THESE DE DOCTORAT
DE l'ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE CACHAN

Présentée par

Stanislas DOREY

pour obtenir le grade de
DOCTEUR DE l'ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE CACHAN

Domaine :
SCIENCES DE L'EDUCATION

Les logiciels de visualisation moléculaire dans l'enseignement des sciences de la vie et de la Terre : conceptions et usages

ANNEXES

Thèse présentée et soutenue à Cachan le 26 octobre 2012

M. Georges-Louis Baron, Professeur à l'Université Paris-Descartes — Rapporteur

M. Eric Bruillard, Professeur à l'ENS de Cachan — Président

Mme Maryline Coquidé, Professeure à l'Institut Français d'éducation ENS de Lyon — Directrice de thèse

M. Christian Orange, Professeur à l'Université de Nantes — Rapporteur

M. Dominique Rojat, Inspecteur Général de l'Education Nationale SVT — Examinateur

Unité Mixte de Recherche Sciences Techniques Education Formation
ENS CACHAN
61, avenue du Président Wilson, 94235 CACHAN CEDEX (France)

Table des matières des annexes

Annexe 1 : Logiciels de visualisation moléculaire mentionnés dans la thèse 5

Annexe 2 : Les logiciels de SVT mentionnés dans la thèse 8

Annexe 3 : Textes relevés dans les programmes scolaires en lien avec les TIC 10

Annexe 3 - a : Textes relevés dans les programmes scolaires de Terminale S en lien avec les TIC10

Annexe 3 - b : Textes relevés dans les programmes scolaires de Première S en lien avec les TIC 17

Annexe 3 - c : Textes relevés dans les programmes scolaires de Première ES en lien avec les TIC 35

Annexe 3 - d : Textes relevés dans les programmes scolaires de Première L en lien avec les TIC 39

Annexe 3 - e : Textes relevés dans les programmes scolaires de Seconde générale en lien avec les TIC 42

Annexe 3 - f : Textes relevés dans les programmes scolaires de collège 48

Annexe 4 : Liste des sujets des évaluations des compétences expérimentales avec les logiciels 52

Annexe 5 : Textes relevés dans les programmes scolaires en lien avec la visualisation moléculaire 58

Annexe 5 - a : Textes relevés dans les programmes scolaires de Terminale S en lien avec la visualisation moléculaire 58

Annexe 5 - b : Textes relevés dans les programmes scolaires de Première S en lien avec la visualisation moléculaire 67

Annexe 5 - c : Textes relevés dans les programmes scolaires de Première ES en lien avec les TIC 76

Annexe 5 - d : Textes relevés dans les programmes scolaires de Première L en lien avec les TIC 79

Annexe 5 - e : Textes relevés dans les programmes scolaires de Seconde générale en lien avec les TIC 81

Annexe 6 : Textes relevés dans les rapports de concours 85

Annexe 6 - a : Textes relevés dans les rapports du CAPES externe 85

Annexe 6 - b : Textes relevés dans les rapports du CAPES interne 87

Annexe 6 - c : Textes relevés dans les rapports de l'agrégation externe 92

Annexe 6 - d : Textes relevés dans les rapports de l'agrégation interne 101

Annexe 6 - e : Synthèse des logiciels proposés aux concours de recrutement 110

Annexe 7 : Liste des logiciels proposés sur le site ACCES.....115

Annexe 8 : Transcription de l'entretien avec Naoum Salamé.....116

Annexe 8 - a : Guide de l'entretien 116

Annexe 8 - b : Transcription de l'entretien 118

Annexe 9 : Documents relevés sur le web francophone en lien avec la visualisation moléculaire 137

Annexe 9 - a : Relevé brut 137

Annexe 9 - b : Logiciels de VM mentionnés sur chacune des académies 147

Annexe 9 - c : Sites académiques présentant une description ou les fonctionnalités de base d'un logiciel de VM. 148

Annexe 9 - d : Utilisateurs ayant posté un message avec le mot RasTop ou Jmol entre mars 2010 et mars 2011 sur le forum national de SVT 149

Annexe 9 - e : Nombre de vues par message en lien avec la VM dans la catégorie « logiciels » sur le forum national SVT le 15 septembre 2011. 150

Annexe 9 - f : Codage des différentes préoccupations dans les fils de discussion en lien avec les logiciels de VM sur le forum national de SVT. 151

Annexe 10 : Synthèse des relevés d'images dans les manuels de SVT analysés.....153

Annexe 10 - a : Dans les manuels de seconde 153

Annexe 10 - b : Dans les manuels de première 156

Annexe 10 - c : Dans les manuels de terminale S 161

Annexe 11 : Questionnaire écrit 164

Annexe 12 : Grille de questions pour les entretiens oraux.....166

Annexe 13 : Résultats des entretiens avec les enseignants 168

Annexe 13 - a : Résultat de l'entretien avec l'enseignant 1 168

Annexe 13 - b : Résultat de l'entretien avec l'enseignant 2 170

Annexe 13 - c : Résultat de l'entretien avec l'enseignant 3 177

Annexe 13 - d : Résultat de l'entretien avec l'enseignant 4 184

Annexe 13 - e : Résultat de l'entretien avec l'enseignant 5 192

Annexe 13 - f : Résultat de l'entretien avec l'enseignant 6 197

Annexe 14 : Sujets des TP des observations en classe 207

Annexe 14 - a : Sujet de la première observation 207

Annexe 14 - b : Sujet de la deuxième observation 208

Annexe 15 : Exemples d'articles de recherche avec des images de molécules en 3D 209

Annexe 16 : Transcription de l'entretien avec le chercheur du CNAM.....211

Annexe 17 : Proposition d'un questionnaire à grande échelle.....226

Annexe 1 : Logiciels de visualisation moléculaire mentionnés dans la thèse

Avogadro

Site officiel : http://avogadro.openmolecules.net

Wiki : http://avogadro.openmolecules.net

Première version : 2007

Dernière version : 2011

Licence : GNU GPL

Développeur(s) : ?

Particularité(s) : Editeur de molécules.

Jmol

Site officiel : http://jmol.sourceforge.net

Wiki : http://wiki.jmol.org

Première version : 2001

Dernière version : 2012

Licence : GNU GPL

Développeur(s) : Equipe Jmol

Particularité(s) : Peut s'utiliser comme un applet Java intégrer au sein d'une page web.

MDL Chime

Site officiel : http://accelrys.com/products/informatics/cheminformatics/chime/no-fee.php

Wiki : -

Première version : 1996

Dernière version : 2007

Licence : Gratuit pour usage académique

Développeur(s) : Symyx Technologies

Particularité(s) : Permet de faire de la VM directement dans le navigateur. Beaucoup utiliser pour cette particularité autrefois, il apparaît aujourd'hui largement.

MoLUSc

Site officiel : http://svt.tice.ac-orleans-tours.fr/php5/logiciels/molusc/html

Wiki : -

Première version : 2001

Dernière version : 2011

Licence : ?

Développeur(s) : Paul Pillot

Particularité(s) : Logiciel français qui utilise Jmol en proposant une interface plus tournée vers l'éducation.

PyMOL

Site officiel : http://www.pymol.org

Wiki : www.pymolwiki.org

Première version : 1999

Dernière version : 2012

Licence : Licence Python

Développeur(s) : Schrödinger

Particularité(s) : Apparaît beaucoup utiliser en recherche, en particulier pour la production d'images pour la publication.

RasMol

Site officiel : http://rasmol.org

Wiki : -

Première version : 1992

Dernière version : 2009

Licence : GNU GPL

Développeur(s) : Herbert J. Bernstein (créateur : Roger Sayle)

Particularité(s) : Le logiciel de VM le plus utilisé en 1995.

RasTop

Site officiel : www.geneinfinity.org/rastop/

Wiki : -

Première version : 2000

Dernière version : 2007

Licence : GNU GPL

Développeur(s) : Philippe Valadon

Particularité(s) : Apparaît comme le plus utilisé dans le système éducatif français.

Sirius

Site officiel : http://sirius.sdsc.edu/

Wiki : -

Première version : 2006

Dernière version : 2009

Licence : Gratuit pour usage académique

Développeur(s) : Université de Californie

Particularité(s) : Envisagé par Naoum Salamé pour prendre la succession de RasTop.

Visual Molecular Dynamics (VMD)

Site officiel : www.ks.uiuc.edu/Research/vmd/

Wiki : -

Première version : 1995

Dernière version : 2012

Licence : Licence VMD

Développeur(s) : Université de l'Illinois

Particularité(s) : Beaucoup utilisé en recherche pour visualiser des résultats de dynamique.

Annexe 2 : Les logiciels de SVT mentionnés dans la thèse

Nom du logiciel	Auteur(s)	Fontionnalité(s)	Prix
Anagène	CNDP et INRP	Exploitation pédagogique de données moléculaires : séquences de gènes et de protéines (ex. : conversions, comparaisons, analyses de séquences).	Payant
Calc	Sun Microsystems, Oracle, Novell, IBM et la communauté	Tableur, alternative à Excel.	Gratuit
Eduanatomist	CEA et INRP	Logiciel de visualisation de données de neuroimagerie. Il permet d'interroger en ligne les images de la banque NEUROPEDA, de les visualiser et de réaliser des traitements simples.	Gratuit
Educarte	Académie de Nice	Il permet de visualiser et de superposer des données en géosciences (séismes, volcans, données GPS, stations simologiques ...). Il comporte de nombreux outils pour le traitement des données (calcul de distances, bloc diagramme, localisation ...).	Gratuit
Excel	Microsoft	Tableur.	Payant
GenieGen	Jean-François Madre	Alternative à Anagène.	Gratuit
Géocéan	INRP et CNDP	Constitué de modules qui permettent de créer des cartes et des blocs-diagrammes, de visualiser dynamiquement les hypocentres des séismes, d'effectuer des coupes, de modéliser une zone de subduction avec les données gravimétriques ou une zone d'ouverture océanique avec les données magnétiques.	Payant
Google Earth	Google	Visualisation de la Terre avec un assemblage de photographies aériennes ou satellitaires	Gratuit
Homininés	Groupe PRODSVT Lycée de l'académie de Versailles	Banque de données (photos, textes, vidéos) sur les Homininés où il est possible de parcourir, sur une carte du monde, les sites de découverte des fossiles d'Homininés et d'analyser les données disponibles.	Gratuit
Mesurim	Jean-François Madre	Différents types de travaux sur les images numérisées (annotation, colorisation, mesure, comptage d'éléments…).	Gratuit
Onde P	Jean François Madre	Permet de définir un modèle de variation des célérités des ondes P en fonction de la profondeur dans le globe terrestre.	Gratuit
Paleovu	National Climatic Data Center	Permet l'interrogation et l'extraction de fichiers d'une banque de données paléoclimatiques et leurs visualisations graphiques simples.	Gratuit
Phyloboîte	Pierre Perez	Permet de faire trier ou de faire classer, par des élèves des êtres vivants.	

Nom du logiciel	Auteur(s)	Fontionnalité(s)	Prix
Phylogène	INRP	Logiciel de classification phylogénétique qui permet d'observer et de comparer de données morphologiques, anatomiques et moléculaires afin de construire des arbres phylogénétiques.	Gratuit
Radiochronologie	Jean-François Madre	Simulation de datation absolue par radiochronologie (méthode au carbone 14, K / Ar, Rb / Sr).	Gratuit
RasMol	Roger Sayle	Logiciel de visualisation moléculaire.	Gratuit
RasTop	Philippe Valadon	Logiciel de visualisation moléculaire.	Gratuit
Sismolog	Chrysis	Etude des sismogrammes et de la répartition des fossiles.	Payant
Tectoglob	Jean-François Madre	Représentation (carte ou coupe) de différents types de données géologiques à l'échelle du globe ou à l'échelle régionale (tectonique des plaques, modélisation des variations du niveau marin).	Gratuit
Word	Microsoft	Logiciel de traitement de texte.	Payant
Writer	Sun Microsystems, Oracle, Novell, IBM et la communauté	Logiciel de traitement de texte.	Gratuit

Annexe 3 : Textes relevés dans les programmes scolaires en lien avec les TIC

Annexe 3 - a : Textes relevés dans les programmes scolaires de Terminale S en lien avec les TIC

B.O. spécial n° 8 du 13 octobre 2011 *A partir de la rentrée scolaire 2011/2012*

Nouveau programme de terminale S

Dans « Préambule

I - Les sciences de la vie et de la Terre au lycée

2. Les conditions d'exercice de la liberté pédagogique du professeur » :

« Ainsi, chaque élève rencontrera dans les meilleures conditions l'occasion d'aller sur le terrain, de disséquer, de préparer et réaliser des observations microscopiques, d'expérimenter avec l'aide d'un ordinateur, de modéliser, de pratiquer une recherche documentaire en ligne, etc. »

[…]

« **Les technologies de l'information et de la communication**

Les technologies de l'information et de la communication seront mises en œuvre dans de nombreuses circonstances. Il pourra s'agir d'outils généralistes dont on fera ici un usage spécialisé, notamment internet en utilisation conjointe avec des techniques de laboratoire classiques. Mais on veillera aussi à développer les savoir-faire des élèves relativement aux technologies plus spécialisées, comme par exemple l'expérimentation assistée par ordinateur, technique indispensable pour une formation moderne et efficace des élèves.

L'usage de logiciels, généralistes ou spécialisés, y compris les jeux intelligents qui sont parfois une piste pédagogique envisageable, est encouragé.

Les sciences de la vie et de la Terre participent à la préparation du B2i niveau lycée.

Les productions pédagogiques, les travaux d'élèves, notamment dans le cadre d'une démarche d'investigation, gagneront à être exploités, en classe et en dehors de la classe dans le cadre d'un environnement numérique de travail (ENT). »

Dans « Programme

Capacités et attitudes développées tout au long du programme » :

« - Exprimer et exploiter des résultats, à l'écrit, à l'oral, en utilisant les technologies de l'information et de la communication. »

Dans « Programme

Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

Thème 1-B - Le domaine continental et sa dynamique »

Connaissances	Capacités, attitudes
La lithosphère est en équilibre (isostasie) sur l'asthénosphère. Les différences d'altitude moyenne	Réaliser et exploiter une modélisation analogique ou numérique pour

entre les continents et les océans s'expliquent par des différences crustales. La croûte continentale, principalement formée de roches voisines du granite, est d'une épaisseur plus grande et d'une densité plus faible que la croûte océanique. L'âge de la croûte océanique n'excède pas 200 Ma, alors que la croûte continentale date par endroit de plus de 4 Ga. Cet âge est déterminé par radiochronologie. Au relief positif qu'est la chaîne de montagnes, répond, en profondeur, une importante racine crustale.	comprendre la notion d'isostasie. Utiliser des données sismiques et leur traitement avec des logiciels pour évaluer la profondeur du Moho. Déterminer un âge en utilisant la méthode de la droite isochrone. Recenser, extraire et organiser des données de terrain entre autres lors d'une sortie.

Dans « Programme
Thème 2 - Enjeux planétaires contemporains
Thème 2-A - Géothermie et propriétés thermiques de la Terre » :

Connaissances	Capacités, attitudes
La température croît avec la profondeur (gradient géothermique) ; un flux thermique atteint la surface en provenance des profondeurs de la Terre (flux géothermique). Gradients et flux varient selon le contexte géodynamique. Le flux thermique a pour origine principale la désintégration des substances radioactives contenues dans les roches. Deux mécanismes de transfert thermique existent dans la Terre : la convection et la conduction. Le transfert par convection est beaucoup plus efficace. À l'échelle globale, le flux fort dans les dorsales est associé à la production de lithosphère nouvelle ; au contraire, les zones de subduction présentent un flux faible associé au plongement de la lithosphère âgée devenue dense. La Terre est une machine thermique. L'énergie géothermique utilisable par l'Homme est variable d'un endroit à l'autre. Le prélèvement éventuel d'énergie par l'Homme ne représente qu'une infime partie de ce qui est dissipé.	Exploiter des données extraites des atlas régionaux des ressources géothermales en France, concernant la température des fluides extraits dans ces zones. Exploiter les données recueillies lors d'une sortie locale dans une exploitation géothermique. Exploiter l'imagerie satellitale et les cartes de répartition mondiale du flux thermique pour replacer les exploitations actuelles dans le cadre structural : magmatisme de rifting, de subduction ou de points chauds. Réaliser des mesures de conduction et de convection à l'aide d'un dispositif ExAO et les traiter avec un tableur informatique.

Dans « Programme
Thème 3 - Corps humain et santé

Thème 3-B Neurone et fibre musculaire : la communication nerveuse » :

Connaissances	Capacités, attitudes
Le réflexe myotatique est un réflexe monosynaptique. Il met en jeu différents éléments qui constituent l'arc-réflexe. Le neurone moteur conduit un message nerveux codé en fréquence de potentiels d'actions.	Mettre en évidence les éléments de l'arc-réflexe à partir de matériels variés (enregistrements, logiciels de simulation).

Dans « ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ » :
« Les thèmes abordés permettront notamment de développer par la pratique des capacités méthodologiques portant sur la microscopie, l'expérimentation (éventuellement assistée par ordinateur), l'analyse du terrain, la recherche documentaire, la modélisation numérique, etc. »

B.O. n°11 Hors série du 28 novembre 2002
Modifications du programme de terminale S
Rien

B.O. n°5 Hors série du 30 août 2001 ***A partir de la rentrée scolaire 2002/2003***
Nouveau programme de terminale S
Dans la partie « I.1 Introduction : approche du temps en biologie et géologie (0,5 semaine) » :
"Les technologies de l'information et de la communication pourront contribuer à l'enseignement de toutes les parties du programme, grâce aux possibilités d'acquisition et de traitement de données par ordinateur, de modélisation, de simulation et grâce aux ressources en ligne, notamment sur le réseau des sites institutionnels."

Dans la partie « I.2 Parenté entre êtres vivants actuels et fossiles - Phylogenèse – Évolution (3 semaines) » :

ACTIVITÉS ENVISAGEABLES	NOTIONS ET CONTENUS
Étude sommaire de stades embryonnaires de différents vertébrés. Utilisation de pièces anatomiques pour établir les relations de parenté entre les vertébrés. Utilisation de logiciels permettant des comparaisons moléculaires entre les vertébrés (hémoglobine,	**La recherche de parenté chez les vertébrés - L'établissement de phylogénies** L'établissement de relations de parenté entre les vertébrés actuels s'effectue par comparaison de caractères homologues (embryonnaires, morphologiques, anatomiques et moléculaires). Les comparaisons macroscopiques prennent en compte l'état ancestral et l'état dérivé des caractères. Seul le partage d'états dérivés des caractères témoigne d'une étroite parenté. Ces relations de parenté contribuent à construire des arbres phylogénétiques.

myoglobine). Utilisation de logiciels établissant des arbres phylogénétiques. Lecture et critique d'arbres phylogénétiques.	Les ancêtres communs représentés sur les arbres phylogénétiques sont hypothétiques, définis par l'ensemble des caractères dérivés partagés par des espèces qui leur sont postérieures ; ils ne correspondent pas à des espèces fossiles précises. Une espèce fossile ne peut être considérée comme la forme ancestrale à partir de laquelle se sont différenciées les espèces postérieures.

Dans la partie « I.3 Stabilité et variabilité des génomes et évolution (6 semaines) » :

ACTIVITÉS ENVISAGEABLES	NOTIONS ET CONTENUS
Comparaison de séquences nucléotidiques et protéiques : comparaison de différents allèles d'un gène, comparaison des gènes d'une famille multigénique (hémoglobines et myoglobine, gènes homéotiques, etc.). Utilisation de logiciels de traduction pour étudier les conséquences des mutations sur les protéines.	**L'apport de l'étude des génomes : les innovations génétiques.** Au sein d'une espèce, le polymorphisme des séquences d'ADN résulte de l'accumulation de mutations au cours des générations. Suivant leur nature et leur localisation, les mutations (substitution, addition ou délétion d'un ou de plusieurs nucléotides) ont des conséquences phénotypiques variables. Au sein du génome d'une espèce, les similitudes entre gènes (familles de gènes) sont interprétées comme le résultat d'une ou plusieurs duplications d'un gène ancestral. La divergence des gènes d'une même famille s'expliquent par l'accumulation de mutations. Dans certains cas, ces processus peuvent conduire à l'acquisition de gènes correspondant à de nouvelles fonctions.

Dans la partie « I.6 Procréation (6 semaines) » :

ACTIVITÉS ENVISAGEABLES	NOTIONS ET CONTENUS
Analyses d'expériences relatives au rôle endocrine des ovaires et au contrôle exercé par le complexe hypothalamo-hypophysaire (vidéos, logiciels…).	**Régulation physiologique de l'axe gonadotrope : intervention de trois niveaux de contrôle** […] • Chez la femme […] Contrôle par l'hypothalamus : cette évolution est sous le contrôle de la sécrétion des gonado-stimulines hypophysaires --FSH et LH– elle-même permise par la sécrétion pulsatile de GnRH, neurohormone hypothalamique qui comme chez l'homme est sécrétée sous l'influence de stimulus d'origine interne ou externe. L'événement majeur du cycle est la libération brutale de

	LH, qui provoque l'ovulation. Le caractère cyclique de la sécrétion des gonadostimulines est lié à des rétroactions négatives et positives entre ovaire et complexe hypothalamo-hypophysaire (mise en jeu d'un servo-mécanisme).

Dans la partie « I.7 Immunologie (4 semaines) » :

ACTIVITÉS ENVISAGEABLES	NOTIONS ET CONTENUS
Utilisation de logiciels de modélisation moléculaire montrant les anticorps et la réaction antigène-anticorps.	**Les processus immunitaires mis en jeu - Généralisation** Les anticorps : agents du maintien de l'intégrité du milieu extracellulaire : La séropositivité pour le VIH correspond à la présence d'anticorps spécifiques, dirigés contre certaines protéines du virus.

Dans « II - ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ
Thème 3 - Diversité et complémentarité des métabolismes (10 semaines) » :

ACTIVITÉS ENVISAGEABLES	NOTIONS ET CONTENUS
Séparation de pigments photosynthétiques par chromatographie. Étude des spectres d'absorption de pigments chlorophylliens. Comparaison du spectre d'action et du spectre d'absorption pour un végétal. Étude par ExAO des conditions du dégagement d'oxygène avec des cellules ou des chloroplastes isolés.	**Du carbone minéral aux composants du vivant : la photo-autotrophie pour le carbone** […] Le bilan des transformations (= ensemble de réactions biochimiques catalysées par des enzymes) peut s'écrire : 6 CO2 + 12 H2*O →C6H12O6 + 6 *O2+ 6 H2O La photosynthèse est la succession de deux phases : - dans les thylakoïdes, une phase photochimique dans laquelle grâce à la collecte des photons par les pigments, un ensemble d'oxydo-réductions permet l'oxydation de l'eau, la production d'O2, de composés intermédiaires RH2 et ATP (adénosine triphosphate qui se construit à partir d'ADP et de phosphate inorganique) ; - dans le stroma, une phase non photochimique permet l'incorporation et la réduction du CO2 pour la synthèse de glucides. Elle nécessite un accepteur de CO2, de l'ATP et des composés réduits RH2.

B.O. n°8 du 25 février 1999
Modifications du programme de terminale S
Rien

B.O. n°12 Hors série du 12 octobre 1998
Modifications du programme de terminale S
Cinquième partie : Histoire et évolution de la Terre et des êtres vivants (pp. 72 - 79)
- colonne “Activités envisageables”
. supprimer les deux items “Établissement, à titre d’hypothèses, de phylogénies entre espèce à partir de l’analyse de séquences illustrant des degrés de parentés moléculaires” et “Utilisation de logiciel(s)” p. 77 ;

B.O. n°6 du 9 juin 1994 ***A partir de la rentrée scolaire 1995/1996***
Nouveau programme de terminale S
Dans la partie « III. Les objectifs et l’évaluation » :
« L’enseignement expérimental rénové repose sur des activités pratiques, classiques et fondées sur des technologies nouvelles d’information et de communication. Ces activités pratiques sont essentielles. »

Dans la description du programme pour la partie « Unicité génétique des individus et polymorphisme des espèces » :

Contenus	Objectifs cognitifs	Activités envisageables
1. Origine du polymorphisme génique.	Les mutations dont à l’origine du polymorphisme génique. Elles peuvent constituer en une substitution, une délétion, une addition d’un ou plusieurs nucléotides. Les polypeptides qui les expriment diffèrent du polypeptide initial. Des mutations affectent en permanence le génome de l’ensemble des cellules de l’organisme. Seules celles affectant les cellules de la lignée germinale peuvent être transmises aux générations suivantes.	Analyse d’une carte d’identité génique. Exploitation de données, informatique ou non, sur les allèles de quelques gènes. Exploitation du tableau du code génétique. Détermination du polypeptide codé par un allèle d’un gène.

Dans la description du programme pour la partie « Aspects du fonctionnement des centres nerveux » :
« L’outil informatique est particulièrement utile pour aborder ces sujets de neurophysiologie. Outre l’expérimentation assistée par ordinateur, il existe plusieurs logiciels de simulation

complémentaires les uns des autres permettant de mettre les élèves en situation d'investigation. »

[…]

Pour un point uniquement au programme de spécialité :

Contenus	Objectifs cognitifs	Activités envisageables
Les phénomènes ioniques à la base du potentiel d'action.	Le potentiel d'action résulte, pour l'essentiel, d'un changement temporaire de la perméabilité membranaire aux ions Na+, dû à l'ouverture puis à la fermeture séquentielles de protéines membranaires : les canaux ioniques voltage-dépendants.	Expérimentation sur la genèse de potentiels membranaires en fonction : Des concentrations en ions de part et d'autre de la membrane. Utilisation de logiciels de simulation.

Au programme commun :

Contenus	Objectifs cognitifs	Activités envisageables
Genèse du message nerveux au niveau d'un récepteur sensoriel.	L'originalité d'un récepteur sensoriel réside dans son aptitude à réagir à un stimulus déterminé avec une très grande sensibilité.	Enregistrement de l'activité électrique des neurones. Utilisation de logiciels de simulation. Fibre nerveuse. Neurosim. Synapses.

Dans la description du programme pour la partie « Fonctionnement d'un système de régulation » pour un point uniquement au programme de spécialité :

Contenus	Objectifs cognitifs	Activités envisageables
2. Régulation neuro-hormonale de la pression artérielle.	(Les objectifs sont ceux relatifs au fonctionnement des systèmes de régulation énoncés ci-dessus).	Analyse expérimentales (EXAO, simulation, exploitation de documents) de la régulation de la pression artérielle.

Dans la description du programme pour la partie « Fonctionnement d'un système de régulation » :

Contenus	Objectifs cognitifs	Activités envisageables
Etablissement de phylogénies.	Des relations de parenté entre les êtres vivants peuvent être proposées à partir de l'étude de caractéristiques morphologiques, anatomiques et embryologiques d'organismes actuels et fossiles.	Illustration de parentés entre êtres vivants par l'étude sommaire, comme exemples : D'une lignée fossile, De stades embryonnaires de formes différentes.

	La recherche des parentés s'appuie également sur des comparaisons au niveau moléculaire, de séquence de gènes homologues ou de produits de l'expression de ces gènes. La prise en compte des résultats obtenus par ces diverses méthodes contribue à établie des phylogénies.	A partir de documents, analyse comparée : De molécules différentes et de même fonction (insuline, une enzyme) ; De séquence de gènes. Etablissement, à titre d'hypothèse, de phylogénies entre espèces à partir de l'analyse de séquences illustrant des degrés de parentés moléculaires. Utilisation de logiciel(s).

Annexe 3 - b : Textes relevés dans les programmes scolaires de Première S en lien avec les TIC

B.O. spécial n°9 du 30 septembre 2010 ***A partir de la rentrée scolaire 2011/2012***

Nouveau programme de première S

Dans « Préambule

I. Les sciences de la vie et de la Terre au lycée

I.2. Les conditions d'exercice de la liberté pédagogique du professeur » :

« Ainsi, chaque élève rencontrera dans les meilleures conditions l'occasion d'aller sur le terrain, de disséquer, de préparer et réaliser des observations microscopiques, d'expérimenter avec l'aide d'un ordinateur, de modéliser, de pratiquer une recherche documentaire en ligne, etc. »

[…]

« **Les technologies de l'information et de la communication**

Les technologies de l'information et de la communication seront mises en oeuvre en de nombreuses circonstances.

Il pourra s'agir de technologies généralistes dont on fera ici un usage spécialisé, notamment internet en utilisation conjointe avec des techniques de laboratoire classiques. Mais on veillera aussi à développer les savoir-faire des élèves relativement aux technologies plus spécialisées, comme par exemple l'expérimentation assistée par ordinateur, technique indispensable pour une formation moderne et efficace des élèves.

L'usage de logiciels, généralistes ou spécialisés, est encouragé. Les sciences de la vie et de la Terre participent à la préparation du B2i niveau lycée.

Les productions pédagogiques, les travaux d'élèves, gagneront à être exploités, en classe et hors de la classe dans le cadre d'un environnement numérique de travail (ENT). »

Dans « Programme

Capacités et attitudes développées tout au long du programme » :

« Exprimer et exploiter des résultats, à l'écrit, à l'oral, en utilisant les technologies de l'information et de la communication. »

Dans « Programme
Thème 1. La Terre dans l'Univers, la vie et l'évolution du vivant
Thème 1 – A Expression, stabilité et variation du patrimoine génétique » :

Connaissances	Capacités, attitudes
Reproduction conforme de la cellule et réplication de l'ADN	
Chaque chromatide contient une molécule d'ADN. Au cours de la phase S, l'ADN subit la réplication semiconservative. En absence d'erreur, ce phénomène préserve, par copie conforme, la séquence des nucléotides. Ainsi, les deux cellules filles provenant par mitose d'une cellule mère possèdent la même information génétique. Objectifs et mots clés. Il s'agit de donner aux élèves les connaissances de base nécessaires sur la multiplication cellulaire conforme aux échelles cellulaire (mitose) et moléculaire (réplication de l'ADN). (Collège et seconde. Première approche de l'ADN). [Limites. L'intervention d'un ensemble d'enzymes et la nécessité d'une source d'énergie sont seulement signalées, sans souci de description exhaustive.] Pistes. Comprendre la PCR. Calculer la vitesse de réplication chez les eucaryotes.	Mettre en oeuvre une méthode (démarche historique) et/ou une utilisation de logiciels et/ou une pratique documentaire permettant de comprendre le mécanisme de réplication semi conservative.
Variabilité génétique et mutation de l'ADN	
Pendant la réplication de l'ADN surviennent des erreurs spontanées et rares, dont la fréquence est augmentée par l'action d'agents mutagènes. L'ADN peut aussi être endommagé en dehors de la réplication. Le plus souvent l'erreur est réparée par des systèmes enzymatiques. Quand elle ne l'est pas, si les modifications n'empêchent pas la survie de la cellule, il apparaît une mutation, qui sera transmise si la cellule se divise. Une mutation survient soit dans une cellule somatique (elle est ensuite présente dans le clone issu de cette cellule) soit dans une cellule germinale	Recenser, exploiter et interpréter des bases de données et/ou concevoir et réaliser un protocole pour : - mettre en évidence l'influence d'agents mutagènes sur des populations humaines (UV, benzène, etc.) ; - analyser l'influence de l'irradiation d'une culture de levures par des UV (suivi du taux de mortalité). Utiliser des logiciels pour caractériser des mutations. Recenser et exploiter des

(elle devient alors héréditaire). Les mutations sont la source aléatoire de la diversité des allèles, fondement de la biodiversité. (Collège et seconde. Première approche de la variation génétique.) [Limites. L'action d'agents mutagènes est étudiée à titre d'exemple, mais leur mécanisme d'action n'a pas à être mémorisé. Aucune exhaustivité n'est attendue dans la présentation de ces agents.] Convergences. Mathématiques : probabilité. Pistes. Quantification de la mutation dans une population cellulaire (mathématiques) ; les agents mutagènes dans l'environnement (physique-chimie).	informations permettant de caractériser la diversité allélique d'une population.
L'expression du patrimoine génétique	
La séquence des nucléotides d'une molécule d'ADN représente une information. Le code génétique est le système de correspondance mis en jeu lors de la traduction de cette information. À quelques exceptions près, il est commun à tous les êtres vivants. Les portions codantes de l'ADN comportent l'information nécessaire à la synthèse de chaînes protéiques issues de l'assemblage d'acides aminés. Chez les eucaryotes, la transcription est la fabrication, dans le noyau, d'une molécule d'ARN pré-messager, complémentaire du brin codant de l'ADN. Après une éventuelle maturation, l'ARN messager est traduit en protéines dans le cytoplasme. Un même ARN pré-messager peut subir, suivant le contexte, des maturations différentes et donc être à l'origine de plusieurs protéines différentes. [Limites. Le code génétique n'est pas à mémoriser. Les rôles des ARNt et ARNr ne sont pas au programme. Les mécanismes sont étudiés chez les eucaryotes, mais l'objectif n'est pas de mettre l'accent sur les différences entres les eucaryotes et les procaryotes. L'existence d'une maturation de l'ARN prémessager est signalée, mais ses différents aspects ne sont pas exigibles]	Recenser, extraire et exploiter des informations permettant de caractériser les protéines comme expression primaire de l'information génétique. Mettre en œuvre une méthode (démarche historique) et/ou une utilisation de logiciels et/ou une pratique documentaire permettant : - d'approcher le mécanisme de la transcription, et de la traduction ; - comprendre comment le code génétique a été élucidé.

Dans « Programme
Thème 1. La Terre dans l'Univers, la vie et l'évolution du vivant
Thème 1 – B La tectonique des plaques : l'histoire d'un modèle » :

Connaissances	Capacités, attitudes
L'interprétation actuelle des différences d'altitude moyennes entre les continents et les océans	
La différence d'altitude observée entre continents et océans reflète un contraste géologique. Les études sismiques et pétrographiques permettent de caractériser et de limiter deux grands types de croûtes terrestres : une croûte océanique essentiellement formée de basalte et de gabbro et une croûte continentale constituée entre autres de granite. La croûte repose sur le manteau, constitué de péridotite. Objectifs et mots clés. La découverte des deux lithosphères est l'occasion de fournir aux élèves les données fondamentales sur les principales roches rencontrées (basalte, gabbro, granite, péridotite). (Collège et seconde. Première approche de la croûte et de la lithosphère.) [Limites. L'étude pétrographique se limite à la présentation des principales caractéristiques des quatre roches citées. Bien que l'observation de lames minces soit recommandée, il n'est pas attendu de faire mémoriser par les élèves les critères d'identification microscopique des minéraux]. Convergences. Physique : ondes mécaniques.	Concevoir une modélisation analogique et réaliser des mesures à l'aide de dispositifs d'expérimentation assistée par ordinateur de propagation d'ondes à travers des matériaux de nature pétrographique différente. Observer à différentes échelles, de l'échantillon macroscopique à la lame mince, les roches des croûtes océanique et continentale et du manteau. Comprendre comment des observations fondées sur des techniques nouvelles ont permis de dépasser les obstacles du bon sens apparent.

[…]

Connaissances	Capacités, attitudes
Le concept de lithosphère et d'asthénosphère	
Au voisinage des fosses océaniques, la distribution spatiale des foyers des séismes en fonction de leur profondeur s'établit selon un plan incliné. Les différences de vitesse des ondes sismiques qui se propagent le long de ce plan, par rapport à celles qui s'en écartent, permettent de distinguer : la lithosphère de l'asthénosphère. L'interprétation de ces données sismiques permet ainsi de montrer que la lithosphère s'enfonce dans le manteau au niveau des fosses dites de subduction.	Saisir et exploiter des données sur des logiciels pour mettre en évidence la répartition des foyers des séismes au voisinage des fosses océaniques. Comprendre comment l'interprétation de la distribution particulière des foyers des séismes permet : - de définir la lithosphère par rapport à l'asthénosphère;

La limite inférieure de la lithosphère correspond généralement à l'isotherme 1300° C. Objectifs et mots clés. Distinction claire des notions de : lithosphère, asthénosphère, croûte, manteau, subduction. (Collège : lithosphère-asthénosphère) [Limites. On se contente de présenter la notion de subduction. Le mécanisme et les conséquences géologiques de ce phénomène seront abordés en terminale.]	- de confirmer, dans le cadre du modèle en construction, que la lithosphère océanique retourne dans le manteau. Concevoir une modélisation analogique et réaliser des mesures à l'aide de dispositifs d'expérimentation assistée par ordinateur de propagation d'ondes à travers un même matériau mais à des températures différentes pour comprendre la différence entre lithosphère et asthénosphère.
Un premier modèle global : une lithosphère découpée en plaques rigides	
À la fin des années soixante, la géométrie des failles transformantes océaniques permet de proposer un modèle en plaques rigides. Des travaux complémentaires parachèvent l'établissement de la théorie de la tectonique des plaques en montrant que les mouvements divergents (dorsales), décrochants (failles transformantes) et convergents (zones de subduction) sont cohérents avec ce modèle géométrique. Des alignements volcaniques, situés en domaine océanique ou continental, dont la position ne correspond pas à des frontières de plaques, sont la trace du déplacement de plaques lithosphériques au dessus d'un point chaud fixe, en première approximation, dans le manteau. (Collège : plaques lithosphériques) [Limites. La formalisation mathématique de la cinématique des plaques n'est pas attendue.]	Réaliser une manipulation analogique simple, ou utiliser un logiciel de simulation, pour comprendre que les mouvements des plaques sont des rotations de pièces rigides se déplaçant sur une sphère. Comprendre comment désormais des faits ne s'intégrant pas a priori avec le modèle initial (volcanisme intraplaque) permettent un enrichissement du modèle (théorie des points chauds) et non son rejet. Corréler les directions et les vitesses de déplacements des plaques tirées des données paléomagnétiques avec celles déduites de l'orientation et des âges des alignements volcaniques intraplaques.
Le renforcement du modèle par son efficacité prédictive	
Le modèle prévoit que la croûte océanique est d'autant plus vieille qu'on s'éloigne de la dorsale. Les âges des sédiments en contact avec le plancher océanique (programme de forage sous-marins JOIDES) confirment cette prédiction et les vitesses prévues par le modèle de la tectonique des plaques. Le modèle prévoit des vitesses de déplacements des plaques (d'après le paléomagnétisme et les	Saisir et exploiter des informations sur cartes. Concevoir, réaliser et exploiter un modèle analogique. Réaliser des mesures sur le terrain pour comprendre le principe du GPS. Saisir et exploiter des données sur des logiciels.

alignements de volcans intraplaques). Avec l'utilisation des techniques de positionnement par satellites (GPS), à la fin du XXème siècle, les mouvements des plaques deviennent directement observables et leurs vitesses sont confirmées. [Limites. L'étude des forages marins se limite à l'interprétation du premier sédiment au contact de la croûte magmatique. L'interprétation des inversions magnétiques enregistrées dans les sédiments des carottes de forage n'est pas au programme.] Pistes. Les systèmes de positionnement satellitaire (physique, mathématiques).	

Dans « Programme
Thème 2 - Enjeux planétaires contemporains
Thème 2 – B Nourrir l'humanité » :

Connaissances	Capacités, attitudes
La production végétale : utilisation de la productivité primaire	
Un écosystème naturel est constitué d'un biotope et d'une biocénose. Son fonctionnement d'ensemble est permis par la productivité primaire qui, dans les écosystèmes continentaux, repose sur la photosynthèse des plantes vertes. L'agriculture repose sur la constitution d'agrosystèmes gérés dans le but de fournir des produits (dont les aliments) nécessaires à l'humanité. Un agrosystème implique des flux de matière (dont l'eau) et d'énergie qui conditionnent sa productivité et son impact environnemental. L'exportation de biomasse, la fertilité des sols, la recherche de rendements posent le problème de l'apport d'intrants dans les cultures (engrais, produits phytosanitaires, etc.). Le coût énergétique et les conséquences environnementales posent le problème des pratiques utilisées. Le choix des techniques culturales vise à concilier la nécessaire production et la gestion durable de l'environnement. Objectifs et mots clés. Il s'agit de quantifier les flux	Étudier un exemple de culture végétale pour montrer comment des techniques variées permettent une production quantitativement et qualitativement adaptée aux besoins. Faire preuve d'esprit critique en étudiant la conduite d'une culture quant à son impact sur l'environnement. Recenser, extraire et exploiter des informations, notamment sur le terrain, utiliser des bases de données et des logiciels pour comparer les bilans d'énergie et de matière (dont l'eau) d'un agrosystème de production végétale et d'un écosystème peu modifié par l'homme. Concevoir et réaliser un protocole pour mettre en œuvre une culture et analyser ses caractéristiques et/ou utiliser des logiciels modélisant une

d'énergie et de matière dans l'agrosystème de production végétale (qualitativement - polluants compris - et quantitativement). Cette étude permet de présenter les principes de la réflexion qui conduisent à une pratique raisonnée de l'agriculture. (Collège et seconde. Première approche des bases biologiques de la production agricole.) [Limites. Aucune exhaustivité n'est attendue dans la présentation des pratiques agricoles et des intrants.] Pistes. Agriculture et développement durable ; agriculture biologique / raisonnée (histoire-géographie).	culture, ses bilans et sa gestion.
La production animale : une rentabilité énergétique réduite	
Dans un écosystème naturel, la circulation de matière et d'énergie peut être décrite par la notion de pyramide de productivité. Dans un agrosystème, le rendement global de la production par rapport aux consommations (énergie, matière) dépend de la place du produit consommé dans la pyramide de productivité. Ainsi, consommer de la viande ou un produit végétal n'a pas le même impact écologique. Objectifs et mots clés. Il s'agit de faire comprendre que la production animale fondée sur une production végétale quantitativement abondante se traduit par un bilan de matière et d'énergie plus défavorable. Convergences. Géographie (seconde) - eau ressource essentielle.	Recenser, extraire et exploiter des informations, utiliser des bases de données et des logiciels pour comparer les bilans d'énergie et de matière (dont l'eau) de différents élevages, et comparer production animale et production végétale. Faire preuve d'esprit critique en étudiant la conduite d'un élevage quant à son impact sur l'environnement.
Pratiques alimentaires collectives et perspectives globales Les pratiques alimentaires sont déterminées par les ressources disponibles, les habitudes individuelles et collectives selon les modes de consommation, de production et de distribution. Le but de cette partie est de montrer en quoi les pratiques alimentaires individuelles répétées collectivement peuvent avoir des conséquences environnementales globales.	
À l'échelle globale, l'agriculture cherche à relever le défi de l'alimentation d'une population humaine toujours croissante. Cependant, les limites de la planète cultivable sont bientôt atteintes : les ressources (eau, sol, énergie) sont limitées tandis qu'il est nécessaire de prendre en compte l'environnement pour en	Recenser, extraire et exploiter des informations, utiliser des bases de données et des logiciels pour comprendre : - l'impact global des pratiques alimentaires ; - la gestion de populations et/ou de

assurer la durabilité. Objectifs et mots clés. On cherche ici à mettre en relation les pratiques locales et leurs implications globales afin d'installer les bases de la réflexion qui conduit aux choix de pratiques. Il s'agit de montrer comment il est possible d'aborder la réflexion sur ces questions en termes de bilan planétaire. [Limites. Il ne s'agit pas d'enseigner les choix qui doivent être faits, mais d'introduire les bases scientifiques nécessaires à une réflexion éclairée sur les choix. Aucune exhaustivité concernant les pratiques alimentaires n'est attendue.] Convergences. Géographie (seconde) - Nourrir les hommes.	peuplements naturels ; Recenser, extraire et exploiter des informations sur la variété des agro-systèmes mondiaux et leurs caractéristiques. Recenser et comparer différentes pratiques culturales, du point de vue de leur durabilité (bilan carbone, bilan énergétique, biodiversité, etc.). Recenser, extraire et exploiter des informations sur les recherches actuelles permettant d'améliorer la production végétale dans une logique de développement durable. Utiliser des systèmes d'information géographique(Sig) pour déterminer l'importance des besoins (énergie, matière, sol, etc.) de la production mondiale agricole actuelle (et son évolution récente).

Dans « Programme
Thème 3 - Corps humain et santé
Thème 3 – A Féminin, masculin » :

Connaissances	Capacités, attitudes
Sexualité et procréation	
Chez l'homme et la femme, le fonctionnement de l'appareil reproducteur est contrôlé par un dispositif neuroendocrinien qui fait intervenir l'hypothalamus, l'hypophyse et les gonades. La connaissance de ces mécanismes permet de comprendre et de mettre au point des méthodes de contraception féminine préventive (pilules contraceptives) ou d'urgence (pilule du lendemain). Des méthodes de contraception masculine hormonale se développent. D'autres méthodes contraceptives existent, dont certaines présentent aussi l'intérêt de protéger contre les infections sexuellement transmissibles. L'infertilité des couples peut avoir des causes variées. Dans beaucoup de cas, des techniques permettent d'aider les couples à satisfaire leur désir	Traduire les mécanismes de contrôle de l'activité gonadique sous la forme de schémas fonctionnels. Effectuer des gestes techniques pour réaliser différentes observations microscopiques. Mettre en œuvre une méthode (démarche historique) et/ou une utilisation de logiciels et/ou une pratique documentaire pour expliquer le mode d'action de différentes pilules contraceptives. Extraire et exploiter des données pour relier la prévention contre les IST (Sida, hépatite, papillomavirus, etc.) à la vaccination ou l'utilisation

d'enfant : insémination artificielle, Fivete, ICSI. Objectifs et mots clés. Les mécanismes neuroendocrines de contrôle de la reproduction sont étudiés. (Collège et lycée. Première approche du fonctionnement de l'appareil reproducteur et de la contraception. Première approche de la procréation médicalement assistée.) [Limites. Les mécanismes cellulaires de l'action des hormones, de même que les voies de leur synthèse, ne sont pas au programme. Il ne s'agit pas de présenter les techniques de procréation médicalement assistée mais seulement de montrer que la compréhension de leurs principes généraux repose sur des connaissances scientifiques et d'évoquer leur cadre éthique.] Pistes. Bioéthique (philosophie) ; hormones naturelles/hormones synthétiques (chimie).	du préservatif. Recenser, extraire et organiser des informations pour comprendre les modalités de la procréation médicalement assistée. Percevoir le lien entre science et technique. Argumenter, débattre sur des problèmes éthiques posés par certaines pratiques médicales.
Sexualité et bases biologiques du plaisir	
L'activité sexuelle est associée au plaisir. Le plaisir repose notamment sur des phénomènes biologiques, en particulier l'activation dans le cerveau des « systèmes de récompense ». Objectifs et mots clés. Sans chercher à laisser croire que les relations entre sexualité et plaisir ne s'expriment qu'en termes scientifiques, on montre qu'une composante biologique existe. [Limites. Les mécanismes cérébraux du plaisir sont étudiés seulement d'une façon globale (activation de zones cérébrales) sans explicitation des phénomènes cellulaires]. Pistes. Éducation à la santé et à la sexualité.	Mettre en œuvre une méthode (démarche historique) et/ou une utilisation de logiciels et/ou une pratique documentaire pour mettre en évidence le système de récompense.

Dans « Programme
Thème 3 - Corps humain et santé
Thème 3 – C De l'œil au cerveau : quelques aspects de la vision » :

Connaissances	Capacités, attitudes
Les photorécepteurs : un produit de l'évolution	
La rétine est une structure complexe qui comprend les récepteurs sensoriels de la vision appelés	Extraire et exploiter des informations (maquette, logiciel et/ou recherche

photorécepteurs. Celle de l'Homme contient les cônes permettant la vision des couleurs (3 types de cônes respectivement sensibles au bleu, au vert et au rouge) et les bâtonnets sensibles à l'intensité lumineuse. Les gènes des pigments rétiniens constituent une famille multigénique (issue de duplications) dont l'étude permet de placer l'Homme parmi les Primates. Des anomalies des pigments rétiniens se traduisent par des perturbations de la vision des couleurs. Le message nerveux issu de l'œil est acheminé au cerveau par le nerf optique. Objectifs et mots clés. Tout en évoquant rapidement la complexité de la rétine et de ses fonctions, il s'agit de centrer l'attention sur les cellules photoréceptrices. Leur étude permet aussi bien d'évoquer des troubles de la vision colorée que de réaliser une première approche de la place de l'Homme dans l'évolution. [Limites. La physiologie de la rétine n'est pas abordée. On signale simplement l'élaboration globale d'un message acheminé par le nerf optique.] Convergences. Physique : lumière, couleur. Pistes. Le daltonisme ; la vision des couleurs chez les vertébrés.	documentaire et/ou observations microscopiques) pour : - comprendre l'organisation de la rétine ; - déterminer le rôle des photorécepteurs ; - comprendre l'organisation des voies visuelles ; - faire le lien entre la vision des couleurs et l'évolution.

B.O. n°6 Hors série du 29 août 2002 ***A partir de la rentrée scolaire 2003/2004***

Nouveau programme de première S

Dans « PRÉSENTATION GÉNÉRALE
Méthodologie » :

« La plupart des parties du programme se prêtent particulièrement bien à l'utilisation des techniques d'information et de communication (TIC), dont certaines sont étroitement liées au champ disciplinaire (mise en œuvre d'un dispositif expérimental assisté par ordinateur). L'acquisition des données expérimentales et leur traitement informatique sont l'occasion d'une analyse critique des résultats en fonction des montages expérimentaux. »

Dans « SCIENCES DE LA VIE
THÈME GÉNÉRAL : DES PHÉNOTYPES À DIFFÉRENTS NIVEAUX D'ORGANISATION DU VIVANT

Du génotype au phénotype, relations avec l'environnement (durée indicative: 6 semaines) » :

ACTIVITÉS ENVISAGEABLES	NOTIONS ET CONTENUS
Étude expérimentale de la catalyse enzymatique et de la double spécificité. ExAO : mesure de la vitesse initiale en fonction de la concentration du substrat d'une réaction enzymatique. Exploitation de logiciels sur les modèles moléculaires et structures spatiales de protéines enzymatiques et du complexe enzyme-substrat. Simulation de l'action catalytique d'une enzyme. Utilisation de logiciels relatifs à : - la synthèse des protéines, - l'exploitation d'une banque de données sur divers gènes.	**Des protéines actives dans la catalyse : les enzymes** Les protéines enzymatiques sont des catalyseurs biologiques. Elles présentent une double spécificité : spécificité d'action et de substrat. Les modalités de leur action reposent sur la formation du complexe enzyme-substrat. Les propriétés des enzymes dépendent de leur structure spatiale. Des modifications de structure spatiale, déterminées soit par des changements de la séquence des acides aminés, soit par des conditions du milieu (pH, température, ions…), modifient leur activité. L'activité des enzymes contribue à la réalisation du phénotype. Limites : l'étude des coenzymes, l'étude de l'allostérie, les lois de la cinétique enzymatique, ne sont pas au programme. **La synthèse des protéines** La séquence des acides aminés des protéines est imposée par l'information génétique située dans la molécule d'ADN. Un gène est défini comme une séquence de nucléotides d'un brin d'ADN déterminant la séquence d'un polypeptide donné. La molécule d'ADN d'un chromosome est le support de très nombreux gènes. L'expression de l'information génétique se fait en deux étapes: transcription et traduction. Au cours de la transcription, un ARN messager complémentaire du brin transcrit de l'ADN est synthétisé. La traduction permet la synthèse cytoplasmique de chaînes polypeptidiques. La séquence des acides aminés est gouvernée par celle des nucléotides de l'ARN messager suivant un système de correspondance, le code génétique. Ce code génétique est universel et dégénéré. La traduction débute au codon d'initiation et s'arrête au codon stop.

	Limites : la notion de gène morcelé, l'étude détaillée des mécanismes de la transcription et de la traduction ainsi que la maturation des ARN et des protéines, ne sont pas au programme.

Dans « SCIENCES DE LA VIE
THÈME GÉNÉRAL : DES PHÉNOTYPES À DIFFÉRENTS NIVEAUX D'ORGANISATION DU VIVANT
La part du génotype et la part de l'expérience individuelle dans le fonctionnement du système nerveux (durée indicative: 6 semaines) » :
« L'outil informatique est particulièrement utile pour aborder l'étude de ces sujets de neurophysiologie. Outre l'expérimentation assistée par ordinateur, il existe plusieurs logiciels de simulation, complémentaires les uns des autres, permettant de mettre les élèves en situation d'investigation. »
[…]

ACTIVITÉS ENVISAGEABLES	NOTIONS ET CONTENUS
Réalisation et étude de l'enregistrement du potentiel global d'un nerf par ExAO. Analyse d'enregistrement de l'activité électrique de fibres nerveuses issues des fuseaux neuromusculaires. Utilisation de logiciels de simulation de l'activité nerveuse.	**Les potentiels d'action et les messages nerveux** - Les signaux émis par les neurones sont des potentiels d'action La genèse de potentiels d'action repose sur l'existence d'un potentiel dit de repos, propriété commune à toutes les cellules. Un potentiel d'action est une inversion transitoire de la polarisation membranaire. Au cours de sa propagation le long d'une fibre, le potentiel d'action conserve toutes ses caractéristiques. Limites : les mécanismes ioniques sous-tendant la genèse du potentiel de repos et du potentiel d'action, la propagation des potentiels d'action par les courants locaux, ne sont pas au programme.

B.O. n°7 Hors série du 31 août 2000 ***A partir de la rentrée scolaire 2001/2002***
Nouveau programme de première S
Dans « PRÉSENTATION GÉNÉRALE
Méthodologie » :
« La plupart des parties du programme se prêtent particulièrement bien à l'utilisation des techniques d'information et de communication (TIC), dont certaines sont étroitement liées au champ disciplinaire (mise en œuvre d'un dispositif expérimental assisté par ordinateur). L'acquisition des données expérimentales et leur traitement informatique sont l'occasion d'une analyse critique des résultats en fonction des montages expérimentaux. »

Dans « SCIENCES DE LA VIE
THÈME GÉNÉRAL : DES PHÉNOTYPES À DIFFÉRENTS NIVEAUX D'ORGANISATION DU VIVANT
Du génotype au phénotype, relations avec l'environnement (durée indicative: 6 semaines) » :

ACTIVITÉS ENVISAGEABLES	NOTIONS ET CONTENUS
Étude expérimentale de la catalyse enzymatique et de la double spécificité. ExAO : mesure de la vitesse initiale en fonction de la concentration du substrat d'une réaction enzymatique. Exploitation de logiciels sur les modèles moléculaires et structures spatiales de protéines enzymatiques et du complexe enzyme-substrat. Simulation de l'action catalytique d'une enzyme. Utilisation de logiciels relatifs à : - la synthèse des protéines, - l'exploitation d'une banque de données sur divers gènes.	**Des protéines actives dans la catalyse : les enzymes** Les protéines enzymatiques sont des catalyseurs biologiques. Elles présentent une double spécificité : spécificité d'action et de substrat. Les modalités de leur action reposent sur la formation du complexe enzyme-substrat. Les propriétés des enzymes dépendent de leur structure spatiale. Des modifications de structure spatiale, déterminées soit par des changements de la séquence des acides aminés, soit par des conditions du milieu (pH, température, ions…), modifient leur activité. L'activité des enzymes contribue à la réalisation du phénotype. Limites : l'étude des coenzymes, l'étude de l'allostérie, les lois de la cinétique enzymatique, ne sont pas au programme. **La synthèse des protéines** La séquence des acides aminés des protéines est imposée par l'information génétique située dans la molécule d'ADN. Un gène est défini comme une séquence de nucléotides d'un brin d'ADN déterminant la séquence d'un polypeptide donné. La molécule d'ADN d'un chromosome est le support de très nombreux gènes. L'expression de l'information génétique se fait en deux étapes: transcription et traduction. Au cours de la transcription, un ARN messager complémentaire du brin transcrit de l'ADN est synthétisé. La traduction permet la synthèse cytoplasmique de chaînes polypeptidiques. La séquence des acides aminés est gouvernée par celle des nucléotides de l'ARN messager suivant un système de correspondance, le code génétique.

	Ce code génétique est universel et dégénéré. La traduction débute au codon d'initiation et s'arrête au codon stop. Limites : la notion de gène morcelé, l'étude détaillée des mécanismes de la transcription et de la traduction ainsi que la maturation des ARN et des protéines, ne sont pas au programme.

Dans « SCIENCES DE LA VIE
THÈME GÉNÉRAL : DES PHÉNOTYPES À DIFFÉRENTS NIVEAUX D'ORGANISATION DU VIVANT
La part du génotype et la part de l'expérience individuelle dans le fonctionnement du système nerveux (durée indicative: 6 semaines) » :
« L'outil informatique est particulièrement utile pour aborder l'étude de ces sujets de neurophysiologie. Outre l'expérimentation assistée par ordinateur, il existe plusieurs logiciels de simulation, complémentaires les uns des autres, permettant de mettre les élèves en situation d'investigation. »
[…]

ACTIVITÉS ENVISAGEABLES	NOTIONS ET CONTENUS
Réalisation et étude de l'enregistrement du potentiel global d'un nerf par ExAO. Analyse d'enregistrement de l'activité électrique de fibres nerveuses issues des fuseaux neuromusculaires. Utilisation de logiciels de simulation de l'activité nerveuse.	**Les potentiels d'action et les messages nerveux** - Les signaux émis par les neurones sont des potentiels d'action La genèse de potentiels d'action repose sur l'existence d'un potentiel dit de repos, propriété commune à toutes les cellules. Un potentiel d'action est une inversion transitoire de la polarisation membranaire. Au cours de sa propagation le long d'une fibre, le potentiel d'action conserve toutes ses caractéristiques. Limites : les mécanismes ioniques sous-tendant la genèse du potentiel de repos et du potentiel d'action, la propagation des potentiels d'action par les courants locaux, ne sont pas au programme.

B.O. n°12 Hors série du 12 octobre 1998
Modifications du programme de première S
Rien

B.O. Hors série (tome II) du 24 septembre 1992 ***A partir de la rentrée scolaire 1994/1995***

Nouveau programme de première S

Dans la partie « 2. INDICATIONS METHODOLOGIQUES » :

« La plupart des parties du programme se prêtent particulièrement à un enseignement expérimental rénové reposant sur des activités pratiques, classiques et fondées sur des technologie nouvelles d'information et de communication. »

Dans la description du programme pour la partie « Edification de l'organisme maintien de son identité biologique et information génétique » :

Contenus	Objectifs cognitifs	Activités envisageables
L'ADN, support de l'information génétique.	Chaque chromosome contient une molécule d'ADN – acide désoxyribonucléique – associée à des protéines.	
Reproduction conforme ; cycle cellulaire.	L'information génétique est contenue dans l'ADN.	
	Les propriétés de la molécule d'ADN sont liées à sa structure :	Confection et utilisation de maquettes.
	Une molécule d'ADN est un polydésoxyribonucléotide formé de deux brins enroulés en hélice, associés par des liaisons faibles entre bases complémentaires ;	Utilisation de logiciels.

[…]

Contenus	Objectifs cognitifs	Activités envisageables
Synthèse des protéines et information génétique ; code génétique.	Lors de la synthèse des protéines structurales et enzymatiques, la séquence des acides aminés est imposée par l'information génétique, codée dans la molécule d'ADN.	
	Une molécule d'ADN d'un chromosome est le support de milliers de gènes. Un gène est défini comme un fragment d'un brin d'ADN codant pour un polypeptide donné.	Utilisation de maquettes.
	L'expression de l'information génétique se fait en deux étapes : transcription et traduction.	Utilisation de logiciels relatifs : A la structure de l'ADN ; A la synthèse des protéines ;

	Ces deux étapes nécessitent des enzymes et de l'énergie. La transcription permet la synthèse de molécules d'acide ribonucléique – ARN – messager à partir d'un gène. L'ARN messager transmet l'information génétique du noyau au cytoplasme. La traduction permet la synthèse cytoplasmique de chaînes polypeptidiques dans lesquelles la séquence des acides aminés est imposée par celle des nucléotides de l'ARN messager, au niveau des ribosomes.	A l'exploitation d'une banque de données sur divers gènes.

[…]

Contenus	Objectifs cognitifs	Activités envisageables
Les enzymes, agent de catalase.	L'équipement enzymatique d'une cellule conditionne les réactions qui s'y produisent. Toutes les enzymes sont des catalyseurs biologiques : Elles augmentent la vitesse des réactions chimiques sans subir elles-mêmes de modification ; Elles n'agissent que dans certaines conditions de température et de pH ; Elles sont spécifiques d'un seul type de réaction. Leur fonction est liée à leur structure. La complémentarité entre une zone de la molécule enzymatique – le site actif – et une zone correspondante de la molécule de substrat permet la formation du complexe enzyme-substrat, étape indispensable à la réalisation de la réaction.	Cultures de souches bactériennes possédant des équipements enzymatiques différents, sur un milieu donné (exemple : mise en évidence de la β galactosidase). Etude expérimentale : hydrolyse digestive ou autres réactions du métabolisme. EXAO : mesure de la vitesse d'une réaction de digestion.
Identité biologique et	Les protéines structurales et	Utilisation de logiciels sur les

génotype.	enzymatiques, produits de l'expression des gènes, sont à l'origine du phénotype de l'individu. Au sein d'une espèce, un gène existe sous plusieurs formes ou allèles. L'identité biologique d'un organisme résulte de la combinaison des allèles des gènes de l'espèce qu'il possède.	banques de données de gènes. Analyse d'un petit nombre d'exemples permettant de faire la relation entre génotype et phénotype (phénylcétonurie, hypercholestérolémie, drépanocytose…).

Dans la description du programme pour la partie « Quelques aspects du métabolisme énergétique » :

Contenus	Objectifs cognitifs	Activités envisageables
1. Les dépenses énergétiques des organismes.		
Permanence et variations chez un mammifère.	La dépense énergétique d'un mammifère est permanente mais varie en fonction de facteurs internes et externes. Il existe une dépense énergétique incompressible de l'organisme correspondant au métabolisme basal. Elle est indispensable à l'entretien des structures et au fonctionnement de base d'un organisme.	Utilisation du respiromètre, de l'EXAO pour déterminer l'intensité respiratoire d'un mammifère dans diverses conditions de température et d'activité. Evaluation du métabolisme basal.
Universalité dans le monde vivant.	Toute cellule vivante, isolée ou non, animale ou végétale, oxyde des molécules organiques par processus respiratoires ou fermentaire. En cas de fermentation, la nature des résidus organiques formés dépend de l'équipement enzymatique, donc de l'information génétique des espèces concernées.	EXAO : évaluation de l'intensité respiratoire de cellules chlorophylliennes, de levures. Comparaison du résultat de quelques fermentations : fermentations lactique, alcoolique…

Dans la description du programme pour la partie « Flux d'énergie et cycle de la matière à l'échelle des écosystèmes et de la biosphère » :

Contenus	Objectifs cognitifs	Activités envisageables
Conversion de l'énergie radiative en énergie chimique chez les organismes chlorophylliens.	Les chloroplastes sont le siège de l'ensemble des réactions de la photosynthèse. Celle-ci se réalise en deux étapes couplées : la phase de conversion de l'énergie radiative, au cours de laquelle l'ATP est produit et la phase d'assimilation, au cours de laquelle apparaissent les premières molécules organiques. Les mécanismes biologiques de la photosynthèse obéissent à des lois physico-chimiques. Ils sont rendus possibles par l'association, au sein des structures du chloroplaste, des pigments chlorophylliens et de multiples enzymes dont la synthèse est programmée dans le génome végétal.	Réaction de Hill (EXAO). Observation de l'ultrastructure d'un chloroplaste.

Dans la description du programme optionnel pour le thème 1 : « Alimentation et santé » :
« Il peut ainsi donner lieu à l'utilisation de logiciels, et s'ouvrira sur l'utilisation de banques de données, dès qu'elles seront disponibles. »

Contenus	Objectifs cognitifs	Activités envisageables
Alimentation et maladies par excès.	Dans les pays à haut niveau de vie, l'évolution des habitudes alimentaires se traduit notamment par une consommation accrue de graisses animales, de glucides à absorption rapide. Avec d'autres facteurs de risque, le déséquilibre nutritionnel qui en résulte contribue à l'augmentation de la fréquence des maladies cardiovasculaires en relation avec l'athérosclérose. Une forte corrélation positive semble exister entre le taux de cholestérol et la mortalité	Analyse de données sur l'évolution de la consommation de pain, viande, sucre… Analyse par les élèves de leur propre comportement ; éventuellement enquête dans l'entourage leur permettant de se situer dans le cadre de cette évolution. Analyse de données épidémiologiques ; éventuellement traitement des données à l'aide de logiciels. Utilisation de logiciels sur l'équilibre des rations

	par maladies cardiovasculaires.	alimentaires.
Alimentation et maladies par carence.	Les maladies par carence sont consécutives à la sous-nutrition et/ou à la malnutrition. Les carences en acides aminés essentiels dues à une alimentation monotone d'origine végétale sont particulièrement graves au cours de l'enfance.	Utilisation de logiciels relatifs à des avitaminoses. Analyse critique de quelques régimes alimentaires. Analyse de documents sur les maladies par carence dans les pays du tiers monde.

Dans la description du programme optionnel pour le thème 2 : « Biologie des levures et utilisation des micro-organismes dans les industries de fermentation » :
« En outre, pour favoriser ll'autonomie des élèves, il est souhaitable qu'on les ait familiarisés, dans le cadre de l'enseignement commun, avec les techniques et appareils susceptibles d'être utilisés : respiromètre, EXAO… »

Annexe 3 - c : Textes relevés dans les programmes scolaires de Première ES en lien avec les TIC

B.O. spécial n°9 du 30 septembre 2010 ***A partir de la rentrée scolaire 2011/2012***
Nouveau programme de première ES
Dans « Préambule
2. Contribuer à la construction de compétences » :
« Les technologies de l'information et de la communication
Les sciences expérimentales participent à la préparation et à la validation du B2i niveau lycée et de ce fait concourent à la maîtrise des techniques usuelles de l'information et de la communication favorisant l'insertion sociale et professionnelle.
La recherche documentaire sur internet sera l'occasion de renforcer les compétences liées à l'utilisation des Tic déjà travaillées au collège et en seconde permettant à l'élève :
- de faire de ce mode de recherche une utilisation raisonnée ;
- de percevoir les possibilités et les limites des traitements informatisés ;
- de faire preuve d'esprit critique face aux résultats de ces traitements ;
- d'identifier les contraintes juridiques et sociales dans lesquelles s'inscrivent ces utilisations.
L'attractivité que représente la diversification des modalités d'échanges au cours des débats argumentés pourra notamment s'envisager à travers l'utilisation d'un forum ou d'un groupe de travail implanté sur l'environnement numérique de travail (ENT) du lycée. »

Dans la partie « Nourrir l'humanité » :

NOTIONS ET CONTENUS	COMPÉTENCES EXIGIBLES
Vers une agriculture durable au niveau de la planète	
Une agriculture pour nourrir les Hommes L'exportation de biomasse, la fertilité des sols, la recherche de rendements et l'amélioration qualitative des productions posent le problème : - des apports dans les cultures (engrais, produits phytosanitaires, etc.) ; - des ressources en eau ; - de l'amélioration des races animales et des variétés végétales par la sélection génétique, les manipulations génétiques, le bouturage ou le clonage ; - du coût énergétique et des atteintes portées à l'environnement. Le choix des techniques culturales doit concilier la production, la gestion durable de l'environnement et la santé.	Comparer les bilans d'énergie et de matière (dont l'eau) d'un écosystème et de différents agrosystèmes (cultures, élevages), à partir de données prélevées sur le terrain ou dans des bases de données et traitées par des logiciels de calculs ou de simulation. Expliquer, à partir de résultats simples de croisements, le principe de la sélection génétique (« vigueur hybride » et « homogénéité de la F1 »). Relier les progrès de la science et des techniques à leur impact sur l'environnement au cours du temps. Étudier l'impact sur la santé ou l'environnement de certaines pratiques agricoles (conduite d'un élevage ou d'une culture).

B.O. n°7 Hors série du 31 août 2000 ***A partir de la rentrée scolaire 2001/2002***

Nouveau programme de première ES

L'organisation du programme est la suivante :

Trois thèmes obligatoires	**Un thème au choix parmi**
Communication nerveuse Du génotype au phénotype, applications biotechnologiques Procréation	Alimentation, production alimentaire, environnement Une ressource naturelle: le bois Une ressource indispensable: l'eau Place de l'homme dans l'évolution

Dans la partie « COMMUNICATION NERVEUSE » :

ACTIVITÉS ENVISAGEABLES	NOTIONS ET CONTENUS
- Étude de la conduction et de la transmission du message nociceptif.	**Communication nerveuse** La communication nerveuse se manifeste par des combinaisons de signaux électriques enregistrables constituant des messages. Ces messages sont rapidement propagés dans un seul sens par des chaînes de neurones, cellules spécialisées connectées entre elles.

- Observation d'une coupe de moelle épinière. - Observation d'une coupe de ganglion spinal. - Enregistrement EXAO d'un potentiel de nerf. - Interprétation de messages nerveux au niveau de fibres. - Observation d'électronographie de synapses. - Mise en évidence du fonctionnement synaptique à l'aide de films vidéo.	Les corps cellulaires sont regroupés dans les centres nerveux et les ganglions nerveux. Des fibres nerveuses relient les centres nerveux entre eux et aux organes périphériques. Les neurones communiquent entre eux par des synapses. À leur niveau, l'association neurotransmetteur-récepteur assure la transmission des messages.

Dans la partie « PROCRÉATION » :

ACTIVITÉS ENVISAGEABLES	NOTIONS ET CONTENUS
- Dissection de l'appareil génital de la souris. - Observations microscopiques de coupes d'ovaires et d'utérus. - Analyses d'expériences relatives au rôle endocrine des ovaires et au contrôle exercé par le complexe hypothalamo-hypophysaire (vidéos, logiciels…).	**Des processus biologiques contrôlés par des hormones** Cycle menstruel, cycle ovarien Chez la femme, à partir de la puberté et jusqu'à la ménopause, la physiologie sexuelle s'inscrit dans un cycle menstruel. L'activité ovarienne est sous le contrôle du complexe hypothalamo-hypophysaire dont le fonctionnement est contrôlé par l'ovaire lui-même (rétro-contrôle négatif exercé par les hormones ovariennes) et par des stimuli d'origine interne ou externe. L'ovaire contrôle le cycle utérin, ce qui synchronise l'ovulation et la réceptivité utérine à l'implantation de l'embryon. L'augmentation pré-ovulatoire de la sécrétion des oestrogènes exerce un rétro-contrôle positif sur l'axe hypothalamo-hypophysaire et permet d'assurer le synchronisme entre la maturation folliculaire et la commande hypophysaire de l'ovulation. Limites : les sécrétions pulsatiles des hormones ne sont pas au programme.

Dans la partie « ALIMENTATION, PRODUCTION ALIMENTAIRE, ENVIRONNEMENT » :

ACTIVITÉS ENVISAGEABLES	NOTIONS ET CONTENUS
- Utilisation de logiciels adaptés pour estimer la valeur du métabolisme individuel et la couverture des besoins nutrionnels.	**Comportements alimentaires et satisfaction des besoins** […] Évaluation des besoins La ration alimentaire dépend de plusieurs paramètres (âge, sexe, intensité de l'activité, caractéristiques morphologiques et physiologiques). L'équilibre nutritionnel est à la fois qualitatif et quantitatif.

Dans la partie « PLACE DE L'HOMME DANS L'ÉVOLUTION » :

ACTIVITÉS ENVISAGEABLES	NOTIONS ET CONTENUS
- Utilisation d'un logiciel de phylogénie et de pièces anatomiques pour établir les relations de parenté entre les vertébrés. Étude d'arbres phylogénétiques. - Établissement du calendrier simplifié de l'évolution des êtres vivants au cours du temps. - Utilisation d'un logiciel d'analyse génique et de la banque de données sur les gènes des primates pour établir l'apparentement homme-chimpanzé.	**À la recherche de "l'ancêtre commun"** Chaque espèce est issue d'une longue suite de générations au cours de laquelle les caractères qui la définissent sont apparus à différentes périodes dans l'histoire de la terre. Ainsi, l'homme est un eucaryote, un vertébré, un amniote, un mammifère, un primate, un hominoïde et un homininé. Par la prise en compte des caractères homologues et de l'état ancestral ou dérivé de ces caractères, on peut construire des relations de parenté entre les êtres vivants. Les données moléculaires confortent l'idée que c'est avec le chimpanzé que l'homme partage l'ancêtre commun le plus récent. Cet ancêtre commun n'est pas un chimpanzé ni un homme. Il devait posséder des caractères appartenant à la fois à l'homme et au chimpanzé. Parmi ces caractères figurent un répertoire locomoteur incluant une certaine forme de bipédie et l'usage d'outils.
- Utilisation de logiciels et de banques de données pour comparer les séquences de gènes et mettre en évidence le polymorphisme des gènes (antitrypsine,HLA). - Comparaison de gènes, familles de gènes (globines, caractégènes	**Les mécanismes de l'évolution** Les génomes des espèces sont des archives. Ils permettent d'imaginer les événements génétiques moléculaires de l'évolution qui ont conduit à des innovations, à leur diversification et à leur complexification (familles multigéniques, gènes chimères…). Ces innovations génétiques sont aléatoires; leur nature ne dépend pas des caractéristiques du milieu.

homéotiques…). - Comparaison des squelettes des australopithèques, de l'homme et du chimpanzé, en rapport avec la bipédie. - Analyse critique de divers scénarios relatifs à la bipédie. - Interprétation de données expérimentales en rapport avec la notion de sélection naturelle (phalène du bouleau). - Critique scientifique de textes d'inspiration ou d'expression lamarckienne.	L'évolution des génomes résulte d'un bricolage moléculaire qui a conduit à faire du neuf avec du vieux. Ainsi, l'acquisition de la bipédie dans la lignée humaine ne fait pas intervenir une explication finaliste. À l'origine de la bipédie se trouvent des innovations génétiques. Elles ont dû affecter les gènes du développement. Les conditions de l'environnement peuvent jouer le rôle de crible vis-à-vis des nouveautés phénotypiques engendrées par les innovations génétiques (sélection naturelle). De ce fait, l'évolution dans la lignée humaine comme dans les autres lignées peut être dépendante de changements dans l'environnement. Elle est contingente.

Annexe 3 - d : Textes relevés dans les programmes scolaires de Première L en lien avec les TIC

B.O. spécial n°9 du 30 septembre 2010 ***A partir de la rentrée scolaire 2011/2012***

Nouveau programme de première L

Dans « Préambule

2. Contribuer à la construction de compétences » :

« Les technologies de l'information et de la communication

Les sciences expérimentales participent à la préparation et à la validation du B2i niveau lycée et de ce fait concourent à la maîtrise des techniques usuelles de l'information et de la communication favorisant l'insertion sociale et professionnelle.

La recherche documentaire sur internet sera l'occasion de renforcer les compétences liées à l'utilisation des Tic déjà travaillées au collège et en seconde permettant à l'élève :

- de faire de ce mode de recherche une utilisation raisonnée ;
- de percevoir les possibilités et les limites des traitements informatisés ;
- de faire preuve d'esprit critique face aux résultats de ces traitements ;
- d'identifier les contraintes juridiques et sociales dans lesquelles s'inscrivent ces utilisations.

L'attractivité que représente la diversification des modalités d'échanges au cours des débats argumentés pourra notamment s'envisager à travers l'utilisation d'un forum ou d'un groupe de travail implanté sur l'environnement numérique de travail (ENT) du lycée. »

Dans la partie « Nourrir l'humanité » :

NOTIONS ET CONTENUS	COMPÉTENCES EXIGIBLES

Vers une agriculture durable au niveau de la planète	
Une agriculture pour nourrir les Hommes L'exportation de biomasse, la fertilité des sols, la recherche de rendements et l'amélioration qualitative des productions posent le problème : - des apports dans les cultures (engrais, produits phytosanitaires, etc.) ; - des ressources en eau ; - de l'amélioration des races animales et des variétés végétales par la sélection génétique, les manipulations génétiques, le bouturage ou le clonage ; - du coût énergétique et des atteintes portées à l'environnement. Le choix des techniques culturales doit concilier la production, la gestion durable de l'environnement et la santé.	Comparer les bilans d'énergie et de matière (dont l'eau) d'un écosystème et de différents agrosystèmes (cultures, élevages), à partir de données prélevées sur le terrain ou dans des bases de données et traitées par des logiciels de calculs ou de simulation. Expliquer, à partir de résultats simples de croisements, le principe de la sélection génétique (« vigueur hybride » et « homogénéité de la F1 »). Relier les progrès de la science et des techniques à leur impact sur l'environnement au cours du temps. Étudier l'impact sur la santé ou l'environnement de certaines pratiques agricoles (conduite d'un élevage ou d'une culture).

B.O. n°7 Hors série du 31 août 2000 ***A partir de la rentrée scolaire 2001/2002***

Nouveau programme de première L

L'organisation du programme est la suivante :

Deux thèmes obligatoires	Un thème au choix parmi
- Représentation visuelle du monde - Alimentation et environnement	- procréation - du génotype au phénotype, applications biotechnologiques - place de l'homme dans l'évolution

Dans la partie « ALIMENTATION ET ENVIRONNEMENT » :

ACTIVITÉS ENVISAGEABLES	NOTIONS ET CONTENUS
TP3 : - Utilisation de logiciels adaptés pour estimer la valeur du métabolisme individuel et la couverture des besoins nutritionnels.	**SVT. Comportements alimentaires et satisfaction des besoins** […] Évaluer ses besoins La ration alimentaire dépend de plusieurs paramètres (âge, sexe, intensité de l'activité, caractéristiques morphologiques et physiologiques). L'équilibre nutritionnel est à la fois qualitatif et quantitatif.

Dans la partie « PROCRÉATION » :

ACTIVITÉS ENVISAGEABLES	NOTIONS ET CONTENUS
- Dissection de l'appareil génital de la souris. - Observations microscopiques de coupes d'ovaires et d'utérus. - Analyses d'expériences relatives au rôle endocrine des ovaires et au contrôle exercé par le complexe hypothalamo-hypophysaire (vidéos, logiciels…).	**Des processus biologiques contrôlés par des hormones** Cycle menstruel, cycle ovarien Chez la femme, à partir de la puberté et jusqu'à la ménopause, la physiologie sexuelle s'inscrit dans un cycle menstruel. L'activité ovarienne est sous le contrôle du complexe hypothalamo-hypophysaire dont le fonctionnement est contrôlé par l'ovaire lui-même (rétro-contrôle négatif exercé par les hormones ovariennes) et par des stimuli d'origine interne ou externe. L'ovaire contrôle le cycle utérin, ce qui synchronise l'ovulation et la réceptivité utérine à l'implantation de l'embryon. L'augmentation pré-ovulatoire de la sécrétion des oestrogènes exerce un rétro-contrôle positif sur l'axe hypothalamo-hypophysaire et permet d'assurer le synchronisme entre la maturation folliculaire et la commande hypophysaire de l'ovulation. Limites : les sécrétions pulsatiles des hormones ne sont pas au programme.

Dans la partie « PLACE DE L'HOMME DANS L'ÉVOLUTION » :

ACTIVITÉS ENVISAGEABLES	NOTIONS ET CONTENUS
- Utilisation d'un logiciel de phylogénie et de pièces anatomiques pour établir les relations de parenté entre les vertébrés. Étude d'arbres phylogénétiques. - Établissement du calendrier simplifié de l'évolution des êtres vivants au cours du temps. - Utilisation d'un logiciel d'analyse génique et de la banque de données sur les gènes des primates pour établir	**À la recherche de "l'ancêtre commun"** Chaque espèce est issue d'une longue suite de générations au cours de laquelle les caractères qui la définissent sont apparus à différentes périodes dans l'histoire de la terre. Ainsi, l'homme est un eucaryote, un vertébré, un amniote, un mammifère, un primate, un hominoïde et un homininé. Par la prise en compte des caractères homologues et de l'état ancestral ou dérivé de ces caractères, on peut construire des relations de parenté entre les êtres vivants. Les données moléculaires confortent l'idée que c'est avec le chimpanzé que l'homme partage l'ancêtre commun le plus récent. Cet ancêtre commun n'est pas un chimpanzé ni un homme. Il devait posséder des

l'apparentement homme-chimpanzé. - Utilisation de logiciels et de banques de données pour comparer les séquences de gènes et mettre en évidence le polymorphisme des gènes (antitrypsine,HLA). - Comparaison de gènes, familles de gènes (globines, caractégènes homéotiques…). - Comparaison des squelettes des australopithèques, de l'homme et du chimpanzé, en rapport avec la bipédie. - Analyse critique de divers scénarios relatifs à la bipédie. - Interprétation de données expérimentales en rapport avec la notion de sélection naturelle (phalène du bouleau). - Critique scientifique de textes d'inspiration ou d'expression lamarckienne.	caractères appartenant à la fois à l'homme et au chimpanzé. Parmi ces caractères figurent un répertoire locomoteur incluant une certaine forme de bipédie et l'usage d'outils. **Les mécanismes de l'évolution** Les génomes des espèces sont des archives. Ils permettent d'imaginer les événements génétiques moléculaires de l'évolution qui ont conduit à des innovations, à leur diversification et à leur complexification (familles multigéniques, gènes chimères…). Ces innovations génétiques sont aléatoires; leur nature ne dépend pas des caractéristiques du milieu. L'évolution des génomes résulte d'un bricolage moléculaire qui a conduit à faire du neuf avec du vieux. Ainsi, l'acquisition de la bipédie dans la lignée humaine ne fait pas intervenir une explication finaliste. À l'origine de la bipédie se trouvent des innovations génétiques. Elles ont dû affecter les gènes du développement. Les conditions de l'environnement peuvent jouer le rôle de crible vis-à-vis des nouveautés phénotypiques engendrées par les innovations génétiques (sélection naturelle). De ce fait, l'évolution dans la lignée humaine comme dans les autres lignées peut être dépendante de changements dans l'environnement. Elle est contingente.

Annexe 3 - e : Textes relevés dans les programmes scolaires de Seconde générale en lien avec les TIC

B.O. spécial n°4 du 29 avril 2010 ***A partir de la rentrée scolaire 2010/2011***

Nouveau programme de seconde générale

Dans « Préambule

I - Les sciences de la vie et de la Terre au lycée

2. Les conditions d'exercice de la liberté pédagogique du professeur » :

« Les technologies de l'information et de la communication

Les technologies de l'information et de la communication seront mises en œuvre en de nombreuses circonstances.
Il pourra s'agir de technologies généralistes dont on fera ici un usage spécialisé, notamment internet en utilisation conjointe avec des techniques de laboratoire classiques. Mais on veillera aussi à développer les savoir-faire des élèves relativement aux technologies plus spécialisées, comme par exemple l'expérimentation assistée par ordinateur, technique indispensable pour une formation moderne et efficace des élèves.
L'usage de logiciels, généralistes ou spécialisés, est encouragé. Les sciences de la vie et de la Terre participent à la préparation du B2i niveau lycée.
Les productions pédagogiques, les travaux d'élèves, gagneront à être exploités, en classe et hors de la classe dans le cadre d'un environnement numérique de travail (ENT). »

Dans « Programme
Capacités et attitudes développées tout au long du programme » :
« Exprimer et exploiter des résultats, à l'écrit, à l'oral, en utilisant les technologies de l'information et de la communication. »

Dans « Programme » :

Connaissances	Capacités et attitudes
Thème 1 – La Terre dans l'Univers, la vie et l'évolution du vivant : une planète habitée	
La nature du vivant	
Les êtres vivants sont constitués d'éléments chimiques disponibles sur le globe terrestre. Leurs proportions sont différentes dans le monde inerte et dans le monde vivant. Ces éléments chimiques se répartissent dans les diverses molécules constitutives des êtres vivants. Les êtres vivants se caractérisent par leur matière carbonée et leur richesse en eau. L'unité chimique des êtres vivants est un indice de leur parenté. (Collège. Lipides, protides, glucides.) [Limites. Aucune étude biochimique exhaustive n'est attendue.] Convergences. Chimie : les éléments chimiques, espèces chimiques, classification périodique des éléments.	Expérimenter, modéliser, recenser, extraire et organiser des informations pour comprendre la parenté chimique entre le vivant et le non vivant. Mettre en œuvre un processus (analyse chimique et/ou logiciel de visualisation moléculaire et/ou pratique documentaire) pour repérer quelques caractéristiques des molécules du vivant.
De nombreuses transformations chimiques se déroulent à l'intérieur de la cellule : elles constituent le métabolisme. Il est contrôlé par	Mettre en œuvre un raisonnement expérimental pour : - montrer l'effet de mutations sur le

les conditions du milieu et par le patrimoine génétique. La cellule est un espace limité par une membrane qui échange de la matière et de l'énergie avec son environnement. Cette unité structurale et fonctionnelle commune à tous les êtres vivants est un indice de leur parenté. Objectifs et mots clés. On étudie un exemple. Mutant, organite, ordres de grandeur de tailles (cellule, organite, membrane). Distinction procaryote / eucaryote. (Collège. Membrane, noyau, cytoplasme ; information génétique, gène, allèle.) [Limites. Les réactions du métabolisme ; l'ultrastructure des organites ; la nomenclature des organites.] Convergences. Chimie : transformations chimiques.	métabolisme cellulaire et comprendre le rôle du génome ; - repérer l'influence de l'environnement sur le fonctionnement d'une cellule ; - comprendre les mécanismes d'une démonstration expérimentale : comparaisons, tests, témoins. Réaliser une préparation microscopique et/ou utiliser des logiciels et/ou organiser et recenser des informations pour distinguer les échelles : atome, molécule, cellule, organe, organisme et les ordres de grandeur associés. Comparer des ultrastructures cellulaires pour illustrer la parenté entre les êtres vivants.
La transgénèse montre que l'information génétique est contenue dans la molécule d'ADN et qu'elle y est inscrite dans un langage universel. La variation génétique repose sur la variabilité de la molécule d'ADN (mutation). L'universalité du rôle de l'ADN est un indice de la parenté des êtres vivants. Objectifs et mots clés. La double hélice, nucléotide, séquence. (Collège. L'information génétique est contenue dans le noyau ; l'ADN est présent dans le noyau.) [Limites. Code génétique, transcription, traduction, réplication ; la transgénèse est utilisée comme méthode mais aucune connaissance sur ses mécanismes ne doit être acquise.]	Manipuler, modéliser, recenser, extraire et organiser des informations pour mettre en évidence l'universalité de l'ADN. Mettre en œuvre une méthode (démarche historique et/ou utilisation de logiciel et/ou pratique documentaire) permettant d'approcher la structure de l'ADN et la nature du message codé.
La biodiversité, résultat et étape de l'évolution	
[…]	
La diversité des allèles est l'un des aspects de	Manipuler, utiliser un logiciel de

la biodiversité. La dérive génétique est une modification aléatoire de la diversité des allèles. Elle se produit de façon plus marquée lorsque l'effectif de la population est faible. La sélection naturelle et la dérive génétique peuvent conduire à l'apparition de nouvelles espèces. (Collège. Première approche de la variation, crise biologique ; sélection par le milieu des formes les plus adaptées.) [Limites. La compréhension de la notion de dérive se limite à une première appréhension qualitative, sans formalisme mathématique, et sans en étudier les variantes. Aucun approfondissement n'est attendu.] Convergences. Mathématiques : simulation, tableur, échantillonnage.	modélisation pour comprendre la dérive génétique. Extraire et organiser des informations pour relier crises biologiques, dérive génétique et évolution des espèces.

Dans « Programme » :

Connaissances	Capacités et attitudes
Thème 3 – Corps humain et santé : l'exercice physique	
La connaissance du corps et de son fonctionnement est indispensable pour pratiquer un exercice physique dans des conditions compatibles avec la santé. Cela passe par la compréhension des effets physiologiques de l'effort et de ses mécanismes dont on étudie ici un petit nombre d'aspects.	
Des modifications physiologiques à l'effort	
Au cours d'un exercice long et/ou peu intense, l'énergie est fournie par la respiration, qui utilise le dioxygène et les nutriments. L'effort physique augmente la consommation de dioxygène : - plus l'effort est intense, plus la consommation de dioxygène augmente ; - il y a une limite à la consommation de dioxygène. La consommation de nutriments dépend aussi de l'effort fourni. L'exercice physique est un des facteurs qui aident à lutter contre l'obésité.	Concevoir et/ou mettre en oeuvre un protocole expérimental (ExAO, spirométrie, brassard, ...) pour mettre en évidence un ou plusieurs aspects du métabolisme énergétique à l'effort (consommation de dioxygène, production de chaleur,…). Exploiter des données quantitatives (éventuellement à l'aide d'un tableur) concernant les modifications de la consommation de dioxygène et/ou de nutriments à l'effort.

Objectifs et mots clés. VO2, VO2max. (Collège. Nutriments et dioxygène libèrent de l'énergie utilisable pour le fonctionnement des organes. Réactions de l'organisme à l'effort). [Limites. Aucune étude n'est conduite à l'échelle cellulaire.] Convergences. Mathématiques : fonctions, tableur.	
Au cours de l'effort un certain nombre de paramètres physiologiques sont modifiés : fréquence cardiaque, volume d'éjection systolique (et donc débit cardiaque) ; fréquence ventilatoire et volume courant (et donc débit ventilatoire) ; pression artérielle. Ces modifications physiologiques permettent un meilleur approvisionnement des muscles en dioxygène et en nutriments. L'organisation anatomique facilite cet apport privilégié. Un bon état cardiovasculaire et ventilatoire est indispensable à la pratique d'un exercice physique. Objectifs et mots clés. Coeur, artère, veine, capillaire, pression artérielle, double circulation en série, circulation générale en parallèle. (Collège. Modifications des fréquences cardiaque et ventilatoire à l'effort ; besoin du muscle en dioxygène et nutriments ; bases anatomiques.) [Limites. L'étude anatomique se limite à celle du cœur et de l'organisation générale de la circulation. Aucune étude histologique n'est attendue.] Convergences. EPS, sciences physiques.	Concevoir et/ou mettre en œuvre un protocole expérimental (en particulier assisté par ordinateur) pour montrer les variations des paramètres physiologiques à l'effort. Manipuler, modéliser, recenser, extraire et organiser des informations et ou manipuler (dissections et/ou logiciels de simulation et/ou recherche documentaire) pour comprendre l'organisation et le fonctionnement des systèmes cardiovasculaire et ventilatoire.

B.O. n°6 Hors série du 12 août 1999
Nouveau programme de seconde générale

A partir de la rentrée scolaire 2000/2001

Dans l'introduction :
« Il a aussi pour objectif d'asseoir les bases scientifiques nécessaires à la poursuite des cursus d'enseignement général. Les notions et contenus de l'enseignement, les démarches mises en œuvre et la pratique des technologies de l'information et de la communication (TIC) contribuent à motiver le choix positif vers la filière scientifique. »
[…]
« Il ne s'agit pas forcément de les réaliser tous mais de faire des choix en fonction de la progression pédagogique choisie, du matériel disponible et du niveau de la classe. Ils peuvent être réalisés avec l'aide de supports audiovisuels, de logiciels et de tableurs graphiques qui permettent le traitement des données expérimentales. »

B.O. n°12 Hors série du 12 octobre 1998
Modifications du programme de seconde générale
Rien

B.O. Hors série (tome I) du 24 septembre 1992 ***A partir de la rentrée scolaire 1993/1994***
Nouveau programme de seconde générale
Dans la partie : « III. INDICATIONS METHODOLOGIQUE »
« L'ensemble du programme se prête à de nombreux travaux pratiques, tant classiques que fondés sur des technologies nouvelles d'information et de communication. L'utilisation de l'ordinateur comme outil de laboratoire et le recours aux moyens audiovisuels modernes au service de l'observation du réel permettent des investigations de phénomènes naturels, la réalisation de simulations, le traitement de résultats scientifiques et d'images numériques, finalement un renouvellement des activités expérimentales des élèves. »
« Avec des moyens traditionnels, ou grâce aux technologies nouvelles, il convient de développer un enseignement par problèmes scientifiques. »

Dans la description du programme pour la partie « Communication et organisation chez un animal » :

Contenus	Objectifs cognitifs	Activités envisageables
2. Communication nerveuse. Transmission et traitement de l'information : voies et centres nerveux, messages nerveux.	La communication nerveuse permet à l'organisme animal de réagir de façon adaptée à son environnement. Elle est fondée sur l'existence de liaisons anatomiques La communication nerveuse se manifeste par des combinaisons de signaux électriques enregistrables. Ces messages sont	Dissection d'un vertébré et/ou d'un invertébré mettant en évidence des liaisons anatomiques entre capteurs, centres nerveux et effecteurs. EXAO : Enregistrement ou observation de potentiels complexes et de messages nerveux (vertébrés et /ou

	rapidement conduits dans un seul sens par des chaînes de neurones, cellules spécialisées, organisées en réseaux.	invertébrés) : Enregistrement ou observation de potentiels complexes de part et d'autre d'un centre ou d'un ganglion nerveux.

Dans la description du programme pour la partie « Production végétale, programme génétique, milieu »

Contenus	Objectifs cognitifs	Activités envisageables
Recherche de la performance maximale par action sur les facteurs du milieu.	La production végétale dépend de facteurs externes. Elle est limitée par le facteur dont la valeur est la plus éloignée de son optimum : le facteur limitant. En agissant sur le ou les facteurs limitants par des pratiques culturales, l'homme peut optimiser la production d'une espèce végétale.	Exploitation de données concernant les cultures. Etude expérimentale de l'action de deux facteurs (éclairement, concertation du milieu en dioxyde de carbone ou en hydrogénocarbonates, température…) sur l'intensité de la photosynthèse (EXAO ou autres moyens).

Annexe 3 - f : Textes relevés dans les programmes scolaires de collège

B.O. spécial n° 6 du 28 août 2008 ***A partir de la rentrée scolaire 2009/2010***
Nouveau programme de collège

Dans « Introduction commune
II LE SOCLE COMMUN DE CONNAISSANCES ET DE COMPETENCES
1. Les mathématiques » :
« Les constructions géométriques, avec leurs instruments traditionnels – règle, équerre, compas, rapporteur –, aussi bien qu'avec un logiciel de géométrie, constituent une étape essentielle à la compréhension des situations géométriques. »

Dans « Introduction commune » :
« IV. LA PLACE DES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION
Les technologies de l'information et de la communication sont présentes dans tous les aspects de la vie quotidienne : une maîtrise suffisante des techniques usuelles est nécessaire à l'insertion sociale et professionnelle.
Les mathématiques, les sciences expérimentales et la technologie contribuent, comme les autres disciplines, à l'acquisition de cette compétence. Elles offrent, avec les outils qui leur sont propres, de nombreuses opportunités de formation aux différents éléments du

référentiel du B2i collège, et participent à la validation.
Consolider la maîtrise des fonctions de base d'un environnement informatique, plus particulièrement dans un environnement en réseau, constitue un premier objectif. Ensuite, par une première approche de la réalisation et du traitement de documents numériques, l'élève comprend l'importance du choix du logiciel en fonction de la nature des données saisies ou capturées et de la forme du résultat souhaité (utilisation d'un tableur, expérimentation assistée par ordinateur, numérisation et traitement d'images, exploitation de bases de données, réalisation de comptes-rendus illustrés). Les simulations numériques sont l'occasion d'une réflexion systématique sur les modèles qui les sous-tendent, sur leurs limites, sur la distinction nécessaire entre réel et virtuel ; la simulation d'expériences ne doit cependant pas prendre le pas sur l'expérimentation directe lorsque celle-ci est possible. La recherche de documents en ligne permet, comme dans d'autres matières et en collaboration avec les professeurs documentalistes, de s'interroger sur les critères de classement des moteurs utilisés, sur la validité des sources, d'effectuer une sélection des données pertinentes. Lorsque les situations s'y prêtent, des échanges de messages et de données sont réalisés par l'intermédiaire des réseaux : compilation et traitement statistique de résultats de mesures, transmission des productions au professeur, travail en groupe. Les règles d'identification et de protection, de respect des droits sont systématiquement appliquées, de façon à faire acquérir des comportements responsables. »

Dans « Sciences de la vie et de la Terre
PRÉAMBULE POUR LE COLLÈGE
Contribution des SVT à l'acquisition d'une culture scientifique et technologique et à la maîtrise des autres compétences du socle commun » :
D'une manière générale, le programme de sciences de la vie et de la Terre offre de nombreuses opportunités pour former aux compétences du référentiel du B2i-collège.
A l'occasion de diverses activités visant le développement de compétences du programme, les élèves peuvent être amenés à utiliser les technologies de l'information et de la communication. Progressivement, ils vont ainsi acquérir également des compétences du référentiel du B2i-collège. Il revient au professeur, en concertation avec ceux des autres disciplines, et en cohérence sur les quatre niveaux du collège, d'organiser la participation de son enseignement au suivi et à la validation de cette formation.
L'utilisation de documents substituts du réel est l'occasion de développer la capacité des élèves à lire et utiliser les images (tableaux, graphiques, schémas, cartes, images de synthèses, photographies …). »

Dans « Sciences de la vie et de la Terre
PRÉAMBULE POUR LE COLLÈGE
La maîtrise des techniques usuelles de l'information et de la communication » :
Les connaissances, capacités et attitudes qui doivent être développées sont réparties en cinq domaines :
• domaine 1 : s'approprier un environnement informatique de travail ;

• domaine 2 : adopter une attitude responsable ;
• domaine 3 : créer, produire, traiter, exploiter des données ;
• domaine 4 : s'informer, se documenter ;
• domaine 5 : communiquer, échanger.
Le tableau ci-après récapitule quelques éléments des programmes de sciences de la vie et de la Terre qui peuvent être utilement reliés aux objectifs du référentiel du B2i collège, en fonction des technologies et des supports utilisés pour l'information et la communication.

DOMAINES DU B2I	CONTENUS DU PROGRAMME ET TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION ENVISAGEABLES			
	CLASSE DE SIXIEME	CLASSE DE CINQUIEME	CLASSE DE QUATRIEME	CLASSE DE TROISIEME
Domaine 1 : s'approprier un environnement informatique de travail. Domaine 3 : créer, produire, traiter, exploiter des données.	Réaliser des mesures **en expérimentation assistée par ordinateur** (ExAO). Observer à la loupe ou au microscope **avec réalisation d'images numériques**. Construire un tableau **avec un logiciel de traitement de texte**. Rédiger un compte-rendu **avec un logiciel de traitement de texte en insérant des images numériques**.	Réaliser des mesures **en expérimentation assistée par ordinateur** (ExAO). Observer à la loupe ou au microscope **avec réalisation d'images numériques**. Construire un tableau **avec un logiciel de traitement de texte**. Rédiger un compte-rendu **avec un logiciel de traitement de texte en insérant des images numériques**.	Observer à la loupe ou au microscope **avec réalisation d'images numériques**. Réaliser un document **avec un logiciel de traitement de texte, en insérant images numériques, graphiques**. Différencier une situation simulée ou modélisée d'une situation réelle **sur un logiciel de simulation**, **sur une base de données interprétées (carte, localisation de foyers sismiques)**.	Observer à la loupe ou au microscope **avec réalisation d'images numériques**. Réaliser un document **avec un logiciel de traitement de texte, en insérant images numériques, graphiques**.
Domaine 1 : s'approprier un environnement informatique de travail. Domaine 2 : adopter une attitude responsable.	Rechercher des informations **dans des bases de données**, sur **l'Internet**.	Rechercher des informations **dans des bases de données**, sur **l'Internet**.	Rechercher des informations **dans des bases de données, sur l'Internet**.	Rechercher des informations **dans des bases de données, sur l'Internet**.
Domaine 4 : s'informer, se documenter.			**Faire preuve d'esprit critique face à l'information et à son traitement**.	**Faire preuve d'esprit critique face à l'information et à son traitement**.

Plus particulièrement, au cours de la première année d'études secondaires au collège, l'élève doit consolider ses acquis de l'école primaire dans le champ des technologies de l'information et de la communication et acquérir les bases indispensables, pour poursuivre au mieux son cursus, d'une maîtrise suffisante de l'environnement informatique, notamment en réseau, et les éléments nécessaires à une utilisation responsable et sûre.
Ce programme offre également l'occasion aux élèves de mettre en œuvre leurs compétences sociales et civiques : évaluer les conséquences de ses actes, respecter certaines règles de sécurité, se respecter soi même et respecter l'autre.
Il revient au professeur, en concertation avec ceux des autres disciplines, et en cohérence sur les quatre niveaux du collège, d'organiser la participation de son enseignement au suivi et à la validation de cette formation.

Dans « Sciences de la vie et de la Terre
CLASSE DE SIXIÈME
Le peuplement d'un milieu »
Dans la colonne commentaires :

« L’étude de l’influence de l’Homme s’appuie sur des exemples locaux, éventuellement en utilisant des logiciels de simulation. »

Dans « Sciences de la vie et de la Terre
CLASSE DE TROISIEME
Responsabilité humaine en matière de santé et d’environnement » :
« Chaque élève, seul ou en groupe, s’implique selon une démarche de projet dans un sujet. Ce travail aboutit à une production exploitable collectivement et pouvant intégrer l’usage des technologies de l’information et de la communication. »

Annexe 4 : Liste des sujets des évaluations des compétences expérimentales avec les logiciels

		Sujet	Logiciel(s)
1	I2 - 1	Liens de parenté et données moléculaires	Anagène
2	I3 - 1	Le polymorphisme des êtres humains	Anagène
3	I3 - 2	Comportement des chromosomes lors de la formation des spores chez un « champignon » : Sordaria	
4	I3 - 3	Recherche du gène impliqué dans la couleur du corps chez la Drosophile	
5	I3 - 4	Mécanisme du brassage intra-chromosomique lors de la méiose (Criquet)	
6	I4 - 1	Chronologies relative et absolue dans un granite	Excel / Calc
7	I4 - 2	Datation d'une marne	
8	I4 - 3	Les microfossiles d'une marne	
9	I5 - 1	Les transformations minéralogiques subies par les roches alpines	
10	I5 - 2	Mouvements de convergence et données GPS	Excel / Calc
11	I5 - 3	Le métamorphisme des zones de subduction - métagabbro à hornblende (v1) ou à glaucophane (v2)	
12	I6 - 1	Activité testiculaire	
13	I6 - 2	Contrôle hormonal du fonctionnement ovarien	
14	I7 - 1	Recherche d'une molécule responsable d'allergies dans des laits (vache – soja)	
15	I7 - 2	Recherche d'anticorps anti-BSA par l'utilisation du test ELISA	
16	I7 - 3	Le test d'immunodiffusion ou test d'Ouchterlony : recherche d'un antigène	
17	I8 - 1	Modifications de la faune des Foraminifères de part et d'autre de la limite Crétacé-Paléocène	
18	II1 - 1	Des variations climatiques dans le passé	Excel / Calc
19	II2 - 1	La théorie chromosomique de l'hérédité : exploitation de génération F1 et F2 chez la Drosophile	Mesurim
20	II2 - 2	Utilisation des enzymes de restriction et polymorphisme génique	Anagène
21	II3 - 1	Métabolisme des levures	
22	II3 - 2	La phase photochimique de la photosynthèse	ExAO (2 sondes : oxymétrique et photométrique)
23	II3 - 3	Glucose et métabolisme des levures (3 sondes)	ExAO (3 sondes : O_2, CO_2 et éthanol)
24	II3 - 4	L'influence des différentes radiations dans la phase photochimique	ExAO (2 sondes : oxymétrique et photométrique)
25	II3 - 5	Rôle des organes de réserve chez un végétal	

Tableau 1 Liste des sujets à l'ECE 2006 avec les logiciels auxquels certains sujets font appels.

		Sujet	Logiciel(s)
1	I2 - 1	Caractère « globule rouge » et degré de parenté entre des vertébrés	
2	I2 - 2	Liens de parenté chez les Vertébrés	Anagène - Phylogène
3	I3 - 1	Recherche d'une possible liaison entre gènes chez la Drosophile	
4	I3 - 2	Mécanisme du brassage intra-chromosomique lors de la méiose (Criquet)	
5	I4 - 1	Datation d'une marne	
6	I5 - 1	Subduction dans la zone indonésienne	Excel / Calc - Sismolog
7	I5 - 2	Les transformations minéralogiques des gabbros de la croûte océanique	
8	I5 - 3	Le métamorphisme des zones de subduction - métagabbro à hornblende (v1) ou à glaucophane (v2)	
9	I6 - 1	Maturité sexuelle chez la souris mâle	
10	I6 - 4	Modifications ovariennes au cours de la puberté	Word / Writer - Mesurim
11	I7 - 1	Les lymphocytes, acteurs de la réponse immunitaire	
12	I7 - 2	Sérodiagnostic de la syphilis	
13	I7 - 3	Recherche de l'antigène de la β–lactoglobuline par l'utilisation du test ELISA	
14	I7 - 4	Recherche d'une molécule responsable d'allergies dans des laits	
15	I7 - 5	Dosage d'anticorps par utilisation du test ELISA	
16	I7 - 6	Recherche de la spécificité d'un anticorps par le test d'immunodiffusion ou test d'Ouchterlony : recherche d'un antigène	
17	I8 - 1	Modifications de la faune des Foraminifères de part et d'autre de la limite Crétacé-Paléocène	
18	II1 - 1	Palynologie et changements climatiques au quaternaire	Excel / Calc
19	II1 - 2	Foraminifères et variations du niveau marin	
20	II1 - 3	Les échanges de CO2 entre hydrosphère et atmosphère (2 sondes)	ExAO (2 sondes : CO_2 et thermométrique)
21	II2 - 1	Développement des virus et électrophorèse d'ADN	
22	II2 - 2	Dépistage de l'hémochromatose	Anagène
23	II3 - 1	Répartition des stomates et échanges avec l'atmosphère	
24	II3 - 2	Synthèse et stockage d'amidon dans le tubercule de pomme de terre	
25	II3 - 3	Utilisation de l'éthanol et respiration des levures	ExAO (sonde O_2)

Tableau 2 Liste des sujets à l'ECE 2007 avec les logiciels auxquels certains sujets font appels.

		Sujet	Logiciel(s)
1	I2 - 1	Caractère « globule rouge » et degré de parenté entre des vertébrés	
2	I2 - 2	Liens de parenté chez les Vertébrés	Phylogène - Anagène
3	I3 - 1	Comportement des chromosomes lors de la formation des spores chez un « champignon » : Sordaria	
4	I3 - 2	Recherche du gène impliqué dans la couleur du corps chez la Drosophile	
5	I3 - 3	Mécanisme du brassage intra-chromosomique lors de la méiose (Criquet)	
6	I4 - 1	Datation d'une marne	
7	I5 - 1	Mouvements de convergence et données GPS	Excel / Calc
8	I5 - 2	Les subductions océaniques	Sismolog
9	I5 - 3	Diversité des roches magmatiques des zones de subduction	
10	I5 - 4	Le métamorphisme des zones de subduction - métagabbro à hornblende (v1) ou à glaucophane (v2)	
11	I6 - 1	Maturité sexuelle chez la souris mâle	
12	I6 - 2	Modifications de la muqueuse utérine	Word / Writer - Mesurim
13	I7 - 1	Sérodiagnostic de la syphilis	
14	I7 - 2	Dosage d'anticorps par utilisation du test ELISA	
15	I7 - 3	Le test d'immunodiffusion ou test d'Ouchterlony : recherche d'un antigène	
16	I8 - 1	Modifications de la faune des Foraminifères de part et d'autre de la limite Crétacé-Paléocène	
17	II1 - 1	Taux de CO2 et changements climatiques	Photoshop LE
18	II1 - 2	Les échanges de CO2 entre hydrosphère et atmosphère (2 sondes)	ExAO (2 sondes : CO_2 et thermométrique)
19	II2 - 1	Développement des virus et électrophorèse d'ADN (2 versions)	
20	II2 - 2	Utilisation des enzymes de restriction et polymorphisme génique	Anagène
21	II3 - 1	La photosynthèse dans une tige	
22	II3 - 2	Couleur d'un végétal et capacité à la photosynthèse	
23	II3 - 3	Glucose et métabolisme des levures (3 sondes)	ExAO (3 sondes : O_2, CO_2, éthanol)
24	II3 - 4	Glucose et métabolisme des levures (2 sondes)	ExAO (2 sondes : O_2 et éthanol)
25	II3 - 5	Les conditions d'une activité cellulaire, la cyclose	

Tableau 3 Liste des sujets à l'ECE 2008 avec les logiciels auxquels certains sujets font appels.

		Sujet	Logiciel(s)
1	I2 - 1	Liens de parenté chez les Vertébrés	Phylogène - Anagène
2	I2 - 2	Critères d'appartenance à la lignée humaine	Homininés - Crane 3D - Mesurim - Logiciel d'acquisition d'image
3	I3 - 1	Deux gènes pour un caractère : couleur des spores chez Sordaria	
4	I3 - 2	Recherche du gène impliqué dans la couleur du corps chez la Drosophile	Mesurim - Logiciel d'acquisition d'image - Gimp / Photoshop / paint
5	I3 - 3	Mécanisme du brassage intra-chromosomique lors de la méiose (Criquet)	
6	I4 - 1	Les microfossiles d'une marne	
7	I5 - 1	Subduction dans la zone indonésienne	Excel / Calc - Sismolog
8	I5 - 2	Les transformations minéralogiques des gabbros de la croûte océanique	
9	I5 - 3	Les transformations minéralogiques subies par les roches alpines	
10	I5 - 4	Le métamorphisme des zones de subduction - métagabbro à hornblende (v1) ou à glaucophane (v2)	
11	I6 - 4	Modifications ovariennes au cours de la puberté	
12	I7 - 1	Spécificité d'un anticorps pour un déterminant antigénique du HIV	Anagène - RasTop / RasMol / Jmol
13	I7 - 2	Recherche d'anticorps anti-BSA par l'utilisation du test ELISA	
14	I7 - 3	Dosage d'anticorps par utilisation du test ELISA	
15	I7 - 4	Recherche de la spécificité d'un anticorps par le test d'immunodiffusion ou test d'Ouchterlony	
16	I8 - 1	Modifications de la faune des Foraminifères de part et d'autre de la limite Crétacé-Paléocène	
17	II1 - 1	Palynologie et changements climatiques au quaternaire	Excel / Calc
18	II1 - 2	Taux de CO2 et changements climatiques	Mesurim - Logiciel d'acquisition d'image
19	II2 - 1	Développement des virus et électrophorèse d'ADN	Anagène - RasTop / RasMol / Jmol
20	II2 - 2	Dépistage de l'hémochromatose	Anagène - RasTop / RasMol / Jmol
21	II3 - 1	L'approvisionnement en dioxyde de carbone des cellules chlorophylliennes	PowerPoint / impress
22	II3 - 2	Couleur d'un végétal et capacité à la photosynthèse	
23	II3 - 3	Maltose et métabolisme des levures	ExAO (Sonde 02)
24	II3 - 4	Utilisation de l'éthanol et respiration des levures	ExAO (Sonde 02)
25	II3 - 5	Les conditions d'une activité cellulaire, la cyclose	

Tableau 4 Liste des sujets à l'ECE 2009 avec les logiciels auxquels certains sujets font appels.

		Sujet	Logiciel(s)
1	I2 - 1	Liens de parenté chez les Vertébrés	Phylogène - Anagène
2	I2 - 2	Critères d'appartenance à la lignée humaine	Homininés - Crane 3D - Mesurim - Logiciel d'acquisition d'image
3	I3 - 1	Deux gènes pour un caractère : couleur des spores chez Sordaria	
4	I3 - 2	Recherche du gène impliqué dans la couleur du corps chez la Drosophile	Mesurim - Logiciel d'acquisition d'image - Gimp / Photoshop / paint
5	I4 - 1	Les microfossiles d'une marne	
6	I5 - 1	Subduction dans la zone indonésienne OU L'âge de la lithosphère et la subduction	Educarte - Tectoglob
7	I5 - 2	Les transformations minéralogiques subies par les roches alpines	
8	I5 - 3	Le métamorphisme des zones de subduction - métagabbro à hornblende (v1) ou à glaucophane (v2)	
9	I6 - 1	Maturité sexuelle chez la souris mâle	
10	I6 - 2	Activité testiculaire	
11	I6 - 4	Modifications ovariennes au cours de la puberté	Logiciel d'acquisition d'image - Mesurim - Traitement d'images
12	I7 - 1	Spécificité d'un anticorps pour un déterminant antigénique du HIV	Anagène - RasTop / RasMol / Jmol
13	I7 - 2	Recherche de l'antigène de la β–lactoglobuline par l'utilisation du test ELISA	
14	I7 - 3	Recherche d'une molécule responsable d'allergies dans des laits	
15	I7 - 4	Le test d'immunodiffusion ou test d'Ouchterlony : recherche d'un antigène	
16	I8 - 1	Modifications de la faune des Foraminifères de part et d'autre de la limite Crétacé-Paléocène	Logiciel d'acquisition d'image - Traitement d'image - Word
17	I8 - 2	Traces laissées par les impacts de météorites sur terre	Google Earth - Excel / Calc
18	II1 - 1	Palynologie et changements climatiques au quaternaire	Excel / Calc
19	II2 - 1	Dépistage de la déficience en G6PD	Anagène
20	II3 - 1	Répartition des stomates et échanges avec l'atmosphère	
21	II3 - 2	La phase photochimique de la photosynthèse	ExAO (2 sondes O2, photométrique)
22	II3 - 3	Synthèse et stockage d'amidon dans le tubercule de pomme de terre	
23	II3 - 4	Glucose et métabolisme des levures (2 sondes)	ExAO (2 sondes : O_2 et éthanol)
24	II3 - 5	Utilisation de l'éthanol et respiration des levures	ExAO (Sonde 02)
25	II3 - 6	Les conditions d'une activité cellulaire, la cyclose	Logiciel d'acquisition d'image

Tableau 5 Liste des sujets à l'ECE 2010 avec les logiciels auxquels certains sujets font appels.

		Sujet	Logiciel(s)
1	I2 - 1	Liens de parenté et données moléculaires	Anagène / GenieGen
2	I2 - 2	Critères d'appartenance à la lignée humaine	Mesurim - Logiciel d'acquisition d'image - Hominines - Crane 3D
3	I3 - 1	Comportement des chromosomes lors de la formation des spores chez le champignon Sordaria	Logiciel d'acquisition d'image - Traitement image - Word - Mesurim
4	I3 - 2	Recherche du génotype des parents d'un croisement chez la drosophile	Logiciel d'acquisition d'image - Traitement image
5	I4 - 1	Chronologies relative et absolue dans le Velay	Google Earth - Excel / Calc
6	I4 - 2	Utilisation d'un radiochronomètre pour dater des granites	Radiochronologie - Excel / Calc
7	I5 - 1	L'âge de la lithosphère et la subduction	Tectoglob - Word
8	I5 - 2	Diversité des roches magmatiques des zones de subduction	Logiciel d'acquisition d'image - PowerPoint / Impress - Word
9	I5 - 3	Le métamorphisme des zones de subduction	
10	I6 - 1	Maturité sexuelle chez la souris mâle	
11	I6 - 2	Modifications ovariennes au cours de la puberté	Logiciel d'acquisition d'image - Mesurim - Traitement d'images
12	I7 - 1	L'organisation d'une immunoglobuline	Anagène / GenieGen - RasTop
13	I7 - 2	Recherche d'une molécule responsable d'allergies dans différents laits	
14	I7 - 3	Recherche de la spécificité d'un anticorps par le test d'Ouchterlony	
15	I7 - 4	Détection d'anticorps dans le sérum de lapin par électrophorèse	
16	I8 - 1	Modification de la faune des Foraminifères de part et d'autre de la limite Crétacé-Paléocène	Logiciel d'acquisition d'image - Traitement d'image - Word
17	I8 - 2	Les indices d'impacts météoritiques	Google Earth - Excel / Calc
18	II1 - 1	Taux de dioxyde de carbone et changements climatiques	Logiciel d'acquisition d'image - Traitement d'image - Mesurim
19	II1 - 2	Palynologie et changements climatiques au quaternaire	Excel / Calc
20	II2 - 1	Dépistage de l'hémochromatose	Anagène / GenieGen
21	II3 - 1	Identification du métabolisme d'une souche de levures	ExAO (2 sondes : O2, CO2)
22	II3 - 2	Couleur d'un végétal et capacité à la photosynthèse	
23	II3 - 3	Les conditions d'une activité cellulaire, la cyclose	Logiciel d'acquisition d'image
24	II3 - 4	La phase photochimique de la photosynthèse	ExAO (2 sondes O2, photométrique)
25	II3 - 5	Maltose et métabolisme des levures	ExAO (sonde O2)

Tableau 6 Liste des sujets à l'ECE 2011 avec les logiciels auxquels certains sujets font appels.

Annexe 5 : Textes relevés dans les programmes scolaires en lien avec la visualisation moléculaire

Annexe 5 - a : Textes relevés dans les programmes scolaires de Terminale S en lien avec la visualisation moléculaire

B.O. spécial n° 8 du 13 octobre 2011 ***A partir de la rentrée scolaire 2011/2012***

Nouveau programme de terminale S

Dans « Thème 3 - Corps humain et santé

Thème 3-A Le maintien de l'intégrité de l'organisme : quelques aspects de la réaction immunitaire » :

« Le système immunitaire est constitué d'organes, de cellules et de molécules qui contribuent au maintien de l'intégrité de l'organisme. »

[…]

Thème 3-A-1 La réaction inflammatoire, un exemple de réponse innée

Connaissances	Capacités, attitudes
L'immunité innée ne nécessite pas d'apprentissage préalable, est génétiquement héritée et est présente dès la naissance. Elle repose sur des mécanismes de reconnaissance et d'action très conservés au cours de l'évolution. Très rapidement mise en œuvre, l'immunité innée est la première à intervenir lors de situations variées (atteintes des tissus, infection, cancer). C'est une première ligne de défense qui agit d'abord seule puis se prolonge pendant toute la réaction immunitaire. La réaction inflammatoire aiguë en est un mécanisme essentiel. Elle fait suite à l'infection ou à la lésion d'un tissu et met en jeu des molécules à l'origine de symptômes stéréotypés (rougeur, chaleur, gonflement, douleur). Elle prépare le déclenchement de l'immunité adaptative. Objectif et mots-clés. Organes lymphoïdes, macrophages, monocytes, granulocytes, phagocytose, mastocytes, médiateurs chimiques de l'inflammation, réaction inflammatoire, médicaments anti-inflammatoires. Il s'agit sur un exemple de montrer le déclenchement d'une réaction immunitaire et l'importance de la réaction inflammatoire. (Collège. Les bases d'immunologie.) [Limites : la description exhaustive du CMH. La	Observer et comparer une coupe histologique ou des documents en microscopie avant et lors d'une réaction inflammatoire aiguë. Recenser, extraire et exploiter des informations, sur les cellules et les molécules impliquées dans la réaction inflammatoire aiguë. Recenser, extraire et exploiter des informations, y compris expérimentales, sur les effets de médicaments antalgiques et anti-inflammatoires.

description des récepteurs de l'immunité innée (PRR), des signaux de dangers et les signatures des pathogènes (PAMP). La mise en perspective évolutive du système immunitaire est signalée et permet de rattacher la réflexion sur la santé à cette thématique de sciences fondamentales, mais elle ne fait pas l'objet d'une argumentation particulière.]	

Thème 3-A-2 L'immunité adaptative, prolongement de l'immunité innée

Connaissances	Capacités, attitudes
Alors que l'immunité innée est largement répandue chez les êtres vivants, l'immunité adaptative est propre aux vertébrés. Elle s'ajoute à l'immunité innée et assure une action plus spécifique contre des molécules, ou partie de molécules. Les cellules de l'immunité adaptative ne deviennent effectrices qu'après une première rencontre avec un antigène grâce aux phénomènes de sélection, d'amplification et de différenciation clonales. Les défenses adaptatives associées avec les défenses innées permettent normalement d'éliminer la cause du déclenchement de la réaction immunitaire. Le système immunitaire, normalement, ne se déclenche pas contre des molécules de l'organisme ou de ses symbiotes. Cela est vrai notamment pour la réponse adaptative. Pourtant, les cellules de l'immunité adaptative, d'une grande diversité, sont produites aléatoirement par des mécanismes génétiques complexes qui permettent potentiellement de répondre à une multitude de molécules. La maturation du système immunitaire résulte d'un équilibre dynamique entre la production de cellules et la répression ou l'élimination des cellules autoréactives.	Recenser, extraire et exploiter des informations, y compris expérimentales, sur les cellules et les molécules intervenant dans l'immunité adaptative. Concevoir et réaliser une expérience permettant de caractériser la spécificité des molécules intervenant dans l'immunité adaptative Concevoir et réaliser des expériences permettant de mettre en évidence les immunoglobulines lors de la réaction immunitaire.

Dans « ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ
Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie et l'évolution de la vie » :
« - Certaines cellules eucaryotes réalisent une fermentation. L'utilisation fermentaire d'une molécule de glucose produit beaucoup moins d'ATP que lors de la respiration.
[On se limite aux fermentations alcoolique et lactique.]
- La fibre musculaire utilise l'ATP fourni, selon les circonstances, par la fermentation lactique ou la respiration. L'hydrolyse de l'ATP fournit l'énergie nécessaire aux glissements de

protéines les unes sur les autres qui constituent le mécanisme moléculaire à la base de la contraction musculaire. »

Dans « ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ
Thème 3 - Corps humain et santé » :
« - Les glucides à grosses molécules des aliments sont transformés en glucose grâce à l'action d'enzymes digestives. Les enzymes sont des protéines qui catalysent des transformations chimiques spécifiques (ici celles de la digestion). »

B.O. n°11 Hors série du 28 novembre 2002
Modifications du programme de terminale S
Rien

B.O. n°5 Hors série du 30 août 2001 ***A partir de la rentrée scolaire 2002/2003***
Nouveau programme de terminale S

Dans « I - ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE
I.2 Parenté entre êtres vivants actuels et fossiles - Phylogenèse – Évolution (3 semaines) » :

ACTIVITÉS ENVISAGEABLES	NOTIONS ET CONTENUS
Étude sommaire de stades embryonnaires de différents vertébrés. Utilisation de pièces anatomiques pour établir les relations de parenté entre les vertébrés. Utilisation de logiciels permettant des comparaisons moléculaires entre les vertébrés (hémoglobine, myoglobine). Utilisation de logiciels établissant des arbres phylogénétiques. Lecture et critique d'arbres phylogénétiques.	**La recherche de parenté chez les vertébrés - L'établissement de phylogénies** L'établissement de relations de parenté entre les vertébrés actuels s'effectue par comparaison de caractères homologues (embryonnaires, morphologiques, anatomiques et moléculaires). Les comparaisons macroscopiques prennent en compte l'état ancestral et l'état dérivé des caractères. Seul le partage d'états dérivés des caractères témoigne d'une étroite parenté. Ces relations de parenté contribuent à construire des arbres phylogénétiques. Les ancêtres communs représentés sur les arbres phylogénétiques sont hypothétiques, définis par l'ensemble des caractères dérivés partagés par des espèces qui leur sont postérieures ; ils ne correspondent pas à des espèces fossiles précises. Une espèce fossile ne peut être considérée comme la forme ancestrale à partir de laquelle se sont différenciées les espèces postérieures.

Comparaisons chromosomiques et moléculaires Chimpanzé-Homme ; Gorille-Homme.	**La lignée humaine – La place de l'Homme dans le règne animal** L'Homme est un eucaryote, un vertébré, un tétrapode, un amniote, un mammifère, un primate, un hominoïde, un hominidé, un homininé : ces caractères sont apparus successivement à différentes périodes de l'histoire de la vie. L'Homme partage un ancêtre commun récent avec le Chimpanzé et le Gorille. Cet ancêtre commun n'est ni un Chimpanzé (ou un Gorille) ni un homme. La divergence de la lignée des chimpanzés et de la lignée humaine peut être située il y a 7 à 10 millions d'années.

Dans « I - ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE
I.3 Stabilité et variabilité des génomes et évolution (6 semaines) » :

ACTIVITÉS ENVISAGEABLES	NOTIONS ET CONTENUS
Comparaison de séquences nucléotidiques et protéiques : comparaison de différents allèles d'un gène, comparaison des gènes d'une famille multigénique (hémoglobines et myoglobine, gènes homéotiques, etc.). Utilisation de logiciels de traduction pour étudier les conséquences des mutations sur les protéines.	**L'apport de l'étude des génomes : les innovations génétiques.** Au sein d'une espèce, le polymorphisme des séquences d'ADN résulte de l'accumulation de mutations au cours des générations. Suivant leur nature et leur localisation, les mutations (substitution, addition ou délétion d'un ou de plusieurs nucléotides) ont des conséquences phénotypiques variables. Au sein du génome d'une espèce, les similitudes entre gènes (familles de gènes) sont interprétées comme le résultat d'une ou plusieurs duplications d'un gène ancestral. La divergence des gènes d'une même famille s'expliquent par l'accumulation de mutations. Dans certains cas, ces processus peuvent conduire à l'acquisition de gènes correspondant à de nouvelles fonctions. […]
Étude de l'exemple du paludisme et de la fréquence de l'allèle βS de la globine ou du mélanisme de la phalène du bouleau. Comparaison de molécules	**Étude de trois exemples de relations entre mécanismes de l'évolution et génétique.** Les innovations génétiques peuvent être favorables, défavorables ou neutres pour la survie de l'espèce. - Parmi les innovations génétiques seules celles qui affectent les cellules germinales d'un individu peuvent avoir un impact évolutif.

homologues de différentes espèces, ayant les mêmes propriétés. Exemple : les hémoglobines de mammifères.	Les mutations qui confèrent un avantage sélectif aux individus qui en sont porteurs ont une probabilité plus grande de se répandre dans la population. - Des mutations génétiques peuvent se répandre dans la population sans conférer d'avantage sélectif particulier (mutations dites neutres).

Dans « I - ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE
I.7 Immunologie (4 semaines) » :
« Les défenses immunitaires sont capables de distinguer les cellules et molécules d'un individu des éléments étrangers ou qui le sont devenus. »

ACTIVITÉS ENVISAGEABLES	NOTIONS ET CONTENUS
Utilisation de logiciels de modélisation moléculaire montrant les anticorps et la réaction antigène-anticorps.	**Les processus immunitaires mis en jeu - Généralisation** Les anticorps : agents du maintien de l'intégrité du milieu extracellulaire : La séropositivité pour le VIH correspond à la présence d'anticorps spécifiques, dirigés contre certaines protéines du virus.

Dans « II - ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ
Thème 2 - Des débuts de la génétique aux enjeux actuels des biotechnologies (10 semaines) » :

ACTIVITÉS ENVISAGEABLES	NOTIONS ET CONTENUS
	L'avènement de la biologie moléculaire : une nouvelle rupture La nature chimique du gène (ADN – double hélice), la relation gène - protéine, les modalités de l'expression génétique, notions déjà étudiées dans les programmes de seconde et de première, doivent être replacées dans une perspective historique. Elles ne sont pas au programme en tant que telles. […]
Étude d'exemples d'organismes génétiquement modifiés pour la résistance aux insectes et la production de molécules pharmacologiques.	Les enjeux actuels des biotechnologies La transgénèse et la construction d'organismes génétiquement modifiés (OGM) La capacité d'introduire dans un organisme un gène (modifié ou étranger) conduit à la production d'un organisme transgénique acquérant des propriétés nouvelles.

Dans « II - ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ
Thème 3 - Diversité et complémentarité des métabolismes (10 semaines) » :
« Cette partie du programme de spécialité de la classe de terminale S donne l'occasion d'étudier le métabolisme à l'échelle de l'organisme et de la cellule. Elle conduit à une meilleure compréhension des phénomènes à l'origine de la synthèse des constituants moléculaires des cellules. La phase photochimique de la photosynthèse et la respiration mitochondriale sont des processus contribuant au renouvellement de molécules comme l'ATP utilisées lors des synthèses et activités cellulaires (transports, mouvements). »
[…]

ACTIVITÉS ENVISAGEABLES	NOTIONS ET CONTENUS
Observation de mouvements de cyclose. Observation de contraction de fibres musculaires. Étude d'électronographies de fibres musculaires.	**L'ATP, molécule indispensable à la vie cellulaire** À l'exception du chloroplaste qui effectue des synthèses à partir du carbone minéral, les activités des cellules animales et végétales se traduisent par des synthèses à partir de molécules organiques préexistantes (ex : le glycogène), par des mouvements (fonctionnement d'un complexe actine-myosine). Toutes ces activités consomment des intermédiaires métaboliques, en particulier de l'ATP. L'ATP n'est pas stocké, mais régénéré aussi vite qu'il est détruit. Dégradation des composés organiques et régénération des intermédiaires métaboliques Toute cellule vivante, isolée ou non, animale ou végétale (autotrophe et non autotrophe), régénère son ATP en oxydant des molécules organiques par processus respiratoire ou fermentaire.
Étude expérimentale de la respiration de suspensions cellulaires. Étude expérimentale de la respiration des mitochondries.	Dans le cas d'une molécule de glucose la respiration cellulaire peut être traduite par le bilan des transformations : $C6H12O6 + 6\ *O2 + 6\ H2O \rightarrow 6\ CO2 + 12\ H2\ *O$ La respiration comporte plusieurs réactions chimiques catalysées par des enzymes. Au cours de ces réactions, la matière carbonée est minéralisée sous forme de $CO2$. - La première étape est l'oxydation du glucose en pyruvate ; elle s'accompagne de la production de composés réduits R'H2 (proches des composés RH2 fabriqués au cours de la photosynthèse). Elle se déroule dans le hyaloplasme. L'énergie libérée permet par couplage la synthèse de deux molécules d'ATP par

Étude d'électronographies de mitochondries.	molécule de glucose oxydé. C6H12O6+2 R' 2 CH3COCOOH+2 R'H2 - La deuxième étape se déroule dans la matrice des mitochondries. C'est une série de décarboxylations oxydatives, à partir du pyruvate, qui s'accompagne de la production de composés réduits et de synthèse d'ATP. 2 CH3COCOOH+10 R'+6 H2O 6 CO2+10 R'H2 2 ADP+2 Pi 2 ATP - La dernière étape se déroule dans les crêtes de la membrane interne des mitochondries. C'est l'oxydation par le dioxygène, des composés réduits produits dans les étapes précédentes. Elle est couplée à la production d'une importante quantité d'ATP. 12 R'H2+6 O2 12 R'+12 H2O 32 ADP+32 Pi 32 ATP
Etude expérimentale de la fermentation alcoolique.	Par contraste avec l'oxydation complète du substrat liée aux mitochondries, une oxydation incomplète est possible par fermentation. Elle produit un déchet organique, reste du substrat réduit non totalement oxydé lors du processus dégradatif. Cette fermentation permet un renouvellement peu efficace mais réel des intermédiaires métaboliques, ce qui autorise dans le cas de la fermentation alcoolique, une vie sans oxygène.

B.O. n°8 du 25 février 1999
Modifications du programme de terminale S
Rien

B.O. n°12 Hors série du 12 octobre 1998
Modifications du programme de terminale S
Pour la partie « Cinquième partie : Histoire et évolution de la Terre et des êtres vivants » :
- colonne "Activités envisageables"
. supprimer les deux items "Établissement, à titre d'hypothèses, de phylogénies entre espèces à partir de l'analyse de séquences illustrant des degrés de parentés moléculaires" et "Utilisation de logiciel(s)" p. 77 ;

B.O. n°6 du 9 juin 1994 ***A partir de la rentrée scolaire 1995/1996***

Nouveau programme de terminale S

Dans « ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE

II. Organisation du programme » :

« La deuxième, mécanismes de l'immunité, permet de réinvestir et d'élargir les acquis précédents et ceux de Première sur le programme génétique. Elle apporte en particulier une illustration de son expression polymorphe et une explication du maintien de l'intégrité du soi au niveau moléculaire. »

Dans la description du programme pour la partie « Mécanismes de l'immunité » :

Contenus	Objectifs cognitifs	Activités envisageables
1. Soi et non-soi	Le soi d'un individu est défini par l'ensemble des particularités moléculaires résultant de l'expression de son génome. Certaines molécules exprimées sur ses membranes cellulaires constituent des marqueurs de son identité : groupe sanguins par exemple et surtout système HLA. Le système CMH (HLA chez l'homme) correspond à une famille de protéines membranaires que code un groupe de gènes liés, très polymorphe. Malgré ce polymorphisme, ces protéines présentent un fort degré de similitude chez les individus d'une même espèce. Ce système participe directement au déclenchement de réactions immunitaires. Le non-soi est constitué par toutes les molécules différentes du soi qui, apparues dans l'organisme, entraînent des réactions immunitaires non spécifiques. Dans ce dernier cas, l'élément du non-soi reconnu est nommé antigène ; il est le plus souvent macromoléculaire et	Analyse de documents présentant l'évolution de greffes ou de transplantations.

	porte de nombreux déterminants antigéniques. Le non-soi provient du milieu environnant ou d'une modification des molécules du soi.	
Contenus	Objectifs cognitifs	Activités envisageables
2. Bases de l'immunocompétence […] Caractéristiques des réceptions lymphocytaires.	L'acquisition de l'immunocompétence correspond, pour chaque lymphocyte, à l'expression membranaire de récepteur spécifique d'un déterminant antigénique donné : anticorps membranaires pour les lymphocytes B, récepteurs T pour les lymphocytes T. Les récepteurs des deux types de lymphocytes sont constitués de plusieurs chaînes polypeptidiques présentant des segments variables ; ces derniers correspondent aux sites de reconnaissance des déterminants antigéniques. La diversité des récepteurs exprimés par l'ensemble des lymphocytes permet la reconnaissance de plusieurs centaines de millions d'antigènes différents : elle constitue le répertoire immunologique. Les récepteurs B peuvent reconnaître un antigène isolé. Les récepteurs T reconnaissent le soi modifié, constitué par des déterminants antigéniques associés à des protéines HLA, ou, dans le cas des allogreffes, des molécules HLA du donneur.	Etude de documents relatifs aux récepteurs lymphocytaires.

Dans la description du programme pour la partie « Fonctionnement d'un système de régulation » :

Contenus	Objectifs cognitifs	Activités envisageables
Etablissement de phylogénies.	Des relations de parenté entre les êtres vivants peuvent être proposées à partir de l'étude de caractéristiques morphologiques, anatomiques et embryologiques d'organismes actuels et fossiles. La recherche des parentés s'appuie également sur des comparaisons au niveau moléculaire, de séquence de gènes homologues ou de produits de l'expression de ces gènes. La prise en compte des résultats obtenus par ces diverses méthodes contribue à établie des phylogénies.	Illustration de parentés entre êtres vivants par l'étude sommaire, comme exemples : D'une lignée fossile, De stades embryonnaires de formes différentes. A partir de documents, analyse comparée : De molécules différentes et de même fonction (insuline, une enzyme) ; De séquence de gènes. Etablissement, à titre d'hypothèse, de phylogénies entre espèces à partir de l'analyse de séquences illustrant des degrés de parentés moléculaires. Utilisation de logiciel(s).

Annexe 5 - b : Textes relevés dans les programmes scolaires de Première S en lien avec la visualisation moléculaire

B.O. spécial n°9 du 30 septembre 2010 ***A partir de la rentrée scolaire 2011/2012***

Nouveau programme de première S

Dans « Préambule

II. Les sciences de la vie et de la Terre en classe de première S » :

« Dans le thème « La Terre dans l'Univers, la vie et l'évolution du vivant » (50 %), on étudie :

- les données fondamentales sur le patrimoine génétique (réplication, transcription, traduction, mutation et variabilité génétique) ; l'explicitation de certains phénomènes moléculaires permet de progresser dans l'explication au-delà de la classe de seconde ; »

Dans « Programme

Thème 1. La Terre dans l'Univers, la vie et l'évolution du vivant » :

« Thème 1 – A Expression, stabilité et variation du patrimoine génétique

Ce thème s'appuie sur les connaissances acquises en collège et en classe de seconde sur la molécule d'ADN.
Il s'agit de comprendre comment la réplication et la mitose permettent une reproduction cellulaire conforme. Toutefois, la fragilité de la molécule d'ADN - notamment lors de la réplication - est source de mutation, cause de variation génétique.
Les mécanismes de transcription et traduction expliquent l'équipement protéique des cellules. »

Connaissances	Capacités, attitudes
Reproduction conforme de la cellule et réplication de l'ADN	
Chaque chromatide contient une molécule d'ADN. Au cours de la phase S, l'ADN subit la réplication semiconservative. En absence d'erreur, ce phénomène préserve, par copie conforme, la séquence des nucléotides. Ainsi, les deux cellules filles provenant par mitose d'une cellule mère possèdent la même information génétique. Objectifs et mots clés. Il s'agit de donner aux élèves les connaissances de base nécessaires sur la multiplication cellulaire conforme aux échelles cellulaire (mitose) et moléculaire (réplication de l'ADN). (Collège et seconde. Première approche de l'ADN). [Limites. L'intervention d'un ensemble d'enzymes et la nécessité d'une source d'énergie sont seulement signalées, sans souci de description exhaustive.] Pistes. Comprendre la PCR. Calculer la vitesse de réplication chez les eucaryotes.	Mettre en oeuvre une méthode (démarche historique) et/ou une utilisation de logiciels et/ou une pratique documentaire permettant de comprendre le mécanisme de réplication semi conservative.
Variabilité génétique et mutation de l'ADN	
Pendant la réplication de l'ADN surviennent des erreurs spontanées et rares, dont la fréquence est augmentée par l'action d'agents mutagènes. L'ADN peut aussi être endommagé en dehors de la réplication. Le plus souvent l'erreur est réparée par des systèmes enzymatiques. Quand elle ne l'est pas, si les modifications n'empêchent pas la survie de la cellule, il apparaît une mutation, qui sera transmise si la cellule se divise. Une mutation survient soit dans une cellule somatique (elle est ensuite présente dans le clone	Recenser, exploiter et interpréter des bases de données et/ou concevoir et réaliser un protocole pour : - mettre en évidence l'influence d'agents mutagènes sur des populations humaines (UV, benzène, etc.) ; - analyser l'influence de l'irradiation d'une culture de levures par des UV (suivi du taux de mortalité). Utiliser des logiciels pour caractériser des mutations.

issu de cette cellule) soit dans une cellule germinale (elle devient alors héréditaire). Les mutations sont la source aléatoire de la diversité des allèles, fondement de la biodiversité. (Collège et seconde. Première approche de la variation génétique.) [Limites. L'action d'agents mutagènes est étudiée à titre d'exemple, mais leur mécanisme d'action n'a pas à être mémorisé. Aucune exhaustivité n'est attendue dans la présentation de ces agents.] Convergences. Mathématiques : probabilité. Pistes. Quantification de la mutation dans une population cellulaire (mathématiques) ; les agents mutagènes dans l'environnement (physique-chimie).	Recenser et exploiter des informations permettant de caractériser la diversité allélique d'une population.
L'expression du patrimoine génétique	
La séquence des nucléotides d'une molécule d'ADN représente une information. Le code génétique est le système de correspondance mis en jeu lors de la traduction de cette information. À quelques exceptions près, il est commun à tous les êtres vivants. Les portions codantes de l'ADN comportent l'information nécessaire à la synthèse de chaînes protéiques issues de l'assemblage d'acides aminés. Chez les eucaryotes, la transcription est la fabrication, dans le noyau, d'une molécule d'ARN pré-messager, complémentaire du brin codant de l'ADN. Après une éventuelle maturation, l'ARN messager est traduit en protéines dans le cytoplasme. Un même ARN pré-messager peut subir, suivant le contexte, des maturations différentes et donc être à l'origine de plusieurs protéines différentes. [Limites. Le code génétique n'est pas à mémoriser. Les rôles des ARNt et ARNr ne sont pas au programme. Les mécanismes sont étudiés chez les eucaryotes, mais l'objectif n'est pas de mettre l'accent sur les différences entres les eucaryotes et les procaryotes. L'existence d'une maturation de l'ARN prémessager est signalée, mais ses différents aspects ne sont pas exigibles]	Recenser, extraire et exploiter des informations permettant de caractériser les protéines comme expression primaire de l'information génétique. Mettre en œuvre une méthode (démarche historique) et/ou une utilisation de logiciels et/ou une pratique documentaire permettant : - d'approcher le mécanisme de la transcription, et de la traduction ; - comprendre comment le code génétique a été élucidé.

L'ensemble des protéines qui se trouvent dans une cellule (phénotype moléculaire) dépend : - du patrimoine génétique de la cellule (une mutation allélique peut être à l'origine d'une protéine différente ou de l'absence d'une protéine) ; - de la nature des gènes qui s'expriment sous l'effet de l'influence de facteurs internes et externes variés. Le phénotype macroscopique dépend du phénotype cellulaire, lui-même induit par le phénotype moléculaire. (Collège et seconde. Première approche des différentes échelles du phénotype et de la variation.) [Limites. L'étude de la différenciation cellulaire n'est pas au programme ; on se contente de constater que plusieurs cellules d'un même organisme peuvent ne pas contenir les mêmes protéines.] Pistes. Perturbation de la production de protéines dans une cellule cancéreuse. Différenciation cellulaire et expression protéique.	Recenser, extraire et exploiter des informations (à partir d'un exemple comme la drépanocytose ou le xeroderma pigmentosum) permettant de : - caractériser les différentes échelles d'un phénotype ; - différencier les rôles de l'environnement et du génotype dans l'expression d'un phénotype.

B.O. n°6 Hors série du 29 août 2002 ***A partir de la rentrée scolaire 2003/2004***

Nouveau programme de première S

Dans : « PRÉSENTATION GÉNÉRALE
Objectifs et organisation
SCIENCES DE LA VIE » :

« Dans un premier temps, la notion de phénotype est étudiée à différentes échelles : macroscopique, cellulaire et moléculaire. Les différents niveaux d'organisation une fois établis, le rôle fondamental des protéines dans la réalisation du phénotype est approfondie à travers l'exemple des protéines enzymatiques. L'étude de la synthèse des protéines permet, en s'appuyant sur les acquis de la classe de seconde, d'établir le lien entre gènes et protéines. »

Dans « SCIENCES DE LA VIE
THÈME GÉNÉRAL : DES PHÉNOTYPES À DIFFÉRENTS NIVEAUX D'ORGANISATION DU VIVANT
Du génotype au phénotype, relations avec l'environnement (durée indicative: 6 semaines) » :

ACTIVITÉS ENVISAGEABLES	NOTIONS ET CONTENUS
Analyse d'un exemple comme la drépanocytose ou la	**La diversité des phénotypes** Le phénotype peut se définir à différentes échelles : de l'organisme à la molécule.

phénylcétonurie… Comparaison de la structure des protéines en relation avec l'exemple étudié. Étude expérimentale de la catalyse enzymatique et de la double spécificité. ExAO : mesure de la vitesse initiale en fonction de la concentration du substrat d'une réaction enzymatique. Exploitation de logiciels sur les modèles moléculaires et structures spatiales de protéines enzymatiques et du complexe enzyme-substrat. Simulation de l'action catalytique d'une enzyme. Utilisation de logiciels relatifs à : - la synthèse des protéines, - l'exploitation d'une banque de données sur divers gènes.	Les phénotypes alternatifs sont dus à des différences dans les protéines concernées. **Des protéines actives dans la catalyse : les enzymes** Les protéines enzymatiques sont des catalyseurs biologiques. Elles présentent une double spécificité : spécificité d'action et de substrat. Les modalités de leur action reposent sur la formation du complexe enzyme-substrat. Les propriétés des enzymes dépendent de leur structure spatiale. Des modifications de structure spatiale, déterminées soit par des changements de la séquence des acides aminés, soit par des conditions du milieu (pH, température, ions…), modifient leur activité. L'activité des enzymes contribue à la réalisation du phénotype. Limites : l'étude des coenzymes, l'étude de l'allostérie, les lois de la cinétique enzymatique, ne sont pas au programme. **La synthèse des protéines** La séquence des acides aminés des protéines est imposée par l'information génétique située dans la molécule d'ADN. Un gène est défini comme une séquence de nucléotides d'un brin d'ADN déterminant la séquence d'un polypeptide donné. La molécule d'ADN d'un chromosome est le support de très nombreux gènes. L'expression de l'information génétique se fait en deux étapes: transcription et traduction. Au cours de la transcription, un ARN messager complémentaire du brin transcrit de l'ADN est synthétisé. La traduction permet la synthèse cytoplasmique de chaînes polypeptidiques. La séquence des acides aminés est gouvernée par celle des nucléotides de l'ARN messager suivant un système de correspondance, le code génétique. Ce code génétique est universel et dégénéré. La traduction débute au codon d'initiation et s'arrête au codon stop.

	Limites : la notion de gène morcelé, l'étude détaillée des mécanismes de la transcription et de la traduction ainsi que la maturation des ARN et des protéines, ne sont pas au programme.

Dans « SCIENCES DE LA VIE
THÈME GÉNÉRAL : DES PHÉNOTYPES À DIFFÉRENTS NIVEAUX D'ORGANISATION DU VIVANT
La part du génotype et la part de l'expérience individuelle dans le fonctionnement du système nerveux (durée indicative : 6 semaines) » :

ACTIVITÉS ENVISAGEABLES	NOTIONS ET CONTENUS
Étude de documents relatifs à l'organisation de synapses et de la transmission synaptique.	**Les propriétés intégratrices des centres nerveux et le fonctionnement des neurones** […] Les potentiels d'action et les messages nerveux […] - Caractéristiques du fonctionnement des synapses Un message nerveux est transmis d'un neurone à d'autres neurones ou à des cellules effectrices par des synapses. Au niveau d'une synapse, le message nerveux présynaptique, codé en fréquence de potentiels d'action, est traduit en message chimique codé en concentration de neurotransmetteur. Les molécules de neurotransmetteur se fixent sur des récepteurs de la membrane post-synaptique ; cette fixation induit une modification de l'activité du neurone post-synaptique. Ce changement d'activité est à l'origine d'un nouveau message. Limites : les mécanismes ioniques liés à l'activité des synapses ne sont pas au programme.

B.O. n°7 Hors série du 31 août 2000 ***A partir de la rentrée scolaire 2001/2002***
Nouveau programme de première S
Dans « SCIENCES DE LA VIE
THÈME GÉNÉRAL : DES PHÉNOTYPES À DIFFÉRENTS NIVEAUX D'ORGANISATION DU VIVANT
Du génotype au phénotype, relations avec l'environnement (durée indicative: 6 semaines) » :

ACTIVITÉS ENVISAGEABLES	NOTIONS ET CONTENUS
Étude expérimentale de la catalyse enzymatique et de la double spécificité. ExAO : mesure de la vitesse initiale en fonction de la concentration du substrat d'une réaction enzymatique. Exploitation de logiciels sur les modèles moléculaires et structures spatiales de protéines enzymatiques et du complexe enzyme-substrat. Simulation de l'action catalytique d'une enzyme. Utilisation de logiciels relatifs à : - la synthèse des protéines, - l'exploitation d'une banque de données sur divers gènes.	**Des protéines actives dans la catalyse : les enzymes** Les protéines enzymatiques sont des catalyseurs biologiques. Elles présentent une double spécificité : spécificité d'action et de substrat. Les modalités de leur action reposent sur la formation du complexe enzyme-substrat. Les propriétés des enzymes dépendent de leur structure spatiale. Des modifications de structure spatiale, déterminées soit par des changements de la séquence des acides aminés, soit par des conditions du milieu (pH, température, ions…), modifient leur activité. L'activité des enzymes contribue à la réalisation du phénotype. Limites : l'étude des coenzymes, l'étude de l'allostérie, les lois de la cinétique enzymatique, ne sont pas au programme. **La synthèse des protéines** La séquence des acides aminés des protéines est imposée par l'information génétique située dans la molécule d'ADN. Un gène est défini comme une séquence de nucléotides d'un brin d'ADN déterminant la séquence d'un polypeptide donné. La molécule d'ADN d'un chromosome est le support de très nombreux gènes. L'expression de l'information génétique se fait en deux étapes: transcription et traduction. Au cours de la transcription, un ARN messager complémentaire du brin transcrit de l'ADN est synthétisé. La traduction permet la synthèse cytoplasmique de chaînes polypeptidiques. La séquence des acides aminés est gouvernée par celle des nucléotides de l'ARN messager suivant un système de correspondance, le code génétique. Ce code génétique est universel et dégénéré. La traduction débute au codon d'initiation et s'arrête au codon stop. Limites : la notion de gène morcelé, l'étude détaillée des

	mécanismes de la transcription et de la traduction ainsi que la maturation des ARN et des protéines, ne sont pas au programme.

B.O. n°12 Hors série du 12 octobre 1998
Modifications du programme de première S
Dans la partie « 2 - EN PREMIÈRE S » :
« En ce qui concerne l'ADN, sa transcription et sa traduction paraissent lourdes, elles restent toutefois inévitables dans l'option pédagogique choisie (de la molécule à la génétique formelle). Des métaphores simplificatrices à la place de descriptions précises ne rendent pas forcément le domaine plus clair. La description des faits semble plus pédagogique que le flou et l'imprécision des images. La notion de renouvellement moléculaire et les connaissances sur les enzymes doivent en revanche être allégées. »

B.O. Hors série (tome II) du 24 septembre 1992 ***A partir de la rentrée scolaire 1994/1995***
Nouveau programme de première S
Dans la description du programme pour la partie « Edification de l'organisme maintien de son identité biologique et information génétique » :

Contenus	Objectifs cognitifs	Activités envisageables
L'ADN, support de l'information génétique.	Chaque chromosome contient une molécule d'ADN – acide désoxyribonucléique – associée à des protéines.	
Reproduction conforme ; cycle cellulaire.	L'information génétique est contenue dans l'ADN.	
	Les propriétés de la molécule d'ADN sont liées à sa structure :	Confection et utilisation de maquettes.
	Une molécule d'ADN est un polydésoxyribonucléotide formé de deux brins enroulés en hélice, associés par des liaisons faibles entre bases complémentaires ;	Utilisation de logiciels.

[…]

Contenus	Objectifs cognitifs	Activités envisageables
Synthèse des protéines et information génétique ; code génétique.	Lors de la synthèse des protéines structurales et enzymatiques, la séquence des acides aminés est imposée par l'information génétique, codée dans la	

	molécule d'ADN. Une molécule d'ADN d'un chromosome est le support de milliers de gènes. Un gène est défini comme un fragment d'un brin d'ADN codant pour un polypeptide donné. L'expression de l'information génétique se fait en deux étapes : transcription et traduction. Ces deux étapes nécessitent des enzymes et de l'énergie. La transcription permet la synthèse de molécules d'acide ribonucléique – ARN – messager à partir d'un gène. L'ARN messager transmet l'information génétique du noyau au cytoplasme. La traduction permet la synthèse cytoplasmique de chaînes polypeptidiques dans lesquelles la séquence des acides aminés est imposée par celle des nucléotides de l'ARN messager, au niveau des ribosomes.	Utilisation de maquettes. Utilisation de logiciels relatifs : A la structure de l'ADN ; A la synthèse des protéines ; A l'exploitation d'une banque de données sur divers gènes.

[…]

Contenus	Objectifs cognitifs	Activités envisageables
Les enzymes, agent de catalase.	L'équipement enzymatique d'une cellule conditionne les réactions qui s'y produisent. Toutes les enzymes sont des catalyseurs biologiques : Elles augmentent la vitesse des réactions chimiques sans subir elles-mêmes de modification ; Elles n'agissent que dans certaines conditions de température et de pH ; Elles sont spécifiques d'un seul type de réaction. Leur fonction est liée à leur structure. La	Cultures de souches bactériennes possédant des équipements enzymatiques différents, sur un milieu donné (exemple : mise en évidence de la β galactosidase). Etude expérimentale : hydrolyse digestive ou autres réactions du métabolisme. EXAO : mesure de la vitesse d'une réaction de digestion.

	complémentarité entre une zone de la molécule enzymatique – le site actif – et une zone correspondante de la molécule de substrat permet la formation du complexe enzyme-substrat, étape indispensable à la réalisation de la réaction.	
Identité biologique et génotype.	Les protéines structurales et enzymatiques, produits de l'expression des gènes, sont à l'origine du phénotype de l'individu. Au sein d'une espèce, un gène existe sous plusieurs formes ou allèles. L'identité biologique d'un organisme résulte de la combinaison des allèles des gènes de l'espèce qu'il possède.	Utilisation de logiciels sur les banques de données de gènes. Analyse d'un petit nombre d'exemples permettant de faire la relation entre génotype et phénotype (phénylcétonurie, hypercholestérolémie, drépanocytose…).

Annexe 5 - c : Textes relevés dans les programmes scolaires de Première ES en lien avec les TIC

B.O. spécial n°9 du 30 septembre 2010 ***A partir de la rentrée scolaire 2011/2012***

Nouveau programme de première ES

Dans la partie « Représentation visuelle » :

NOTIONS ET CONTENUS	COMPÉTENCES EXIGIBLES
La chimie de la perception	
Les perturbations chimiques de la perception Certaines substances hallucinogènes perturbent la perception visuelle. Leur action est due à la similitude de leur structure moléculaire avec celle de certains neurotransmetteurs du cerveau auxquels elles se substituent. Leur consommation entraîne des troubles du fonctionnement général de l'organisme, une forte accoutumance ainsi que des « flash-	Expliquer le mode d'action de substances hallucinogènes (ex. : LSD ou « acide ») par la similitude de leur structure moléculaire avec celle de certains neurotransmetteurs du cerveau auxquels elles se substituent. Expliquer l'action d'une drogue dans la perturbation de la communication nerveuse qu'elle induit et les dangers de sa consommation tant d'un point de vue individuel que sociétal.

back » imprévisibles.	

Dans la partie « Féminin/masculin » :

NOTIONS ET CONTENUS	COMPÉTENCES EXIGIBLES
Prendre en charge de façon conjointe et responsable sa vie sexuelle	
La connaissance de plus en plus précise des hormones naturelles contrôlant les fonctions de reproduction humaine a permis progressivement la mise au point de molécules de synthèse qui permettent une maîtrise de la procréation de plus en plus adaptée, avec de moins en moins d'effets secondaires. Ces molécules de synthèse sont utilisées dans : - la contraception régulière (« la pilule ») ; - la contraception d'urgence ; - l'IVG médicamenteuse. Elles sont également utilisées dans les techniques de procréation médicalement assistée (PMA) qui permettent ou facilitent la fécondation et/ou la gestation dans les cas de stérilité ou d'infertilité.	Replacer dans le temps et dans la société la chronologie de l'apparition des méthodes de régulation des naissances. Identifier les modes d'action des molécules de synthèse et les expliquer par les mécanismes biologiques sur lesquels ils se fondent. Expliquer les pratiques médicales chimiques mises en œuvre en cas de déficience de la fertilité du couple. Relier les conseils d'hygiène, de dépistage, de vaccination et d'utilisation du préservatif aux modes de contamination et de propagation des IST. Discuter les limites des méthodes de maîtrise de la procréation en s'appuyant sur la législation, l'éthique et l'état des connaissances médicales.

B.O. n°7 Hors série du 31 août 2000 ***A partir de la rentrée scolaire 2001/2002***

Nouveau programme de première ES

L'organisation du programme est la suivante :

Trois thèmes obligatoires	**Un thème au choix parmi**
Communication nerveuse Du génotype au phénotype, applications biotechnologiques Procréation	Alimentation, production alimentaire, environnement Une ressource naturelle: le bois Une ressource indispensable: l'eau Place de l'homme dans l'évolution

Dans la partie « COMMUNICATION NERVEUSE » :

« Il s'agit, en utilisant ce thème, de faire acquérir à l'élève des connaissances de base sur différents composants du système nerveux, neurones et synapses, modulation de l'activité synaptique, afin d'envisager avec une approche rationnelle les problèmes soulevés par l'utilisation de molécules exogènes (médicaments et drogues). Les conséquences de l'activité de ces molécules sont différentes selon leur nature et leur utilisation. »

[…]

ACTIVITÉS ENVISAGEABLES	NOTIONS ET CONTENUS
	Modulation de l'activité synaptique par des molécules exogènes : un exemple, la morphine La morphine, en se fixant sur les récepteurs opioïdes localisés sur les neurones de la corne dorsale de la moelle, est à l'origine d'une puissante activité analgésique qui n'entraîne pas une dépendance. La morphine et ses dérivés de synthèse comme l'héroïne peuvent être à l'origine d'une sensation de plaisir. La genèse de cette sensation résulte de la fixation de la morphine sur les récepteurs opioïdes du cerveau en mimant l'action des morphines endogènes.

Dans la partie « DU GÉNOTYPE AU PHÉNOTYPE, APPLICATIONS BIOTECHNOLOGIQUES » :

« Cette partie de programme s'appuie sur l'universalité de structure et de fonction de la molécule d'ADN étudiée en classe de seconde. Elle précise, dans un premier temps, les mécanismes biologiques assurant l'expression de l'information génétique. Par la suite, à partir de quelques exemples, elle appréhende la notion de complexité des relations entre génotype et phénotype. »

ACTIVITÉS ENVISAGEABLES	NOTIONS ET CONTENUS
	De l'information génétique au phénotype - Applications Des phénotypes à différents niveaux d'organisation du vivant
- Analyse de divers exemples: drépanocytose, phénylcétonurie ou mucoviscidose, xéroderma pigmentosum, rétinites pigmentaires…	Le phénotype peut se définir à différentes échelles: macroscopique, cellulaire et moléculaire.
	La relation entre ADN et protéines
- Observation comparative des séquences de différents allèles et des séquences protéiques correspondantes, conséquences pour le phénotype macroscopique.	Les gènes sont des segments de la molécule d'ADN codants pour des protéines. La séquence des nucléotides dans l'ADN gouverne la séquence des acides aminés dans la protéine selon un système de correspondance, le code génétique. Les propriétés des protéines dépendent de leur séquence respective en acides aminés.
- Analyse d'exemples de production de nouvelles protéines par transgénèse intraspécifique,	Ces protéines, en régissant la structure et les activités cellulaires, contribuent à l'établissement du phénotype.

ou interspécifique (hormone de croissance, insuline, facteur de coagulation…).	La modification du génotype d'un organisme par transgénèse, qui permet de produire de nouvelles protéines, repose sur l'universalité du code génétique. Limites : Seuls sont traités les exemples permettant l'acquisition des notions d'échelle d'observation des phénotypes. On ne parlera ici que des parties codantes des gènes. Les mécanismes de la transcription et de la traduction sont hors programme.

Annexe 5 - d : Textes relevés dans les programmes scolaires de Première L en lien avec les TIC

B.O. spécial n°9 du 30 septembre 2010 *A partir de la rentrée scolaire 2011/2012*

Nouveau programme de première L

Dans la partie « Représentation visuelle » :

NOTIONS ET CONTENUS	COMPÉTENCES EXIGIBLES
La chimie de la perception	
Les perturbations chimiques de la perception Certaines substances hallucinogènes perturbent la perception visuelle. Leur action est due à la similitude de leur structure moléculaire avec celle de certains neurotransmetteurs du cerveau auxquels elles se substituent. Leur consommation entraîne des troubles du fonctionnement général de l'organisme, une forte accoutumance ainsi que des « flash-back » imprévisibles.	Expliquer le mode d'action de substances hallucinogènes (ex. : LSD ou « acide ») par la similitude de leur structure moléculaire avec celle de certains neurotransmetteurs du cerveau auxquels elles se substituent. Expliquer l'action d'une drogue dans la perturbation de la communication nerveuse qu'elle induit et les dangers de sa consommation tant d'un point de vue individuel que sociétal.

Dans la partie « Féminin/masculin » :

NOTIONS ET CONTENUS	COMPÉTENCES EXIGIBLES
Prendre en charge de façon conjointe et responsable sa vie sexuelle	
La connaissance de plus en plus précise des hormones naturelles contrôlant les fonctions de reproduction humaine a permis progressivement la mise au point de molécules de synthèse qui permettent une maîtrise de la procréation de plus en plus	Replacer dans le temps et dans la société la chronologie de l'apparition des méthodes de régulation des naissances. Identifier les modes d'action des molécules de synthèse et les expliquer par les mécanismes biologiques sur lesquels ils se

adaptée, avec de moins en moins d'effets secondaires. Ces molécules de synthèse sont utilisées dans : - la contraception régulière (« la pilule ») ; - la contraception d'urgence ; - l'IVG médicamenteuse. Elles sont également utilisées dans les techniques de procréation médicalement assistée (PMA) qui permettent ou facilitent la fécondation et/ou la gestation dans les cas de stérilité ou d'infertilité.	fondent. Expliquer les pratiques médicales chimiques mises en œuvre en cas de déficience de la fertilité du couple. Relier les conseils d'hygiène, de dépistage, de vaccination et d'utilisation du préservatif aux modes de contamination et de propagation des IST. Discuter les limites des méthodes de maîtrise de la procréation en s'appuyant sur la législation, l'éthique et l'état des connaissances médicales.

B.O. n°7 Hors série du 31 août 2000 ***A partir de la rentrée scolaire 2001/2002***

Nouveau programme de première L

Dans la partie « DU GÉNOTYPE AU PHÉNOTYPE, APPLICATIONS BIOTECHNOLOGIQUES » :

« Cette partie de programme s'appuie sur l'universalité de structure et de fonction de la molécule d'ADN étudiée en classe de seconde. Elle précise, dans un premier temps, les mécanismes biologiques assurant l'expression de l'information génétique. Par la suite, à partir de quelques exemples, elle appréhende la notion de complexité des relations entre génotype et phénotype. »

ACTIVITÉS ENVISAGEABLES	NOTIONS ET CONTENUS
	De l'information génétique au phénotype - Applications
	Des phénotypes à différents niveaux d'organisation du vivant
- Analyse de divers exemples: drépanocytose, phénylcétonurie ou mucoviscidose, xéroderma pigmentosum, rétinites pigmentaires…	Le phénotype peut se définir à différentes échelles: macroscopique, cellulaire et moléculaire.
	La relation entre ADN et protéines
- Observation comparative des séquences de différents allèles et des séquences protéiques correspondantes, conséquences pour le phénotype macroscopique.	Les gènes sont des segments de la molécule d'ADN codants pour des protéines. La séquence des nucléotides dans l'ADN gouverne la séquence des acides aminés dans la protéine selon un système de correspondance, le code génétique. Les propriétés des protéines dépendent de leur séquence respective en acides aminés.
- Analyse d'exemples de	Ces protéines, en régissant la structure et les activités

production de nouvelles protéines par transgénèse intraspécifique, ou interspécifique (hormone de croissance, insuline, facteur de coagulation…).	cellulaires, contribuent à l'établissement du phénotype. La modification du génotype d'un organisme par transgénèse, qui permet de produire de nouvelles protéines, repose sur l'universalité du code génétique. Limites : Seuls sont traités les exemples permettant l'acquisition des notions d'échelle d'observation des phénotypes. On ne parlera ici que des parties codantes des gènes. Les mécanismes de la transcription et de la traduction sont hors programme.

Annexe 5 - e : Textes relevés dans les programmes scolaires de Seconde générale en lien avec les TIC

B.O. spécial n°4 du 29 avril 2010 ***A partir de la rentrée scolaire 2010/2011***

Nouveau programme de seconde générale

Dans « Programme » :

Connaissances	Capacités et attitudes
Thème 1 – La Terre dans l'Univers, la vie et l'évolution du vivant : une planète habitée	
La nature du vivant	
Les êtres vivants sont constitués d'éléments chimiques disponibles sur le globe terrestre. Leurs proportions sont différentes dans le monde inerte et dans le monde vivant. Ces éléments chimiques se répartissent dans les diverses molécules constitutives des êtres vivants. Les êtres vivants se caractérisent par leur matière carbonée et leur richesse en eau. L'unité chimique des êtres vivants est un indice de leur parenté. (Collège. Lipides, protides, glucides.) [Limites. Aucune étude biochimique exhaustive n'est attendue.] Convergences. Chimie : les éléments chimiques, espèces chimiques, classification périodique des éléments.	Expérimenter, modéliser, recenser, extraire et organiser des informations pour comprendre la parenté chimique entre le vivant et le non vivant. Mettre en œuvre un processus (analyse chimique et/ou logiciel de visualisation moléculaire et/ou pratique documentaire) pour repérer quelques caractéristiques des molécules du vivant.
De nombreuses transformations chimiques se	Mettre en œuvre un raisonnement

déroulent à l'intérieur de la cellule : elles constituent le métabolisme. Il est contrôlé par les conditions du milieu et par le patrimoine génétique. La cellule est un espace limité par une membrane qui échange de la matière et de l'énergie avec son environnement. Cette unité structurale et fonctionnelle commune à tous les êtres vivants est un indice de leur parenté. Objectifs et mots clés. On étudie un exemple. Mutant, organite, ordres de grandeur de tailles (cellule, organite, membrane). Distinction procaryote / eucaryote. (Collège. Membrane, noyau, cytoplasme ; information génétique, gène, allèle.) [Limites. Les réactions du métabolisme ; l'ultrastructure des organites ; la nomenclature des organites.] Convergences. Chimie : transformations chimiques.	expérimental pour : - montrer l'effet de mutations sur le métabolisme cellulaire et comprendre le rôle du génome ; - repérer l'influence de l'environnement sur le fonctionnement d'une cellule ; - comprendre les mécanismes d'une démonstration expérimentale : comparaisons, tests, témoins. Réaliser une préparation microscopique et/ou utiliser des logiciels et/ou organiser et recenser des informations pour distinguer les échelles : atome, molécule, cellule, organe, organisme et les ordres de grandeur associés. Comparer des ultrastructures cellulaires pour illustrer la parenté entre les êtres vivants.
La transgénèse montre que l'information génétique est contenue dans la molécule d'ADN et qu'elle y est inscrite dans un langage universel. La variation génétique repose sur la variabilité de la molécule d'ADN (mutation). L'universalité du rôle de l'ADN est un indice de la parenté des êtres vivants. Objectifs et mots clés. La double hélice, nucléotide, séquence. (Collège. L'information génétique est contenue dans le noyau ; l'ADN est présent dans le noyau.) [Limites. Code génétique, transcription, traduction, réplication ; la transgénèse est utilisée comme méthode mais aucune connaissance sur ses mécanismes ne doit être acquise.]	Manipuler, modéliser, recenser, extraire et organiser des informations pour mettre en évidence l'universalité de l'ADN. Mettre en œuvre une méthode (démarche historique et/ou utilisation de logiciel et/ou pratique documentaire) permettant d'approcher la structure de l'ADN et la nature du message codé.

B.O. n°6 Hors série du 12 août 1999 *A partir de la rentrée scolaire 2000/2001*

Nouveau programme de seconde générale

Dans l'introduction :

« "Cellule, ADN et unité du Vivant" :

La prise de conscience des apparentements constatés à l'échelle des cellules, de la molécule d'ADN et des organismes permet de dégager les notions de patrimoine génétique et d'origine commune des espèces. »

Dans « BIOLOGIE

II - Cellule, ADN et unité du vivant (11 semaines) » :

« L'objectif général est de dégager la notion d'origine commune des espèces qui conforte l'idée d'évolution déjà introduite au collège. Les études portent sur différents niveaux d'organisation : cellule, molécule et organisme. Elles montrent que, malgré leur extraordinaire diversité les êtres vivants possèdent des propriétés fondamentales communes. »

[…]

NOTIONS ET CONTENUS	LIMITES
Universalité et variabilité de la molécule d'ADN. La transgénèse repose sur l'universalité de la molécule d'ADN en tant que support de l'information génétique. Chaque chromosome contient une molécule d'ADN qui porte de nombreux gènes. L'ADN est formé de deux chaînes complémentaires de nucléotides (A, T, C, G). La séquence des nucléotides au sein d'un gène constitue un message. Les allèles ont pour origine des mutations qui modifient la séquence de l'ADN. Les mutations introduisent une variabilité de l'information génétique. Les conséquences des mutations sont différentes selon qu'elles touchent les cellules somatiques ou germinales.	Ne sont pas au programme : - Les expériences historiques sur la structure et les fonctions de l 'ADN. - La structure détaillée des nucléotides. - La réplication de la molécule d'ADN. - Les mécanismes de l'expression génétique et le code génétique. - Les différents types de mutations (ponctuelles et chromosomiques).

B.O. n°12 Hors série du 12 octobre 1998

Modifications du programme de seconde générale

Rien

B.O. Hors série (tome I) du 24 septembre 1992 *A partir de la rentrée scolaire 1993/1994*

Nouveau programme de seconde générale

Rien

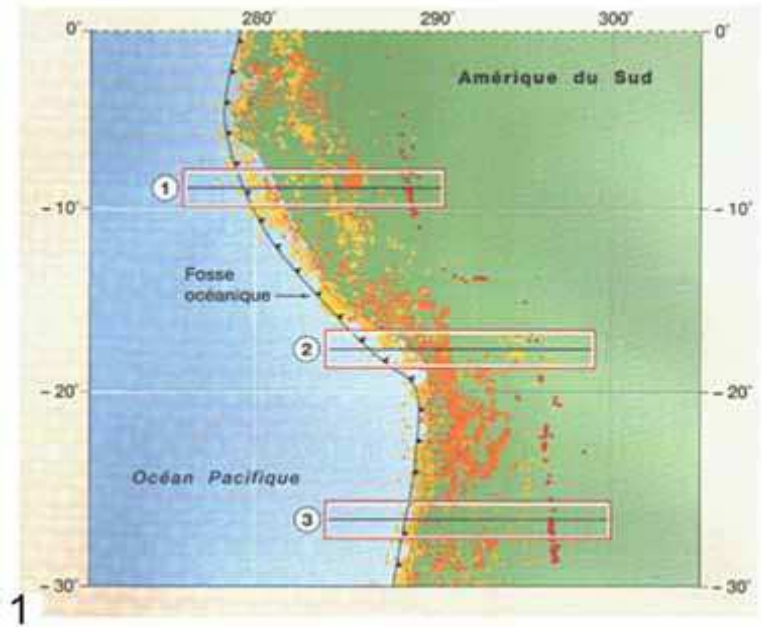
Annexe 6 : Textes relevés dans les rapports de concours

Annexe 6 - a : Textes relevés dans les rapports du CAPES externe

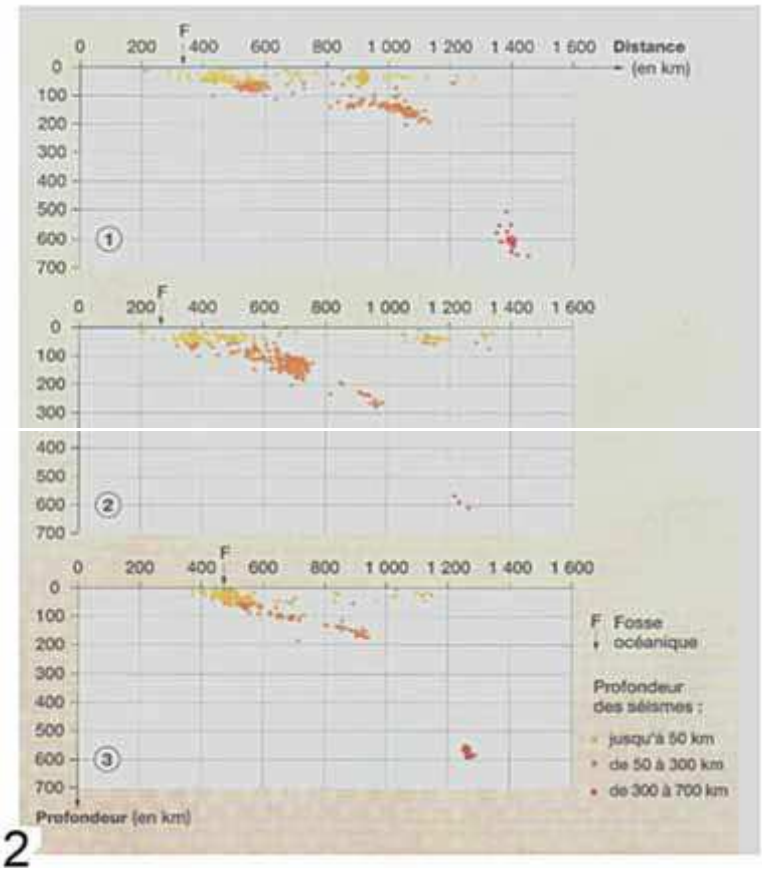
Rapports du CAPES externe 2003 - 2004
Rien

Rapport du CAPES externe 2005
« La session 2005 a vu une augmentation de l'utilisation de logiciels. Mais ceux-ci ont été trop souvent réduits à de simples instruments iconographiques ; est-il nécessaire par exemple, de lancer le logiciel « Phylogène » pour montrer une photo d'oiseau ou de grenouille ? Outre que les supports numériques ne sauraient remplacer les échantillons réels, un usage raisonné des logiciels ne devient pertinent que dès lors que le candidat en maîtrise l'utilisation. »
[…]
« En ce qui concerne l'illustration, on déplore de façon fréquente la faible utilisation des cartes comme support argumentaire de faits géologiques concrets, dont la localisation géographique est réelle et non théorique.
Dans le même ordre d'idée, le simple fait de sortir des cartes, échantillons, lames minces,… ou la présentation de transparents ou d'un logiciel ne constitue pas une illustration (et encore moins une argumentation) pour la leçon si ce matériel n'est pas exploité avec rigueur. »
[…]
« Logiciels de simulation : attention de ne pas tomber dans l'utilisation abusive de ce type de support au détriment de l'utilisation de matériels classiques : le virtuel ne doit pas remplacer le réel, par contre il peut aider à comprendre un phénomène dynamique (séismes, tectonique, géodynamique interne et externe, etc.). Utiliser un logiciel pour montrer seulement une ou deux figures en couleurs ne présente que peu d'intérêt. »

Dans un exemple d'épreuve sur dossier :
« Document 3 :
Localisation géographique et profondeur des foyers sismiques jusqu'à 50 km de 50 à 300 km de 300 km à 700 km
Equivalent logiciel sismolog.



2 Répartition des foyers sismiques en fonction de la profondeur
Equivalent logiciel Sismolog.



DOCUMENT 5. Fiche technique du logiciel SISMOLOG

Cette activité, dont les objectifs (méthodologiques et/ou techniques) doivent être précisés, se base sur l'exploitation de deux documents également imposés, incitant le candidat à montrer l'utilisation pédagogique de documents géologiques traités par un logiciel. »

Rapport du CAPES externe 2006

« L'outil informatique reste trop souvent réduit à un simple instrument iconographique auquel pourrait se substituer un document. Outre que les supports numériques ne sauraient remplacer les échantillons réels, un usage raisonné des logiciels ne devient pertinent que si le candidat en maîtrise l'utilisation. Il faut donc s'entraîner à cela durant l'année de préparation. »

Liste de logiciels comme à l'agrég

Rapport du CAPES externe 2007

« Des logiciels de simulation sont disponibles pour illustrer les exposés. Il convient de prendre garde à ne pas les utiliser si un document simple peut apporter la même information (carte, coupe, diagramme…) car il est toujours préférable de privilégier le réel face au virtuel. »

Liste de logiciels comme à l'agrég

Les rapports du CAPES externe 2008 – 2009 - 2010

Toujours la même phrase :

« Des logiciels de simulation sont disponibles pour illustrer les exposés. Il convient de prendre garde à ne pas les utiliser si un document simple peut apporter la même information (carte, coupe, diagramme…) car il est toujours préférable de privilégier le réel face au virtuel. »

Rapport du CAPES externe 2011

« d'une activité nécessitant l'usage d'un logiciel de simulation ou de visualisation de données, il est important de bien maîtriser les différentes fonctionnalités du logiciel afin d'exploiter le plus complètement possible celui-ci. »

[…]

« Il est rappelé que la maîtrise des logiciels de référence est indispensable à leur exploitation correcte. »

Annexe 6 - b : Textes relevés dans les rapports du CAPES interne

Rapport du CAPES interne 2003

« L'exposé devant être fondé sur la démarche scientifique, le dossier comporte également des documents scientifiques et une liste de matériel à utiliser (objets biologiques et géologiques, préparations microscopiques, matériel divers…). Des documents audiovisuels, substituts du réel, sont souvent proposés. Certains sujets réclament aussi la manipulation de logiciels d'usage courant en Sciences de la Vie et de la Terre ou demandent d'utiliser l'Internet, soit en ligne, soit à partir de sites capturés. »
[…]
« Le jury tient à souligner que les logiciels les plus répandus dans l'enseignement des Sciences de la Vie et de la Terre devraient être connus des candidats. De nombreuses leçons proposées nécessitent la maîtrise de ces logiciels : Rasmol ou Rastop, logiciels d'ExAO, Anagène, Sismolog, DIET, …
Parmi ces ressources, certaines non commercialisées sont assez facilement accessibles dans les Centres de Documentation Pédagogique (http://www.cndp.fr ou à l'INRP (http://www.inrp.fr) et sur d'autres sites Internet. De plus, il est recommandé aux candidats de savoir utiliser un CD-Rom, effectuer une recherche sur Internet et d'utiliser pour leur préparation la richesse du réseau des serveurs académiques de SVT (logithèques, moteurs de recherche dédiés, documents pour la classe, banques de sorties et d'exercices, textes officiels…). »

Rapport du CAPES interne 2003
Je ne l'ai pas trouvé

Les rapports du CAPES interne 2005 – 2006 - 2007
Les mêmes phrases :
« Les documents peuvent être des objets biologiques ou géologiques : des échantillons divers, des préparations microscopiques, des documents scientifiques (images, textes, tableaux de données), des documents audiovisuels ou des logiciels. »
[…]
« Les logiciels utilisés (liste dans l'annexe 2) ne doivent pas rester des « boîtes noires ». On doit savoir si les informations délivrées sur l'écran sont issues d'une base de données (cas de « Sismolog ») ou d'un modèle mathématique (cas d' « Ondes P »).
Les manipulations proposées peuvent être de plusieurs types : des expérimentations sur du matériel (souvent biologique) ou des modélisations analogiques (modèle de rivière, de courant, etc...). Le candidat doit savoir faire la distinction. Il doit utiliser le modèle analogique à bon escient, connaître ses limites et pouvoir discuter de sa place dans une démarche explicative. »

Dans un exemple de dossier en biologie :
« 1. Logiciel « Caryotype » (CNED) »

« Certaines leçons requièrent l'utilisation et la maîtrise de logiciels dont la liste figure ci-dessous.
Anagene
Caryotype cned
Phylogene
Diet jeulin
Ondes p
Rastop
Sismolog chrysis
Sismolog junior chrysis
Titus
EXAO-Respi Jeulin
EXAO-Respilom Jeulin
EXAO-Cell-c Jeulin
EXAO-Enzymo Jeulin
EXAO-Refmyo Jeulin
EXAO-Win-Rad Jeulin
EXAO-VTT- Echanges junior Jeulin »

Rapport du CAPES interne 2008
Même textes écrits que pour les rapports de 2005 - 2006 – 2007 mais la liste de logiciels est plus longues :
« Annexe 3 : Logiciels utilisés dans les leçons
Certaines leçons requièrent l'utilisation et la maîtrise de logiciels dont la liste figure ci-dessous.

ANAGENE
CARYOTYPE CNED
PHYLOGENE
DIET Jeulin
GOOGLE EARTH
MESURIM
ONDES P
RASTOP, RASMOL
SISMOLOG Chrysis
SISMOLOG Junior Chrysis
TITUS
AUDACITY (enregistrement des vibrations à l'aide de piézomètres)

POUR L'EXAO :
Les candidats avaient le choix cette année, pour l'ExAO, entre le matériel Jeulin et le

matériel Sordalab et disposent également d'interfaces portables
EXAO-Respi Jeulin
EXAO-Respihom Jeulin
EXAO-Cell-c Jeulin
EXAO-Enzymo Jeulin
EXAO- Neuro Jeulin
EXAO-Refmyo Jeulin
EXAO-Win-Rad Jeulin
EXAO-VTT- Echanges junior Jeulin
Pour certains exposés, des supports numériques simples d'utilisation peuvent être proposés : banques de données sous la forme de CD-Rom ("faune du sol", "roches, produits et témoins du temps" etc…), animations (Pulmo, cardio etc…), logiciels de simulation d'expériences. »

Rapport du CAPES interne 2009
Même textes écrits que pour les rapports de 2005 - 2006 – 2007 - 2008 mais la liste de logiciels est différentes :
« Annexe 2 : Logiciels utilisés dans les leçons
Certaines leçons requièrent l'utilisation et la maîtrise de logiciels dont la liste figure ci-dessous.
Cette liste n'est pas exhaustive et est susceptible d'être enrichie d'une année à l'autre.
ANAGENE
CARYOTYPE CNED
PHYLOGENE COLLEGE ET LYCEE, PHYLOBOITE
DIET Jeulin
GOOGLE EARTH
MESURIM
ONDES P
RASTOP, RASMOL
SISMOLOG Chrysis
SISMOLOG Junior Chrysis
TITUS
POUR L'EXAO
Les candidats avaient le choix cette année, pour l'ExAO, entre le matériel Jeulin et le matériel Sordalab et disposaient également d'interfaces portables. Les logiciels Jeulin sont ici cités pour mémoire ; le logiciel généraliste DATASTUDIO de SORDALAB était également disponible.
ESAO-Respi Jeulin
ESAO-Respihom Jeulin
ESAO-Cell-c Jeulin
ESAO-Enzymo Jeulin
ESAO- Neuro Jeulin

ESAO-Refmyo Jeulin
ESAO-Win-Rad Jeulin
ESAO-VTT- Echanges junior Jeulin »

Les rapports du CAPES interne 2010 – 2011

Les mêmes phrases :

« 5 – Vivre avec son temps

L'enseignant du vingt et unième siècle ne peut plus se passer de la maîtrise des outils actuels d'information et de communication. L'enseignement des SVT fait largement appel à des logiciels spécifiques (banques de données, modélisations, simulations), mais aussi à l'emploi habituel d'outils de bureautique (traitement de texte et tableur). L'utilisation de ces deux types de logiciels est requise dans plusieurs sujets d'oral. L'actualisation des connaissances et de la culture didactique et pédagogique au cours de la préparation au concours est grandement facilitée par les ressources disponibles sur internet, notamment à partir d'Eduscol et des sites académiques (voir notamment le site « outils pour les activités pratiques » de l'académie de Toulouse). A l'heure où le B2I doit être validé par tout élève au terme de la scolarité obligatoire, il serait anormal de ne pas rencontrer des compétences au moins de ce niveau chez tout candidat. »

[…]

« Pour la première fois, les candidats de la session 2010 ont eu libre accès en bibliothèque à des ordinateurs non reliés à l'internet mais pourvus de la clé « étamine ». Cette clé, téléchargeable par les enseignants à partir de l'espace qui leur est réservé sur le site http://pedagogie.actoulouse.fr/svt/serveur/enseignant/, renferme un très grand nombre de ressources logicielles (logiciels de bureautique et multimédia, logiciels dédiés SVT) et numériques (banques de données, animations, documents divers…). On en trouvera la liste résumée en annexe. Elle se substitue, pour le concours, à l'utilisation d'Internet (inactivé sur les machines, sauf pour certains sujets). Son contenu est accessible pendant tout le temps de la préparation et de l'exposé lui-même. Elle constitue une ressource proposée et non un passage obligé : l'oral du concours n'est pas le moment le plus favorable pour découvrir l'intérêt des TICE. Cependant leur utilisation fait désormais partie de la culture exigible de la part de tout enseignant (cf. « Observations générales » § 5) »

[…]

« Les documents peuvent être des objets biologiques ou géologiques : des échantillons divers, des préparations microscopiques, des documents scientifiques (images, textes, tableaux de données, cartes), des documents audiovisuels, des sites internet aspirés ou des logiciels. Ils sont complétés par du matériel d'observation et d'expérimentation, y compris d'expérimentation assistée par ordinateur (ExAO). Tous les supports proposés doivent être utilisés judicieusement. »

[…]

« Les logiciels utilisés (liste dans l'annexe 2) ne doivent pas rester des « boîtes noires ». On doit savoir si les informations délivrées sur l'écran sont issues d'une base de données (cas de

« Sismolog »), d'un modèle mathématique (cas d' « Ondes P »), d'un traitement d'images du réel… »
[…]
« PRÉCISIONS IMPORTANTES
Il est rappelé que la maîtrise de compétences du niveau du B2I est nécessaire.
En effet, pour de nombreux sujets, des supports numériques simples peuvent être utilisés : banques de données ("faune du sol", "roches, produits et témoins du temps" etc…), animations (Pulmo, cardio etc…), logiciels de simulation d'expériences. Par ailleurs, certains sujets requièrent l'utilisation de logiciels classiquement utilisés en SVT (tableurs1, simulations, utilisation de bases de données, systèmes d'informations géoréférencés,
ExAO…). Ceux qui ont été utilisés dans des sujets en 2010 figurent en gras dans la liste de la clé Etamine (cf. ci-dessous). Des logiciels commerciaux non présents sur la clé ETAMINE concernent également certains sujets : CARYOTYPE (CNED), RASMOL, SISMOLOG et SISMOLOG Junior (Chrysis), DIET (Jeulin). »

Liste des logiciels de la clé étamine

Annexe 6 - c : Textes relevés dans les rapports de l'agrégation externe

Rapport de l'agrégation externe 2003
Dans « 1.PRESENTATION DU CONCOURS
1.3 LE DEROULEMENT DU CONCOURS 2003
1.3.2. Le déroulement pratique des épreuves d'admission du concours. » (p.11) :
« Les équipements EXAO ont été fournis par les sociétés Jeulin, Micrelec et Pierron. »

Dans « 3. REGLEMENTATION ET ORGANISATION PRATIQUE
3.4 MODALITES, OBJECTIFS ET GRILLES D'EVALUATION DES EPREUVES ORALES » (p. 58) :
« Du matériel complémentaire est disponible sur demande, le candidat se doit de rechercher des documents (dans les ouvrages disponibles à la bibliothèque) et des supports concrets complémentaires nécessaires à sa démonstration (roches, minéraux, échantillons animaux et/ou végétaux, cartes, diapositives, films, vidéos, CD Roms, logiciels de la bibliothèque numérique, matériels et résultats d'expériences par exemple). Une part conséquente de l'évaluation porte sur cette recherche. »

Dans « 3. REGLEMENTATION ET ORGANISATION PRATIQUE
3.5 MATERIELS ET OUVRAGES MIS A LA DISPOSITIONS DES CANDIDATS
3.5.1 Matériels » (p. 60) :
« Depuis la session 2003, chaque candidat dispose également d'un poste informatique équipé de la bibliothèque numérique mise à la liste. »

Une liste de logiciels disponibles p. 96-98 (voir annexe 6 - e).

Dans « 5. COMMENTAIRES DES EPREUVES PRATIQUES
5.2 TRAVAUX PRATIQUES D'OPTION B
5.2.2 Commentaires du jury. » (p. 124) :
« L'engouement actuel pour l'outil informatique ne doit pas s'exercer au détriment du travail formateur que constitue la pratique du schéma rapide à main levée. »

Dans « 6. COMMENTAIRES DES EPREUVES ORALES
6.1 ASPECT GENERAL ET COMMENTAIRES DU JURY
6.1.1 Leçons portant sur les programmes des spécialités » (p. 134) :
« Le jury a valorisé les candidats utilisant l'outil informatique, mais a regretté qu'ils soient aussi peu nombreux. Cependant, celui-ci doit être intégré dans la démarche et compléter le réel sans s'y substituer. Les principes des techniques de mesure utilisées en EXAO doivent être connus et maîtrisés par les candidats. Les enregistrements réalisés en direct, même s'ils ne sont pas parfaits sont préférables aux données de secours prévues dans les logiciels. »

Dans « 6. COMMENTAIRES DES EPREUVES ORALES
6.1 ASPECT GENERAL ET COMMENTAIRES DU JURY
6.1.2 Leçons L portant sur les programmes de connaissances générales ou sur celui des questions scientifiques d'actualité» (p. 135) :
« Les supports
Malgré quelques efforts louables d'utilisation de l'outil informatique (EXAO, logiciels de modélisation…), mis systématiquement à la disposition des candidats, cette utilisation reste très limitée. Par ailleurs, certains candidats ont exploité un logiciel sans l'intégrer à une démarche explicative et se sont généralement contentés de le regarder tracer un graphique ou une coupe. »

Dans « 7. CONCLUSIONS ET INFORMATIONS » (p. 153) :
« La session 2003 a été marquée par l'introduction d'un nouveau type de matériel sur support numérique (logiciels, bases de données, etc.). Son utilisation a été significative, mais encore modeste. Dans l'avenir, il est vivement souhaité que cette documentation soit mieux maîtrisée par les candidats, et probable qu'elle pourra même être plus souvent imposée dans le cadre des documents fournis en leçon de spécialité. »

Rapport de l'agrégation externe 2004
Dans « 1.PRESENTATION DU CONCOURS
1.3 LE DEROULEMENT DU CONCOURS 2004
1.3.2. Le déroulement pratique des épreuves d'admission du concours. » (p.11) :
« Les équipements EXAO ont été fournis par les sociétés Jeulin. »

Dans « 3. REGLEMENTATION ET ORGANISATION PRATIQUE

3.4 MODALITES, OBJECTIFS ET GRILLES D'EVALUATION DES EPREUVES ORALES

3.4.1 Leçon dite de démonstration » (p. 57) :

« Du matériel complémentaire est disponible sur demande, le candidat se doit de rechercher des documents (dans les ouvrages disponibles à la bibliothèque) et des supports concrets complémentaires nécessaires à sa démonstration (roches, minéraux, échantillons animaux et/ou végétaux, cartes, diapositives, films, vidéos, CD Roms, logiciels de la bibliothèque numérique, matériels et résultats d'expériences par exemple). Une part conséquente de l'évaluation porte sur cette recherche. »

Dans « 3. REGLEMENTATION ET ORGANISATION PRATIQUE

3.5 MATERIELS ET OUVRAGES MIS A LA DISPOSITIONS DES CANDIDATS

3.5.1 Matériels » (p. 59) :

« Depuis la session 2003, chaque candidat dispose également d'un poste informatique équipé de la bibliothèque numérique mise à la liste.

Par ailleurs, selon les sujets des leçons, chaque candidat peut disposer de microscopes, de loupes binoculaires, de diapositives, de vidéogrammes, de transparents et du matériel nécessaire à la réalisation d'expériences, éventuellement assistées par ordinateur.

A la demande des candidats, des éléments sont à leur disposition, en particulier :

- en sciences de la Terre et de l'Univers : la majeure partie des cartes géologiques au 1/50 000, de nombreuses cartes spécifiques (éditions UNESCO, CCGM, Universités diverses,….), des échantillons de roches, des lames minces, des diapositives, des logiciels,…
- en biologie et physiologie cellulaires, biologie moléculaire: des préparations microscopiques, des photographies de microscopie électronique, divers kits de biologie cellulaire et d'immunologie, des microorganismes (levures, chlorelles,…), des diapositives, des logiciels,…
-en biologie et physiologie des organismes: des échantillons frais de plantes, fournis par le Muséum National d'Histoire Naturelle, du matériel vivant, des échantillons de collection, des préparations microscopiques d'histologie animale et végétale, des diapositives, de logiciels… »

Une liste de logiciels disponibles p. 99-102 (voir annexe 6 - e).

Dans « 6. COMMENTAIRES DES EPREUVES ORALES

6.1 ASPECT GENERAL ET COMMENTAIRES DU JURY

6.1.2 Leçons portant sur les programmes de connaissances générales ou sur celui des questions scientifiques d'actualité » (p. 134) :

« Cette année, nous avons pu constater que l'informatique, comme lors de la session 2003, a été utilisée mais trop fréquemment comme une simple figure d'ouvrage, sans tirer profit des possibilités d'animation ou d'interactivité qu'elle peut offrir. »

Rapport de l'agrégation externe 2005
Dans « 1.PRESENTATION DU CONCOURS
1.3 LE DEROULEMENT DU CONCOURS 2005
1.3.2. Le déroulement pratique des épreuves d'admission du concours. » (p.10) :
« Les équipements EXAO ont été fournis par les sociétés Jeulin. »

Dans « 3. REGLEMENTATION ET ORGANISATION PRATIQUE
3.5 MATERIELS ET OUVRAGES MIS A LA DISPOSITIONS DES CANDIDATS
3.5.1 Matériels » (p. 58) :
« Depuis la session 2003, chaque candidat dispose également d'un poste informatique équipé de la bibliothèque numérique mise à la liste.
Par ailleurs, selon les sujets des leçons, chaque candidat peut disposer de microscopes, de loupes binoculaires, de diapositives, de vidéogrammes, de transparents et du matériel nécessaire à la réalisation d'expériences, éventuellement assistées par ordinateur.
A la demande des candidats, des éléments sont à leur disposition, en particulier :
- en sciences de la Terre et de l'Univers : la majeure partie des cartes géologiques au 1/50 000, de nombreuses cartes spécifiques (éditions UNESCO, CCGM, Universités diverses,….), des échantillons de roches, des lames minces, des diapositives, des logiciels,…
- en biologie et physiologie cellulaires, biologie moléculaire : des préparations microscopiques, des photographies de microscopie électronique, divers kits de biologie cellulaire et d'immunologie, des microorganismes (levures, chlorelles,…), des diapositives, des logiciels,…
- en biologie et physiologie des organismes : des échantillons frais de plantes, fournis par le Muséum National d'Histoire Naturelle, du matériel vivant, des échantillons de collection, des préparations microscopiques d'histologie animale et végétale, des diapositives, des logiciels… »

Dans « 3. REGLEMENTATION ET ORGANISATION PRATIQUE
3.4 MODALITES, OBJECTIFS ET GRILLES D'EVALUATION DES EPREUVES ORALES
3.4.1 Leçon dite de démonstration » (p. 56) :
« Du matériel complémentaire est disponible sur demande, le candidat se doit de rechercher des documents (dans les ouvrages disponibles à la bibliothèque) et des supports concrets complémentaires nécessaires à sa démonstration (roches, minéraux, échantillons animaux et/ou végétaux, cartes, diapositives, films, vidéos, CD Roms, logiciels de la bibliothèque numérique, matériels et résultats d'expériences par exemple). Une part conséquente de l'évaluation porte sur cette recherche. »

Une liste de logiciels disponibles p. 134-136 (voir annexe 6 - e).

Rapport de l'agrégation externe 2006
Dans « 1.PRESENTATION DU CONCOURS
1.3 LE DEROULEMENT DU CONCOURS 2006
1.3.2. Le déroulement pratique des épreuves d'admission du concours. » (p.10) :
« Les équipements EXAO ont été fournis par les sociétés Jeulin. »

Dans « 3. REGLEMENTATION ET ORGANISATION PRATIQUE
3.4 MODALITES, OBJECTIFS ET GRILLES D'EVALUATION DES EPREUVES ORALES » (p. 59-60) :
« Du matériel complémentaire est disponible sur demande, le candidat se doit de rechercher des documents (dans les ouvrages disponibles à la bibliothèque) et des supports concrets complémentaires nécessaires à sa démonstration (roches, minéraux, échantillons animaux et/ou végétaux, cartes, diapositives, films, vidéos, CD Roms, logiciels de la bibliothèque numérique, matériels et résultats d'expériences par exemple). Une part conséquente de l'évaluation porte sur cette recherche. »

Dans « 3. REGLEMENTATION ET ORGANISATION PRATIQUE
3.5 MATERIELS ET OUVRAGES MIS A LA DISPOSITIONS DES CANDIDATS
3.5.1 Matériels » (p. 62) :
« Depuis la session 2003, chaque candidat dispose également d'un poste informatique équipé de la bibliothèque numérique mise à la liste.
Par ailleurs, selon les sujets des leçons, chaque candidat peut disposer de microscopes, de loupes binoculaires, de diapositives, de vidéogrammes, de transparents et du matériel nécessaire à la réalisation d'expériences, éventuellement assistées par ordinateur.
À la demande des candidats, des éléments sont à leur disposition, en particulier :
· en sciences de la Terre et de l'Univers : la majeure partie des cartes géologiques au 1/50 000, de nombreuses cartes spécifiques (éditions UNESCO, CCGM, Universités diverses,….), des échantillons de roches, des lames minces, des diapositives, des logiciels,…
· en biologie et physiologie cellulaires, biologie moléculaire: des préparations microscopiques, des photographies de microscopie électronique, divers kits de biologie cellulaire et d'immunologie, des microorganismes (levures, chlorelles,…), des diapositives, des logiciels,…
· en biologie et physiologie des organismes: des échantillons frais de plantes, fournis par le Muséum National d'Histoire Naturelle, du matériel vivant, des échantillons de collection, des préparations microscopiques d'histologie animale et végétale, des diapositives, des logiciels… »

Une liste de logiciels disponibles p. 103-104 (voir annexe 6 - e).

Dans « 5. COMMENTAIRES DES ÉPREUVES PRATIQUES
5.4 TRAVAUX PRATIQUES DE CONTRE OPTION A.
5.4.2. Commentaires du jury. » (p. 125) :

« Document 3 :
· la technique : structure des protéines obtenues par diffraction des rayons X à partir de protéines cristallisées, modélisation par ordinateur. »

Dans « 6. COMMENTAIRES DES EPREUVES ORALES
6.1 ASPECT GENERAL ET COMMENTAIRES DU JURY » (p. 133) :
« Le jury souhaiterait souligner l'importance de la démarche expérimentale et inviter les candidats à soigner les manipulations (dissections, EXAO, exploitation de cartes, calculs etc) et notamment à ne pas hésiter à manipuler pendant la leçon, de façon à bien relier les notions exposées à des objets concrets. »

Rapport de l'agrégation externe 2007
Dans « 1.PRESENTATION DU CONCOURS
1.3 LE DEROULEMENT DU CONCOURS 2007
1.3.2. Le déroulement pratique des épreuves d'admission du concours. » (p.15) :
« Les équipements EXAO ont été fournis par les sociétés Jeulin. »

Dans « 3. REGLEMENTATION ET ORGANISATION PRATIQUE
3.4 MODALITES, OBJECTIFS ET GRILLES D'ÉVALUATION DES EPREUVES ORALES » (p. 39) :
« Du matériel complémentaire est disponible sur demande, le candidat se doit de rechercher des documents (dans les ouvrages disponibles à la bibliothèque) et des supports concrets complémentaires nécessaires à sa démonstration (roches, minéraux, échantillons animaux et/ou végétaux, cartes, diapositives, films, vidéos, CD Roms, logiciels de la bibliothèque numérique, matériels et résultats d'expériences par exemple). Une part conséquente de l'évaluation porte sur cette recherche. »

Dans « 3. REGLEMENTATION ET ORGANISATION PRATIQUE
3.6 MATERIELS ET OUVRAGES MIS À LA DISPOSITIONS DES CANDIDATS » (p. 45) :
« Lors des épreuves orales d'admission, les candidats disposent, dans chaque salle, d'un matériel audiovisuel classique (rétroprojecteur, projecteur de diapositives, magnétoscope et téléviseur, dispositif de vidéo - microscopie) et des listes des diapositives, des transparents, et des cassettes vidéo et CD Roms disponible. Chaque candidat dispose également d'un poste informatique équipé de la bibliothèque numérique mise à la liste.
Par ailleurs, selon les sujets des leçons, chaque candidat peut disposer de microscopes, de loupes binoculaires, de diapositives, de vidéogrammes, de transparents et du matériel nécessaire à la réalisation d'expériences, éventuellement assistées par ordinateur.
À la demande des candidats, des éléments sont à leur disposition, en particulier :

• en sciences de la Terre et de l'Univers : la majeure partie des cartes géologiques au 1/50 000, de nombreuses cartes spécifiques (éditions UNESCO, CCGM, Universités diverses,….), des échantillons de roches, des lames minces, des diapositives, des logiciels,…
• en biologie et physiologie cellulaires, biologie moléculaire: des préparations microscopiques, des photographies de microscopie électronique, divers kits de biologie cellulaire et d'immunologie, des microorganismes (levures, chlorelles,…), des diapositives, des logiciels,…
• en biologie et physiologie des organismes: des échantillons frais de plantes, fournis par le Muséum National d'Histoire Naturelle, du matériel vivant, des échantillons de collection, des préparations microscopiques d'histologie animale et végétale, des diapositives, des logiciels… »

Une liste de logiciels disponibles p. 76-77 (voir annexe 6 - e).

Dans « 6. COMMENTAIRES DES EPREUVES ORALES
6.1 Commentaires généraux concernant les épreuves orales » (p. 325) :
« Le jury souhaiterait souligner l'importance de la démarche expérimentale et inviter les candidats à soigner les manipulations (dissections, EXAO, exploitation de cartes, calculs etc.) et notamment à ne pas hésiter à manipuler pendant la leçon, de façon à bien relier les notions exposées à des objets concrets. »

Rapport de l'agrégation externe 2008
Dans « 1.PRESENTATION DU CONCOURS
1.3 LE DEROULEMENT DU CONCOURS 2008
1.3.2. Le déroulement pratique des épreuves d'admission du concours. » (p.12) :
« Les équipements EXAO ont été fournis par les établissements Jeulin©. »

Dans « 3. REGLEMENTATION ET ORGANISATION PRATIQUE
3.4 MODALITES, OBJECTIFS ET GRILLES D'ÉVALUATION DES EPREUVES ORALES
3.4.1 Leçon dite de spécialité (leçon portant sur le programme de spécialité) » (p. 43) :
« Du matériel complémentaire est disponible sur demande, le candidat se doit de rechercher des documents (dans les ouvrages disponibles à la bibliothèque) et des supports concrets complémentaires nécessaires à sa démonstration (roches, minéraux, échantillons animaux et/ou végétaux, cartes, diapositives, films, vidéos, CD Roms, logiciels de la bibliothèque numérique, matériels et résultats d'expériences par exemple). Une part conséquente de l'évaluation porte sur cette recherche. »

Dans « 3. REGLEMENTATION ET ORGANISATION PRATIQUE
3.6 MATERIELS ET OUVRAGES MIS À LA DISPOSITIONS DES CANDIDATS » (p. 49-50) :

« Lors des épreuves orales d'admission, les candidats disposent, dans chaque salle, d'un matériel audiovisuel classique (rétroprojecteur, projecteur de diapositives, magnétoscope et téléviseur, dispositif de vidéo - microscopie) et des listes des diapositives, des transparents, et des cassettes vidéo et CD Roms disponible. Chaque candidat dispose également d'un poste informatique équipé de la bibliothèque numérique mise à la liste.
Par ailleurs, selon les sujets des leçons, chaque candidat peut disposer de microscopes, de loupes binoculaires, de diapositives, de vidéogrammes, de transparents et du matériel nécessaire à la réalisation d'expériences, éventuellement assistées par ordinateur. Cinq vidéoprojecteurs sont également disponibles.
À la demande des candidats, des éléments sont à leur disposition, en particulier :
• en sciences de la Terre et de l'univers : la majeure partie des cartes géologiques au 1/50 000, de nombreuses cartes spécifiques (éditions UNESCO, CCGM, Universités diverses,….), des échantillons de roches, des lames minces, des diapositives, des logiciels,…
• en biologie et physiologie cellulaires, biologie moléculaire: des préparations microscopiques, des photographies de microscopie électronique, divers kits de biologie cellulaire et d'immunologie, des microorganismes (levures, chlorelles,…), des diapositives, des logiciels,…
• en biologie et physiologie des organismes: des échantillons frais de plantes, fournis par le Museum National d'Histoire Naturelle, du matériel vivant, des échantillons de collection, des préparations microscopiques d'histologie animale et végétale, des diapositives, des logiciels… »

Une liste de logiciels disponibles p. 85-86 (voir annexe 6 - e).

Dans « Commentaires généraux sur les épreuves orales » (p. 365) :
« Le jury souhaiterait souligner l'importance de la démarche expérimentale et inviter les candidats à réaliser des manipulations rigoureuses et soignées (dissections, coupes, EXAO, exploitation de cartes, calculs etc.) et notamment à ne pas hésiter à manipuler pendant la leçon, de façon à bien relier les notions exposées à des objets concrets. »

Rapport de l'agrégation externe 2009
Dans « 1.PRESENTATION DU CONCOURS
1.3 LE DEROULEMENT DU CONCOURS 2009
1.3.2. Le déroulement pratique des épreuves d'admission du concours. » (p.14) :
« Les équipements EXAO ont été fournis par les établissements Jeulin et Sordalab. »

Dans « AGREGATION DE SV-STU 2009 : oral secteur B
Commentaires généraux » :
« Le jury souhaiterait souligner l'importance de la démarche expérimentale et inviter les candidats à soigner les manipulations (dissections, EXAO, exploitation de cartes, calculs etc.)

et notamment à ne pas hésiter à manipuler pendant la leçon, de façon à bien relier les notions exposées à des objets concrets. »

Une liste de logiciels disponibles p. 381-382 (voir annexe 6 - e).

Rapport de l'agrégation externe 2010
Dans « 1.PRESENTATION DU CONCOURS
1.3 LE DEROULEMENT DU CONCOURS 2010
1.3.2. Le déroulement pratique des épreuves d'admission du concours. » (p.10) :
« Les équipements EXAO ont été fournis par les établissements Jeulin et Sordalab. »

Dans « TRAVAUX PRATIQUES DE SPECIALITÉ DU SECTEUR B
Matériel à disposition du candidat » (p. 133) :
« - Un système d'ExAO comprenant une électrode à dioxygène (mesures exprimées en pourcentage), une électrode à dioxyde de carbone (mesures exprimées en ppm) et le système informatisé d'acquisition de données (fréquence d'acquisition réglable de 1 par seconde à 1 par minute) ; »

Dans « 6. ÉPREUVES ORALES
6.7 ÉPREUVES DE SPÉCIALITÉ
6.7.3 Commentaire particulier concernant les leçons d'option B » (p. 262) :
« Le jury souligne l'importance de l'observation et de la démarche expérimentale et invite les candidats à manipuler avec soin pendant la leçon (dissections, EXAO, calculs, etc), de façon à bien relier les notions exposées à des objets concrets. »

Rapport de l'agrégation externe 2011
Dans « 1.PRESENTATION DU CONCOURS
1.3 LE DEROULEMENT DU CONCOURS 2011
1.3.2. Le déroulement pratique des épreuves d'admission du concours. » (p. 8) :
« Les équipements EXAO ont été fournis par les établissements Jeulin (M. Kheloui) et Sordalab (M Maurel). »

Dans « 6.1 ÉPREUVES DE SPÉCIALITÉ
6.1 Commentaires généraux commun à toutes les options
6.1.5 Commentaire particulier concernant les leçons d'option A » (p. 275) :
« Il faut souligner la très grande disponibilité de l'équipe technique du concours qui tient à la disposition des candidats une grande quantité de matériel biologique prêt à l'emploi, depuis les échantillons qui peuvent être présentés en l'état jusqu'aux dispositifs d'expérimentation complexes (ExAO par exemple). L'utilisation de ce matériel permettrait aux candidats de

montrer leur savoir-faire techniques et de répondre par la même occasion aux deux points mentionnés ci-dessus (adopter une démarche explicative et travailler à différentes échelles). »

Dans « 6.1 ÉPREUVES DE SPÉCIALITÉ
6.1 Commentaires généraux commun à toutes les options
6.1.6 Commentaire particulier concernant les leçons d'option B
6.1.6.4 Utilisation pertinente et rigoureuse de la documentation ou du matériel fournis ou demandés » (p. 277) :
« Le jury souligne l'importance de l'observation et de la démarche expérimentale et invite les candidats à manipuler avec soin pendant la leçon (dissections, EXAO, calculs, etc.), de façon à bien relier les notions exposées à des objets concrets. »

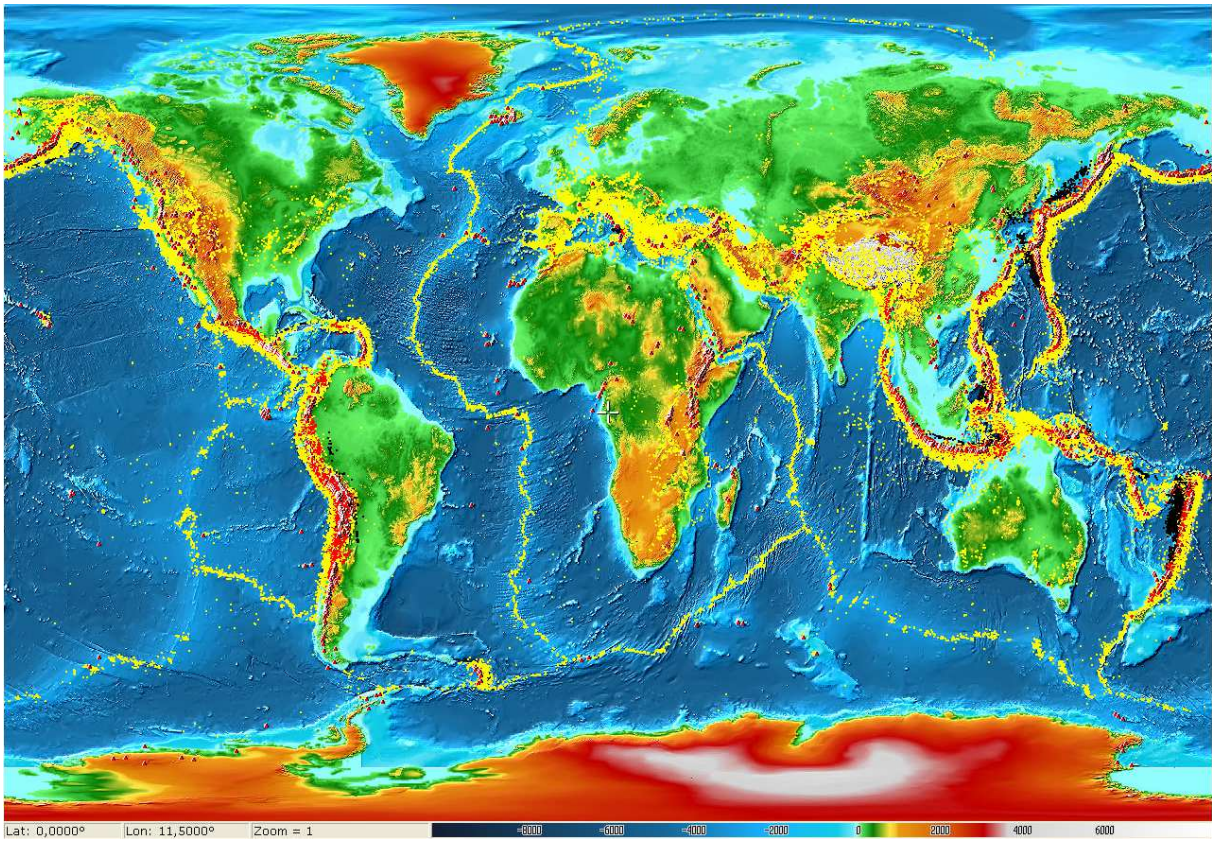
Annexe 6 - d : Textes relevés dans les rapports de l'agrégation interne

Rapport de l'agrégation interne 2003
Dans « L'EPREUVE DE COMPOSITION A PARTIR D'UN DOSSIER
Question 2 » (p. 21) :
« (Séance pratique avec dispositifs ExAO. La moitié du groupe travaille sur les algues, l'autre sur la levure). »

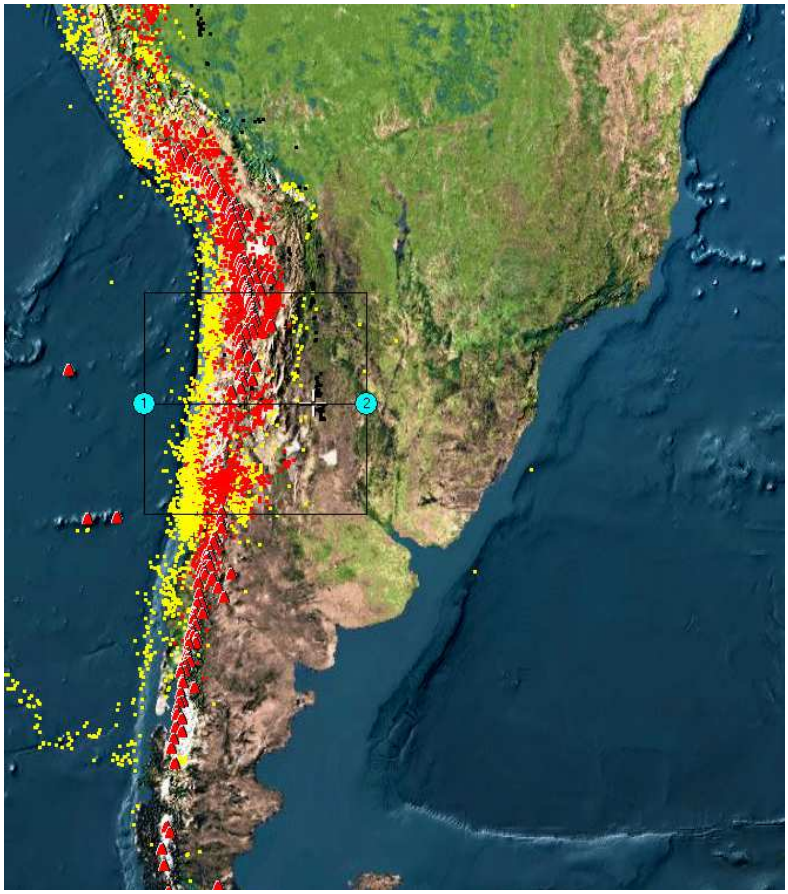
Dans « LES EPREUVES ORALES D'ADMISSION
II- Les attentes du jury » (p. 41) :
« Le jury a apprécié une utilisation de l'ExAO plus fréquente que lors des sessions antérieures ; mais il conviendra de porter une plus grande attention à la préparation de la mesure : bonne prise en compte de tous les paramètres, état du matériel biologique dans les conditions de l'expérimentation, réglage, organisation du plan de travail… autant de compétences qui sont exigées des élèves. »

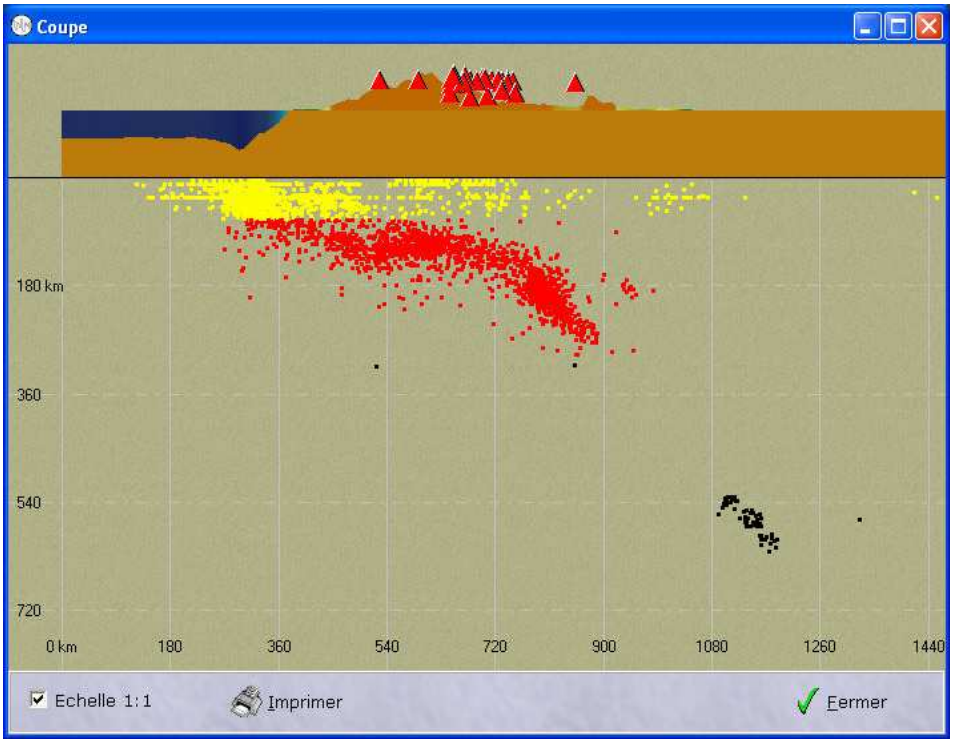
Rapport de l'agrégation interne 2004
Dans « CONSTATS SUR LA FORME ET RECOMMANDATIONS GENERALES » (p. 26) :
« - confusion entre Exao et logiciels de simulation ; »

Rapport de l'agrégation interne 2005
Dans l'épreuve du sujet sur dossier :
« Document 2 : Carte de la répartition du volcanisme et des séismes à la surface du globe (*Logiciel Sismolog*).



Document 3 : Carte de l'Amérique du sud avec séismes et volcanisme et coupe suivant le tracé 1 – 2. *(Logiciel Sismolog)*

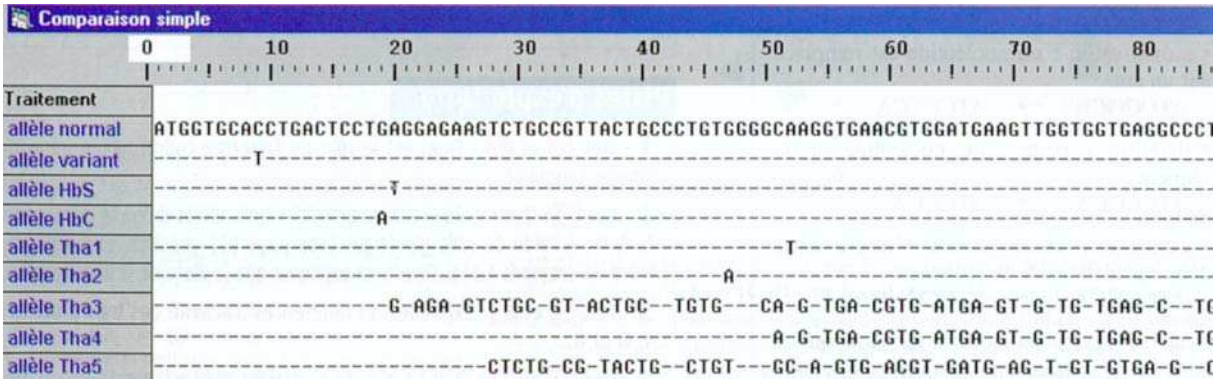




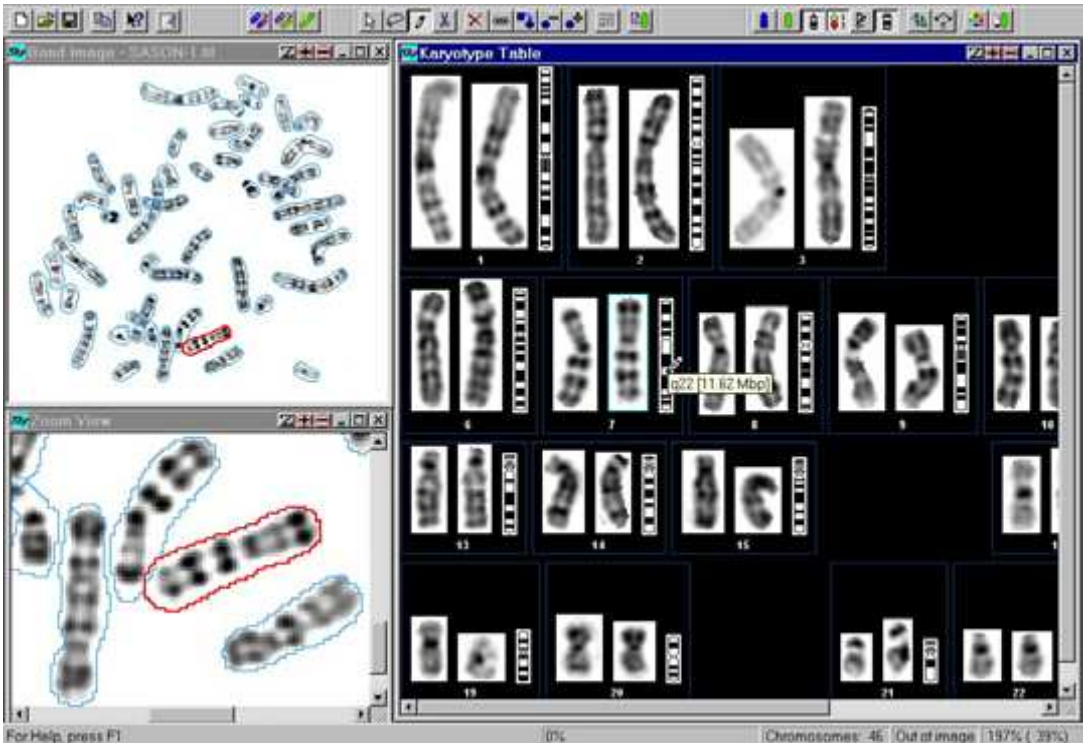
A partir du document 3, on peut proposer une séance incluant l'utilisation du logiciel

« SISMOLOG » qui permet de s'interroger sur l'origine de l'existence de séismes profonds, à plus de 600 km, témoignant de la présence anormale d'une zone rigide dans l'asthénosphère alors que l'épaisseur moyenne des plaques ne dépasse pas 100 km. L'outil "coupe" du logiciel conduit à une représentation plongeante de la localisation des foyers et un travail sur papier permettra aux élèves de proposer des tracés dont l'un correspond à une hypothèse non testable mais non démentie : des matériaux s'enfoncent.
Le logiciel peut aussi être utilisé pour mettre en évidence l'existence de fosses, de séismes profonds avec l'enfoncement de la lithosphère océanique aux frontières de convergence. Les compétences visées ici étant essentiellement : **s'informer et raisonner**. On fait également appel aux compétences informatiques des élèves. Ces compétences pourront faire l'objet d'une validation dans le cadre du **B2i.** »

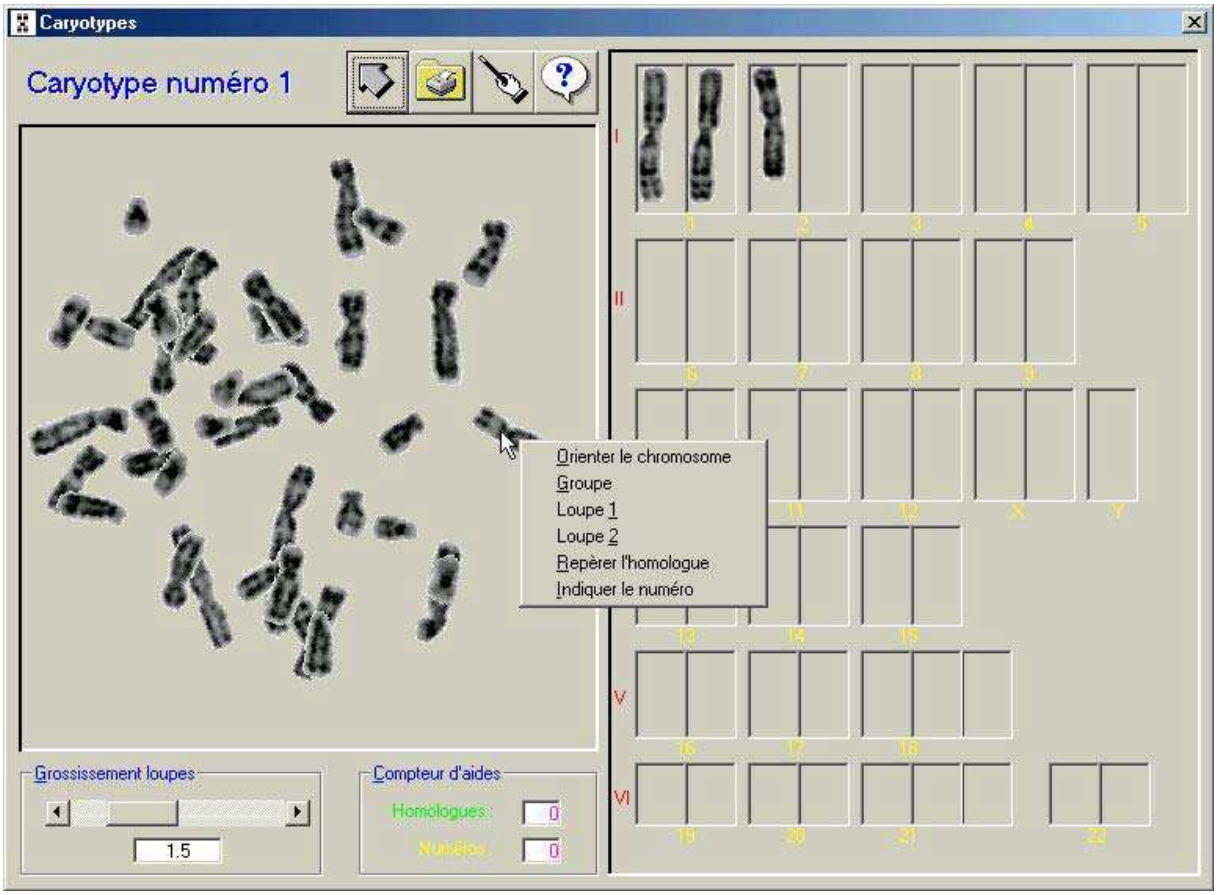
Rapport de l'agrégation interne 2006
Dans l'épreuve du sujet sur dossier :
«



Document 9
Séquences alignées de différents allèles du gène β-globine chez l'homme.
HbS représente l'allèle drépanocytaire.
HbC est impliqué dans une hémoglobinose.
Tha désigne des allèles impliqués dans différentes thalassémies.
Copie d'écran du logiciel Anagène.
Source : Sciences de la vie et de la Terre, terminale S, collection Tavernier – Lizeaux, éd. Bordas, 2002 »
[…]
« Document 13
Classement des chromosomes.
Copie d'écran de deux logiciels qui permettent de classer les chromosomes dans un caryotype :



a) logiciel SkyView (© Applied Spectral Imaging) utilisé en milieu hospitalier et en recherche pour classer les chromosomes à partir d'images de plaques métaphasiques ;



b) logiciel Caryotype (© Jeulin) qui génère des images aléatoires de chromosomes non classés. »

Rapport de l'agrégation interne 2006

Rien

Rapport de l'agrégation interne 2008

Dans l'épreuve du sujet sur dossier :

«

Document 11

Tableau de partage des caractères pour une collection d'animaux de la campagne.

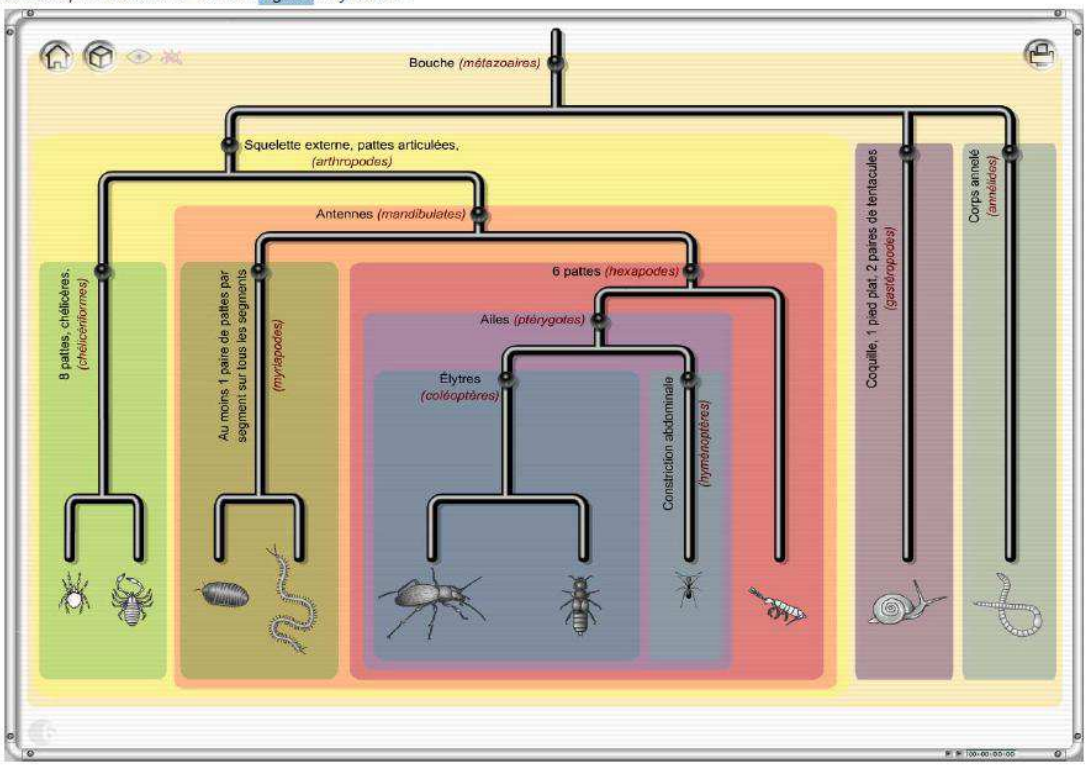
Logiciel Phyloboîte.

Collection numéro 3	Yeux, bouche	Squelette externe	Squelette interne	Nageoires à rayons	Quatre membres	Plumes	Poils et mamelles	Corps annelé	Coquille enroulée	Élytres
Vache (LT: 210 cm, LQ: 65 cm)	*		*		*		*			
Doryphore (LT: 1,2 cm)	*	*								*
Merle noir (LT: 25 cm)	*		*		*	*				
Truite commune (LT: 30 cm)	*		*	*						
Lapin (LT: 45 cm)	*		*		*		*			
Oie domestique (LT: 80 cm)	*		*		*	*				
Escargot (LT: 5 cm)	*								*	
Bourdon (LT: 2 cm)	*	*								
Lombric (LT: 2 à 10 cm)	*							*		

Document 12

Collection d'animaux du sol.

Page écran obtenue après traitement avec le logiciel Phyloboîte.



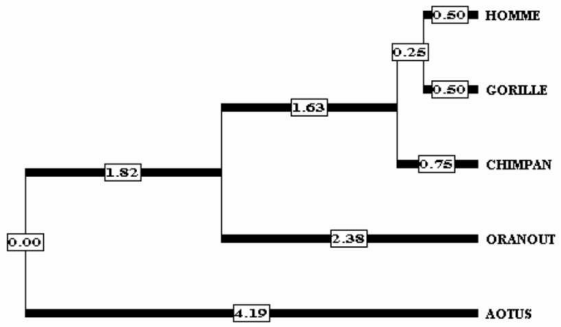
Document 13

Matrice des différences obtenue en comparant les séquences de deux protéines (prion et protamine P2) chez quatre espèces de Primates, et arbres phénétiques correspondants.

Logiciel Phylogène.

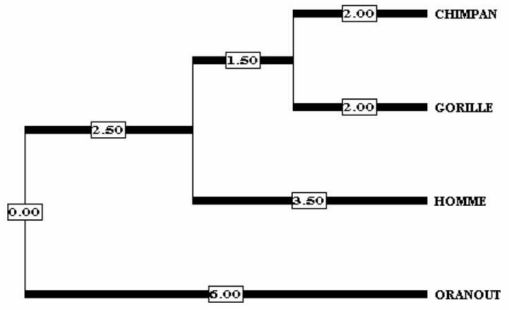
prion

	AOTUS	HOMME	CHIMPAN	GORILLE	ORANOUT
AOTUS	0	10	10	9	7
HOMME		0	2	1	5
CHIMPAN			0	1	5
GORILLE				0	4
ORANOUT					0



protamine P2

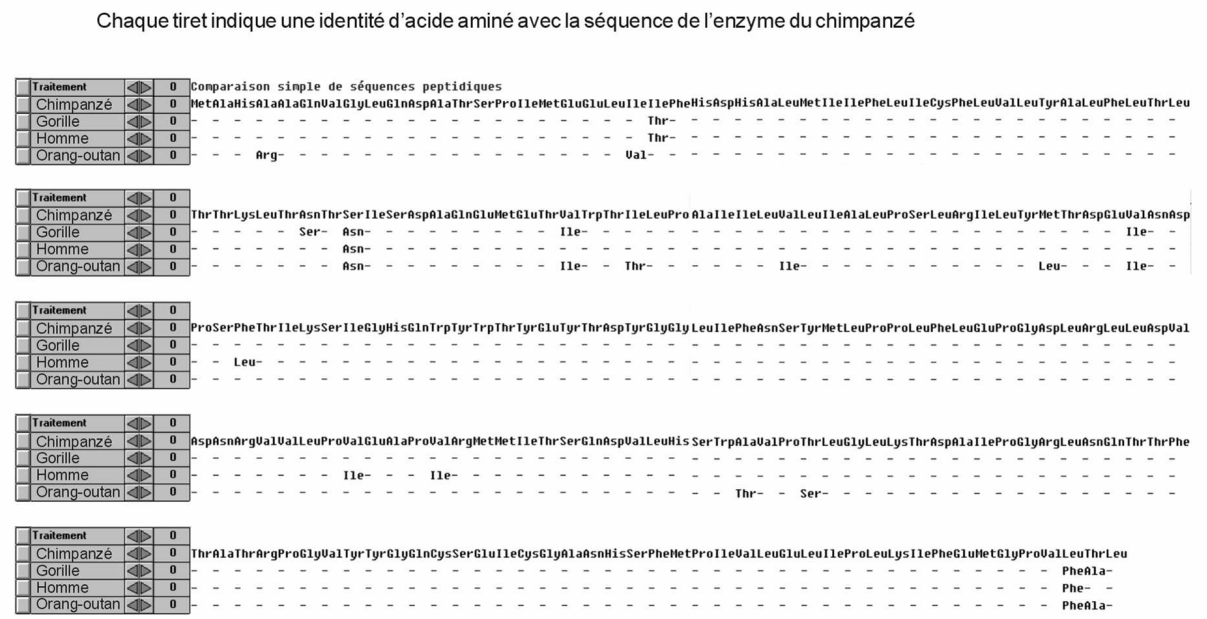
	CHIMPAN	GORILLE	HOMME	ORANOUT
CHIMPAN	0	4	7	11
GORILLE		0	7	13
HOMME			0	12
ORANOUT				0



Document 14

Comparaison des séquences des 227 acides aminés d'une enzyme : la cytochrome oxydase chez les Hominoïdés.

Logiciel Anagène.



Les documents 11 et 12 étaient des copies d'écran extraites du logiciel « Plyloboîte ». Ici aussi, le jury souhaitait suggérer la mise en place d'une activité intégrant l'utilisation des technologies de l'information et de la communication. Le candidat pouvait ainsi utilement proposer une situation permettant de former aux compétences du référentiel du B2I collège, sans pour autant aller nécessairement jusqu'à une validation à ce niveau d'enseignement. Les compétences suivantes pouvaient utilement être mobilisées :

- domaine 1 « s'approprier un environnement informatique de travail », avec un travail par groupe sur le logiciel installé dans l'espace défini pour les élèves ;
- domaine 3 « créer, produire, traiter, exploiter des données », par la réalisation d'un tableau de partage et la constitution de groupes emboîtés.

Le travail en parallèle sur logiciel peut aider à cet apprentissage, mais le professeur doit veiller à l'appropriation par les élèves de la démarche suivie. Par ailleurs, la production réalisée devra être effectivement intégrée dans la trace écrite conservée par les élèves dans leur cahier/classeur.

La 1ère activité a souvent été intégrée dans la partie 1 à partir des animaux observés au cours de la sortie et la 2ème dans la partie 3 (choix qui était induit par les documents proposés dans le dossier). La progressivité a porté dans quelques copies sur le fait que l'on classe d'abord avec des boîtes et ensuite avec le logiciel, dans l'optique de valider le B2i. Ceci ne peut se justifier que si les étapes de construction à partir des caractères partagés ont été clairement établies

dans un premier temps. D'autre part, la validation de compétences du B2I en sixième n'est envisageable que pour certains items, déjà bien préparés par le B2i école ; pour les autres on se situe ici davantage dans une situation d'apprentissage. »

Rapport de l'agrégation interne 2009

« L'utilisation des TIC devrait progressivement être favorisée à l'oral, pour permettre aux candidats de trouver des conditions de présentation plus proches de celles de leur pratique quotidienne. Dès cette année, une « clé étamine » comme celle dont les données sont téléchargeables sur le « site enseignant » hébergé dans l'académie de Toulouse, a été mise à la disposition des candidats pour les épreuves de travaux pratiques.

Elle comprend des logiciels directement utilisables et a permis une plus grande souplesse dans leur utilisation. Un renforcement de la base de données, en particulier d'images numérisées, est actuellement à l'étude et devrait progressivement compléter l'ensemble de photographies et diapositives qui resteront néanmoins à la disposition de tous.

Le document 7 peut servir de support à l'hypothèse selon laquelle deux variétés de navet (jaune et violet) n'ont pas la même enzyme ce qui motive l'étude de familles enzymatiques (G6PD). Le document 8 non issu de l'expérimentation pourrait s'intégrer au cours ou être utilisé pour conclure une activité utilisant le logiciel « Anagène ». »

[…]

« Lecture et utilisation des documents

Beaucoup de candidats se sont clairement appuyés sur des expérimentations réalisées en classe et sur l'utilisation de logiciels de modélisation. Ils ont parfois choisi de proposer des activités reposant sur l'amylase salivaire avec pour but de montrer la différence entre catalyseur et biocatalyseur. On pouvait en faire l'économie pour rester centré sur le complexe enzyme substrat qui constitue le cœur du sujet et du programme de première S. »

[…]

« Certains logiciels comme « Sismolog » ou « Diet » ne sont pas intégrés dans la clé Etamine mais restent disponibles à partir de postes fixes intégrés dans les salles de Travaux Pratiques. »

[…]

« La nouvelle clé « Etamine concours agrégation » propose divers supports (liste en annexe 1). Son utilisation suppose une maîtrise minimale des logiciels. »

Image de molécule en 3D

Les rapports de l'agrégation interne 2010 – 2011

Mêmes phrases :

« Bien que la connaissance des divers domaines définis dans le BO n° 29 du 20 juillet 2006 ne soit pas exigible, il est cependant attendu que les capacités inscrites dans ces domaines et contextualisées dans le TP proposé soient bien identifiées comme, par exemple, « savoir

utiliser des logiciels », « organiser la composition d'un document numérique » ou « consulter des bases de ressources documentaires ». »
[…]
« Chaque salle possède un « équipement standard » comprenant, outre un microscope et une loupe binoculaire, un rétroprojecteur et un projecteur de diapositives, un ordinateur associé à une « clé étamine-concours ». Il s'agit d'une clé USB associée à l'ordinateur, sur laquelle sont implantées un certain nombre de ressources fournies en annexe. Sa particularité est de permettre à certains logiciels de fonctionner sans être installés sur l'ordinateur, détail pratique qui rend possible la mise en œuvre des vingt-quatre ordinateurs nécessaires avec en contrepartie un léger ralentissement du fonctionnement. Par rapport à la clé étamine proprement dite, téléchargeable sur le site de l'académie de Toulouse, celle du concours contient des programmes commerciaux utilisés couramment dans les établissements et ne peut donc pas être mise à la libre disposition de tous.
Elle comporte différents textes réglementaires, la banque nationale des fiches de protocoles et des fiches techniques extraites des sites nationaux coordonnés par l'inspection générale de sciences de la vie et de la Terre : site « activités pratiques en SVT » et site « sécurité et responsabilité en SVT », les banques de sujets de l'épreuve d'ECE des deux dernières années... L'attention des candidats est attirée sur le fait que les logiciels et les bases de données sont fournis à l'état brut sans traitements préenregistrés. Ils devront donc faire la preuve de leur capacité à utiliser ces supports de manière autonome
Certains logiciels comme « Sismolog » ou « Diet » ne sont pas intégrés dans la clé mais restent disponibles à partir de postes fixes intégrés dans les salles de Travaux Pratiques. .
Le sommaire du contenu de la clé est proposé en annexe 2. Les modifications apportées pour le concours 2011 seront indiquées le moment venu sur le site de l'agrégation interne. »
[…]
« La nouvelle clé « Etamine concours agrégation » propose divers supports (liste en annexe 1). Son utilisation suppose une maîtrise minimale des logiciels. Les bases de données associées permettent de traiter le plus grand nombre de sujets ; le candidat est amené à utiliser les exemples disponibles, qui ne sont pas forcément ceux utilisés dans sa classe. Les traitements de données n'étant pas intégrés et réalisés, elles impliquent une action volontaire du candidat. D'autres données fournies peuvent servir de base à des activités (pollen, GPS). »

Annexe 6 - e : Synthèse des logiciels proposés aux concours de recrutement

Nom du logiciel	Agrégation externe				CAPES externe	
	2003 à 2004	2005	2006 à 2009	Site web	2006	2007
3D Cellule	x	x	x	x	x	
ADN	x	x	x	x	x	
Airy	x	x	x	x	x	
Anagène	x	x	x	x	x	x

Explorer la Terre : la télédétection	x	x	x	x	x	
Glycémie	x	x	x	x	x	x
Information génétique	x	x	x	x	x	
La lignée humaine	x	x	x	x	x	x
Mesurim	x	x	x	x	x	x
Metamod	x	x	x	x	x	
Molusc	x	x	x	x	x	x
Ocean Data View	x	x		x		
Ondes P	x	x	x	x	x	x
Oxygène	x	x	x	x	x	x
Paleovu	x	x	x	x	x	x
Phylogène	x	x	x	x	x	x
Physiologie du sport	x	x	x	x	x	
Potact	x	x	x	x	x	
Protéine Explorer	x	x	x		x	
Radiochronologie	x	x	x	x	x	x
Rastop	x	x	x	x	x	x
Récepteur, neurone, synapse	x	x	x	x	x	
Réflexe de fuite de la Blatte	x	x	x	x	x	
Seisvole et seiswave	x	x	x	x	x	
Sismique réflexion	x	x	x	x	x	x
Sismique réfraction	x	x	x	x	x	x
Sismolog	x	x	x	x	x	x
Subduction et magmatisme		x	x	x	x	
Surfaces d'échange	x	x	x	x	x	x
Tableur	x	x	x	x	x	
Tectoglob		x	x	x	x	x
Terre	x	x	x	x	x	
Titus	x	x	x	x	x	x
Tri_GPS		x				x
Win Synapses	x	x	x	x	x	

Tableau 7 Liste des logiciels aux concours externe de l'agrégation et du CAPES

Nom du logiciel	Agrég et CAPES interne	Agrég interne	CAPES interne
	2010	2011	
Amélioration des plantes autogames	x	x	x
Anagène	x	x	x
Atmosphère		x	x
Brassage intrachromosomique		x	x
Calendrier géologique	x		
Carremultimédia collège	x	x	x
Carremultimédia lycée	x	x	x
CCM		x	x
Cellule 3D		x	x
Chronocoupe	x	x	x

Classification	x	x	x
Cœur		x	x
Différenciation sexuelle		x	x
Educarte	x	x	x
Evolution allélique		x	x
Failles		x	x
Formation des Alpes	x	x	x
GenieGen		x	x
Google earth	x	x	x
Homininés	x	x	x
La fin des temps glaciaires	x	x	x
La réplication de l'ADN		x	x
La lignée humaine	x	x	x
Les minéraux des roches au microscope polarisant	x	x	x
Les roches du paysage au microscope	x	x	x
McDo			x
Méiose		x	x
Mesurim	x	x	x
Mitose		x	x
Molec 3D	x	x	x
Nerf	x	x	x
Œil		x	x
Ondes P	x	x	x
Oxygène	x	x	x
Pétroscope	x	x	x
Phyloboite	x	x	x
Phylocollège	x	x	x
Phylogène_collège	x	x	x
Phylogène_lycée	x	x	x
Phylogenia	x	x	x
Planète 3D	x	x	x
Prévention canabis	x		
Prévention ecstasy et nouvelles drogues		x	x
Pulmo		x	
Radiochronologie	x	x	x
Radiomètre	x	x	x
RasTop	x	x	x
Réaction	x	x	x
Récepteur, neurone, synapse	x	x	x
Réhor	x	x	x
Ribosome	x	x	x
SeisGramm2K	x	x	x
Subduction		x	x
Synapses	x		x
Tectoglob	x	x	x
Télédétection		x	x
Terre		x	x

Tri GPS	x	x	x
VIH		x	x
Vision des couleurs et lecture		x	x
Vision trichromatique des couleurs		x	x
Vostok		x	x

Tableau 8 Liste des logiciels aux concours interne 2010 et 2011 (clé Etamine) - Logiciels spécifiques aux SVT

Nom du logiciel	Agrég et CAPES interne	Agrég interne	CAPES interne
	2010	2011	
Audacity	x	x	x
Esbcalc		x	
FastoneCapture		x	
Freemind	x	x	x
Izarc2Go		x	
Open Office		x	
pdfviewer		x	
Pointofix		x	
SimplePostit		x	
SwiffPlayer		x	
Virtual glass		x	
VLC		x	

Tableau 9 Liste des logiciels aux concours interne 2010 et 2011 (clé Etamine) - Logiciels non spécifiques aux SVT

Nom du logiciel
Anagène
Caryotype cned
Diet jeulin
Google Earth
Mesurim
Ondes p
Phylogene
Rastop, Rasmol
Sismolog chrysis
Sismolog junior chrysis
Titus
EXAO-Respi Jeulin
EXAO-Respilom Jeulin
EXAO-Cell-c Jeulin
EXAO-Enzymo Jeulin
EXAO-Neuro Jeulin
EXAO-Refmyo Jeulin
EXAO-Win-Rad Jeulin

Tableau 10 Liste des logiciels au CAPES interne de 2005 à 2009
(Google Earth, Mesurim, EXAO-Neuro Jeulin étaient sur la liste seulement en 2008 et 2009.
Audacity a aussi été proposé en 2008.)

Annexe 7 : Liste des logiciels proposés sur le site ACCES

Logiciels		
propres à l'équipe ACCES	en développement	externes
Phylogène	Paléobiome	EdGCM
EduAnatomist		netBiodyn
Géonote		VENSIM
Calendrier géologique		WinMDI
De Visu		Ocean Data View
Anagène		RasTop
Econappe et Hydronappe		Google Earth
Géocéan		MapView SVG
Chronocoupe		InfoTerre

Tableau 11 Liste des logiciels proposés sur le site ACCES.

Source : http://acces.ens-lyon.fr/acces/logiciels consulté le 11 novembre 2011.

Annexe 8 : Transcription de l'entretien avec Naoum Salamé

Annexe 8 - a : Guide de l'entretien

Historique

Quand la décision d'introduire les logiciels de VM s'est-elle prise ?
Pourquoi ?

Comment ont-ils été introduits ?

Pourquoi avoir choisit RasMol puis RasTop ?

Y a-t-il eu des tests effectués dans des classes ?

Y a-t-il eu des travaux sur la manière dont les chercheurs utilisaient ses logiciels ?

Comment les activités avec RasTop ont-elles été conçues ?

Comment le choix des molécules a été fait ?
Comment étaient-elles distribuées ?

Quel était l'objectif d'apprentissage avec les activités des logiciels de VM ?

Ont-ils étaient présent dans les Plan Académique de Formations ?

Lien avec les programmes / l'inspection générale (Demounem, 92)

Qui a poussé leur introduction dans l'évaluation des capacités expérimentales ?

Dans quelle condition (TP, cours, par l'enseignant, l'élève) ces logiciels étaient pensé être utilisés ?

Qui a joué un rôle important dans leur introduction et leur développement ?
(Philippe Valadon, Christian Duqué)

Bilan

Est-ce qu'ils ont aujourd'hui la place que vous supposiez qu'ils auraient ?
Pourquoi ?

Opinion sur les ressources

Que pensez-vous du site de la librairiedemolécules ?

Que pensez-vous de proteopedia ?

Avez-vous eu des contacts avec Eric Martz ?

Que pensez-vous de Jmol ? Pymol ? VMD ?

Futur :

Pourquoi envisager Sirius aujourd'hui ?

Comment pensez-vous que la place de la VM va évoluer ?
Comment pensez-vous que la place de la VM devrait évoluer ?

Mes conclusions (lui demander ce qu'il en pense)

A la base l'idée était de transposer un outil scientifique dans le monde de l'éducation

Idée que les choses ont peu changés depuis 2002-2003 :

1 logiciel utilisé : RasTop

1 site web central : l'ancienne rubrique ACCES

1 pool de molécules qui n'a que peu varié depuis 2002

1 pool d'activités en lien avec ces molécules qui n'a que peu/pas varié depuis 2002

Les ressources anglophones sont peu utilisées

Utilisation durant 1 ou 2 TP dans l'année

Les activités faites sont loin de celles effectuées par des chercheurs en biologie

➔ Il y a une stabilisation et une réduction.

Annexe 8 - b : Transcription de l'entretien

Le mercredi 14 septembre 2011

N : Moi, à partir de 86-87, j'ai commencé à m'intéresser aux applications professionnelles de l'informatique dans le domaine de la biologie et de la géologie. Et dans les applications professionnelles, il y avait des applications qui relevaient du domaine de l'agriculture par exemple, « aide raisonnée » ou des choses comme ça et il y avait les applications informatiques qui étaient utilisées dans la recherche.
Tout ce que j'ai fait à cette époque, ça commence en 86-87, il faut le placer dans le cadre de ce qu'était les connaissances et les technologies et la bioinformatique à l'époque et du renouvellement des programmes qui a du avoir lieu en 89 90 quelque chose comme ça.
Donc à l'époque, dans les années 80, qu'est ce qui était en flèche ? C'était les travaux en génétique, les séquençages et à l'époque, les séquences étaient dans des banques de données internationales, elles étaient à l'EMPL, elles étaient accessibles au laboratoire de recherche à travers les réseaux ou bien à travers les CD-Rom que distribuait par exemple le MBL. Et je travaillais à l'époque avec un groupe d'enseignant et en particulier avec un IPR de l'académie de Versailles qui était là et je continue à travaillé avec lui, il s'appel Jean-Claude Hervé, et il était dans le, je sais pas si ça s'appelait déjà le groupe technique disciplinaire, c'est-à-dire le groupe qui s'occupait de la réforme des programmes. Et sachant que l'enseignement de la biologie est très sensible dans son contenu, dans son instrumentation dans une certaine mesure et dans ses méthodes d'approches à ce qui se fait dans la recherche. Il m'a semblé à l'époque que plutôt que de construire des outils fait par les enseignants directement pour l'enseignement, pourquoi ne pas utiliser dans l'enseignement les mêmes approches que celles des chercheurs avec les mêmes outils que les chercheurs. Voilà un petit peu l'idée de base.
Et à l'époque, j'ai continué d'ailleurs après à travailler dans ces domaines là, je travaille dans d'autres domaines mais j'ai appliqué à peu près le même principe dans les autres domaines. Je me suis intéressé à l'enseignement de la génétique, de l'évolution et aux outils de visualisation 3D qui commençaient à l'époque, en relation d'ailleurs avec ces 2 thématiques là, pas avec l'enseignement de la physique et de la chimie mais en biologie, en relation avec la visualisation des molécules biologique, qui allaient entrer, 'fin qui n'étaient pas encore dans les programmes mais comme les programmes étaient en cours de refonte, le moment était favorable pour faire des propositions.
Entre 86 et 89, j'ai surtout travaillé sur la génétique, c'est-à-dire, sur l'analyse de séquence et la possibilité d'introduire les séquences moléculaires comme outil au service des enseignants et des élèves donc on a commencé à travailler avec des logiciels empruntés aux chercheurs, en particulier, le premier logiciel s'appelait SEQAID, c'était un logiciel américain, j'ai contacté les auteurs américain concernant l'autorisation de traduction de ce logiciel.
En 91, on a fait avec l'ENS un colloque qui s'appel l'informatique scientifique dans l'enseignement de la biologie et de la géologie au lycée et je crois bien que c'est là que nous

avons invité pour la première fois quelqu'un du laboratoire de cristallographie de Paris VI pour lui demander de nous informer un petit peu de où ce qu'ils en étaient de la visualisation 3D, des outils qui sont disponibles, c'est Jean Delettre qui est venu et il nous fait une conférence sur l'imagerie moléculaire, principe et limite, voilà.
S : D'accord.
N : Que disait Jean Delettre à l'époque ? Il disait, pour l'instant, nous utilisons pour ces visualisations de très grosses machines, ces machines ne sont pas pour le moment à la portée des établissements scolaires. Ca c'était en 91.
Donc parallèlement on a travaillé sur l'évolution, l'évolution à partir de données moléculaires évidemment, bon mais c'est pas ça le sujet qui vous intéresse. Et moi je suis resté en contact avec les équipes du CNRS à Gif donc le laboratoire de génétique, comment il s'appel d'ailleurs ? Le centre de génétique moléculaire de Gif et avec une équipe de bioinformatique qui était à Villejuif, bon il y avait des chercheurs de tous les bords, mais en particulier des gens qui géraient un site qui s'appel infobiogen qui était un des sites de biologie moléculaire.
S : Un site web ?
N : Un site web oui. C'était l'un des sites qui était destinataire des mises à jour des séquences etc.
S : C'était une base de données comme site ?
N : Le site, alors il a disparu parce qu'il a été arrêté mais il y avait plein de choses là dedans. C'était une passerelle pour accéder aux banques de données et c'était aussi un centre de formation des biologistes en bioinformatique et il y avait aussi des outils de traitements etc. Donc j'étais en contact avec eux et j'allais souvent chez eux pour voir quelles étaient les évolutions, pour avoir accès à des revues scientifiques qu'ils avaient.
S : C'était des entretiens avec eux ? C'était des visites du laboratoire ?
N : Bah c'était des visites au labo, bon dès que j'avais une question, bah par exemple tel type de séquence, au début moi je n'y avais pas accès donc il fallait que quelqu'un, moi je connaissais pas très bien non plus. Donc je passais par eux, à Orsay comme à Villejuif. Bah c'est à Orsay que quelqu'un, Jean Lous Risselaire si je me souviens bien qui lui m'avait signalé parmi les outils qui sont disponibles accessibles aux établissements scolaire tournant sur PC etc. il y avait le logiciel SEQUAID donc il me l'a passé et du coup je suis entré en contact avec les auteurs. Et il y a un autre chercheur quelques années plus tard, qui s'appelait Michel Kreiss, il était biochimiste à Villejuif et un jour en 1995, je disais, mais on aurait besoin de quelque chose pour la visualisation etc. et il me dit, mais et pourquoi vous utiliseriez pas RasMol ? On a eu la version 96 de RasMol, là je suis entré en contact avec l'auteur de RasMol qui s'appel Roger Sayle.
S : Donc vous êtes entré en contact avec Roger Sayle ?
N : Oh oui, vous le connaissez de nom ?
S : Oui.
N : Oui je suis entré en contact avec lui pour lui demander l'autorisation de traduire le logiciel en français.
S : Donc la prise de contact c'était en 95 ?

N : Oui en 95, 96. Et alors comme j'avais une équipe d'enseignant qui travaillait avec moi sur ce sujet, eux ils ont trouvé des conseils auprès de l'INRA, à l'INRA, un groupe cristallographie unité de recherche biochimie structure des protéines, donc entre les deux on a fait notre apprentissage finalement au contact de ces chercheurs.
S : Au contact de Roger Sayle et des chercheurs de l'INRA ?
N : Au contact de Roger Sayle pour la mise à disposition de l'outil, des chercheurs de l'INRA sur la cristallographie de manière générale.
S : Les chercheurs de l'INRA, c'était des cristallographes ?
N : C'était des biochimistes et des cristallographes, oui.
S : D'accord.
N : Et il y avait Jean Garnier là dedans et Jean Garnier est assez connu, parce qu'il y a un des algorithmes de modélisation qui porte son nom.
S : Et donc avec eux, c'était quoi, des entretiens ? Vous avez regardé comment ils travaillaient ?
N : Alors avec les gens de l'INRA ça a été d'abord pour qu'ils nous expliquent quel est le processus de traitements, la saisie des données et les traitements pour aboutir à la modélisation moléculaire.
S : D'accord, donc ils vous ont expliqués les techniques expérimentales, comment on obtient les coordonnées 3D…
N : Les techniques expérimentales, la cristallographie, les différents résultats intermédiaires.
S : Des techniques expérimentales au modèle obtenu sur informatique, c'est ça ?
N : Exactement. Et ensuite, ce qu'ils nous ont donné aussi c'est un certain nombre d'exemples de molécules dont la visualisation leur permettait eux, en tant que chercheur d'avancer dans la compréhension de la fonction de la molécule ou bien d'autres problématiques de recherche.
S : Là dedans, il y a les exemples de molécules ?
N : Qui viennent de chez eux ?
S : Oui.
N : Je ne pense pas. Attendez je regarde, parce que là je vois qu'il y a un certains nombres d'exemples qui sont les exemples classique, qui sont les globines, l'hémoglobine humaine, bon c'est un ouvrage pour l'enseignement, on a pris plutôt des exemples utiles pour l'enseignement, on a pas pris les exemples de chercheurs. Il doit y avoir quelques exemples, parce que là je vois la fibronectine et le récepteur de la protéine kinase qui ne sont pas des protéines utilisées dans l'enseignement.
C'était important, parce que à cette époque, pour nous, introduire, disons de l'outillage, de nouveaux outils, de nouvelles représentations, etc. allait arriver avec des enseignants qui n'avaient pas eu dans leur formation initiale à l'université des enseignements sur ces sujets là. Donc il fallait qu'on aménage un petit peu quelque chose pour la formation et l'information des enseignants, ça c'était indispensable, à la fois pour la génétique moléculaire et pour visualisation 3D. Donc c'était ça un peu l'objectif de ces petits ouvrages.
S : Il a été diffusé comment cet ouvrage ?
N : Bah il a été vendu par l'INRP à l'époque 150 francs à plusieurs centaine d'exemplaires ce qui était pour nous très bien à l'époque. Celui là, il a été diffusé gratuitement avec l'aide de la

direction des lycées et il a été tiré à 3 000 exemplaires et diffusé gratuitement dans tous les lycées. Donc voilà comment les choses… pour se résumer : intérêt pour l'évolution des outils et des données dans le domaine de la recherche, possibilité d'utiliser ces mêmes outils en les adaptant pour l'enseignement, adaptation des instruments et constitution de banques de données de type pédagogique avec un soucis de formation des enseignants d'abord et d'instrumentation de la biologie avec ces outils là ensuite. Alors avant qu'on ne trouve RasMol qui avait été mis gratuitement par Roger Sayle à la disposition de la communauté, on a regardé un certain nombre d'outils qui existaient. Je parle pas des outils qui tournaient sur des grosses machines, on cherchait des outils qui tournaient sur des micro-ordinateurs et il y avait pas mal de logiciels.

S : Quand vous dites « vous » c'est

N : Oui moi et mon équipe, moi j'appartenais à une équipe, bon j'avais un petit rôle la dedans on va dire, moi j'ai regardé en tous cas plusieurs des logiciels qui existent et il y avait des logiciels commerciaux, il y en avait un dont je me souviens du nom qui s'appelait Nemesis, il était commercial mais qui était limité à quelques centaines d'atomes. Donc on a acquis celui là pour faire des tests pour apprendre un petit peu et puis il y avait plusieurs logiciels gratuits, il y en avait un qui s'appelait SwissPDB, lui il a perduré et il a changé de nom, maintenant il s'appel Deepview, il est toujours diffusé dans Expasy à Genève. Il y avait aussi un PDBviewer, alors je crois qu'il était diffusé par quelqu'un qui travaillait avec la banque de données PDB puis il y en avait d'autres, il y avait KinImage, qui continue à être diffusé. Bref, disons je vais regarder 5 ou 6 outils à peu près accessible et j'avais trouvé que RasMol était du point de vu de son interface et de ses fonctionnalités était celui qui était le plus simple d'approche, à la fois pour les profs et pour les élèves et le plus puissant parce que c'était l'un des rares logiciels à l'époque qui pouvait traiter plusieurs milliers d'atomes. Bon et comme je savais qu'on allait traiter des macromolécules comme la molécule d'hémoglobine bah elle ça allait pas tenir dans quelques centaines d'atomes. Donc il y avait cet avantage, il était gratuit, il était simple, il avait un menu déjà, par rapport à ce qui existait avant, bon il avait aussi des défauts. Donc voilà un peu les circonstances d'introduction du premier outil qui était RasMol. Alors après on a organisé pas mal de stages de formation sur l'utilisation de cet outil.

S : Et les stages de formation, c'était dans les plans académique de formation, c'est ça ?

N : Dans les plans académique de formation exactement.

S : Et c'était des stages sur toute la France ou juste à paris ou …

N : Nous ne pouvions pas nous faire la France entière.

S : Ces stages étaient en 96-97 toujours ?

N : Ah oui, entre 96 on va dire et 2000 il y a eu un certain nombre de stages. Alors il y a des stages qui sont strictement académique auquel on a participé parce qu'il fallait lancer le mouvement bon ça je me souviens plus lesquels, je sais que dans l'académie de Versailles on l'a fait pendant très longtemps, des stages, justement avec Jean-Claude et puis une équipe de formateurs. Après on pouvait pas faire la France entière, donc on a profité d'un certain nombre de réunions qu'organisait le ministère de l'éducation, de la direction des lycées, ils appelaient leurs correspondants académiques, ils avaient un réseau de correspondants qui sont des gens qui sont censés être des relais de formation comme d'information sur les nouvelles

technologies dans l'enseignement des différentes disciplines et en particulier des SVT donc on a fait aussi … et puis avec l'inspection générale enfin bon la démarche était assez large, on a visé les inspecteurs, l'inspecteur général pour les informé sur la disponibilité de ces outils et leurs capacités, les académies pour la formation des formateurs qui vont être un relais et puis dans certaines académies des formations directes d'utilisateurs.
S : D'accord, donc en fait la diffusion s'est faite via les formations académiques avec à la fois l'académie de Versailles, où là c'est vous qui faites directement et sinon les réunions au ministère où
N : Avec des interlocuteurs, des correspondants, des intermédiaires pour les académies. Ensuite ce qui s'est passé, à la fois pour la génétique moléculaire comme pour la 3D, les premiers accès Internet ont été introduit dans l'éducation aux alentours des années 94, 95, nous on a commencé à mettre en place nos propres serveurs en 95, mais il y avait des gens qui avaient été plus rapide que nous. Mais les sites académiques ont commencés à partir de 95, 96 dont les sites académiques SVT. Donc eux aussi ont été un très bon relais pour nous dans la mesure où les outils correspondants à l'esprit et à la lettre des programmes dans beaucoup de forme, eux ils les ont également récupérés pour faire de la formation et de l'information au niveau national.
S : C'était déjà dans les programmes qu'il fallait utiliser ce genre d'outil, c'est ça ?
N : Alors, les programmes, je ne sais pas s'ils ont commencé par dire il faut utiliser ce type d'outil mais en tous cas ils ont commencé à faire des allusions sur des thématiques qui pouvaient être éventuellement traités avec les outils informatiques. Je ne sais pas si les programmes, je pense que les programmes ne disaient pas RasMol, RasTop, etc. mais ils disaient on pourrait faire ça et ils sont devenus plus explicite au cours du temps.
S : D'accord et donc finalement, c'est parce que les programmes en ont parlé que ça vous a donné l'idée d'aller voir ça ou c'était
N : Non je pense que ça a été l'inverse.
S : C'est parce que vous êtes allé voir ces outils, qu'après il y en a qui ont eu l'idée
N : On a informé largement
S : C'était Demounem qui…
N : Ah c'était Demounem, vous l'avez connu ?
S : J'ai trouvé son nom.
N : Oui oui c'était Demounem qui était doyen de l'inspection à l'époque, absolument.
S : Donc en fait, c'est parce que vous êtes allé voir ça dans les années 80, vous en avez parlé à Demounem qui après l'a ramené dans les programmes et après ?
N : Pas forcément lui parce que … bon vous devez savoir que les groupes techniques disciplinaire suivant les fluctuations, parfois ils ont été confié disons directement à l'inspection général, parfois l'inspection général y était représentée en tant qu'inspection général et parfois des personnes de l'inspection général était représentées dans les groupes, on va dire le groupe qui fait les programmes.
Si vous voulez, moi la biologie n'est pas mon domaine. Moi j'ai fait des études de psychologie ensuite je me suis occupé de psychologie industrielle et puis il se fait que je travaillais en médecine et c'est là, ayant travaillé en médecine que après je travaillais pour

l'enseignement secondaire en biologie parce que c'était le plus proche. Disons que je tenais à ce que les autorités responsables de la discipline soit informées de ce que l'institut, de ce que notre groupe dans l'institut faisait
S : Dans l'INRP c'est ça ?
N : Oui, et après c'est sa responsabilité à lui de savoir si c'est à prendre en considération dans les programmes ou pas.
S : D'accord, donc vous teniez à ce que les groupes qui fabriquent les programmes soit au courant
N : Et l'inspection générale de toute façon qu'elle participe aux programmes ou pas, j'estimais que c'était de leur responsabilité. Moi je n'ai pas joué les groupes de pression.
S : D'accord donc vous, vous aviez informé les gens qui faisaient les programmes
N : Voilà sur quoi on est en train de travailler, avec qui on est en train de travailler, sur quel sujet on est en train de travailler, voilà ce que ça donne et donc Demounem m'a invité à plusieurs reprises dans les réunions tous les ans, l'inspection générale réunit les IPR pour faire le point d'un certain nombre de choses et m'a invité à plusieurs reprises. Bon chaque fois qu'il y avait soit un outil nouveau, soit une problématique nouvelle, à venir la présenter à ces réunions des IPR pour que tout le monde soit au courant. Donc là, il a joué un rôle extrêmement positif lui dans le fait que tout le monde soit informé de l'existence de ces outils.
S : Ca c'était à la fin des années 80 c'est ça ?
N : Hum Demounem, 'fin en tous cas dans les années 90 c'était lui, en 91 c'était lui.
S : D'accord, donc finalement c'est ça qui a donné l'idée ces personnes de l'introduire dans les programmes et après en parallèle vous avez cherché des logiciels qui pourraient répondre à ces problématiques et là est arrivé RasMol qui a été diffusé par la suite via les plans académiques de formation et les sites web et ce genre de choses ?
N : Je ne saurais pas vous dire, ce qui est certain c'est que ce ne sont pas les programmes qui nous ont orienté vers les outils.
S : Ok.
N : Maintenant, est ce que les gens qui préparent les programmes de leur côté savaient que les thématiques de la visualisation 3D ou la génétique etc. était des problématiques d'avenir et il fallait qu'ils en tiennent compte dans les programmes, est-ce que le fait que simultanément nous soyons en train de travailler là-dessus et que nous fassions connaître ce sur quoi on travaillait ont joué, je ne sais pas, franchement je ne sais pas. Mais il y avait disons convergence, il y avait des gens qui étaient en train de rédiger les programmes, nous on travaillait sur un sujet et on faisait connaître ce qu'on faisait, les gens qui faisaient les programmes savaient ce sur quoi on travaillait donc comme vous savez dans ce domaine, ils sont très sensible à tout ce qui peut outiller les travaux pratiques, probablement ils ont vu aussi dans le fait qu'on fournisse les séquences, on fournisse les outils de traitement de séquences matière pour accompagner un renouvellement des programmes introduisant les concepts de génétique moderne par un certain nombre d'outils qui permettent de faire des activités pratiques, on va dire entre guillemets pratique par les élèves et je crois que Demounem avait compris et tous ils avaient compris qu'il fallait qu'ils passent en matière de travaux pratiques à des travaux pratiques qui fassent de la place à l'utilisation des outils

informatiques, des outils de la bio informatique. Ils avaient pris conscience de ça, maintenant ils ne se sont pas nécessairement alignés sur tout ce que nous avions pu produire, il y a d'autres domaines, là je vous parle du domaine du 3D de la génétique, de l'évolution parce qu'ils sont très proches mais il y a d'autres domaines où on a eu moins de réussite. Mais disons là, ça correspondait probablement à un besoin général.
S : Ok. Et donc justement vous avez produit des … comment les molécules vous les avez choisies ?
N : Alors, les molécules, on a essayé de les choisir en relation avec les thématiques de l'enseignement et les séquences qui étaient déjà utilisable dans les thématiques d'enseignement.
S : D'accord donc finalement les molécules vous les avez choisies par rapport aux programmes existants.
N : Par rapport aux programmes existants, oui. On a pas choisi les molécules pour de la visualisation moléculaire en tant que tel, c'était pas notre objectif. Notre objectif s'est installé par la suite, on a vu que les profs associent approche avec les séquences, visualisation avec des outils comme ça et explication ou recherche évolutive et donc il y a 3 outils qui leurs servent presque simultanément, euh pas simultanément mais sur la même problématique, l'analyse de séquence, la visualisation 3D, ça dépend dans quel sens, des fois ils commencent par le visualisation 3D ensuite l'analyse de séquence, ensuite des recherches sur l'évolution.
S : D'accord.
N : Voilà un petit peu le départ.
S : Ok donc là on est arrivé à RasMol, on a quelques molécules, est ce que déjà à ce moment là il y avait des activités qui étaient proposées ?
N : Oui. Oui oui. De toute façon dès celui là, chacun avec les activités et à l'époque, RasMol avait un langage de commande, il l'a toujours, et pour chaque suggestion d'utilisation pédagogique bah on donnait aussi les objectifs, les actions qui sont à faire, les commandes.
S : Donc en 97, il y avait déjà ces activités qui étaient proposées.
N : Oui. Oui.
S : On avait le logiciel, les molécules, les activités et tout ça, ça a été diffusé via les plans académiques de formation et les sites académiques. Est-ce qu'il y avait déjà le site de l'INRp, ou ?
N : Ah oui, je vous dis, notre site a commencé en 95 donc on s'est appuyé sur notre site en premier, est ce qu'il y a encore des traces, il y en a très peu, parce que le site lui-même a évolué en un deuxième site et en un troisième site mais euh oui oui ça suivait totalement le programme, par exemple en immunologie on savait ce qu'il y avait aux programmes donc il fallait essayer de chercher est ce qu'il y a une immunoglobuline, est ce qu'il y a la structure de l'immunoglobuline. Là je regarde, famille multigénique des globines, ça ça reste encore dans les programmes actuels.
S : Et c'était quoi l'objectif finalement d'apprentissage, euh quel était l'apprentissage visé pour les élèves avec ces logiciels ?
N : L'objectif n'était pas technique. Les objectifs, on va dire, c'est de les familiariser avec les données et leurs représentations tel qu'elles sont actuellement…

S : Donc c'est-à-dire les familiariser avec ce type de représentation par exemple ?
N : Les familiariser avec ce type de représentation, la manière dont ces représentations sont obtenues et les relations entre les modèles et les données primaires auxquels elles correspondent. Ca c'est d'une part, d'autre part, l'objectif, c'est d'aller au-delà des représentations, jusqu'aux explications, c'est-à-dire quelle est la fonction, quelles sont les fonctions que ces représentations des molécules permettent d'appréhender.
S : Par exemple ?
N : Bah c'est la conservation de certains sites par les molécules qui ont une fonction particulière. Ce sont des complémentarités de formes, on va dire, entre molécules qui doivent s'associer, il y a quelques autres détails, je ne vais pas entrer plus dans les problèmes des distances atomiques, des liaisons fortes et des liaisons faibles, etc. L'objectif c'était d'outiller un enseignement moderne de la biologie dans le domaine de la génétique et de la représentation des séquences. Voilà un objectif qui est général, mais bien sûr en relation avec les thématiques où ces types de représentations sont utilisés.
S : D'accord et donc là, le logiciel apporte un plus par rapport à une représentation papier ?
N : Oui, alors on a discuté souvent de cette chose là, est ce qu'on a besoin d'utiliser le logiciel ou bien la représentation papier de ces structures ne seraient pas plus facile etc. Bon d'abord c'est un petit peu jésuite de faire ça parce que pur obtenir ces représentations en papier, il faut avoir un logiciel. Donc on aurait pu, on pourrait imaginer qu'on a des représentations papier cela dit, le logiciel il va apporter des dimensions que le papier ne pourra jamais apporter, en particulier, ce sont des volumes qui sont dans l'espace, ils ont des propriétés, ils ont une profondeurs, il y a des choses à l'intérieur, il y a des choses à l'extérieur, il y a des complémentarités des formes que, qui sont plus difficiles à percevoir. Et en plus le logiciel permet de faire des mesures aussi, enfin différents types de mesures, faire des coupes etc., des mesures d'angles… Bon à mon avis ça aurait été difficile dans ce domaine là de se passer des logiciels. C'est comme si on disait, bah les séquences on nous a posé la même question, les séquences, est ce que vous avez réellement besoin d'un logiciel d'analyse de séquences est ce qu'on pourrait pas donner les séquences sur papier et puis ensuite vous donnez le code génétique et puis vous demandez à l'élève de traduire les séquences en utilisant le code génétique. Personne ne me pose plus cette question maintenant, ça viendrait pas à l'esprit de quelqu'un de dire quelque soit la séquence de dire vous allez faire faire le travail de traduction aux élèves.
S : Et c'était aussi peut-être pour utiliser les mêmes outils que les chercheurs ?
N : Oui ça c'était l'inspiration initiale, l'inspiration initiale, c'était essayons de familiariser les élèves avec les outils et les modes de représentations qu'ils vont trouver dans la littérature scientifique etc., qu'ils trouvent déjà dans la littérature de vulgarisation et qu'ils vont trouve de plus en plus, même dans leur propre manuel. Parce que les auteurs de manuels, c'est pareil ils suivent les programmes, ils suivent aussi les évolutions, ils introduisent dans les manuels des représentations, donc voilà un peu. M'enfin ce qui est important là, c'est que notre objectif n'était pas ni la bioinformatique en tant que tel ni la technologie. C'était réellement en tenant compte d'une constante presque dans l'enseignement de la biologie, aider à maintenir cette relation entre avancée des connaissances, avancées des techniques dans la

recherche et dans l'enseignement dans la mesure du possible. Parce que jamais on a pensé qu'on allait faire faire dans l'enseignement les mêmes choses que ce que faisaient les chercheurs.
S : Ok. Donc c'était quand même adapté.
N : Mais bien sûr. Les outils ont été parfois simplifiés, parfois adaptés, légèrement, honnêtement, moi j'ai tenu à trafiquer le moins possible les outils.
S : Toujours dans cette idée d'être au plus proche de ce qui ce fait dans la recherche ?
N : Et puis surtout on était sur ces outils là au début d'un processus, si au début du processus on commençait par enlever tout ce qui nous paraissait compliqué, qu'est ce qu'on allait laisser lorsque les gens allaient être familiarisé avec le b.a.-ba et qu'ils allaient aborder d'autres thématiques donc on a laissé pour les outils quasiment la plupart de leurs fonctionnalités pour la plupart en revanche on a accompagné ces outils avec des exemples qui sont simplifiés et des marches d'exploitations qui sont expliquées de telle sorte que l'outil ne soit pas un obstacle, surtout ne soit pas un obstacle à l'objectif conceptuel qui est visé à travers l'utilisation de la visualisation 3D, de la comparaison de séquences.
S : En fait, l'idée c'était d'utiliser le logiciel et d'amener à savoir se servir de ce logiciel.
N : Ah oui.
S : Donc pour accompagner cette utilisation vous avez présenté des exemples de molécules et des exemples d'activités.
N : Oui. A l'intention dans un premier temps du prof à charge pour lui d'adapter pour ces élèves. Nous nous n'avons écrit que pour les profs. Ca il faut que ce soit clair, nous, nous nous adressons aux profs. Après le prof, lui à partir de là fait ce qu'il veut, adapte ce qu'il veut. Toutes les activités que nous avons sont toujours précédées par des informations scientifiques pour le prof. Ensuite il y a des idées d'activités qui tiennent compte du programme, des fois d'ailleurs on sort du cadre du programme, on vous dit bon bah si vous voulez tenir compte du programme c'est ça, maintenant vous pourriez aller plus loin et faire ceci, voilà.
S : D'accord, très bien merci. Et donc finalement, après vous êtes passé à RasTop ?
N : Après on est passé. Donc on va dire 97 la sortie de celui là donc 96 on l'utilisait déjà parce que pour sortir ce bouquin là on avait fait déjà un certain nombre de stages de formation.
S : D'accord, et vous demandiez un retour des enseignants pour voir comment ça se passe en classe, ce genre de chose ? Vous avez fait des observations en classe ?
N : Moi j'animais des stages de formation de profs donc les échos que j'ai sont ceux que me retournent les profs au cours de ces stages que les stages portent sur la visualisation 3D ou autre chose. Le retour que j'ai, c'est aussi par le contact avec les profs utilisateurs, parce qu'on a mis en place très très vite une liste de diffusion.
S : Et le retour alors il est comment à ce moment là ?
N : Ah le retour c'est les profs qui disent ça, ça me plait, ça, ça me plait pas, j'ai telle question à poser pourquoi vous faîtes comme ça et pas autrement
S : C'est que des questions techniques ? Ou alors des questions des gens qui disent ça marche pas ? Les élèves j'arrive pas à leur faire utiliser le logiciel ou moi je préfère utiliser le papier…

N : Vous savez, en général, les gens qui vous écrivent, enfin ce qui m'ont écrit ou ceux qui continuent à m'écrire, ils sont en général utilisateur de l'outil donc ils sont intéressés à aller plus loin ou s'il y a quelque chose qui va pas, à ce que vous leur expliquiez que vous corrigiez etc. Il m'est arrivé une fois ou deux que des profs en particulier là-dessus qu'ils me disent mais à quoi ça sert votre système, des modèles, on perd du temps à regarder ces structures, qu'est ce qu'on apprend, c'est arrivé. C'est arrivé aussi dans le domaine de l'évolution qu'on me dise, mais à quoi ça sert Phylogène, les élèves feraient mieux de lire Gould. Il y en a toujours quelques uns. Mais en général, surtout au début, les profs qui sont venus à l'intégration de ces outils dans leur enseignement ce sont je pense des profs qui étaient particulièrement motivés à la fois par l'utilisation des technologies par la modernisation de leur enseignement par son renouvellement. Ils devaient être, on va dire, quelques centaines au départ. Bon alors maintenant les élèves, moi j'ai pas eu d'élèves, j'ai pas fait d'études de suivit des élèves, mais moi j'ai eu dans les équipes des dizaines de profs et des dizaines de profs qui ont testé les outils ou qui les ont utilisé en routine après donc bah j'ai des retours par ces profs là. C'est tout, mais moi j'ai pas fait d'études, de suivit, d'observations d'élèves. Mais d'autres en ont fait.
S : Et donc alors pourquoi passer à RasTop, parce que là vous disiez on veut pas simplifier le logiciel, on veut rester au plus proche de la recherche, parce que RasTop c'est une version éducative de RasMol en quelque sorte.
N : Non c'est il est, non non, RasTop avait des défauts
S : RasTop avait des défauts ?
N : RasTop avait des défauts, non pardon RasMol avait des défauts que corrigeait RasTop et RasTop a pourtant des dimensions supplémentaires que n'avait pas RasMol. Un des défauts principaux de RasMol, je parle pas d'insuffisance mais de défaut c'est qu'il avait un menu de base qui gérait la visualisation et un deuxième menu qui était plus élargit que le menu de base de la visualisation et une troisième fenêtre dans laquelle apparaissait les commandes, vous le connaissez bien RasMol ?
S : Oui oui.
N : Les commandes et puis la trace historique des actions. D'abord certains profs ou certains élèves ils leur arrivaient de se perdre, où est la fenêtre, si on maximise une on ferme les autres alors il faut se retrouver dans le bas de l'écran etc. non ça c'était un défaut alors une insuffisance de RasMol, des insuffisances de RasMol, RasMol ne permettait pas la comparaison, il permettait d'ouvrir une molécule dans une fenêtre or sur toutes les questions évolutives, famille multigénique, apparentés etc. on a besoin de comparer. Alors coment faisait les profs pour comparer avant, ils lançaient deux fois RasMol, du coup on se retrouve avec 6 écrans, euh 6 fenêtres. RasTop a été construit à partir du source de RasMol mais son auteur Philippe Valadon avec lequel, bon c'est pareil il est sorti en anglais, on a traduit en français.
S : Pareil vous avez pris contact avec lui.
N : Pareil, oui oui. J'ai jamais fait dans le dos des auteurs. Il avait un menu pour la visualisation étendu similaire à tous les autres logiciels sous Windows, une interface donc pareil que tous les autres outils compatibles RasMol et en plus il permettait d'une part le

multifenêtrage donc si j'ai 5 molécules, j'ouvre les 5 molécules, elles sont toutes dans les fenêtres les unes à côté des autres, il permettait d'agir isolément sur chacune des molécules ou sur plusieurs molécules à la fois, il permettait également dans la même fenêtre de visualiser 2 molécules donc éventuellement de les superposer. Donc entre autre : interface normaliser Windows, possibilité de multifenêtrages, possibilité de charger dans la même fenêtre plusieurs molécules et d'agir sur l'une ou sur l'autre, donc de montrer les conservations etc. Ca nous semblait être des qualités suffisantes donc du coup on a acquis le droit de le diffuser et on l'a proposé et je pense qu'il y a beaucoup, beaucoup de prof qui sont passé de RasMol à RasTop à cause de ces qualités. Si il y a aussi une autre raison, c'est les scripts, RasTop permettait d'enregistrer le script d'une session et de rejouer le script d'une session alors que avec RasMol, il fallait écrire les scripts et appeler les scripts. Bon enfin il y avait un certain nombre d'avantages. Pour moi l'essentielle c'était cet avantage par rapport aux problématiques de l'enseignement le système de visualisation était plus performant, plus approprié.
S : D'accord. Et ça s'est fait quand la transition pour RasTop à peu prêt ?
N : 2002. 2002, première version de RasTop, ensuite 2002, 2003, bon je peux vérifier la date exacte.
S : Et les molécules quand vous les distribuiez c'était via le site web ou il y avait des CD-Rom ?
N : Bah les deux, c'est-à-dire que avec celui là par exemple, on était avec des disquettes encore à l'époque en 97, il y avait une disquette pour le logiciel et une disquette pour les molécules, mais comme parallèlement en 97, on avait commencé à mettre en place notre serveur web, et ben il y a un certain nombre de thématique que l'on traitait sur le serveur web et donc le téléchargement du logiciel, des données. On n'a plus diffusé depuis la sortie de ces ouvrages, on n'a plus rien diffusé sur papier ou physique.
S : Tout était via le web depuis la sortie de la sortie de ce manuel donc depuis 97 ?
N : 97, c'est le dernier qui est sorti la dessus donc oui, oui depuis 97 tout est passé sur le web.
S : Sinon vous savez qui a poussez pour que la VM soit dans l'évaluation des capacités expérimentales ?
N : Qui a poussé, je ne sais pas qui est responsable de ça, ce sont les autorités qui sont responsables, en tous cas nous, nous ne sommes pas intervenu là dedans, je ne sais pas du tout qui c'est qui décide d'introduire certains outils. Ce que je sais, c'est qu'il y a un certain nombre d'indicateurs qui, pour moi, étaient très utiles, par rapport à la visualisation 3D comme par rapport aux autres outils. Bon directement c'est l'accueil par les enseignants des outils et des ressources qui les accompagnent, c'est-à-dire que le suivit sur les serveurs web des téléchargements, des visites des pages,
S : Ca vous avez le suivit des téléchargements, des visites des pages ? Ou vous regardez au jour le jour ?
N : Non, non je regarde au jour le jour mais de temps en temps je fais des statistiques de, j'ai fait des statistiques de suivit.
S : Vous les avez encore ces statistiques ?
N : Bah la dernière fois que j'en ai fait ces statistiques c'est il y a un an ou un peu plus d'un an et sur 4 ou 5 ou 6 ans, je devrais pouvoir les retrouver oui, je regarderai sur ma machine

tout à l'heure parce que comme j'ai communiqué ça à une de mes collègues à Lyon justement pour lui dire où ça en est.
S : Parce que j'ai pu avoir accès aux statistiques du site de l'INRP, et j'avais essayé de faire un peu des statistiques pour voir un peu comment ça avait évolué.
N : Je pourrais vous montrer, parce qu'il faut savoir ce qu'on cherche dans ces statistiques, sur quel site ils sont, quels sont les fichiers etc. On pourra jeter un coup d'œil, on verra ce que j'ai comme trace.
Donc ça c'est un premier indicateur parce que un logiciel qu'on met au téléchargement et que personne ne télécharge ou une page que personne ne visite bon. Bon un deuxième indicateur pour moi c'était la réappropriation de l'ensemble des outils et des données par les sites académiques, les sites relais, un troisième indicateur, c'est la reprise de nos exemples, de nos illustrations ou de tout ce qui est généré à partir de ces outils par les auteurs de manuels scolaires ensuite c'est l'appropriation de ces outils par le système dans le recrutement ou l'évaluation des enseignants, c'est-à-dire l'inscription de ces logiciels aux concours de CAPES et agrég. Ensuite l'inscription de l'utilisation de ces logiciels dans l'évaluation des élèves sous 2 formes, évaluation des capacités expérimentales et surtout un point qui me semble important la reprise de ces outils ou de données issues de ces outils dans les examens du bac, voilà un petit peu des indicateurs et je dois dire qu'en ce qui concerne, les 3 logiciels d'ailleurs que ce soit anagène, que ce soit RasMol, RasTop, que ce soit phylogène bah de ce côté-là les indicateurs étaient disons encourageants.
S : D'accord… Sinon j'ai vu que Christian Duqué avait participé à la traduction de RasTop
N : Alors, il non, non, attendez, Christian Duqué m'a contacté un jour, pour dire que la version de RasTop qui était la version de 2003 à l'époque je crois ne comporte un echo et il dit, qu'est ce que vous en pensez si j'ajoute la fonction echo, et en particulier pour les scripts
S : Il est enseignant.
N : Il est enseignant oui. Et donc je lui dit pourquoi pas, on va demander à Philippe Valadon, Philippe Valadon à dit oui pourquoi pas et d'ailleurs il faudrait en faire profiter la version anglais aussi, du coup il a ajouté la fonction echo dans la version que j'avais traduite et puis après euh m'enfin il n'a pas traduit. Mais Valadon qui très correct a ajouté dans la liste des personnes le nom de Christian Duqué mais enfin bon il a fait un travail dessus, il a développé quelque chose dans une des versions. Bon moi je vous ai parlé des choses de manière spontanée là tel qu'elle me venait à l'esprit mais je si ça vous convient.
S : Ah oui, tout à fait, très bien. Qu'est ce que vous en pensez de la place qu'utilise la visualisation moléculaire dans l'enseignement, est ce que c'est ce que vous pensiez ? Ou vous n'aviez peut-être pas d'idée préconçue quand vous l'avez lancé, la manière dont ils sont utilisés aujourd'hui ?
N : Comment m'en faire une idée, c'est ça la question. Est-ce que ces logiciels continuent à être largement utilisés, je pense que oui. On va regarder les statistiques de téléchargement par exemple, je pense pas que les gens, les profs téléchargent des logiciels pour ne pas les utiliser. Bon on va regarder ça. Si je regarde ce qui se passe sur le forum SVT par exemple à Toulouse, bah il y a des thèmes de discussions sur. Alors maintenant dans ces thèmes de discussion, qu'est ce qu'il en ressort ? Bah il en ressort ce que je vous ai dit tout à l'heure,

dans l'ensemble, je pense que les utilisateurs sont intéressés par la disponibilités de ces logiciels, mais dans ces forums on voit bien qu'il y en a 1 ou 2 qui disent « moi je n'ai jamais été convaincu, mais qu'est ce que tu fais, à part leur montrer ta molécule, qu'est ce que tu leur fait faire etc. » On le voit, on voit que pour certain ce n'est pas évident . Bon ça c'est normal. Si je regarde dans les derniers manuels scolaires qui sont sortis dans les dernières questions d'examens etc., les outils continuent à être utilisés enfin bon. Maintenant, autre manière de voir les choses, est ce que les profs les utilisent de la manière dont on pouvait nous, nous y attendre. Alors, première chose, quand on dit les profs, ça globalise un petit peu, et c'est pas juste, je suis sûr qu'il y a un certain nombre de profs ceux qui, mais c'est valable pour d'autres choses dans leur enseignement, ceux qui tiennent à ce que les élèves maîtrisent les outils qu'ils manipulent, quelque soit ces outils. Cela, ils les utilisent les outils dans l'esprit pour lequel on les a mis en place à savoir à la fois éclairer l'existence des outils utilisé dans la recherche, un type de représentation, les limites de ce type de représentation, l'intérêt de ce type de représentation et on passe directement au concept, au notion qui illustre ce type de représentation et cela, je pense, ne cache pas le fait que ce sont des modèles et qu'il y a une acquisition de données d'une certaine nature avec une certaine instrumentation puis un travail sur ces données pour arriver à ce type de représentation. Il y a maintenant je suis sûr des enseignants qui les utilise uniquement pour de la visualisation comme s'il utilisait des images.
S : C'est-à-dire qu'ils n'insistent pas assez sur le côté modèle et ses limites, c'est ça ?
N : Ils ne, d'une part pas sur tout le processus de traitement et deuxièmement n'exploitent pas nécessairement les aspects dynamique de l'outil.
S : Les aspects dynamiques, c'est-à-dire,
N : Les aspects dynamiques, faire des rotations, faire des mesures, faire des coupes, faire percevoir l'encombrement spatial de la molécule, quand il y a une enzyme et son substrat montrer la complémentarité entre les deux, les distances qui s'établissent, qu'est ce qui peut être suspecté comme étant en cause et ensuite aller plus loin, comment sur les séquences on va retrouver 'fin bon bref les molécules qui ont une fonction, les acides aminés qui ont des fonctions. Bon ils vont plus peut-être en rester à je montre à la démonstration, à la monstration et probablement ce sont cela qui disent oui mais qu'est ce que ça t'apporte ? Donc je pense qu'il doit y avoir des deux.
S : Comment on pourrait faire justement pour que ça ne soit pas que de la monstration ?
N : Il y a un problème quelque soit les outils qu'on utilise que rencontre les profs et on peut pas leur jeter la pierre, c'est le problème du temps qu'ils peuvent consacrer à un sujet. Il est évident que quelque soit le sujet dès que vous voulez réellement l'approfondir et faire comprendre les fondements, la technique et puis les concepts auxquels il mène, ça prend du temps. Alors il y a des profs qui font le choix de prendre ce temps pour tel sujet ou tel sujet et puis il gère. Et puis d'autre bah qui pace plus rapidement là-dessus. Hum je vois pas d'autre manière de faire que d'expliquer, c'est-à-dire que quand on fournit une molécule, etc. autant que possible d'expliquer le degré maximum d'exploitation que l'on peut faire au bénéfice de la compréhension des concepts qui sont visés. Après je sais pas, je ne pense pas pouvoir donner une recette pour convaincre un prof qui veut pas passer beaucoup de temps, qui veut traiter autre chose.

S : Voilà, finalement le problème c'est le temps.
N : Oui, mais je sais pour avoir discuté avec beaucoup de mes collègues, ils me disent oui mais le temps ça se gère, si je prends une séance où j'approfondis la compréhension des mécanismes, etc. je vais aller plus vite sur d'autres choses. Après toutes les choses n'ont pas la même importance, chaque prof
S : Oui décide d'accorder une certaine importance selon son avis.
N : Voilà.
S : D'accord merci. Qu'est ce que vous pensez du site librairiedemolecules ?
N : librairiedemolecules ?
S : Oui.
N : Bon je vais pas vous dire quelque chose d'utile sur la librairie des molécules. Je sais que ceux qui l'ont monté c'est des collègues à moi et en particulier Jacques Barrère était une des personnes qui a le plus contribué au travail ici. Jacques Barrère et ses collègues. Il a fait en relation avec Hélène Ramière, euh bon, je pense que c'est une bonne initiative, enfin dans son principe, qui consiste à dire bon les profs ne peuvent pas aller à la PDB ou ailleurs chercher n'importe quoi, essayons de manière large de constituer pour eux une espèce de banque de données d'intérêt pédagogique à laquelle ils peuvent accéder. L'idée me semble bonne. Bon maintenant je ne me suis pas penché sur le contenu pour savoir si toutes les molécules qui sont là se justifie du point de vue pédagogique, est ce que ce qu'il y a autour, là honnêtement… Mais je trouvais que l'idée était bonne, aucun problème de ce côté-là.
S : D'accord merci. Et sinon par rapport à ce qui se fait à l'étranger, proteopedia par exemple ? Est-ce que vous avez un avis dessus ou pas ?
N : Proteopedia je ne l'ai visité que, bah je suis à la retraite depuis 4 ans, j'suis désolé
S : Mais je vous en prie.
N : Donc depuis 4 ans bah bon si je continue à travailler mais sur des questions de génétique pratiquement pas sur les problèmes de visualisation 3D. Donc j'ai rencontré proteopedia au hasard de temps en temps, mais bon je me suis pas attardé là-dessus.
S : D'accord. Et vous avez eu des contacts avec Eric Martz ?
N : Oui. Oui parce que Eric, bah dès le, avec Eric on a été en contact non seulement à cause de RasMol parce qu'il a été bien sûr mais aussi à cause Chime puisque en même temps qu'on diffusait ça sur nos sites, on utilisait Chime pour la visualisation dynamique dans les pages HTML et puis on était entré en contact avec lui parce que bon on s'intéressait à l'immunologie, oui oui j'étais rentré en contact avec lui, sur protein explorer, maintenant il est passé à Jmol, comme un certain nombre de personnes, comme Paul Pillot qui était un prof qui a travaillé avec nous aussi, il est allé en Australie et puis il est revenu, il travaille maintenant sur la librairie des molécules avec d'autres. Oui donc on était en contact avec lui, moi j'ai suivit un petit peu parce qu'il continue à m'envoyer les nouveautés sur son site puis j'ai vu aussi qu'il a été sollicité par PDB pour fournir protein explorer comme un des systèmes de visualisation, ça continue aussi mais maintenant je crois que PDB il avait 4 ou 5 outils il y a 1 an et je crois qu'ils en ont plus qu'un seul c'est Jmol. Alors il nous a aidé à quelque chose…
S : Vous l'avez contacté quand Eric Martz, c'était au début ou c'est récent ?
N : Ca fait assez longtemps hein,

S : Dès le début des années 90 par exemple ?
N : Ah non je pense qu'au début des années 90 il n'était pas là-dessus. Non je pense que lui a commencé à accompagner RasMol donc pas avant 95 96.
S : D'accord.
N : Moi j'ai du le contacter en 97 peut-être en 98, dès le moment où après avoir sortie ça on a mis en place un site sur la visualisation 3D des molécules bah dans les liens il y avait Eric Martz mais j'avais déjà pris contact avec lui, je savais quels étaient les script qu'il avait fait, en fait il avait fait les mêmes scripts que nous et donc on a un petit peu échangé sur ces scripts à l'époque. Sur le 3D j'ai pas été en contact avec d'autres que lui. Si ensuite j'ai été en contact avec, c'est Bernstein qui ont repris la source de RasMol, qui l'ont mis sur SourceForge bon mais des relations de courtoisies uniquement. Moi j'ai continué à mettre à jour les versions de RasMol sur le serveur de l'INRP pendant longtemps, bon après quand on est passé à RasTop j'ai arrêté et puis j'ai regardé, j'ai vu que de toute façon RasMol n'évoluait plus donc…
S : D'ailleurs qu'est ce que vous pensez de Jmol ?
N : Bah je trouve que c'est un très bon outil pour remplacer en particulier Chime en tant que visualiseur dynamique dans les pages HTML, c'est un bon outil. En revanche, je trouve quand même que RasTop, chacun à ses avantages et inconvénients, il y a des choses que peut faire Jmol que ne fait pas RasTop il faudrait qu'il évolue pour ça mais bon. Mais je préfère encore RasTop, parce que il est dans l'esprit Windows dans son interface, etc. et qu'il a des particularités dont je vous ai parlé que n'a pas Jmol, par exemple le multifenêtrage, le multifenêtrage n'existe pas dans Jmol. Par contre, alors là je me souviens plus si c'est lui ou SwissPDB, mais je crois qu'il y a quelque chose dans Jmol qui permet de le voir, en tous cas on le voit nettement dans SwissPDB donc DeepView, c'est la possibilité d'afficher la séquence correspondant à la visualisation et donc de faire interagir les choix dans la séquence directement avec la visualisation. Bon ça j'aurais aimé qu'on puisse l'ajouter dans RasTop mais bon Philippe Valadon à dit « j'arrête, si vous voulez prendre la suite » mais ça, ça aurait été très bien à faire.
S : Donc c'est pour ça justement qu'aujourd'hui vous voulez proposer Sirius ?
N : Oui alors justement, proposer Sirius, mais je vous dis, je commence à prendre de l'âge donc je peux plus faire un certain nombre de choses, je trouvais que Sirius par rapport à Jmol ou par rapport à RasTop présente un certain nombre de particularités qui sont intéressantes, notamment ce couplage, bon le paramétrage de tous les boutons, de toutes les fonctions que l'on veut visualiser, la compatibilité avec RasMol et RasTop du langage de commandes, le couplage de la visualisation des chaînes, des acides aminés et même des atomes avec la visualisation, avec les modèles et le jeu de modification des représentations spécifique de certains composants, ça je trouvais que c'était intéressant. Pour les profs, ça c'est vrai que ça manque.
S : En fait c'était un petit peu coupler RasTop et Anagène ?
N : Pas exactement parce que Anagène, il a d'autres fonctions que l'autre ne fait pas. Mais, au moins… pour quelles raisons c'est que dans RasMol comme dans RasTop, quand on s'intéresse à un sous ensemble d'une molécule, RasMol ne permet de cerner ce sous ensemble que par le langage de commande où il faut dire select tel acide aminé, tel acide aminé, etc.

sans se tromper, avec les virgules etc., c'es laborieux. RasTop, lui, il va un peu plus loin, il est plus intéressant, on peut avec la souris sélectionner une partie de la molécule, bon c'est déjà pas mal, bon mais si on veut un acide aminé particulier ou un atome ou je sais pas quoi, on est un peu embêter, il faut aller à la chasse de cet acide aminé sur la molécule. Le fait de disposer de la liste des chaînes et des acides aminés permet une sélection direct, de telle sorte que si on est, l'exemple le plus bateau, le plus classique, sur la mutation de la drépanocytose de la globine bêta, on leur dit c'est le 6^e ou c'est le 7^e, on va cliquer au 6^e, 7^e, on le voit immédiatement alors que dans les autres systèmes c'est un peu plus laborieux d'aller retrouver ce 6^e et ce 7^e. Là c'est pour des raisons pédagogique, on veut montrer quelque chose, on dit aux élèves, il y a tel et tel acide aminé qui sont impliqué dans la liaison de je sais pas quoi, clac on les montre immédiatement, c'est efficace.
S : D'accord, très bien merci.
N : Oui donc Jmol c'est un bel outil.
S : Et sinon vous pensez que ça va évoluer comment, je sais pas si vous avez un avis ? Sur la manière dont ces logiciels vont évoluer ou la place qu'ils vont occuper dans l'enseignement par la suite ?
N : Difficile, parce que là je sais plus.
S : D'accord.
N : Maintenant, mon souhait, l'ensemble de ces logiciels, etc., mon souhait c'est que tout passe en ligne, il n'y ait plus besoin d'installer, de distribuer etc.
S : Que ce soit finalement comme Jmol mais qu'on garde une interface comme RasTop.
N : Oui.
S : Sinon les conclusions auxquels je suis arrivé, qui me font dire que depuis 2002, 2003 les choses ont pas vraiment changé c'est-à-dire que c'est toujours RasTop qui utilisé, clairement, majoritairement, il y a quelques molécules qui sont utilisées, c'est celles qu'on retrouve depuis le début avec les activités qui ont été proposées sur le site ACCES de l'INRP, j'ai l'impression que c'est vraiment ce site là qui est centrale, où tout le monde se réfère, tout tourne autour de lui, je sais pas qu'est ce que vous pensez de ce genre de conclusion ?
N : Non mais c'est exact, c'est exact, qu'est ce que ça veut dire ? Ca veut dire que sur le site ACCES, on a mis les ressources qui correspondaient aux programmes de 2000 or les programmes de 2000 n'ont été modifié que l'année dernière pour la classe de seconde donc pendant tout ce temps là les thématiques d'enseignement qui pouvait bénéficier de la visualisation 3D n'ont pas changé. Alors, est ce que là-dessus il peut y avoir un changement à venir, je crois que oui mais en fonction encore une fois de l'évolution des programmes parce que tout compte fait le nombre de molécules qui sont sur notre site est extrêmement limité, vous avez vu le tableau, il est en relation avec Anagène, il est en relation avec Phylogène, le nombre de molécule est assez limité, alors il y avait quelques unes qu'on aurait pu aller chercher, rajouter, qu'on a pas fait parce qu'elles étaient pas indispensables. C'est ça la question qui se pose souvent pour nous, il y a une structure qui est disponible, on peut la mettre, mais c'est pour en faire quoi ? Donc généralement, nous ne mettons de ressources, ni séquences ni structures 3D que si c'est intégré dans une proposition d'exploitation pédagogique. Bon, on ne met pas des structures pour mettre des structures. Je sais maintenant

par le fait que des profs me demandent des fois, parce que bon… il y en a qui savent aller chercher dans PDB trouver ceux qu'ils veulent et il y en a qui savent pas, qui me pose la question : « est ce que vous savez où je peux trouver telle chose ? ». Donc à travers ce questionnement là, je sais qu'il y a de nouveaux besoins qui s'expriment pour certaines structures. Mais c'est pas dénué de problèmes, par exemple, là dans les nouveaux programmes, il y a les pigments visuels, les opsines, donc les profs me disent : « mais on a vus des visualisation sur les différents pigments visuel chez l'homme et puis la rhodopsine etc., est ce que vous pourriez les mettre à disposition et d'ailleurs à un moment sur votre site vous dites les structures 3D des opsines, mais vous ne l'avez pas fait, pourquoi vous ne l'avez pas fait ? ». En fait, il devrait me dire « pourquoi je ne l'ai pas enlevé sur le site », bon il y a un besoin, alors je suis allé regarder, je dis mais pourquoi je ne l'ai pas mis ? Il y a une raison, parce que toutes les opsines sont conçues à partir d'un seul modèle, c'est le modèle de la rhodopsine bovine, donc c'est dit d'ailleurs, c'est predicted ils mettent, à partir exactement du même modèle. Ce qui revient à dire que si je mettais les 3 opsines ayant la même structure je risquais de les induire en erreur. Bon alors peut-être que, pour un problème comme celui là il faudrait que je mette le modèle de la rhodopsine et que je dise ça, je dise il y a 3 modèles qu'on trouve dans PDB sur le sujet, mais regardez la remarque qui est « toutes sont construites à partir de la molécule de la rhodopsine bovine » donc si vous voulez l'utiliser ben voilà, vous utilisez un modèle qui est induit à partir d'un autre modèle, après c'est la responsabilité du prof. Alors il y a d'autre chose, par exemple les nouvelles molécules qui sont plus utilisées dans la recherche maintenant, bien que les programmes n'y fassent pas allusion et que les profs me disent, tiens et pourquoi vous ne mettriez pas tel ensemble de molécules, parce que bon, quelque soit la raison, ça nous changerait de tel autre exemple que tout le monde fait et en plus il y la structure 3D. Donc bon là probablement je serais amené peut-être à aller chercher le modèle 3D de ces structures et évaluer la possibilité de les utiliser. Donc il peut y avoir une évolution en fonction des nouveaux programmes mais ce sera marginal, je veux dire je pense que pour l'enseignement de la biologie il y a un certain nombre de concepts de base qui sont utiles et pour cela, pour le moment, il n'y a pas eu de révolution.

S : Oui donc finalement, on est d'accord pour dire qu'il eu une stabilisation de cette utilisation depuis les années 2000.

N : Tout à fait, tout à fait. En relation avec les programmes, en relation aussi avec le fait que les logiciels qui sont sortis depuis, Jmol etc. n'ont pas changé beaucoup de choses il y a eu d'autres logiciels commerciaux qui sont sortis parfois il y a des visualisations qui sont plus esthétiques mais au fond ça ne change pas.

S : Donc finalement il peut y avoir à la marge quelques petites modifications parce que le programme a un petit peu changé mais sinon globalement les choses sont restées tels qu'elles étaient.

N : Oui il me semble. Et là quand je vois les nouveaux programmes je ne vois pas de nouvelles thématiques porteuses.

S : Et sinon s'il n'y avait pas de programme vous auriez des idées de thématique ?

N : En dehors des programmes ?

S : Oui si vous pouviez choisir ce que vous voulez, par exemple si vous vous dites ah c'est dommage que les logiciels soient pas utilisés pour telle problématique.
N : Là ça ne m'appartient pas de dire, il y a tellement de choses à faire en biologie ça ne m'appartient pas de dire euh…
S : D'accord. Sinon je dérive un petit peu mais sinon Anagène et Phylogène ont suivit un petit peu le même chemin que…
N : C'est la même inspiration d'origine.
S : Donc pareil dans les années 80
N : Anagène il est le successeur de SEQAID, donc c'est SEQAID qui a été le premier après SEQAID il y a eu, c'était pas nous nous ne nous occupions pas directement, il y a eu le premier logiciel pour enseigner la génétique euh pour l'évolution sur la base de données moléculaires qui a été fait à Orsay qui s'appelait EvolMol donc euh on a participé à ça mais très vite on s'est aperçu qu'il fallait aborder les problèmes d'évolution avec autre chose que les données strictement moléculaires et là c'est la même démarche à partir de là c'est contact avec des chercheurs similaire
S : D'accord. Ce qui est un peu différent par rapport à RasTop je trouve c'est que Anagène c'est à visé éducative quand même
N : Anagène a repris strictement les fonctions de SEQAID. SEQAID était sous DOS on l'a distribué pour la première fois dans les années 90 puis on s'est dit Windows venait de sortir, on va pas continuer à rester sous DOS donc il faut en faire un nouveau et ben ce qu'on savait faire c'était les fonctions donc Anagène a été construit strictement à partir des fonctions de SEQAID.
S : D'accord.
N : Mais il a été enrichi euh adapté, la possibilité d'associer aux séquences des illustrations de nature diverses plus un certain nombre de fonctions pédagogique comme la sauvegarde bon strictement ce sont les mêmes fonctions générales.
S : D'accord.
N : Après Anagène ce qu'il a rajouté qui n'est pas non plus d'ordre pédagogique, c'est par exemple une des fonctions c'est la fonction dotplot qui est la comparaison graphique de 2 molécules alors SEQAID il n'y avait pas une fonction graphique ça existait pas bon ben on l'a ajoutée on s'est servi d'un labo à Lyon pour intégrer la fonction dotplot, maintenant Anagène lui aussi est stabilisé depuis 2006 et là c'est pareil je pense qu'on risque de le faire évoluer.
S : Il va évoluer Anagène ?
N : Je pense.
S : Mais Phylogène la par contre c'est pas un outil de recherche ?
N : Phylogène non bah c'est simple il n'y en avait pas, le premier qu'on a fait est EvolMol qui était ici d'un outil de développement de recherche du labo d'Orsay donc dans l'esprit on a essayé de faire quelque chose qui soit similaire mais ce n'est pas un outil de recherche, c'est un outil qui a été fait pour l'enseignement.
S : D'accord donc c'est un peu différent des 2 autres ?
N : C'est différent des 2 autres en partie parce que il incorpore des algorithmes qui sont des outils de recherche.

S : Donc finalement si je comprends bien ces 3 outils dans les années 80
N : Fin des années 80
S : là vous en avez parlé à l'inspection générale à ceux qui font les programmes influencés par ça ou pas
N : On a pris contact avec les chercheurs pour se faire aider pour acquérir les outils et des données qui les illustrent, oui ok
S : C'est apparu dans les programmes, du coup ça a diffusé par les formations académiques et via les sites web dans les années 2000 il y a eu une stabilisation parce que ça répondait au besoin finalement
N : Euh oui les outils eux même n'ont pas énormément évolués. Euh il y a une chose qui me tarabusque un petit peu, c'est je vois là certain prof sont tentés par la synthèse de molécule et par la production automatique de modèle 3D
S : C'est-à-dire ?
N : Prendre une séquence quelconque et créer le modèle 3D correspondant ça ça m'inquiète un petit peu
S : Bah prendre une séquence d'acide aminé et en déduire sa conformation 3D c'est pas possible enfin ça demande des calculs très importants et encore
N : Bah je sais on s'est demandé à un moment si c'était faisable moi j'en été resté il y a 4 ou 5 ans que ça marchait bien pour 80 % on va dire sur on va dire 80 % sur une molécule pas très longue bon sous le contrôle des chercheurs à la rigueur ils ont les moyens de contrôler ce qu'ils font par d'autres moyens mais là je crois que certains profs se posent la question.

Annexe 9 : Documents relevés sur le web francophone en lien avec la visualisation moléculaire

Annexe 9 - a : Relevé brut

Le 22 09 2010

Académie de Strasbourg (http://www.ac-strasbourg.fr/)

Mention du logiciel **RasTop** pour enseigner la structure des anticorps avec un lien vers la page de RasTop d'ACCES (http://www.inrp.fr/Acces/biotic/rastop/accueil.htm) dans un rapport sur « Enseigner la BPH en terminale ST2S » (http://www.ac-strasbourg.fr/sections/enseignements/secondaire/pedagogie/les_disciplines/biotechnologies/informations/documents_caches/documents_caches_et/referentiels_et_comm/la_discipline/compte-rendu_enseig/downloadFile/file/cr_100608_strasbourg.pdf?nocache=1215158818.03).

Lien vers un script sous **RasMol** pour faire « faire découvrir aux élèves placés en autonomie les notions suivantes : L'ADN est formé de deux chaînes complémentaires de nucléotides (A, T, C, G) et La séquence des nucléotides constitue un message. ». (http://www.ac-strasbourg.fr/sections/enseignements/secondaire/pedagogie/les_disciplines/sciences_de_la_vie_e/ressources_pedagogiq/biologie_cellulaire/organisation_de_la_m/view)

Académie de Bordeaux (http://www.ac-bordeaux.fr/)

Utilisation de **RasMol** dans l'étude de la drépanocytose (http://webetab.ac-bordeaux.fr/Etablissement/LJay/pedagogie/disciplines/svt/Drepano/drepanoc.htm);

Académie de Clermont-Ferrand (http://www.ac-clermont.fr/)

2 exemples d'utilisation de **RasMol** : configuration d'une enzyme et structure de l'ADN (http://www3.ac-clermont.fr/pedago/svt/pagex.php?rubrique=2&num=93).

Lien pour télécharger **RasMol** (http://www3.ac-clermont.fr/pedago/physique/ressources/logiciels/contenu_logiciel.htm).

Académie de Dijon (http://www.ac-dijon.fr/)

Utilisation de **Rasmol** pour montrer le système HLA (http://svt.ac-dijon.fr/pedago/classe/lycee/mol3D/voirmol3d.htm).

Académie de Rennes (http://www.ac-rennes.fr/)

Liens vers **Chime**, **RasTop** et **RasMol** (http://espace-svt.ac-rennes.fr/produits/util-tel.htm)

Académie d'Orléans-Tours (http://www.ac-orleans-tours.fr/)

Mention de **Molusc** dans un communiqué de presse comme la récompense d'un concours (http://www.ac-orleans-tours.fr/rectorat/communiquer/presse/p-communique20020621.htm). http://www.ac-orleans-tours.fr/svt/mol3d/molusc/pcindex.htm

Académie de Reims (http://www.ac-reims.fr/)

Présentation de **RasMol** et **Chime** et liens pour les télécharger (http://www.ac-reims.fr/datice/sc_physiques/docs/lyc/2/Molecules/molecules.htm).

Utilisation de **RasMol** pour la drépanocytose (http://www.ac-reims.fr/datice/svt/docsacad/electrophorese/phenotype.htm).

Fonctions de base de **RasTop** (http://xxi.ac-reims.fr/bayen/pedagogie/svt/aide_commun/rastop/index.htm).

Académie de Corse (http://www.ac-corse.fr)

Rien

Académie de Besançon (http://www.ac-besancon.fr/)

Mention de **RasTop** (http://www.ac-besancon.fr/spip.php?article2053).

La molécule d'ADN avec **RasMol** : http://artic.ac-besancon.fr/svt/act_ped/svt_lyc/second/tpadnsec/TPADN.html.

Académie de Versailles (www.ac-versailles.fr)

4 courtes vidéos pour montrer des fonctionnalités de **RasTop** (http://www.svt.ac-versailles.fr/spip.php?article510#pagination_articles).

Présentation de **Rasmol** (http://www.tice.ac-versailles.fr/logicielslibres/spip.php?article64).

Académie de Paris (www.ac-paris.fr)

Présentation de quelques fonctionnalités de **RasMol** (http://svt.scola.ac-paris.fr/ressource/outils/htm/tous_niveaux/ficherasmol.php).

Utilisation de **Rastop** pour le point du programme « Stabilité et variabilité de génomes » (http://svt.scola.ac-paris.fr/ressource/outils/htm/T/exemple1.php).

Académie de Créteil (www.ac-creteil.fr/)

Mention de **RasMol** pour étudier la structure de l'ADN (http://www.ac-creteil.fr/lycees/77/jferrycoulommiers/svt/pages/pages_st2s/tst2s_tp/CH3_G%C3%A9n%C3%A9tique-TP/CH3_TP3-ADN/CH3_TP3-ADN.htm).

Présentation des fonctionnalités de **RasMol** (http://svt.ac-creteil.fr/spip.php?article938&var_recherche=rasmol&from=35).
Présentation de **RasTop** (http://svt.ac-creteil.fr/spip.php?article1804&var_recherche=rasmol&from=35).

Académie de Montpellier (http://www.ac-montpellier.fr)

Utilisation de **Rastop** pour la structure de l'ADN (http://pedagogie.ac-montpellier.fr:8080/disciplines/svt/spip/spip.php?article199).
Présentation des fonctionnalités de base de **RasTop** (http://www.svt.ac-aix-marseille.fr/spip/spip.php?article37).
Mention de **RasMol** pour travailler sur les molécules de l'immunité (http://pedagogie.ac-montpellier.fr/disciplines/svt/immunite/rasmol.htm).

Académie de Limoges (http://www.ac-limoges.fr)

RasMol est mentionné pour le point du programme : du génotype au phénotype, relations avec l'environnement (http://www.ac-limoges.fr/svt/IMG/pdf/doc-23.pdf)
Page sur l'utilisation des **scripts dans RasMol et RasTop** avec des liens vers des scripts et vers d'autres ressources pour **RasTop** (http://www.ac-limoges.fr/svt/spip.php?article223).
Au milieu d'une liste de logiciel, **RasTop**, **RasMol** et **Molusc** sont présentés avec un court paragraphe et un lien vers un site de référence (http://www.ac-limoges.fr/svt/accueil/html/schene-seconde/schene2nde.html)
Lien vers **Chime** (http://www.limousin.iufm.fr/formationcontinue/err/dossiers/SVT581/numerique_svt_documents_generaux/acces_profs_lycee_index.htm).

Académie de Nancy-Metz (http://www.ac-nancy-metz.fr)

Présentation d'images obtenues avec **RasMol** (http://www.ac-nancy-metz.fr/enseign/svt/ressourc/mediathe/Iconothe/Rasmol.htm).
Liens pour télécharger **Chime** et **RasMol** (http://www.ac-nancy-metz.fr/enseign/svt/ressourc/rescien/Immuno/sitimmun.htm) et liens pour de la visualisation moléculaire pour de l'immunolmogie).
Descriptif de **Molusc**, **RasMol** et **Chime** (http://www3.ac-nancy-metz.fr/actice/article.php3?id_article=349).
Utilisation de **RasTop** pour étudier l'universalité de l'ADN (http://www.ac-nancy-metz.fr/enseign/svt/program/fichacti/fich2/rastop/rastop.htm).
Etude de la structure de l'ADN avec **RasMol** (http://www3.ac-nancy-metz.fr/actice/article.php3?id_article=250).

Académie de Toulouse (http://www.ac-toulouse.fr/)

Plusieurs liens pour **Chime**, **Molusc** et **RasTop** (http://pedagogie.ac-toulouse.fr/svt/serveur/affich_pro.php)

Lien vers proteinexplorer (http://pedagogie.ac-toulouse.fr/svt/serveur/index.php?m=2&sm=1&ssm=3&f=affich_act.inc&g=G1&mh=1);

Dossier avec plein de molécules présentées avec **Jmol** avec des boutons cliquables (http://pedagogie.ac-toulouse.fr/svt/serveur/lycee/gutjahr/molec3D/serveur_molec3d/accueil_doss.htm).

Mention de **RasMol**.

Fonctionnalité de base de **RasMol**, **RasTop**, **MolUSc** et **Jmol** (http://pedagogie.ac-toulouse.fr/svt/serveur/bankact/index.php?d=e&m=2&sm=2#).

Académie de Lille (http://www.ac-lille.fr)

Fiche d'activité sur la structure de l'ADN étudié avec **RasMol** (http://www5.ac-lille.fr/~svt/svt/articles.php?lng=fr&pg=87#SV2_-_§2_-_F5).

Académie de Caen (http://www.ac-caen.fr)

Mention de **RasMol** comme étant un logiciel de VM (http://www.discip.ac-caen.fr/phch/college/outils.htm)

Utilisation de **RasMol** mentionnée pour une expérience pour montrer l'unité et la diversité de la molécule d'ADN (http://www.etab.ac-caen.fr/lycee-salvador-allende/spip.php?article570).

Utilisation de **RasMol** mentionnée pour montrer l'universalité de la molécule d'ADN (http://www.discip.ac-caen.fr/svt/pages/program/prog2de/proparIII.php).

Utilisation de **RasTop et Chime** mentionné pour différents points du programme (http://lcs.malherbe.lyc14.ac-caen.fr/svt/B2i/index.htm) :

En seconde : La Structure de l'ADN universalité et variabilité (Découverte de la structure de l'ADN, Comparaison de la structure 3D de l'ADN de différents êtres vivants.)

En première S : Les structures des protéines, les caractéristiques des acides aminés, la liaison peptidique (la molécule d'hémoglobine) ; Les phénotypes alternatifs sont dus à la différence dans les protéines concernées (Comparaison HbA HbS. Origine du phénotype drépanocytaire) ; Les propriétés des enzymes dépendent de leur configuration spatiale. Des modifications de configuration spatiale, suite à des modifications de la séquence d'acides aminés, modifient leur activité (Etude des molécules de carboxypeptidases normale, complexée, mutée) ; La transcription est la synthèse d'un ARNm complémentaire du brin transcrit (Etude de la molécule d'ARNm, comparaison avec l'ADN)

En terminale S : L'établissement de relations de parenté entre être vivants s'effectue par comparaison de caractères homologues (au niveau macroscopique et moléculaire). Le partage d'états dérivés de caractères témoigne une parenté étroite (Comparaison de la conformation 3D de molécules homologues) ; Au sein d'une espèce, le polymorphisme des séquences d'ADN résulte de l'accumulation de mutations au cours des générations. Au sein du génome

d'une espèce, les similitudes entre gènes (familles de gènes) sont interprétées comme le résultat d'une ou plusieurs duplications d'un gène ancestral. La divergence des gènes d'une même famille s'explique par l'accumulation des mutations (Comparaison de la structure 3D de molécules appartenant à une famille multigénique (globines)) ; Les anticorps sont des immunoglobulines, protéines circulantes du milieu intérieur, constituées d'une partie constante (unité) et d'une partie variable (diversité). La spécificité des anticorps est due à la partie variable. De très nombreux clones de LB se distinguent par leurs anticorps membranaires qui servent de récepteurs pour l'antigène (idem avec les LT et leurs récepteurs spécifiques) (Structure 3D des anticorps) ; Hormones ovariennes et testiculaires = hormones stéroïdes (Comparer la structure des hormones stéroïdes afin de dégager des caractéristiques communes (dérivés du cholestérol)) ; Hormones ovariennes, hormones de synthèse et RU486 ont des structures voisines. Cette ressemblance permet d'expliquer le mode d'action des contraceptifs et des contragestifs oraux (Comparer la structure de la progestérone naturelle avec une progestérone de synthèse. Idem entre progestérone naturelle et RU486))

En Terminale S enseignement de spé : L'ATP, molécule indispensable à la vie cellulaire (Comparaison de la structure de l'ATP et de l'ADP).

Utilisation de **Jmol** mentionner pour découvrir la structure de l'ADN (http://www.discip.crdp.ac-caen.fr/svt/cgaulsvt/travaux/travmich/tpadn/index.htm).

Présentation des molécules antiSida en ligne avec **Jmol** (http://www.discip.crdp.ac-caen.fr/svt/cgaulsvt/travaux/travmich/antiproteases/antiprot.htm).

Différentes molécules montrées avec **Jmol** (glucides, lipides, protides, ATP, ARNm, molécules du pétrole, molécules minérales) (http://www.discip.crdp.ac-caen.fr/svt/cgaulsvt/travaux/PLG/index.htm).

Comparaison des molécules d'Enképhaline et de Morphine avec **Jmol** en ligne (http://www.discip.crdp.ac-caen.fr/svt/cgaulsvt/travaux/1ES/MorpEnk/index.htm).

Comparaison des molécules de THC et d'Anandamide avec **Jmol** en ligne (http://www.discip.crdp.ac-caen.fr/svt/cgaulsvt/travaux/Autres/PDB_THC/index.htm).

Académie de Rouen (http://www.ac-rouen.fr)

Rapport sur un stage intitulé : « les difficultés rencontrées par les élèves dans la maîtrise du niveau d'organisation moléculaire » (http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:fO0YZ2e8HcEJ:svt.ac-rouen.fr/perso/echanges/lycee/niveaux_organisation.doc+rasmol+acad%C3%A9mie&cd=78&hl=fr&ct=clnk&gl=fr).

Lien pour télécharger **RasMol** et **RasTop** (http://svt.ac-rouen.fr/tice/logitheque/gratuicielspeda/logicielpedag/index.htm).

Académie de Nantes (http://www.ac-nantes.fr)

Tutoriel pour utiliser les fonctions de base de **RasTop** (http://www.pedagogie.ac-nantes.fr/1169068779468/0/fiche___ressourcepedagogique/#simili).

Description détaillée d'une activité pour étudier la structure des anticorps avec **RasTop** (http://www.pedagogie.ac-nantes.fr/1171142589890/0/fiche___ressourcepedagogique/).
Lien vers quelques ressources **RasMol**.
Tutoriel pour les scripts sur **RasTop** (http://www.pedagogie.ac-nantes.fr/1170890450515/0/fiche___ressourcepedagogique/).
Quelques informations sur le logiciel **Jmol** (http://www.pedagogie.ac-nantes.fr/1205480941265/0/fiche___ressourcepedagogique/).
Etude d'enzyme avec **RasTop** (http://www.pedagogie.ac-nantes.fr/1170890450515/0/fiche___ressourcepedagogique/&RH=1160729734281).

Académie d'Amiens (http://www.ac-amiens.fr)

Lien vers **RasMol** (http://pedagogie.ac-amiens.fr/math-sciences/spip.php?article273).

Académie de Poitiers (http://www.ac-poitiers.fr)

Petit descriptif de **Rasmol** et **Chime** (http://ww3.ac-poitiers.fr/svt/res_med/Rasmol/index.htm)
Quelques fonctionnalités de **RasMol** (http://ww3.ac-poitiers.fr/svt/res_med/rasmol/utilisation.htm).
Utilisation de **Rasmol** pour l'étude de la structure de l'ADN (http://ww3.ac-poitiers.fr/svt/activite/texier/adn/adnstru.html).
Etude de l'insuline (http://ww3.ac-poitiers.fr/svt/activite/jmc/INSULINE/INDEX.HTM).
Complexe enzyme substrat (http://ww3.ac-poitiers.fr/svt/activite/texier/enzyras.htm).

Académie de Nice (http://www.ac-nice.fr/)

Mention de **RasMol**, **RasTop** et **MolUSc** pour étudier la composition et la structure des molécules biologiques (http://www.ac-nice.fr/svt/nouvelle2de/commun/tous_themes/ressources_tice_nice.pdf)
Lien vers http://librairiedemolecules.education.fr/
Utilisation de **Rasmol** mentionné pour étudier la fonction des enzymes (http://webcache.googleusercontent.com/custom?q=cache:hAzSk7npkhQJ:www.ac-nice.fr/svt/pedago/1s_bassins/parc_biocell.doc+rasmol&cd=5&hl=fr&ct=clnk&client=google-coop-np).
Utilisation de **Rasmol** mentionné pour montrer la spécificité des anticorps (http://webcache.googleusercontent.com/custom?q=cache:ndKWkgca3TwJ:www.ac-nice.fr/svt/pedago/ts_bassins/TSimmucagnesI7.doc+rasmol&cd=10&hl=fr&ct=clnk&client=google-coop-np).
Etude comparative de quelques molécules composant les masses ainsi pesées ou déduites, à l'aide du logiciel **Rastop** (silicates, glucides lipides protides, eau, CO2,...) et Universalité de

l'ADN : avec l'utilisation de **Rastop** pour identifier les caractères variants (http://www.ac-nice.fr/svt/nouvelle2de/commun/tous_themes/activites_possibles.pdf).
Page indiquant comment se servir de **Jmol** pour montrer l'universalité de la molécule d'ADN (http://www.ac-nice.fr/svt/productions/2ao/adn2/jmol.htm).
Principale fonctionnalité de **Jalview** (http://www.ac-nice.fr/svt/productions/exploitations/jalview/html/structure3d.html).
Comparaison en ligne des chaines beta de l'Hb avec **Jmol** (http://www.ac-nice.fr/svt/productions/2ao/drepamol/).
Activité avec **Jmol** autour de l'ADN en ligne (http://www.ac-nice.fr/svt/productions/fiche.php?numero=70 ; http://www.ac-nice.fr/svt/productions/fiche.php?numero=59 ; http://www.ac-nice.fr/svt/productions/fiche.php?numero=54).

Académie d'Aix-Marseille (http://www.ac-aix-marseille.fr)

Petit descriptif de **Rasmol** et lien pour le télécharger (http://www.ac-aix-marseille.fr/wacam/jcms/c_43968/logiciels-libres-en-sciences-physiques?hlText=rasmol).
Utilisation de **Chime** pour l'étude de la structure de l'ADN (http://www.svt.ac-aix-marseille.fr/outils/2adn/index.htm).
Fonctionnalité de base de **RasTop** (http://www.svt.ac-aix-marseille.fr/multimed/aidelogi/Rastop/index.htm).
Utilisation de **RasTop et Chime** mentionné pour différents points du programme (comme pour Caen) – (http://www.svt.ac-aix-marseille.fr/unidiv/index.htm).

Académie de Lyon (http://www.ac-lyon.fr/)

Visualisation d'immunoglobuline avec **RasMol** (http://www2.ac-lyon.fr/enseigne/biologie/ress/logiciel/ana_ras/igg1.html).
Lien pour télécharger **RasTop**, **Chime** et **RasMol** et liens vers la PDB et la librairie de molécules (http://www2.ac-lyon.fr/enseigne/biologie/spip.php?article231).
Etude du gène Sry, protéine TDF et déterminisme du sexe avec **RasTop** et **Chime** (http://www2.ac-lyon.fr/enseigne/biologie/ress/logiciel/rastop/tdf/tdf_0.html).

Académie de Grenoble (http://www.ac-grenoble.fr)

Des réflexions sur l'utilisation de **RasMol** (http://www.ac-grenoble.fr/svt/SITE/portail_tice/02avril/atelier13/rasmol2.doc).

Académie de Guyane (http://www.ac-guyane.fr/)

Rien

Académie de Polynésie Française (http://www.ac-polynesie.pf)

Rien

Académie de la Martinique (http://www.ac-martinique.fr/)

Mention de **RasTop** pour l'étude de la drépanocytose (http://pedagogie.ac-martinique.fr/svt/drepa8.shtml).

Petit topo sur la visualisation des molécules avec mention de **RasMol** (http://pedagogie.ac-martinique.fr/svt/mlc1.shtml).

Académie de la Guadeloupe (http://www.ac-guadeloupe.fr/)

Lien vers **RasTop** (http://pedagogie.ac-guadeloupe.fr/sciences_vie_et_terre/logiciels).

Mention de **RasMol**.

Académie de Mayotte (http://www.ac-mayotte.fr/)

Rien

Académie de Nouvelle-Calédonie (http://www.ac-noumea.nc)

Programme d'un stage pour utiliser **RasTop** (http://www.ac-noumea.nc/svt/actu/2008/stagepaf2008/index.htm);

Académie de la Réunion (http://www.ac-reunion.fr/)

Rien

Académie de Wallis et Futuna (http://www.ac-wf.wf/)

Rien

Académie de Saint-Pierre et Miquelon (http://www.ac-spm.fr/)

Rien

Site de l'INRP

Petite présentation de **RasMol** (http://www.inrp.fr/Acces/biogeo//model3d/rasmol.htm);

Petite présentation de **Chime** (http://www.inrp.fr/Acces/biogeo//model3d/chime.htm).

Lien vers protein explorer (http://www.inrp.fr/Acces/biogeo//model3d/admirez.htm).

Présentation de **RasTop** avec ses principales fonctionnalités et quelques exemples (structure de l'ADN, enchaînement des acides aminés, famille multigénique et enzyme) et présentation de quelques scripts (http://www.inrp.fr/Acces/biotic/rastop/accueil.htm).

Sur Wikipedia

Très court descriptif de **RasMol** (http://fr.wikipedia.org/wiki/Rasmol)
Rien sur **RasTop**
Petit descriptif de **Jmol** (http://fr.wikipedia.org/wiki/Jmol)
Petit descriptif de **PyMol** (http://fr.wikipedia.org/wiki/PyMOL)
Rien sur **Molusc**
Descriptif assez complet de la Protein Data Bank (http://fr.wikipedia.org/wiki/Protein_Data_Bank)
Rien sur Proteopedia

Sur eductnet :
http://www.educnet.education.fr/phy/pratiques/materiel/molecules3d

Liens que l'on trouve sur les sites académiques :

Site de l'académie de Créteil :
http://helixweb.nih.gov/cgi-bin/pdb (pour rechercher des molécules)
http://www.umass.edu/microbio/rasmol/
http://www.inrp.fr/Acces/biogeo//accueil.htm

Site de l'académie de Montpellier
http://www.inrp.fr/Acces/biogeo//accueil.htm

Site de l'académie de Limoges
http://librairiedemolecules.education.fr/
http://www.inrp.fr/Acces/biotic/rastop/accueil.htm
http://www.geneinfinity.org/rastop/
http://www.inrp.fr/Acces/biogeo//model3d/rasmol.htm
http://molusc.free.fr/

Site de l'académie de Nancy Metz
http://www.umass.edu/microbio/rasmol/
http://www.umass.edu/microbio/rasmol/galmz.htm
http://www.rcsb.org/pdb/home/home.do
http://www.inrp.fr/Acces/biogeo//model3d/rasmol.htm
http://www.inrp.fr/Acces/biogeo//model3d/installechime.htm

Site de l'académie de Lille
http://www.librairiedemolecules.education.fr/

Site de l'académie de Rouen
http://www.inrp.fr/Acces/biogeo//model3d/rasmol.htm
http://www.inrp.fr/Acces/biotic/rastop/accueil.htm

Site de l'académie de Nantes
http://www.inrp.fr/Acces/biogeo//model3d/data3d.htm
http://www.inrp.fr/Acces/biotic/rastop/accueil.htm
http://www.librairiedemolecules.education.fr/
http://www.symyx.com/support/developer/chime/
http://jmol.sourceforge.net/

Site de l'académie d'Amiens
http://www.inrp.fr/Acces/biogeo//model3d/installechime.htm
http://www.discip.ac-caen.fr/phch/lycee/touniv/molecules_gg/molecules.htm

Site de l'académie de Poitiers
http://www.inrp.fr/Acces/biogeo//model3d/data3d.htm
http://www.inrp.fr/Acces/biogeo//model3d/rasmol.htm
http://www.rcsb.org/pdb/home/home.do

Académie de Nice
http://www.librairiedemolecules.education.fr/
http://jmol.sourceforge.net/
http://www.rcsb.org/pdb/home/home.do
http://chemapps.stolaf.edu/jmol/docs/

Académie d'Aix-Marseille
http://www.inrp.fr/Acces/biogeo//model3d/rasmol.htm

Académie de Lyon
http://www.inrp.fr/Acces/biogeo//model3d/visu3d.htm
http://librairiedemolecules.education.fr/
http://www.rcsb.org/pdb/search/searchModels.do
http://pedagogie.ac-toulouse.fr/svt/serveur/lycee/gutjahr/molec3D/serveur_molec3d/accueil_doss.htm

Site de l'académie de la martinique
http://www.umass.edu/microbio/rasmol/

http://www.inrp.fr/Acces/biotic/rastop/accueil.htm
http://workbench.sdsc.edu/
http://www.rcsb.org/pdb/home/home.do

Académie de la Guadeloupe
http://www.inrp.fr/Acces/biotic/rastop/accueil.htm

Les différents liens :
http://www.umass.edu/microbio/rasmol/ (site du MIT à propos de logiciels de VM)
http://www.inrp.fr/Acces/biogeo//accueil.htm (ressource pour l'enseignement des SVT sur l'INRP)
http://librairiedemolecules.education.fr/ (sélection de modèles moléculaires pour des enseignants)
http://www.inrp.fr/Acces/biotic/rastop/accueil.htm (site sur RasTop hébergé par l'INRP)
http://www.inrp.fr/Acces/biogeo//model3d/rasmol.htm (page sur RasMol hébergé par l'INRP)
http://www.inrp.fr/Acces/biogeo//model3d/installechime.htm (page sur Chime hébergé par l'INRP)
http://www.inrp.fr/Acces/biogeo//model3d/data3d.htm (thèmes d'études possibles avec RasMol hébergé par l'INRP)
http://www.inrp.fr/Acces/biogeo//model3d/visu3d.htm (page sur le site de l'INRP qui a des liens vers RasMol et Chime)
http://www.symyx.com/support/developer/chime/ (site officiel de Chime)
http://jmol.sourceforge.net/ (site officiel de Jmol)
http://chemapps.stolaf.edu/jmol/docs/ (documentation sur Jmol)
http://www.geneinfinity.org/rastop/ (site officiel de RasTop)
http://molusc.free.fr/ (site officiel de MolUSc)
http://www.rcsb.org/pdb/home/home.do (site de la PDB)

Annexe 9 - b : Logiciels de VM mentionnés sur chacune des académies

	Logiciel(s) mentionné(s)					
Académie	**RasMol**	**RasTop**	**Chime**	**Molusc**	**Jmol**	Total
Strasbourg	1	1				2
Bordeaux	1					1
Clermont-Ferrand	1					1
Dijon	1					1
Rennes	1	1	1			3
Orléan-Tours	1	1		1		3
Reins	1	1	1			3
Corse						0
Besançon	1	1				2
Versailles	1	1				2
Paris	1	1				2

Créteil	1	1				2
Montpellier	1	1				2
Limoges	1	1	1	1		4
Nancy-Metz	1	1	1	1		4
Toulouse	1	1	1	1	1	5
Lille	1					1
Caen	1	1	1		1	4
Rouen	1	1				2
Nantes	1	1			1	3
Amiens	1					1
Poitiers	1		1			2
Nice	1	1		1	1	4
Aix-Marseille	1	1	1			3
Lyon	1	1	1			3
Grenoble	1					1
Guyane						0
Polynésie Française						0
Martinique	1	1				2
Guadeloupe	1	1				2
Mayotte						0
Nouvelle-Calédonie		1				1
Réunion						0
Wallis et Futuna						0
Saint Pierre et Miquelon						0
Total	27	21	9	5	4	

Tableau 12 Logiciels de VM mentionnés sur chacune des académies.

Annexe 9 - c : Sites académiques présentant une description ou les fonctionnalités de base d'un logiciel de VM.

	Petite description				Fonctionnalités de base			
Académie	RasMol	RasTop	MolUsc	Chime	RasMol	RasTop	MolUSc	Jmol
Strasbourg								
Bordeaux								
Clermont-Ferrand								
Dijon								
Rennes								
Orléan-Tours								
Reins	1			1		1		
Corse								
Besançon								
Versailles						1		
Paris					1			
Créteil					1			
Montpellier						1		
Limoges	1	1	1			1		
Nancy-Metz	1	1	1					
Toulouse					1	1	1	1

Lille								
Caen								
Rouen	1	1						
Nantes						1		
Amiens								
Poitiers					1			
Nice								1
Aix-Marseille	1							
Lyon								
Grenoble								
Guyane								
Polynésie Française								
Martinique								
Guadeloupe								
Mayotte								
Nouvelle-Calédonie								
Réunion								
Wallis et Futuna								
Saint Pierre et Miquelon								
Total	5	3	2	1	4	6	1	2

Tableau 13 Sites académiques présentant une description ou les fonctionnalités de base d'un logiciel de VM.

Annexe 9 - d : Utilisateurs ayant posté un message avec le mot RasTop ou Jmol entre mars 2010 et mars 2011 sur le forum national de SVT.

	juil-10	août-10	sept-10	oct-10	nov-10	déc-10	janv-11	févr-11	mars-11	Total
ppillot		2	6		1		16	3	13	41
jjanin			9	1	3		8	1	3	25
Frederic Labaune			2	1	2		5	3		13
magma			5				8			13
Philippe COSENTINO			4				5	2	2	13
Erika Follien	2		3				7			12
E Meunier			3				2	2	3	10
Eric JOURDAN	1		5				2		2	10
Grégory Michnik		1							9	10
Gilles Gutjahr	1		1		1		2	2	1	8
F					5					5
solariane							1		3	4
jacky.lyon							3			3
TITOLET DOMINIQUE									3	3
-YB-								1	2	3
cooluber							1		1	2
haribo63									2	2

HN Fournier			2							2
marie-claude segui		1						1		2
Marine BREZ			2							2
salame			2							2
sdebliquy			2							2
Aurelien Sumka								1		1
esanchez							1			1
JFMadre									1	1
Marie-Julie.Azam		1								1
melba1260		1								1
plume					1					1
vinici				1						1
										194

Tableau 14 Utilisateurs ayant posté un message avec le mot « rastop » entre mars 2010 et mars 2011 sur le forum national de SVT. (Entre mars 2010 et juin 2010 il n'y a pas eu de message posté.)

	juil-10	août-10	sept-10	oct-10	nov-10	déc-10	janv-11	févr-11	mars-11	Total
ppillot			3				8	1	8	20
jjanin			3		1					4
Frederic Labaune							1			1
magma							4			4
Philippe COSENTINO					1		1		1	3
Erika Follien							1			1
E Meunier			1						2	3
Grégory Michnik									2	2
Gilles Gutjahr			1							1
solariane							1			1
-YB-									1	1
HN Fournier			1							1
										42

Tableau 15 Utilisateurs ayant posté un message avec le mot « jmol » entre mars 2010 et mars 2011 sur le forum national de SVT. (Entre mars 2010 et juin 2010 il n'y a pas eu de message posté.)

Annexe 9 - e : Nombre de vues par message en lien avec la VM dans la catégorie « logiciels » sur le forum national SVT le 15 septembre 2011.

Nombre de vu	Nombre de messages	Nombre de vu par message	Titre du fil de discussion
350	23	15.22	Ecrire une formule chimique et obtenir un modèle 3D
165	19	8.68	resteindre l'affichage dans RasTop
101	5	20.20	rastop et windows 7
267	26	10.27	Mesurer avec RASTOP [faire des paires de bases]
150	15	10.00	Cycle de Calvin et Rastop

94	5	18.80	Construire molécule d'ADN
239	28	8.54	Rastop: ADN végétal
221	13	17.00	Rastop ADN
119	7	17.00	Jmol/RasTop
115	8	14.38	Fichiers de molécules vivant/inerte dans RASTOP ?
390	38	10.26	RasTop : affichage liaisons hydrogène
170	8	21.25	RASTOP
220	3	73.33	FICHIER MOLECULES RASTOP
2 601	198	13.14	TOTAL

Tableau 16 Nombre de vu par message en lien avec la VM dans la catégorie « logiciels » sur le forum national SVT le 15 septembre 2011.

Annexe 9 - f :Codage des différentes préoccupations dans les fils de discussion en lien avec les logiciels de VM sur le forum national de SVT.

Bref description du contenu	Préoccupation			
Catégorie sur le forum : Archives Espace TICE	Obtention de molécules	Problème d'utilisation	Problème technique	Autre
2003				
Editer modèle PDB	1			
Pb plugin Chime			1	
RasMol / RasTop : RasMol imposé au bac ?				1
RasMol / RasTop : commande stéréo ?		1		
Chemsketch / RasMol / RasTop / Chime : faire des animations ? Difficile		1		
Molusc / Chime : Pb technique			1	
Site de Gilles Gutjahr avec Chime à l'époque				1
RasTop / Yasara / Molmol : obtenir des images de molécules		1		
Modèle PDB : fabriquer les siennes en éditant un fichier PDB	1			
2004				
Chime : à utiliser pour visualiser avec 1 navigateur		1		
Chime / RasTop / Chemsktech : Créer des molécules	1			
Schime / RasMol / RasTop : plugin pour afficher ses propres molécules		1		
Jmol remplace Chime				1
Chime : 1 activité avec				1
Fichier PDB : lien avec Anagène	1			
Molusc : fonctionnalité superposition		1		
RasTop : recherche molécule Amidon	1			
Jmol : Problème technique			1	
RasTop Problème technique			1	
2005				
RasTop : recherche protéine CFTR	1			
RasMol / RasTop : recherche molécules (nucléotides)	1			
Chime : problème technique			1	
RasTop : recherche de molécule / Jmol	1			
Recherche de molécules (utilisation d'infobiogen)	1			
RasTop : utilisation de base		1		
2006				
RasTop : recherche de molécule	1			
Chime / jmol : technique			1	
RasTop : recherche de molécule / Jmol / Librairie moléculaire	1			
PDB : générer des molécules	1			
Recherche molécule (péniciline)	1			
RasTop : recherche de molécules	1			
Librairie de molécules : pb techniques			1	
2007				
Fichier PDB : question technique	1			
Recherche fichier PDB	1			
RasTop : recherc molécule	1			
Recherche fichier PDB	1			
2008				
Recherche de fichier PDB (groupe ABO)	1			

Catégorie sur le forum : Archive Espace TICE Catégorie Pratique de logiciels				
2006				
RasTop : problème technique			1	
2007				
Recherche de molécule (RU486, progestérone)	1			
2008				
RasMol : problème utilisation		1		
Catégorie sur le forum : Problèmes à résoudre en TICE				
2009				
RasMol : problème d'utilisation		1		
Recherche glucose avec RasTop	1			
2010				
RasTop : question d'utilisation (mesure d'une molécule)		1		
RasTop : problème d'installation			1	
2011				
RasTop : utilisation en ligne de commande		1		
Jmol / RasTop / Avogadro : problème technique			1	
Catégorie sur le forum : Les TICE dans notre enseignement				
RIEN				
Catégorie sur le forum : Logiciels				
2008				
recherche fichier PDB RasTop	1			
2009				
RasTop : problème technique			1	
2010				
RasTop : problème technique			1	
RasTop : recherche de molécule	1			
2011				
Jmol/RasTop : intérêt de Jmol ?				1
RasTop : problème technique			1	
RasTop : recherche molécule ADN végétal	1			
RasTop : reche molécule (Cycle de Calvin)	1			
RasTop : utilisation (mesure)		1		
RasTop : problème technique (compatibilité Windows 7)			1	
RasTop utiliser (restreindre affichage)		1		
Rachercher molécule (ADN polymérase)	1			
Fabriquer molécule	1			
Chime				1
RasTop : recherche molécule	1			
TOTAL	28	13	14	6

Annexe 10 : Synthèse des relevés d'images dans les manuels de SVT analysés

Annexe 10 - a : Dans les manuels de seconde

2nde NATHAN – 1990 et 1993

Rien

2nde DIDIER – 2000

- Photo d'une modélisation par ordinateur d'une partie de la molécule d'ADN : illustratif : fait le lien avec le schéma de la molécule d'ADN.

2nde HACHETTE – 2000

- Schéma 3D d'un réseau cristallin de NaCl : d'un point de vu macroscopique et structurale (image des molécules) : lien entre la structure moléculaire et la structure macroscopique (p. 78).
- Schéma 3D d'un fragment de la molécule d'ADN ➔ illustratif (décoratif) (p. 194).
- Schéma 2D d'une molécule d'ADN, pas de légendes (p. 200).
- Schéma 2D d'une molécule d'ADN, pas de légendes (p. 203).
- Photo d'une modélisation par ordinateur d'une partie de la molécule d'ADN ➔ exercice pour voir la disposition des bases azotées dans l'ADN (p. 221).
- Photo d'une modélisation par ordinateur d'une partie de la molécule d'ADN pour montrer l'universalité du vivant, pas de légendes (p. 247).

2nde HACHETTE – 2004

- Photo d'une modélisation par ordinateur d'une partie de la molécule d'ADN ➔ décoratif (p. 124).
- Schéma 3D de la compaction de l'ADN avec les histones et photographie avec le MET de cette compaction (p. 129).
- Activité avec le logiciel RasTop (p 134-134) :
    - Trouver le nombre de chaîne qui constitue la molécule d'ADN.
    - Photo d'une modélisation par ordinateur d'une portion de la molécule d'ADN
    - Photo d'une modélisation par ordinateur des 4 nucléotides
- Activité avec RasTop (p 136-137) :
    - Comprendre comment les nucléotides sont agencés sur une chaîne.
    - Trouver comment les chaînes sont reliées.
    - 3 photos de modélisation par ordinateur de la molécule d'ADN

Toutes les étapes de ces 2 activités sont indiquées (pas d'autonomie).

- Schéma 2D de la molécule d'ADN (p 151)
- Schéma 2D de la molécule d'ADN (p 152)
- Schéma 2D de la pour illustrer de l'organisme à l'atome (p 157)

2nde MAGNARD – 2004

- Photo d'une modélisation par ordinateur d'une partie de la molécule d'ADN (p 55).
- Activité centrée autour de RasTop (p 66-67) :
    - Déterminer la composition chimique de l'ADN.
    - Déterminer la structure (nucléotides, bases azotés,…)
    - Localiser les liaisons H.
    - 6 photos de modélisation par ordinateur de portions de la molécule d'ADN

  ➔ Tout cela pour introduire la structure de l'ADN.

Les étapes sont très guidées mais il y a quand même un peu d'autonomie.

- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'ADN ➔ décoratif (p 68).
- Schéma 2D de la molécule d'ADN (p 69).
- Page en lien avec l'évaluation des capacités expérimentales (p 71)
    - Indique ce qui est testé avec l'activité sur RasTop : comprendre un mode opératoire – savoir répondre à un problème.
    - 2 photos de modélisation par ordinateur de portions de la molécule d'ADN
- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'ADN ➔ décoratif, dans le chapitre sur la mise en place du plan d'organisation au cours du développement (p 107).

2nde BELIN – 2010

- 2 photos de modélisation par ordinateur de la molécule d'amidon et d'une molécule d'eau pour illustrer la chimie du vivant, l'échelle est indiquée (p 29).
- 3 photos de modélisation par ordinateur de l'acide oléique, d'un glucose et de l'insuline pour illustrer la chimie du vivant, l'échelle est indiquée (p 31).
- 2 photos de modélisation par ordinateur d'un glucose et d'une portion de la molécule d'amidon pour un exercice sur la chimie du vivant (p 34).
- 2 photos de modélisation par ordinateur d'une enképhaline et de la morphine pour un exercice sur la chimie du vivant (p 35).
- Photo de modélisation par ordinateur de molécules impliquées dans la fermentation alcoolique pour illustrer le métabolisme cellulaire, précise que la photo est obtenue avec Jmol (p 40).
- Photo de modélisation par ordinateur d'une enzyme, l'échelle est indiquée pour une activité de la cellule à la molécule (p 43).
- Photo de modélisation par ordinateur de la molécule d'ADN, légende un peu plus détaillée que d'habitude et schéma en 2D de la molécule d'ADN, pour étudier la structure de l'ADN (p 54).
- 2 photos de modélisation par ordinateur de fragments de l'ADN (précise que l'une des 2 photos est obtenues avec Rastop et l'échelle est aussi indiquée pour cette photo), pour étudier la structure de l'ADN (p 55).
- Photo de modélisation par ordinateur du pyruvate, l'échelle est présente pour la notion d'échelle.
- Photo de modélisation par ordinateur de l'amidon dans une activité sur la photosynthèse, l'échelle est indiquée (p 110)

2nde HACHETTE – 2010

- Photo d'une modélisation par ordinateur d'une portion de la membrane plasmique d'une cellule, indiqué qu'elle a été obtenue avec RasTop, tête de chapitre (p 25).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de différents éléments chimiques qui composent le vivant, obtenue avec RasTop, dans un exercice sur la chimie du vivant (p 27).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de 4 glucides, obtenue avec RasTop, dans un exercice sur la chimie du vivant (p 29).
- Photo d'une modélisation par ordinateur du saccharose 4 pour le bilan sur la chimie du vivant (p 30).
- Schéma 3D de molécule pour la chimie du vivant (p 31).
- Photo d'une modélisation par ordinateur d'une portion de la membrane plasmique d'une cellule, décoratif (p 33).
- 2 photos de modélisation par ordinateur de molécule chimique dans des exercices sur la chimie du vivant (p 35).
- 3 photos de modélisation par ordinateur de molécule chimique dans des exercices sur la chimie du vivant, précision que l'une de ces photos a été obtenue avec Rastop (p 36).
- 3 photos de modélisation par ordinateur de l'ADN pour la structure de l'ADN (p 55).
- Schéma 2D de l'ADN pour la structure de l'ADN (p 55).
- Photo de modélisation par ordinateur de l'ADN pour un exercice sur la structure de l'ADN (p 64).
- Fiche pour manipuler le logiciel RasTop, donne les bases (p 249).

2nde NATHAN – 2010

- Activité avec le logiciel RasTop sur la chimie du vivant (46-47) :
    - 6 photos de modélisation par ordinateur de glucose, acide palmitique et acide aminé, saccharose, glycogène et insuline.
    - Activité fortement guidée
- Photo de modélisation par ordinateur d'une molécule pour un exercice de la chimie du vivant, l'échelle est précisée (p 55).
- Photo de modélisation par ordinateur d'une molécule pour un exercice de la chimie du vivant (p 56).
- Photo de modélisation par ordinateur d'une molécule de glucose sur le métabolisme (p 63).
- 3 photos de modélisation par ordinateur de glucose, glycogène et triglycéride sur le métabolisme.
- Activité avec le logiciel RasTop sur la structure de l'ADN (70-71) :
    - 3 photos de modélisation par ordinateur de portion de l'ADN.
    - Activité fortement guidée
- Photo de modélisation par ordinateur de l'ADN pour un exercice sur la structure de l'ADN (p 81).
- Photo de modélisation par ordinateur de l'ADN décoratif (p 113).

2nde BORDAS – 2010

- Schéma 3D de la composition moléculaire de l'olivine pour la chimie du vivant (p 32).
- Photo d'une modélisation par ordinateur d'une portion de la membrane plasmique d'une cellule, pour une activité sur la chimie du vivant (p 33).
- 3 photos de modélisation par ordinateur du saccharose, acide arachidonique et enképhaline pour une activité sur la chimie du vivant (p 34).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de glycogène pour une activité sur la chimie du vivant (p 36).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de la chlorophylle, avec l'échelle pour une activité sur la chimie du vivant (p 37).
- Photo d'une modélisation par ordinateur du glucose pour la chimie du vivant (p 42).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de plusieurs molécules pour un exercice sur la chimie du vivant (p 48).
- 2 photos de modélisation par ordinateur de plusieurs molécules pour un exercice sur la chimie du vivant (p 49).
- 2 photos de modélisation par ordinateur de l'ADN pour la structure de l'ADN (p 54).
- 2 photos de modélisation par ordinateur de l'ADN pour la structure de l'ADN (p 55).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de la molécule d'ADN pour l'étude de sa structure (p 56).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'adrénaline, sur la pression artérielle décoratif (p 226).
- Dossier sur la visualisation des molécules en 3D (p. 249) :
    - 7 photos de modélisation par ordinateur
    - Explication rudimentaire sur l'obtention d'un modèle moléculaire
    - Explication rudimentaire sur les types de modèle
    - Lien vers la librairie des molécules

2nde HATIER – 2010

- Photo d'une modélisation par ordinateur de différents éléments chimiques qui composent le vivant, pour une activité sur la chimie du vivant (p 41).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'alanine, pour une activité sur la chimie du vivant (p 43).
- Photo d'une modélisation par ordinateur d'un fragment d'ADN, pour l'organisation de la cellule (p 51).
- Activité avec le logiciel RasTop sur la structure de l'ADN (p 58-59)
    - Photo d'une modélisation par ordinateur d'un fragment d'ADN
    - Activité très guidée
    - Schéma 3D de la molécule d'ADN
- 2 photos de modélisation par ordinateur d'un fragment d'ADN, pour la structure de l'ADN (p 63).
- Schéma 3D de la molécule d'ADN, pour la structure de l'ADN (p 64).

Annexe 10 - b : Dans les manuels de première

1ère L – HACHETTE – 2001

- Photo d'une modélisation par ordinateur de la structure du LSD ➔ illustratif (décoratif) (p. 38).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de la tyrosine (décoratif) pour le sujet phénotype organisme / molécule (p. 200).
- Schéma 3D de la molécule d'hémoglobine : montre les chaînes α et les chaînes β en rapport avec la drépanocytose (p. 202).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'ADN associé à p53 : illustratif (décoratif) pour la relation ADN – protéine (p. 210).

1ère L – BORDAS – 2001

- Photo d'une modélisation par ordinateur de la structure du LSD et photo d'une modélisation par ordinateur de la sérotonine ➔ comparaison de ces 2 photos pour noter les similitudes (p. 41).
- Photo d'une modélisation par ordinateur du prion sous la forme normale et sous la forme infectieuse ➔ noter la différence (p. 95).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de la progestérone et du RU 486 ➔ comparaison des 2 molécules (leur ressemblance de structure) (p. 153).
- Modèle en ruban d'une protéine : illustratif (p. 172).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de la structure de l'ADN et schéma de l'ADN ➔ déterminer la structure de l'ADN (p. 173).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de 2 molécules d'hémoglobine S liées entre elles ➔ mise en relation avec l'observation au MET de globule rouge drépanocytaire ➔ phénotype (p. 175).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de la protéine CFTR (responsable de la mucoviscidose) où on montre que la phénylalanine est absente (p. 177).
- Photo d'une modélisation par ordinateur du collagène : la forme torsadée observée confère des propriétés mécaniques remarquable ➔ rôle de charpente (p. 177).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'hexokinase ➔ illustre le site actif (p. 177).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de 2 molécules d'hémoglobine S liées entre elles pour le bilan du phénotype à différentes échelles (p. 185).
- Schéma 2D de la chaîne des acides aminés de l'insuline.
- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'ARN et de ses 4 nucléotides : montre la proximité avec l'ADN (p. 186).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de la Mét-enképhaline (décoratif), (p. 189).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'hémoglobine S et des acides aminées responsables de la polymérisation des molécules d'hémoglobine ➔ mieux comprendre le phénomène (p. 194).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'ADN : utilisé pour montrer l'unicité du vivant (maladroit car 1 seule illustration d'ADN), (p. 209).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'hémoglobine : illustratif : pour monter qu'on retrouve cette molécule à quelques détails près chez tous les tétrapodes. Photo utilisé avec la comparaison de la séquence des acides aminés (p. 214).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de globines α de l'hémoglobine : décoratif, dans le contexte des familles multigéniques (p. 216).

1ère ES – BORDAS – 2001

- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'enképhaline et de la morphine ➔ l'observation de leur structure indique qu'elles peuvent toutes 2 se fixer sur le même récepteur.
- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'héroïne (décoratif).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'ADN : lien avec le schéma de l'ADN.
- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'hémoglobine S avec mise en évidence de la valine.
- Photo d'une modélisation par ordinateur du prion sous la forme normale et sous la forme infectieuse ➔ noter la différence (p.).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de la progestérone et du RU 486 ➔ comparaison des 2 molécules (leur ressemblance de structure) (p.).
- Modèle en ruban d'une protéine : illustratif (p.).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de la structure de l'ADN et schéma de l'ADN ➔ déterminer la structure de l'ADN (p.).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de 2 molécules d'hémoglobine S liées entre elles ➔ mise en relation avec l'observation au MET de globule rouge drépanocytaire ➔ phénotype (p. 175).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de la protéine CFTR (responsable de la mucoviscidose) où on montre que la phénylalanine est absente (p.).
- Photo d'une modélisation par ordinateur du collagène : la forme torsadée observée confère des propriétés mécaniques remarquable ➔ rôle de charpente (p.).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'hexokinase ➔ illustre le site actif (p.).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de 2 molécules d'hémoglobine S liées entre elles pour le bilan du phénotype à différentes échelles (p.).
- Schéma 2D de la chaîne des acides aminés de l'insuline.
- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'ARN et de ses 4 nucléotides : montre la proximité avec l'ADN (p.).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de la Mét-enképhaline (décoratif), (p.).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'hémoglobine S et des acides aminées responsables de la polymérisation des molécules d'hémoglobine ➔ mieux comprendre le phénomène (p. 194).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'ADN : utilisé pour montrer l'unicité du vivant (maladroit car 1 seule illustration d'ADN), (p.).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'hémoglobine : illustratif : pour monter qu'on retrouve cette molécule à quelques détails près chez tous les tétrapodes. Photo utilisé avec la comparaison de la séquence des acides aminés (p.).

Photo d'une modélisation par ordinateur de globines α de l'hémoglobine : décoratif, dans le contexte des familles multigéniques (p.).

1ère S – BORDAS – 1993

- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'ADN (décoratif) en tête de chapitre (p. 37).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'ADN comparé avec le schéma 2D de l'ADN (p. 43).
- Schéma 3D de la membrane plasmique pour le renouvellement cellulaire (p. 49).

- Photo d'une modélisation par ordinateur de 2 chaînes polypeptidique : dans l'une la leucine a été remplacée par la proline ➔ importance de l'acide aminé pour la forme de la chaîne (p. 64).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de protéine en ruban (p.64).
- Schéma 2D de l'expérience d'Anfinsen (p. 65).
- Schéma 3D de la chaîne β de l'hémoglobine (p. 75).
- Schéma 3D de l'ARNt (p. 82).
- Photo d'une modélisation par ordinateur d'un ARNt et de l'aminoacyl ARNt synthétase : comparé à un schéma 2D explicatif (p. 82).
- Schéma 2D du fonctionnement d'un ribosome (p. 83).
- Photo d'une modélisation par ordinateur d'une enzyme (décoratif) en tête de chapitre (p. 95).
- Photo d'une modélisation par ordinateur du lysozyme avec et sans son substrat : monter le site actif (la même que Nathan 1993) (p. 106).
- Schéma 2D du fonctionnement enzyme substrat (p. 109).

Les représentations dans ce manuel sont particulièrement mal interprétables.

1ère S – NATHAN – 1993

- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'ADN (indique que c'est obtenu par diffraction aux rayons X) : comparaison avec le schéma 2D de l'ADN (p. 40).
- Photo d'une modélisation par ordinateur d'un ARNt comparaison avec le schéma 3D (p. 51).
- Schéma bilan en 2D du lien ADN-protéine (p. 57).
- Photo d'une modélisation par ordinateur d'une enzyme avec son substrat (décoratif) en tête de chapitre (p. 62).
- Schéma 3D de la membrane plasmique pour le renouvellement moléculaire (p. 69).
- Schéma 2D de la dégradation de l'hémoglobine pour le renouvellement moléculaire (p. 71).
- Photo d'une modélisation par ordinateur : montre que quelques acides aminés forment le site actif (p. 81).
- Photo d'une modélisation par ordinateur du lysozyme avec et sans son substrat (la même que Bordas 1993) (p. 82).
- 2 photos de modélisation par ordinateur de la trypsine avec et sans son substrat (p. 83).
- Schéma 2D de la trypsine (p. 83).
- Schéma de la chaîne β de l'hémoglobine (p. 100).
- Schéma du CMH (p. 101).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'ATP (décoratif) : molécule présente chez tous les êtres vivants (p. 127).

Les représentations dans ce manuel sont particulièrement mal interprétables.

1ère S – HATIER – 2001

- Activité sur les phénotypes drépanocytaires et non drépanocytaires (p. 12-13) :
    - Photo d'une modélisation par ordinateur de la molécule d'Hb A et de la molécule d'HB S.
    - Mise en évidence sur ces molécules des acides aminés différentes (*risque de ne pas comprendre les différences de représentation*).
    - Photo d'une modélisation par ordinateur de la molécule d'Hb A.
    - Photo d'une modélisation par ordinateur de la valine et de l'histidine : trouver ce qui est commun aux acides aminés (*délicat à partir de 2 acides aminés*).
    - Photo d'une modélisation par ordinateur de la valine et de l'histidine liés par une liaison peptidique.
    - Photo d'une modélisation par ordinateur de 2 Hb A et de 2 Hb S : les 2 Hb S sont liés entre elles par la valine.
- Photo d'une modélisation par ordinateur de la phénylalanine hydroxylase (illustratif) dans le cadre de la phénylcétonurique (p. 15).
- Pigment en 2D présent dans les cônes rouges chez les personnes avec l'allèle a et chez les personnes avec l'allèle b, toujours pour le phénotype (p. 17).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'Hb (décoratif) pour le bilan (p. 19).
- Parle de la myopathie (absence de la dystrophine) mais pas d'illustration.
- Schéma d'une séquence primaire et de son repliement en tenant compte des chaînes latérales hydrophobes (p. 21).
- Photo d'une enzyme et son substrat en tête de chapitre (p. 27).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de lysozyme avec et sans son substrat (obtenu par diffraction aux rayons X) : pose la question de comment se fait la liaison enzyme / substrat (la même que dans Bordas et Nathan 1993) (p. 34).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de la forme A de l'enzyme au niveau du site actif. Et photo d'une modélisation par ordinateur de la forme B de l'enzyme au niveau du site actif. La forme A et B d'une transférase responsable du système ABO (p. 35).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de la carboxypeptidase (illustratif) : intervient dans la digestion (p. 40).
- Photo d'une modélisation par ordinateur d'une protéine pour le phénotype (p. 48).
- Schéma 2D pour le lien ADN-protéine (p. 60-61).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'HLA (décoratif).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'ADN : pour voir la structure de l'ADN (p. 213).

1ère S – BORDAS – 2001

- Photo d'une modélisation par ordinateur la rénine et de son substrat (décoratif).
- Photo d'une modélisation par ordinateur du saccharose et du maltose ➔ 2 molécules proche mais l'enzyme est très spécifique (p. 25).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de la maltase avec du maltose : liaison enzyme / substrat.
- Photo d'une modélisation par ordinateur de la ribonucléase : mise en évidence de liaisons faibles et de liaisons de covalences avec les ponts SS ➔ forme de la protéine. En rapport avec l'expérience de White et Anfinsen (p. 26).

- Photo d'une modélisation par ordinateur de la ribonucléase et de la ribonucléase avec un acide ribonucléique (p. 27).
- Photo d'une modélisation par ordinateur du lysozyme : 2 formes : 1 active et 1 inactive ➔ différence à cause d'un acide aminé ➔ montre l'importance des acides aminés du site actif (p. 27).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de plusieurs protéines avec des représentations différentes (p. 32).
- Photo d'une modélisation par ordinateur du prion sous la forme normale et sous la forme infectieuse ➔ noter la différence (p.).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de la progestérone et du RU 486 ➔ comparaison des 2 molécules (leur ressemblance de structure) (p.).
- Modèle en ruban d'une protéine : illustratif (p.).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de la structure de l'ADN et schéma de l'ADN ➔ déterminer la structure de l'ADN (p.).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de 2 molécules d'hémoglobine S liées entre elles ➔ mise en relation avec l'observation au MET de globule rouge drépanocytaire ➔ phénotype (p. 175).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de la protéine CFTR (responsable de la mucoviscidose) où on montre que la phénylalanine est absente (p.).
- Photo d'une modélisation par ordinateur du collagène : la forme torsadée observée confère des propriétés mécaniques remarquable ➔ rôle de charpente (p.).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'hexokinase ➔ illustre le site actif (p.).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de 2 molécules d'hémoglobine S liées entre elles pour le bilan du phénotype à différentes échelles (p.).
- Schéma 2D de la chaîne des acides aminés de l'insuline.
- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'ARN et de ses 4 nucléotides : montre la proximité avec l'ADN (p.).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de la Mét-enképhaline (décoratif), (p.).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'hémoglobine S et des acides aminées responsables de la polymérisation des molécules d'hémoglobine ➔ mieux comprendre le phénomène (p. 194).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'ADN : utilisé pour montrer l'unicité du vivant (maladroit car 1 seule illustration d'ADN), (p.).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'hémoglobine : illustratif : pour monter qu'on retrouve cette molécule à quelques détails près chez tous les tétrapodes. Photo utilisé avec la comparaison de la séquence des acides aminés (p.).

Photo d'une modélisation par ordinateur de globines α de l'hémoglobine : décoratif, dans le contexte des familles multigéniques (p.).

Annexe 10 - c : Dans les manuels de terminale S

TS – BORDAS – 1994

- Photo d'une modélisation par ordinateur d'une partie de la molécule d'ADN : illustratif : fait le lien avec le schéma de la molécule d'ADN rappel (p. 9).

- Photo d'une modélisation par ordinateur de 2 chaînes polypeptidique : dans l'une la leucine a été remplacée par la proline ➔ importance de l'acide aminé pour la forme de la chaîne, rappel, (p. 10).
- Photo d'une modélisation par ordinateur du lysozyme et de son substrat avec 2 représentations différentes (p. 10).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'Hb (décoratif) pour le polymorphisme génétique (p. 18).
- Schéma 2D du HLA (p. 97).
- Photo d'une modélisation par ordinateur d'un anticorps avec l'antigène : comparé au schéma (p. 106).
- Photo d'une modélisation par ordinateur d'un anticorps avec l'antigène : comparé au schéma (p. 107).
- Photo d'une modélisation par ordinateur du CMH I vu de dessus : le CMH I présente un peptide (p. 108).
- Photo d'une modélisation par ordinateur d'un récepteur T (illustratif) (p. 109).
- Photo d'une modélisation par ordinateur du RU 486 (décoratif) pour la maitrise de la reproduction (p. 255).

TS – DIDIER – 2002

- Photo d'une modélisation par ordinateur d'une protéine contractile de souris (décoratif).
- Activité :
    - Visiter le site de la PDB
    - Utilisation du logiciel Chime pour comparer 2 protéines : 1DDV et 1BSS (?).
    - Utilisation du logiciel FASTA pour comparer la séquence.
    - Photo d'une modélisation par ordinateur de ces 2 protéines.
    - 2 protéines qui ont des fonctions différentes mais des structures proches ➔ protéines homologues.
    - *Pas d'infos sur le fonctionnement des logiciels*.
- Comparaison moléculaire de l'Hb de 3 hominidés et du rat : photo d'une modélisation par ordinateur des 4 Hb ➔ elles se ressemblent.

TS – HATIER – 2002

- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'Hb A : composé de 4 chaînes, l'hémoglobine illustre bien le concept de famille multigénique.
- Photo d'une modélisation par ordinateur d'un anticorps légendés (chaîne légère / lourde) et photo d'une modélisation par ordinateur d'un anticorps / antigène (par la chaîne variable).

TS – NATHAN – 1994

- Schéma 2D du lien ADN-protéine, rappel (p. 11).
- Schéma 3D de la membrane plasmique pour le polymorphisme génétique dans une activité (p. 14).
- Photo d'une modélisation par ordinateur d'une enzyme pour le polymorphisme génétique (p. 16).

- Schéma 2D d'un anticorps (p. 21).
- Photo d'une modélisation par ordinateur du CMH, schéma 3D du CMH et schéma 2D du CMH (p. 85).
- Schéma 2D des récepteurs B et T (p. 95).
- Schéma 3D de la membrane plasmique pour le potentiel de membrane (p. 14).
- Photo d'une modélisation par ordinateur d'un récepteur post synaptique de l'acétylcholine pour le message nerveux (p. 161).

TS spé – BORDAS – 1994

- Photo d'une modélisation par ordinateur d'un canal chimio dépendant à certains ions (décoratif).
- Photo d'une modélisation par ordinateur de la vasopressine (décoratif).

TS spé – DIDIER – 2002

- Schéma explicatif du complexe actine – myosine.
- Photo d'une modélisation par ordinateur de 3 α antitrypsine : naturel ; un acide aminé muté loin du site actif ; un acide aminé muté dans le site actif.
- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'HLA (légende un peu) descriptif du gène polymorphe.
- Photo d'une modélisation par ordinateur de l'hormone de croissance (GH) : décoratif.
- Photo d'une modélisation par ordinateur d'un anticorps.
- Photo d'une modélisation par ordinateur anticorps / antigène : mise en évidence des sites de reconnaissances.
- Photo d'une modélisation par ordinateur de la protéine gp120.

Annexe 11 : Questionnaire écrit

Enseignant en :

Collège Seconde

1ère S 1ère ES 1ère L

Terminale S Terminale ES Terminale L

1 - Quel(s) logiciel(s) de visualisation moléculaire utilisez-vous pour votre enseignement ?

RasTop RasMol JMol Chime

Autre(s) : ……..

2 - Pourquoi avez-vous fait le choix ce(s) logiciel(s) ?

Je n'en connais pas d'autre

Je suis plus habitué à l'utiliser

Mieux adapté au programme d'enseignement

Plus simple d'utilisation pour les élèves

Plus grand nombre de fonctionnalités

Meilleure compatibilité entre les systèmes d'exploitation

Prise en main plus rapide pour les élèves

Pas obligé de taper des lignes de commande

Permet d'afficher plusieurs fenêtres à la fois

Autre(s) : ……..

3 Utilisez-vous le(s) logiciel(s) à travers l'interface graphique ou en lignes de commandes ?

Interface graphique Lignes de commande Les deux Je ne sais pas

4 - Pensez-vous que ces logiciels améliorent votre enseignement ?

Oui Non Je ne sais pas

Si oui, en quoi ? :

Les logiciels permettent :

De faire comprendre les choses plus simplement

D'introduire de nouveaux concepts

De rendre les choses plus appréhendables

D'amener un aspect ludique

De mieux localiser certaines parties de la molécule

D'éviter de devoir utiliser des modèles physiques

Les logiciels permettent que les élèves :

Se représentent mieux les molécules en 3D

Se rappellent mieux grâce à la manipulation des molécules

Comprennent qu'une molécule est mobile dans l'espace

Comprennent des choses qu'ils ne comprenaient pas avant

Soient placés en situation d'autonomie

Autre(s) : ……..

5 - Les élèves perçoivent-ils qu'il s'agit d'un modèle moléculaire et non de la représentation directe de la molécule ?

Oui Non Je ne sais pas

6 - Y a-t-il des améliorations que vous aimeriez concernant l'utilisation de ces logiciels ?

Avoir un outil plus ergonomique pour indiquer les molécules à choisir

Avoir plus d'exemples de molécules appropriés aux programmes

Avoir des fiches techniques décrivant chaque logiciel

Permettre que les molécules puissent changer de conformation

Recenser les sites où il est possible de télécharger des molécules

Ne plus taper de lignes de commande

Pouvoir faire interagir des molécules entre elles

Utiliser la réalité virtuelle

Autre(s) : ……..

7 - Quelles sont les limites / défauts que vous voyez à l'utilisation de ces logiciels ?

Logiciel trop complexe

Difficulté à trouver des exemples pertinents

Autre(s) : ……..

8 - Par quel(s) biais obtenez-vous les fichiers contenant des informations sur les molécules ?

Ensemble de molécules obtenues il y a longtemps

Moteur de recherche (ex : Google)

Contacts personnels

Site de la PDB

Banques de données moléculaires de l'INRP Site « Librairie de Molécules » (libmol)
Banques de données moléculaires des sites académiques
Autre(s) : ……..

9 - Utilisez-vous d'autre(s) logiciel(s) en coopération avec les logiciels de visualisation moléculaire ?

Oui Non Je ne sais pas

Si oui, lesquels : Anagène
Autre(s) : ……..

Annexe 12 : Grille de questions pour les entretiens oraux

Logiciel(s) de VM utilisé(s) et pourquoi

I. 1 - Utilisez-vous des logiciels de Visualisation Moléculaire (VM) ?

I. 2 - Quels logiciels de VM utilisez-vous ?

I. 3 - En connaissez-vous d'autres ?

I. 4 - Si oui, pourquoi n'utilisez-vous pas les autres ?

Découverte du logiciel de VM

II. 1 - Comment avez-vous connu ces logiciels ?

II. 2 - Qu'est-ce qui vous a amené à les utiliser ?

Utilisation du logiciel de VM

III. 1 - Vous utilisez le logiciel de VM à travers l'interface graphique et/ou en ligne de commande ?

III. 2 - Pour quelle(s) partie(s) du programme utilisez-vous ces logiciels ?

III. 3 - Utilisez-vous les données brutes des fichiers PDB dans votre enseignement ?

III. 4 - Utilisez-vous des PowerPoint pour faire vos cours ? Si oui y insérez-vous des molécules ?

III. 5 - Dans quel contexte utilisez-vous ces logiciels de VM ? Est-ce à partir d'activités de sites web, des ECE, d'autres ?

III. 6 - En quoi pensez-vous qu'ils améliorent l'enseignement ?

III. 7 - Les élèves perçoivent-ils qu'il s'agit d'un modèle moléculaire et non de la représentation directe de la molécule ?

Amélioration(s) et limitation(s) possibles des logiciels de VM

IV. 1 - Qu'aimeriez-vous que ces logiciels puissent faire ?

IV. 2 - Quelles sont les limites / défauts que vous voyez à l'utilisation de ces logiciels ?

Autour des logiciels de VM

V. 1 - Comment obtenez-vous les fichiers contenant des informations sur les molécules ?

V. 2 - Utilisez-vous des scripts, tutoriels ou autres en rapport avec ces logiciels ?

V. 3 - Y a-t-il une source que vous consultez régulièrement en rapport avec ces logiciels ?

V. 4 - Aimeriez-vous des informations complémentaires concernant ces logiciels ?

Elargissement

VI. 1 - Utilisez-vous d'autres logiciels à but pédagogique ?

VI. 2 - Pour quelle(s) raison(s) ?

VI. 3 - Y a-t-il un / des site(s) web que vous utilisez préférentiellement pour vos cours ?

Annexe 13 : Résultats des entretiens avec les enseignants

Annexe 13 - a : Résultat de l'entretien avec l'enseignant 1

Prise de notes :
I.1-
Oui

I.2
Rastop

I.3-
Oui

I.4
Je ne les maîtrise pas

II.1
Découvert dans des stages
Formatrice d'inspecteur donc en contact avec pas mal de personnes, au courant des innovations.
Il y a d'abord eu Rasmol
Puis après Rastop a largement amélioré Rasmol, il est plus convivial, il n'y a plus à taper de lignes de commandes
Pas utilisé Rasmol depuis 5 à 6 ans. Reproche à Rasmol de ne pas afficher plusieurs fenêtre à la fois, ne permet pas de mesure d'angles pas de rotation de 2 molécules de manière indépendantes.

II.2
Permettent une représentation visuelle de la molécule
Permettent de montrer des trucs tout petit
Je suis extrêmement visuelle, je ne fais pas de cours sans visuel
Permettent de l'interactivité : les élèves peuvent mettre eux même des couleurs

III.1
Changement de conformation de la structure d'une enzyme. Avec visualisation du site actif de l'enzyme.
Découvrir que l'ADN est une séquence. Voir les différences avec l'ARN. Mettre en évidence les différentes bases, et les comparer.
Comparaison de la configuration 3D :
Progestérone et RU 486 : ressemblance dans la configuration spatial.
Amphétamine et opiacé

III.2
Donnent une meilleure représentation 3D
Interactivité

III.3
Les élèves ne se rendent pas du tout compte que c'est un modèle
Ne comprennent pas le concept de modélisation
Ne perçoivent pas ce qu'est un modèle.

IV.1.
Oui amélioration possible :
12 barreaux de la molécule d'ADN : ce n'est pas assez, cela serait plus intéressant s'il y avait d'avantage de barreau. Idéalement rentrer la séquence de notre choix.
Pour les enzymes, qu'il y ait une représentation dynamique.

IV.2
A part ça rien

V.1.
Par l'intermédiaire du CD vendu avec le livre du CRDP (prix très bas)
Elle a télécharger Rastop mais continue d'utiliser la même banque de donné de molécules

Connaît l'existante de la PDB et de libmol, y a cherché la molécule H1N1 qui n'était pas dans sa banque.
Mais a mis 15 jours pour comprendre le fonctionnement de ces sites (difficultés avec l'anglais), nécessité d'un mode d'emplois.

V.2
Ne crée pas ses propres scripts car ne sait pas faire. Le fait avec anagen par contre.
Utilise des scripts déjà faits.

V.3
Non mais demande de l'aide à Jacques JANIN

V.4
Oui : recenser les sites où il est possible de télécharger des molécules.
Donner un outil de recherche plus ergonomique pour indiquer les molécules à choisir.

(Pour le forum national de SVT, pense qu'il faut utiliser uniquement l'adresse académique)

VI.1

Oui (Phylogène, Sismolog, Tectnoglobe, Lignée humaine)

VI.2
Car il y a une interactivité possible (l'élève est en position active) et une autonomie possible.

VII.1
Le site de Jussieu

VIII.1
Oui et également aux animations (exemple pour montrer la liaison actine / myosine mais là l'élève est passif).

Annexe 13 - b : Résultat de l'entretien avec l'enseignant 2

S : Donc tu utilises des logiciels de VM ?
E2 : Ouais, tout à fait.
S : Et quel logiciel tu utilises ?
E2 : Alors j'ai plutôt utilisé RasTop… RasMol…
S : Euh RasTop et RasMol ou ?
E2 : Oui RasTop et RasMol.
S : D'accord. Et tu en connais d'autres ?
E2 : J'avais essayé éventuellement un ou deux autres et puis euh parce que j'avais des collègues qui m'en avaient parlé et ça m'a pris du temps et j'ai laissé tomber donc j'en suis resté à ces deux là.
S : Et les autres que tu as utilisé, tu te souviens des noms ou ?
E2 : Euh non, parce que je les avais utilisé sur le serveur Paris VI et je me souviens plus leurs noms.
S : D'accord.
E2 : J'en avais utilisé un qui est plus particulièrement utilisé en chimie, parce que je voulais essayer qu'ils aient le même outil en chimie et en SVT mais euh ça n'a pas collé, 'fin euh j'avais l'impression que ça donnait pas les bonnes informations et ça ne traitait pas les bonnes molécules donc ça n'allait pas. Bon après tout dépend ce que tu entends par visualisation de molécules, est ce que tu estimes que si on a une séquence d'ADN et une séquence d'ARN, c'est une visualisation de molécule ?
S : C'est à une dire une séquence ? Simplement la suite des acides nucléiques ?
E2 : Ouais.
S : Sans atomes ni rien ?
E2 : Non.
S : Non j'appelle pas ça de la visualisation.
E2 : D'accord.
S : Donc RasTop et RasMol tu les utilises pour quoi ?

E2 : Alors je les utilise en seconde et en première parce que l'avantage c'est qu'on peut proposer le dispositif aux élèves et qu'ils arrivent à l'utiliser tout seul et c'est quand même assez facile d'utilisation entre guillemet à partir du moment où on l'a déjà utilisé une fois.
S : D'accord. Tu as connu comment ces logiciels ?
E2 : Ca doit être une collègue qui me les a fait connaître.
S : Pourquoi tu les a utilisés ? C'était quand, tu te souviens ?
E2 : Alors, quand je les utilisés pour la première fois, c'était pour le programme de première S, on avait besoin de visualiser, 'fin on avait besoin, pour moi travailler sur des enzymes, c'est complètement aberrant de travailler sur des séquences ou de travailler sur des photos, donc il fallait forcément une molécule qu'on puisse éventuellement tourner, tranformer, 'fin observer.
S : D'accord, donc c'est pour les besoin du programme que tu as du l'utiliser.
E2 : Voilà.
S : Ok, quand tu utilises un logiciel de VM, tu utilises l'interface graphique ou la ligne de commande ?
E2 : Ca dépend, je présente les deux.
S : Tu présentes les 2 aux élèves ?
E2 : Ouais je présente les 2 aux élèves et après ils font ce qu'ils veulent.
S : Et donc tu maîtrises les 2 ?
E2 : Ouais, ça veut dire que l'objet c'est quand ils se posent une question qu'ils soient capable d'arriver à répondre la question par un chemin ou par un autre.
S : D'accord. Excuse moi, pourquoi RasTop et RasMol ?
E2 : Euh alors parce que euh, alors attends il y en avait un qui était plus limité que l'autre, il y avait des molécules qu'on pouvait voir avec l'un qu'on ne pouvait pas voir avec l'autre. Donc de prime abord, j'ai du prendre RasMol au départ et finalement après ils ont fait plusieurs versions bien évidemment et donc maintenant RasTop on peut l'utiliser pour tout donc maintenant j'utilises que RasTop.
S : Que RasTop alors ?
E2 : voilà.
S : Donc tu m'as dit que utilisais le logiciel en seconde et en première.
E2 : Oui et en terminale en tronc commun, pas en spécialité.
S : Et tu sais quelle partie du programme c'est quand tu l'utilises en première, seconde et terminale ?
E2 : Alors, la partie pour la seconde, c'est assez facile c'est sur ADN unité du vivant.
S : D'accord.
E2 : Après sur la partie de première S, ben c'est à plusieurs occasions, il y a la partie ADN, la partie protéine, la partie enzyme.
S : Quand tu dis la partie ADN, protéine, c'est la continuité de la seconde ou ?
E2 : Alors c'est toute la partie synthèse, alors à partir d'une molécule d'ADN, 'fin d'un gène j'obtiens une protéine voire plusieurs protéines.
S : D'accord, transcription traduction.

E2 : Ouais et donc le lien avec, parce qu'au départ je commence avec l'enzymo. Donc le lien avec l'enzymo.
S : D'accord donc tu t'en sers pour l'ADN, protéine, l'enzymologie donc ça au programme de 1ère S, c'est ça ?
E2 : Oui.
S : Ok. Dans l'enzymo tu as des exemples précis que tu utilises ou c'est juste enzyme substrat ?
E2 : Euh… c'est complexe enzyme substrat, après je fais tout ce qui est paramètre qui influe sur la réaction enzymatique, donc température euh … et euh sinon je me posais la question s'il y avait quelque chose qu'il était possible de faire, mais ça j'y suis en ce moment, c'est sur les hormones.
S : Sur les hormones ?
E2 : Hormones récepteurs, là j'en suis arrivé là à ce niveau de mon cours et faut que j'aille regarder s'il y a quelque chose de possible.
S : D'accord. Et en terminale tronc commun ?
E2 : Alors en terminale tronc commun. Là par contre il va falloir que je me remette dedans parce que ça fait longtemps que je l'ai pas fait. Sinon je passe et je reviendrais dessus quand je m'en souviendrais.
S : D'accord. Est-ce que tu utilises les données brutes des fichiers PDB ?
E2 : Alors données brutes fichiers PDB.
S : Tu vois ce que c'est ?
E2 : De prime abord, c'est les fichiers qui sont utilisés et qui sont sous forme de bases de données, plus ou moins
S : Mouais.
E2 : Donc euh est ce que je les fais utiliser aux élèves ou est-ce que c'est moi qui les utilise ?
S : Euh, en fait ce que je veux dire c'est que les fichiers PDB tu peux les ouvrir avec le logiciel de visualisation moléculaire ou tu peux aussi les ouvrir avec un éditeur de texte pour voir
E2 : Non, ça par contre je fais pas. Je télécharge des molécules et je ne les utilise qu'avec le logiciel.
S : D'accord.
E2 : J'savais même pas qu'on pouvait faire ça.
S : 'fin on peut voir ce qu'il y a écrit dedans.
E2 : D'accord.
S : Tu utilises des powerpoint dans tes cours ?
E2 : Oui.
S : Et ça t'arrive d'insérer des molécules dedans ?
E2 : Non j'ai jamais fait ça. Par contre ce que je fais, c'est que j'ai RasTop qui est installé, s'ils avaient une activité à faire, je fais la correction de l'activité avec le logiciel projeté avec le vidéo projecteur.
S : D'accord.

E2 : Sachant qu'on a un espace numérique de travail et qu'on peut récupérer l'ensemble des données qu'ils ont utilisé.
S : D'accord. Tu as constaté que ça améliorer ton enseignement ou pas d'utiliser ces logiciels ?
E2 : …
S : Enfin, pourquoi tu les utilises ?
E2 : Pourquoi j'utilise ?
S : Oui et puis je sais pas si tu avais déjà enseigné ces notions sans les logiciels avant
E2 : Oui j'avais déjà enseigné avec des images. Et je trouve que c'est un non sens d'utiliser des images en 2 dimensions alors que l'objet c'est quelque chose en 3 dimensions.
S : Donc ça apporte quelque chose ce logiciel ?
E2 : Donc ça apporte quelque chose. D'arriver déjà à localiser où est un site actif, d'arriver à comprendre que ça a une forme. Parce que on arrête pas de leur expliquer que ça a une forme mais tant qu'ils l'ont pas vu ils n'arrivent pas à comprendre qu'il y a des formes complémentaires.
S : Ca tu l'as ressentie vraiment ? Tant qu'ils l'ont pas vu
E2 : Ah ouais tant qu'ils l'ont pas vu, bah ils sont gentils, ils te disent oui oui et puis une fois que tu leur proposes le truc ils voient pas le rapport. Tu leur dis bah voilà, là je vous donne un modèle je vous donne machin, oui bon d'accord et après le problème c'est d'arriver à représenter ça sous forme de modèle moléculaire c'est absolument énorme et très difficile à manipuler
S : Tu veux dire avec des objets réels ?
E2 : Ouais. Donc moi j'avais pris des modèles moléculaires de chimie pour arriver à faire des représentations de ce type là et ça tient pas, c'est long à faire, ça tient pas forcément
S : Et donc lui le logiciel il remplace
E2 : Ah ben le logiciel oui il remplace complètement ça et on a aucun souci pour ce genre de choses.
S : D'accord, donc après ça ils ont bien compris ?
E2 : Oui ils ont bien compris, c'est-à-dire qu'ils ont bien vu la notion de forme dans l'espace et la notion de forme complémentaire aussi.
S : D'accord, donc forme dans l'espace et forme complémentaire.
E2 : Ouais.
S : Est-ce que les élèves se rendent compte que c'est un modèle moléculaire qu'ils sont en train d'observer ou pas ?
E2 : Ils se rendent compte que c'est une représentation.
S : Ils ont pas l'impression de voir une photo d'une molécule qui a été prise par un super microscope ou carrément de voir la molécule en direct comme si c'était avec un microscope ?
E2 : Je me suis jamais posé cette question là. Je sais pas. Je leur ai pas posé. Je sais pas te répondre.
S : Ok , d'accord merci. Est-ce que tu aimerais qu'il y ait des choses que ces logiciels puissent faire et qu'ils ne font pas ?

E2 : Bah je te parlais des hormones, je sais pas sur la diversité des molécules si par exemple on a des choses sur les auxines.
S : Est-ce qu'on peut trouver des molécules comme l'auxine ?
E2 : Ouais. Ca je l'ai pas encore fait et je me suis dit que c'était bête parce que j'aurais pu l'exploiter. Donc l'auxine et donc les cibles de l'auxine et sinon par exemple travailler avec l'insuline et le glucagon.
S : Donc t'aimerais qu'il y ait plus de molécules ?
E2 : Je ne sais pas si ces molécules sont disponibles, donc si elles sont pas disponibles, j'aimerais bien qu'elles le soient de tel manière à pouvoir continuer cette approche là avec la diversité des exemples qui sont dans le programme de 1ère S en l'occurrence.
S : D'accord. Et à part le fait qu'il y a peut-être des molécules qui ne sont pas disponibles, est-ce qu'il y a autre chose qui te manque dans ces logiciels ou pas ?
E2 : Euh, bah sur la diversité de l'ADN, là il y en a pas mal pour arriver à faire des comparaisons, qu'est ce que ça pourrait faire que ça fait pas euh
S : N'importe quoi, tout ce que tu veux.
E2 : Oui oui, euh … non je vois pas.
S : D'accord. Et est-ce qu'il y a des défauts que tu trouves à ces logiciels ?
E2 : Défaut pour moi, c'est effectivement la grande diversité de choses qu'on peut arriver à faire et qui finalement n'est pas vraiment utilisable en SVT.
S : D'accord donc ces logiciels font trop de choses et du coup ça perd.
E2 : Ouais, 'fin ça perd, disons qu'à partir du moment où tu laisses les élèves tout seul pour arriver à obtenir un résultat c'est difficile
S : D'accord, parce qu'ils sont perdu par la diversité des possibilités ?
E2 : Voilà voilà. Il y a beaucoup qui ne seront pas quoi faire même et comme en terme de consigne des inspecteurs, on a la consigne de ne pas donné des fiches qui décrivent précisément les actions.
S : Ah bon ?
E2 : Oui, l'inspection à dit, « les fiches TP ça n'existent plus, il ne faut pas ». J'ai donné 2 fiches TP en 1ère S depuis le début de l'année et c'était trop. Donc non pas de fiche TP par contre à la limite ce qu'ils préconisent plus c'est de faire une impression écran avec toute la diversité des icones et de leur signification
S : D'accord.
E2 : Voilà. Plutôt que d'avoir un mode d'emploi entre guillemet ou des grands axes de comment on fait, non c'est aux élèves de construire.
S : Et toi t'en pense quoi ?
E2 : Moi j'en pense que c'est compliqué. Parce que c'est pas un logiciel qui est prévu initialement pour de la biologie et il y a beaucoup de choses, alors maintenant elles sont pas inutiles dans l'absolu mais quand on a besoin de travailler en SVT c'est vrai qu'on les utilise pas forcément.
S : D'accord, ok merci. Sinon comment tu obtiens les fichiers qui ont les informations sur les molécules ?

E2 : Alors euh pour les obtenir on est allé sur le site de Paris VI, eduSVT, après il y a l'INRP aussi voilà ça doit être les 3 sites
S : Et tu utilises d'autres choses, des scripts
E2 : Ou sinon éventuellement les CD-ROM d'évaluation des capacités expérimentales où ils mettent des molécules également dedans.
S : D'accord. Sinon tu utilises des scripts, des tutoriels en complément du logiciel, ce genre de choses ?
E2 : C'est-à-dire ?
S : Ben il y a la possibilité de faire des scripts qui sont des petites euh qui effectuent une série de commande, par exemple qui va colorer certains acides aminés d'une certaine couleur.
E2 : Non je fais pas. Par contre ce que je leur demande c'est de faire ce genre de chose, de colorer certains acides aminés par exemple.
S : Ok très bien. Il y a une source que tu consultes régulièrement par rapport à ces logiciels ?
E2 : … bah en général ce que je fais c'est que je consulte une fois en début d'année, une fois en milieu d'année et une fois en fin d'année tous les sites pédagogiques et compagnie pour voir un petit peu s'il y a des choses nouvelles. J'suis pas abonnée à une liste de diffusion si c'est ça la question, mais je regarde en fonction de ce que j'ai envie ou de si j'ai le temps.
S : D'accord et quand tu dis les sites pédagogique ? Tu entends par sites académiques, euh site de l'INRP ?
E2 : Euh, non c'est plutôt le site de Paris VI, 'fin c'est-à-dire la vraiment où tu vas trouver des données brutes scientifiques, pas de données remaniées euh pédagogiques.
S : D'accord. Donc le site de Paris VI
E2 : Ouais Paris VI donc euh après t'as le site sur euh les sciences de la Terre aussi j'sais plus l'adresse.
S : D'accord.
E2 : Et puis après t'as l'INRP.
S : D'accord.
E2 : Et puis seulement après dans un deuxième temps t'as les sites académiques.
S : Et tu aimerais des informations complémentaires sur ces logiciels ?
E2 : Bah écoutes en général ce que je fais c'est que je vais faire des formations de temps en temps sur un certains nombres de choses donc la dernière fois ce que j'ai fait c'était sur les euh comment ça s'appelle, les outils d'informations de positionnement 'fin bon voilà je fais en général tous les 2 ans, tous les 3 ans je fais au moins un stage.
S : D'accord. Et ça, ça te suffit ?
E2 : Ouais, et en général j'ai une collègue qui est plutôt friande de ça donc dès qu'elle a trouvé quelque chose elle le met partout et puis elle nous montre et on prend ou on prend pas donc euh donc voilà.
S : Donc c'est bon, tu as suffisamment d'informations concernant ces logiciels ?
E2 : Pour moi oui.
S : D'accord, merci.

E2 : Mais après sinon je demande pas qu'à mes collègues de SVT, là comme c'est un logiciel qui est un peu chimie j'ai posé des questions à mes collègues pour savoir ce qu'ils faisaient avec.
S : D'accord. Et tu utilises d'autres logiciels à but pédagogique ?
E2 : C'est-à-dire, qu'est ce qui t'intéresse parce que
S : Bah tout type de logiciel qui peut être utilisé pour faire de l'enseignement.
E2 : Aussi bien en science de la vie qu'en science de la Terre ?
S : Ouais.
E2 : C'est des logiciels de simulation ou des logiciels de modélisation ou euh ?
S : Tout type de logiciels que tu pourrais utiliser.
E2 : Un peu de tout et que ça soit également des animations, 'fin bon il y a plein de choses. Dès qu'on récupère quelque chose d'intéressant éventuellement on le montre aux autres, on le met dans un pool commun si ça nous intéresse tous, si ça nous intéresse pas tous on le met dans notre dossier à nous spécifiquement et puis voilà quoi.
S : D'accord. Et pourquoi tu utilises des logiciels pédagogiques ?
E2 : Alors, pourquoi j'utilise des logiciels pédagogiques. Première catégorie de logiciels, c'est toute la partie ExAO, donc pour moi c'est indispensable parce qu'à ce moment là ils ont vraiment une réelle prise sur ce qu'est l'expérience et une expérience en directe, une expérience qui peut foirer, une expérience qu'on peut renouveler euh et une expérience dont on peut modifier les paramètres.
S : D'accord.
E2 : Donc ça c'est la grosse partie purement logiciel d'assistance, après sur des logiciels de simulation parce que ce sont pas des choses qui sont accessibles.
S : D'accord.
E2 : Par exemple toute la partie qu'on a à traiter sur la Terre et les planètes, le système solaire, l'univers, tout ça se sont des choses qui sont pas accessibles donc il y a besoin de logiciels de la même façon pour l'infiniment petit, l'infiniment petit, l'infiniment grand euh après euh des outils de raisonnements par exemple comme euh Phylogène, donc là c'est plutôt un outil de terminale où on arrive à leur demander finalement quels sont les liens de parentés et qu'ils arrivent à faire des analyses en fonction des informations et des ressources dont ils disposent.
S : D'accord.
E2 : Donc là c'est à la fois je dispose d'une ressource et puis je raisonne, je propose un résultat et je suis capable de revenir sur le résultat en fonction des informations dont je dispose euh après les logiciels de représentation moléculaire qu'on a vu ensemble, après t'as des choses comme Anagène aussi.
S : Excuse-moi, les logiciels de visualisation moléculaire, tu t'en sers dans un but d'investigation des fois ?
E2 : Oui dans l'investigation ce que j'ai fait c'était sur la diversité des gènes dans l'ADN en seconde en disant voilà je vous ai proposé plusieurs molécules euh essayez de me dire finalement euh qu'est ce que vous feriez de ces molécules et attends qu'est ce que j'ai trouvé comme question, et trouvez moi quelle est la personne qui a tué, j'avais fait un truc euh

d'énigme policière en disant voilà on a trouvé cet ADN là sur l'endroit où la personne est morte et dite moi qui a tué et dite moi comment vous faîtes pour arriver à aboutir à ce résultat.
S : D'accord. Donc tu t'en sers un petit peu dans une démarche d'investigation.
E2 : Ouais, ouais euh maintenant est ce que c'est que dans les démarches d'investigation euh oui par exemple avec RasTop et aussi les paramètres sur lesquels comme la température qui modifie l'aspect des molécules
S : D'accord, ok.
E2 : C'est-à-dire que j'ai demandé aux élèves d'essayer de voir par rapport à des résultats d'expériences ce qu'ils pourraient imaginer et donc comment ils pourraient faire pour essayer de tester des hypothèses qu'ils m'avaient proposés si il y avait des modifications réelles ou pas et donc il y avait une diversité de molécules qui était proposées avec différentes conditions.
S : D'accord. Et sinon tu utilises les logiciels pédagogiques pour faire des expériences, la simulation pour rendre accessible ou sinon outil de raisonnement.
E2 : Oui.
S : Et sinon il y a un site web ou des sites web que tu consultes régulièrement pour faire tes cours ?
E2 : Là toutes les références que je t'ai donné au départ ce sont des sites où je vais.
S : Tu veux dire Paris VI, eduscol et l'INRP ?
E2 : Ouais, ce sont des sites où je vais. 'fin bon voilà, après ça dépend ce que tu
S : Bah je sais pas s'il y avait un site
E2 : Sur les logiciels libres de diffusion par exemple
S : Pas forcément sur les logiciels.
E2 : Non mais ça c'est un truc aussi que je consulte de temps en temps en me disant tiens qu'est ce qu'il y a de nouveau.
S : Quand tu dis les logiciels libres de diffusion, il y a un site qui regroupe tous les logiciels libres de diffusion ?
E2 : Ouais, ouais ouais. Là je peux pas te dire de tête parce qu'on a un lien sur notre site du lycée avec.

Annexe 13 - c : Résultat de l'entretien avec l'enseignant 3

S : Vous utilisez des logiciels de visualisation moléculaire pour vos cours ?
E3 : Oui.
S : D'accord.
E3 : Euh essentiellement un mais j'en utilise.
S : Oui et vous utilisez lequel ?
E3 : RasTop.
S : RasTop, d'accord. Et vous en connaissez d'autres sinon ?
E3 : En tant qu'utilisateur avec élèves ou juste en tant qu'enseignante ?

S : En tant qu'enseignant, 'fin non en tant qu'utilisateur individuel, juste vous, avec votre connaissance personnelle est ce que vous en connaissez d'autre ?
E3 : Ben y a RasMol, y a aussi Jmol.
S : D'accord.
E3 : Voilà essentiellement ce que je connais.
S : Et pourquoi vous utilisez RasTop plutôt que RasMol ou Jmol ?
E3 : Ben parce qu'en faite je l'utilise à tous les niveaux, donc je suis au lycée hein ?
S : D'accord.
E3 : Et donc en l'utilisant avec des élèves de secondes ça semblait plus abordable on va dire et puis en faite après ce serait utilisé jusqu'au bac et puis comme certains TP de bac sont sur ce type de logiciels, j'ai conservé ce type de logiciels en particulier en faite. C'est une question de facilité au départ avec les élèves en seconde et puis après ça leur permet d'avoir un suivit et puis après arrivé en terminal ça leur permet de bien maitriser au moins un des logiciels moléculaires.
S : D'accord, très bien. Et pourquoi plus simple ? 'fin qu'est ce que vous trouvez de plus simple sur RasTop que sur les autres ?
E3 : Ben au niveau fonctionnel, 'fin je, moi personnellement je trouvais qu'il était plus abordable. Bon c'est tout à fait euh…
S : Oui bien sûr mais il y a pas de…
E3 : Voilà et puis peut-être qu'il me semblait plus logique dans la mesure où on a accès directement à la molécule etc. voilà.
S : D'accord. Ok très bien merci. Et vous avez connu comment ce logiciel ?
E3 : Alors … euh … ben je crois que c'était euh … oulala … ben déjà c'était entre collègues et puis je crois que j'avais vu des choses un petit peu sur Internet et puis quant il y a eu pouh ben ça fait déjà 9 ans les nouveaux programmes de secondes qui se sont mis en place euh dans notre académie en fait on a organisé des stages pour prendre en main ces nouveaux programmes et ils nous les ont présentés à ce moment là je crois.
S : D'accord donc ça serait au cours d'un stage dans l'académie.
E3 : Ouais voilà 'fin un stage pas vraiment euh… oui oui ça doit être ça.
S : D'accord. Et euh qu'est ce qui vous a amené à l'utiliser quand vous avez vu ça ? Vous l'avez utilisé tout de suite après le stage ?
E3 : Après en démarrant, quand il faut travailler sur les molécules, ben le fait de pouvoir les visualiser un peu en 3D ça permettait de rendre la chose plus appréhendable pour les élèves. Que ce soit pour l'ADN, que ce soit un complexe enzymatique en première par exemple voilà.
S : Donc vous l'avez utilisé pour euh parce que la 3D rendait les choses plus appréhendable pour les élèves.
E3 : Voilà.
S : D'accord, très bien. Et alors pour quelles parties du programme est ce que vous les utilisez ces logiciels ? 'fin j'ai compris qu'il y a avait l'ADN et le complexe enzymatique en première, est qu'il y a d'autre euh ?
E3 : Alors en seconde c'est oui l'ADN. En première donc tout ce qui est enzyme, complexe enzymatique et puis aussi quand on travaille sur la diversité des phénotypes. Euh juste avant

de rentrer dans les enzymes là, on a fait une partie où on étudie le phénotype à l'échelle de l'organisme jusqu'à l'échelle de la molécule donc moi je prends un exemple en particulier du coup ça me permet de le tirer jusqu'au bout.
S : Quel exemple ?
E3 : Alors c'est l'exemple avec les chaines beta de l'hémoglobine qui sont anormales donc drépanocytose pour les premières.
S : D'accord, ok très bien.
E3 : Vous voulez un peu plus de détails ?
S : Non je pense que c'est bon merci. Donc vous utilisez ce logiciel en seconde pour l'ADN, en première pour le complexe enzymatique et aussi pour illustrer les phénotypes de l'organisme à la molécule avec la chaine beta de l'hémoglobine.
E3 : Voilà puis je l'utilise aussi en terminale en immunologie quand on travaille sur la liaison, le complexe immunitaire, donc la liaison anticorps/antigènes.
S : Donc la liaison anticorps/ antigène en terminale.
E3 : Voilà, ouais. Pour ce que je me rappel hein, c'est sûr que je l'utilise plus que 3 fois ou 4 fois mais là comme ça euh.
S : Oui oui bien sûr je comprends. D'accord, très bien. Et vous pensez à chaque fois que ça améliore votre enseignement ?
E3 : Oh bah oui déjà ça apporte le coté ludique, pour les élèves ça apporte le côté visuel aussi de voir quand il y a 2 molécules qui s'imbriquent ou pas, c'est bien plus clair pour eux en faite.
S : C'est mieux qu'une image ? Je veux dire par exemple une illustration dans un livre ?
E3 : Oui et puis d'autant plus que le fait de pouvoir modifier certaines parties de la molécules, de les mettre de certaines couleurs. Par exemple je pense au lien antigène/anticorps, le fait de montrer la spécificité c'est hyper clair pour eux.
S : Oui, vous voyez une différence par rapport à quand vous enseigniez sans utilisez ce logiciel ?
E3 : Oui… oui oui.
S : D'accord, ok très bien. Et vous vous en servez de ces logiciels pour avoir une démarche d'investigation ?
E3 : Un petit peu moins dans la mesure où pour le moment au lycée la démarche d'investigation est un peu sommaire on va dire.
S : D'accord.
E3 : Elle se fait beaucoup au collège, là avec les nouveaux programmes je suppose que ça va arriver de manière un peu plus importante au lycée mais pour le moment les laisser en libre accès par exemple en première ou en terminale avec le programme tout ça, c'est pas des choses 'fin que moi je fais en tous cas.
S : D'accord ok, très bien. Donc finalement si vous pensez que ça améliore c'est déjà parce qu'il y a un côté ludique, parce que les élèves peuvent mieux voir la molécule dans tous les sens et peuvent changer les couleurs des atomes, ce genre de choses ?
E3 : Euh oui et puis justement comprendre pourquoi telle ou telle molécules jouent tel ou tel rôle justement grâce à ces modifications de couleurs ou d'aspect.

S : D'accord, très bien merci. Et est ce que les élèves perçoivent bien que c'est un modèle moléculaire et que c'est pas une représentation en directe de la molécule ?
E3 : J'suis pas sûr. Là je suis pas sûr, je pense euh 'fin parfois oui par exemple quand on travaille sur les anticorps on a l'image classique du Y. Grâce au logiciel en fait ils se rendent compte que ce fameux entre guillemets Y qu'on dessine, vu qu'au niveau moléculaire c'est pas mal fait au niveau représentation ça leur permet de voir que c'est pas tout à fait ça dans l'espace et puis du coup ils se rendent compte que tout ce qu'ils voient ce sont des représentations et pas forcément la réalité de la molécule.
S : Ils ont pas l'impression par exemple que c'est un petit peu comme un microscope ?
E3 : Euh.
S : Qu'on est pas en train d'observer une molécule en direct ?
E3 : Oui quelque part ça leur permet d'approfondir d'aller dans la molécule donc de changer d'échelle, maintenant est ce qu'ils voient ça comme un microscope, j'avoue que je ne sais pas.
S : D'accord, ok. Très bien merci. Est ce qu'il y a des choses que vous aimeriez que ces logiciels puissent faire et qu'ils ne font pas à l'heure actuelle ?
E3 : Ben je sais pas, non.
S : Non, il n'y a rien qui vous vient ?
E3 : Non là, non.
S : Et vous voyez des défauts à ces logiciels ?
E3 : Ben disons que, le hic entre guillemet, mais finalement c'est un point positif c'est que quand on a besoin de certaines molécules, il faut avoir en tête certains exemples précis pour pouvoir télécharger le bon fichier en fait. Et maintenant on en trouve un peu, mais c'est vrai que ça commence à être un peu plus accessible parce qu'on arrive à trouver certains fichiers qui correspondent à ce qu'on fait avec les élèves dans ces niveaux là d'enseignement mais au tout début c'est vrai que c'est pour ça que peut-être que du coup j'ai choisi, j'ai essayé RasTop parce que je trouvais mieux dans ce logiciel des choses qui correspondaient à ce que j'avais besoin avec les élèves.
S : D'accord, oui je comprends.
E3 : Parce que par exemple je cherchais des choses pour travailler sur le phénotype ou sur le complexe enzymatique et c'est avec ces logiciels là que j'ai trouvé ce qui m'intéressait, que je pouvais télécharger et utiliser et donc c'est pout ça que j'ai continué en 1ère S avec RasTop et puis après j'ai continué en terminal quoi.
S : D'accord je comprends bien.
E3 : Pour être un peu plus clair, ce qui serait peut-être attendu, c'est plus d'exemples appropriés à ces programmes d'enseignement du lycée et que ces exemples ben il y en ait plusieurs quoi, parce qu'à chaque fois on en a qu'un ou deux donc ça rend pas, ça permet pas de faire une généralisation avec les élèves, tandis que s'il y avait plusieurs exemples à utiliser par exemple plusieurs complexe enzymatique, 'fin maintenant il y en a plusieurs mais au début il y en avait pas beaucoup. Voilà donc ça moi j'avais trouvé une diversité au départ quoi sur RasTop, c'est peut-être aussi pour ça que j'avais conservé ce logiciel là.
S : D'accord je comprends bien.
E3 : 'fin les autres ont peut-être évolués depuis hein mais… voilà.

S : Et justement, comment vous obtenez les fichiers pour les informations des molécules ?
E3 : Et ben, donc par le net.
S : Et par le net, il y a des sites en particuliers ? Ou vous faîtes une recherche Google ?
E3 : Les 2, donc soit je fais une recherche Google et puis sinon il y avait tous ce qui était sites liés aux enseignements donc avec euh
S : Les sites académiques ?
E3 : Voilà les sites académiques, ou les sites du GTD aussi, donc les Groupement de Travail là. Euh qu'est ce qu'il y avait d'autre, il y a tout ce qui est aussi l'INRP. 'fin voilà quoi.
S : Donc vous obtenez les informations par des sites académiques, des GTD ou alors l'INRP ?
E3 : Voilà.
S : D'accord très bien. Et vous aimeriez que cela soit plus accessible donc si j'ai bien compris avec les molécules et ce genre de choses.
E3 : Plus de diversité peut-être.
S : Plus de diversité d'accord. Et est ce que vous avez utilisé déjà des scripts, des tutoriels en rapport avec ces logiciels ?
E3 : Euh, c'est à dire ?
S : Ben il est possible de faire des scripts par exemple sur RasTop euh c'est un petit fichier et il fait une série d'actions en faite.
E3 : Euh non j'ai jamais utilisé ça, je savais même pas que ça existait. Et donc ça permettrait de faire quoi ça, alors ?
S : Ca permet de… ben ça serait un enseignant ou un utilisateur qui a crée une séquence d'action et donc en mettant ce script dans le logiciel, le logiciel effectue cette séquence d'actions donc si par exemple on travaille sur un complexe enzymatique ça peut très bien mettre en couleur le site actif, mettre en couleur le substrat s'il y a un substrat, ce genre de choses. Ca se passe automatiquement sans que ce soit l'utilisateur qui le
E3 : Ouais, non non non. Et on trouve ça où ? Sur ces même genre de sites ?
S : Oui on peut trouver ça sur ces mêmes genre de sites euh sinon
E3 : En fait, par exemple là vous parlez de mettre en couleur certaines parties de la molécules euh moi je le faisais un peu manuellement en fait en rentrant les formules qu'il faut rentrer quoi. Donc je savais pas que ça existait en fait des…
S : Ben en fait, il faut qu'il y ait un utilisateur qui ait crée ce script au préalable. Euh si vous voulez il y a un site, parce qu'en fait moi ce que j'ai l'intention de faire c'est d'essayer de faire un site où je rassemble un petit peu tout ce que je trouve pendant ma thèse sur ces logiciels.
E3 : D'accord.
S : Donc ça sera à destination des enseignants, dès qu'il sera un petit peu complet j'essaierais de le mettre en ligne mais sinon il y a un site américain qui lui a déjà recensé tout ce qui existait sur ces logiciels là.
E3 : D'accord.
S : L'inconvénient c'est que c'est pas forcément, 'fin personnellement je trouve qu'il y a beaucoup de choses et c'est un peu complexe de s'y retrouver mais il renvoi vers tous les sites

importants sur les logiciels de visualisation moléculaire et si vous voulez je peux vous l'envoyer dès maintenant ce lien si ça vous intéresse ?
E3 : Oh bah oui ça m'intéresse, oui. Bon c'est vrai qu'il faut après décortiquer pour rendre accessible à nos élèves, mais bon c'est un peu le boulot d'enseignant en fait donc.
S : Oui ben si vous voulez je, ouais je vous envoie ça et puis bien sûr je vous tiens au courant de…
E3 : D'accord. Et puis pour les tutoriels pas trop non plus en fait.
S : D'accord, ok très bien. Et sinon il y a une source que vous consultez régulièrement en rapport avec ces logiciels ? Oh non on va laisser tomber
E3 : Oui c'est un peu la même chose.
S : Sinon il y a des informations complémentaires que vous aimeriez sur ces logiciels ?
E3 : Bah disons que ce qui aurait été bien mais maintenant on les a via les TP, vous savez les TP, les épreuves de TP au bac.
S : Oui.
E3 : Et depuis 2 ans ils font un énorme effort pour livrer des fiches techniques. Et en fait en découvrant ces fiches techniques, pour l'enseignant qui démarre par exemple ça lui simplifie énormément la vie parce que il a un peu clé en main l'utilisation du logiciel alors que honnêtement jusqu'il y a deux trois ans quand on prend un nouveau logiciel ben il faut un peu se débrouiller et puis c'est à nous de monter une fiche technique pour nos élèves et donc ce que je trouvais, ce qui manquait et peut-être ce qui manque encore, je connais pas les dernier logiciels sorties mais euh ça serait qu'il y ait une fiche d'utilisation simple en fait associer avec ce logiciel.
S : D'accord je comprends.
E3 : Parce que ça permettrait de, ben voir rapidement ce qu'on peut en faire et donc moi ça m'intéresse, j'aime bien tout ça. Et encore il y en a qui sont bien plus intéressé que moi par tout ce qui est TICE et autre et du coup ça permettrait à certains enseignants qui sont un peu moins attirés ou qui ont un peu moins de possibilités parce que des fois dans les bahuts c'est compliqué d'avoir une salle informatique à telle heure et tout. Du coup ça leur rendrait plus accessible en fait l'utilisation de certains logiciels avec leurs propres élèves.
S : D'accord, ok très bien.
E3 : Donc ça ça manquerait ouais d'avoir des fiches techniques simples, déjà pour l'enseignant et puis après à lui de l'adapter pour ses élèves mais simple pour les personnes qui découvrent un logiciel. Si c'était associé avec, quelque chose de simple ça serait pas mal quoi.
S : D'accord donc des fiches techniques associés avec tous les logiciels.
E3 : Voilà.
S : D'accord très bien merci. Vous utilisez des Powerpoint pour faire vos cours ?
E3 : Oui oui oui.
S : Et ça vous intéresserais de pouvoir insérer des molécules en 3D dedans ?
E3 : Oui
S : Et vous le faites ?
E3 : Euh pas trop non, ou alors je fais, vous allez rigoler mais du coup ce que je fais des fois c'est des copies d'écran que j'insère, parce que j'arrive pas à insérer autrement.

S : D'accord, ok.
E3 : Donc je sais pas, je suis pas non plus une professionnelle dans du coup moi je sais pas insérer pour que du coup ça soit... Soit j'utilise des logiciels à coté si je veux faire bouger etc. et qu'on utilise le logiciel mais sinon j'insère une copie sans insérer réellement avec le logiciel en fait.
S : D'accord mais je crois qu'insérer entièrement le logiciel c'est pas trop possible.
E3 : Non non ben je pense aussi mais euh du coup le fait d'avoir qu'une photo ça reviens à… autant prendre une photo ailleurs que sur le logiciel, vous voyez ce que je veux dire ?
S : Oui oui je comprends bien.
E3 : Donc si je l'utilise c'est parce que ben on réinvesti en cours ce qu'on a fait en TP, par exemple on corrige donc du coup j'ai ce travail que les élèves devaient faire et puis on voit le résultat pour corriger, bien comprendre.
S : D'accord très bien, merci.
E3 : Voilà.
S : Sinon est ce que vous utilisez d'autres logiciels pédagogiques ?
E3 : Euh oui. Donc autre que moléculaire ?
S : Oui autre que RasTop.
E3 : C'est à dire même si c'est pas des logiciels de molécule en 3D ?
S : Oui même si c'est pas des logiciels de visualisation moléculaire. Tout type de logiciel que vous pourriez utiliser.
E3 : Oui oui, vous voulez que je vous fasse un listing ?
S : Oh il y en a beaucoup apparemment c'est ça ?
E3 : Ben je peux vous en donner quelques uns comme ça. Donc il y a tout ce qui est anagène. Ca aussi c'est un super vieux logiciel donc on espère qu'il y ait des versions un peu plus récente bientôt. Il y a tout ce qui est phylogène. Euh comme autre logiciel il y a, euh bon il y a Google Earth mais du coup on s'en sert en géologie, moi je fais mes propres cartes géologiques que je scanne et du coup je les insère sous le logiciel. Il y a tout ce qui est mesurim, il y a tout ce qui est sismolog euh il y a les logiciels subduction euh qu'est ce qu'il y a d'autres, radiochronologie ça c'est moins ludique euh voilà comme ça.
S : D'accord. Et oui vous êtes plutôt pour les logiciels pédagogiques finalement ?
E3 : Ah oui oui, ben oui, 'fin dans ma discipline c'est super quoi. C'est vraiment, ça permet de visualiser les choses que ce soit en biologie ou en géologie, c'est hyper intéressant.
S : D'accord, donc vous, vous êtes plutôt pour parce que ça permet de visualiser les choses ?
E3 : Ca permet de visualiser, on arrive mieux à expliquer des mécanismes et on est une science d'observation par excellence donc c'est vraiment un outil de choix quoi.
S : D'accord. Et sinon, bah dernière question, est ce qu'il y a un site web que vous utilisez préférentiellement pour vos cours ? Un ou des sites webs ?
E3 : Ben j'en utilise beaucoup, préférentiellement euh.
S : Un sur lequel vous revenez beaucoup ?
E3 : Ben il y a les sites académiques. En fait ça va dépendre de ce dont j'ai besoin, il y a pas un site, parfois on trouve des donnés sur des sites euh non j'ai pas de sites particulier à part

bon les sites académiques toujours où il y a une mine d'information intéressante. Il y a tout ce qui est Eduscol, INRP.
S : D'accord.
E3 : Voilà quoi. Après il y a des sites particuliers qu'on sait être fiable, quelque chose comme ça quoi.
S : D'accord donc là c'est plutôt, c'est les sites académiques, Eduscol et l'INRP, c'est ça qui revient le plus souvent ?
E3 : Voilà.
S : D'accord. Très bien, ben merci beaucoup en tous les cas.
Fin des questions
E3 : Et ben j'espère que votre test sera fructueux.
S : C'était simplement pour avoir des informations, parce que c'est justement pour savoir un petit peu comment faire évoluer ces logiciels et qu'est ce qui pourrait être intéressant de faire.
E3 : D'accord. Mais je pense que Jean-Paul Rossignon a du vous donner d'autres personnes.
S : Oui, oui oui.
E3 : D'accord bon, parce que là j'avais vu dans la liste qu'il avait donné, je lui ai proposé le nom d'une autre collègue là qui 'fin c'est des personnes qui sont bien plus, qui sont formateurs dans les TICE et tout dans l'académie donc je sais pas si vous les avez déjà contacté mais ils vous donneront des infos, moi je suis simple utilisatrice en tant qu'enseignante hein donc euh.
S : D'accord, non mais c'était très bien. Merci beaucoup en tous les cas.
E3 : Je vous en prie.
S : Je vous envoie le lien dont je vous ai parlé là.
E3 : Oui oui et puis s'il y a un petit suivit quand vous mettrez tout ça en ligne je serais très intéressé aussi.
S : D'accord ben j'y manquerais pas.

Annexe 13 - d : Résultat de l'entretien avec l'enseignant 4

S : Vous utilisez des logiciels de visualisation moléculaire en classe ?
E4 : Oui ça m'arrive, oui.
S : D'accord. Et alors quel type de logiciel est ce que vous utilisez ?
E4 : Alors essentiellement RasTop.
S : Oui RasTop.
E4 : Et d'autre part Chime qui permet donc la visualisation sur les sites Internet.
S : D'accord. Et vous connaissez d'autres logiciels de visualisation moléculaire à part ces deux là ?
E4 : Euh oui fut un temps il y avait Biomol. Euh qu'est ce qu'il y avait d'autre… Il y a Molusc aussi. Il y en a encore une paire d'autre mais dont les noms m'échappent pour l'instant. Je ne les utilise plus depuis longtemps donc…

S : D'accord. Et pourquoi vous utilisez RasTop et Chime plutôt que Biomol et Molusc ou d'autres ?
E4 : Ben Biomol, c'est une version ancienne que j'avais d'une part. D'autre part Molusc, c'est un logiciel qui n'est pas très répandu dans le monde éducatif or nos élèves notamment dans la filière S ont une épreuve de travaux pratique au bac depuis plusieurs années.
S : Oui.
E4 : Alors cette épreuve de travaux pratique, ils sont susceptibles d'utiliser donc éventuellement des logiciels de représentation moléculaire et donc les 2 les plus utilisés et ben 'fin c'est surtout RasTop hein et puis donc éventuellement Chime pour encore une fois la lecture de site Internet représentant des molécules.
S : D'accord. Donc finalement c'est parce qu'ils sont intégré au programme que vous utilisez RasTop en premier choix.
E4 : Ils sont intégrés au programme, c'est les plus répandus et il y a eu un effort important qui a été fait dessus puisque RasTop a été donc en fait diffusé grâce aux travaux de l'INRP qui est l'Institut National de Recherche Pédagogique, hein donc bien sûr de très nombreux lycées maintenant donc connaissent RasMol initialement et RasTop maintenant.
S : D'accord. Et par exemple vous préférez RasTop à RasMol ?
E4 : Ben oui parce que RasTop me permet notamment d'afficher donc dans une même 'fin dans un même écran, sur un même écran permet d'afficher 2 ou plusieurs fenêtres moléculaire alors que RasMol ne permettait d'en afficher qu'une.
S : D'accord. Donc ce que vous appréciez c'est qu'on puisse afficher plusieurs fenêtres moléculaires.
E4 : Voilà tout à fait.
S : Très bien. Vous avez connu comment ces logiciels, RasTop, Chime ?
E4 : Oulala, là vous me replongez dans un passé lointain. En fait je suis ce qu'on appel l'interlocuteur académique nouvelles technologies.
S : Vous êtes un quoi pardon ?
E4 : Je suis l'interlocuteur académique nouvelles technologies éducatives.
S : D'accord.
E4 : Ca veut dire en fait, il y en a un dans chaque académie. Leur rôle est de permettre la diffusion de l'outil TICE en fait, des ressources numérique on va dire dans l'usage éducatif et donc moi plus particulièrement dans le domaine des sciences de la vie et de la terre.
S : D'accord.
E4 : Donc en fait nous avons donc une réunion annuelle qui permet de regrouper les différents interlocuteurs des académies et sous l'égide du ministère et si mes souvenirs sont bons j'ai du découvrir ces premiers logiciels euh on va dire au tout début des années 1990 grâce notamment à ces réunions nationales et avec l'INRP qui était partie prenante.
S : D'accord. Donc vous avez découvert ces logiciels dans une réunion au début des années 90, une réunion où l'INRP était présente.
E4 : Voilà. Et organisée par le ministère de l'éducation nationale.
S : Très bien. Et qu'est ce qui vous a amenez à utiliser ces logiciels ? Pourquoi vous vous êtes dit que ça serait intéressant de les utiliser ?

E4 : Pour plusieurs raisons. D'une part l'évolution des programmes fait que on fait de plus en plus quand même d'approche à l'échelle moléculaire. Et d'autre part pour essayer de faire comprendre aux élèves l'importance notamment par exemple de quand on fait de la génétique donc des mutations au niveau de l'ADN qui peuvent donc se traduire par des mutations au niveau des protéines donc pourquoi les protéines deviennent inactives parce qu'elles changent de forme. Donc les voir par exemple ça permet quand même de visualiser d'avantage les choses, les faire tourner dans l'espace ou quand on fait par exemple des inhibiteurs ou des réactions enzyme substrat ou des inhibiteurs d'enzymes, on cherche les complémentarités de forme. On peut faire la même chose avec par exemple euh avec l'action de comment dire, de la partie précoce qu'est le RU 486 quand on le compare donc à la molécule de progestérone donc on cherche ben pourquoi il se fixe quand même sur le récepteur à la progestérone ce RU 486 alors que c'est pas de la progestérone, donc les élèves font tourner les molécules et ils constatent que ben oui, ben tiens, ben quand même il y a des parties de molécules qui sont très proches, qui sont très semblables.
S : D'accord. Donc vous avez utilisé ces logiciels parce que l'évolution du programme s'y prêtait et était plus tourné au niveau moléculaire.
E4 : Oui.
S : Et que ça permettait aux élèves de mieux voir les choses avec des exemples comme les mutations, l'enzyme substrat ou la comparaison RU 486 / progestérone.
E4 : Oui ou tout ce qui est action hormonal, antigène anticorps, enfin bon tout ce qui met en jeu en fait des molécules notamment aussi au niveau synaptique, neurotransmetteur, etc.
S : D'accord, très bien.
E4 : Les élèves d'ailleurs sont demandeurs parce que notamment donc les élèves en première ont ce qu'on appel des TPE hein, les Travaux Personnels Encadré et donc quant ils choisissent des sujets avec une composante biologie moléculaire assez souvent ils sont bien content de trouver euh RasMol. Alors je peux donner 2 exemples comme ceci, c'était par exemple des élèves qui avaient travaillé sur le brunissement de la pomme. Quand on prend une pomme qu'on la coupe et qu'on la laisse un peu à l'air, elle noircit, pourquoi ? Donc ils avaient travaillé là dessus, ils avaient vu qu'il y avait une réaction enzymatique donc ils avaient cherché donc quelle enzyme sur quel substrat, ils avaient donc fait leur TPE en montrant justement grâce à RasTop la relation entre ces 2 molécules. Et un deuxième exemple rapidement, ils y en avaient, il y a un certain nombre d'année, qui avaient travaillé sur les conséquences de la consommation de tabac et donc étaient parti sur justement les récepteurs synaptique avec la molécule de nicotine donc ils avaient travaillé dessus avec des fichiers PDB.
S : D'accord très bien. Donc les élèves sont demandeurs au niveau des TPE par exemple.
E4 : Ah oui, oui oui oui. A condition bien sûr qu'on leur signal que ce type de logiciel existe.
S : D'accord oui. Alors là vous m'avez dit vous utilisez ces logiciels pour les mutations, pour enzyme substrat, pour RU 486 progestérone, pour les hormones de manière général ; il y a d'autre parties du programme pour lesquels vous les utilisez ?
E4 : Euh je vous avez dit antigène anticorps en immuno.
S : D'accord.

E4 : Donc ben ça fait déjà pas mal hein quand même. Bon y a aussi en génétique pour les familles multigéniques où on voit que les différentes globines eh bien effectivement non seulement il y a des ressemblances dans la séquence des gènes mais quand on regarde les formes des protéines et bien elles sont quand même globalement semblables.
S : Oui.
E4 : Du moins de loin. Globalement même structure, même fonction donc on en arrive à la notion de molécule homologue donc ensuite on fait tout notre raisonnement en fait, pourquoi, comment donc on en arrive à la notion de famille multigénique.
S : D'accord très bien, ok. Donc vous les utilisez en seconde, première et terminal ?
E4 : Alors moi j'ai pas de seconde. Mais j'utilise en première, j'ai pas de première S, j'ai des première ES, Economique et Social. Donc l'année dernière par exemple il y avait une partie du programme sur la contraception donc bien sûr on a regardé les formes des molécules progestérone, RU 486.
S : D'accord, ok très bien merci. Et vous trouvez que ça améliore l'enseignement ?
E4 : Bah euh le problème c'est que si on veut faire comprendre qu'il y a des interactions moléculaires et le faire comprendre simplement ou bien on dispose de modèles que l'on peut assembler comme en chimie mais très vite on se heurte à la structure complexe des molécules en biologie parce que faire une molécule d'eau ou une molécule de CO_2 en chimie minérale c'est facile mais quand on veut faire une molécule d'insuline, c'est tout de suite pas la même chose.
S : Tout à fait.
E4 : Donc d'une part on peut pas le faire et d'autre part ça exigerait une quantité de modèles moléculaire en plastique phénoménales. Et ça prendrait trop de temps.
S : Et donc ça apporte plus qu'une image dans un livre par exemple ?
E4 : Ah oui bien sûr puisque l'élève peut quand même entre guillemet manipuler l'objet même si c'est à la souris euh à l'écran. Peut quand même le faire tourner, l'orienter, se poser des questions en fait. Il peut aussi choisir la représentation la mieux adaptée, représentation donc euh en atome, donc éclaté, condensé, donc en feuillet etc.
S : Donc il y a une espèce de démarche d'investigation ?
E4 : Ouais alors c'est peut-être un peu pompeux ici, elle implique nettement plus de contraintes et d'aspects mais euh oui en quelque sorte.
S : D'accord. Et donc vous vous êtes rendus compte d'une amélioration de la compréhension des élèves entre les cours que vous avez fait sans utiliser ces logiciels et les cours quand vous avez utilisé ces logiciels ?
E4 : Ben il y a quand même un plus oui. Bon on a une génération qui est essentiellement visuel hein qui est très axée sur l'image même plutôt animée d'ailleurs que fixe hein mais donc sur les outils numériques, donc en fait pour eux c'est une façon un peu nouvelle de voir les choses et puis euh c'est plus facile quand même de retenir quand on a un peu manipulé à la souris. Par exemple quand on prend l'analogie clé serrure qui peut être simpliste évidemment mais bon à notre niveau en première ES par exemple c'est largement suffisant ça permet quand même de visualiser un peu les choses.
S : D'accord donc c'est plus facile de retenir les choses et ça permet de mieux les visualiser.

E4 : Parce qu'ils les ont visualisé et manipulé.
S : D'accord. C'est plus facile à retenir parce que c'est visualisé et manipulé.
E4 : Voilà.
S : Très bien, merci. Et est ce que les élèves se rendent bien compte que c'est un modèle moléculaire et pas une représentation directe de la molécule ?
E4 : On leur dit bien sûr que ce sont donc des modèles mais euh. Vous savez en fin de première ES, tous les élèves n'ont pas forcément fait la différence entre une molécule et une cellule.
S : D'accord.
E4 : Alors n'allons pas dans les notions trop pointu de modélisation, de la façon dont c'est calculé euh on irait trop loin et puis surtout pour ces élèves là on risquerait de les voir se fermer à la science parce que s'ils sont en ES c'est parce qu'ils n'ont pas forcément envie de faire des math ou de la physique ou de la chimie donc il faut y aller à petites doses.
S : D'accord, ok très bien merci.
E4 : Mais bon pour les terminales S par exemple, oui on le signale. Mais encore une fois on ne fait que le signaler.
S : D'accord. Parce que ils n'ont pas l'impression par exemple que c'est une sorte de microscope ?
E4 : Ah non bah moi je pense pas en tout cas, non j'ai jamais eu cette remarque là.
S : D'accord. Ils ont pas l'impression que c'est l'observation d'une molécule en directe ?
E4 : Non parce que en fait ils utilisent le microscope et la loupe binoculaire par ailleurs donc ils savent très ben manipuler les objets réels, le concret, le réel. D'autre part ils numérisent des photos, 'fin ils font des photos numériques à partir d'observation de loupe binoculaire, de microscopes, ce sont des caméras reliées à l'ordinateur hein qui permettent donc de faire ces photos donc ils savent passer de l'objet réel à la photo qui elle est une représentation du réel. Donc euh 'fin je leur ai jamais posé la question mais je pense quand même que quand ils manipulent des molécules ils savent bien que c'est pas une photo de la molécule en 3D qu'ils regardent.
S : D'accord, ok très bien, merci. Et est ce qu'il y a des choses que vous aimeriez que ces logiciels puissent faire ? Qu'ils ne font pas à l'heure actuelle.
E4 : Ah ben ce qui serait bien plus tard, ça serait la 3D 'fin la vrai 3D.
S : Ah oui avec des lunettes 3D.
E4 : Voilà.
S : Et à part ça ? A part mettre des lunettes 3D ?
E4 : Alors ce qui serait bien, ce serait, mais bon ce serait une évolution très importante, ce qui serait bien ça serait de pouvoir par exemple quand on a 2 molécules qui interagissent pouvoir les rapprocher l'une de l'autre à la souris par exemple pour montrer l'emboitement ou demander aux élèves de chercher un emboitement possible, si vous voyer ce que je veux dire.
S : D'accord. Que ce soit plus dynamique.
E4 : Voilà. Parce que bon là, ou bien, si je prends l'exemple enzyme substrat, on va chercher le fichier de l'enzyme, on l'ouvre. Sur la deuxième fenêtre on va chercher le du substrat, on

l'ouvre et puis c'est tout quoi, on peut faire tourner d'un côté de l'autre mais on peut pas vraiment les approcher, les imbriquer.
S : On peut pas faire interagir enzyme et substrat.
E4 : Voilà, ou bien on utilise un fichier qui regroupe enzyme substrat mais dans ce cas là, ils sont disposés l'un par rapport à l'autre par le concepteur du modèle et il y a pas moyen d'éloigner, rapprocher, de voir un peu les interactions.
S : D'accord, je comprends.
E4 : En fait la dynamique à ce niveau là, en 3D ça pourrait être super.
S : Oui effectivement. Est ce qu'il y a des défauts que vous voyer à ces logiciels ou des limites ? Des choses pour lesquels c'est dommages que ça se passe comme ça ?
E4 : Ben pour, pour les secondes ces logiciels comme RasTop sont quand même un peu complexe, heureusement donc il y a des sites académiques qui mettent en ligne, par exemple pour l'ADN, penser la structure de l'ADN en seconde, 'fin on va pas bien loin mais bon c'est quand même les 2 brins, la chaîne de nucléotides ; donc lorsqu'on regarde ceci par Chime par exemple euh donc les élèves en fait ont des pages qui leur permettent par des petites cases à cocher ou pas donc tel fichier par exemple 1 brin de la molécule ADN, le deuxième brin ou afficher un nucléotide, 'fin un type de nucléotide. Donc il suffit de cocher ou décocher, donc ça c'est beaucoup plus simple pour des élèves de seconde.
S : D'accord.
E4 : Parce qu'ils n'ont pas à rentrer dans la, quand on a une certaine appropriation du logiciel comme RasTop bon ben on a les curseurs X, Y, Z donc ça fait penser aux 3 axes donc on a la restauration de la position de la molécule dans l'espace, on a les affichages par chaîne, donc on peut faire des tas de, comment dire, on peut aller beaucoup plus loin mais ça nécessite une prise en main du logiciel qu'on a pas le temps de faire en seconde.
S : D'accord, donc en fait le défaut ça serait que ça serait un peu trop complexe pour des utilisateurs novices.
E4 : Tout à fait. Mais Chime et autres permettent d'établir, en partie tout au moins, par les pages Internet que créent les collègues.
S : D'accord, donc c'est un peu pallier à ce problème
E4 : Ce sont des petits scripts en fait.
S : C'est des scripts, d'accord. Très bien merci. Alors comment vous obtenez les informations des fichiers des molécules ?
E4 : Alors il existe des banques de données moléculaire au niveau des sites académiques en SVT donc je sais pas si vous les connaissez mais vous pouvez faire un tour sur le site de Toulouse.
S : Oui oui.
E4 : Vous connaissez donc ?
S : Oui je suis déjà allé voir.
E4 : Voilà et puis Orléans Tour notamment.
S : D'accord, donc vous allez sur les banques de données de sites académiques.

E4 : Ben pour les élèves je les envoies plutôt ici, quand moi j'ai besoin d'une molécule je me la recherche moi même, par un moteur de recherche, avec quelques combinaisons et puis voilà.
S : Ah d'accord, vous utilisez par exemple Google avec des combinaisons pour trouver des molécules qui vous intéressent.
E4 : Voilà.
S : D'accord. Donc j'ai cru comprendre que vous utilisiez des scripts.
E4 : Alors ce que je fais utiliser, parce que bon j'ai des stagiaires IUFM hein donc, moi je vous ai dit que j'avais pas de seconde hein, et donc bon quand j'aborde le programme de seconde avec les stagiaires IUFM et quand je leur parle de ces représentations moléculaires je leur dit ben vous allez sur les sites, vous faites une consultation en ligne puisque justement, bon il y a les scripts dernière hein qui permettent justement en cochant tel ou tel case d'afficher facilement ce que l'on veut montrer.
S : D'accord.
E4 : C'est vraiment un outil clé en main là.
S : Ok. Et donc dans le même ordre d'idées vous utilisez aussi des tutoriels peut-être ?
E4 : Non.
S : Ok.
E4 : Non parce que ça c'est très implicite en fait.
S : D'accord.
E4 : Bon et puis quand on attaque RasTop bon ben ce sont des élèves de première ES, on leur demande pas grand chose hein, on leur demande simplement d'afficher les 2 fichiers et puis de mettre, d'orienter les molécules de telle façon que l'on puisse voir là où la ressemblance ou la différence en fonction de ce qu'on veut montrer donc ça demande pas de compétence particulière. A la souris ils arrivent à la faire tourner la molécule, y a pas de soucis.
S : D'accord.
E4 : Alors en S par contre on va un petit peu plus loin.
S : D'accord. Donc j'ai compris que vous allez sur les sites académiques de Toulouse et Orléans Tour, il y a d'autre sites que vous consultez en rapport avec ces logiciels ?
E4 : Régulièrement non.
S : Non. Et de temps en temps un site ?
E4 : Ben écouté par le hasard en fait on a également des moteurs de recherche qui recherche uniquement sur les sites académiques.
S : D'accord.
E4 : Donc dans ce cas là en utilisant ces moteur de recherche bien sûr on va tomber sur éventuellement sur la molécule que l'on cherche.
S : Et ces moteurs de recherche, il y en a un que vous utilisez en particulier ?
E4 : Par exemple sur le site de Nancy Metz en SVT, donc vous avez à un moment donné sur la page d'accueil donc « outil de recherche » ou « recherche » je me souviens plus du libellé, quand vous ouvrez cette page là, vous avez donc plusieurs moteur de recherche qui permettent de faire une recherche transversale sur tous les sites académiques.
S : D'accord, très bien.

E4 : Alors c'est pas tellement pour les molécules PDB, c'est pas ça l'intérêt, mais pourquoi il y a ces sites qui sont spécifiques, c'est tout simplement que parce quand doit chercher des images, toutes les images qui sont mises sur les sites académiques sont libre de droit dans le cadre d'un usage pédagogique non commercial, donc ça permet d'éviter les problèmes de droit d'auteur.
S : D'accord, très bien, je comprends.
E4 : Donc c'est pas pour les molécules PDB qu'on utilise ces moteurs là.
S : D'accord, très bien merci. Sinon, vous vous aimeriez qu'il y ait des informations complémentaires au sujet de ces logiciels ? Qu'il y ait un site qui informe régulièrement des nouveautés ou ce genre de chose ?
E4 : Bah dans la mesure où déjà il y a Toulouse et Orléans Tour qui sont bien placé depuis longtemps et que l'INRP est actif, bon pour ma part j'en vois pas l'intérêt. Maintenant pour les collègues qui sont peut-être moins branché, comme j'anime des stages TICE, notamment dans l'académie euh ben par exemple oui hier j'avais des stagiaires IUFM en TICE ben on a fait des RasTop avec eux donc les stagiaires quand ils sortent ils connaissent ces produits là.
S : D'accord, ok.
E4 : Donc pour ma part à Nancy Metz j'en voie pas l'intérêt dans la mesure où depuis très longtemps quand même on a mis l'accent sur l'usage des ressources numérique en SVT.
S : D'accord, très bien, parfait merci. Sinon vous utilisez d'autres logiciels à but pédagogique ?
E4 : Ah oui énormément oui. Alors logiciels, on va dire ressource numérique parce que ça peut être aussi des animations hein, par exemple oui j'en ai à ma disposition peut-être plus de 300, maintenant certains sont utilisés plus que d'autres. Il y en a qui sont utilisés régulièrement alors si vous voulez des exemples c'est Anagène, vous connaissez peut-être en génétique, Phylogène pour l'évolution donc l'évolution à partir de données macroscopiques et de données moléculaires. Bon ce sont des logiciels régulièrement utilisés. Maintenant pour le reste ben c'est des petites utilisations de tel ou tel produit. Oui j'en utilise beaucoup oui.
S : D'accord. A pardon excuser moi, vous insérez aussi des molécules dans les Powerpoint ?
E4 : Ben j'utilise pas trop de Powerpoint.
S : D'accord, ok.
E4 : Ca m'arrive hein mais rarement.
S : D'accord, très bien. Pour quelle(s) raison(s) vous êtes favorable aux logiciels pédagogique ?
E4 : Ben écoutez, c'est quand même extraordinaire de pouvoir obtenir sur un seul et même outil à savoir un ordinateur des informations qui peuvent être aussi différentes que des images fixes, des images animées, du son, de la modélisation, de substitut du réel, etc. On a tout en quelques clics de souris. Et puis surtout maintenant on a une ressource extraordinairement riche notamment dans les productions des collègues.
S : D'accord, donc c'est par la richesse que ça peut apporter de travailler sur ordinateur.
E4 : Ca diversifie les situations pédagogiques aussi.
S : D'accord.

E4 : On peut très bien utiliser ces ressources là en collectif comme on peut les utiliser en individuelle avec chaque élève qui va faire sa part de boulot. Donc on peut faire énormément de choses.
S : D'accord très bien. Sinon à part les sites académiques, il y a un autre site que vous consultez régulièrement sans forcément s'intéresser aux logiciels de manières général, juste aux cours par exemple.
E4 : Alors bon euh bien sûr les sites comme la Recherche ou le site de Pour la Science puisque je suis abonné à ces 2 revus donc j'ai accès également à leur site, je regarde de temps en temps aussi le site de l'AFP, ça c'est pour pouvoir avoir une actualité qui permet par exemple d'introduire un cours, ce qu'on appel une accroche, une introduction, pour montrer que le cours qu'on va faire est en prise directe avec l'actualité. Euh un autre logiciel aussi qui est utilisé mais pas en biologie mais en géologie, c'est Sismolog par exemple j'y pense parce que malheureusement il y a eu un séisme récemment. Donc Sismolog est un logiciel qui est très utilisé mais il y en a d'autre comme Subduction, comme Tectoglobe par exemple qui sont riches.
S : D'accord. Et donc il y a le site de la Recherche, Pour la Science…
E4 : Sinon ben c'est un peu au hasard, alors bon il y a le site du CNRS, j'utilise aussi le site pointtv, parce que l'établissement est abonné. Donc le site pointtv propose des vidéos en ligne que les élèves peuvent consulter.
S : D'accord.
E4 : Voilà pour les plus fréquents. Bon le site aussi du BRGM bien entendu. Oui alors j'ai oublié donc géoportail et puis aussi bien sûr GoogleEarth.
S : D'accord.
E4 : Bon et puis sinon il y a une multitude de sites mais pas tous les jours, en fonction des besoins.
S : D'accord très bien. Parfait merci beaucoup, je pense que là j'ai fait le tour.

Annexe 13 - e : Résultat de l'entretien avec l'enseignant 5

Conversation sur Skype le 19 11 09, durée 30 min

E5 : Actuellement je suis plus sur de la biocell donc j'utilise pas jmol en routine. Je peux en discuter avec quelqu'un qui lui est au lycée qui bosse beaucoup en informatique et qui connaît pas mal tous ces logiciels. Donc lui je sais pas ce qu'il pourrait vous dire sur l'utilisation en classe en tant que telle. Lui j'pense qu'il pourra plus vous parler des avantages de ce type de logiciel sur le plan utilisation, légèreté, etc. Que sur l'utilisation en classe même si je crois me souvenir que sur Jmol il avait fait une banque de données de molécules utilisable en biochimie dans nos sections.
S : Oui oui ça m'intéresserais.
E5 : Bon moi je sais que Rasmol et Rastop… les deux sont de l'INRP c'est ça ?
S : Pas exactement…

E5 : Moi en discutant avec ce gars de mon lycée j'ai bien compris que… enfin lui qui est vraiment au top de tout ce qui est évolution de l'informatique, lui il est de moins en moins tourné vers le logiciel euh parce qu'il dit que ça va être des trucs qui vont être de plus en plus dépassé parce que justement arrive, 'fin il y a un outil qui est hyper puissant c'est les euh, le java, les script java et la machine virtuel java etc. Et pour ce genre de processus de visualisation moléculaire, c'est des outils qui sont hyper puissant et notamment Jmol c'est un applet java. Jmol c'est beaucoup plus léger, beaucoup plus souple que les logiciels traditionnels, qu'on peut intégrer dans des pages HTML hyper facilement et donc c'est un outil qui a priori qui est beaucoup plus puissant que les autres quoi. Et puis y a pas de problèmes de compatibilités, 'fin voilà on peut l'intégrer dans n'importe qu'elle navigateur, il fonctionne sur tous les systèmes d'exploitation : windows, mac, Linux et compagnie. 'fin voilà d'après lui c'est vraiment un truc hyper puissant et qui permet beaucoup de choses.
S : Oui il m'avait semblé avoir lu sur Jmol, ce que vous disiez, compatibilité et légèreté.
E5 : Voilà et ça quelque soit le type de logiciel ou d'applet qui vont sortir, à mon avis ce genre de développement.
S : D'accord donc vous ce qui vous a fait passer à Jmol c'est la compatibilité et la légèreté c'est ça ?
E5 : Ouais voilà ouais essentiellement et puis c'est aussi un outil qui est hyper puissant. Assez facile d'utilisation aussi quoi.
S : Des fonctionnalités il y en qui sont présente sur Jmol qui sont pas présente sur Rasmol vous avez trouvé ou … ?
E5 : Humf non pas forcément mais disons que c'est aussi quelque chose qui est extrêmement dynamique et évolutif.
S : C'est à dire ?
E5 : C'est à dire que euh
S : C'est à dire que le logiciel en lui même évolue beaucoup ?
E5 : Voilà c'est un logiciel libre, c'est pas quelque chose qui est figé comme on a une version et puis pour avoir de nouvelles applications il faut attendre un temps pas possible, le temps que le logiciel soit mis à jour etc. etc. En fait voilà c'est tout le truc des logiciels libres, c'est ça quoi, c'est qu'il y a une communauté importante de scientifiques, de chercheurs et de développeurs qui bossent dessus et qui font qu'on peut obtenir tout un tas de nouvelles applications, faire des demandes de nouvelles applications, 'fin de nouvelles fonctionnalités, proposer des nouvelles fonctionnalités si on s'y connaît un petit peu en code et compagnie, ce qui n'est pas du tout mon cas mais voilà. Donc voilà pour moi ce genre d'outil est quelque chose d'hyper puissant. Dans ce sens là.
S : D'accord. Mais des versions de Rasmol sont opensource aussi.
E5 : Oui oui oui euh
S : Mais lui n'a pas le même développement de Jmol ?
E5 : Oui voilà. 'fin disons que je pense que c'est quelque chose qui est un peu plus dépassé en terme de technologie que Jmol. Mais bon après chacun prêche pour sa paroisse.
S : Sinon vous vous souvenez un petit peu pour quelle partie du programme vous utilisiez Jmol ?

E5 : Euh
S : Qu'est ce qui vous fait penser que la visualisation sur ordinateur c'est plus performant que celle sur un livre ou ce genre de chose ?
E5 : Ah ben ça c'est tout bête hein, c'est extrêmement c'est simple, c'est que si j'ai une molécule sur Jmol, par exemple en biochimie on a tout un tas de partie du programme sur j'sais pas moi, sur les protéines séquence primaire, secondaire, tertiaire etc. donc le repliement tridimensionnel. Bon ben voilà si on a une image figée sur un bouquin euh super mais ça ne donne pas une idée réel du truc. Euh si on voit la molécule, euh si on est capable de la voir en 3D de la faire tournée en 3D, de faire apparaître les sites qui nous intéressent par exemple pour une enzyme le site actif etc. là pour les élèves ça parle beaucoup plus.
S : Oui ? Vous avez vu une amélioration pour les élèves en utilisant ces logiciels ?
E5 : Oh oui pour moi c'est évident, ils se mettent à comprendre des trucs auxquels ils n'avaient pas accès parce qu'il y en a qui n'arrivent pas à se représenter la molécule en 3D et puis à voir qu'une molécule c'est capable de bouger, voilà quoi la structure 3D c'est pas quelque chose qui est réellement figé mais qui est 'fin voilà quand on voit les liaisons faibles etc. qui changent qui bougent 'fin c'est quelque chose qui voilà…
S : D'accord, je comprends. Et vous, vous avez connu ce logiciel comment ?
E5 : Euh ben bouche à oreille. De toute façon ce genre de truc ça se développe beaucoup comme ça.
S : D'accord. Et sinon les élèves pour en revenir à eux, est ce qu'il perçoivent bien que c'est un modèle qu'ils ont sous les yeux ou alors ils pensent que c'est la molécule qu'ils observent comme avec un microscope par exemple ?
E5 : Ah non, ça après c'est … ça c'est notre boulot à nous.
S : Et c'est pas difficile à faire passer ?
E5 : Euh non mais disons que dans nos sections ils ont aussi quand même la euh la culture de ça quoi.
S : C'est à quel niveau que vous parlez en fait excuser moi ?
E5 : Que ça soit au niveau secondaire, parce que nous on a pas d'enseignement collège, nous ça commence en seconde avec une option BLP où on leur fait une petite initiation à la biochimie. Après en première ils ont 3 heures de cours de biochimie par semaine plus 4 heures de TP donc là dessus il va y avoir la biochimie structurale donc avec les glucides, les lipides, les protéines et compagnie, sur le plan structural c'est important, ce type de logiciel peut illustrer le cours mais c'est pas encore utilisé par beaucoup de gens. Ca peut permettre aux étudiants de manipuler les structures, de les voir les structures des glucides par exemple et de mieux s'en rappeler. Après en terminal je sais plus exactement il y a 3 ou 4 heures de cours plus 1 heure de TD plus encore des TP de 4 heures. Ca c'est en terminal STL. Et puis après on bosse aussi beaucoup en BTS, BTS notamment bio analyse et contrôle et biotechnologie.
S : Et donc là encore une fois vous vous servez de ces logiciels ?
E5 : Encore une fois on se sert de ces logiciels. Cela plus d'autres logiciels pour l'ADN, les protéines, etc.
S : Vous avez des noms par exemple ?

E5 : Euh ben tout ce qui va être les logiciels de comparaison de séquence donc là j'ai plus de noms. Mais bon ça on le fait en TD d'informatique par exemple en BTS. En fait nous en BTS maintenant on essaye de coupler de plus en plus le résultat expérimental au traitement des données par informatique. Par exemple, 'fin ça après ça n'est plus dans la visualisation moléculaire, 'fin vous vous intéressez que à ça ou ?
S : Oui principalement mais en fait ça m'intéresse aussi un peu de voir s'il y a des choses un peu autour ou …
E5 : 'fin voilà nous tous les résultats expérimentaux qu'on a, on est obligé de plus en plus de les traiter par informatique pour avoir des résultats plus juste on va dire, donc par exemple tous les TP classique qui utilise des spectrophotomètres et ben tous les traitements de résultats on les fait sous Excel, sous Regressi. Sinon moi dernièrement j'ai testé, 'fin ils ont fait des électrophorèses sur acétate de cellulose, des chromatographies sur couche mince etc., tout ça c'est des résultats qu'on a sous forme de bandes colorées 'fin je sais pas si vous en avez fait ?
S : Oui je vois en fait j'étais au département BGB à Cachan.
E5 : Ouais d'accord. Donc cette semaine là j'ai téléchargé un logiciel que je ne connaissais pas du tout qui s'appel Mesurim donc un truc de traitement d'image qui est assez sympa où on peut faire de la visualisation avec le microscope et directement schématiser bon ben là ça m'a permis de scanner le résultat de mes étudiants et puis de faire une analyse cytométrique des électrophorèses, c'est quelque chose qui est beaucoup plus puissant que de le faire uniquement visuellement. Avant on pouvait pas le faire quoi.
Voilà toutes ces évolutions nous nous permettent dans nos sections d'arriver à des traitements de résultats qui sont plus sympa et puis pour les élèves ça leur met un pied dans le monde professionnel parce que de toute façon nous en BTS c'est le but rechercher quoi. Au bout des 2 ans on les lâche dans la nature, ils doivent trouver un boulot et s'intégrer dans des laboratoires, le but c'est donc qu'ils soient autonomes sur le plan manip et interprétation.
S : Et dans les laboratoires ils utilisent des logiciels de visualisation moléculaire de type Jmol ?
E5 : Oui voilà ils utilisent des logiciels de visualisation moléculaire, 'fin tout dépend après ce sur quoi ils bossent. Après si vous voulez notre but à nous c'est pas de les faire bosser sur les logiciels qu'ils vont retrouver dans les labos.
S : D'accord, c'est de leur faire comprendre et tant mieux si c'est les mêmes logiciels qu'il y a dans les labos.
E5 : Voilà toute façon nous on a pas l'argent pour acheter ce type de logiciels. Euh souvent c'est des logiciels qui sont livré avec la machine et donc y a un format propriétaire machin truc et donc on peut pas l'utiliser. […] Nous on peut pas se permettre de faire bosser nos élèves sur des logiciels à 10 ou 15 milles euros. Donc l'idée c'est de leur donner une culture de ça qu'ils ont par ailleurs. Parce qu'ils utilisent l'informatique de plus en plus, indépendamment de nous.
S : Euh par exemple, l'apprentissage sur Jmol, il est long et compliqué ou ça se fait rapidement ?
E5 : Non je crois que c'est quelque chose d'assez simple. Pour moi c'est quelque chose qui est assez facile d'utilisation. **** Bon Jmol ça peut être utilisé en première et en terminal,

après ça peut être utilisé même si c'est pas forcément fait dans les cours sur je sais pas moi les enzymes. Voir la structure 3D de l'enzyme, où se trouve le site actif ce qui peut donner des idées aux étudiants sur l'accès du substrat au site actif.
S : C'est principalement là dessus ou il y a d'autres applications à part les enzymes ?
E5 : Ben je vous disais, les enzymes, la biochimie structurale pure glucide, lipide, etc. le repliement 3D.
S : Mais ça on ne peut pas le voir le repliement 3D en direct, c'est pas dynamique ?
E5 : Ah non, 'fin c'est pas dynamique, quand on voit la structure d'une protéine, leur montrer les histoires de feuillet beta, hélice alpha etc., manipuler la molécule, avoir une idée des interactions entre les différentes chaînes. Pourquoi elle est repliée de cette manière là. A cause des interactions hydrophobes, des liaisons hydrogènes, tout ça quoi. Donc si on peut l'illustrer et le manipuler, c'est quelque chose qui à mon avis reste beaucoup plus que juste j'ai appris mon cours par cœur.
S : D'accord. Et il y a des choses que vous auriez aimé que Jmol puisse faire quand vous vous en serviez pour l'enseignement ?
E5 : Non 'fin j'ai pas plus creusé que ça sur le logiciel.
S : Vous voyez des défauts à ces logiciels ?
E5 : Alors … c'est un peu ce que vous disiez tout à l'heure, bien que les élèves gardent à l'idée que c'est un modèle voilà que c'est pas la molécule en elle même, que c'est uniquement un traitement informatique de l'image.
S : Et à ce propos les molécules vous les avez obtenues comment ? Par votre ami ou ?
E5 : Oui ben lui il avait fait une banque de données et après je sais pas si sur Internet on va pas trouver tout un tas de …
S : Mais vous vous allez les chercher sur Internet ou ..?
E5 : Euh non vu que j'en avez sous la main je ne suis pas allé chercher. Mais sur le site Jmol, c'est sur sourceforge, il y a les pages de démonstrations qui donnent une idée des possibilités. Oui ben voilà j'en ai une sous les yeux où il me sort le cyclohexane et si vous vous, moi rien que montrer ça euh ça permet de montrer au élève que finalement un cycle c'est pas un truc qui est figé quoi voilà que les atomes ils bougent les uns par rapport aux autres et donc ce genre de concept c'est quelque chose qu'on ne faisait pas forcément passer avant.
S : D'accord, ça permet de faire passer des nouveaux concepts.
E5 : Ouais je pense ouais.
S : Sinon vous utilisez des scripts ou des tutoriels en particulier ? Ou c'est vous qui faisiez les choses par vous même ?
E5 : Euh non j'ai pas vraiment utilisé de tutoriel en particulier. Mais si jamais eu à le faire j'aurais probablement fait le miens moi même. Avec les trucs tout fait ça ne correspond jamais à ce qu'on veut faire passer. Les trucs tout fait c'est bien pour donner une base maintenant après je pense qu'il faut se prendre par la main pour euh
S : Pour faire ce qu'on a envie de faire.
E5 : Voilà quoi.

S : Et est ce qu'il y a une source que vous consultez particulièrement pour les logiciels. 'fin j'ai compris qu'il y avait la personne qui était assez experte là dedans mais à part elle, il n'y a pas un site Internet que vous regardez beaucoup ?
E5 : Euh non rien en particulier. Je cherche un petit peu partout en fait.
S : D'accord, très bien.
E5 : 'fin on essaye à chaque fois qu'on a un truc à faire si on peut pas aller sur le logiciel libre parce que voilà quoi. Mais c'est vrai que voilà il y a des logiciels payant qui sont hyper puissant qui sont incontournable.
S : Et sinon de manière général, pour la constitution de vos cours est ce qu'il y a un site web que vous allez regarder particulièrement ou pas ?
E5 : Non c'est toujours pareil je fais des recherches assez exhaustive sur le net, google, etc. Nous on a quand même dans notre section une communauté de prof qui sont hyper actif sur le plan des TICE, des animations, donc il y a beaucoup de sites, notamment des sites académiques qui permettent de trouver énormément de ressources.
S : Des sites académiques en BGB ?
E5 : Ouais en BGB, que ça soit en STL ou SMS mais bon c'est des ressources qui peuvent servir en BGB mais qui à mon avis pourrait énormément servir en SVT. Euh parce que en SMS ils font beaucoup de physio, 'fin y a beaucoup d'illustrations qui peuvent être réutilisées ça c'est sûr. Et puis après pour les BTS je vais beaucoup sur le site du NCBI là où il y a Pubmeb et compagnie, je vais sur le bookshelf parce que dessus on a accès en ligne à énormément de bouquins. Disons que voilà c'est la vision de l'enseignement à l'américaine, il y a beaucoup de bouquins qui sont totalement disponible gratos donc c'est tout en anglais mais en même temps j'ai accès au Albert en entier par exemple, avec les figures et compagnies quoi. […] il y a de plus en plus de bouquin dans ce trucs là.
S : Parfait donc si je résume, vous sur les logiciels de visualisation / modélisation moléculaire, vous ce que vous aimez bien c'est que ça permet de faire passer des concepts qui n'étaient pas possible de faire passer avant grâce à une vision 3D de la molécule.
E5 : Voilà et puis surtout le fait qu'on puisse la manipuler, la faire tourner, changer la représentation graphique aussi, puisque on a les modèles moléculaire en bâtons etc. voir aussi les liaisons les interactions 'fin tout un tas de concept qu'on pouvait pas visualiser avant.

Annexe 13 - f : Résultat de l'entretien avec l'enseignant 6

E6 : Alors différentes choses que j'ai fait avec RasTop [montre une feuille], ça c'est ce que je donnais aux élèves pour travailler, tu vois c'est vraiment un chemin, tout balisé, tout fléché de A à Z. Alors tu vois ça c'est pour les première ES, alors pour les première ES on a un horaire faible, donc j'affiche les acides aminés de la chaine beta de l'hémoglobine normal et après j'affiche les acides aminés de la chaine beta de l'hémoglobine anormal avec le logiciel RasTop, etc.
S : D'accord.

E6 : C’est vrai que bon RasTop, j’en ai fait un petit peu, je m’étais pas mal excité dessus en 2003 puis petit à petit j’ai un peu laissé tombé parce que j’étais déçu par ce que ça apportait, finalement, les élèves ça les passionnait pas tellement et puis ça montrait des choses mais c’était assez limité aussi hein.
S : C'est-à-dire, dans quel sens limité ?
E6 : Bah pour la réaction enzyme substrat on arrive, donc si on met les 2 fichiers dans la même fenêtre on peut supprimer le substrat mais bon c’est pas pertinent parce que de toute façon c’est pas du tout comme une clé serrure, ‘fin c’est des interactions électrostatique donc c’est pas du tout, ‘fin c’est pas aussi précis qu’une forme quoi, donc ça ne prouve rien, donc finalement c’est assez limité quoi pour l’enzymo je trouve.
S : Ce que tu aurais préféré c’est que ça soit dynamique ?
E6 : Oui ce qui est impossible, ‘fin puisque ce sont des fichiers scientifiques, c’est pas de l’animation donc forcément c’est statique. Je pense que si on veut que ça soit dynamique il doit falloir prendre des photos, ‘fin j’sais pas, justement j’ai amené un document que j’ai fait étudier à mes élèves, alors je voulais le faire étudier hier mais j’ai pas pu. Oui c’était une vidéo sur la sphère pédonculé, où on voit justement l’ATPase qui, on voit une animation, un point mauve et à un moment donné, il montre comme ça un espèce d’animation faite avec des vues d’un logiciel de type RasTop. Et ils disent voilà c’est une succession d’états… alors je sais pas comment ils ont fait, je suppose qu’ils ont du prendre des fichiers aux rayons X comme ça un petit peu au pif et ensuite ils ont pris des clichés pendant une réaction ou je sais pas, je sais pas exactement, c’est bizarre parce qu’en fait, c’est des cristaux donc ça bouge plus, donc je sais pas, est ce qu’ils ont peut-être fait un peu comme, ils ont fait des réactions, et ensuite figer pour avoir comme ça tous les états… [Digression hors sujet]
C’est vrai que RasTop, bah c’est déjà un outil qui est ancien, qui n’a pas évoluer ‘fin depuis 2003, ‘fin depuis que je l’utilise. Après c’est vrai que bon ce n’est qu’une visionneuse, après tout dépend ce qu’on y met dedans. C’est vrai que le côté statique m’avait un peu cassé les pieds, donc j’avais essayé de voir et j’avais vu qu’il y avait des petites animations sur le site pdb et puis je t’avoue que depuis 2004 2005 j’y vais plus comme ça régulièrement.
S : Avant t’allais régulièrement sur la pdb ?
E6 : Oui ‘fin tu sais il y avait la protéine du jour. Et euh ben j’avais l’impression d’avoir fait le tour quoi. Maintenant j’y vais quand j’ai besoin d’une molécule, alors je sais plus ce que j’ai cherché récemment… ou quand je veux trouver une structure précise d’une protéine, mais j’y passe plus du temps comme j’avais fait.
S : Et ça va, tu trouves pas que c’est trop compliqué comme manière de rechercher sur le site de la PDB ?
E6 : Ben alors c’est toujours pareil euh je devais le faire une fois tous les 6 mois donc euh j’y vais un peu je tâtonne mais c’est vrai qu’avant c’était compliqué fallait que je récupère ça sous forme HTML puis que je le duplique, que j’en transforme une copie en pdb. C’est là que j’avais découvert qu’on pouvait transformer .html en .pdb que ça marchait que c’était euh ça paraissait assez miraculeux. Oui alors c’est ça, c'est-à-dire que moi je connais pas tous les derniers trucs qu’on pu sortir en terme d’utilisation de RasTop.
S : D’utilisation de RasTop ?

E6 : Oui puis de fichier moléculaire. Moi je fonctionne sur des fichiers moléculaires qui existaient déjà en 2003, donc tu vois. Soit le fichier lui-même soit le type de fichier.
S : Et donc toi tu fonctionnes là-dessus parce que t'as trouvé qu'il y avait pas grand-chose d'autre à faire avec RasTop donc t'as arrêté de
E6 : Oui c'est-à-dire que je fonctionne avec mes acquis avec RasTop.
S : Et tu trouves que ça suffit ?
E6 : Oui ben c'est-à-dire qu'après, il y aussi un vrai problème qu'on a c'est l'embarras du choix en SVT et vraiment il est très difficile maintenant, on a 10 TP pour euh 'fin 10 possibilités pour 1 TP quasiment donc après bah oui si c'est euh donc après si on s'apperçoit que ça passionne pas les élèves. Pour eux ça leur parait assez banal, pour nous c'est magique RasTop, pour moi ça a été une découverte super intéressante parce que à mon époque c'était de la 2D. Donc pouvoir voir comme ça en 3D étudié tout c'était absolument géant quoi. Cela dit j'utilise encore des supports 2D pour faire des petits travaux préparatoires. Et puis bon c'est vrai qu'en seconde on a qu'une heure et demi 'fin l'investissement RasTop est un peu long quoi. Alors j'ai fait du RasTop mais vraiment très ponctuellement.
S : Tu veux dire que pour la seconde, le temps qu'ils ont, le temps qu'ils apprennent à se servir du logiciel est trop important par rapport à ce qu'ils vont en faire après ?
E6 : Bah euh tout dépend ce qu'on fait, moi j'ai fait juste affichage du glucose donc code des couleurs, il y a 3 atomes différents après on a affiché l'amidon on a vu que c'était des chaînes de glucose alors l'amidon c'est un amidon que j'ai trafiqué donc je l'ai bricolé il y a très longtemps déjà, ensuite on a vu un lipide, on a vu qu'il était long qu'il avait pas du tout la même architecture et puis ensuite on a pris un protide, j'ai pris l'alanine, un des plus simple acide aminé et on a vu qu'il y avait une couleur en plus, l'azote et puis après je leur ai montré l'insuline et puis dans l'insuline on voyait qu'il y avait 4 couleurs, enfin il y avait justement l'azote qui était bleu, il y avait aussi bien sûr du souffre mais ça permettait de, je leur montrais en fait qu'ils pouvaient déterminer que c'était un protide puisqu'il y avait de l'azote donc euh c'est un peu ça que j'ai fait. Mais ça c'est pas long à faire tu vois. Quand il s'agit d'aller chercher quel est le premier quel est le dernier etc. c'est beaucoup plus long ça suppose de faire tout ça… euh oui donc en fait je n'utilise plus RasTop seul, je l'utilise toujours dans un contexte
S : C'est-à-dire ?
E6 : Avec d'autres documents, avec ça [montre un document] ou bien tu vois sur l'ocytocine finalement ça c'est très pertinent à faire, toi tu donnes un gène, tu dis euh pourquoi je prends cette protéine, parce que c'est la plus petite du monde donc on va, là on a l'ADN, on a pas à faire en fait à, on a pas à leur donner le code génétique en fait, c'est absurde parce que c'est quand même très simple à comprendre après, donc je leur donne le code génétique et je leur dit simplement, vous voyez qu'il y a des « U », c'est simplement parce qu'il y a encore une étape donc vous remplacez les T par un U et ensuite vous avez vos acides aminés, vous les mettez, et vous avez ça et qu'est ce qui se passe ensuite, bah les cystéines s'accrochent. C'est intéressant parce que celle là, elle est à la fois petite mais elle a quand même des particularités intéressantes. Donc euh… Et puis après je leur donne d'autres ADN que j'ai trafiqué moi pour avoir une mutation silencieuse, une mutation non sens et une mutation stop. Donc là, si c'est

la mutation silencieuse bon bah c'est là même parce qu'elle a la même forme, ici j'ai bazardé une cystéine donc il n'y aura plus la boucle hein donc euh la protéine ne va plus agir de la même façon et puis là trop courte puisqu'on aura le codon non sens et donc euh pareil. Ca c'est un exercice qui marche bien parce qu'ils ont quelque chose à faire. Mais je suis hors sujet là, j'aurais pas le droit de le faire là normalement puisqu'on a pas le droit de mettre le code génétique.
S : Mais là du coup RasTop n'intervient pas du tout ?
E6 : Non là il n'intervient pas du tout. Mais euh… oui oui là il n'intervient pas. Alors j'ai l'ocytocine mais elle est pas très belle. Oui donc j'utilise souvent RasTop, alors par exemple hier je voulais leur faire étudier cette vidéo que je trouve pas mal du tout parce que sur le cycle de Calvin et sur les réactions de la photosynthèse, il y a pas beaucoup de TP, la réaction de Hill mais elle marche pas à tous les coups, voilà si tu veux le but c'est de faire quelque chose qu'ils vont un petit peu manipuler. Et justement là la vidéo elle apporte quelque chose en plus que RasTop c'est qu'il y a le mouvement et c'est vrai que c'est assez impressionnant. Alors je pense que c'est une vidéo que j'avais dû récupérer du livre La Cellule de Alberts etc. [Montre la vidéo sur le cycle de Calvin] Tu vois c'est tout à fait de leur niveau. Mais bon c'est vrai que c'est bien d'avoir fait RasTop avant. Et donc j'avais prévu de leur faire avec RasTop hier l'ATP synthase, bon alors que c'est pas au programme, mais bon je me prive pas quand j'ai envie de faire des trucs qui sont pas au programme. Donc là j'avais les fichiers RasTop pour voir la sphère pédonculée [Montre le fichier sur RasTop] le problème c'est que c'est un fichier un peu bizarre, c'est pas un fichier complet, il n'affiche que les carbones c'est-à-dire que si tu mets en ruban y a rien.
S : D'accord. Mais c'est un fichier de la PDB ?
E6 : Euh je sais pas, je l'ai eu par PDB ou autre chose, j'ai un peu cherché partout. Moi en général dans google je cherche eau pdb ou water pdb et puis je finis par trouver des choses. Oui j'pense 'fin c'est peut-être pas un point pdb 'fin j'ai eu des petits problèmes, certains fichiers étaient pour RasTop d'autres pour d'autres visionneuse.
S : Toi tu as toujours utilisé RasTop plutôt ?
E6 : Oui parce que je suis arrivé au moment des RasTop. J'ai des copains qui sont restés sur RasMol des années après alors que c'était moins bien fait, 'fin c'était plus sommaire. Et puis il y avait une autre visionneuse faite par un prof Molusc 'fin j'ai jamais trop accroché, 'fin j'trouvais qu'elle beuguait assez souvent et puis bon il y avait RasTop, je vais pas non plus multiplié les… Et puis j'ai aussi la bicouche lipidique, mais là encore c'est pas au programme donc bon… Donc là si on l'ouvre donc là je vais faire ajouter et [affiche un nouveau fichier pdb] c'est pas sûr que ça marche parce que c'est quand même deux gros fichiers. Donc voilà, pareil c'est un fichier simplifié.
S : Quand tu te sers de RasTop tu ne te sers jamais des lignes de commande ?
E6 : 'fin si, c'est ça que tu appelles les lignes de commande, des choses comme ça ?
S : Hum non pas vraiment.
E6 : 'fin ça c'est la chose la plus compliquée que je fais. Ca ils ont du mal le passage entre les différents affichages. Si tu passes deux séances dessus en terminale, ils finissent par y arriver mais sinon ils ont du mal. Et ils ont du mal à nommer les choses.

S : Donc les élèves ont du mal à utiliser le logiciel ?
E6 : C'est pas évident. C'est pas évident parce que le logiciel est complexe. Après sur des choses plus ponctuelles comme ça c'est quand même relativement simple, mais il y a tout un chemin. L'idéal c'est de pouvoir leur faire un TP formatif au début comme celui là et puis après ils ont quelque chose à 'fin moi c'est ce que j'essaye de faire le plus souvent c'est-à-dire une partie guidée et puis après une partie libre. Mais bon quant on est prit par le temps c'est toujours la balance entre formation et pouvoir un peu s'exprimer. 'fin bon voilà cette activité j'ai pas eu le temps de la faire mais bon si c'était un peu mon tiroir en fin de cours, ils avaient les ordinateurs sur la table et voilà on aurait pu le faire.
S : D'accord, et donc cette activité c'est toi qui l'a construite entièrement ?
E6 : Oui oui.
S : Et de manière générale, les activités que tu fais avec eux c'est des activités que tu inventes ?
E6 : Bah plutôt oui parce que j'aime bien bricolé et puis je suis formateur 'fin les deux vont ensembles donc oui j'essaye toujours de trouver des choses nouvelles.
S : Tu vas pas tellement sur les sites académiques pour t'inspirer ?
E6 : Bah site académique moi j'en fais partie à mettre des choses sur le site. Mais c'est vrai que les autres sites académiques moi j'y vais jamais, pas le temps.
S : Et le site de l'INRP ?
E6 : Bah j'y vais de temps en temps, je tombe dessus par hasard des fois. Je sais plus quand est ce que je suis tombé dessus, c'était des trucs sur l'alcool, oui mais comme un site banal quoi. Je sais qu'il est pas banal mais j'y entre par google.
S : D'accord et t'as téléchargé où RasTop par exemple ?
E6 : Ca c'est vieux, c'est vieux, je sais plus. Sans doute sur l'INRP, j'pense hein. Moi j'ai commencé RasTop en 2002.
S : Et t'avais commencé parce qu'on t'avait parlé de RasTop ou ?
E6 : Alors là je sais plus hein. C'est vrai que tout ça, ça s'est fait un peu par hasard, j'ai utilisé pour la première fois Sismolog dans un stage pour les TP de terminale, moi ça m'a tout de suite bluffé. RasTop je sais plus, j'avoue que je sais plus. Mais c'est vrai qu'en 2000 j'avais plein de copains qui étaient nettement en avance sur moi ils avaient des scanners des choses comme ça, pour moi ça me paraissait assez complexe et puis finalement en m'y mettant je suis passé largement devant eux mais je veux dire par là que ça correspond à des rythmes qu'on a chacun où on va chacun avancer et puis mon collègue il était resté à RasMol parce qu'il avait tous ces TP sur RasMol, comme moi je suis resté à RasTop et puis peut-être qu'entre temps il y a d'autres choses qui se sont mis en place et j'ai pas vu. Et puis alors c'est vrai que RasTop à l'ECE il y en a pas beaucoup. Je pense que c'est parce que c'est quand même compliqué hein, c'est pas évident comme logiciel.
S : Donc toi tu dirais que finalement, parce qu'au début tu étais très enthousiaste
E6 : Oui
S : Finalement il y a eu des freins qui ont fait que
E6 : Bah j'y suis encore hein sauf que voilà … si tu veux quand j'ai découvert RasTop ça me paraissait tellement fabuleux que je voulais l'utiliser.

S : Mais qu'est ce qui a fait qu'à l'époque tu trouvais ça fabuleux et que maintenant
E6 : Ben parce que je le découvrais
S : C'est juste par rapport à toi ?
E6 : Oui et puis non les élèves n'ont pas forcément vraiment 'fin ils ont trouvé ça plutôt casse pied RasTop, compliqué quoi.
S : C'est trop compliqué pour les élèves ?
E6 : Oui après ça dépend ce qu'on fait mais en tous les cas ce que je voulais faire y a, disons je me suis maintenant limité à des choses assez simples, tu vois ça c'est simple, la sphère pédonculée c'est simple, affiché une immunoglobuline c'est relativement simple.
S : Tu veux dire qu'en fait avec RasTop il faut faire des choses simples ?
E6 : Bah après c'est une question de temps, c'est une question de temps, après on peut, ça dépend ce qu'on veut en fait, est ce qu'on veut qu'ils possèdent le logiciel alors là c'est bon, ça roule, il faut faire deux séances mettons deux fois une heure à deux semaines d'intervalle. Si c'est pas ça l'objectif qu'ils possèdent vraiment le logiciel, parce que c'est vrai que quand on le possède c'est vraiment fabuleux mais l'objectif peut être beaucoup plus simple, l'objectif peut être de voir pourquoi la molécule est comme ça [Montre des manipulations à l'écran] et c'est vite fait. Là il va falloir un petit quart d'heure.
S : Donc là il va falloir guider l'élève ?
E6 : Oui là il va falloir le guider. On peut aussi le guider et après lui donner une autre protéine et lui dire de refaire pareil.
S : Donc toi finalement ce que tu dis c'est que RasTop il faudrait plus de temps et sinon c'est trop compliqué pour faire des choses un peu poussées et avec l'état actuel du programme on ne peut l'utiliser que pour des petites choses de manière ponctuelle.
E6 : Oui ponctuelle mais c'est vrai que ça c'est pas au programme hein. Et puis bon quel est le but de faire RasTop, tiens j'ai sélectionné quelques photos pour te montrer ce que je fais en seconde [montre des photos] donc tu vois euh je les ai fait travailler avec des, ils ont d'abord vu le glucose avec de la pâte à modeler, des allumettes donc ça je leur avais prêté et donc il devait faire la molécule avec les couleurs de RasTop, il devait trouver la formule compact, le nombre de carbone, d'hydrogène etc. et ensuite chercher leurs boules et leurs allumettes et faire la molécule et après ils comparaient avec la molécule sur RasTop et je leur avais aussi fait afficher la molécule d'eau et de CO2 donc c'était vraiment le béaba de la biochimie. Voilà c'était une toute petite approche. Alors moi j'insiste souvent pour leur dire que c'est gratuit RasTop aussi que c'est des fichiers moléculaires scientifiques euh leur dire que c'est gratuit j'ai l'impression que ça peut un peu dévaloriser le logiciel bon cela dit ils voient quand même que c'est bien hein c'est de la 3D quand même assez intéressante euh mais après là en seconde on a rien fait parce qu'il y a un nouveau programme avec un horaire réduit, en plus on tâtonne puisqu'on fait des expériences pour la première fois alors là. Mais c'est vrai qu'on a pas énormément d'occasion de faire du RasTop là
S : Tu veux dire pas énormément d'occasion au vu du programme ?
E6 : Au vu du programme oui.
S : D'accord.

E6 : Après on peut peut-être en faire un peu plus dans les options mais là c'est vrai qu'après être passé par une parenthèse informatique pendant 10 ans aux trucs un peu plus concret quoi. Mais je perds pas l'informatique, j'essaye juste de marier les deux.
S : Oui oui je comprends. Et par exemple combien de séances par an tu utilises RasTop ?
E6 : Alors en seconde euh après c'est toujours pareil là c'est des histoires de priorités par exemple euh la maintenant j'essaye des nouveaux trucs.
S : En fait si tu utilises moins RasTop maintenant c'est parce que ça t'a passé, tu aimes bien faire les trucs que tu découvres au fur et à mesure.
E6 : Oui. Et puis je pense que c'est bien si tu veux RasTop j'en ai fait avec eux donc ils savent ce que c'est, ceux qui ont prit l'option SVT j'en ai pas encore fait avec eux mais il est possible qu'on en fasse.
S : Et donc finalement combien de séances par an tu utilises RasTop ?
E6 : Alors RasTop en seconde je pourrais le faire 2 fois.
S : Tu le fais toujours en TP RasTop ?
E6 : Ben alors, on peut le faire en cours en démonstration, on peut aussi faire des impressions écrans qu'on va mettre sur power-point c'est encore plus sécurisant, on faire ça très bien
S : Mais et toi tu le fais dans quel contexte ?
E6 : Ben ça dépend hein, ça m'arrive
S : Tu fais les deux ?
E6 : Oui en correction de TP je peux le faire. En seconde on n'a plus que des TP, c'est un peu spécial, on pourrait le faire pour les pétroles.
S : Toi tu le fais pour les pétroles ?
E6 : Bah non j'pense pas et puis en plus je suis un peu en retard alors il faudrait trouver des alcanes, des alcènes, des choses comme ça, je pense qu'on pourrait donc peut le faire pour molécules dans le monde vivant.
S : Ca tu le fais toi ?
E6 : Oui là je le fais, je l'ai fait.
S : Donc tu as fait un TP avec RasTop sur les molécules dans le monde vivant en seconde ?
E6 : Voilà les molécules dans le monde vivant.
S : Ok.
E6 : Après on pourrait le faire pour l'ADN alors ça moi je l'ai pas fait cette année parce que euh j'avais pas le temps hein, l'ADN je leur montre des maquettes
S : Et en TP c'est toujours eux qui manipulent le logiciel ?
E6 : Ah oui oui.
S : D'accord.
E6 : Mais il m'arrive aussi de le mettre au vidéo projecteur pour pouvoir montrer des consignes hein.
S : Oui bien sûr. Et donc tu n'as pas fait l'ADN cette année parce que tu as considéré qu'il y avait d'autres activités qui étaient prioritaires par rapport à RasTop.
E6 : Ah oui oui.
S : Et pourquoi elles étaient prioritaires par rapport à RasTop ?

E6 : Parce qu'on a un problème de temps et qu'on veut arriver au point Z de la séance et donc on a 10 manips possibles on va en privilégier une ou trois.
S : Pourquoi pas RasTop parmi ces manips privilégiées ?
E6 : Bah après euh ça peut être soit parce qu'on a déjà fait du RasTop soit parce que justement là j'avais, je voulais les faire travailler sur autre chose. Et puis après toute la séance se fait sur un tout c'est-à-dire que sur un certain nombre de documents et puis après il y a la paraisse de sortir les ordis et puis après les ordis si on les met sur les tables il n'y a plus de place pour écrire.
S : Oui donc c'est aussi parce que c'est compliqué de sortir les ordis ?
E6 : Oui bah c'est un tout quoi, qui fait qu'on ne le fait pas.
S : D'accord.
E6 : Après on peut aussi utiliser RasTop sur le dopage mais bon c'est en fin d'année donc bon mais en plus je vais peut-être plutôt faire une modélisation sur excel parce que c'est mon trip actuellement.
S : D'accord. Donc finalement tu n'utilises RasTop que dans un seul TP en seconde ?
E6 : A priori cette année oui.
S : D'accord.
E6 : Mais c'est pas forcément stabilisé mais je le ferais pas plus de deux fois. Après c'est vrai que quelqu'un qui est fan de RasTop il va peut-être dire j'en fais plus mais je pense que c'est, les élèves s'en foutent quoi si tu veux c'est pas un élément vendeur, on a aussi ça à prendre en compte hein.
S : Et en première alors tu
E6 : Ben en première il y a un nouveau programme alors sur l'ancien programme là on pouvait en faire euh sur la drépanocytose
S : Tu le faisais toi ?
E6 : Oui oui je le faisais.
S : La drépanocytose, tu le faisais en faisant un TP avec RasTop ?
E6 : Deux demi TP quoi, mais tu sais pour la drépanocytose je faisais beaucoup d'autres choses, c'est pareil on peut faire toute la drépanocytose sur RasTop, on peut aussi euh je prenais des tiges en plastiques que j'enfonçais dans un ballon de baudruche si tu veux ça permettait de modéliser la forme de l'hématie en forme de faucille.
S : D'accord.
E6 : Tu vois il y a toujours plein de petites choses à faire qui sont concurrentes de RasTop.
S : Donc toi tu fais deux demi TP sur la drépanocytose en première S.
E6 : Oui, sur la structure des protéines.
S : Un TP sur la structure des protéines ?
E6 : Oui.
S : D'accord.
E6 : Mais je crois que j'ai fait qu'un TP de RasTop l'année dernière. Ensuite quand on peut fait la glycémie on peut refaire glucagon, insuline, quand on fait ensuite les hormones on peut, enfin à chaque fois qu'on parle de molécules on peut
S : Mais toi tu le fais vraiment à chaque fois ?

E6 : Euh je fais disons 2 heures sur génotype phénotype avec la drépanocytose, ensuite peut-être une demi-heure ou une heure sur la glycémie.
S : Quand tu dis génotype phénotype 2 heures, c'est avec RasTop ces 2 heures ?
E6 : Non, non mais c'est par rapport au programme. Euh je l'ai pas là le programme de première S.
S : Si tu veux je l'ai là [donne le programme de première S].
E6 : Oui donc voilà la structure de la Terre ben on peut faire la structure des minéraux
S : Non non mais sans forcément ce qu'on peut faire, juste ce que toi tu fais vraiment.
E6 : Oui oui euh oui donc là génotype phénotype moi je fais un TP sur RasTop sur la drépanocytose.
S : Ok enfin 2 demi-TP comme tu m'as dis ?
E6 : Oui 'fin on voit à la fois la structure des protéines en même temps.
S : Ah d'accord donc c'est inclus dans les 2 demi-TP la structure des protéines.
E6 : Voilà.
S : D'accord.
E6 : Alors certaines années je fais l'insuline dans la structure des protéines. Là je l'ai fait l'insuline sur la glycémie.
S : T'as fait un TP sur l'insuline ?
E6 : Oh non moins.
S : Un quart de TP sur l'insuline.
E6 : Ouais. Et puis c'est tout hein.
S : Ok donc ça fait 1 TP un quart donc.
E6 : Ca fait oui 3 heures maxi quoi.
S : Pour des premières S ?
E6 : Pour des premières S ouais.
S : Et pour des premières ES et L ?
E6 : Alors là les premières L on a pas le temps, on a trois quarts d'heure par semaine et puis les premières ES on a le temps mais le problème c'est que c'est un programme tournant donc on a jamais la même chose. Enfin parfois je fais des TP avec RasTop sur le système nerveux ou la reproduction quand c'est au programme et que j'ai le temps.
S : Oui donc tu fais un TP en moyenne en première ES ?
E6 : Oui un TP en moyenne.
S : Et en terminale ?
E6 : En terminale donc je fais en reproduction et en immuno.
S : Alors 1 TP pour la reproduction et TP pour l'immuno.
E6 : Euh oui à peu près oui.
S : D'accord.
E6 : Et puis alors en spécialité je fais euh l'ATP, alors j'aurais voulu faire la sphère pédonculée, je vais faire l'ATP.
S : D'accord merci. Et est ce que tu utilises aussi Phylogène ?
E6 : Oui mais je le trouve pas terrible.
S : Tu trouves que c'est pas un logiciel qui…

E6 : Je dis franchement aux élèves, c'est un logiciel que j'utilise parce qu'il risque de tomber au bac, mais franchement j'en ai pas besoin. Je préfère faire des arbres moi-même.
S : Donc finalement tu n'utilises pas trop phylogène parce que tu trouves que ce n'est pas un logiciel pertinent ?
E6 : Non.
S : Tu l'utilises uniquement parce qu'il est au programme ?
E6 : Voilà.
S : Et tu utilises aussi Sismolog ?
E6 : Oui, sauf que Sismolog parait-il que ils l'ont presque éliminé de l'ECE parce qu'il est payant. Ils préfèrent à ce moment là les logiciels gratuits comme tectoglob tu vois. Alors j'utilise Sismolog mais pour faire des trucs un peu varié. Moi je suis géologue à la base. [Montre des choses à l'écran sur Sismolog]
S : Et sismolog tu l'utilises plus ou moins par rapport à RasTop ?
E6 : Bah c'est plus ponctuel sur la géologie déjà, Sismolog je fais quoi, je fais 2 TP.
S : Quand tu dis 2 TP tu penses à quelle classe ?
E6 : Terminale, bah 2 heures en première S et 2 heures en terminale.
S : D'accord, pas en seconde ?
E6 : Non.
S : Sinon il y a un logiciel que tu utilises beaucoup ?
E6 : Oh bah si je devais en garder un je garderais Word parce qu'on peut faire plein de choses sur Word.
S : D'accord.
E6 : C'est évidemment un logiciel où tu dois tout amener mais au moins t'as le concept de la feuille blanche.
Fin 1h33

Annexe 14 :Sujets des TP des observations en classe

Annexe 14 - a : Sujet de la première observation

ÉTUDE DE L'ACTION DE DEUX MOLÉCULES DE SYNTHÈSE CHEZ LA FEMME

Fiche sujet – candidat

Le RU 486 et le levonorgestrel sont deux molécules de synthèse qui agissent sur le récepteur de la progestérone, et qui sont utilisée à des fins de maîtrise de la reproduction chez la femme. L'une est un agoniste* de la progestérone et l'autre est un antagoniste**.

Nous allons étudier ce qui différencie l'antagoniste et l'agoniste de la progestérone, d'un point de vue biochimique.

*Un agoniste d'une molécule X est une molécule qui se fixe sur le récepteur de cette molécule X, et qui a la même action. **Un antagoniste d'une molécule X est une molécule qui se fixe sur le récepteur de cette molécule X, sans avoir la même action.

Matériel : - ordinateur avec logiciel RASTOP accessible sur le bureau (icônes), fiches techniques des deux logiciels - fichiers RASTOP «progesterone.pdb » «levonorgestrel.pdb » «RU 486.pdb » et « la progestérone et son récepteur.pdb »

Activités et déroulement des activités	Capacités	Barême
1. Justifier l'utilisation d'un logiciel de visualisation moléculaire pour répondre à cette question.	Comprendre la manipulation	2
2. Utiliser les fonctionnalités du logiciel pour présenter la progestérone et les 2 molécules de synthèse, de manière à montrer pourquoi ces molécules se fixent sur le récepteur de la progestérone. **Appeler l'examinateur pour vérification**	Utiliser un logiciel de visualisation moléculaire	4
3. Parmi ces deux molécules, quel est l'antagoniste et quel est l'agoniste ? Justifier brièvement votre choix en réalisant une schématisation **simplifiée** des 3 molécules étudiées.	Représenter par un schéma	3
4. L'antagoniste de la progestérone est utilisé comme contragestif, c'est-à-dire pour interrompre une grossesse déjà entamée. Expliquer brièvement comment vous comprenez son action.	Appliquer une démarche explicative	2
5. Ouvrir le fichier « la progestérone et son récepteur » et afficher et utilisez les fonctionnalités du logiciel pour afficher de la manière la plus judicieuse les 4 molécules étudiées, de manière à pouvoir comprendre les différences d'action entre l'antagoniste et l'agoniste. **Appeler l'examinateur pour vérification**	Utiliser un logiciel de visualisation moléculaire Appliquer une démarche explicative	5
6. Proposer une hypothèse pour interpréter les différences d'action entre le levonorgestrel et le RU 486.	Gérer sa copie et son poste de travail.	3
7. Soin de la copie et remise en ordre du matériel.		1

Annexe 14 - b : Sujet de la deuxième observation

Immunologie

L'ORGANISATION D'UNE IMMUNOGLOBULINE

Les anticorps ont la capacité de neutraliser les antigènes selon une réaction spécifique durant laquelle l'anticorps se lie à l'antigène.
On cherche à connaître l'organisation de la molécule d'anticorps pour comprendre cette liaison antigène-anticorps.
On dispose pour cela :

- de séquences partielles des 4 chaînes polypeptidiques constituant une molécule d'anticorps
- des 4 chaînes de 2 anticorps différents d'un individu.
- de 2 modèles moléculaires : celui d'une molécule d'anticorps complète et celui d'un fragment de cette molécule d'anticorps liée à un antigène.

Matériel :
-ordinateur avec logiciel ANAGENE et logiciel RASTOP et fiche technique de chaque logiciel
-fichiers ANAGENE - « IGG.edi» (séquences polypeptidiques des quatre chaînes d'un anticorps)
- « 2IGG1ind.edi » (séquences des 4 chaînes de 2 anticorps différents d'un individu) à charger à partir du répertoire « sauve » d'ANAGENE
-fichiers RASTOP - « IGG-LYS.pdb » (fragment d'anticorps lié à l'antigène)
- « IGG-TOTAL.pdb » (anticorps complet) à charger à partir du répertoire de travail _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

Activités et déroulement des activités	Capacités	Barème
1. **Ouvrir** avec le logiciel RASTOP le fichier « IGG-TOTAL.pdb » à partir du répertoire de travail puis **effectuer un affichage en ruban** des chaînes constituant l'anticorps, les couleurs utilisées (vert, jaune, bleu clair, bleu foncé) devant distinguer ces chaînes.	**Utiliser un logiciel de visualisation de modèles**	4
2. **Afficher** simultanément à l'écran le fichier « IGG-LYS.pdb » en utilisant les mêmes couleurs que précédemment ; l'antigène (appelé « Chain Y ») sera représenté en sphères rouges. **Appeler l'examinateur pour vérification**	**Utiliser un logiciel de visualisation de modèles**	2
3. **Préciser**, à partir des observations précédentes, dans quelle partie de l'anticorps se fixe l'antigène.	**Appliquer une démarche explicative**	2
4. **Ouvrir** avec le logiciel ANAGENE les fichiers de molécules « IGG.edi » et « 2IGG1ind.edi» puis **traiter** judicieusement les séquences de façon : • à comparer, 2 à 2, les 4 chaînes d'une même immunoglobuline, • à comparer, 2 à 2, les 4 chaînes de deux anticorps d'un même individu, dirigés contre deux antigènes différents. **Appeler l'examinateur pour vérification**	**Utiliser un logiciel de traitement de données**	8
5. En utilisant l'ensemble des résultats, **résumer** l'organisation de la molécule d'anticorps, et **expliquer** la spécificité de la réaction antigène - anticorps. En fin d'épreuve, **fermer** les logiciels.	**Appliquer une démarche explicative**	4

Annexe 15 : Exemples d'articles de recherche avec des images de molécules en 3D

Chabrière, E., Vernède, X., Guigliarelli, B., Charon, M.-H., Hatchikian, E. C., & Fontecilla-Camps, J. C. (2001). Crystal Structure of the Free Radical Intermediate of Pyruvate:Ferredoxin Oxidoreductase. *Science*, *294*(5551), 2559–2563. doi:10.1126/science.1066198

Colletier, J.-P., Bourgeois, D., Sanson, B., Fournier, D., Sussman, J. L., Silman, I., & Weik, M. (2008). Shoot-and-Trap: use of specific x-ray damage to study structural protein dynamics by temperature-controlled cryo-crystallography. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *105*(33), 11742–11747. doi:10.1073/pnas.0804828105

Durá, M. A., Rosenbaum, E., Larabi, A., Gabel, F., Vellieux, F. M. D., & Franzetti, B. (2009). The structural and biochemical characterizations of a novel TET peptidase complex from Pyrococcus horikoshii reveal an integrated peptide degradation system in hyperthermophilic Archaea. *Molecular Microbiology*, *72*(1), 26–40. doi:10.1111/j.1365-2958.2009.06600.x

Garlatti, V., Belloy, N., Martin, L., Lacroix, M., Matsushita, M., Endo, Y., Fujita, T., et al. (2007). Structural insights into the innate immune recognition specificities of L- and H-ficolins. *The EMBO Journal*, *26*(2), 623–633. doi:10.1038/sj.emboj.7601500

Hagelueken, G., Ward, R., Naismith, J. H., & Schiemann, O. (2012). MtsslWizard: In Silico Spin-Labeling and Generation of Distance Distributions in PyMOL. *Applied Magnetic Resonance*, *42*(3), 377–391. doi:10.1007/s00723-012-0314-0

Hewat, E. A., Neumann, E., & Blaas, D. (2002). The concerted conformational changes during human rhinovirus 2 uncoating. *Molecular Cell*, *10*(2), 317–326.

Hornbeck, P. V., Kornhauser, J. M., Tkachev, S., Zhang, B., Skrzypek, E., Murray, B., Latham, V., et al. (2012). PhosphoSitePlus: a comprehensive resource for investigating the structure and function of experimentally determined post-translational modifications in man and mouse. *Nucleic Acids Research*, *40*(Database issue), D261–270. doi:10.1093/nar/gkr1122

Jananie, R. K., Priya, V., & Vijayalakshmi, K. (2012). Secondary metabolites of Cynodon dactylon as an antagonist to angiotensin II type1 receptor: Novel in silico drug targeting approach for diabetic retinopathy. *Journal of Pharmacology & Pharmacotherapeutics*, *3*(1), 20–25. doi:10.4103/0976-500X.92497

Katona, G., Carpentier, P., Nivière, V., Amara, P., Adam, V., Ohana, J., Tsanov, N., et al. (2007). Raman-Assisted Crystallography Reveals End-On Peroxide Intermediates in a Nonheme Iron Enzyme. *Science*, *316*(5823), 449–453. doi:10.1126/science.1138885

Kiran, U., Ram, M., Khan, M. A., Khan, S., Jha, P., Alam, A., & Abdin, M. Z. (2010). Structural and functional characterization of HMG-COA reductase from Artemisia annua. *Bioinformation*, *5*(4), 146–149.

Li, H., Qu, W., Meng, B., Zhang, S., Yang, T., Huang, S., & Yuan, H. (2012). Identification and study of a FBN1 gene mutation in a Chinese family with ectopia lentis. *Molecular Vision*, *18*, 504–511.

Neumann, E., Garcia-Saez, I., DeBonis, S., Wade, R. H., Kozielski, F., & Conway, J. F. (2006). Human kinetochore-associated kinesin CENP-E visualized at 17 A resolution bound to microtubules. *Journal of Molecular Biology*, *362*(2), 203–211. doi:10.1016/j.jmb.2006.07.042

Païdassi, H., Tacnet-Delorme, P., Garlatti, V., Darnault, C., Ghebrehiwet, B., Gaboriaud, C., Arlaud, G. J., et al. (2008). C1q binds phosphatidylserine and likely acts as a multiligand-bridging molecule in apoptotic cell recognition. *Journal of Immunology (Baltimore, Md.: 1950)*, *180*(4), 2329–2338.

Walden, W. E., Selezneva, A. I., Dupuy, J., Volbeda, A., Fontecilla-Camps, J. C., Theil, E. C., & Volz, K. (2006). Structure of Dual Function Iron Regulatory Protein 1 Complexed with Ferritin IRE-RNA. *Science*, *314*(5807), 1903–1908. doi:10.1126/science.1133116

Wang, L., Chen, X., Lu, Y., Wu, J., Yang, B., & Sun, X. (2011). A novel mutation in γD-crystallin associated with autosomal dominant congenital cataract in a Chinese family. *Molecular Vision*, *17*, 804–809.

Wang, L., Luo, Y., Wen, W., Zhang, S., & Lu, Y. (2011). Another evidence for a D47N mutation in GJA8 associated with autosomal dominant congenital cataract. *Molecular Vision*, *17*, 2380–2385.

Annexe 16 : Transcription de l'entretien avec le chercheur du CNAM

C1 : Moi je fais de la modélisation moléculaire, donc l'idée c'est, il y a plusieurs aspect en fait dans la visualisation, c'est-à-dire que la on parle de logiciel de visualisation de structures de protéines
S : Oui
C1 : Donc, disons à plusieurs niveau ça va s'appliquer, dans un premier temps en fait, il y a les gens qui font de la biologie structurale, c'est-à-dire ce que j'appel les structuraliste, c'est-à-dire les gens qui font de la RMN, de la cristallo, de la microscopie électronique, éventuellement de la modélisation, 'fin je veux dire, il y a les expérimentalistes en premier et ensuite les gens qui font des modèles, ces gens ils sont amenés à visualiser leurs structures, donc leurs structures elles sont, donc quand elles sont obtenues de manière expérimentales donc les différentes méthodes de résolution amène un fichier de coordonnées, ensuite ce fichier de coordonnées vous le visualisez avec un outil de visualisation. Donc il y a des outils de visualisation qui sont plus ou moins optimisé par rapport au type de données source. Par exemple il y a des gens qui travaillent plus sur des, pour ceux qui font de la RMN, ils ont plus tendance à utiliser des outils où dedans on peut intégrer des données de RMN de manière plus spécifique.
S : Quel type de logiciels ?
C1 : Par exemple, il y a ARIA, c'est un logiciel qui sert vous rentrez, vous mettez les données RMN à la fin vous avez une structure PDB donc un fichier de coordonnées. Bon bah après les gens continuent à visualiser sous ARIA. C'est-à-dire qu'ils ont conçu leur structure sous ARIA donc après ils visualiser sous ARIA.
S : Parce qu'en fait on rentre les données de la RMN sous ARIA, qui sort des coordonnées PDB et ensuite on les utilise.
C1 : C'est beaucoup plus compliqué que ça mais l'idée, disons l'idée dernière c'est-à-dire qu'en fait une résolution de structure RMN c'est peut-être 1 an de boulot donc c'est un peu plus compliqué que ça mais derrière effectivement, les gens ont utilisé ARIA pour résoudre leur structure, 'fin ARIA a permis de faire les différentes étapes de visualisation, donc à la fin finalement, ils utilisent tout le temps celui là donc ils vont pas en utiliser un autre pour visualiser, ils continuent à utiliser celui là .
S : Ok. D'accord donc en fait pour transformer le modèle de données expérimentales en données PDB bien organisées, on utilise le logiciel ARIA
C1 : 'fin ARIA ou autre, 'fin le logiciel qu'ils ont l'habitude d'utiliser, c'est-à-dire que chacun, 'fin disons que finalement chaque structuraliste à son logiciel qu'il utilise au quotidien
S : qui lui permet de transformer ces données expérimentales en données normalisé et après de visualiser ces
C1 : Voilà.
S : D'accord.
C1 : Et après les gens continuent à l'utiliser, les structuraliste font la même chose, ils font leur densité électronique avec un, 'fin à partir de la carte de densité électronique ils font ce qu'on

appel du replacement moléculaire, c'est-à-dire qu'ils vont insérer la structure dans l'espace de volume de la densité électronique et ensuite ils vont continuer à visualiser avec le même outil, c'est-à-dire qu'ils vont pas changer d'outil pour continuer à visualiser.
S : Et la visualisation, à chaque fois elle sert à quoi, elle sert à valider la structure qu'on a obtenu, qu'est ce que ça apporte ?
C1 : Alors ça apporte, c'est-à-dire qu'on a juste un système de coordonnées, on a pas forcément une notion d'espace, c'est-à-dire que par exemple, ce qui est intéressant c'est de voir qui est voisin de qui et qui est voisin de qui juste avec un système de points, bah on peut le faire mais c'est pas facile, c'est plus simple de le visualiser. C'est-à-dire que si vous avez les jeux de coordonnées, vous avez 20 000 atomes avec chaque atome un jeu de coordonnées x, y, z, c'est relativement laborieux de savoir qui est à côté de qui, alors qu'avec le logiciel, vous avez l'objet dans l'espace donc vous voyez tout de suite qui est à côté de qui, vous pouvez mettre des champs pour nommer ou en tant cas afficher qui est qui etc. donc vous avez tout de suite, vous voyez tout de suite ce que ça donne.
S : Et ça, ça a un intérêt pour quoi ?
C1 : Ah ben il y en a un paquet, c'est-à-dire que, par exemple, moi je fais de l'interaction, je regarde sur les interactions petites molécules / macromolécule ou du docking protéine / protéine bon bah je vois qui est voisin, ça permet de savoir si je fais de la mutagenèse derrière quel résidu il faudra muter pour modifier l'interaction, quels résidus sont en interaction, donc derrière, pour avoir des idées de mécanistique, de mieux comprendre les mécanismes de je sais pas d'activation ou d'inhibition d'une protéine ou d'un système biologique. D'avoir la structure ça sert à ça. C'est-à-dire que c'est le but de toute la biologie structurale, c'est-à-dire que tous les gens qui font de la cristallo, de la RMN, de la microscopie, c'est pour mieux comprendre le vivant. Après dans le but de plus tard, d'interagir dessus, éventuellement de le modifier ou de le moduler soit dans le cas où on a une maladie pathologique qui fait qu'on a un déséquilibre et il faut rétablir l'équilibre ou carrément dans le cas peut-être de, je sais pas, de nouvelles fonctions ou explorer des nouvelles choses, c'est-à-dire que, je sais pas, le génie biologique, c'est aussi faire ça.
S : Ok, donc, l'idée c'est, avec la structure on va mieux comprendre le vivant.
C1 : C'est ça.
S : Et on comprend mieux le vivant avec la structure parce que la structure est à la base de la fonction.
C1 : Voilà, moi je pense que la structure est, peut-être pas à la base de la fonction mais en tous cas extrêmement importante dans la fonction. Il y a d'autres choses qui interviennent, mais c'est vrai que la structure est extrêmement importante, c'est ce qui a fait que tous les projets de biologie structurale existent, c'est-à-dire que c'est comprendre la structure et la fonction et à quel point on lie structure et fonction et moi je pense que structure et fonction c'est extrêmement proche, c'est des choses qui sont extrêmement liées et après effectivement je pense qu'on a pas encore conscience de tout, c'est-à-dire que il y a la structure mais il y a aussi l'environnement de la structure, c'est-à-dire qu'il y a le solvant, les autres partenaires qui vont interagir, qui vont être au voisinage, qui vont perturber la structure parce que ça reste de la structure mais c'est pas la structure juste elle-même toute seule dans le vide mais c'est cette

structure dans de l'eau avec d'autres partenaires. Et ça c'est compliqué, c'est-à-dire que… Moi je vous conseille de voir, il y a quelque chose qui est vraiment très très intéressant, c'est les images de Goodsell, alors Goodsell il a fait des peintures
S : Ah d'accord, c'est un artiste ?
C1 : 'fin c'est un structuraliste qui fait de la peinture, et qui fait des modèles 3D en plastique de protéine. Et il a fait une très belle image qui est la membrane d'*Escherichia Coli*, la membrane et l'intérieur d'*Escherichia Coli* et pour montrer en fait vraiment ce que c'est que l'intérieur d'une cellule et c'est pas juste des organites qui flottes, ça c'est extrêmement important, c'est-à-dire que…
S : C'est un petit peu comme la vidéo d'Harvard, inside the cell ?
C1 : Ouais mais en plus euh, je vais pas trop vous embêter, [*cherche sur le web*], c'est facile, vous tapez Goodsell et vous voyez tout de suite, voilà, donc il a fait des trucs très beau, donc il a fait la machinerie de la vie, ça c'est très beau, et, alors moi celle que j'aime bien c'est celle de *Coli*, tout bête, donc il y a celle là donc qui est toutes les protéines importantes du vivant donc on voit les rapports de taille ça c'est intéressant, donc on voit les microtubules etc., les filaments d'actines. Il en a fait une super, voilà, sur *Escherichia Coli*, et celle là, on voit pas très bien mais si vous voyez, en fait, vous voyez que les organites en fait, c'est jamais du vide et de l'eau entre les organites, c'est-à-dire que c'est que des protéines, qu'on a une soupe extrêmement dense de particules et c'est pas, 'fin de macromolécules, pas de particules, c'est vraiment des macromolécules, qui sont toutes compactées les unes contre les autres et en fait quand on dit la transduction du signal c'est machin qui phosphoryle machin qui phosphoryle machin qui déphosphoryle machin, c'est pas des protéines téléguidées, ça faut vraiment en avoir conscience. C'est-à-dire que souvent on a l'impression que, c'est quelque chose d'extrêmement déterministe avec le premier partenaire qui va chercher le deuxième partenaire qui va chercher le troisième partenaire, et tout est quasiment téléguidé l'un vers l'autre jusqu'à arriver à la fonction, c'est pas du tout ça, c'est-à-dire que au contraire, c'est une soupe très très dense, et tout interagit avec tout tout le temps et au bout d'un moment, forcément via des jeux de concentrations on arrive à avoir les interactions et ça c'est une notion qui est vachement importante, parce que
S : C'est un peu la notion de stochasticité aussi ?
C1 : C'est complètement la notion de stochasticité dans le vivant en fait et ça je crois qu'on le présente pas assez, en tous les cas pas assez tôt, c'est-à-dire que souvent 'fin peut-être j'allais dire les petits mais les collégiens, les lycéens éventuellement dans les premières années du supérieur, on fait pas assez d'atomique, c'est-à-dire qu'on présente pas assez les choses au niveau atomique, c'est-à-dire que, ils ont peut-être pas le niveau etc. mais je pense que quand on présente les choses de manière trop macroscopique, on a tendance à oublier, qu'en fait au niveau microscopique, en particulier au niveau atomique, on a quelque chose d'extrêmement dense c'est-à-dire que les particules sont compactées de manière très fortes.
S : C'est sûr que par exemple, je reviens sur la vidéo d'Harvard, Inside the cell, on voit pas du tout cette notion de compaction.
C1 : Non parce qu'en fait c'est pas forcément le cas entre les cellules c'est-à-dire qu'il y a de la lumière entre les cellules,

S : Mais là c'est dans la cellules la vidéo d'Harvard.
C1 : Ah je l'ai, faudrait que je la revoie, j'ai un doute sur
S : Effectivement au niveau de la paroi, on voit bien les lipides qui bougent, mais après par exemple quand on voit la vésicule qui va sur le microtubule ça reste du vide autour.
C1 : Oui mais alors qu'en fait c'est pas ça. En fait je pense que ça c'est vraiment la bonne vision [*montre le dessin de la membrane d'E. Coli de Goodsell*]. Ce n'est pas de grands organites et du vide autour qui nagent comme ça dans le
S : J'avais la notion de stochasticité mais j'avais pas cette notion de densité
C1 : Mais c'est extrêmement dense, j'suis sûr que c'est extrêmement dense quand on voit la vitesse de transduction, quand on voit les images de microscopie électronique, on voit que c'est dense 'fin vous avez certainement vu des images de microscopie électronique, vous voyez que c'est dense, 'fin ce qui est censé être vide, il y a plein de trucs collé, ça fait un amas un peu informe, on sait pas trop ce qu'il y a, ben c'est… moi j'imagine ça plus comme un écrasé de pomme de terre mais de la purée avec des grumeaux, moi je vois plus de la purée avec des grumeaux, c'est-à-dire que pour moi l'intérieur d'une cellule, c'est de la purée avec des grumeaux, c'est pas de l'eau clair avec les petits organites qui flottent dans l'eau clair, c'est pas ça 'fin moi je le vois pas comme ça en tous cas. Et clairement, du coup, quand on a cette notion de purée dense la notion de stochasticité prend tout son sens c'est évident, c'est-à-dire que tout interagit avec tout donc forcément les interactions ont lieu à un moment ou à un autre et relativement vite, parce que quand il y a beaucoup de partenaires finalement l'interaction se fait, c'est évident et après c'est juste un jeu de différences d'affinités. C'est-à-dire que le partenaire, le ligand optimal qu'on voit toujours, la protéine trouve son ligand etc. c'est un jeu d'affinité en fait, c'est tout, c'est-à-dire que tout interagit avec tout et puis il y en a pour lesquels ça colle mieux. Quand ça colle mieux, c'est le ligand idéal, et quand ça colle pas mieux bah c'est du rien voilà moi je le vois comme ça. C'est vraiment, je pense que c'est important d'avoir cette idée là et moi j'aimerais bien que ça soit présenté un peu plus tôt parce que
S : Et alors pourquoi le fait d'avoir une vision plus atomistique ça
C1 : Ben en fait je pense que ça fausse la conception de base de notre logique, c'est-à-dire que et là je pense que maintenant les gens commencent à, la biologie est une des seules disciplines des sciences qui était jusqu'il y a pas très très longtemps entièrement déterministe, c'est-à-dire c'était on part de quelque chose on a toujours le même résultat et c'est toujours comme ça. Moi quand on m'a enseigné la biologie, c'était comme ça, c'est-à-dire que c'est purement déterministe c'est-à-dire que la transduction du signal c'est, ça se fixe, le signal, c'est toujours le même, même vitesse tout le temps. Maintenant je vois que les choses ont évoluées, c'est-à-dire que maintenant on parle vraiment de stochastique dans la biologie et là les gens sont à peu près d'accord maintenant pour dire que les interactions se font au hasard, que la vie c'est du hasard, que les processus dans la cellule se font aussi au hasard et que finalement, c'est par le jeu de concentration le jeu de ce qui est viable, ce qui l'est pas qu'on arrive vers quelque chose qui à l'air de loin déterministe mais en réalité c'est pas du tout le cas. Et je pense que maintenant les gens sont d'accord.

S : Donc en fait l'intérêt d'aller dans des niveaux atomiques, c'est que là on peut présenter la stochasticité pour dire qu'après quand on revient au niveau macroscopique on a une impression de déterminisme.
C1 : Ouais, moi je vois ça. Moi je le vois comme ça, c'est-à-dire que je pense qu'on peut pas comprendre que … si vous voulez, les interactions ont l'air déterministes si on a pas cette notion de compaction dans le, parce que ça, ça explique tout en fait, c'est-à-dire que vous mettez, je sais pas, du sel dans une purée au bout d'un moment toute votre purée va être salée parce que tout se mélange et ça va finir par être salé. Alors que vous mettez un petit pois, je sais pas, dans de l'eau, il va flotter, avant qu'il touche le deuxième petit pois, ça va, il risque de se passer beaucoup de temps, c'est-à-dire que
S : Qu'est ce qui va faire que 2 petits pois vont se rencontrer ?
C1 : Voilà. Et ça a l'air magique et c'est bizarre qu'une science ait l'air magique, ça va pas quoi, faut pas que ça ait l'air magique, c'est un peu l'idée que j'en ai et pour moi je pense que la biologie, faut vraiment qu'il y ait plus, de plus en plus il y a des mathématiciens qui vont vers la biologie, il y a des physiciens qui vont vers la biologie, maintenant des biologistes qui vont vers la théorie, et il y en a de plus en plus, il y a de plus en plus de théoriciens qui viennent au départ de la biologie et pas de la physique ou des mathématiques et ça, ça permet justement, je pense, d'avoir une nouvelle génération de biologistes qui ont des notions théoriques un peu plus lourdes qui permettent de mieux expliquer en fait les phénomènes et ça c'est intéressant, je pense que c'est intéressant, c'est-à-dire que on n'a plus des physiciens qui jouent avec le vivant comme ils joueraient avec autre chose. Là on a des biologistes qui comprennent le vivant parce que c'est leur formation de base et qui essaient d'appliquer des outils théoriques pour mieux comprendre leur propre discipline et je pense que dans ce sens là on a quelque chose d'un petit peu plus, 'fin disons que c'est la manière rationnel, c'est Descartes quoi, c'est vraiment dire, on essaye d'appliquer des outils pour mieux comprendre ce qu'on fait et avoir une construction vraiment rationnel du raisonnement. Et ça je crois que c'est intéressant, de voir ça comme ça.
S : Ok oui tout a fait. Donc au début vous avez dit, c'est utilisé en biologie structurale, les logiciels de visualisation moléculaire,
C1 : Ouais.
S : Sinon ils sont utilisés ?
C1 : 'fin disons ils sont utilisés en biologie structurale et dans toutes les dérives de la biologie structurale c'est-à-dire que, par exemple la simulation, on fait de la simulation de protéines pour mieux comprendre le vivant par exemple tout ce qui est la dynamique moléculaire c'est-à-dire les applications de la mécanique moléculaire, ça correspond, bah on fait de la visualisation à chaque étapes, c'est-à-dire qu'on regarde chaque étapes au cours du temps et chaque étape la protéine bouge, se déforme, éventuellement interagit avec un autre partenaire, etc. 'fin c'est, et ça, ça passe par de la visualisation aussi.
S : Pour voir où on en est de la simulation ou ?
C1 : Et aussi pour l'interprétation de la simulation, le visuel est très important pour l'interprétation de la simulation.
S : Pourquoi ?

C1 : En fait, pour comprendre, disons qu'on peut suivre par exemple juste l'énergie, par exemple l'énergie au voisinage, l'énergie potentielle, l'énergie cinétique, regarder les interactions qui se forment et se déforment mais le regarder à l'œil, les voir, voir quels résidus bougent, comment il bouge etc., on peut faire des graphs mais c'est moins parlant que les graphs plus l'œil. C'est-à-dire que l'œil reste important en tous cas.
S : Le fait de voir la structure effectivement en tant que telle,
C1 : Voir la structure et voir éventuellement juste un sous-ensemble de la structure mais qui nous intéresse, par exemple une zone d'interaction avec deux protéines ou un cycle catalytique pour une enzyme en particulier, tout ça c'est important
S : Pourquoi ça reste important en fait ?
C1 : Ca reste important parce que voir en fait le, les modes de liaisons sont importants.
S : Les modes de liaisons ?
C1 : Ouais la manière dont les partenaires vont se lier, ça c'est extrêmement important et c'est difficile de le représenter par un graph sans avoir la visualisation, c'est-à-dire que une image est toujours très parlante, c'est-à-dire que, et ça c'est assez rigolo mais 'fin non en fait ça se comprend, c'est-à-dire que des surfaces en 3D qui sont complexes et l'analyse de surfaces complexes, je pense, l'œil fait un traitement qu'on peut pas faire en 2D. Moi intuitivement je le vois un peu comme ça.
S : Ok d'accord.
C1 : C'est-à-dire qu'on peut pas mettre sur une feuille avec je sais pas, un tableau, n'importe quoi, on n'a pas autant de sensibilité que ce qu'on peut voir avec l'œil, que ce que l'œil traite
S : On perd trop d'informations ?
C1 : On perd trop d'informations parce qu'on est passé en 2D. C'est pour ça que typiquement les gens font de la stéréo par exemple, mettent 2 images à côtés qui ont un point de vue légèrement différent qui donne une impression 3D.
S : Parce que là en plus on gagne encore de l'information en passant en 3D…
C1 : Ah oui, on gagne de l'information, c'est vraiment intéressant d'avoir des outils qui permettent de bien voir la 3D.
S : Ah d'accord, même là ça reste important.
C1 : Bah c'est de la fausse 3D dans le sens où on est pas avec les lunettes si vous voulez mais… et encore je pense que il y a un confort supplémentaire et je pense pas que ça soit complètement gadget, le passage en véritable 3D n'est pas complètement gadget.
S : Parce qu'encore une fois on conserve de l'information que sinon on perdrait autrement.
C1 : Voilà c'est ça exactement. C'est-à-dire qu'on a une meilleure sensibilité sur les informations qui nous intéressent.
S : D'accord.
C1 : C'est-à-dire que je dirais par exemple la première étape, ça serait une image fixe en fausse 3D, c'est-à-dire en 3D isométrique ou avec juste une différence de lumière, plus clair devant, plus sombre derrière, la deuxième étape ça serait vraiment le fait de pouvoir bouger l'objet et RasMol c'est peut-être la deuxième étape, et puis la troisième étape, ça serait de pouvoir bouger l'objet et de pouvoir gérer la lumière de l'objet, ce qui n'est pas le cas de

RasMol, et qu'on ait vraiment une impression de perspective et la quatrième étape c'est la vrai 3D.
S : D'accord.
C1 : Et donc la plupart des outils qu'on utilise on va dire que c'est la troisième étape. Nous on utilise des outils plutôt de troisième étape.
S : Donc qui permettent de gérer la lumière.
C1 : Et d'avoir une vrai impression 3D sans être dans de la vraie 3D.
S : Ce que RasMol ne peut pas faire.
C1 : Voilà. C'est-à-dire que RasMol est extrêmement basique, c'est-à-dire que c'est la première étape de l'outil de visualisation, c'est-à-dire l'outil de visualisation le plus basique c'est RasMol. C'est-à-dire que RasMol, il a la même puissance que les outils web juste en ligne
S : Jmol ?
C1 : Comme Jmol par exemple
S : Jmol, lui il permet de faire de la stéréoscopie
C1 : Oui, il fait de la stéréoscopie mais ce que j'appelle l'ombrage, la profondeur il le fait pas super bien.
S : D'accord, ok.
C1 : Violà Jmol c'est quasiment la même base que RasMol, mais maintenant les outils en local sont quand même la plupart plus puissant que RasMol.
S : PyMol par exemple ?
C1 : PyMol, VMD, Yasara, ICM, 'fin il y en a une tripoté et tous ont des particularités qui sont dû déjà à l'application première des gens qui l'ont développé, par exemple pour VMD c'est Visual Molecular Dynamics donc c'est les gens qui veulent voir des trajectoires de dynamiques moléculaires, le meilleur pour ça c'est VMD, parce qu'il est fait pour ça, parce qu'il a été conçu pour ça, c'est-à-dire que il a été conçu pour prendre en entrée des fichiers qui peuvent faire plusieurs giga et qui contiennent 1 nanosecondes de dynamique avec des milliers d'images, ça il le gère très bien. PyMol, il est fait en python, il est scriptable donc on peut rajouter plein de choses dedans et je pense qu'il est plus utilisé par des structuralistes, je pense par des gens qui font de l'analyse structurale.
S : Ok.
C1 : Et chacun à ses spécificités en fonction disons de la sensibilité du développeur ou de l'équipe de développeurs.
S : Je comprends. Donc là il y a la biologie structurale, la simulation, il y a…
M Et après il y a tous les gens, alors c'est des applications de la biologie structurale mais c'est les gens qui font, il y a tout ce qui est docking, alors il y a 2 grandes familles de docking, il y a le docking protéine / protéine ou protéine / ARN, ADN / ARN c'est les interactions entre macromolécules.
S : ADN / ARN ?
C1 : Par exemple protéine / ADN ou protéine / ARN.
S : Ok, protéine / acide nucléique ?
C1 : Voilà, protéine acide nucléique ou protéine / protéine.

S : Ok
C1 : Où là c'est, les gens qui font ça c'est de la compréhension du vivant.
S : La compréhension du vivant ?
C1 : C'est vraiment de la compréhension du vivant, c'est essayer de comprendre comment les choses se passent et après dans le côté applicatif c'est essayer de percevoir ce qui fait qu'on a une maladie ou pas, qu'est ce qui se passe au niveau interaction moléculaire, toujours dans l'idée de structure fonction, alors perte de fonction, qu'est ce qui se passe au niveau de la structure ? C'est vraiment ça l'idée, ou en tous cas modification de fonction, pathologie, modification de fonction donc qu'est ce qui se passe au niveau de la structure ? Et puis il y a les gens qui font du développement de perturbateurs, ce qui est mon cas, faire du développement de médicaments, ou en tous cas d'inhibiteurs ou d'activateurs
S : Développement de perturbateur, c'est du développement de médicament ?
C1 : Voilà en fait moi je dis perturbateur ou modulateur, l'idée c'est on va perturber des interactions
S : Ca c'est dans le docking ou c'est…
C1 : Ben c'est une forme de docking, c'est-à-dire que le docking protéine / protéine si vous prenez 2 protéines séparées, vous les mettez ensemble, vous formez un complexe, l'idée c'est d'avoir une idée de la forme du complexe, donc le docking c'est essayer de prédire quel forme aura le complexe quand vous avez les 2 partenaires séparés. Ca c'est intéressant pour comprendre les interactions protéine / protéine ou acides nucléiques / protéine. Quand vous faites du modulateur, de l'inhibiteur ou de l'activateur ou je sais pas de l'interactant de manière générale, sous forme de peptides ou de petites molécules, là c'est différent, c'est-à-dire qu'il faut comprendre l'interaction mais trouver quelque chose qui la perturbe.
S : Le modulateur c'est ça ?
C1 : Voilà.
S : C'est d'arriver à trouver une interaction et de trouver quelque chose qui perturbe cette interaction.
C1 : Exactement.
S : D'où le terme de développeur d'interactant.
C1 : 'fin c'est comme ça que je le présente, du développement de modulateur de manière plus générale, modulateur ou perturbateur de l'interaction c'est-à-dire que ça peut activer ou réduire l'interaction.
S : D'accord.
C1 : Ou la supprimer complètement.
S : Ca c'est ce que vous faites le modulateur.
C1 : Tout à fait.
S : Et pour prendre, je sais pas, le dernier article que vous avez fait sur le modulateur à quel moment vous avez vraiment utilisé le logiciel de visualisation moléculaire ?
C1 : En fait tout le temps, c'est-à-dire que au départ pour analyser l'interaction,
S : Donc d'abord on sélectionne les molécules auxquelles on s'intéresse c'est ça ?
C1 : C'est ça, c'est-à-dire le système d'étude
S : C'était quoi par exemple ?

C1 : Bah par exemple je sais pas un récepteur et je sais pas
S : C'était au niveau du VIH ?
C1 : Bah en fait c'est un peu compliqué ce que je fais on est sur des considération qui ont des implications industrielles de la protection intellectuelle tout ça.
S : Ah d'accord ok.
C1 : Donc je peux pas trop en parler.
S : Ah d'accord ok pardon.
M: Donc grosso modo donc typiquement je sais pas une interaction protéine protéine donnée qui est intéressante dans un phénomène pathologique.
S : D'accord donc on prend une protéine A et une protéine B
C1 : Voilà qui interagissent,
S : On connaît l'interaction à l'avance ?
C1 : Alors l'idéal c'est qu'on connaisse l'interaction à l'avance ça c'est le cas idéal, le cas parfait.
S : Donc on a une protéine A, une protéine B on connaît toutes les deux leurs structures et
C1 : Et on connaît la structure du complexe.
S : Ok, on peut pas avoir la dynamique de la formation ?
C1 : Non, alors ça la dynamique de la formation c'est le docking protéine protéine.
S : Ok, eux ils vont regarder comment
C1 : Comment ça interagit, comment ça s'oriente, ça s'agence.
S : Ok donc là on a juste la structure de la protéine A, de la protéine B et de la structure du complexe.
C1 : Et donc là l'idée c'est qu'on parte de la structure du complexe.
S : Ok.
C1 : En se disant là je vais essayer de dissocier mon complexe.
S : Donc là on va se servir du logiciel de visualisation pour regarder la structure du complexe
C1 : Et la structure des protéines seules.
S : Et la structure des protéines seules.
C1 : Pour essayer de comprendre qu'est ce qui fait qu'elles sont bien complexées et qu'est ce qui fait quand la protéine A et la protéine B est toute seule qu'elles vont bien interagir.
S : Et alors ça euh qu'est ce qu'on va faire sur le logiciel ?
C1 : Alors on va regarder la distribution des résidus, la distribution de charge par exemple où est ce qu'il y a des, grosso modo chaque atome a une charge nette ou partielle 'fin partielle pour tout le monde et parfois c'est que des charges nettes, l'idée c'est de regarder la distribution de charge, est ce qu'on a un côté euh chargé, un côté plus neutre, un côté polaire, un côté plus hydrophobe, donc 1 la distribution de charge, distribution d'hydrophobicité, profil d'hydrophobicité, on va regarder la surface et là l'utilisation est indispensable, c'est regarder est ce que c'est concave, est ce que c'est convexe.
S : Pourquoi c'est intéressant de regarder la surface ?
C1 : En fait c'est de voir, il y a 2 choses, c'est-à-dire que si on a un côté concave et un côté convexe, il y a complémentarité.
S : D'accord.

C1 : Et souvent c'est pas juste concave et convexe, souvent c'est des invagination et voir en fait où se fait l'interaction.
S : Ok.
C1 : Où est ce que c'est complémentaire. Et le deuxième point c'est si on veut développer un interactant faut bien qu'il se mette quelque part et donc l'idéal c'est d'essayer d'identifier une cavité suffisamment grande
S : Parce que ça se met mieux dans une cavité, ça parait logique mais… ?
C1 : En fait c'est logique, c'est-à-dire que si vous mettez quelque chose dans de l'eau, 'fin vous êtes dans du solvant avec plein de choses dedans, si vous mettez quelque chose qui loge dans une cavité
S : Oui ça tient mieux.
C1 : Il va être à l'abri de l'extérieur, et il va probablement mieux coller que quelque chose qui est sur une surface toute plate et qui va au moindre mouvement qui va s'en aller.
S : Ok.
C1 : Donc l'idée c'est d'essayer de trouver aussi une cavité suffisamment grande avec les bonnes propriétés qui va pouvoir accueillir mon potentiel interactant et cette cavité faut qu'elle soit à l'interface entre les 2 et faut que je mette grosso modo un truc qui gène, qui colle bien au milieu et si c'est suffisamment grand et ben on va perturber l'interaction, c'est là que je parle de perturbateur en fait.
S : Ok, donc au début on a protéine A et B, structure, on regarde tout ça.
C1 : Voilà.
S : On regarde la répartition des charges, de l'hydrophobicité, la surface pour voir si on a des cavités.
C1 : Voilà, l'influence de l'eau éventuellement.
S : Ca comment on peut le voir avec le logiciel ?
C1 : Avec le logiciel par exemple sur les structures cristallo il y a les molécules d'eau donc comme on voit les molécules d'eau, on voit par exemple les zones où il y a des molécules d'eau cristallographies, c'est-à-dire qui sont importantes parce qu'elles ont été
S : Comme elles sont cristallographies ça veut dire qu'elles sont
C1 : Alors, elles sont pas toujours importantes mais parfois il y a parmi ces molécules d'eau qui resteront là quoi qu'il arrive donc il faut en tenir compte.
S : D'accord ok.
C1 : Donc ces molécules d'eau, qu'on appelle molécule d'eau cristallographique, molécule d'eau parmi les molécules d'eau cristallographiées qui sont 'fin cristallographiées je sais pas si le terme existe mais parmi les molécules d'eau cristallographiées il y en a peut-être une poignée qui sont par exemple dans le site, dans la cavité qui nous intéresse et celle là on arrivera jamais à les faire dégager.
S : Ok.
C1 : Il faut en tenir compte et les prendre en compte dans notre interaction.
S : D'accord. Donc une fois qu'on a vu ça on essaye de développer un interactant c'est ça ?
C1 : C'est ça. Alors l'interactant après, il y a plein de méthodes pour développer un interactant qui consiste à il y en a euh

S : Il y a des bases de données d'interactants ?
C1 : Il y a des bases de données d'interactants potentiels, ensuite il faut faire de la prédiction d'affinité.
S : Ca, ça se fait par des méthodes de calculs ?
C1 : Donc ça par exemple c'est du docking, moi je fais du docking, c'est un de mes cœurs de métier.
S : Ok.
C1 : Après vous avez aussi la possibilité de développer des interactants sur la base d'interactant connu, vous connaissez déjà les interactants qui sont déjà évalués éventuellement déjà critallographié dans la poche tout va bien là c'est encore le plus le cas idéal et vous pouvez essayer de vous baser juste sur l'interactant en lui-même.
S : Qu'est ce qu'on fait une fois qu'on a développé l'interactant ? On va refaire une cristallographie du complexe avec l'interactant ?
C1 : Alors ça c'est l'idéal, ça c'est l'idéal mais c'est difficile.
S : Et sinon, des modélisations par ordinateur ?
C1 : Voilà c'est-à-dire qu'en fait on va faire du docking du nouvel interactant dans son site et voir comment il se place et essayer de prédire ses modes de liaisons.
S : Ok.
C1 : Et l'idéal pour le valider effectivement c'est de faire une cristallographie. Et après disons qu'on va comparer les modes de liaisons des différents interactants.
S : Donc une fois qu'on a développé l'interactant on retourne sur le logiciel de visualisation moléculaire pour voir
C1 : Toujours, toujours.
S : En fait on est tout le temps là, on regarde l'interactant
C1 : On fait le calcul, on visualise et il y a toujours
S : Et on fait ça à chaque fois pourquoi ?
C1 : Bah pour comprendre, l'idée c'est de valider le logiciel de docking, faut voir aussi le mode de liaison à l'œil, c'est-à-dire que on peut pas faire une confiance aveugle dans les logiciels de calcul ça c'est un cas général, c'est-à-dire que les fonctions de score, tout ce qui est prédiction, il faut valider les prédictions et donc la validation de la prédiction elle se fait lors du développement du logiciel en comparant avec des données de références mais après au fur et à mesure de l'utilisation, c'est-à-dire que nous on travaille sur des données où il y a peu de connaissances voire pas de connaissances du tout, finalement le seul critère objectif qu'on a c'est nous même, c'est notre connaissance des autres interactions et on peut pas faire ça de manière automatique, on est obligé de faire ça à l'œil et à la main encore de comparer de se dire est ce que ce mode de liaison à l'air valable par rapport aux connaissances qu'on a.
S : Donc on retourne sur les charges, l'hydrophobicité
C1 : Voilà toujours et on regarde, par exemple dans le score, il y a par exemple des décompositions la part hydrophobe, la part polaire, etc. et on valide à l'œil est ce que ça a l'air plausible. Et ça c'est purement subjectif, c'est chaque personne a son critère de pourquoi c'est bien ou pas.
S : Et une fois qu'on a validé la prédiction ?

C1 : Après comme toute prédiction faut la valider donc là on la validée de manière théorique mais ensuite disons qu'on a n interactant, on va en sélectionner un sous ensemble et ce sous ensemble on va le tester expérimentalement sur un modèle biochimique, biologique.
S : Ok. Donc là pas de logiciel par contre.
C1 : Là pas de logiciel, là c'est, on va synthétiser les molécules ou les acheter si elles existent et on les test sur un modèle d'interaction biochimique, c'est-à-dire la protéine A, la protéine B vraiment dans le tube
S : Ok
C1 : et on mesure l'affinité, et là on voit si on met l'interactant affinité ou pas affinité et là on voit tout de suite ou on sait je sais pas quand l'interactant se fixe les cellules elles crachent je sais pas quel facteur qu'on peut doser par test Elisa ou je sais pas quoi et on mesure la concentration du facteur qui est craché et avec l'interactant ou pas est ce qu'il y a autant qui est craché, c'est tout, test classique quoi.
S : Et une fois qu'on a fait le test, ben j'imagine que si c'est négatif on retourne en arrière
C1 : On retest d'autres interactants etc. Et si ça marche bah on dit super, on revient à la prédiction et on dit alors est ce que ça se fixe vraiment comme ça et puis est ce que je peux trouver quelque chose qui est meilleur et du coup j'essaye d'optimiser mon interactant et du coup on revient sur l'optimisation dire bah voilà je vais proposer une modification là parce que peut-être en rajoutant quelque chose de polaire par là je vais aller chercher une autre liaison intéressante et de nouveau visualisation moléculaire et on resynthétise ou on achète et on recommence à tester et il y a un retour permanent jusqu'à ce qu'on soit vraiment satisfait.
S : Ok et après ?
C1 : Et alors après bon alors ça dépend de l'objectif derrière si l'objectif c'est un outil d'étude on est très content ça suffit, si l'objectif c'est par exemple du médicament bah il faut aller plus loin, c'est-à-dire que là le test biochimique ne suffit pas il faut tester sur des modèles cellulaires, des modèles d'organes.
S : Et alors là on ne revient pas sur le logiciel de visualisation moléculaire ?
C1 : Non là c'est dans la série de test mais disons on peut revenir encore à la visualisation peut-être plus tard dans le sens où par exemple ah mais c'est toxique chez l'animal
S : Ah d'accord
C1 : Ou ah c'est pas assez biodisponible, c'est pas bien absorbé, ah bah c'est pas bien absorbé parce que c'est trop hydrophobe alors il faut réduire l'hydrophobicité mais garder quelque chose qui marche
S : D'accord
C1 : Et là on revient sur de la visualisation moléculaire.
S : Et après pour la publication j'imagine aussi qu'on s'en sert pour pouvoir faire des images.
C1 : Alors c'est pas que beau mais c'est pour présenter quand vous développez un nouvel interactant et que vous publiez la moindre des choses c'est de faire une image de l'interactant dans le site de liaison que vous avez défini pour dire voilà comment il se met dedans.
S : ok.
C1 : Alors l'idéal c'est que vous ayez une vraie structure expérimentale RMN ou cristallo avec l'interactant dedans voilà il y a aucun doute et puis si il y a un doute vous dites voilà je

sais qu'il marche in vitro je sais qu'il marche éventuellement in vivo j'ai pas de structure cristallo mais voilà les modes de liaisons proposés par le calcul et euh on sait que ça marche donc c'est possible que ça soit comme ça, on dit il y a des chances que le mode de liaison soit comme ça mais on ne dit jamais le mode de liaison est comme ça tant que on n'a pas de structure expérimentale c'est toujours une prédiction c'est toujours il y a de grosse chance que ce soit comme ça, jamais c'est comme ça.
S : Ok. Donc juste pour résumer, c'est utilisé tout le temps dès le début pour aller tester
C1 : De la conception jusqu'à la fin, tout le temps.
S : Et je peux vous demander en particulier quel logiciel vous utilisez ?
C1 : Alors moi ici, là j'ai un PyMOL qui est ouvert sur lequel je travail
S : Et alors PyMOL quelles sont les spécificités que vous aimez bien, c'est parce qu'il y a la profondeur ?
C1 : Alors PyMOL ce qui est bien c'est que le rendu est confortable et ça c'est intéressant.
S : Rendu confortable, c'est-à-dire, c'est la bonne profondeur, la lumière
C1 : Ouais la lumière, les surfaces qui sont assez jolies 'fin assez jolie euh qui sont précises et jolies, surtout précises et après jolies mais surtout c'est qu'il y a un confort de visualisation, c'est-à-dire qu'on voit les choses qui nous intéressent sans s'abimer les yeux, pour moi RasMol par exemple on s'abime les yeux, je trouve que c'est pas très confortable au niveau visualisation. J'utilise ICL aussi mais là c'est pour des spécificités de euh parce que PyMOL il fait que de la visualisation alors qu'ICL il fait du calcul aussi.
S : D'accord.
C1 : Donc c'est aussi surtout pour les spécificités de calcul qu'il y a dans l'outil et du coup on prépare les entrées et euh disons on prépare les calculs et on analyse les sorties avec ICL. Après ouais au quotidien j'utilise surtout ceux là et j'utilise un peu VMD mais justement pour la visualisation dynamique moléculaire
S : Donc quand il y a du docking c'est ça ?
C1 : Euh le docking je le regarde avec PyMOL.
S : Docking PyMOL
C1 : Ou avec ICM si le docjing je l'ai fait avec ICM
S : D'accord
C1 : Mais euh et avec VMD c'est plus des dynamique c'est-à-dire que euh l'idée c'est que c'est de la mécanique moléculaire, c'est-à-dire que j'assigne des vitesses et des forces à un système et je regarde comment il évolue au cours du temps
S : Ca c'est utile pour quoi par exemple ?
C1 : Bah essayer de comprendre si, bah l'idée par exemple vous pouvez regarder si vous prenez votre protéine A, elle a une certaine forme dans le complexe, mais A tout seul il est pas comme ça, il est pas comme dans AB.
S : Ok.
C1 : Ce que vous pouvez faire c'est faire vivre A, c'est-à-dire lui assigné des forces et des vitesses et voir comment il se comporte tout seul et voir si tout seul il prend à un moment la forme qu'il a dans AB.
S : D'accord.

C1 : Et ça, ça valide le fait que
S : En fait on assigne des forces à une protéine, elle bouge
C1 : Vous lui assignez une énergie cinétique en fait
S : Assigner des forces ça veut dire quoi, on lui dit va à droite, va à gauche ou
C1 : Oui c'est quasiment ça, c'est-à-dire que vous assignez des forces et des vitesses aux atomes la protéine va avoir une trajectoire et en fait cette trajectoire ça va être à la fois des conformations qui bougent et en même temps un déplacement dans l'espace, mais en fait on
S : Et ça prend du temps à faire avec l'ordinateur ?
C1 : Ah c'est extrêmement long, c'est extrêmement long plus le système est gros plus c'est long… mais l'idée ce qui est important c'est qu'après en fait vous allez simuler des petits delta de temps et à chaque étape de calcul vous allez, ça va être de l'ordre de la femto seconde donc c'est pas grand-chose et après pour vraiment être sûr que tout va bien vous faîtes des étapes toutes les deux ou quatre femto seconde, c'est peu et par exemple les plus grosses dynamiques à l'heure actuelle c'est quelques microsecondes.
S : Ah oui d'accord ok.
M: Et disons que après vous allez voir des choses en fonction de l'ordre de grandeur des choses que vous voulez regarder il faut des temps de simulation plus ou moins long, c'est-à-dire que voir une protéine qui se déplie
S : Pardon par exemple une protéine qui se lie à un complexe ça prend combien de temps ?
C1 : Ah ça ça peut être très rapide c'est de l'ordre de la nanoseconde, c'est-à-dire que voir un complexe c'est peut-être de la nano voire de la microseconde, avoir une protéine qui s'ouvre
S : Par exemple le cycle de Krebs qui se fait ça dure combien de temps ?
C1 : Oh ça je pourrais pas vous dire plutôt que de vous dire une bêtise je préfère rien vous dire.
S : D'accord.
C1 : L'idée par exemple une protéine qui s'ouvre
S : Ouais
C1 : C'est, ce sont des mouvements, des mouvements qu'on appelle de grande ampleur et là avec la microseconde vous pouvez commencer à voir
S : Ouais faut monter à la microseconde.
C1 : Faut monter à des à des très grosses simulations à la centaine de nanoseconde aux microsecondes.
S : Faut des gros ordinateurs pour voir ça
C1 : Ah faut euh plusieurs gros ordinateurs voilà ça c'est 500 processeurs qui tournent pendant 6 mois, voilà c'est cet ordre de grandeur
S : Juste pour une ouverture de protéine ?
C1 : Voilà.
S : Ah oui d'accord.
C1 : Pour une ouverture de protéine, mais dans de l'eau, dans une boîte d'eau
S : D'accord, l'ouverture d'une protéine mais dans quelque chose de particulier
C1 : C'est-à-dire dans de l'eau, au moins dans de l'eau
S : Ok.

C1 : Mais il y a par exemple des gens qui font de l'ouverture de canal par exemple dans la membrane donc ils ont la membrane, l'eau au dessus de la membrane, l'eau en dessous de la membrane, le canal voir si les ions passent ou pas à travers le canal avec l'ouverture du canal, la fermeture du canal, c'est euh l'ordre c'est la microseconde, c'est des simulations dantesques
S : Et sinon vous connaissez le logiciel qui permet en jouant de faire de la prédiction de structure moléculaire, euh le nom m'échappe mais en fait on le télécharge et après c'est à nous de refaire la structure de la protéine et si c'est bon on passe au niveau suivant et après
C1 : Ah oui je vois les espèces de jeux en ligne où oui c'est jeux en ligne qui se font avec une vraie base et ils s'en servent après pour la recherche.
S : Oui.
C1 : Oui j'en ai entendu parlé mais j'ai pas testé.
S : D'accord. Oui donc on a vu qu'il y avait la biologie structurale, la simulation et le docking où c'était utilisé, il y a d'autres domaines où c'est utilisé ou c'est les seuls ?
C1 : J'ai peur d'oublier des gens importants. Là en l'état j'ai du mal à voir d'autres domaines.
S : Et alors la simulation si j'ai bien compris c'est de faire des dynamiques.
C1 : Des dynamiques ouais principalement.
S : Et c'est toujours des dynamiques courtes ?
C1 : Alors après il y a des dynamiques de grande échelle, c'est-à-dire qu'il y a d'autres méthodes qui sont euh l'analyse de modes normaux c'est faire des dynamiques pour voir des mouvements de grandes échelles.
S : D'accord.
C1 : Ca permet de voir des mouvements de beaucoup plus grandes échelles par exemple de voir de l'ordre de la microseconde avec des temps de calculs raisonnables mais par contre vous perdez en précisions, vous n'avez pas les mouvements de chaînes latérales, vous avez juste les mouvements de grandes ampleurs.
S : Sinon j'avais une question au sujet de la structure de l'ADN qui est en double hélice et est ce que ça a une importance qu'elle soit en double hélice ou pas ?
C1 : Je pense que c'est important pour la compaction mais je suppose que plus on tourne plus on compact donc forcément le côté hélice fait qu'on peut bobiner débobiner sans toucher l'intérieur.
S : D'accord.
C1 : Enfin intuitivement c'est ce que je dirais.

Enseignant en classe de :

Seconde

1ère S 1ère ES 1ère L

Terminale S

Depuis quand enseignez-vous au lycée ?

……

Logiciel(s) de visualisation moléculaire

Utilisez-vous des logiciels de visualisation moléculaire (ex : RasTop) ?

Oui Non

Combien de séances par an utilisez-vous ce(s) logiciel(s) ?

En Seconde :	Nombre de séances de TP :……	Nombre de séances de cours :…….
En 1ère S :	Nombre de séances de TP :……	Nombre de séances de cours :…….
En 1ère ES :	Nombre de séances de TP :……	Nombre de séances de cours :…….
En 1ère L :	Nombre de séances de TP :……	Nombre de séances de cours :…….
En T S :	Nombre de séances de TP :……	Nombre de séances de cours :…….

Pour quelles parties du programme utilisez-vous ce(s) logiciel(s) de visualisation moléculaire ?

Seconde :

Repérer quelques caractéristiques des molécules du vivant

Approcher la structure de l'ADN

Recenser des informations pour distinguer les échelles (atome, molécule, cellule, organe) et les ordres de grandeur associés

Repérer dans la composition et les conditions de gisement, les indices d'une origine biologique d'un exemple de combustible fossile

Repérer les divers aspects de la biodiversité

Autre(s) :……..

1ère S :

Définir le phénotype à différentes échelles

Etudier la formation du complexe enzyme-substrat et la structure spatiale des enzymes

Observer le point de vue moléculaire dans la croissance des tiges (cellulose, hémicellulose et auxine)

Observer le point de vue moléculaire dans la régulation de la glycémie (glucagon, insuline, glycogène et triglycéride)

Montrer l'importance de la structure moléculaire des messagers nerveux

Autre(s) :……..

1ère ES :

Montrer l'importance de la structure moléculaire des messagers nerveux

Comprendre que les propriétés des protéines dépendent de leur séquence respective en acides aminés

Aborder quelques aspects moléculaires de la procréation

Définir le phénotype à différentes échelles

Percevoir qu'il y a une évolution au niveau moléculaire

Autre(s) :……..

1ère L :

Aborder quelques aspects moléculaires de la procréation
Définir le phénotype à différentes échelles
Percevoir qu'il y a une évolution au niveau moléculaire
Autre(s) :……..

T S :

Rappeler quelques propriétés communes des êtres vivants (membrane plasmique, ADN)
Aborder quelques aspects moléculaires de la régulation physiologique de l'axe gonadotrope et de la procréation
Etablir des relations de parenté entre les vertébrés par des comparaisons moléculaires entre eux
Montrer d'un point de vue moléculaire un anticorps et la réaction antigène-anticorps
Comparer des molécules homologues de différentes espèces ayant les mêmes propriétés
Aborder quelques aspects moléculaires du métabolisme
Autre(s) :……..

Quelle(s) molécule(s) utilisez-vous dans vos enseignements ?

ADN	Insuline
Hémoglobine	Glucagon
Hexokinase	Portion de membrane plasmique
Carboxypeptidase	Lysozyme
HLA	Une Immunoglobuline
Glucose	CO_2
Dioxygène	Eau
ARNm	ARNt
Saccharose	Maltose
Maltase	Ribonucléase
Collagène	Mét-enképhaline
LSD	Sérotonine
Progestérone	RU 486
Myoglobine	LSD
Trypsine	Hormone de croissance
Protéine GP120 du VIH	Phénylalanine hydroxylase
Morphine	Héroine
Des acides aminés	Les nucléotides
Amidon	Amylase

Autre(s) : ……..

Pour quelle(s) raison(s) utilisez-vous un/des logiciel(s) de visualisation moléculaire ?

Présence au programme du baccalauréat	Aide à la compréhension moléculaire
Se rapprocher des pratiques de chercheur	Autre :……

Quel(s) logiciel(s) de visualisation moléculaire utilisez-vous pour votre enseignement ?

RasTop	RasMol	JMol	Chime
Molusc	Sirius	Autre :……..	

Où le(s) avez-vous téléchargé(s) ?

Le site de l'INRP
Un site académique :……..
Je ne sais plus
Le site officiel du logiciel
Autre :……

Comment obtenez-vous les fichiers contenant des informations sur les molécules ?

Ensemble de molécules obtenues il y a longtemps non renouvelé
Banques de données moléculaires de l'INRP
Par le site « Librairie de Molécules » (libmol)
Banques de données moléculaires au niveau des sites académiques
Par des contacts personnels
Par le site de la PDB
Avec Google
Autre(s) : ……..

Comment avez-vous connu ce(s) logiciel(s) de visualisation moléculaire ?

Le site de l'INRP
Un site académique :……..
Ne sais plus
Formation
Collègue(s)
Autre :……

Depuis quand utilisez-vous des logiciels de visualisation moléculaire (environ) ?

…….....

Comment avez-vous appris à vous servir du logiciel ?

Seul
Collègue(s)
Formation
Autre :……

Comment pensez-vous que l'utilisation que vous faîtes des logiciels de visualisation moléculaire va évoluer ?

Augmenter
Rester globalement stable
Diminuer

Les élèves perçoivent-ils qu'il s'agit d'un modèle moléculaire et non de la représentation directe de la molécule ?

Oui
Non
Je ne sais pas

Considérez-vous qu'il y a des freins à l'utilisation de(s) logiciel(s) de visualisation moléculaire en classe ?

Oui
Non

Si oui, lesquelles ?

Manque de temps
Pas assez en adéquation avec les programmes
Logiciel trop complexe pour les élèves
Difficulté d'accès aux ordinateurs

Autre :……

Y a-t-il une source d'information que vous consultez régulièrement en lien avec les logiciels de VM ?

Oui Non

Si oui, laquelle ?

Le site de l'INRP Le site officiel du logiciel

Un site académique :…….. Autre :……

Phylogène

Utilisez-vous le logiciel phylogène ?

Oui Non

Combien de séances par an utilisez-vous Phylogène ?

En Seconde :	Nombre de séances de TP :……	Nombre de séances de cours :…….
En 1ère S :	Nombre de séances de TP :……	Nombre de séances de cours :…….
En 1ère ES :	Nombre de séances de TP :……	Nombre de séances de cours :…….
En 1ère L :	Nombre de séances de TP :……	Nombre de séances de cours :…….
En T S :	Nombre de séances de TP :……	Nombre de séances de cours :…….

Pour quelles parties du programme utilisez-vous Phylogène ?

Seconde :

Manipuler, recenser, extraire et organiser des informations sur l'organisation de quelques vertébrés actuels et/ou fossiles

Autre(s) :……..

1ère S :

……...……..

1ère ES :

Etablir les relations de parentés entre les vertébrés

Autre(s) :……..

1ère L :

Etablir les relations de parentés entre les vertébrés

Autre(s) :……..

T S :

Etablir les relations de parentés entre les vertébrés

Autre(s) :……..

Pour quelle(s) raison(s) utilisez-vous Phylogène ?

Présence au programme du baccalauréat Aide à la compréhension

Se rapprocher des pratiques de chercheur

Ne sais pas Autre :……

Comment avez-vous connu Phylogène ?

Le site de l'INRP
Un site académique :……..
Ne sais plus
Formation
Collègue(s)
Autre :……

Comment avez-vous appris à vous servir de Phylogène ?

Seul
Collègue(s)
Formation
Autre :……

Depuis quand utilisez-vous Phylogène ?

…….....

Comment pensez-vous que l'utilisation que vous faîtes de Phylogène va évoluer ?

Augmenter
Rester globalement stable
Diminuer

Considérez-vous qu'il y a des freins à l'utilisation de Phylogène en classe ?

Oui
Non

Si oui, lesquelles ?

Manque de temps
Pas assez en adéquation avec les programmes
Difficulté d'accès aux ordinateurs
Logiciel trop complexe pour les élèves
Autre :……

Y a-t-il une source d'information que vous consultez régulièrement en lien avec Phylogène ?

Oui
Non

Si oui, laquelle ?

Le site de l'INRP
Un site académique :……..
Le site officiel du logiciel
Autre :……

Sismolog

Utilisez-vous le logiciel sismolog ?

Oui
Non

Combien de séances par an utilisez-vous ce(s) logiciel(s) ?

En Seconde :	Nombre de séances de TP :……	Nombre de séances de cours :…….
En 1ère S :	Nombre de séances de TP :……	Nombre de séances de cours :…….
En 1ère ES :	Nombre de séances de TP :……	Nombre de séances de cours :…….
En 1ère L :	Nombre de séances de TP :……	Nombre de séances de cours :…….

En T S : Nombre de séances de TP :…… Nombre de séances de cours :…….

Pour quelles parties du programme utilisez-vous ce(s) logiciel(s) de visualisation moléculaire ?

Seconde :

……...……..

1ère S :

Etude de la propagation des ondes sismiques et structuration de la Terre

Autre(s) :……..

1ère ES :

……...……..

1ère L :

……...……..

T S :

Etude de zones de subduction

Autre(s) :……..

Pour quelle(s) raison(s) utilisez-vous sismolog ?

Présence au programme du baccalauréat

Aide à la compréhension

Se rapprocher des pratiques de chercheur

Ne sais pas

Autre :……

Comment avez-vous connu sismolog ?

Le site de l'INRP

Formation

Un site académique :……..

Collègue

Ne sais pas

Autre :……

Comment avez-vous appris à vous servir de sismolog ?

Seul

Formation

Collègue(s)

Autre :……

Depuis quand utilisez-vous sismolog ?

…….....

Comment pensez-vous que l'utilisation que vous faîtes de sismolog va évoluer ?

Augmenter

Rester globalement stable

Diminuer

Considérez-vous qu'il y a des freins à l'utilisation de sismolog en classe ?

Oui

Non

Si oui, lesquelles ?

Manque de temps

Logiciel trop complexe pour les élèves

Pas assez en adéquation avec les programmes
Difficulté d'accès aux ordinateurs
Logiciel payant
Autre :……

Y a-t-il une source d'information que vous consultez régulièrement en lien avec sismolog ?

Oui Non

Si oui, laquelle ?

Le site de l'INRP
Un site académique :……..
Le site officiel du logiciel
Autre :……