui renforce les soupçons des gendarmes.

Aveux :

Dès les premières heures de sa garde à vue, Hotyat, confondu par son ADN retrouvé sur les lieux du crime, avoue, et conduit les enquêteurs dans les bois de Thônes, là où il a incendié les corps. Il dit avoir agi seul. Néanmoins, sa conjointe est considérée comme le cerveau de l'histoire et elle et le couple d'amis l'ont aidé pour la préparation des meurtres et la dissimulation des preuves. Divers objets appartenant aux Flactif sont retrouvés à leur domicile. D'après la reconstitution et les éléments du dossier, l'assassin s'est rendu dans l'après-midi du 11 avril chez son propriétaire pour avoir une explication avec lui mais celle-ci a mal tourné. Il a voulu lui tirer dans la tête sans penser que l'arme fonctionnerait mais le coup est parti. Pour ne pas laisser de témoins, il a éliminé les enfants et leur mère avec des objets contondants et le pistolet. Puis, les corps ont été transportés en forêt où ils ont été brûlés.

Le mobile est notamment basé sur la jalousie et la cupidité suscitées par la réussite et le train de vie du promoteur immobilier, alimentées de plus par d'autres différends, notamment d'ordre financier et immobilier. Ces sentiments auraient conduit les coupables vers une obsession vengeresse.

Par la suite, le mécanicien du Nord se rétracte, et défend une version des faits peu vraisemblable : il prétend alors que lorsqu'il s'est rendu chez les Flactif le jour fatidique, deux mystérieuses personnes avaient déjà tué la famille et l'auraient obligé à les aider à se débarrasser des corps. Mais il est notamment confondu par les témoignages de ses complices qui permettent de retenir la prémeditation.



La découverte de l'ADN a été donc très importante pour résoudre les affaires criminelles. Nous avons de l'ADN dans toutes nos cellules sauf les globules rouges. Dans une scène de crime, les scientifiques vont rechercher des cheveux, de la peau sous les ongles, de la salive, du sperme.

Après avoir soigneusement appliqué le protocole sur la scène du crime, les releveurs d'indices envoient directement les différents indices dans les laboratoires de la police scientifique. Dans ces laboratoires, les indices pouvant contenir de l'ADN qui serait capable d'aider à la résolution de l'enquête sont analysés et leurs ADN est prélevé.

Après l'avoir isolé, on peut ensuite comparer l'ADN de plusieurs personnes.

Pourquoi l'ADN : l'ADN est différent d'une personne à l'autre (hormis les vrais jumeaux). Il nous caractérise et permet de nous différencier parfaitement par l'arrangement des éléments dans notre ADN.

On fait ensuite multiplier l'ADN de nombreuses fois en plaçant l'échantillon dans un thermocycleur. Une fois que l'ADN est en un nombre d'exemplaire suffisant pour être étudiée, il faut compter le nombre de répétition de motifs (suite de nucléotides qui se répète) situés sur les zones de l'ADN non codant (pas de fonction précise dans l'ADN).

Une fois avoir assez d'ADN, nous allons faire migrer l'ADN sur ce qu'on appelle un gel d'Agarose par électrophorèse (comme vu ci-dessus). On pourra donc comparer l'ADN trouvé sur la scène de crime avec celui du criminel. Si nous trouvons le même ADN, il s'agit du criminel...

Expérience 11 : Les empreintes génétiques

Introduction :

Depuis 1985, les criminologues possèdent une nouvelle méthode quasiment infaillible : l'empreinte génétique. Cette méthode permet de faire correspondre les traces de salive d'un mégot de cigarette ou un seul cheveu à son propriétaire. Il faut naturellement avoir sous la main le suspect et ainsi pouvoir faire correspondre les empreintes génétiques trouvées sur le lieu avec les siennes.

Cette méthode peut être utilisée pour réaliser un test de paternité ou alors permettre de confondre ou d'accuser une personne soupçonnée de viol.

Comme matériel d'étude seront utilisés des fragments d'ADN, qui se situent entre les gènes du patrimoine génétique. Ces régions de l'ADN qui ne sont pas constituées d'une suite précise de nucléotides sont par contre spécifiques à chaque individu. Les fameux enzymes de restriction inciseront l'ADN toujours après une suite de bases bien spécifiques. Ainsi des fragments d'ADN de différentes longueurs seront réalisés. Grâce à la chromatographie, ces fragments se laisseront séparer de part leur taille. Une succession de bandes d'ADN, propre à chaque individu, seront rendues visibles. Seuls les vrais jumeaux, possédant les mêmes profils ou fragments, ne peuvent être confondus car leur génome est identique.

Le nom anglais du terme empreinte génétique (fingerprint), vient du fait que tout comme les empreintes de doigts qui sont propres à chaque individu, l'empreinte génétique est suffisamment spécifique pour permettre d'en identifier son propriétaire.

Le gel d'électrophorèse.

L'ADN, ainsi extrait, peut être utilisé dans différentes études et techniques de biologie moléculaire. Une des techniques les plus utilisées en biologie pour séparer des brins d'ADN en fonction de leur taille est l'électrophorèse sur gel. Cette technique est basée sur la séparation des acides nucléiques chargés négativement sous l'effet d'un champ électrique. Cette séparation s'effectue à travers la matrice du gel d'agarose : les molécules de plus petites tailles se déplacent plus rapidement et migreront plus loin que les molécules de tailles supérieures. Le gel fonctionne donc comme un tamis moléculaire. L'ADN se trouvant dans un tampon basique, il sera chargé négativement. Ainsi il va migrer vers le pôle positif (les charges opposées s'attirent). Le gel va déterminer la distance de migration des fragments en fonction de leur taille : les petits iront loin et les gros resteront près du puits (point de départ).

Pour pouvoir visualiser l'ADN, on utilise un agent intercalant, le bromure d'éthidium, qui devient fluorescent sous la lumière UV. Pendant la migration, il va s'intercaler entre les bases de l'ADN. Lorsqu'on place le gel sur une table UV, on verra apparaître l'ADN en fluorescence.

11

12

Applications en criminologie

Les empreintes génétiques sont utilisées en médecine légale pour identifier ou innocenter des suspects grâce à leur sang, leur salive, leurs poils ou leur sperme. Elles permettent également d'identifier des restes humains, ou d'établir des relations de paternité.

Dans les enquêtes judiciaires, de nombreuses raisons ont conduit les services de police à recourir aux empreintes génétiques :

- à l'exception des globules rouges, toutes les cellules du corps humain peuvent théoriquement être échantillonnées : sperme, sang (globules blancs), racines de cheveux, salive (cellules épithéliales), peau, moelle osseuse, os,
- l'ADN étant le même d'une cellule à l'autre, il est possible de procéder à une comparaison entre différentes parties du corps, telles que sang et sperme, cheveux et peau.

Il serait trop long et trop coûteux d'établir la carte génétique complète d'un individu. Généralement, les tests ADN en médecine légale sont pratiqués sur une quinzaine de régions non codantes très variables du génome. Il y a donc très peu de chance que deux personnes portent exactement les mêmes séquences et présentent la même empreinte génétique pour ces régions, mais on ne peut exclure totalement cette possibilité.

L'ADN étant transmis par moitié de chacun des parents à ses enfants, l'empreinte génétique trouve une application remarquable dans la recherche de paternité qui relève aussi bien du domaine civil (établissement ou contestation d'une filiation) que du domaine pénal (affaires de viol et d'inceste).

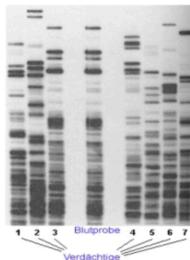
Application de la méthode de l'empreinte génétique :

1. Expliquez en 4-5 phrases les propriétés de l'ADN indispensables à la séparation des fragments ainsi que le fonctionnement de la méthode

13

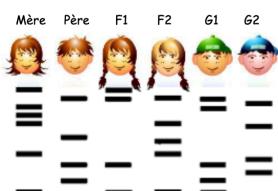
14

3. Voici un chromatogramme présentant les empreintes d'ADN sanguin retrouvées sur la victime et ceux de 7 suspects. Déterminez le responsable du crime et expliquez votre choix en 2-3 phrases.



Blutprobe = l'échantillon de sang retrouvé sur la victime
Verdächtige = suspects

4. Dans le graphique suivant sont représentées les empreintes ADN de toute une famille. Interprétez les résultats. (F = fille, G = garçon)



5. Pour les plus rapides : Aussi efficaces que ces tests puissent l'être, il y a aussi des erreurs qui peuvent intervenir. Donnez une situation où il serait possible de confondre un suspect avec le réel auteur du crime.

1. Digestion enzymatique

- ✓ Par poste :
 1. 4 x « ADN 1, 2, 3, 4 », 8 µl de chaque type
 2. 1 x PstI 4 µl
 3. Tampon 8 µl
 4. H₂O stérile 36 µl

- ✓ Dans des microtubes, réaliser à l'aide de la micropipette les préparations indiquées dans le tableau ci-dessous. Changer d'embout après chaque pipetage. Faire très attention aux volumes prélevés

Echantillon	ADN	H2O	Tampon	Enz. PstI	Vol. final
Suspect 1	8 µl ADN1	9 µl	2 µl	1 µl	20 µl
Suspect 2	8 µl ADN2	9 µl	2 µl	1 µl	20 µl
Suspect 3	8 µl ADN3	9 µl	2 µl	1 µl	20 µl
Scène de crime	8 µl ADN4	9 µl	2 µl	1 µl	20 µl

- ✓ Centrifuger rapidement puis incuber les échantillons à 37°C pendant 20-45 min.

2. Préparation des gels d'Agarose – PORT DES GANTS OBLIGATOIRE

- ✓ Sur la balance de précision peser l'Agarose
- ✓ Avec l'éprouvette graduée mesurer le TAE 1X
- ✓ Dans l'Erlenmeyer mélanger Agarose et TAE, puis porter à ébullition à la micro-onde. (ATTENTION AUX ECLABOUSSURES)
- ✓ Laisser refroidir le mélange 2 minutes puis ajouter le Midori Green (N'oubliez pas les gants !)
- ✓ Couler le mélange dans le support plastique sans faire de bulles, déposer les peignes puis laisser polymériser sans déplacer le gel avant polymérisation complète. Le gel pourra être conservé à 4°C sous plastique (pour éviter qu'il sèche). (Ne pas mettre dans un frigo servant à l'alimentation)

Quantités (dépends de la taille du support de gel):

Support de gel	Agarose	TAE 1X	Midori Green
100 ml	0.65 g	100 ml	10 µl
80 ml	0.55 g	80 ml	8 µl
60 ml	0.4 g	60 ml	6 µl
50 ml	0.35 g	50 ml	5 µl
20 ml	0.15 g	20 ml	2 µl

Criminologie : Test génétique d'identification d'un suspect

Dans le cadre d'une enquête criminelle, les enquêteurs vous demandent de réaliser des profils génétiques sur différents individus. L'ADN scène de crime de notre expérience correspond à un ADN prélevé sur la scène de crime, et les autres échantillons d'ADN correspondent à des échantillons prélevés chez différents suspects.

Q1 : A l'aide de la fiche 7 « RFLP et criminologie» :

- Précisez quels tissus les enquêteurs peuvent prélever sur le suspect,
- Pourquoi ne peut-on pas utiliser les globules rouges ?

Q2 : Avant de pouvoir procéder à la digestion enzymatique plusieurs étapes expérimentales ont été nécessaires. Lesquelles ?

Q3 : A l'aide de la fiche 6 « Electrophorèse en gel d'Agarose», préciser :

- Quelle est la charge électrique de l'ADN dans la cuve d'électrophorèse ?
- Quel facteur détermine la vitesse de migration des fragments d'ADN dans le gel d'Agarose ?

Q4 : Quelles séquences particulières du génome humain sont utilisées pour réaliser un test génétique dans le cadre de l'identification de personnes ?

Q5 : Schématissez les résultats que vous avez obtenus après révélation de votre gel d'électrophorèse.

Pouvez-vous repérer les différences observables entre les profils de restriction des deux allèles ?

Que concluez vous concernant la culpabilité éventuelle du suspect ?

Quelles hypothèses, alternatives ou expériences complémentaires, pourriez-vous suggérer ?

- Fiche 5 - Enzymes de restriction

Les enzymes de restriction sont des endonucléases bactériennes, qui coupent toute molécule d'ADN au niveau de sites spécifiques, les sites de restriction, qui correspondent à de courtes séquences particulières de 4 à 8 nucléotides.

Enzymes de restriction & RFLP



Exemples de sites de restriction

PstI	XbaI
5' ...CTGCA▼G... 3'	5' ...CYTCGAG... 3'
3' ...G▲ACGTC... 5'	3' ...GAGCT▲C... 5'

Les premières enzymes de restriction ont été découvertes en 1962 par le suisse Werner Arber. Il montre que ces enzymes servent aux bactéries, dépourvues de système immunitaire, pour se défendre contre les virus (phages) qui les infectent. Elles sont capables de couper l'ADN du phage au niveau de sites de restriction différents en fonction des enzymes.

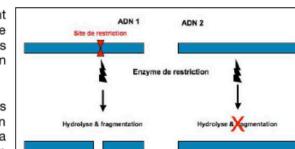
En 1970, l'Américain Hamilton O. Smith purifie la première enzyme de restriction (HaeI) à partir de la bactérie *Haemophilus influenzae*. L'année suivante, son compatriote Daniel Nathans l'utilise pour découper l'ADN du virus SV40. Ces trois chercheurs recevront, en 1978, le prix Nobel de médecine.

On a depuis isolé un centaine de ces enzymes de restriction, véritables ciseaux moléculaires, qui permettent de couper l'ADN à volonté et ont permis de développer un nombre considérable de techniques en génie génétique. Parmi celles-ci les méthodes RFLP occupent une place de choix.

Polymorphismes de restriction, RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism)

Les polymorphismes de restriction s'appuient sur les propriétés particulières des enzymes de restriction. Celles-ci coupent indifféremment les ADN codant et non-codant en reconnaissant des sites de restriction spécifiques qui peuvent être présents en plus ou moins grand nombre. La petite taille des sites de restriction, et leur grand nombre dans un génome, les rendent particulièrement sensibles à tout changement de séquence nucléotidique : mutations par délétion, insertion, translocation chromosomique ...

Les enzymes de restriction sont donc utilisées pour révéler le polymorphisme existant entre des ADN provenant d'un génome, d'un gène isolé, d'un plasmide, etc.



Seule ou associée à d'autres techniques, PCR et hybridation moléculaire principalement, la méthode RFLP est utilisée afin d'identifier des espèces, des variétés, des individus. Elle permet d'établir des phylogénies moléculaires, de diagnostiquer certaines maladies génétiques, d'établir une filiation, ou encore de rechercher un coupable dans une enquête criminelle.

- Fiche 6 -

Electrophorèse en gel d'Agarose



RFLP et Criminologie



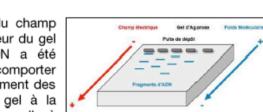
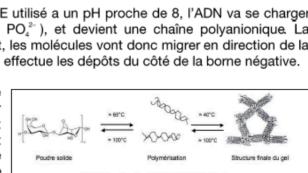
Régions variables du génome humain

Les molécules d'ADN portent en elles des informations génétiques essentielles à la vie de l'individu. Elles constituent son patrimoine génétique. Ces molécules d'ADN comportent des régions dites d'ADN codant (les gènes) et d'autres dites d'ADN non codant (comme les régions régulatrices).

Les gènes (environ 5 % des molécules d'ADN) sont très conservés entre deux individus. Ils sont transcrits en ARN messagers puis traduits en protéines. Ce sont les protéines qui portent la fonction.

Dans l'ADN non codant, les régions régulatrices jouent un rôle essentiel dans la régulation de cette expression des gènes (où, quand, en quelle quantité un gène doit-il s'exprimer). L'ensemble de l'ADN non codant représente la plus grande partie du génome (jusqu'à 95 %) et certaines de ses fonctions restent encore à découvrir. L'analyse de ces parties non codantes du génome a permis entre autre de mettre en évidence l'existence de régions dites variables : il s'agit de segments d'ADN caractérisés par la répétition en tandem d'unités de base composées de deux ou plusieurs nucléotides. Le nombre de ces répétitions, et donc la taille de ces fragments, peut beaucoup varier d'un individu à l'autre (allèles). Cette forte variabilité allélique peut permettre de déterminer le profil génétique d'un individu. À part pour les vrais jumeaux, qui possèdent le plus souvent un ADN identique, l'empreinte génétique d'un individu semble unique.

Grâce à la spécificité de leur site de clivage, les enzymes de restriction sont utilisées pour mettre à jour les variations de séquence entre deux allèles. Utilisés sur l'ensemble du génome, ou seulement quelques régions répétées, les RFLPs permettent d'établir rapidement des profils génétiques.



La migration de l'ADN sous l'effet du champ électrique va se réaliser dans l'épaisseur du gel poreux d'Agarose dans lequel l'ADN a été déposé. Les pores de ce gel vont se comporter comme un tamis qui freine le déplacement des fragments d'ADN. La résistance du gel à la migration des fragments est proportionnelle à leur taille, les plus petits fragments migrent le plus vite donc le plus loin.

La concentration du gel en agarose va influer sur la résolution de celui-ci. Plus un gel est concentré en Agarose, plus il permet de séparer des fragments de petite taille ou des fragments ne différant que de quelques nucléotides. Si la résolution est insuffisante, trop peu d'Agarose ou trop d'ADN semblable, on obtient généralement une trainée (« smear »). La limite usuelle de résolution se situe aux environs de 300pb. Pour des séparations plus fines, il faut généralement recourir à des gels de polyacrylamide.

On remarquera que l'épaisseur et la fluorescence des bandes visualisées sur le profil électrophorétique décroît avec la distance au dépôt. Ceci est dû à certaines propriétés du Midori Green. Celui-ci est fluorescent aux rayons UV, et se fixe entre les bases de l'ADN. La quantité de Midori Green de chaque bande est proportionnelle au nombre de nucléotides d'ADN sur lequel il s'est fixé. L'épaisseur et la fluorescence des bandes d'électrophorèse, vues sur la table UV/ lampe LED, est donc proportionnelle à la taille des ADN: ce sont bien les ADN les plus gros qui migrent le moins loin.



LES ENQUÈTES

Résoz l'enquête sur le site internet suivant :

<https://www.centredeosciencesdemontreal.com/jeux-experiences/autopsie/fr/index.html>
Ou accès via : <http://www.centredeosciencesdemontreal.com> → Jeux et Expérience → Autopsie d'un meurtre

L'affaire Dickinson:

Dans le procès de tuerie de Mont Fort, le principal suspect a été identifié grâce à des analyses génétiques comme c'est le cas aujourd'hui dans beaucoup d'affaires criminelles.



Le 21 juillet 1996, Patrice Padé est accusé d'un crime odieux : le viol d'une mineure suivi d'un assassinat.

Nous sommes trois jours après l'assassinat de Caroline Dickinson. P. Padé de passage dans la ville est arrêté et placé en garde à vue.

Le tatouage, le sac à dos, les cheveux longs faisaient de lui le coupable idéal. Harcelé de questions par les gendarmes, il craque et reconnaît le crime. Mais heureusement, par mesures de précautions, le juge ordonne une expertise génétique sur le corps de la victime où on a retrouvé le sperme du meurtrier. Son sperme va être comparé avec celui de P. Padé. Surprise, les deux ADN ne correspondent pas. P. Padé est aussitôt innocenté.

En quelques instants cet homme qui risquait la prison à vie retrouve la liberté après plusieurs jours de détention préventive. Pierre Gonzalez De Gaspar, avocat de P. Padé a déclaré : « voilà un homme qui remercie tous les jours la science car il aurait vécu le siècle dernier ou même avant 1981, date de l'abolition de la peine de mort, il était condamné à disparaître physiquement car on aurait considéré qu'il était coupable »

Quelque temps après, on a arrêté un homme concernant une autre affaire et on s'est aperçu que son ADN correspondait. Avec celui de la victime, il fut aussitôt arrêté et considéré comme seul suspect de ce meurtre.

2. Meurtre dans la baignoire

Introduction :

Il y a 200 millions d'années, la mer recouvrait toute l'Europe. Depuis lors, elle s'est retirée mais de grandes quantités de sel se sont retrouvées prisonnières de nos sous-sols, comme l'attestent les Salines de Bex.

Les salines du Rhin (Schweizerhalle/Prateln BL et Riburg/Reinfelden AG) produisent chaque année entre 300'000 et 400'000 tonnes de sel. Afin d'extraire le sel, de l'eau est injectée à travers des forages traversant la roche. Le sel se dissout tandis que le sable reste insoluble. La solution extrêmement saline contenant environ 300 g de sel par litre est pompée à la surface. Cette solution saline, après avoir été filtrée pour la débarrasser de toutes impuretés, sera évaporée afin d'obtenir le sel de cuisine sous sa forme cristalline.

Il existe encore d'autres manières d'extraire le sel de cuisine. Par exemple, l'eau de mer est déversée dans bassins de rétention contenant quelques cm d'eau. En laissant l'eau s'évaporer, il se forme alors des cristaux de sel qu'il suffit de récolter. En Allemagne, certains gisements contiennent des pierres de sel. Celles-ci sont extraites et les morceaux de pierre de sel sont moulus. Une poudre est alors obtenue contenant un mélange de sable et de sel.



Cristaux de sel



« La Mort de Marat »

Jaques Louis David, 1793

23

24

Scène de crime

La nuit dernière, une jeune femme a été retrouvée noyée dans sa baignoire. Les officiers de police responsables de l'enquête ont un doute quant aux circonstances de la mort. La victime a-t-elle eu un malaise et, des suites de sa perte de connaissance, se serait-elle noyée dans l'eau du bain ? Les officiers proposent l'hypothèse d'un autre lieu pour le crime et que la mort accidentelle dans la baignoire ne serait qu'une mise en scène. En tant que chimiste vous allez devoir faire appel à vos compétences pour répondre aux questions soulevées par les enquêteurs. Vous avez reçu du médecin-légiste un échantillon de l'eau retrouvée dans les poumons de la victime et un 2ème échantillon contenant de l'eau de la baignoire. Vous préleverez 10 ml de solution pour effectuer vos tests.

Résolution :

- Réfléchissez à une méthode de séparation utilisable afin de pouvoir répondre aux questions soulevées par les experts

- Réalisez la manipulation avec le matériel de laboratoire à disposition

- Est-ce que la victime est bien morte dans sa baignoire ? Sinon quel est le lieu possible de son décès ? Justifiez

Concentration de sel :

Eau du lac	Eau de Mer
1-10 g/l	35 g/l

Pour les plus rapides :

Peut-être avez-vous un doute sur la présence de sel dans les solutions liquides, il se pourrait que cela soit une autre substance ressemblant à du sel (p.ex. du sucre). Comment procéderiez-vous pour confirmer que cela est bien du sel sachant qu'il n'est pas permis de goûter la substance ?

25

24

Annexe 3 : Options de Compétences Orientées Métiers



DFJC - Département de la formation, de la jeunesse et de la culture
DGEO - Direction générale de l'enseignement obligatoire

Options de compétences orientées métiers de la voie générale

Information aux parents

Degré secondaire

Années 9S à 11S

En complément du dépliant présentant les 9^e et 10^e années du degré secondaire I (cycle 3), ce document décrit les options de compétences orientées métiers (OCOM). Ces options constituent une composante forte de la voie générale, voie qui accueille les élèves qui se destinent principalement aux écoles de culture générale et de commerce des gymnases ou de maturité professionnelle, ainsi qu'à la formation professionnelle (apprentissage).

Les OCOM sont introduites dans la grille horaire de 9^e, 10^e et 11^e années en application de l'article 94 de la loi sur l'enseignement obligatoire (LEO) et de l'article 70 de son règlement d'application (RLEO), ainsi que de la décision départementale n° 157 « Options de compétences orientées métiers ».

www.vd.ch/scolarite

Sources: Loi sur l'enseignement obligatoire (LEO)
Règlement d'application de la LEO (RLEO)
Cadre général de l'évaluation (CGE)

Seuls font foi le cadre légal et réglementaire et le Cadre général de l'évaluation (CGE), lequel traite de manière exhaustive des différents cas.

Choix de l'option artisanale, artistique, commerciale ou technologique

En fin de 8^e année, l'élève choisit une OCOM appartenant au groupe des options artisanales, artistiques, commerciales ou technologiques (AACT), qu'il suivra en principe tout au long du degré secondaire.

En fin de 9^e année, l'élève a la possibilité de reconSIDéRer son choix selon son projet de formation.

En fin de 10^e année, le changement de l'OCOM AACT est réservé.

Tout changement d'option doit être demandé par les parents et motivé par l'élève.

Modalités d'évaluation

Parmi les OCOM, seule l'option artisanale, artistique, commerciale ou technologique (AACT) fait l'objet d'une évaluation. Sa moyenne est prise en compte comme les autres disciplines dans le décompte des points du groupe I.

Groupe I français + mathématiques + allemand + sciences de la nature + option artisanale, artistique, commerciale ou technologique

Examen de certificat

En fin de 11^e année, l'OCOM AACT fait partie des disciplines soumises à un examen de certificat. Elle fait l'objet d'une épreuve orale et/ou écrite, ou sous une autre forme en adéquation avec ses contenus. Comme pour les autres disciplines qui font l'objet d'un examen, la moyenne annuelle finale de l'OCOM AACT prend en compte la moyenne annuelle pour deux tiers et la note obtenue à l'examen pour un tiers.

Moyenne annuelle, exemple de calcul	Moyenne des notes obtenues en classe	4.5
	Note obtenue à l'examen de certificat	4
	Calcul: $[(4.5 \times 2) + 4] : 3 =$	4.33
	Moyenne annuelle finale (arrondie au demi-point)	4.5

Présentation du cycle 3

Un dépliant explicatif concernant le cycle 3, et en particulier les 9^e et 10^e années, est disponible sur notre site Internet: www.vd.ch/scolarite > Déroulement de l'école obligatoire dans le canton de Vaud.

Certification en fin de 11^e année

Un dépliant explicatif présentant les conditions de certification des élèves de 11^e année et les conditions d'accès aux classes de raccordement, aux classes de rattrapage ainsi qu'aux formations postobligatoires est disponible sur notre site Internet: www.vd.ch/scolarite > Déroulement de l'école obligatoire dans le canton de Vaud.

Généralités

Par un travail en projet, personnel ou collectif, les options de compétences orientées métiers (OCOM) visent à développer l'autonomie des élèves, leur apprendre à collaborer et leur permettre de s'exercer à opérer des choix. Dans le cadre des OCOM, les apprentissages effectués dans des applications concrètes mobilisent et développent les connaissances scolaires des élèves, renforcent le sens des savoirs appris en classe et soutiennent l'acquisition par les élèves des compétences nécessaires à leur entrée dans la formation professionnelle initiale.

Cadre des options de compétences orientées métiers

Les 4 périodes d'OCOM se répartissent en deux groupes: le groupe Formation générale et le groupe des options artisanales, artistiques, commerciales ou technologiques (AACT).

Le groupe **Formation générale**, dispensé à l'entier de la classe à raison de 2 périodes hebdomadaires, comprend les thématiques **Médias, images, technologies de l'information et de la communication (MITIC)** et **Choix et projets personnels** (approche du monde professionnel - AMP). Au travers de projets, les MITIC, le français, les mathématiques et l'OCOM AACT y sont également travaillés. Une place prépondérante est accordée à l'AMP en 10^e et 11^e années. Une partie de ce temps scolaire peut également être consacrée à la gestion de la classe.

Les options artisanales, artistiques, commerciales ou technologiques

Les options artisanales, artistiques, commerciales ou technologiques visent à compléter la formation de l'élève dans différentes disciplines et thématiques du Plan d'études romand (PER) ou de ses compléments vaudois. Les établissements offrent des OCOM AACT parmi la liste ci-après et en lien avec au moins trois entrées différentes du PER.

Le Plan d'études romand (PER)

www.planetedtudes.ch

Le PER définit les contenus d'apprentissage de la scolarité obligatoire pour la Suisse romande. Il décrit ce que les élèves doivent apprendre durant leurs onze années de scolarité.

Options artisanales, artistiques, commerciales ou technologiques (OCOM AACT)

Activités créatrices et manuelles
Arts visuels
Économie, droit et citoyenneté
Éducation nutritionnelle
MITIC - Technologie numérique
Sciences de la nature

Avec l'autorisation du département, un établissement scolaire peut exceptionnellement proposer une option en lien avec une autre discipline qui prépare à la formation professionnelle initiale.

La décision du choix définitif des options est prise par le conseil de direction, qui tient compte des conditions d'enseignement et des possibilités matérielles à disposition.

Structure de l'école obligatoire vaudoise

Rac1 et Rac2 classes de rattrapage				degré secondaire I
14-15 ans	11S	troisième cycle voie générale	troisième cycle voie prégymnasiale	
13-14 ans	10S			
12-13 ans	9S			
11-12 ans	8P			
10-11 ans	7P			
9-10 ans	6P			
8-9 ans	5P			
7-8 ans	4P			
6-7 ans	3P			
5-6 ans	2P			
4-5 ans	1P			



www.vd.ch/scolarite

www.vd.ch/page/1057435



DAL n° 143138 - 2019

Annexe 4 : Isolation de l'ADN

Expérience : Isoler de l'ADN végétal

L'extraction de l'ADN est une technique permettant d'isoler les molécules d'ADN à partir de cellules ou de tissus.

Ce qu'il te faut :

$\frac{1}{2}$ fruit par groupe (banane ou kiwi)	un entonnoir
un tube à essais	une paire de pince
du sel de cuisine	de l'alcool 90%
un mortier et pilon	un papier filtre
un verre de montre	une cuillère à café
du liquide vaisselle	

Protocole :

1. Désorganisation de la paroi végétale

Couper le demi-fruit en petits morceaux et l'écraser à l'aide du mortier afin d'obtenir d'une purée homogène. Transférer cette purée dans un tube à essai. Ajouter un peu d'eau tiède (assez pour recouvrir le hachis de fruit) et ajouter une cuillère à café de sel. Bien mélanger à l'aide de la cuillère. *Le sel est indispensable à la réussite de l'expérience, il permet d'augmenter la force ionique, c'est-à-dire l'agitation entre les molécules qui se trouvent dans votre "soupe".*

2. Désorganisation et dissolution des membranes

Rajoutez 2 cuillères à café de liquide vaisselle sur cette soupe, mélanger en tournant lentement. Le mélange devient visqueux. Laissez agir 5 minutes. *Les membranes qui ferment les cellules sont constituées de graisse (les phospholipides) lorsque l'on met du liquide vaisselle sur la cellule, la membrane se dissocie, la cellule éclate. Le liquide vaisselle peut ensuite agir sur la membrane qui entoure le noyau et la dissocier à son tour.*

3. Placer le papier filtre dans l'entonnoir. Filtrer l'ensemble en versant le tout dans l'entonnoir au-dessus d'un nouveau récipient, un liquide visqueux s'écoule. Presser avec la cuillère pour obtenir le maximum de liquide. Ce liquide s'appelle le filtrat.

4. Isolement de l'ADN

Reprendre un peu de ce filtrat dans un tube à essais et rajouter la même quantité d'alcool très délicatement en inclinant le tube. Très doucement car vous devez séparer deux phases (deux parties distinctes). Attendre 15 minutes, une substance se forme dans l'alcool au contact des 2 liquides, c'est l'ADN qui précipite. Vous verrez alors apparaître de petites bulles d'air emprisonnées dans une sorte de méduse, qui s'échappe de la phase aqueuse pour "précipiter" dans l'alcool : On appelle cela la méduse d'ADN.

Annexe 5 : Coup de pouce possible pour la situation-problème

✖ aide à la démarche de résolution :

Pour réussir vous devez :

Choisir un échantillon parmi ceux proposés et montrer s'il contient ou non de l'ADN en manipulant.

Généraliser soit en répétant la manipulation sur d'autres échantillons, soit en observant les résultats obtenus des autres binômes.

Rendre compte par écrit de la manipulation réalisée, en expliquant en quoi elle permet bien de répondre au problème posé..

Rendre compte aussi de vos résultats et conclusions. Imaginer une manipulation permettant de localiser l'ADN dans une cellule composant un être vivant.

✖ apport de savoir-faire :

Pour rédiger le compte rendu de votre recherche vous pouvez utiliser la fiche méthode « rédiger un compte rendu de recherche ».

✖ apport de connaissances :

Structure de la cellule (membrane, cytoplasme, noyau).

Rôle du vert de méthyle.

Annexe 6 : Séquences de conclusion : La valise ADN du Musée d'Histoire Naturel

Pdf de la valise ADN du musée d'histoire naturel de Fribourg

<https://www.fr.ch/mhnf/materiel-en-pret>

Valise ADN

Cette valise permet d'intégrer techniques et matériel de pointe à vos travaux pratiques. Le matériel est mis à disposition dans une valise à roulette, facilement transportable jusque dans votre établissement. Quatre scénarios expérimentaux sont disponibles.

Conditions de prêt :

- Durée du prêt : 4 semaines maximum
- Caution : Fr. 50.-
- Réservation : obligatoire au +41 26 305 89 28.
- A télécharger sur site internet : les protocoles d'expérience

Expérience : Les empreintes génétiques

Introduction :

Depuis 1985, les criminologues possèdent une nouvelle méthode quasiment infaillible : l'empreinte génétique. Cette méthode permet de faire correspondre les traces de salive d'un mégot de cigarette ou un seul cheveu à son propriétaire. Il faut naturellement avoir sous la main le suspect et ainsi pouvoir faire correspondre les empreintes génétiques trouvées sur le lieu avec les siennes.

Cette méthode peut être utilisée pour réaliser un test de paternité ou alors permettre de confondre ou d'acquitter une personne soupçonnée de viol.

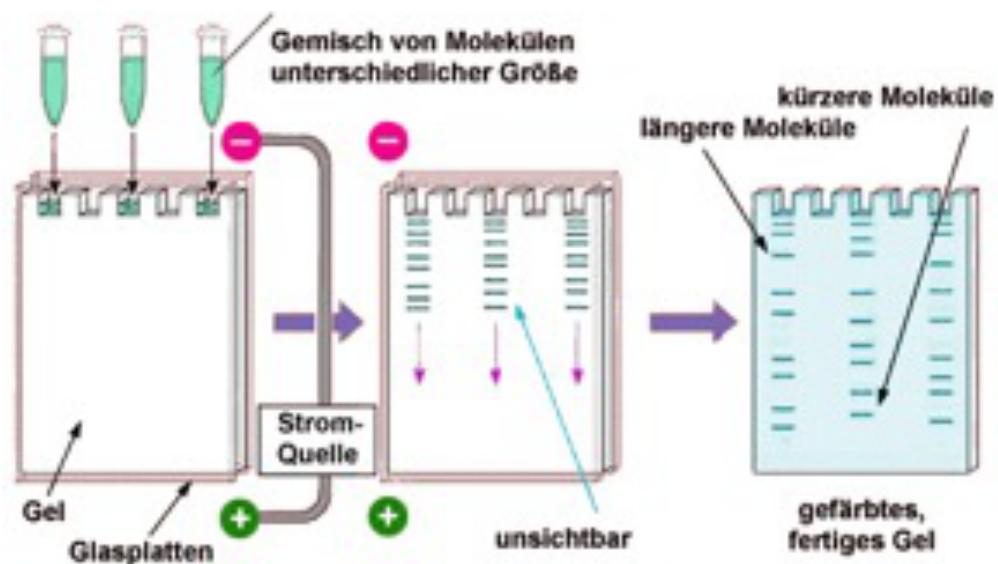
Comme matériel d'étude seront utilisés des fragments d'ADN, qui se situent entre les gènes du patrimoine génétique. Ces régions de l'ADN qui ne sont pas constituées d'une suite précise de nucléotides sont par contre spécifiques à chaque individu. Les fameux enzymes de restriction inciseront l'ADN toujours après une suite de bases bien spécifique. Ainsi des fragments d'ADN de différentes longueurs seront réalisés. Grâce à la chromatographie, ces fragments se laisseront séparer de part leur taille. Une succession de bandes d'ADN, propre à chaque individu, seront rendues visibles. Seuls les vrais jumeaux, possédant les mêmes profils ou fragments, ne peuvent être confondus car leur génome est identique.

Le nom anglais du terme empreinte génétique (fingerprint), vient du fait que tout comme les empreintes de doigts qui sont propres à chaque individu, l'empreinte génétique est suffisamment spécifique pour permettre d'en identifier son propriétaire.

Le gel d'électrophorèse.

L'ADN, ainsi extrait, peut être utilisé dans différentes études et techniques de biologie moléculaire. Une des techniques les plus utilisées en biologie pour séparer des brins d'ADN en fonction de leur taille est l'électrophorèse sur gel. Cette technique est basée sur la séparation des acides nucléiques chargés négativement sous l'effet d'un champ électrique. Cette séparation s'effectue à travers la matrice du gel d'agarose: les molécules de plus petites tailles se déplacent plus rapidement et migreront plus loin que les molécules de tailles supérieures. Le gel fonctionne donc comme un tamis moléculaire. L'ADN se trouvant dans un tampon basique, il sera chargé négativement. Ainsi il va migrer vers le pôle positif (les charges opposées s'attirent). Le gel va déterminer la distance de migration des fragments en fonction de leur taille: les petits iront loin et les gros resteront près du puits (point de départ).

Pour pouvoir visualiser l'ADN, on utilise un agent intercalant, le bromure d'éthidium, qui devient fluorescent sous la lumière UV. Pendant la migration, il va s'intercaler entre les bases de l'ADN. Lorsqu'on place le gel sur une table UV, on verra apparaître l'ADN en fluorescence.



La découverte de l'ADN a été donc très importante pour résoudre les affaires criminelles. Nous avons de l'ADN dans toutes nos cellules sauf les globules rouges. Dans une scène de crime, les scientifiques vont rechercher des cheveux, de la peau sous les ongles, de la salive, du sperme.

Après avoir soigneusement appliqué le protocole sur la scène du crime, les releveurs d'indices envoient directement les différents indices dans les laboratoires de la police

scientifique. Dans ces laboratoires, les indices pouvant contenir de l'ADN qui serait capable d'aider à la résolution de l'enquête sont analysés et leurs ADN est prélevée.

Après l'avoir isolé, on peut ensuite comparer l'ADN de plusieurs personnes.

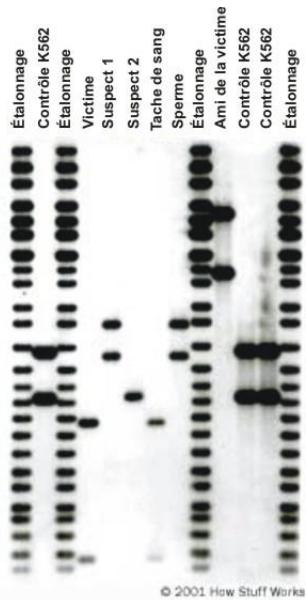
Pourquoi l'ADN : l'ADN est différent d'une personne à l'autre (hormis les vrais jumeaux). Il nous caractérise et permet de nous différencier parfaitement par l'arrangement des éléments dans notre ADN.

On fait ensuite multiplier l'ADN de nombreuses fois en plaçant l'échantillon dans un **thermocycleur (PCR)**. Une fois que l'ADN est en un nombre d'exemplaire suffisant pour être étudiée, il faut compter le nombre de **répétition de motifs** (suite de nucléotides qui se répète) situés sur les zones de l'ADN non codant (pas de fonction précise dans l'ADN).

Une fois avoir assez d'ADN, nous allons digérer l'ADN avec des **enzyme de restriction** puis faire migrer l'ADN sur ce qu'on appelle un **gel d'Agarose** par **électrophorèse** (comme vu ci-dessus). On pourra donc comparer l'ADN trouvé sur la scène de crime avec celui du criminel. Si nous trouvons le même ADN, il s'agit du criminel...

Applications en criminologie

Les empreintes génétiques sont utilisées en médecine légale pour identifier ou innocenter des suspects grâce à leur sang, leur salive, leurs poils ou leur sperme. Elles permettent également d'identifier des restes humains, ou d'établir des relations de paternité.



Dans les enquêtes judiciaires, de nombreuses raisons ont conduit les services de police à recourir aux empreintes génétiques :

- à l'exception des globules rouges, toutes les cellules du corps humain peuvent théoriquement être échantillonnées : sperme, sang (globules blancs), racines de cheveux, salive (cellules épithéliales), peau, moelle osseuse, os,
- l'ADN étant le même d'une cellule à l'autre, il est possible de procéder à une comparaison entre différentes parties du corps, telles que sang et sperme, cheveux et peau,
- de très faibles quantités de ces types de substances sont nécessaires pour procéder à une identification.

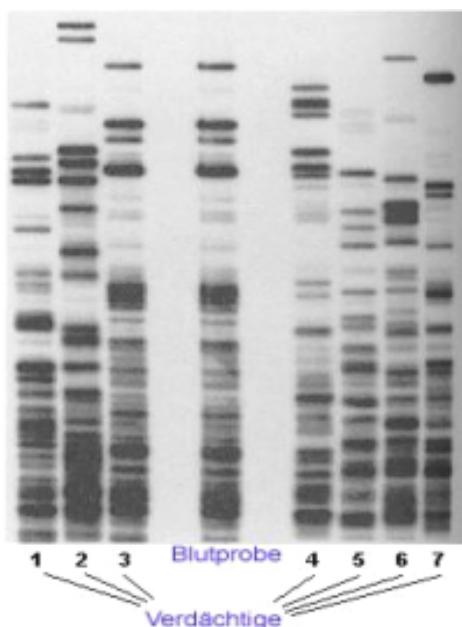
Il serait trop long et trop coûteux d'établir la carte génétique complète d'un individu. Généralement, les tests ADN en médecine légale sont pratiqués sur une quinzaine de régions non codantes très variables du génome. Il y a donc très peu de chance que deux personnes portent exactement les mêmes séquences et

présentent la même empreinte génétique pour ces régions, mais on ne peut exclure totalement cette possibilité.

L'ADN étant transmis par moitié de chacun des parents à ses enfants, l'empreinte génétique trouve une application remarquable dans la recherche de paternité qui relève aussi bien du domaine civil (établissement ou contestation d'une filiation) que du domaine pénal (affaires de viol et d'inceste).

Application de la méthode de l'empreinte génétique :

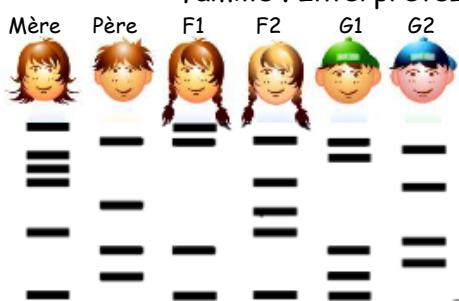
1. Expliquez en 4-5 phrases les propriétés de l'ADN indispensables à la séparation des fragments ainsi que le fonctionnement de la méthode
2. Pourquoi cette méthode n'est pas efficace sur des jumeaux homozygotes ?
3. Voici un chromatogramme présentant les empreintes d'ADN sanguin retrouvées sur la victime et ceux de 7 suspects. Déterminez le responsable du crime et expliquez votre choix en 2-3 phrases.



Blutprobe = l'échantillon de sang retrouvé sur la victime

Verdächtige = suspects

4. Dans le graphique suivant sont représentées les empreintes ADN de toute une famille. Interprétez les résultats. (F = fille, G = garçon)



5. Pour les plus rapides : Aussi efficaces que ces tests puissent l'être, il y a aussi des erreurs qui peuvent intervenir. Donnez une situation où il serait possible de confondre un suspect avec le réel auteur du crime.

Matériel à disposition

Laboratoire :

Micropipettes
Centrifugeuse
Portoirs pour microtubes
Incubateur
Balance de précision
Micro-onde
Support de gel et peignes
Cuve et générateur à électrophorèse
Erlenmeyer et éprouvette
Chambre UV ou LED

Réactifs et Consommables :

Pointes de pipette
Microtubes
Eau distillée stérile
Tampon TAE (Tris-Acétate, EDTA)
Agarose
Midori Green
Tampon de charge
Marqueur de taille
Tampon de digestion
Gants en latex

Matériel biologique :

Échantillons ADN pour test et Enzymes de restriction PstI

1. Digestion enzymatique

✓ Par poste :

1. 4 x « ADN 1, 2, 3, 4 », 8 µl de chaque type
2. 1 x PstI 4 µl
3. Tampon 8 µl
4. H₂O stérile 36 µl

✓ Dans des microtubes, réaliser à l'aide de la micropipette les préparations indiquées dans le tableau ci-dessous. Changer d'embout après chaque pipetage. Faire très attention aux volumes prélevés

Echantillon	ADN	H ₂ O	Tampon	Enz. PstI	Vol. final
Suspect 1	8 µl ADN1	9 µl	2 µl	1 µl	20 µl
Suspect 2	8 µl ADN2	9 µl	2 µl	1 µl	20 µl
Suspect 3	8 µl ADN3	9 µl	2 µl	1 µl	20 µl
Scène de crime	8 µl ADN4	9 µl	2 µl	1 µl	20 µl

✓ Centrifuger rapidement puis incuber les échantillons à 37°C pendant 20-45 min.

2. Préparation des gels d'Agarose – PORT DES GANTS OBLIGATOIRE

- ✓ Sur la balance de précision peser l'Agarose
- ✓ Avec l'éprouvette graduée mesurer le TAE 1X
- ✓ Dans l'Erlenmeyer mélanger Agarose et TAE, puis porter à ébullition à la micro-onde. (ATTENTION AUX ECLABOUESSURES)
- ✓ Laisser refroidir le mélange 2 minutes puis ajouter le Midori Green (N'oubliez pas les gants!)
- ✓ Couler le mélange dans le support plastique sans faire de bulles, déposer les peignes puis laisser polymériser sans déplacer le gel avant polymérisation complète. Le gel pourra être conservé à 4°C sous plastique (pour éviter qu'il sèche). (Ne pas mettre dans un frigo servant à l'alimentation)

Quantités (dépends de la taille du support de gel):

Support de gel	Agarose	TAE 1X	Midori Green
100 ml	0.65 g	100 ml	10 µl
80 ml	0.55 g	80 ml	8 µl
60 ml	0.4 g	60 ml	6 µl
50 ml	0.35 g	50 ml	5 µl
20 ml	0.15 g	20 ml	2 µl

3. Dépôts des échantillons et électrophorèse – PORT DES GANTS OBLIGATOIRE

- ✓ Sur le gel solidifié, retirer délicatement le peigne afin de créer les puits de dépôt
- ✓ Déposer le gel et son support dans la cuve à électrophorèse
- ✓ Ajouter du TAE 1X à recouvrement du gel (~500 ml)
- ✓ Sortir les échantillons digérés et ajouter à chacun 4µl de tampon de charge
- ✓ Déposer 5µl de marqueur de taille dans un premier puits
- ✓ Déposer ensuite délicatement 20µl de chaque échantillon dans des puits de dépôt successifs. Changer de pointe entre chaque dépôt !
- ✓ Fermer la cuve d'électrophorèse et la brancher au générateur, pôle négatif (noir) du côté des puits de dépôt
- ✓ Faire migrer le gel 30 min à 100 V (*l'ampérage se règle automatiquement*)

4. Révélation des gels – PORT DES GANTS OBLIGATOIRE

- ✓ Arrêter le générateur et retirer le couvercle de la cuve
- ✓ Chambre UV: Sortir le gel et son support de la cuve, égoutter, placer le gel dans la chambre UV et prendre la photographie
- ✓ Lampe LED: Laisser le gel dans la cuvette et recouvrir avec le couvercle avec lampe LED intégrée, allumer la lampe et prendre la photographie

Schématissez les résultats que vous avez obtenus après révélation de votre gel l'électrophorèse. Pouvez-vous repérer les différences observables entre les profils de restriction des deux allèles ?

Que concluez-vous concernant la culpabilité éventuelle du suspect ?

Annexe 7 : quelques exercices pour aller plus loin

Exercice pour être certain qu'ils ont compris.

1. On a pu prélever des morceaux de peaux sous les ongles d'une victime qu'a vraisemblablement dû griffer son agresseur pour se défendre.

Que doit faire le technicien de la scène de crime avec ces morceaux de peaux ?

Explique en détails chacune des étapes expérimentales pour procéder à la migration sur gel d'électrophorèse à partir des morceaux de peaux.

Voici le résultat final :

1 = *Etalonnage*

2 = *Sang de la victime*

3 = *Suspect 1*

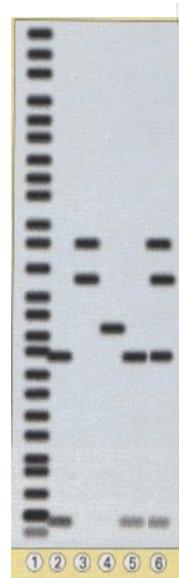
4 = *Suspect 2*

5 = *Salive retrouvée sur le verre de la victime*

6 = *Échantillon sous les ongles de la victime*

Quel suspect est le coupable ? Pourquoi ?

Explique pourquoi il y a 4 bandes en position 6 dans l'échantillon prélevé sous les ongles de la victime.



2. Récemment, un procès a opposé la famille de Michael Jackson et AEG, le promoteur de la tournée « This Is It ». La société a exigé des tests de paternité afin de déterminer si Blanket, Prince et Paris étaient ses enfants biologiques.

Qui sont les enfants biologiques de Michael Jackson ?

